

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria Comune di Selva di Progno Via Trento, Selva di Progno (VR)



Periodo di attuazione:

18/04/2019 – 27/05/2019 (periodo estivo)

30/08/2019 – 29/09/2019 (periodo invernale)

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, Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale

Direttore: Alberto Bonini

Sansone Maria

Con la collaborazione di:

Servizio Controlli VR

Sarego Giacomo

Servizio Monitoraggio e Valutazioni VR

Fusato Giampaolo

Dipartimento Regionale Laboratori

Direttore: Francesca Daprà

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. 05/2020		Data : 07/05/2020
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: 18/04/2019– 27/05/2019	8
3.2.	Periodo invernale: 30/08/2019 – 29/09/2019.....	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
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria)	29
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse	32
10.	Conclusioni	36
11.	Sintesi.....	38
12.	Appendice	39
13.	Glossario	53

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio, che permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel Comune di Selva di Progno, è stato eseguito presso la sede comunale, in via Trento, in zona residenziale.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 18/04/2019 al 27/05/2019 nel semestre invernale, dal 30/08/2019 al 29/09/2019 nel semestre estivo. Il comune di Selva di Progno, si estende dall'alta Val d'Illasi alle pendici meridionali del Gruppo del Carega, al confine con le province di Trento e Vicenza, e fa parte del parco della Lessinia. Il punto di campionamento si trova in area residenziale, vicino alla sede comunale, a 30 m dalla SP10, via di attraversamento del centro abitato, La SP10, che 1.5 km a nord si collega alla SP13, rappresenta la via di collegamento alle maggiori località turistiche della Lessinia. Circa 100 m a nord-ovest del punto di campionamento é presente una ditta specializzata in marmi.

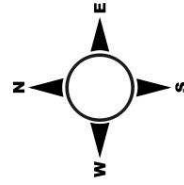
Per le sue caratteristiche, il sito è di tipologia "fondo rurale", per la sua lontananza da zone urbanizzate. Il comune di Selva di Progno ricade nella zona "Prealpi e Alpi", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in figura 1. In figura 2 è indicata la posizione del mezzo mobile durante le campagne di monitoraggio.

Zonizzazione qualità dell'aria approvata con DGRV 2130/2012

Legenda

Zone

- IT0508 Agglomerato di Venezia
- IT0509 Agglomerato di Treviso
- IT0510 Agglomerato di Padova
- IT0511 Agglomerato di Vicenza
- IT0512 Agglomerato di Verona
- IT0513 Pianura e capoluogo bassa pianura
- IT0514 Bassa Pianura e Colli
- IT0515 Prealpi e Alpi
- IT0516 Valbelluna



Scala 1:1.200.000

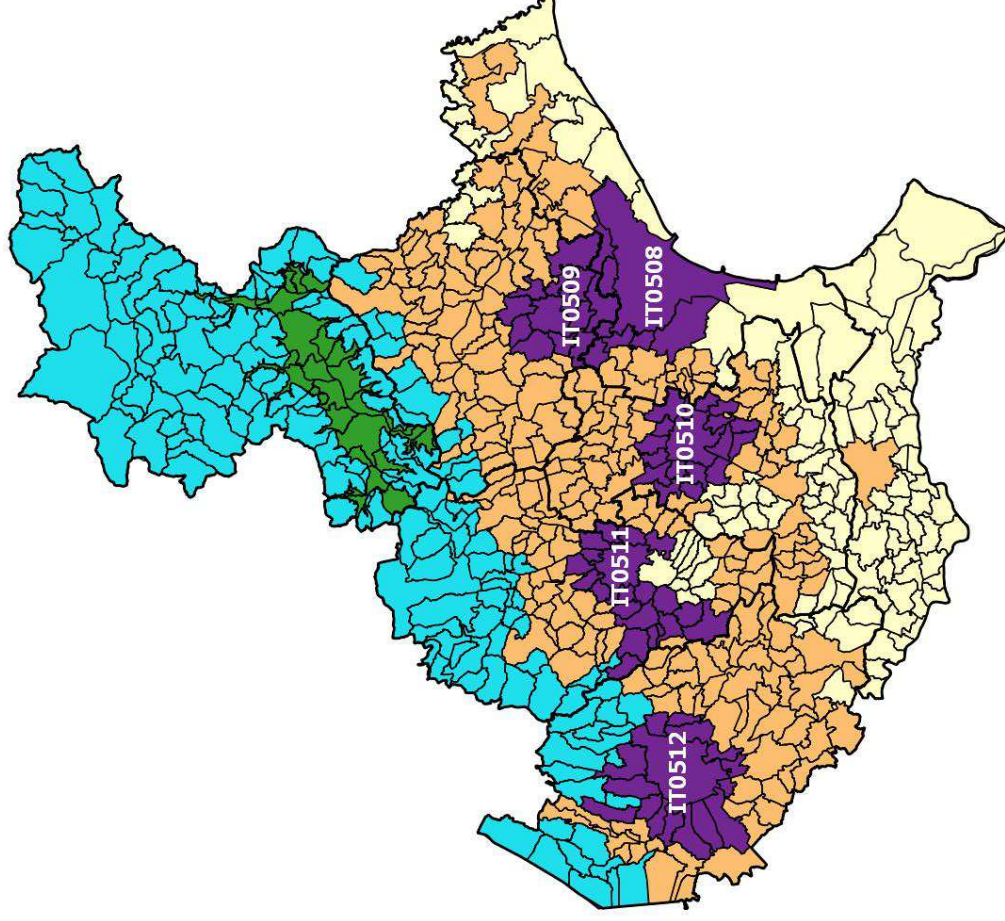


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

Relazione tecnica n. 05/2020

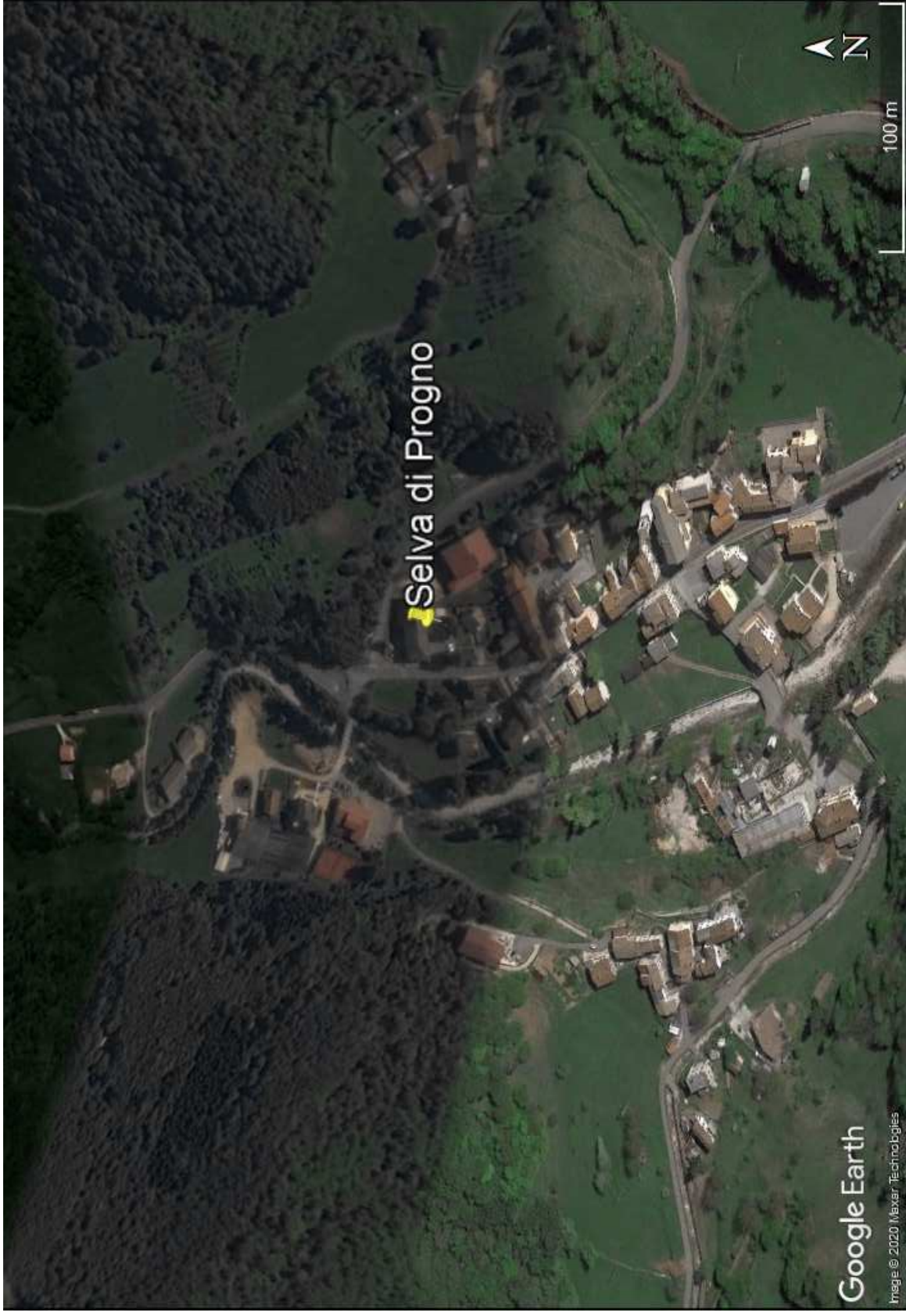


Figura 2. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio, Via Trento, Comune di Selva di Progno (VR).

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 tra 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 si è scelto di utilizzare i dati della stazione ARPAV 87 – San Bortolo (VR) (anemometro a 5m sls) che dista dal sito della campagna di misura circa 5 km. Tale stazione può essere considerata rappresentativa per le precipitazioni e l'intensità del vento, mentre potrebbe essere non del tutto significativa per la direzione del vento, in quanto il sito della stazione e quello della campagna di misura si trovano in due punti poco distanti, ma caratterizzati dalla presenza di differenti rilievi orografici.

3.1. Periodo estivo: 18/04/2019– 27/05/2019

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

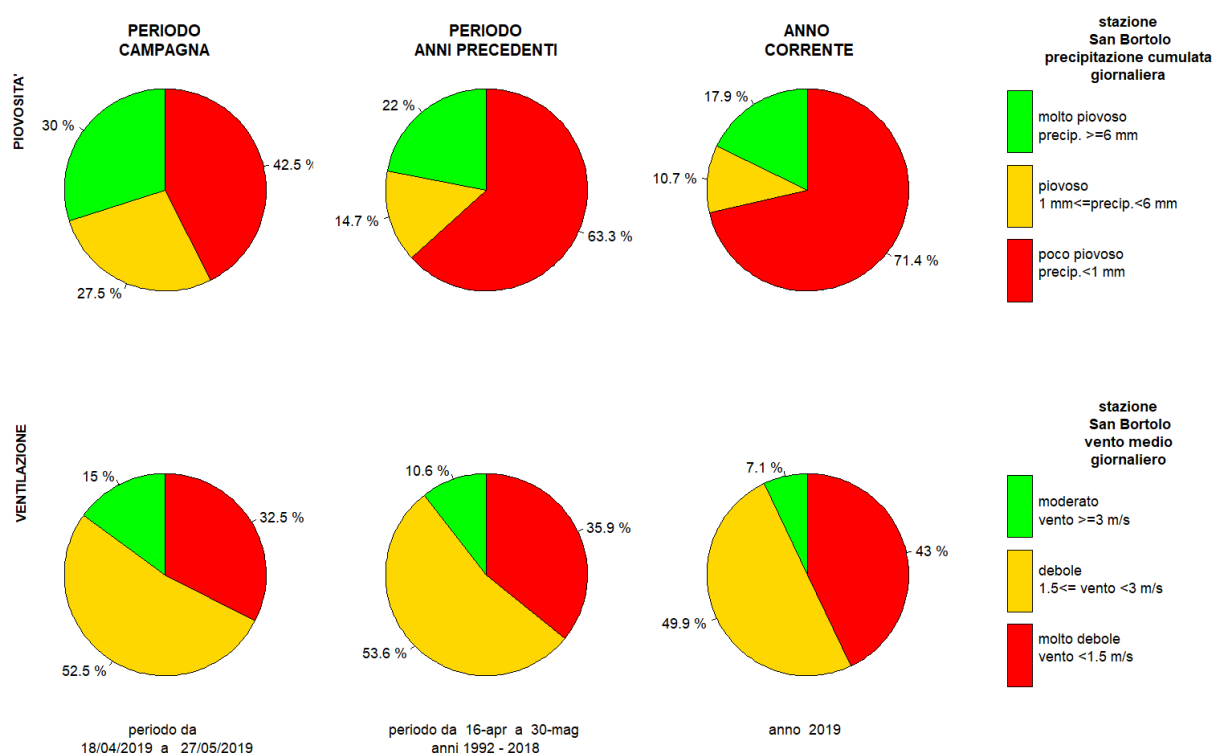


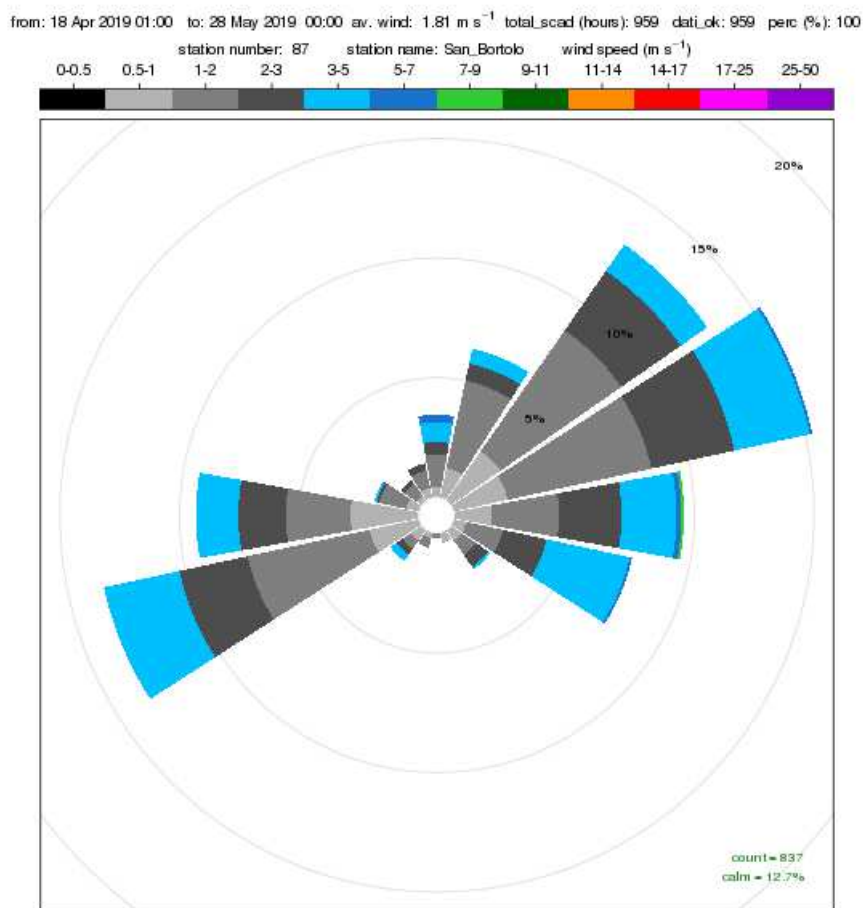
Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente 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 San Bortolo in tre periodi:

- 18 aprile – 27 maggio 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 16 aprile – 30 maggio dall'anno 1992 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio – 31 dicembre 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti che all'anno corrente risultano ben meno frequenti i giorni poco piovosi e più numerosi quelli molto piovosi;
- la percentuale dei giorni con vento moderato è più alta rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di San Bortolo nel periodo 18 aprile – 27 maggio 2019

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di San Bortolo durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est-nordest (circa 15% dei casi), seguita da ovest-sudovest e nord-est (entrambe circa 13%), ovest (circa 10%) ed est (circa 9%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa il 13% dei casi; la velocità media è stata pari a circa 1.8 m/s. Si sottolinea il fatto che la rosa dei venti evidenzia un regime fortemente influenzato dall'orografia circostante e che tale regime potrebbe risultare almeno in parte differente da quello verificatosi nel sito della campagna di misura.

