

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Oppeano

Località Vallese, Via Salieri



Periodo di attuazione:

18/05/2016 – 08/07/2016 (periodo estivo)

14/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, prima parte)

28/02/2016 – 20/03/2017 (periodo invernale, seconda parte)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Ing. Giancarlo Cunego

Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina

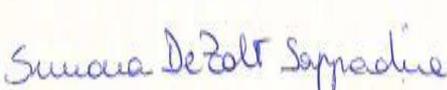
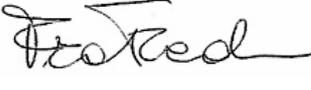
Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

Contestualizzazione meteo-climatica

Maria Sansone

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

Relazione tecnica n. 8/2017		Data : 28/06/2017
F.to Il Tecnico Unità Operativa Fisica dell'Ambiente Dr.ssa Simona De Zolt Sappadina 	F.to Il Dirigente Servizio Controlli Ambientali 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.....	7
3.1.	18/05/2016 – 08/07/2016 (periodo estivo)	7
3.2.	14/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, prima parte)	9
3.3.	28/02/2017 – 20/03/2017 (periodo invernale, seconda parte).....	11
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento	13
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	14
6.	Efficienza di campionamento.....	15
7.	Analisi dei dati rilevati	17
7.1.	Monossido di carbonio (CO).....	18
7.2.	Biossido di azoto (NO ₂) – Ossidi di azoto (NO _x)	18
7.3.	Biossido di zolfo (SO ₂).....	21
7.4.	Ozono (O ₃).....	22
7.5.	Polveri atmosferiche inalabili (PM10).....	23
7.6.	Benzene (C ₆ H ₆)	25
7.7.	Benzo(a)pirene e IPA	27
7.8.	Metalli.....	28
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	29
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse	34
10.	Confronto con le indagini precedenti.....	37
11.	Conclusioni	39

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna è stata richiesta dal Comune di Oppeano e rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio, che permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nella frazione di Vallese del comune di Oppeano, è stato eseguito in via Salieri, in una zona verde adiacente all'acciaieria NLMK. La posizione del punto di monitoraggio è tale per cui a nord e a sud-ovest si trovano due zone industriali, occupate principalmente dall'acciaieria, a sud-est c'è la zona residenziale di Vallese, e 150 m a ovest corre la SS434 Transpolesana. Scopo dell'indagine: verificare lo stato della qualità dell'aria in seguito ai nuovi interventi tecnologici realizzati dalle ditte del polo siderurgico.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 18/05/2016 al 08/07/2016 nel semestre estivo, dal 14/11/2016 al 05/12/2016 e dal 28/02/2017 al 20/03/2017 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Oppeano ed è di tipologia "industriale". Il comune di Oppeano 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

Legenda:

Zonizzazione

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



Scala 1: 1.200.000

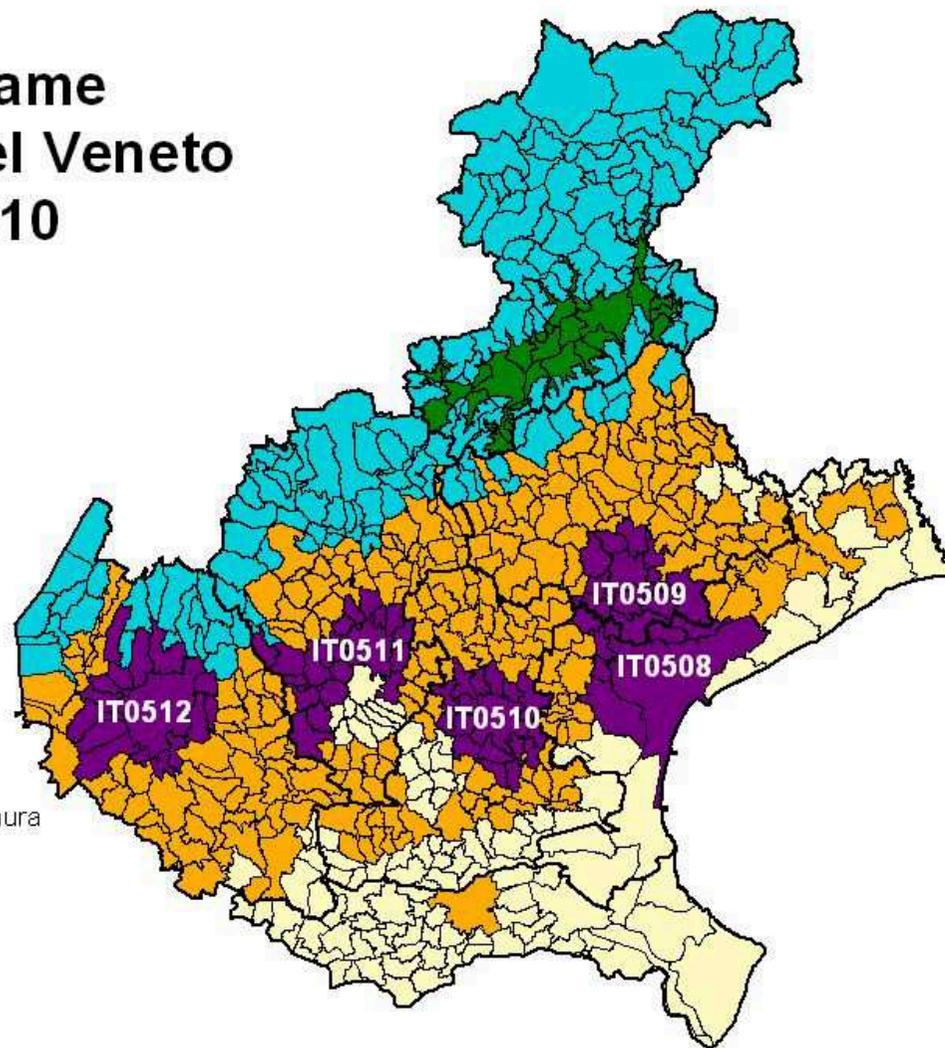


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012

Posizione stazione rilocabile Via Salieri, Loc. Vallese, Oppeano, VR

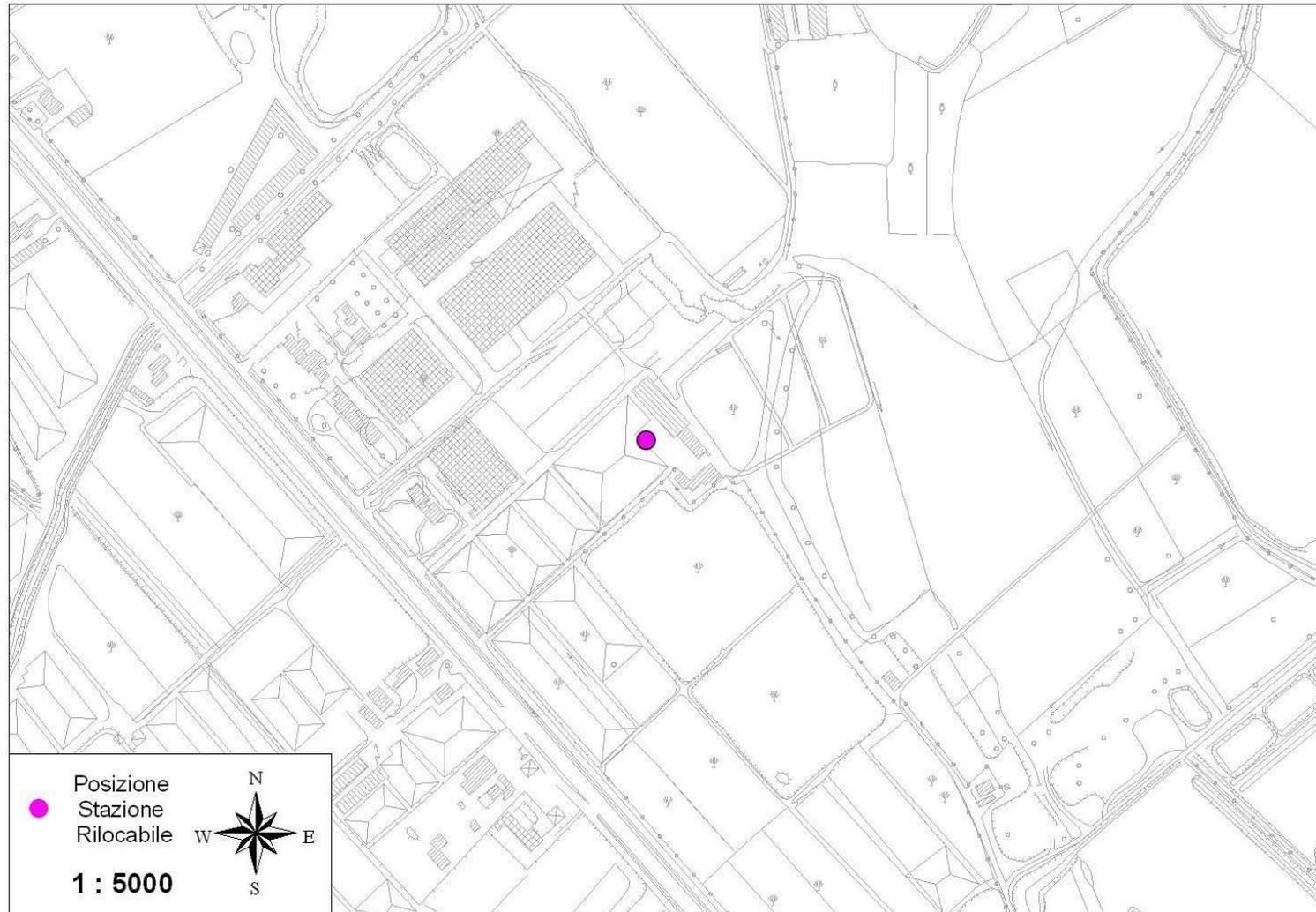


Figura 2. Estratto della Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio e delle principali fonti di pressione.

3. Contestualizzazione meteo climatica.

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 119 - Roverchiara (VR), che dista dal sito di svolgimento della campagna di misura circa 15 km ed è dotata di anemometro a 10 m.

3.1. 18/05/2016 – 08/07/2016 (periodo estivo)

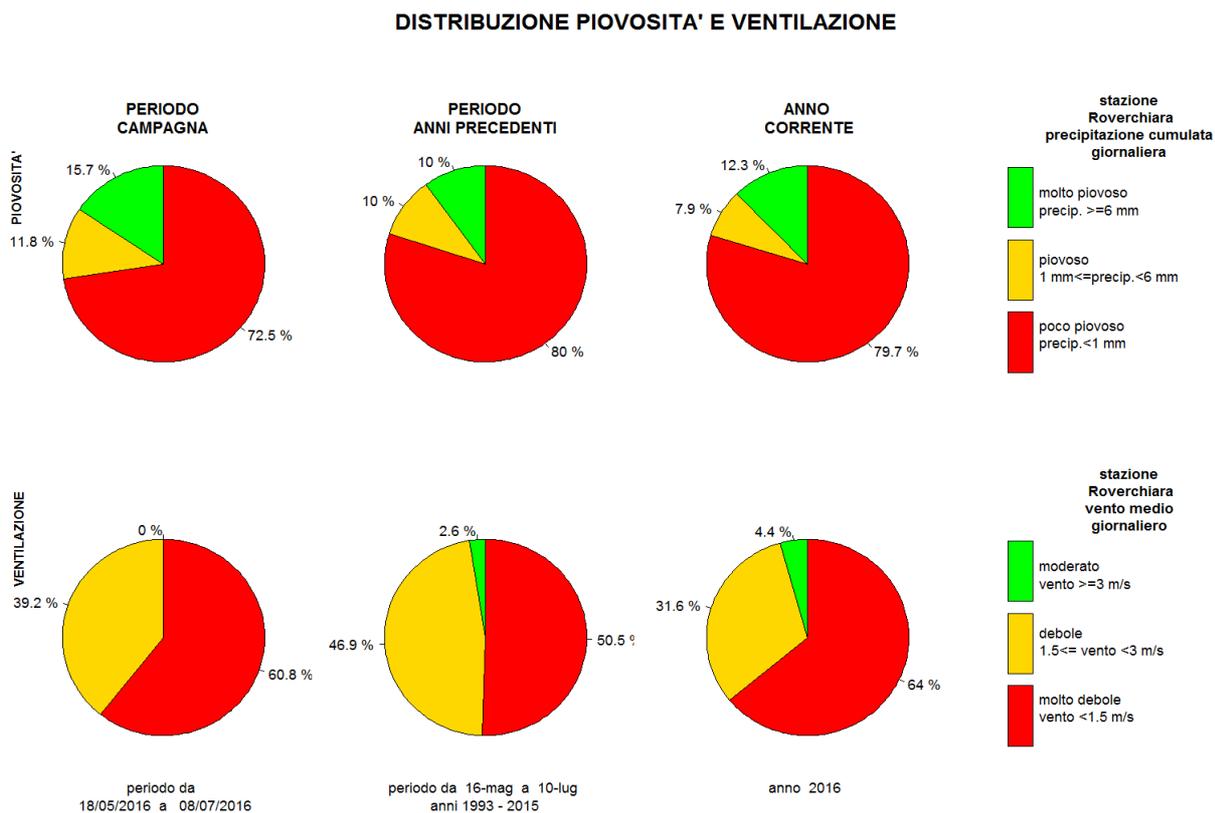


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

- 18 maggio- 8 luglio 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 15 maggio - 10 luglio dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono meno frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- non sono stati registrati giorni con vento giornaliero moderato; inoltre rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti sono stati più frequenti i giorni con vento molto debole, mentre rispetto all'anno corrente sono stati più frequenti i giorni con vento debole (classe di dispersione intermedia).