3.2. Periodo invernale: 30/08/2019 – 29/09/2019

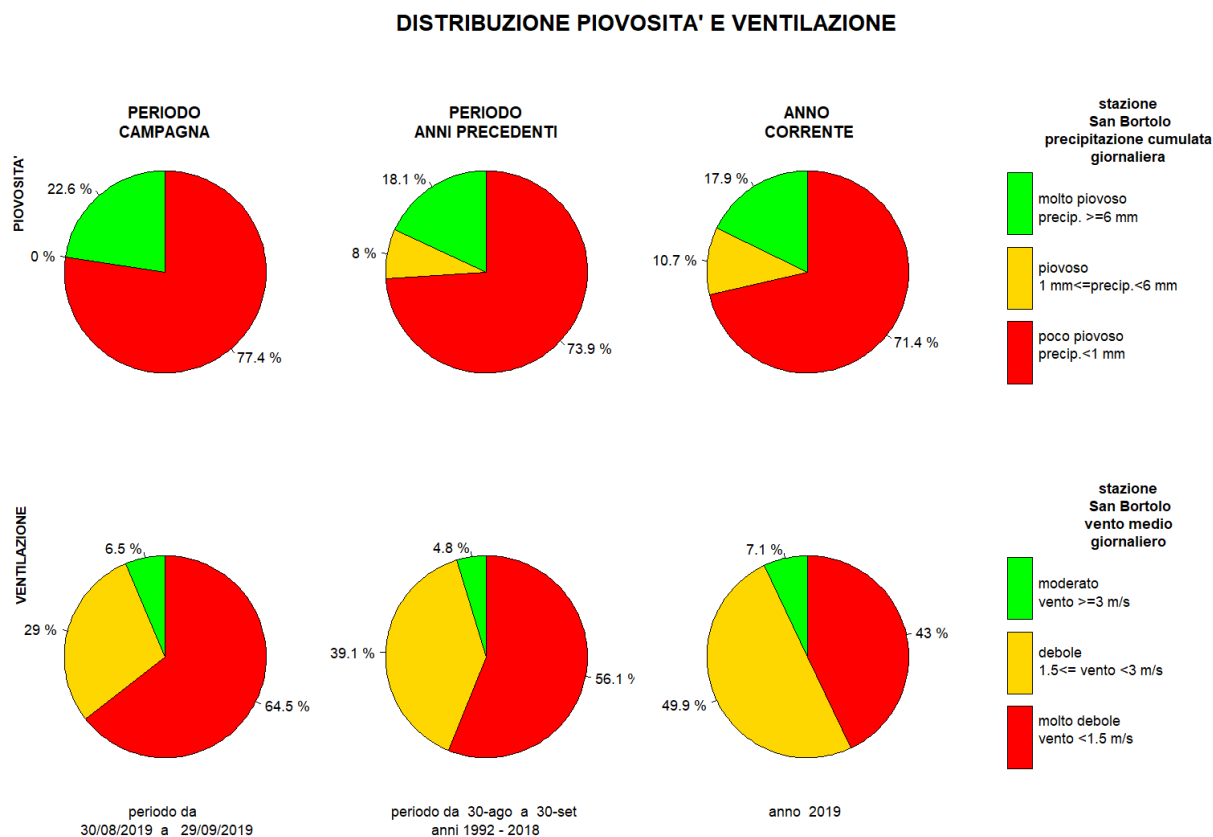


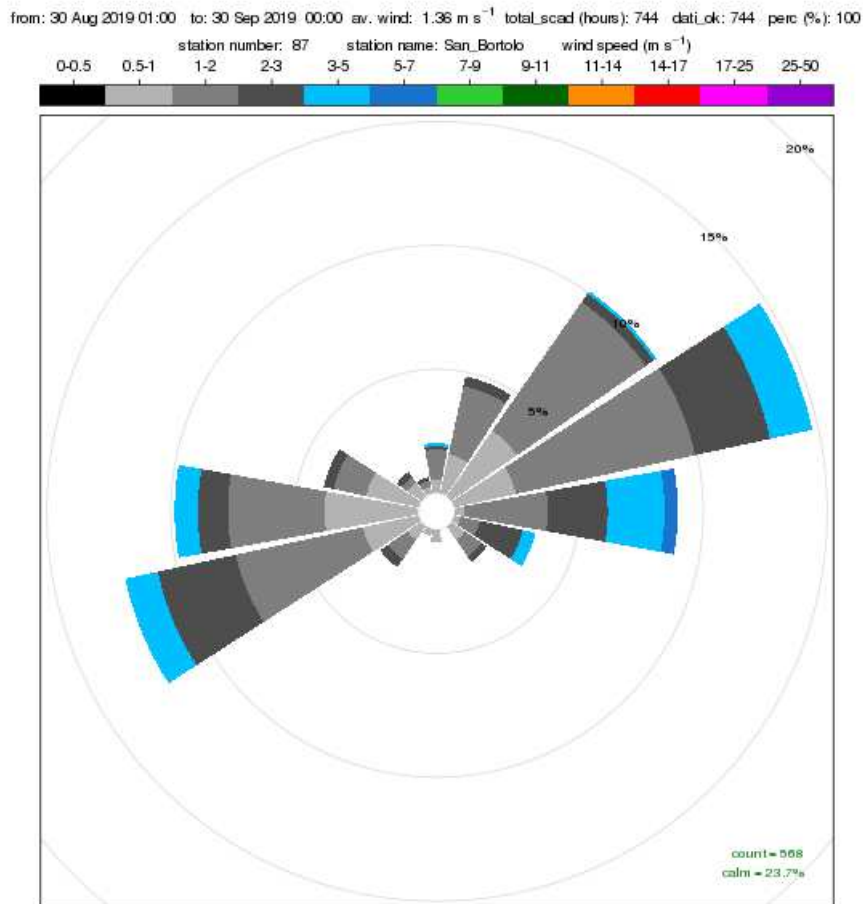
Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente 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 San Bortolo in tre periodi:

- 30 agosto – 29 settembre 2019, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 30 agosto – 30 settembre dall'anno 1992 all'anno 2018 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio – 31 dicembre 2019 (ANNO CORRENTE).

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

- sono del tutto assenti i giorni piovosi (situazione di dispersione intermedia); questo però a vantaggio sia dei giorni poco piovosi che di quelli molto piovosi, le cui frequenze risultano entrambe superiori a quelle dei due periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, con uno scarto maggiore rispetto all'anno corrente.



Frequency of counts by wind direction (%)

Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di San Bortolo nel periodo 30 agosto – 29 settembre 2019

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di San Bortolo durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est-norddest (circa 15% dei casi), seguita da ovest-sudovest (circa 12%), nord-est ed ovest (entrambe circa 10%) ed est (circa 9%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa il 24% dei casi; la velocità media è stata pari a circa 1.4 m/s. Si sottolinea il fatto che la rosa dei venti evidenzia un regime fortemente influenzato dall'orografia circostante e che tale regime potrebbe risultare almeno in parte differente da quello verificatosi nel sito della campagna di misura.

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, 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.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	71	71	71	40	71	64	64	71
N minimo di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51	da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Resa di campionamento minima (%)	90	90	90	90	90	90	90	90
N giorni di campionamento con dati validi	71	71	71	40	71	64	64	71
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: la stazione di riferimento di Bosco Chiesanuova e quella di San Bonifacio, della Provincia di Verona. La prima, essendo ubicata in zona lontana da centri urbani con caratteristiche naturali, si definisce stazione di fondo rurale. 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 Selva di Progno. 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 16 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 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)

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
	SelvaDiProgno	SelvaDiProgno	SelvaDiProgno
media	0.2	0.6	0.4
sd	0.1	0.4	
min	<0.1	<0.1	<0.1
max	0.7	2.1	2.1
mediana	0.2	0.5	
N	720	888	1608
dati mancanti	3	12	15
data.capture (%)	100	99	99
max giornaliero	0.3	1.2	1.2
max.rolling.8	0.4	1.7	
95°percentile	0.4	1.4	
99°percentile	0.5	1.8	
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0

Tabella 6. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Selva di Progno. 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 emmissive.

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

Bosco Chiesanuova non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO₂ misurate nei due periodi è pari a 7 µg/m³, e quindi è ampiamente inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Il valore medio di NOx, pari a 10 µg/m³ (tabella 8), non supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³.

I valori medi e massimi di concentrazione di NO₂ a Selva di Progno, come anche presso le centraline di riferimento, sono molto simili nei due periodi di monitoraggio, che non presentano propriamente le caratteristiche estive e invernali rispettivamente, ma piuttosto corrispondono a una primavera e un autunno, stagioni caratterizzate da una meteorologia che favorisce la dispersione degli inquinanti.

Se si confrontano i dati delle tre postazioni (tabella 7), il valore medio di NO₂ misurato a Selva di Progno è confrontabile con quello di Bosco Chiesanuova e più basso di quello di San Bonifacio, in entrambe le stagioni. Lo stesso si può concludere osservando le statistiche relative agli NOx.

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, presso la stazione di traffico di San Bonifacio, 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). A Bosco Chiesanuova i picchi sono assenti, i valori sono molto bassi, crescono nelle ore diurne, probabilmente per via dell'avvezione di aria più inquinata dalla pianura da parte della brezza valle-monte. A Selva di Progno l'andamento e i valori sono simili a quelli di Bosco Chiesanuova, ma è presente un picco al mattino, probabilmente per l'influenza del traffico della SP10, che corre vicino al punto di monitoraggio.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	SelvaDiProgno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova	SelvaDiProgno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova	SelvaDiProgno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova
media	7	19	6	6	22	3	7	20	5
sd	4	13	<4	4	15	<4			
min	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	30	93	19	21	87	24	30	93	24
mediana	7	15	6	5	19	<4			
N	960	960	960	744	744	744	1704	1704	1704
dati mancanti	1	60	41	1	82	31	2	142	72
data.capt ure	100	94	96	100	89	96	100	92	96
max giornaliero	11	33	11	9	32	7	11	33	11
95°percentile	14	46	12	14	52	8			
99°percentile	20	60	15	18	70	14			
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 rurale di Bosco Chiesanuova. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

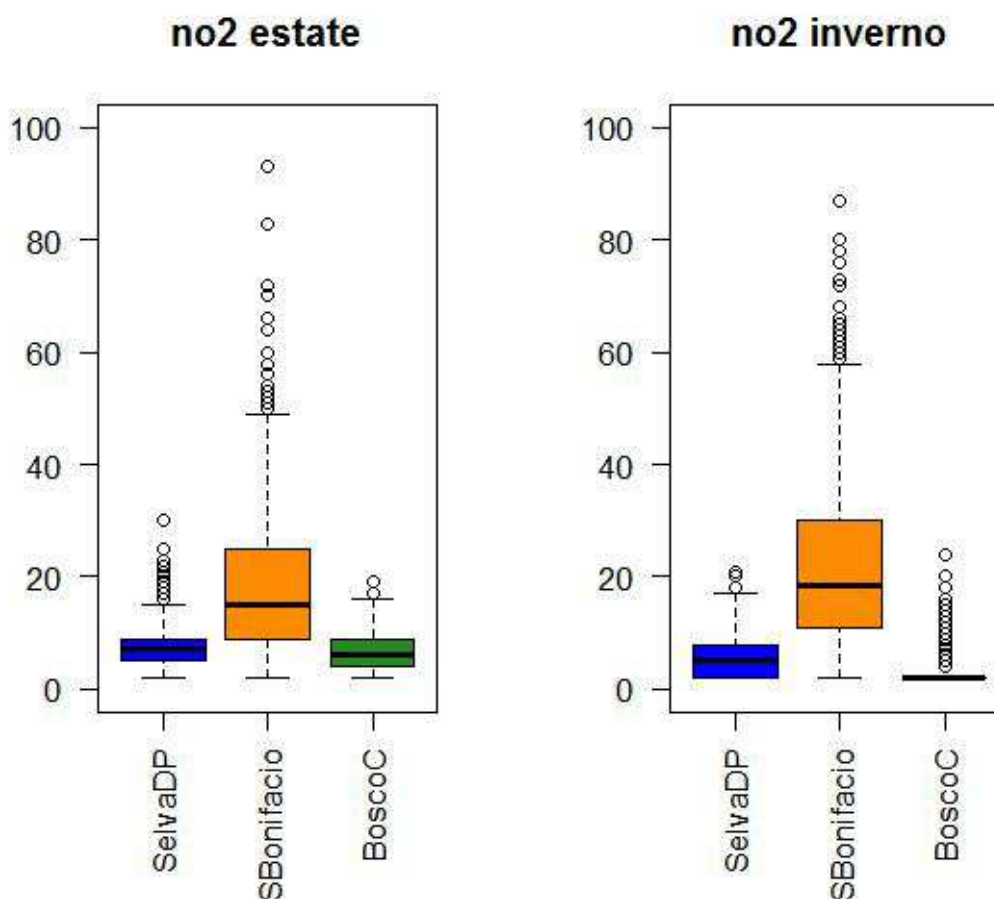


Figura 7. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a Selva di Progno e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NOx (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Selva di Progno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	SBonifacio	Bosco Chiesanuova
media	10	23	7	10	32	3	10	27	5
sd	5	18	4	5	29	3			
min	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
max	46	161	20	37	193	26	46	193	26
mediana	9	17	6	9	24	2			
N	960	960	960	744	744	744	1704	1704	1704
dati mancanti	1	60	41	1	82	31	2	142	72
data.capture	100	94	96	100	89	96	100	92	96
max giornaliero	14	38	12	14	65	8	14	65	12
95°percentile	18	58	13	20	88	9			
99°percentile	28	98	17	29	165	15			

Tabella 8. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina di fondo rurale di Bosco Chiesanuova. 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 19), 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)	Selva di Progno	Selva di Progno	Selva di Progno
media	3	<3	<3
sd	2	0	
min	<3	<3	<3
max	14	4	14
mediana	<3	<3	
N	960	744	1704
dati mancanti	0	3	3
data.capture	100	100	100
max giornaliero	6	<3	6
95°percentile	7	<3	
99°percentile	9	<3	
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 dai processi di combustione (industriale e 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.

Le due campagne di monitoraggio si collocano all'inizio e alla fine dell'estate, quando le temperature non sono generalmente elevate: pertanto nessuno dei due periodi è stato particolarmente critico per l'ozono. A Selva di Progno sono stati registrati 2 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e figura 23 in Appendice), un numero inferiore ai 5 di San Bonifacio e ai 9 di Bosco Chiesanuova. Essi si sono verificati in corrispondenza di giornate soleggiate con elevate temperature (vedasi figura 30 in Appendice). Non si sono verificati superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (figura 22 in Appendice) a Selva di Progno come anche presso le stazioni di riferimento.

I valori massimi misurati a Selva di Progno sono confrontabili con quelli delle due centraline di riferimento. Invece i valori medi sono simili a quelli di San Bonifacio, e più bassi di quelli di Bosco Chiesanuova. Osservando i grafici del giorno tipo, riportati nella figura 29 in Allegato, si osserva che anche l'andamento della concentrazione di ozono durante la giornata è molto simile a Selva di Progno e a San Bonifacio, con un aumento nelle ore centrali della giornata e una diminuzione durante la notte; invece, a Bosco Chiesanuova, i valori rimangono alti durante tutto l'arco della giornata. Questo può essere legato alla diversa altitudine delle località. Selva di Progno si trova a 570 m slm, Bosco Chiesanuova a 1100 m slm. Bosco Chiesanuova si trova in quella fascia di altitudine compresa tra i 1000 e i 2000 metri di quota, dove in area prealpina tende a formarsi una sorta di "riserva di ozono": qui la concentrazione media di questo inquinante rimane pressoché stabile durante la giornata; infatti la concentrazione di precursori biogenici dell'ozono è maggiore rispetto centraline di pianura, dove invece prevalgono i precursori di origine antropogenica. D'altra parte, in queste zone, è bassa la concentrazione di altri inquinanti, come gli ossidi di azoto: questo impedisce la reazione di combinazione di ozono e ossido di azoto, che comporterebbe la rimozione dell'ozono, come avviene invece nelle aree urbane di pianura.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova
media	63	67	89	57	52	87	61	60	88
Sd	26	29	16	26	37	21			
Min	8	<4	46	6	<4	17	6	<4	17
max	132	136	138	134	147	148	134	147	148
mediana	64	69	88	53	47	84			
N	960	960	960	744	744	744	1704	1704	1704
dati mancanti	4	11	0	2	2	1	6	13	1
data.capture	100	99	100	100	100	100	100	99	100
max giornaliero	95	97	118	80	69	116	95	97	118
max.rolling.8	126	127	128	118	127	132			
95°percentile	112	117	117	109	125	123			
99°percentile	123	128	128	123	137	138			
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	2	2	3	0	3	6	2	5	9
N superamenti 180 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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 rurale di Bosco Chiesanuova. Il limite di rivelabilità dello strumento è 4 µg/m³.

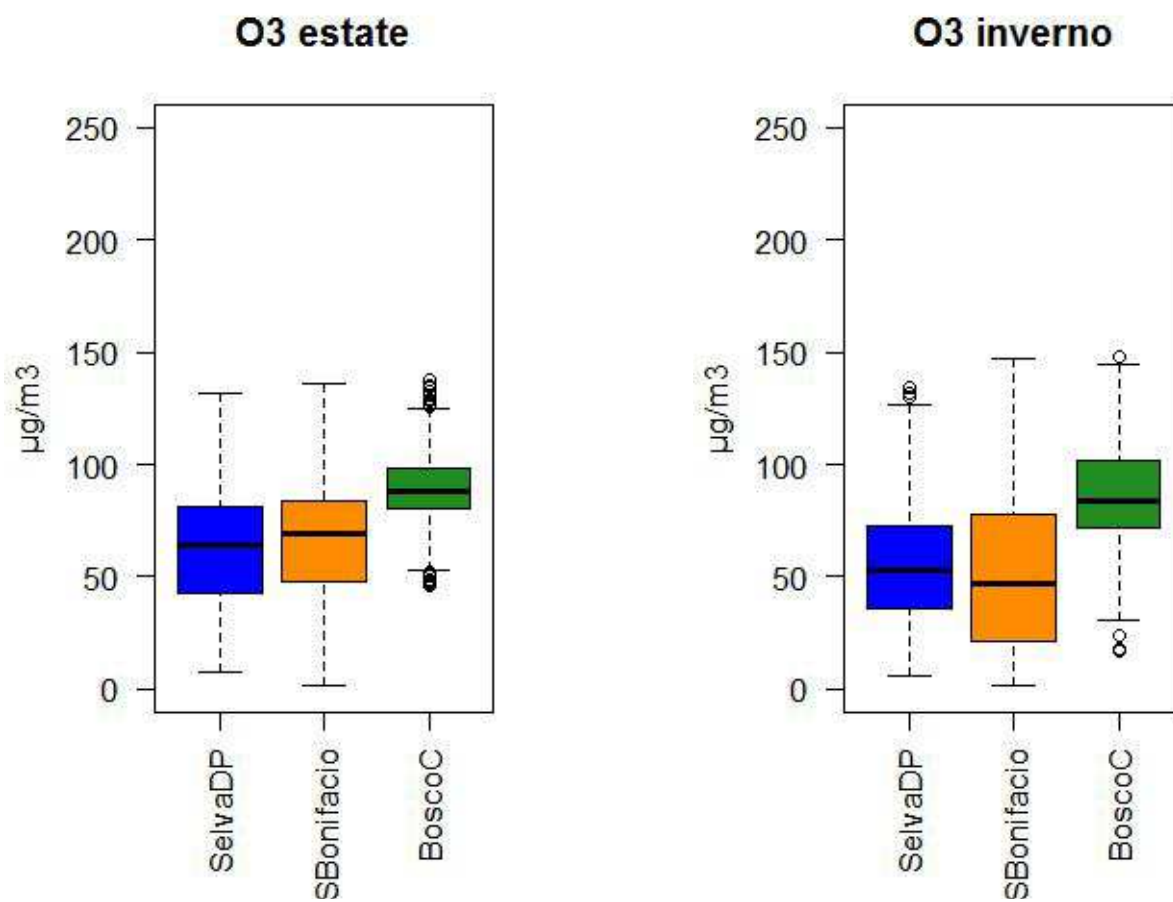


Figura 8. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a Selva di Progno e alla centralina di riferimento di Bosco Chiesanuova. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

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 e tumori di vario tipo.

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico a Selva di Progno durante le campagne di misura. Nei 64 giorni di misurazione, non sono stati registrati superamenti del limite giornaliero di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno). I periodi di monitoraggio non sono stati critici per questo inquinante, perché le condizioni meteorologiche hanno garantito una buona capacità di dispersione dell'atmosfera, come è tipico delle stagioni intermedie primaverile ed autunnale.

In tabella 12, i dati relativi a Selva di Progno sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova. 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 Selva di Progno, 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, mentre le serie temporali relative alle tre postazioni sono riportate in figura 24 in Allegato. I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 a Selva di Progno sono confrontabili con quelli delle due centraline di riferimento in entrambi i periodi di monitoraggio.

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 Selva di Progno è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di Bosco Chiesanuova. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico a Selva di Progno, il valore medio annuale di 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 90° percentile di 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (che non 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	14	15	14
N giorni	36	28	64
sd	6	7	
max	24	34	34
min	4	6	4
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico a Selva di Progno. 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		
	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	San Bonifacio	Bosco Chiesanuova
media	13	16	10	15	22	18	14	19	14
N giorni	33	33	33	26	26	26	59	59	59
sd	6	8	6	7	11	13			
max	24	39	20	34	53	57	34	53	57
min	4	4	<4	6	5	4	4	4	<4
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	1	1	0	1	1

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 rurale di Bosco Chiesanuova. 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

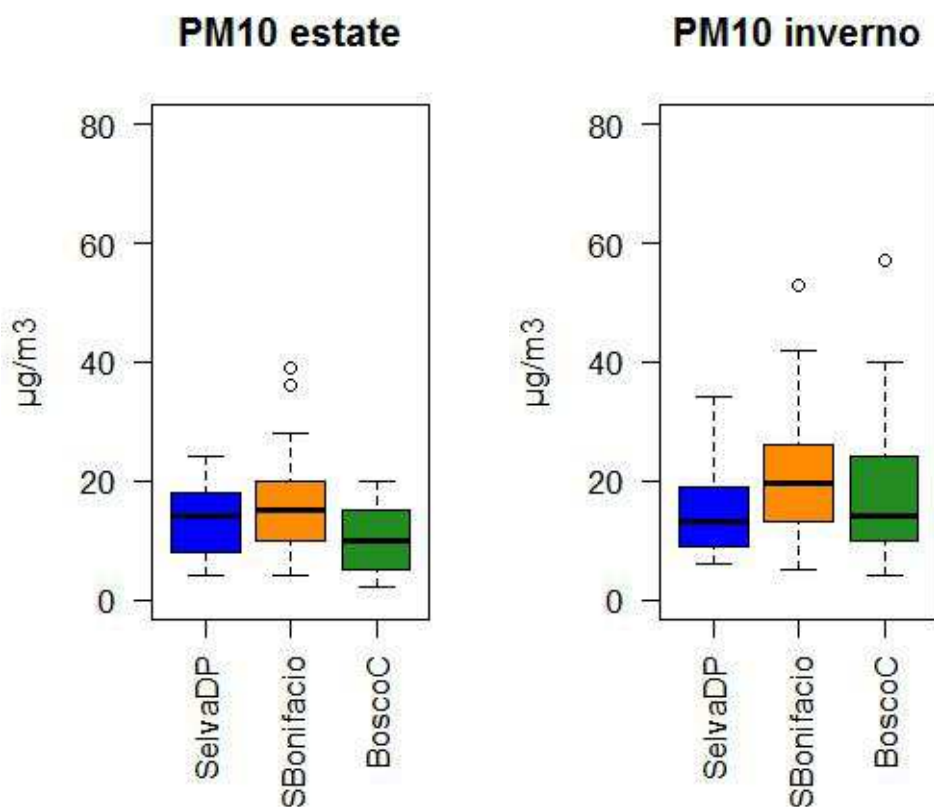


Figura 9. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a Selva di Progno e alle centraline di riferimento di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

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 Selva di Progno e nelle stazioni fisse di riferimento di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova. 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 tutti i valori misurati a Selva di Progno e presso le centraline di riferimento sono inferiori o uguali al limite di rivelabilità.

La bassa concentrazione di questo inquinante, nel punto di indagine come anche presso le centraline di riferimento, può essere spiegata da una maggiore dispersione degli inquinanti durante l'estate, la primavera e l'inizio dell'autunno, quando lo strato limite¹ ha una altezza mediamente maggiore rispetto all'inverno, a causa del maggior riscaldamento della superficie terrestre. Anche la degradazione fotochimica del benzene, attiva quando temperatura e radiazione solare sono più elevate, ha un ruolo nella diminuzione estiva delle concentrazioni di questo inquinante.

In tabella 14 sono riportati i valori medi di benzene, etilbenzene e toluene ottenuti utilizzando tutti i dati disponibili. Sia i valori medi sia i massimi di benzene, 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	
	Selva di Progno	San Bonifacio	Selva di Progno	San Bonifacio	Selva di Progno	San Bonifacio
Media	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
N giorni	15	15	13	13	28	28
sd	0.1	0.0	0.0	0.0		
max	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5
min	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura a Selva di Progno, della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio e della centralina fissa di fondo rurale di Bosco Chiesanuova. 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	1.0	ND	<0.5	<0.5	0.8	ND
Sd	0.2	0.0	0.1	ND	ND	ND	ND	ND
Max	0.6	<0.5	1.1	ND	<0.5	<0.5	0.8	ND
Min	<0.5	<0.5	0.9	ND	<0.5	<0.5	0.8	ND
N campioni	2	2	2	0	1	1	1	0
N giorni esposizione	30	30	30	0	29	29	29	0

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

¹ Strato di atmosfera vicino alla superficie terrestre, all'interno del quale rimangono confinati gli inquinanti emessi al suo interno.

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 ($\text{PM}_{2.5}$): 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 Selva di Progno e presso la stazione di fondo rurale di Bosco Chiesanuova. 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. In tabella 16, gli stessi calcoli sono stati effettuati utilizzando tutti i dati disponibili per Selva di Progno, per tutte le specie di IPA misurate. Figura 26 in Appendice riporta le serie temporali di questo inquinante nei tre siti di misura.

In entrambi i periodi di monitoraggio i valori misurati sono molto bassi, a Selva di Progno come anche a Bosco Chiesanuova, come è tipico di questo periodo dell'anno, caratterizzato da condizioni dispersive buone e basse emissioni (il riscaldamento non è molto attivo). Il valore medio calcolato per Selva di Progno, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 0.1 ng/m^3 , che risulta inferiore al limite annuale di 1.0 ng/m^3 . Tale valore medio coincide con il valore medio annuale di concentrazione di benzo(a)pirene della stazione di riferimento di Bosco Chiesanuova.

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.

Benzoapirene (ng/m^3)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Selva di Progno	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	Bosco Chiesanuova	Selva di Progno	Bosco Chiesanuova
media	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1
N	12	12	10	10	22	22
sd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
max	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1
min	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura a Selva di Progno e della centralina fissa di fondo rurale di Bosco Chiesanuova. 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 i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m^3 sono indicati come <0.1 ng/m^3 , i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m^3 sono approssimati a 0.1 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	36	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	64	<0.1	<0.1	<0.1
Benzoapirene	36	0.1	<0.1	0.1	<0.1	28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	64	0.1	0.1	<0.1
Benzobfluorantene	36	0.1	<0.1	0.2	0.1	28	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	64	0.1	0.2	<0.1
Benzoghiperilene	36	0.1	<0.1	0.2	0.1	28	0.1	<0.1	0.1	<0.1	64	0.1	0.2	<0.1
Benzokfluorantene	36	0.1	<0.1	0.1	<0.1	28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	64	<0.1	0.1	<0.1
Dibenzoahantracene	36	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	64	<0.1	<0.1	<0.1
Indeno123cdpirene	36	0.1	0.1	0.2	<0.1	28	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	64	0.1	0.2	<0.1
Crisene	36	0.1	<0.1	0.1	<0.1	28	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	64	0.1	0.1	<0.1

Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Selva di Progno, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m³, i valori compresi tra 0.01 e 0.04 ng/m³ sono indicati come <0.1 ng/m³, i valori compresi tra 0.05 e 0.1 ng/m³ sono approssimati a 0.1 ng/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>

Nelle figure 10 e 11 è riportata la percentuale di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, mentre nelle figure 12 e 13 l'indice è riportato in un grafico-calendario. In entrambi i periodi, vi è stata una prevalenza di giornate in cui la qualità dell'aria è stata "Accettabile" (78% in estate e 77% in inverno), le rimanenti giornate essa è stata "Buona" (2% in estate e 13% in inverno), oppure "Mediocre" per il 10% nel periodo estivo, per via della crescita della concentrazione di ozono.