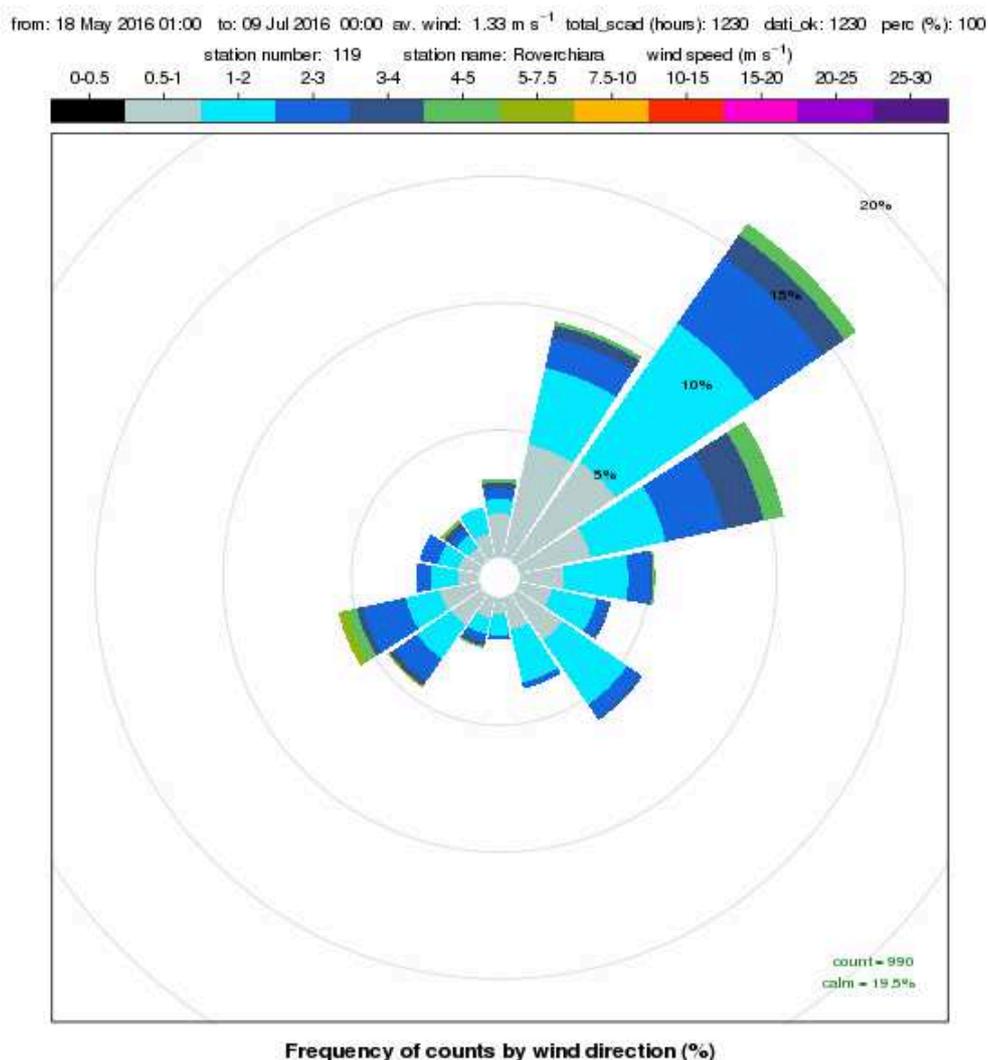


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Roverchiara nel periodo 18 maggio - 8 luglio 2016

In figura 4 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Roverchiara durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-est (circa 16% dei casi), seguita da est-nord-est (circa 11%) e nord-nord-est (circa 10%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 20%; la velocità media è stata pari a circa 1.3 m/s.

3.2. 14/11/2016 – 05/12/2016 (periodo invernale, prima parte)

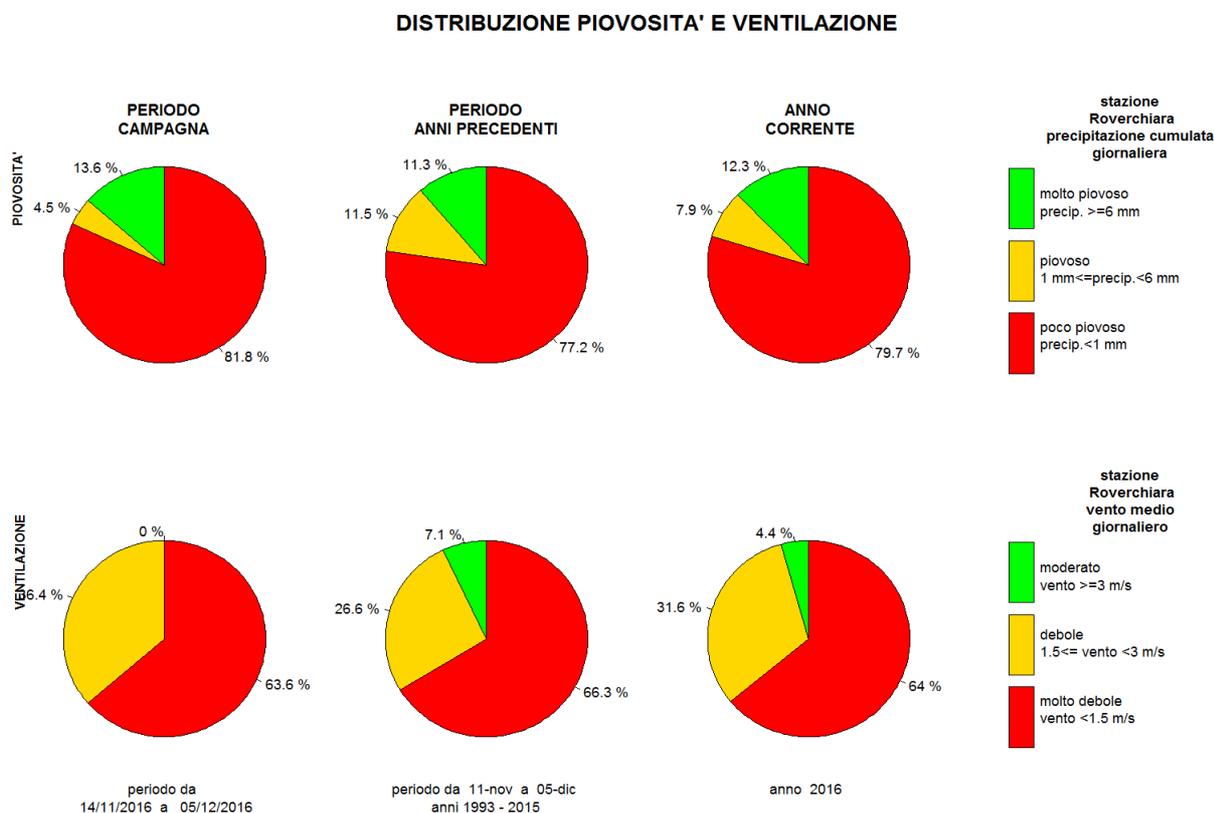


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

- 14 novembre - 5 dicembre 2016, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 11 novembre - 5 dicembre dall'anno 1993 all'anno 2015 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 gennaio - 31 dicembre 2016 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione dei giorni in base alla piovosità è simile a quella di entrambi i periodi di riferimento, salvo una frequenza leggermente inferiore dei giorni poco piovosi (classe di dispersione intermedia);
- i giorni con vento debole sono un po' più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, mentre sono del tutto assenti i giorni con vento moderato.