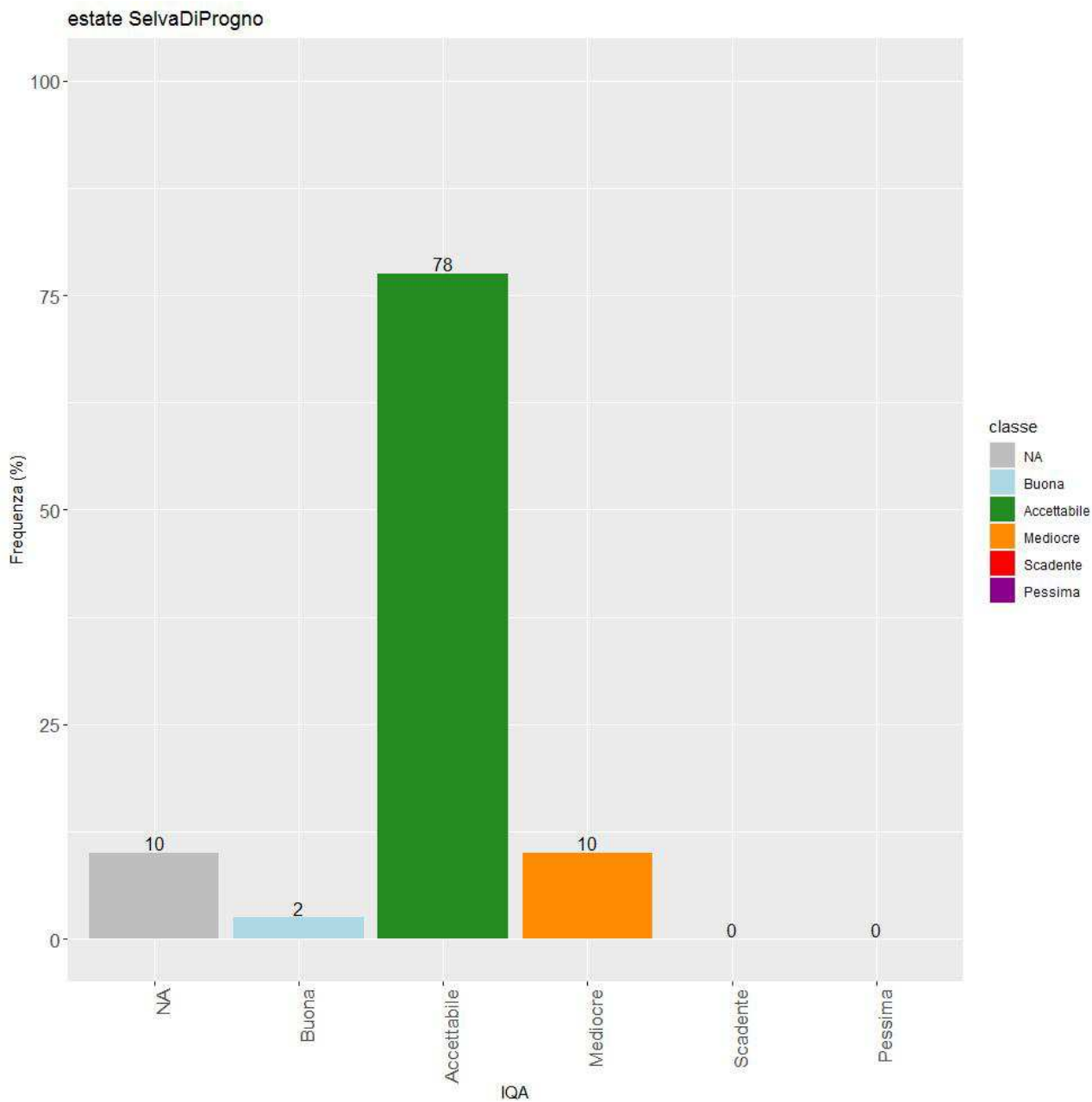


Figura 10. Indice di Qualità dell'aria a Selva di Progno, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Selva di Progno. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile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

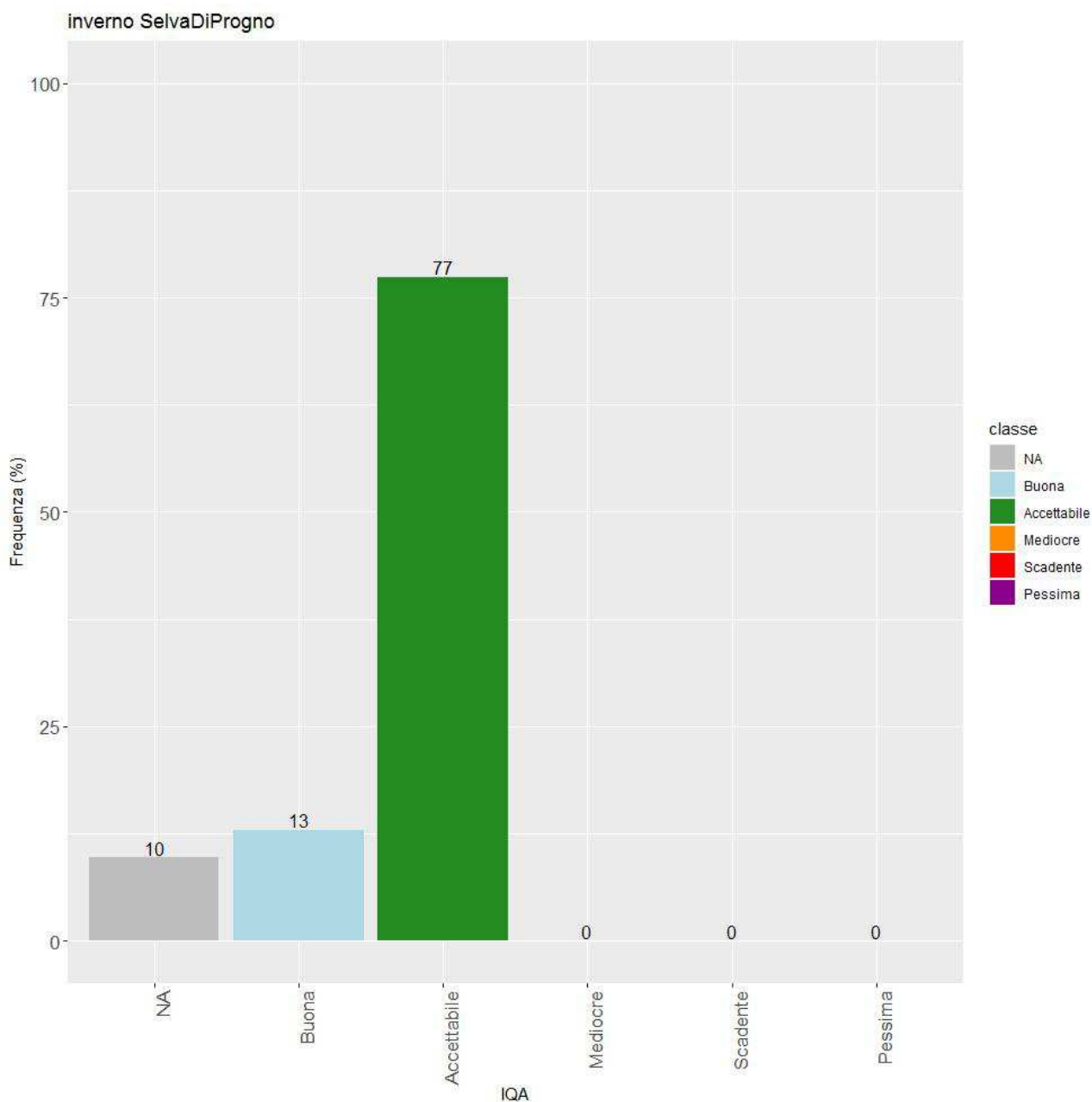


Figura 11. Indice di Qualità dell'aria a Selva di Progno, campagna INVERNO: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Selva di Progno. NA (Not Available, non disponibile), è relativo alle giornate in cui non è stato possibile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

Indice di qualità dell'aria estate SelvaDiProugno



Figura 12. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Selva di Prougno, ESTATE 2019.

Indice di qualità dell'aria inverno SelvaDiProugno



Figura 13. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna a Selva di Prougno, INVERNO 2019.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di fondo rurale di Bosco Chiesanuova, 8 km a ovest del punto di analisi, é la stazione di riferimento per il monitoraggio della qualità dell'aria nell' area individuata dalla zonizzazione come IT0515 "Prealpi e Alpi", a cui appartiene anche il punto di monitoraggio di Selva di Prougno. Per un confronto, é stata considerata anche la centralina di traffico di San Bonifacio, appartenente all'area "Pianura e Capoluogo Bassa Pianura", in quanto si trova allo sbocco della valle d'Illasi, nella quale si trova il punto di monitoraggio, e il regime di brezza che caratterizza la valle determina un trasporto di inquinanti lungo il suo asse. 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 Bosco Chiesanuova (linea-quadrato verde); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile a Selva di Progno (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Bosco Chiesanuova (barra verde). Il benzo(a)pirene, viene regolarmente misurato solo presso la centralina di monitoraggio di Bosco Chiesanuova.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni dal 2007 al 2019, sia presso la stazione di traffico di San Bonifacio sia presso la stazione di fondo di Bosco Chiesanuova. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono inferiori alla rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna a Selva di Progno è più elevato di quello relativo alla centralina di Bosco Chiesanuova e più basso di quello della centralina di traffico di San Bonifacio.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2011 e il 2018; nel 2019 il valore medio è superiore all'anno precedente, ma comunque molto vicino. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova sono inferiori alla loro media relativa al 2019. La concentrazione media a Selva di Progno è inferiore a quella di San Bonifacio e uguale a quella di Bosco Chiesanuova.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2015 e il 2019 è costantemente diminuito a Bosco Chiesanuova. La concentrazione media misurata durante la campagna di monitoraggio nella stazione di fondo rurale di Bosco Chiesanuova coincide con il valore medio annuale misurato nel 2019, come anche con il valore relativo a Selva di Progno.

Il benzene non è misurato nella stazione di riferimento di Bosco Chiesanuova: pertanto sono stati riportati i valori della centralina di traffico di San Bonifacio e di quella di fondo urbano di Verona. Entrambe mostrano una tendenza alla diminuzione. I valori misurati presso le centraline nel periodo di monitoraggio sono inferiori a quelli medi del 2019. Il valore medio di benzene misurato a Selva di Progno coincide con il limite di rivelabilità, mentre quello delle centraline è addirittura inferiore.

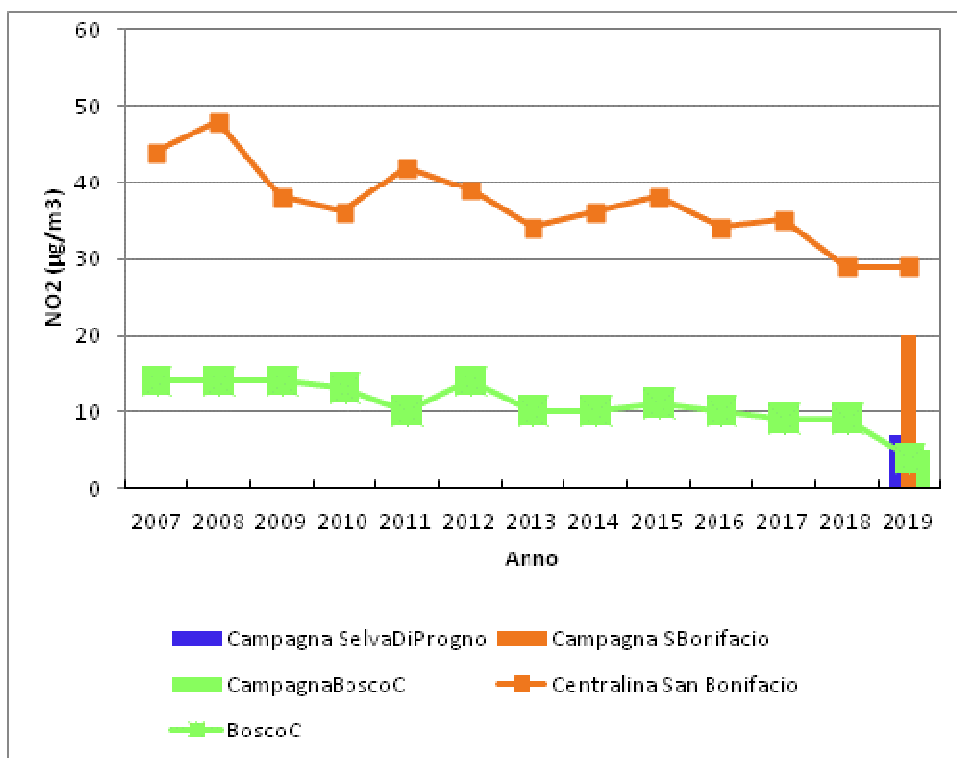


Figura 14: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Bosco Chiesanuova (linea-quadrato verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2019, misurata dal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

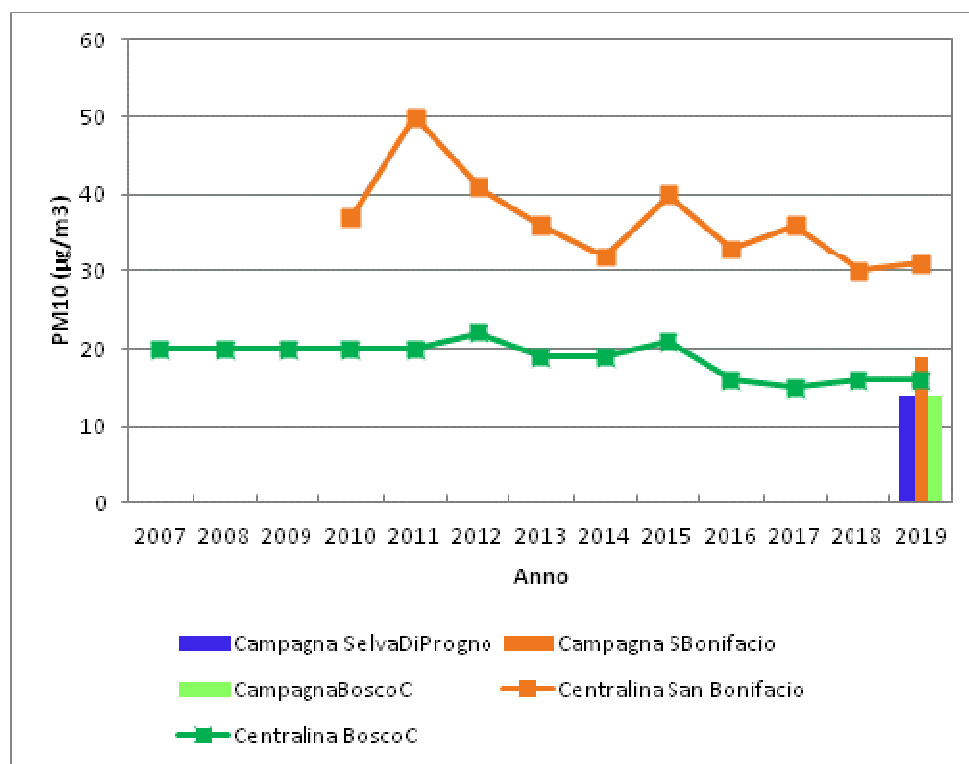


Figura 15. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2019, misurata dal mezzo mobile a Selva di Progno, e dalle centraline di San Bonifacio e Bosco Chiesanuova (come in figura 14).

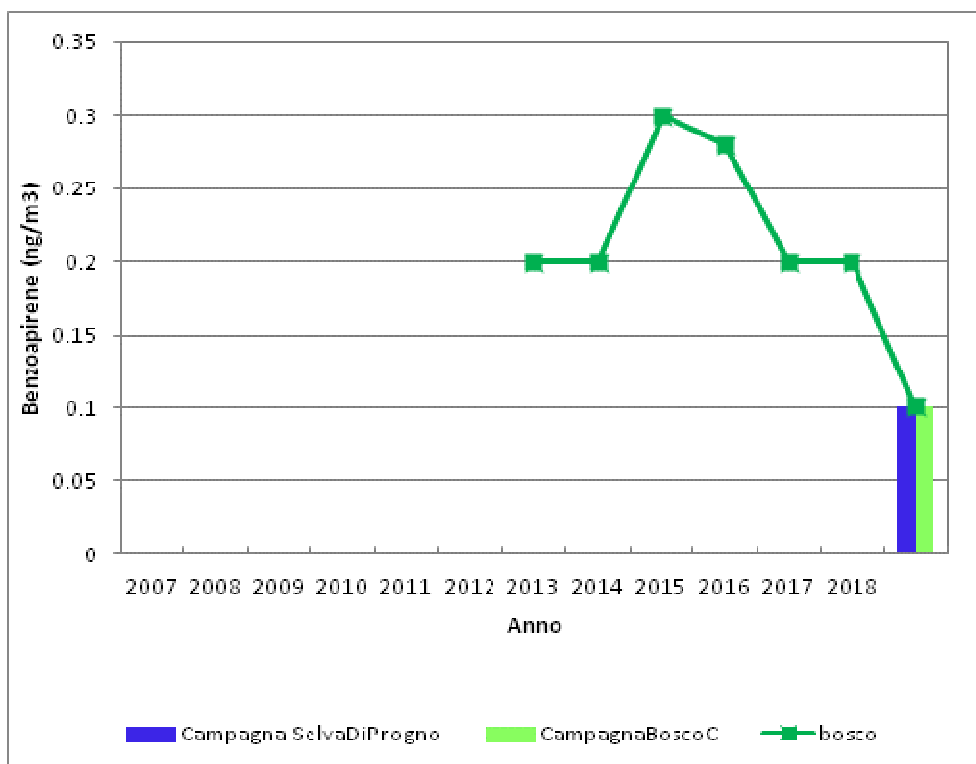


Figura 16. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di San Bonifacio, Bosco Chiesanuova, Schio (VI) e concentrazione media durante le campagne di misura del 2019, misurata dal mezzo mobile a Selva di Progno, dalla centralina di Bosco Chiesanuova (come in figura 14).