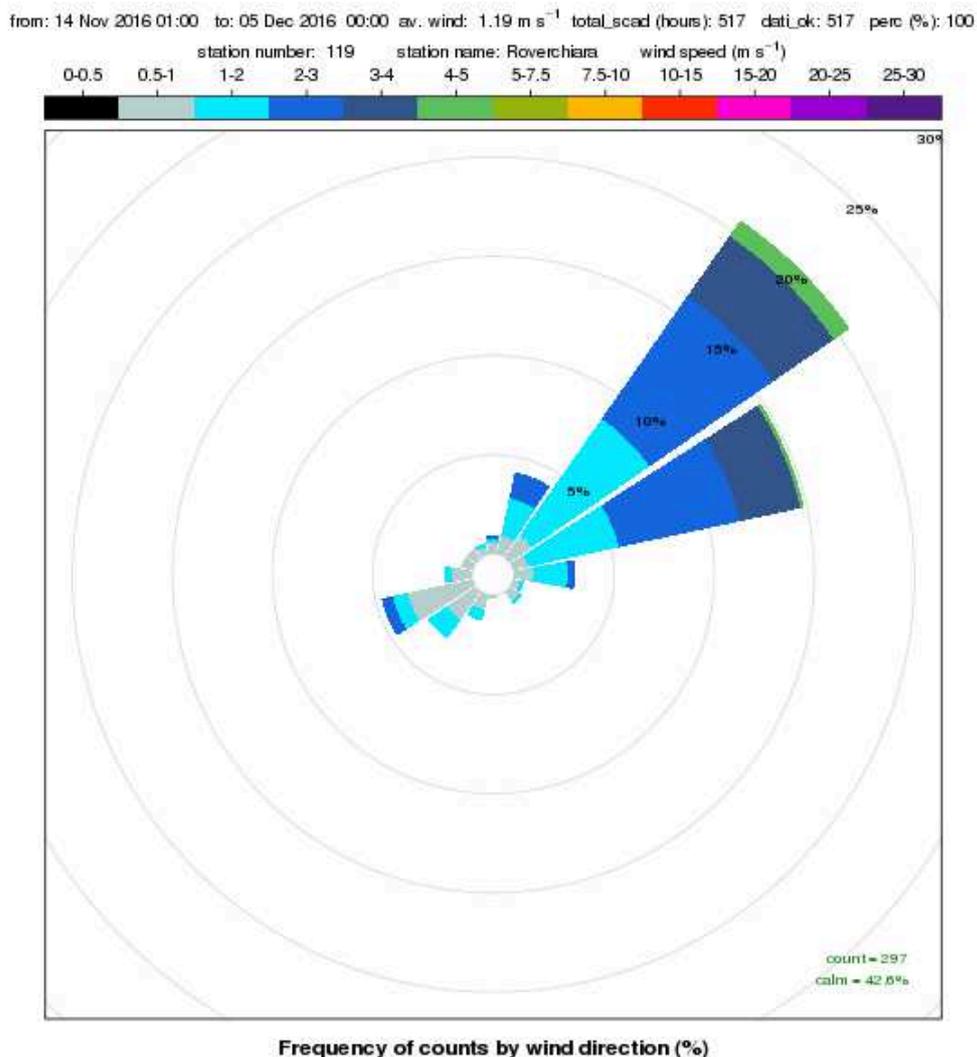


Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Roverchiara nel periodo 19 dicembre 2016 - 16 gennaio 2017

In figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Roverchiara durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-est (circa 21% dei casi), seguita da est-nord-est (circa 15%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 43%; la velocità media è stata pari a circa 1.2 m/s.

3.3. 28/02/2017 – 20/03/2017 (periodo invernale, seconda parte)

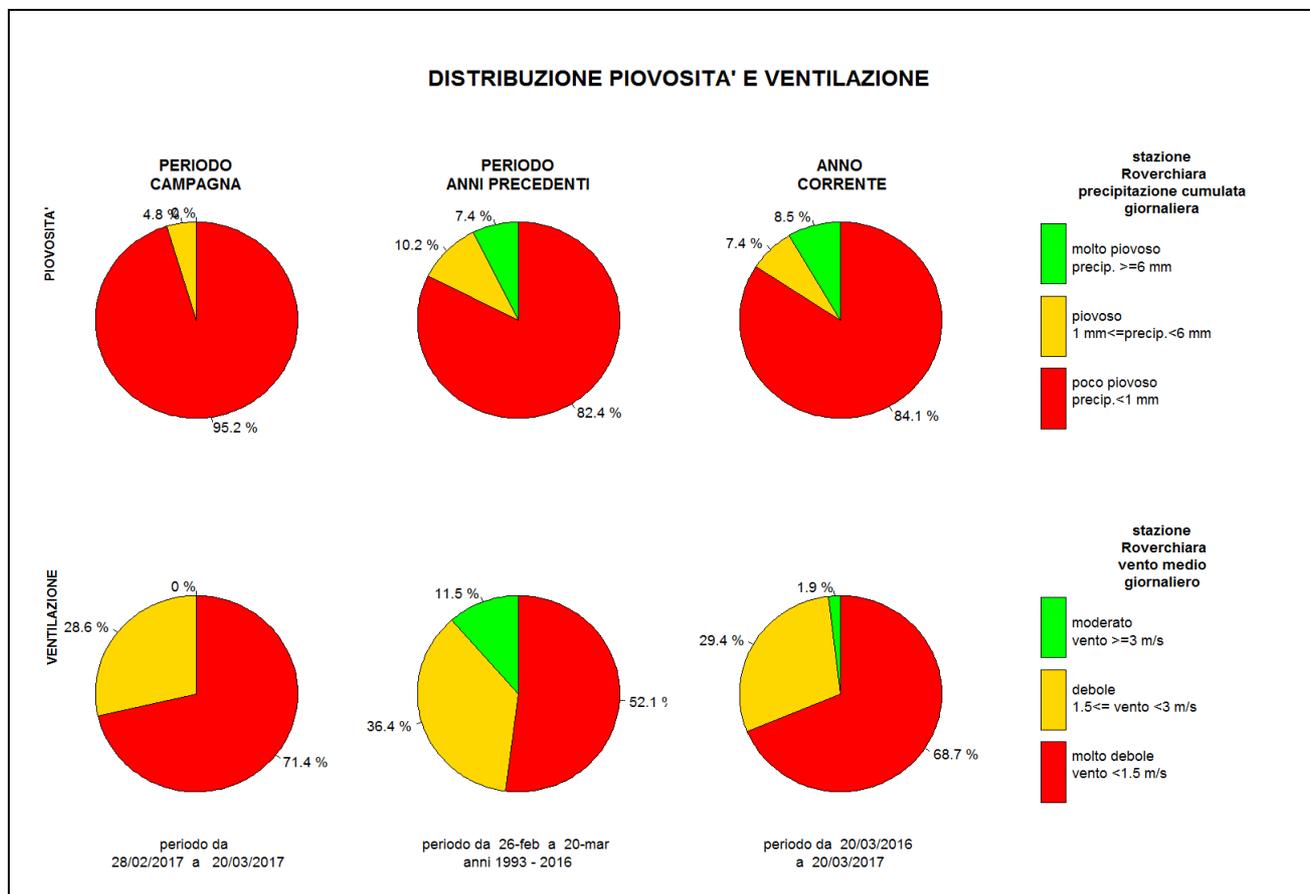


Figura 7: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente degli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI) e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE).

Nella figura 7 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Roverchiara in tre periodi:

- 28 febbraio - 20 marzo 2017, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 26 febbraio - 20 marzo dall'anno 1993 all'anno 2016 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 20 marzo 2016 - 20 marzo 2017 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento;
- i giorni con vento molto debole sono ben più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento, mentre sono del tutto assenti i giorni con vento moderato.