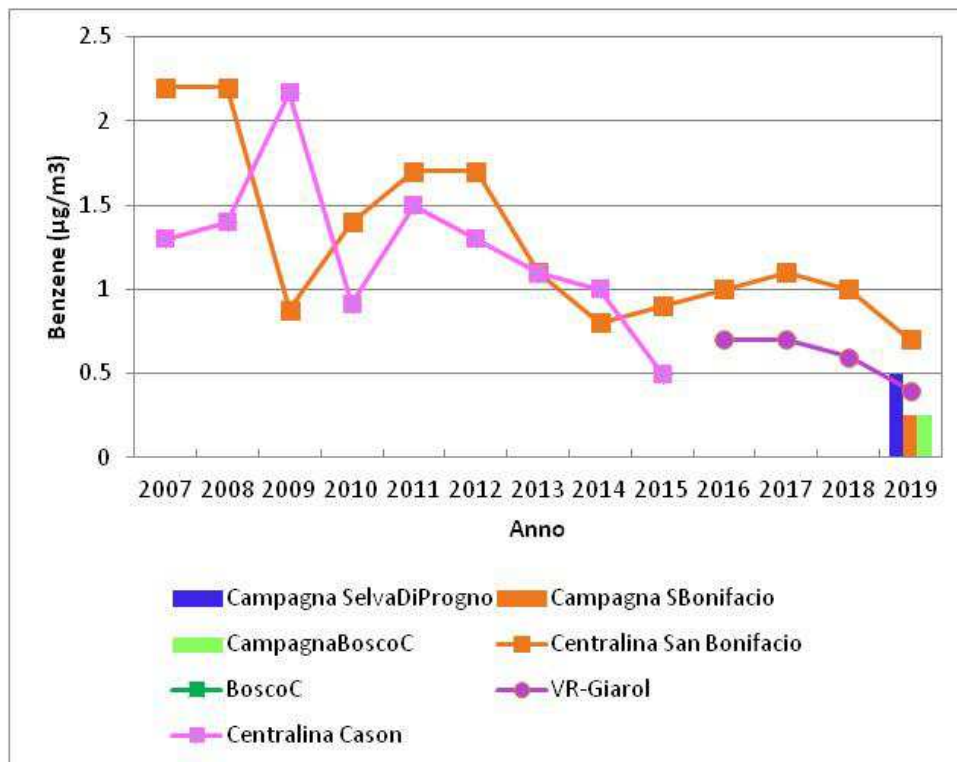


Figura 17. Benzene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di Bosco Chiesanuova e San Bonifacio, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2019, misurata dal mezzo mobile a Selva di Progno, dalla centralina di Bosco Chiesanuova e da quella di San Bonifacio (come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

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Selva di Progno, in Via Trento. Il punto di campionamento si trova in area residenziale, vicino alla sede comunale, a 30 m dalla SP10, via di attraversamento del piccolo centro abitato. La SP10, che 1.5 km a nord si collega alla SP13, rappresenta la via di collegamento alle maggiori località turistiche della Lessinia. Per le sue caratteristiche, il sito è di tipologia "fondo rurale".

Le campagne di misura sono state svolte dal 18 aprile al 27 maggio 2019, e dal 30 agosto al 29 settembre 2019. I due periodi non hanno propriamente le caratteristiche tipiche del periodo estivo e invernale, e sono piuttosto rappresentativi della primavera e dell'autunno, periodi caratterizzati da una meteorologia che facilita la dispersione degli inquinanti, per cui generalmente non si verificano situazioni critiche.

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 rurale di Bosco Chiesanuova.

L'analisi dei dati ha evidenziato valori di ossidi di azoto confrontabili con quelli della centralina di fondo rurale di Bosco Chiesanuova e inferiori a quelli della centralina di traffico di San Bonifacio. Per questi inquinanti non è stato registrato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta durante la campagna di monitoraggio, né a Selva di Progno né nelle stazioni di riferimento della Provincia di Verona; inoltre la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi di campionamento è stata 7 µg/m³, decisamente inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³, che risulta pertanto non superato.

Le polveri sottili, nella montagna veronese, non rappresentano in genere un inquinante critico, e mostrano rari superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³, diversamente dalla Pianura Padana. Inoltre, il monitoraggio è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche che hanno favorito la dispersione degli inquinanti, e non sono state critiche neanche per le stazioni di pianura. A Selva di Progno non si sono verificati superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³, e i valori medi misurati sono confrontabili con quelli della centralina di riferimento di Bosco Chiesanuova. La stima del valore medio annuale per il sito di Selva di Progno, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (Bosco Chiesanuova), è stata 17 µg/m³, che non supera il valore limite annuale di 40 µg/m³. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 25 µg/m³, il che determina il rispetto del limite di 35 giornate all'anno nelle quali viene superato il valore limite giornaliero di 50 µg/m³.

Anche il benzo(a)pirene ha mostrato valori confrontabili con quelli della centralina di Bosco Chiesanuova, molto bassi, come è tipico di questo periodo dell'anno, caratterizzato da condizioni dispersive buone e basse emissioni, dal momento che il riscaldamento a biomassa non è molto attivo. Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è 0.1 ng/m³, e risulta inferiore al limite sulla media annua di 1 ng/m³.

L'ozono non ha mostrato grosse criticità, in quanto le campagne di monitoraggio si collocano all'inizio e alla fine dell'estate, quando le temperature non sono generalmente elevate: questo inquinante si forma infatti per reazione fotochimica, a partire da altri inquinanti come gli ossidi di azoto e i composti organici volatili, in presenza di alte temperatura e radiazione. A Selva di Progno sono avvenuti 2 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, un numero inferiore ai 5 di San Bonifacio e ai 9 di Bosco Chiesanuova. Non è stato superato il limite di 180 µg/m³, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, né a Selva di Progno né presso le centraline di riferimento. Il comportamento di questo inquinante a Selva di Progno, nel periodo monitorato, è simile a quello presso la stazione fissa di San Bonifacio, con un aumento nelle ore centrali della giornata e una diminuzione nella notte: si può pertanto inferire che l'entità dei superamenti per questo inquinante sia molto

superiore durante l'estate, tanto da rappresentare una criticità, come per tutte le stazioni di riferimento della provincia di Verona.

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, ha mostrato un valore medio inferiore al limite di rilevabilità strumentale, a Selva di Progno come anche presso la stazione di riferimento. Risulta pertanto rispettato il limite normativo, pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annua.

In sintesi, si può concludere che lo studio della qualità dell'aria del Comune di Selva di Progno, non ha evidenziato grosse criticità. Il monitoraggio è stato condotto in periodi caratterizzati da una meteorologia che ha facilitato la dispersione degli inquinanti e non ha creato situazioni favorevoli per la loro formazione tramite reazioni chimiche secondarie: questo spiega le basse concentrazioni registrate sia a Selva di Progno sia presso le centraline di riferimento della rete ARPAV di qualità dell'aria. Il confronto con queste ultime consente di stimare che nel corso dell'anno si possano verificare superamenti dei limiti normativi solo in relazione all'ozono.

11. Sintesi









Inquinante	Tipo di limite	Indicatore statistico	Valore limite	Risultato del monitoraggio		Sintesi valutazione
				Valore limite	Risultato del monitoraggio	
PM ₁₀	Limite annuale (media)	Media	40 µg/m ³	17 µg/m ³ (media stimata)		Rispetto dei limiti normativi (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	Meno di 35 superamenti/anno stimati		
O ₃	Soglia di informazione (media 1 h)	Media 1 h	180 µg/m ³	0 superamenti (ore)		Superamento del valore obiettivo (cfr. par. 7.4)
	Soglia di allarme	Media 1 h	240 µg/m ³	0 superamenti (ore)		
NO ₂	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile su 8 h	120 µg/m ³	2 superamenti (giorni)		Rispetto dei limiti normativi (cfr. par. 7.2)
	Soglia di allarme	Media 1h. Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	400 µg/m ³	0 superamenti		
NO ₂	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		Rispetto dei limiti normativi (cfr. par. 7.2)
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³	7 µg/m ³ (media delle due campagne di misura)		
SO ₂	Soglia di allarme	Superamento per 3 h consecutive del valore di soglia	500 µg/m ³	0 superamenti		Concentrazione media nettamente inferiore ai limiti normativi (cfr. paragrafo 7.3)
	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		
SO ₂	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	<0.5 µg/m ³ (media delle due campagne di misura)		Valori medi inferiori al limite annuale (cfr. par. 7.6)
BaP	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/m ³	0.1 ng/m ³ (media delle due campagne di misura)		Valore medio durante le campagne di monitoraggio inferiore al limite annuale (cfr. par. 7.7)

Tabella 17. Sintesi dei risultati della campagna di monitoraggio in Via A. Manzoni, Selva di Progno, Selva di Progno (VR).

12. Appendice

In questa relazione sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in figura 16.

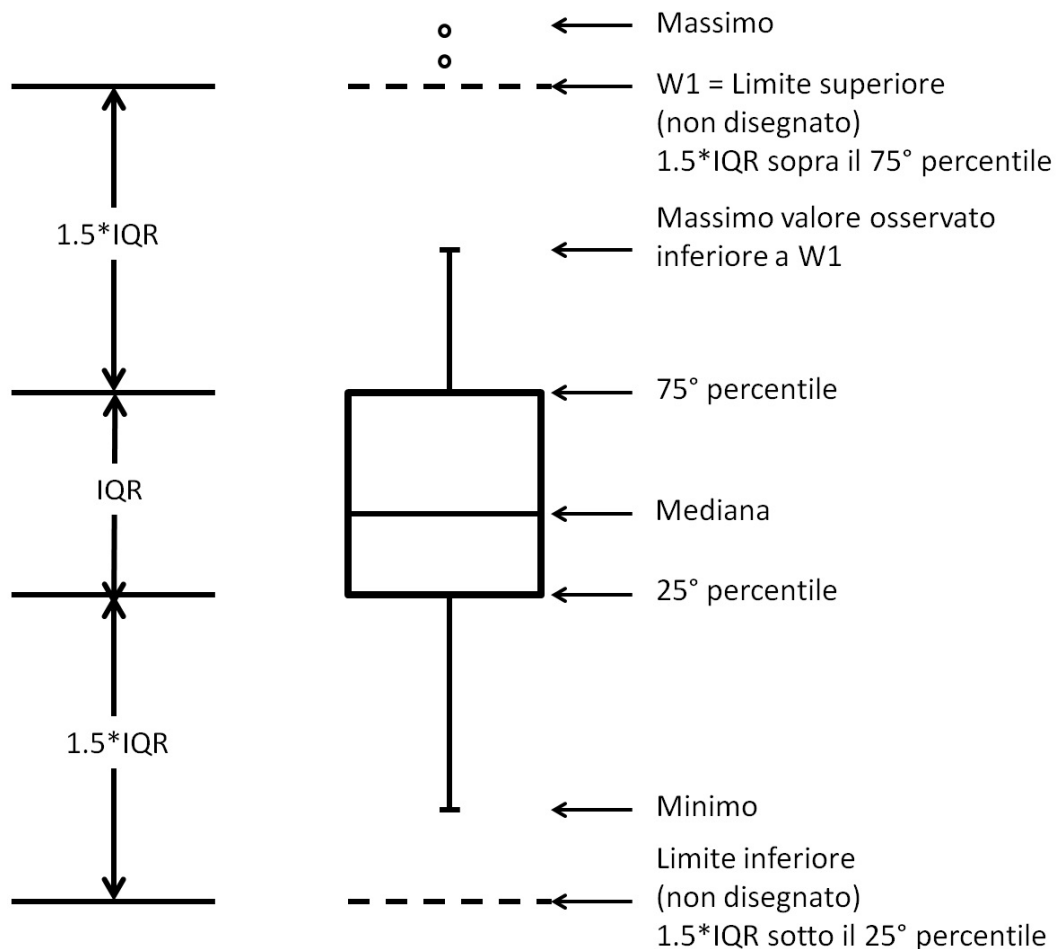


Figura 18. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo del rettangolo (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata 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).

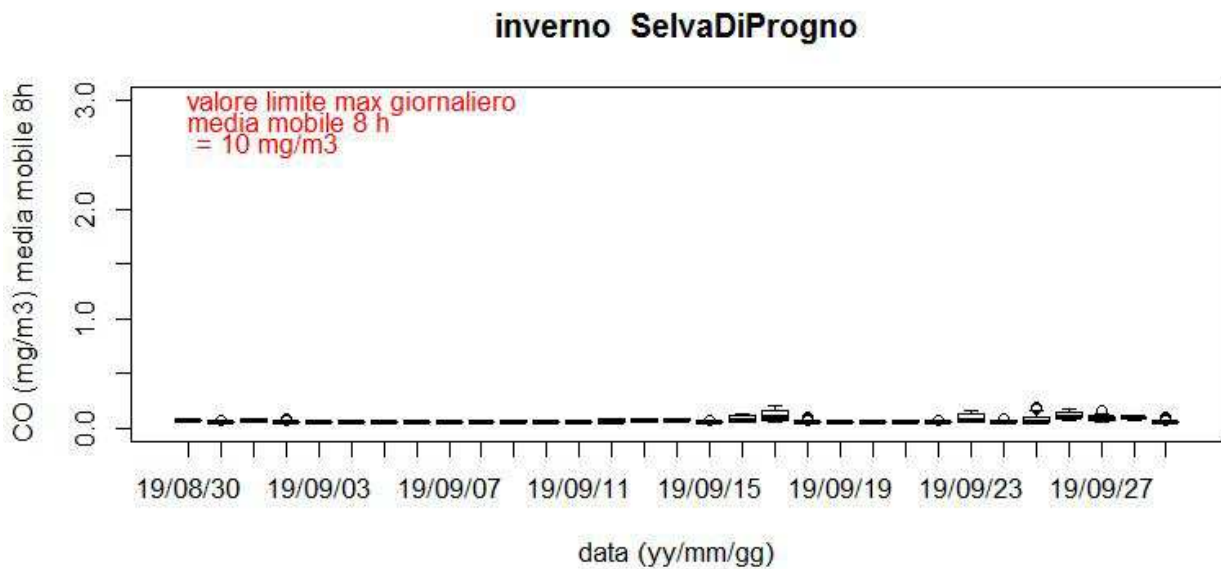
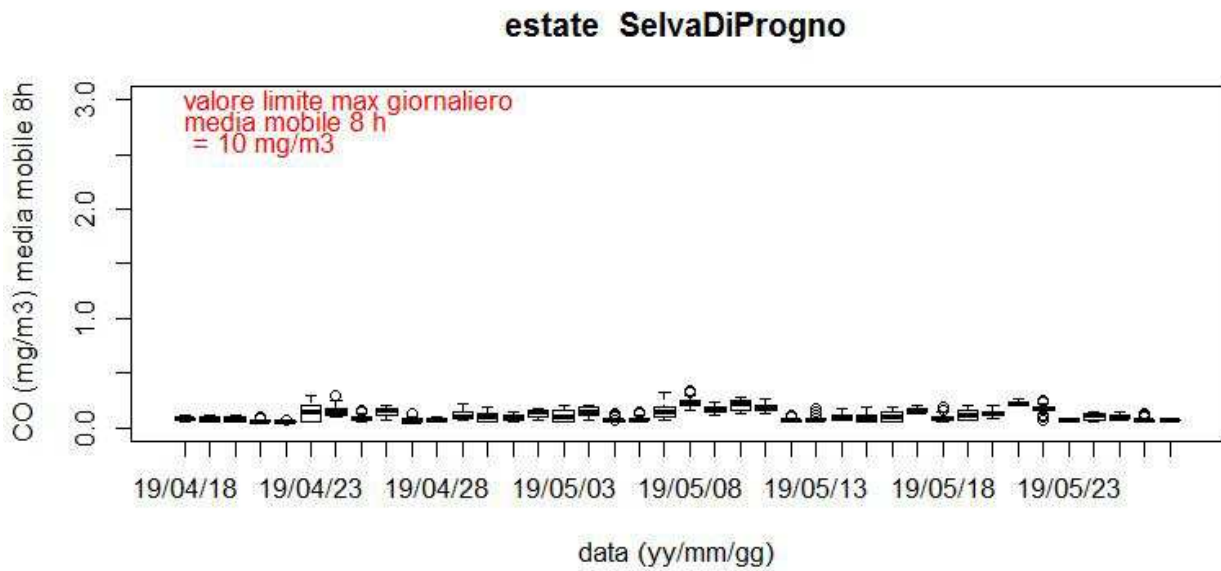


Figura 20 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

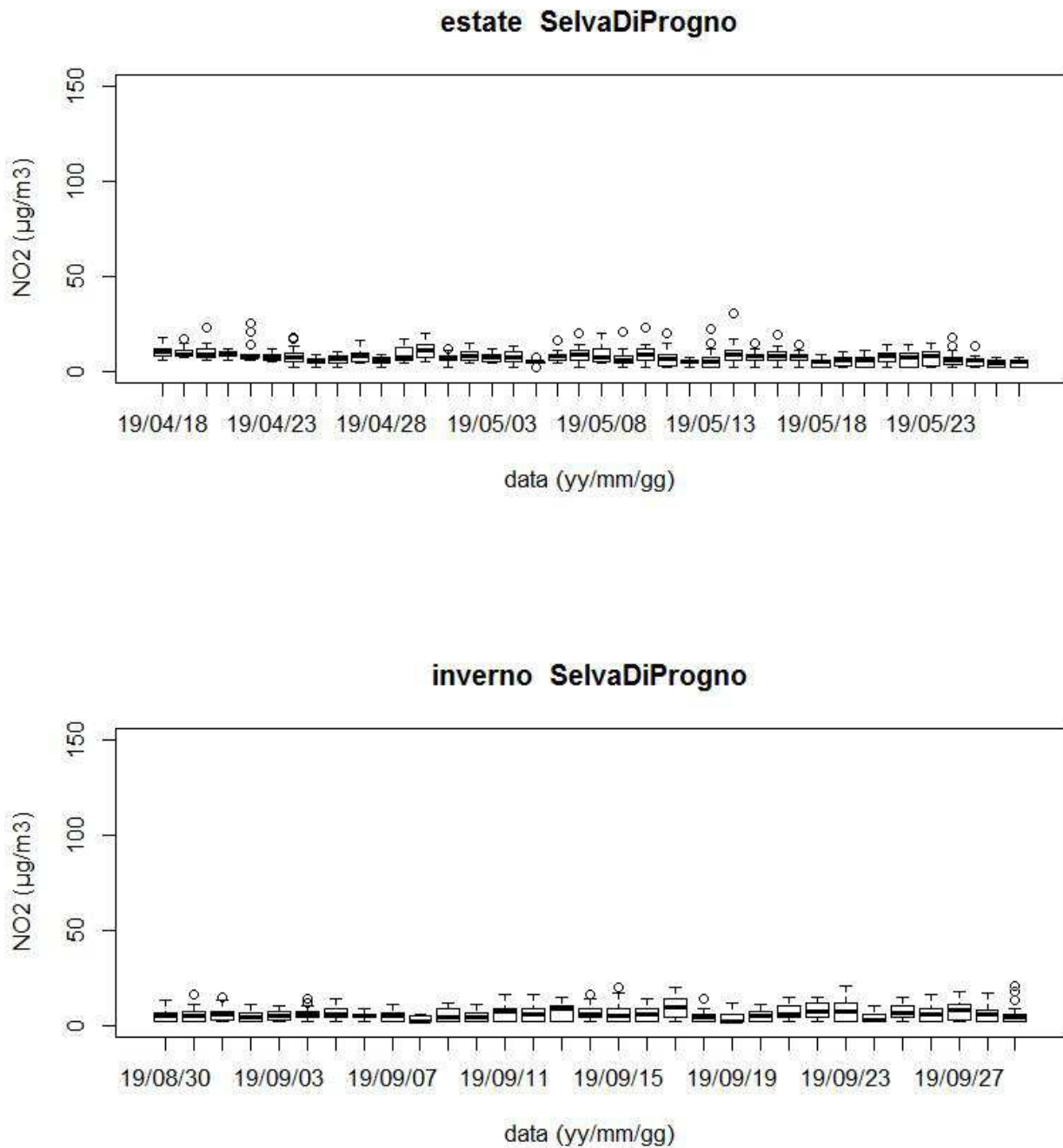


Figura 21 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

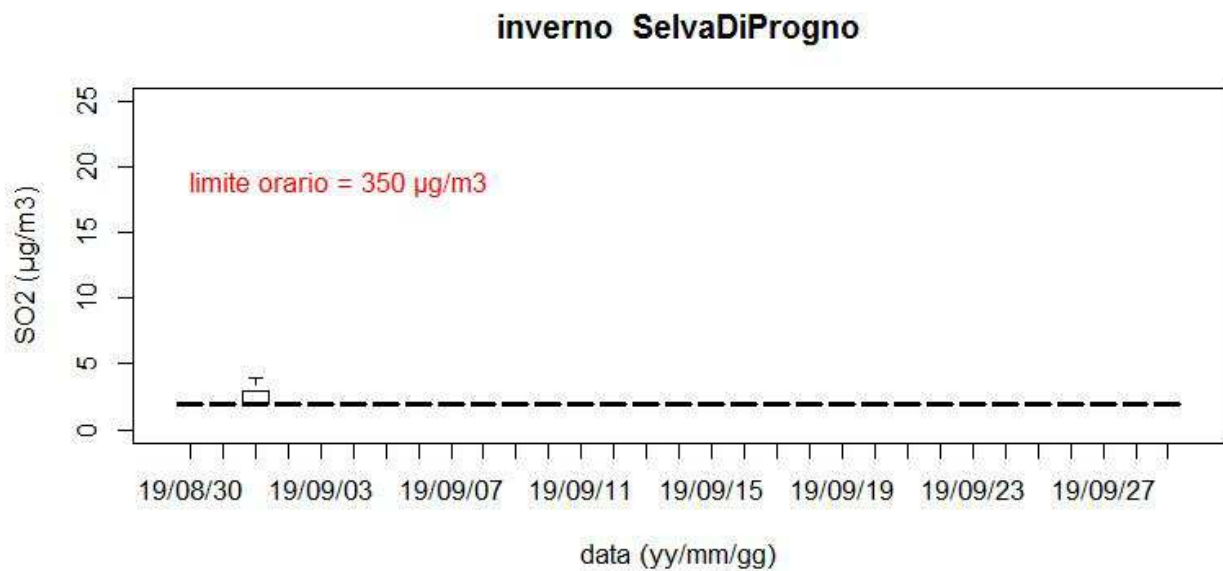
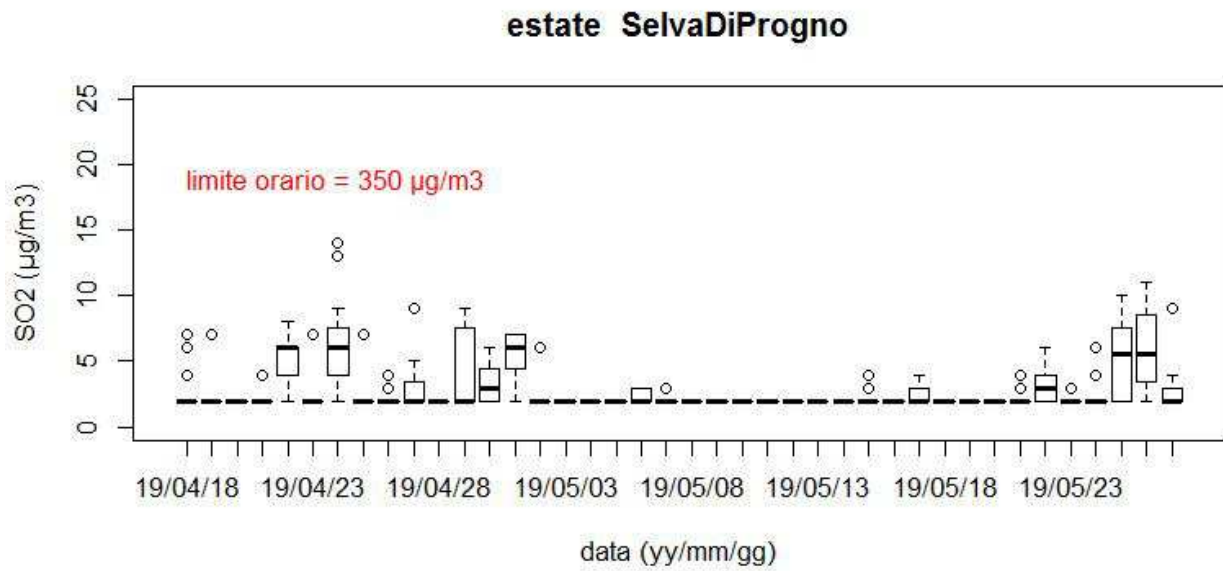


Figura 22 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

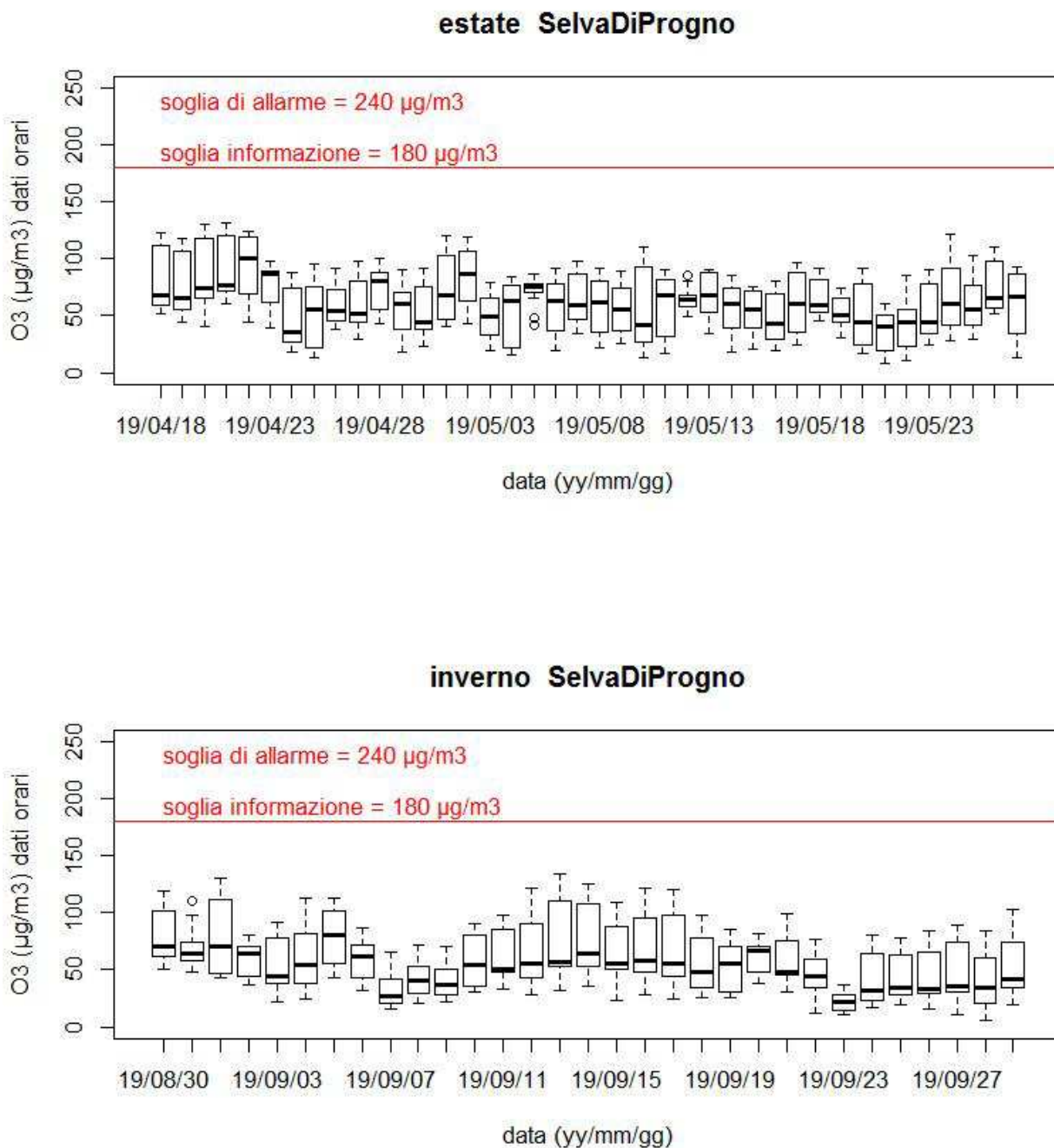


Figura 23 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

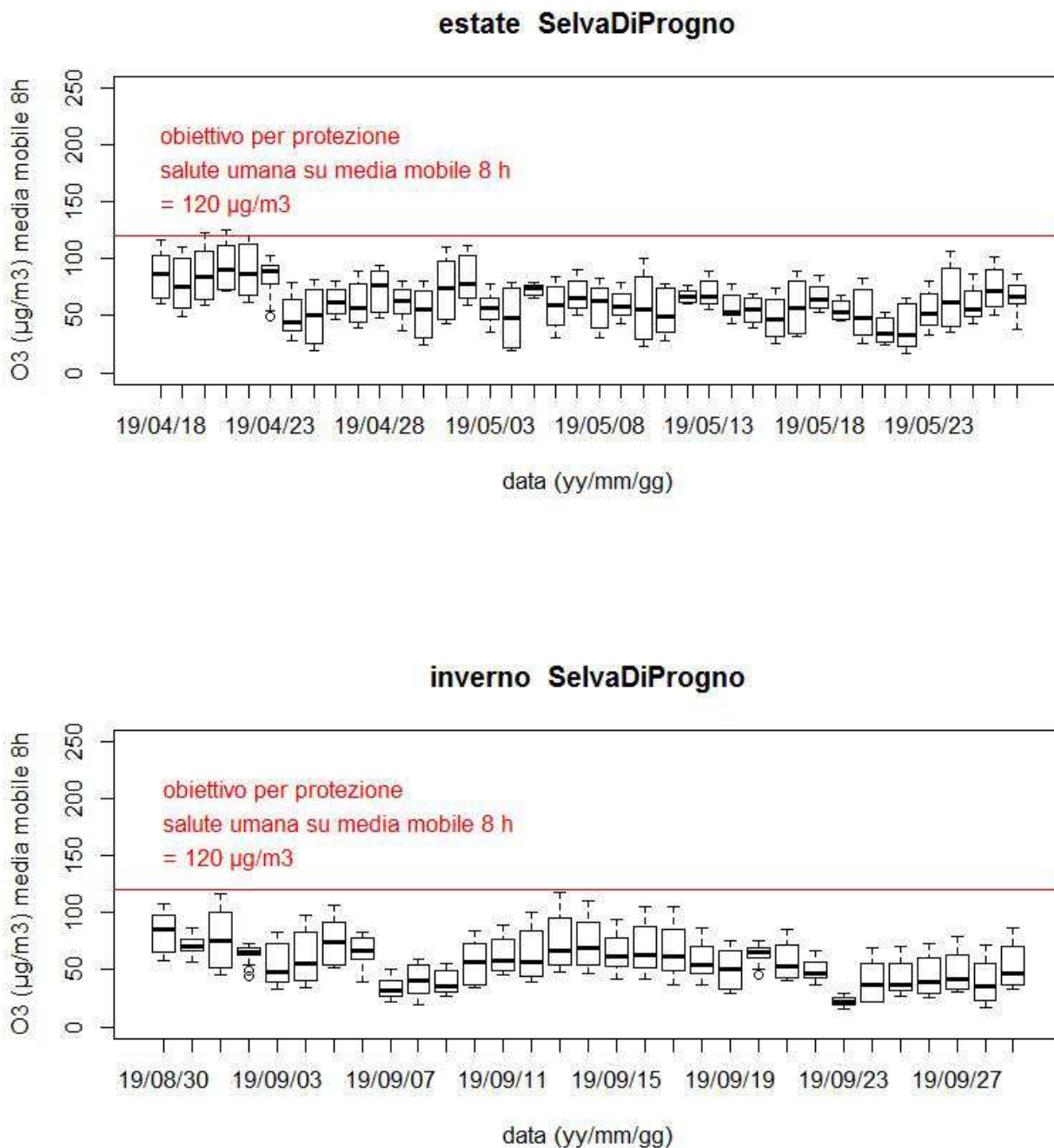


Figura 24 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Selva di Progno, San Bonifacio e Bosco Chiesanuova. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