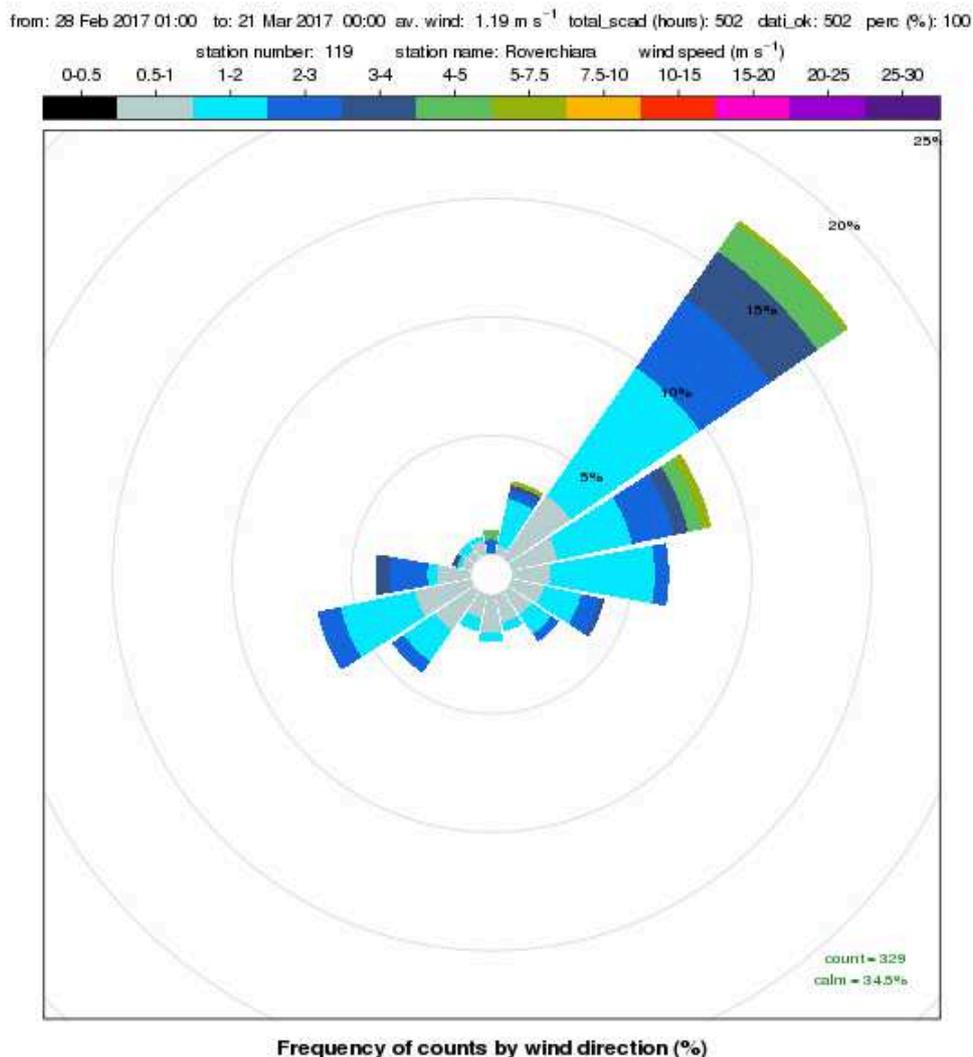


Figura 8: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Roverchiara nel periodo 30 gennaio - 13 febbraio 2017

In figura 8 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Roverchiara durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è nord-est (circa 17% dei casi), seguita da est-nord-est (circa 9%) e da est e ovest-sudovest (entrambe circa 7 %). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 34%; la velocità media è stata pari a circa 1.2 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) e dei metalli presenti nella frazione PM10 (arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni) e piombo (Pb)).

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
PM10	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
PM10	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
NOX	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, 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'Allegato 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 (1 ottobre-31 marzo) e in quello estivo (1 aprile-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. Si vede che il periodo di campionamento con dati validi è stato superiore al minimo richiesto.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	metalli	Benzo(a) pirene	Benzene
N giorni di campionamento	92	92	92	51	92	70	29	48	58
N <u>minimo</u> di giorni di campionamento	51	51	51	36	51	51		da 22 a 51	da 22 a 51
Resa di campionamento (%)	97	95	95	96	95	100	100	100	100
Resa di campionamento <u>minima</u> (%)	90	90	90	90	90	90		90	90
N giorni di campionamento con dati validi	89	87	87	49	87	70	29	48	58
N <u>minimo</u> 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. Ove 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, è una stazione di fondo suburbano, situata lontano da fonti emmissive dirette come strade e industrie: il punto di campionamento è rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dal trasporto di masse d'aria inquinate. La centralina di San Bonifacio è una stazione di traffico suburbano, situata nelle vicinanze di una strada ad alta intensità di traffico: il punto di campionamento è rappresentativo di situazioni urbane o suburbane caratterizzate per lo più da emissioni legate al traffico veicolare.

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata a Oppeano. 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 21 in Allegato.

Grandezza statistica	Significato
N	Numero totale di ore del periodo di analisi
dati mancanti	Numero di ore in cui il dato è mancante
data.capture	Percentuale di dati validi in tutto il periodo di analisi
Media	Media
Sd	Deviazione Standard
Min	Minimo
Max	Massimo
Mediana	Mediana
max giornaliero	Massimo calcolato sulle medie giornaliere
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

Tabella 5, esplicativa del significato dei principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.

7.1. Monossido di carbonio (CO)

La tabella 6 e il grafico 1 in Allegato 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 entrambe le stagioni, i valori misurati sono stati pari o di poco superiori al limite di rivelabilità dello strumento, pari a 0,1 mg/m³.

CO (mg/m ³)	ESTATE	INVERNO	ESTATE+ INVERNO
Media	0.1	0.2	0.2
Sd	0.1	0.2	
Min	<0.1	<0.1	<0.1
Max	0.4	1.2	1.2
Mediana	0.1	0.2	
N	1222	990	2212
dati mancanti	32	30	62
data.capture (%)	97	97	97
max giornaliero	0.2	0.5	0.5
max.rolling.8	0.3	0.9	
95°percentile	0.2	0.5	
99°percentile	0.3	0.8	
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0

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

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

Come si può vedere in tabella 7 e figura 9, 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 del valore limite orario. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è pari a 25 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Il valore medio di NO_x, pari a 44 µg/m³ (tabella 8) supera il limite annuale per la protezione della vegetazione pari a 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. 155/10¹).

I valori medi riferiti alla postazione di Oppeano sono inferiori rispetto ai corrispondenti relativi a San Bonifacio e superiori a quelli di Legnago. Il valore massimo, invece, in estate è superiore a quello rilevato da entrambe le stazioni di riferimento, in inverno è più elevato di quello misurato a Legnago, ed è inferiore a quello rilevato a San Bonifacio.

Il valore medio di concentrazione di NO₂ nel periodo invernale è superiore a quello rilevato nel periodo estivo, sia ad Oppeano sia presso le centraline di riferimento. 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.

¹ L'Allegato 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.

Nel grafico 8 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO₂, calcolato per i due periodi di campagna. In entrambe le stagioni sono evidenti due picchi, al mattino e alla sera, in corrispondenza delle ore di maggiore traffico, in tutte le tre postazioni di misura. I picchi sono più pronunciati nella stazione di San Bonifacio, di traffico urbano rispetto alle altre due postazioni.

Il giorno tipo delle concentrazioni di NO₂ rilevate ad Oppeano, presenta un andamento intermedio fra quello della stazione di traffico (San Bonifacio) e quello della stazione di fondo suburbano (Legnago). Il punto di monitoraggio di Oppeano si trova, infatti, a poca distanza da un'arteria molto trafficata, e da una zona industriale, attornata da zone agricole: ha caratteristiche proprie sia di un sito di traffico, sia di sito industriale lontano da una zona abitata.

Analoghe rappresentazioni, relative alla settimana tipo, sono riportate in Grafico 9 in Allegato e mostrano che la giornata in cui la concentrazione di NO₂ è maggiore è il venerdì in estate e il giovedì in inverno. I valori più bassi si trovano la domenica. Un comportamento simile si trova anche nelle stazioni di riferimento.

Anche il grafico di figura 9, box and whiskers plot, mostra chiaramente come la distribuzione dei valori di concentrazione di NO₂, rilevati a Vallese di Oppeano, sia più ampia di quella dei valori rilevati a Legnago e San Bonifacio, simile nei valori bassi a Legnago, nei valori massimi a San Bonifacio.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago
media	17	19	10	34	47	30	25	32	19
sd	11	14	7	20	22	17			
min	<4	<4	<4	<4	10	<4	<4	<4	<4
max	91	76	37	122	136	109	122	136	109
mediana	14	16	9	31	44	28			
N	1222	1222	1222	990	990	990	2212	2212	2212
dati mancanti	85	149	2	36	42	41	121	191	43
data.capture	93	88	100	96	96	96	95	91	98
max giornaliero	33	35	18	62	77	48	62	77	48
95°percentile	40	45	23	71	87	61			
99°percentile	53	61	30	85	113	76			
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.