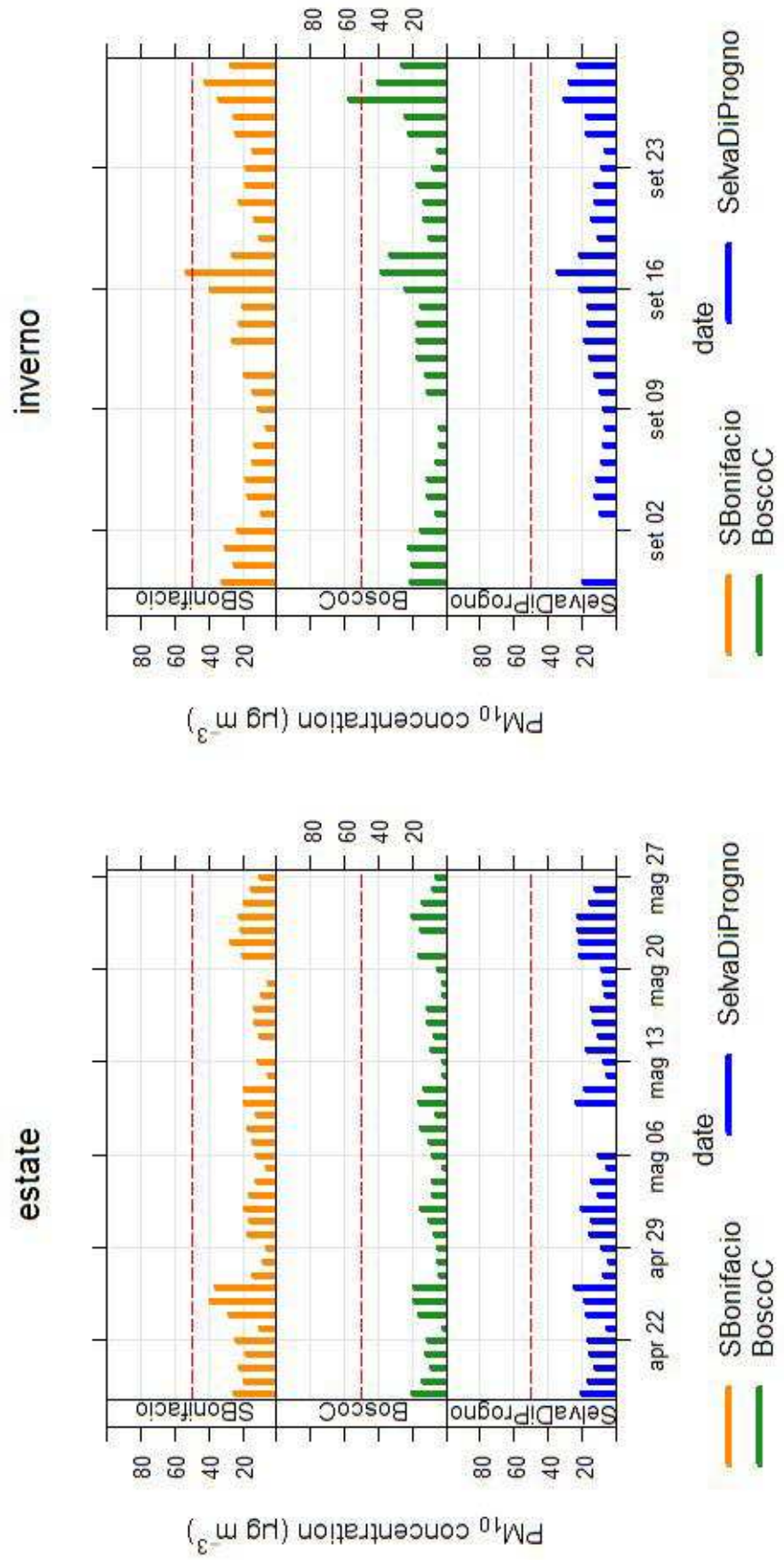


Figura 25 – Concentrazione di benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Bosco Chiesanuova, San Bonifacio e a Selva di Progno nelle due campagne di misura. La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valor medio, misurato tramite campionario passivo esposto per un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

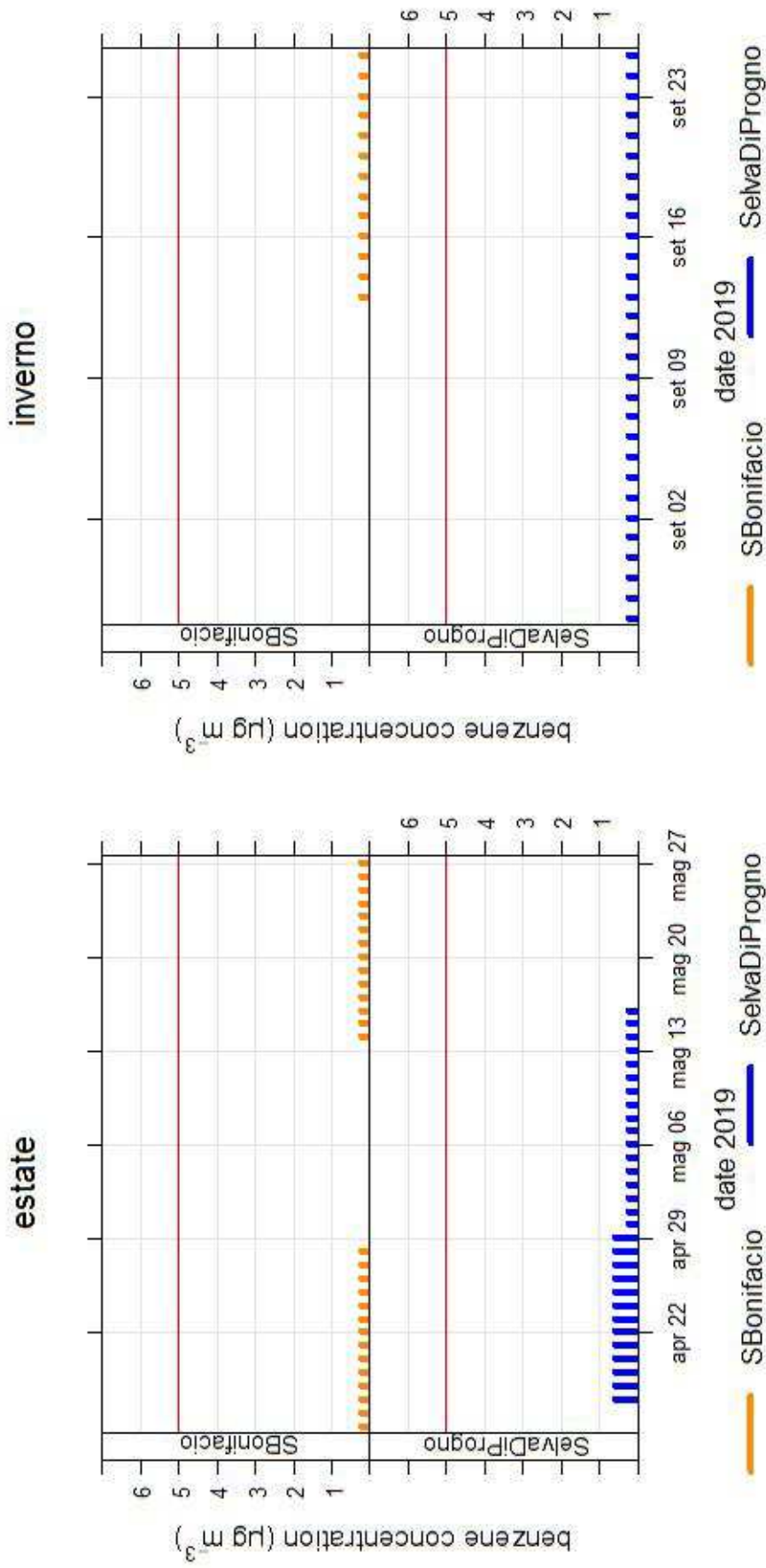


Figura 26 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a Bosco Chiesanuova e a Selva di Progno nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea rossa indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

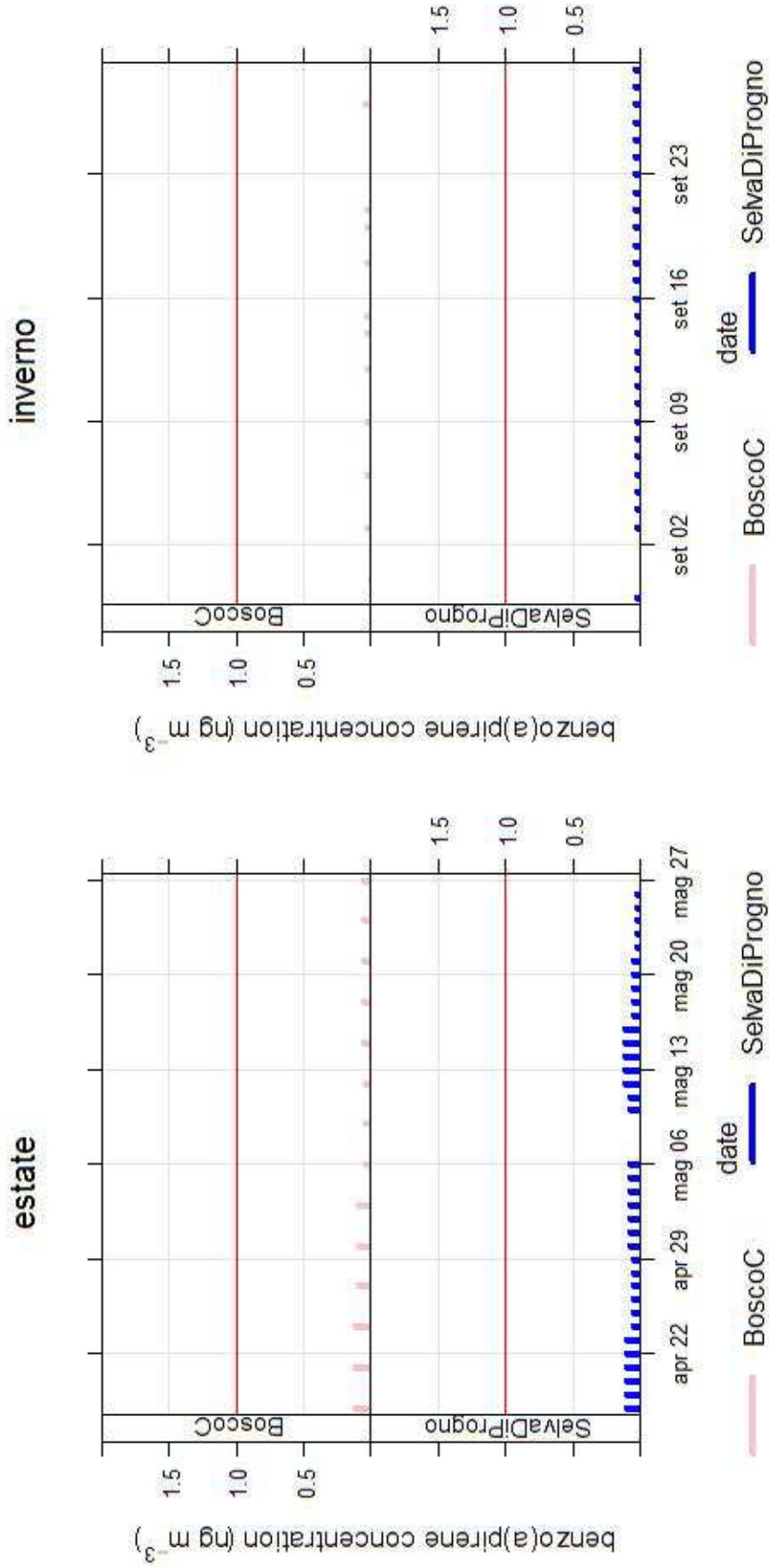


Figura 27 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernate (pannello a destra).