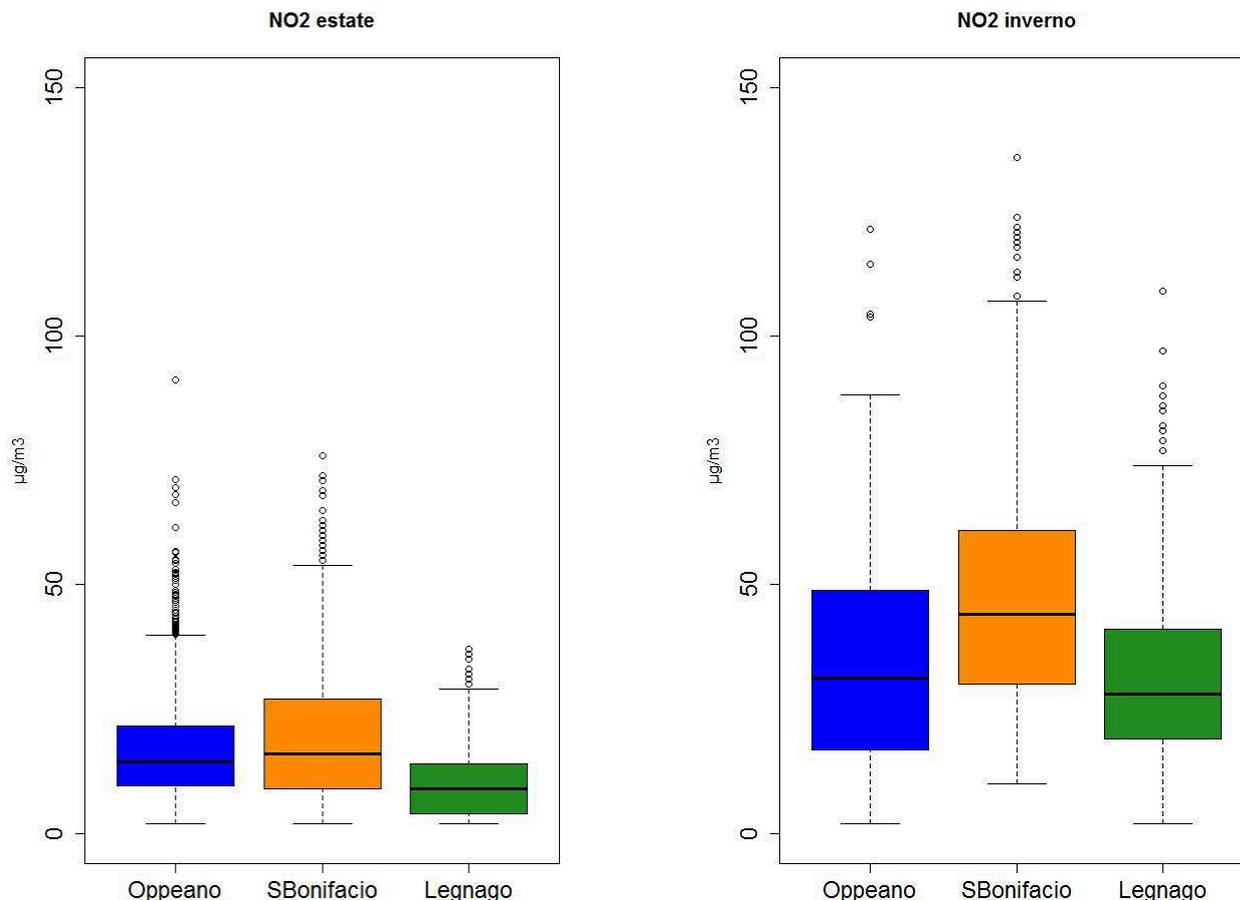


Figura 9. Box-plot della concentrazione di NO₂. Dati relativi a Oppeano e alle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

NOx (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago
media	22	23	16	71	91	48	44	53	31
sd	17	20	10	71	88	45			
min	<4	<4	<4	<4	10	<4	<4	<4	<4
max	159	148	62	488	639	361	488	639	361
mediana	17	17	15	43	55	36			
N	1222	1222	1222	990	990	990	2212	2212	2212
dati mancanti	85	149	2	34	42	43	119	191	45
data.capture	93	88	100	97	96	96	95	91	98
max giornaliero	57	44	27	235	312	146	235	312	146
95°percentile	54	60	34	213	266	133			
99°percentile	85	107	43	338	414	244			

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 urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

7.3. Biossido di zolfo (SO₂)

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 Allegato – Grafico 3), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

I valori medi misurati nei due periodi di campagna sono inferiori al limite di rivelabilità strumentale analitica (3 µg/m³), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m³). Anche presso la centralina di riferimento di San Bonifacio, i valori medi di concentrazione di questo inquinante, nel periodo di campagna, sono vicini al limite di rivelabilità. Per quanto riguarda i valori massimi misurati a Oppeano, essi sono superiori al limite di rivelabilità: in estate si trova un massimo superiore rispetto a quello di San Bonifacio, mentre in inverno esso è inferiore.

SO ₂ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Oppeano	SBonifacio	Oppeano	SBonifacio	Oppeano	SBonifacio
media	<3	<3	<3	3	<3	3
sd	1	1	1	2		
min	<3	<3	<3	<3	<3	<3
max	18	10	8	17	18	17
mediana	2	2	2	2		
N	1222	1222	990	990	2212	2212
dati mancanti	56	185	46	42	102	227
data.capture	95	85	95	96	95	90
max giornaliero	6	4	5	7	6	7
95°percentile	4	4	5	7		
99°percentile	6	5	6	9		
N superamenti 350 µg/m ³	0	0	0	0	0	0
N superamenti 125 µg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di SO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di San Bonifacio. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

7.4. Ozono (O₃)

L'ozono è un inquinante che si forma a partire da precursori quali ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di radiazione solare. Per questo motivo le sue concentrazioni sono particolarmente elevate durante il periodo estivo e nelle ore centrali della giornata, quando la radiazione solare è più intensa (grafico 10 in Allegato).

Durante la campagna estiva di Oppeano sono stati registrati 16 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore (tabella 10 e grafico 5 in Allegato). Essi si sono verificati prevalentemente tra il 26 e il 28 maggio e tra il 22 giugno e il 6 luglio, in corrispondenza di giornate soleggiate in cui le temperature si sono alzate (vedasi grafico 11 in Allegato). I superamenti della soglia di informazione di 180 µg/m³ sul dato orario (grafico 4 in Allegato) sono stati 2. I valori medi sono vicini a quelli di Legnago. Il massimo estivo è più elevato di quello di Legnago. Il numero dei superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m³ è di poco superiore a Oppeano rispetto a Legnago, come anche il numero di superamenti della soglia di informazione.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Oppeano	Legnago	Oppeano	Legnago	Oppeano	Legnago
media	75	77	29	31	55	57
sd	37	32	29	28		
min	<4	8	<4	2	<4	<4
max	187	151	125	126	187	151
mediana	72	75	22	24	24	
N	1222	1222	990	990	2212	2212
dati mancanti	47	10	62	7	109	17
data.capture	96	99	94	99	95	99
max giornaliero	111	111	65	61	111	111
max.rolling.8	169	141	112	110		
95°percentile	141	133	89	90		
99°percentile	153	146	111	113		
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	16	15	0	0	16	15
N superamenti 180 µg/m ³	2	0	0	0	2	0
N superamenti 240 µg/m ³	0	0	0	0	0	0

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

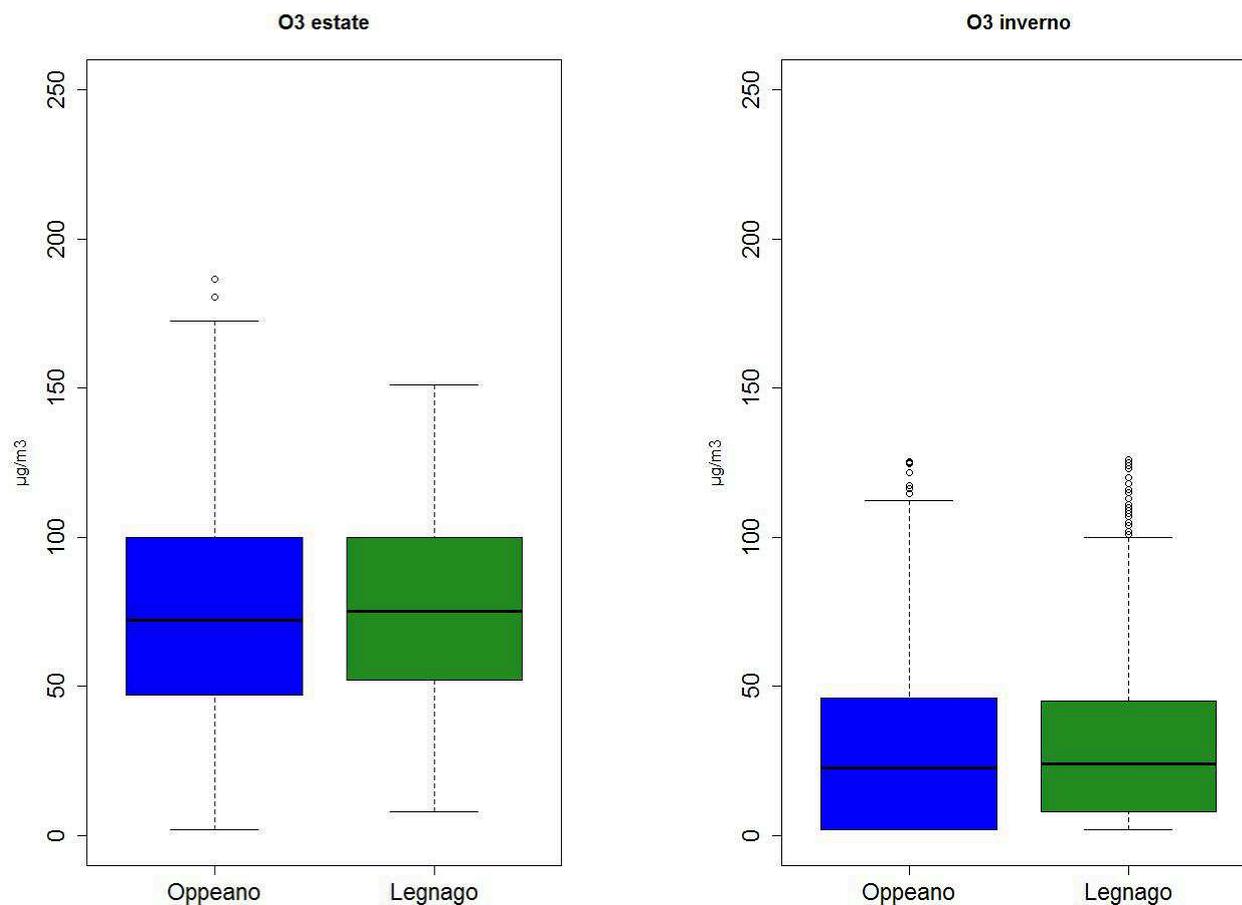


Figura 10. Box-plot della concentrazione di O₃. Dati relativi a Oppeano e alla centralina di riferimento di Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.5. Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

Le polveri sottili sono un inquinante ubiquitario nelle zone a intensa attività umana, essendo per buona parte di natura secondaria e avendo lunghi tempi di permanenza in atmosfera: la loro distribuzione è quindi uniforme su vaste aree.

In tabella 11, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico ad Oppeano durante le campagne di misura. Nei 70 giorni di misurazione, sono stati registrati 13 superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ (che non deve essere superato più di 35 volte all'anno), corrispondenti al 19% del periodo monitorato. Tali superamenti sono avvenuti durante la campagna invernale, tra il 16 e il 19 novembre 2016, tra l'1 e il 4 dicembre 2016, il 9 marzo 2017 e tra il 14 e il 19 marzo 2017, in corrispondenza di periodi di inversione termica, con tempo stabile e fresco e debole ventilazione (grafico 12 in Allegato).

In tabella 12, i dati relativi ad Oppeano sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago: per questo confronto sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni. Si consideri che mentre le misure della campagna di Oppeano sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta.

In tabella 11 sono riportati gli indici statistici relativi a tutto il periodo di campionamento, per questo motivo vi possono essere leggere discrepanze fra le due tabelle (n.11 e n.12). Le statistiche relative ai dati sono rappresentate graficamente in figura 11.

I valori medi e massimi di concentrazione di PM10 sono più elevati ad Oppeano rispetto alle centraline di riferimento, in entrambe le stagioni. Nei giorni in cui sono disponibili dati per tutte e tre le postazioni, ad Oppeano sono avvenuti 13 superamenti, contro i 10 di San Bonifacio e 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 di Oppeano è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di di Legnago. La metodologia di calcolo stima, per il sito sporadico di Oppeano, il valore medio annuale di $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 90° percentile di $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (che supera il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Utilizzando come riferimento la stazione fissa di San Bonifacio si ottengono indicazioni simili: la stima del valore medio annuale è anche in questo caso $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e quella del 90° percentile di $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (superiore al valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE	INVERNO	ESTATE + INVERNO
media	21	49	34
N giorni	38	32	70
sd	7	26	
max	42	98	98
min	9	12	9
N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	13	13

Tabella 11. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico ad Oppeano. Sono stati utilizzati tutti i dati raccolti nei due periodi di campagna di misura.

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago
media	19	19	16	49	45	43	34	32	29
N giorni	34	34	34	32	32	32	66	66	66
sd	5	7	6	26	23	24			
max	33	40	32	98	95	95	98	95	95
min	9	9	6	12	15	16	9	9	6
N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	13	10	10	13	10	10

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 era disponibile per tutte e tre le postazioni. Il limite di rivelabilità dello strumento è $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