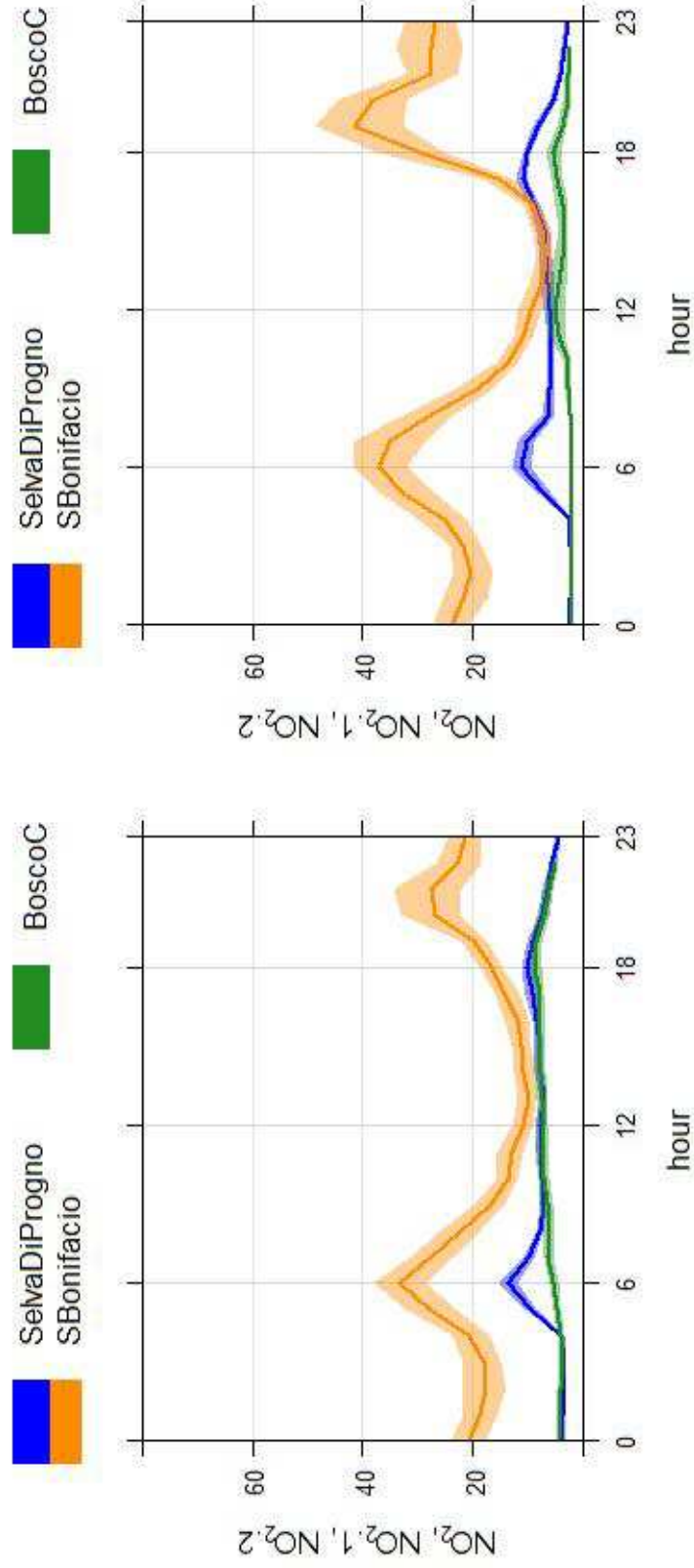


Figura 28 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

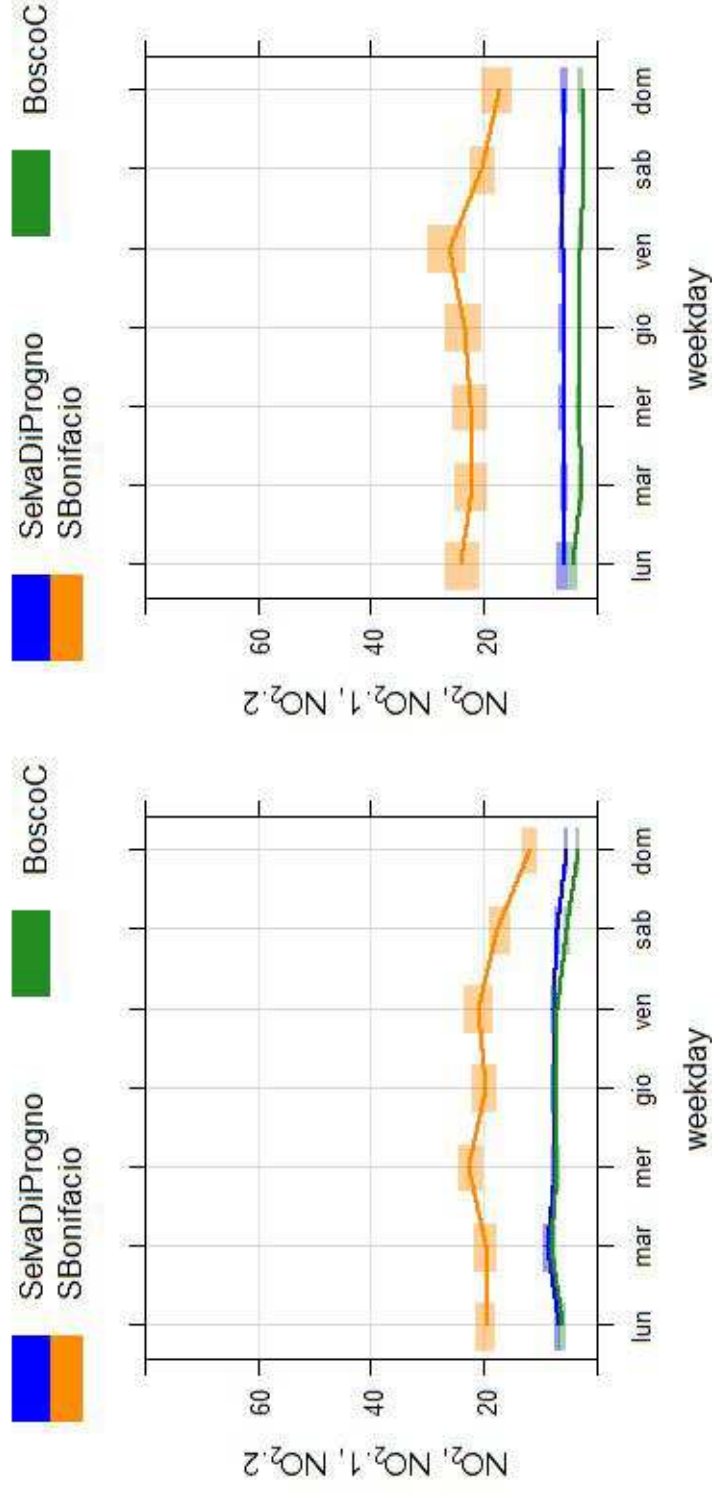


Figura 29 – Giorno tipo O₃ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

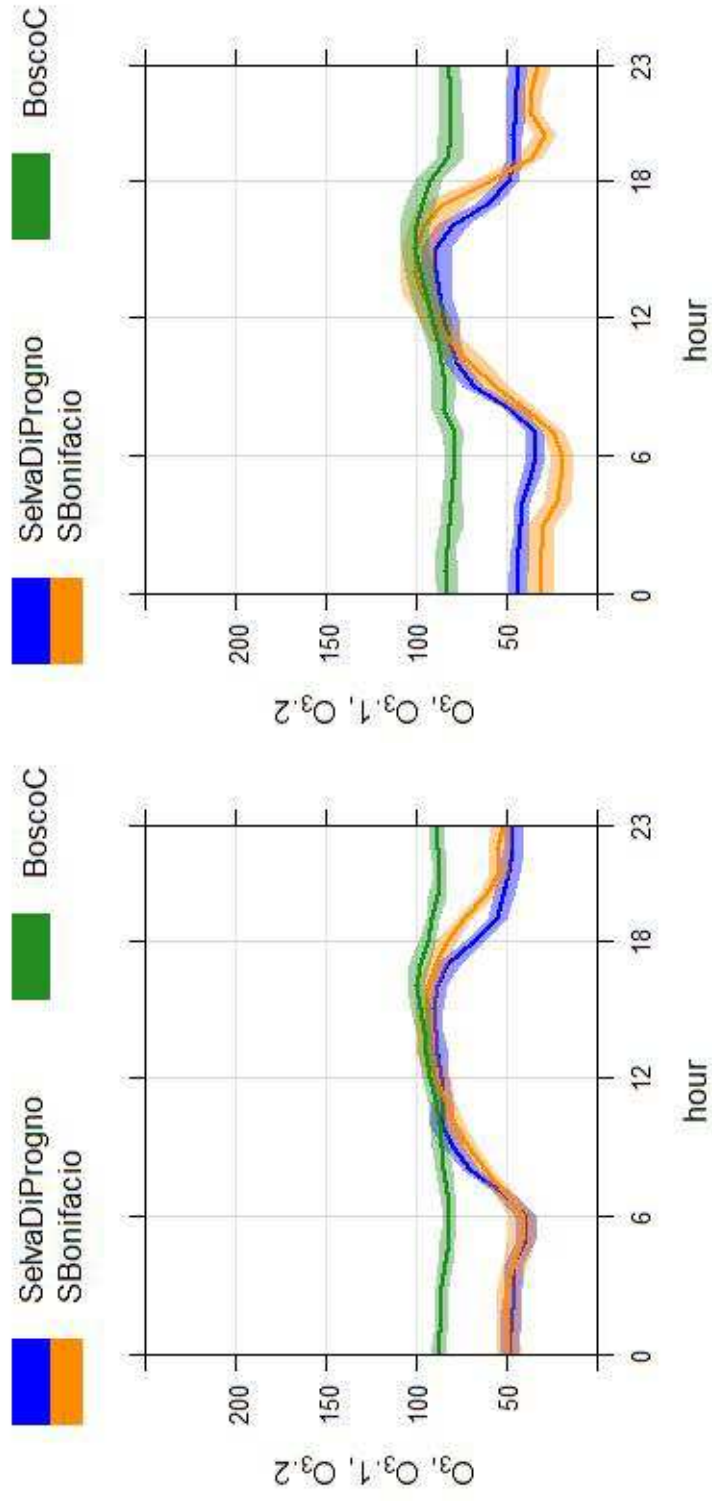
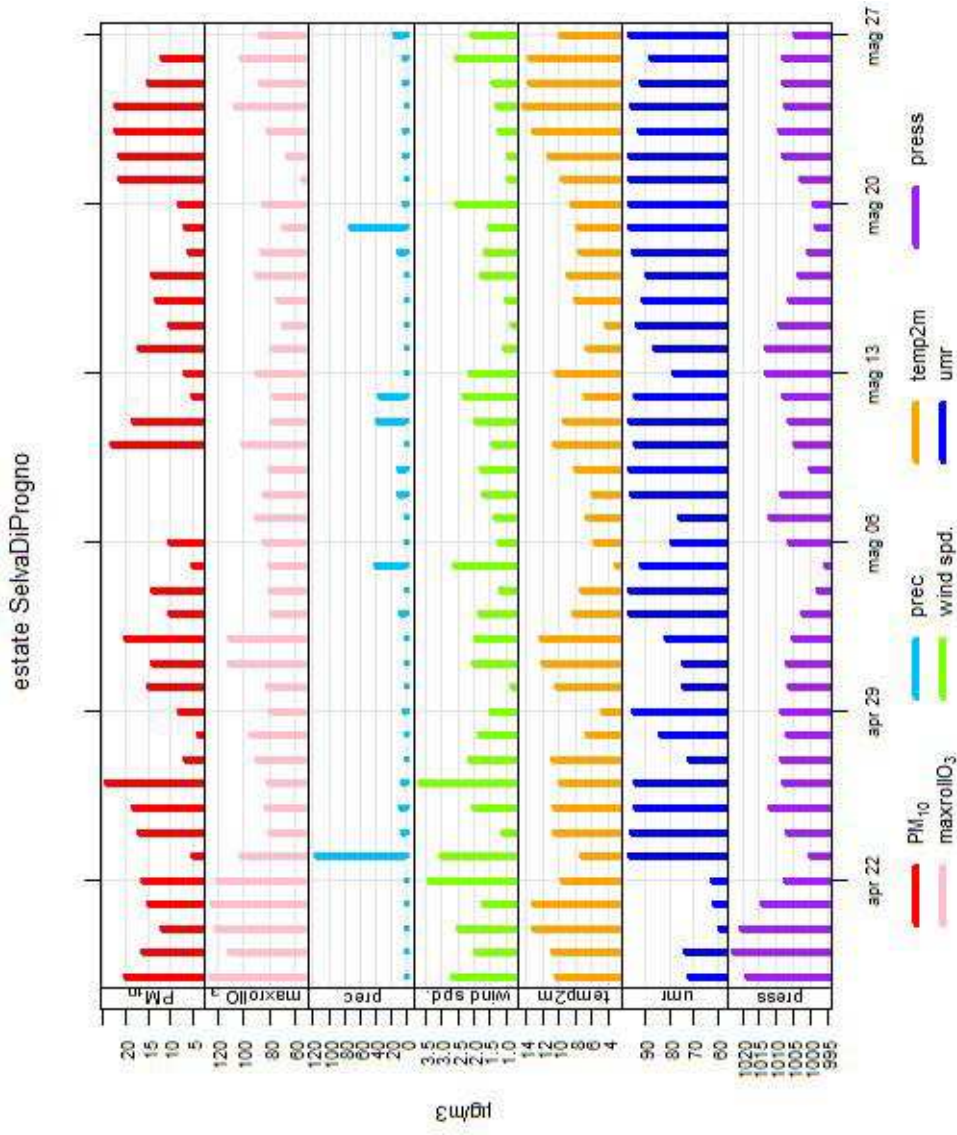
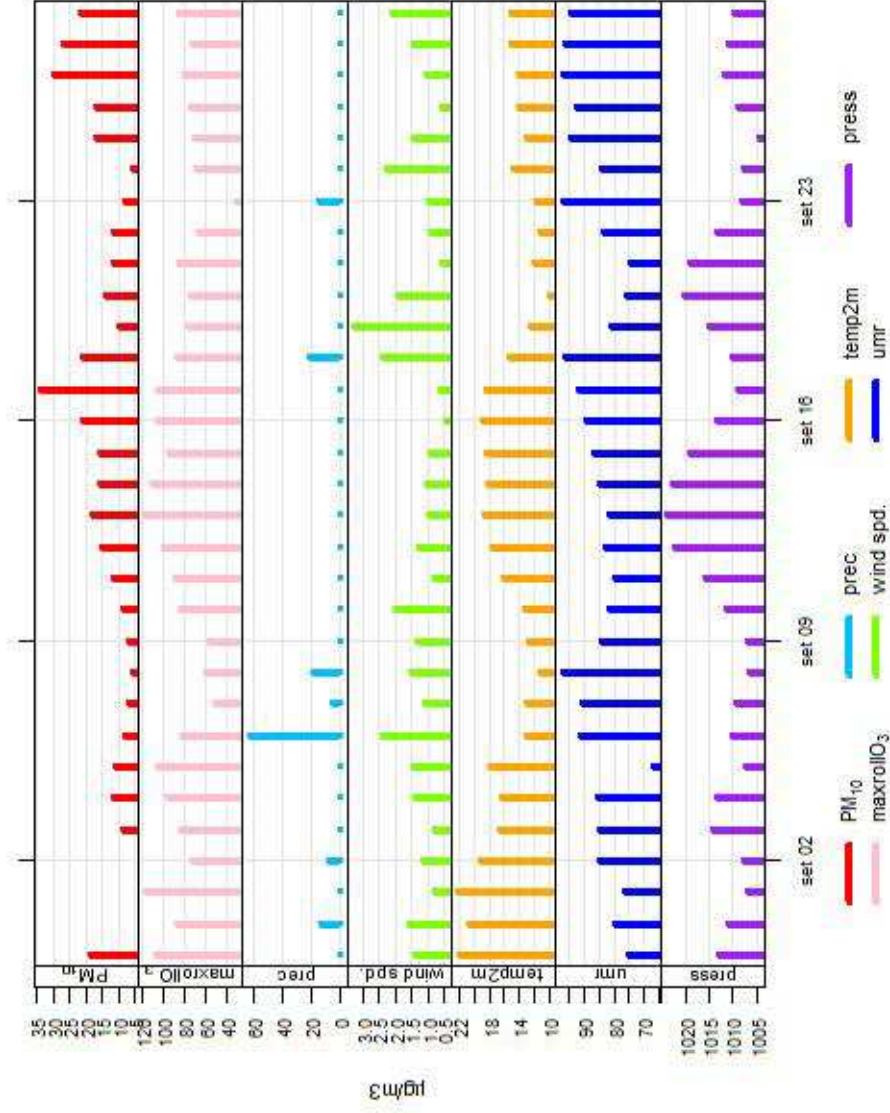


Figura 30 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) a Selva di Progno, e variabili meteorologiche della stazione di San Bortolo: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 5m (m/s); temp2m=temperatura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



inverno SelvaDiPrognno



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.

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
PEC: <mailto:dapvr@pec.arpav.it>
Giugno 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

e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it

www.arpa.veneto.it

Relazione tecnica n. 05/2020