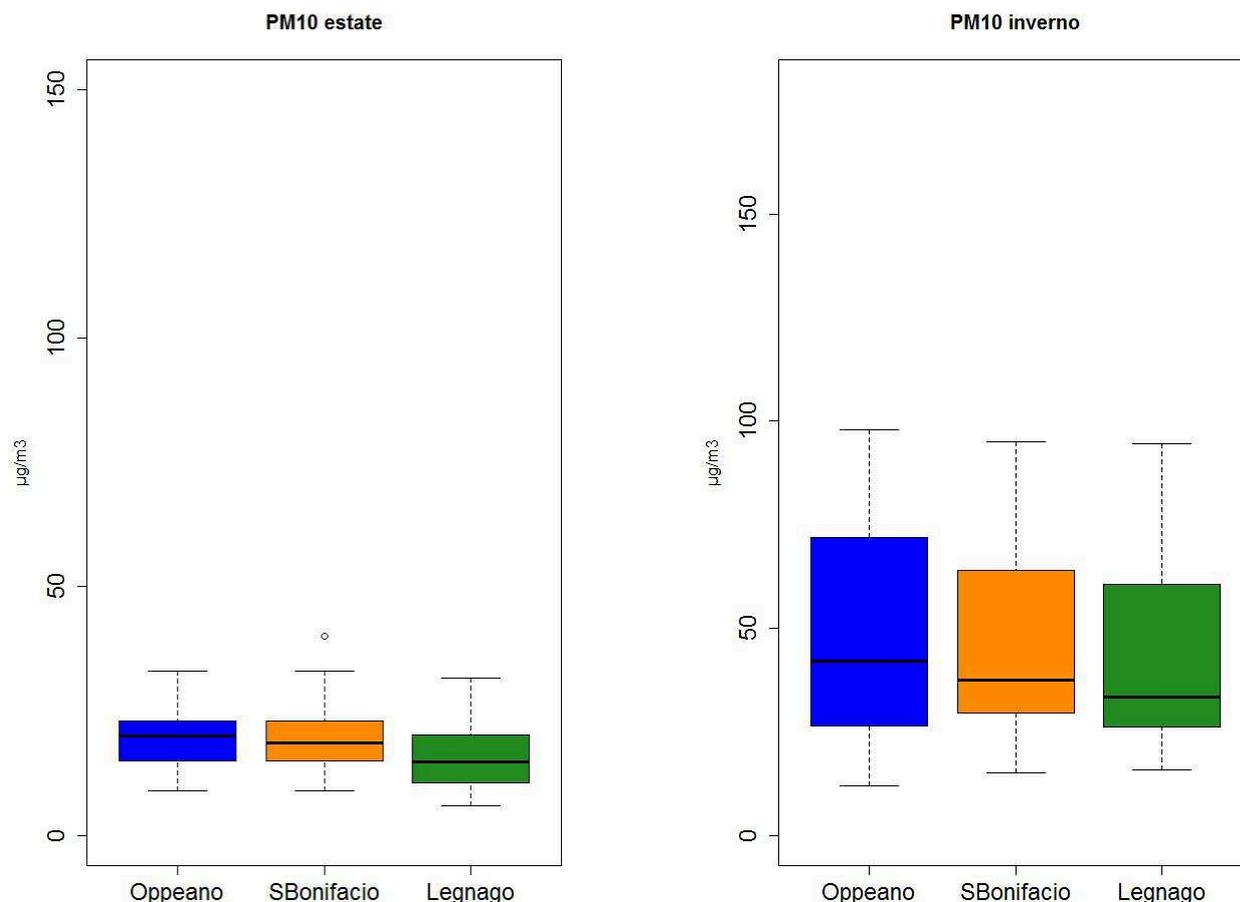


Figura 11. Box-plot della concentrazione di PM₁₀. Dati relativi a Oppeano e alle centraline di riferimento di San Bonifacio e Legnago. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

7.6. Benzene (C₆H₆)

In tabella 13 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna ad Oppeano 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, e i periodi di esposizione dei radielli delle tre postazioni non coincidono esattamente. In tabella 13, si può vedere che in estate, in tutte le postazioni, i valori medi delle concentrazioni di benzene sono inferiori alla soglia di rivelabilità strumentale. In inverno, il valore medio a Oppeano è molto simile a quello misurato presso le altre due postazioni fisse di San Bonifacio e Legnago. Il valore medio annuale di concentrazione di benzene presso le centraline di riferimento (San Bonifacio e Legnago) nel 2016, è risultato inferiore al limite normativo di 5 µg/m³. Dal confronto tra i dati dei diversi siti di misura si può affermare che anche ad Oppeano il limite annuale è stato rispettato.

In tabella 14 sono riportati i valori medi di tutti gli idrocarburi aromatici misurati (benzene, etilbenzene, xilene e toluene) nelle diverse postazioni di misura e nei due periodi di campagna.

benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO		
	Oppeano	SBonifacio	Legnago	Oppeano	SBonifacio	Legnago
Media	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	1.0	0.8
N giorni	21	21	21	22	22	22
sd	0	0	0	0.4	0.2	0.0
max	<0.5	<0.5	<0.5	1.4	1.2	0.8
min	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	0.9	0.8

Tabella 13. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura di Oppeano, 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 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)
Media pesata	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	1.0	0.25	5.3	3.1
Sd	0	0	0.3	0	0.6			
Max	<0.5	<0.5	1	<0.5	1.4			
Min	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	0.6			
N campioni	2	2	2	2	2	2	2	2
N giorni esposizione	40	40	40	40	41	21	21	21

Tabella 14. Parametri statistici relativi alle varie specie di idrocarburi aromatici a Oppeano. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. N indica il numero di giorni di esposizione.

7.7. Benzo(a)pirene e IPA

In tabella 15 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le postazioni di Oppeano e di altre centraline fisse di riferimento. Le concentrazioni di IPA misurate nella campagna di monitoraggio sono state confrontate con quelle misurate dalla stazione più vicina, quella di fondo urbano di Verona, ritenendola comunque rappresentativa nonostante sia la stazione di riferimento di una zona diversa rispetto a quella di appartenenza del comune di Oppeano (“agglomerato Verona” rispetto a “Pianura e capoluogo bassa pianura”).

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 Oppeano, per tutte le specie di IPA misurate. Tutti i dati sono visibili nella serie temporale rappresentata nel Grafico 7 in Allegato.

I dati delle tabelle e le serie temporali del Grafico 7 in allegato mostrano che, mentre in estate la concentrazione media giornaliera è vicina al limite di rivelabilità strumentale, in inverno i valori sono più alti, e a volte superano il limite annuo di 1 ng/m³. Il valore medio calcolato per Oppeano, considerando tutti i dati disponibili nelle campagne di misura, è 0.42 ng/m³.

Il comportamento di questo inquinante esibisce una forte stagionalità, assumendo valori elevati in inverno. Le concentrazioni misurate a Oppeano durante la campagna invernale mostrano un valore medio uguale a quello di Verona-Giarol, e un andamento molto simile nelle due stazioni.

Benzoapirene (ng/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Oppeano	VR-Cason	Oppeano	VR-Giarol	Oppeano	VR-Cason-Giarol
media	0.04	0.04	1.06	1.04	0.62	0.62
N	6	6	8	8	14	14
sd	0.03	0.06	0.93	0.96		
max	0.08	0.17	2.23	2.35	2.23	2.35
min	<0.02	0.02	0.17	0.21	<0.02	0.02

Tabella 15. Concentrazione di benzo(a)pirene: dati della campagna di misura ad Oppeano e della centralina fissa di fondo urbano di Legnago. 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/m³.

(ng/m ³)	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	N	media	sd	max	min	N	media	sd	max	min	N	media pesata	max	min
Benzo(a)antracene	29	0.07	0.02	0.1	0.02	19	0.52	0.48	1.29	0.1	48	0.25	1.29	0.02
Benzo(a)pirene	29	0.06	0.03	0.08	<0.02	19	0.97	0.85	2.23	0.17	48	0.42	2.23	<0.02
Benzofluorantene	29	0.08	0.03	0.11	0.02	19	0.99	0.76	2.08	0.26	48	0.44	2.08	0.02
Benzofluorantene	29	0.06	0.03	0.09	<0.02	19	1.05	0.78	2.14	0.29	48	0.45	2.14	<0.02
Benzofluorantene	29	0.04	0.02	0.06	<0.02	19	0.52	0.41	1.12	0.12	48	0.23	1.12	<0.02
Dibenz(a,h)antracene	29	0.04	0.03	0.07	<0.02	19	0.06	0.04	0.12	0.02	48	0.05	0.12	<0.02
Indeno(1,2,3-cd)pirene	29	0.06	0.05	0.12	<0.02	19	0.75	0.55	1.48	0.2	48	0.33	1.48	<0.02
Crisene	29	0.1	0.04	0.14	0.02	19	0.63	0.53	1.46	0.13	48	0.31	1.46	0.02

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

7.8. Metalli

In Tabella 18 sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di metalli misurata a Oppeano.

Oltre alle specie misurate convenzionalmente (Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo) a causa della particolarità dell'attività produttiva vicino al punto di campionamento, durante la campagna invernale (che rappresenta il periodo più critico per questi inquinanti), sono state misurate le concentrazioni di: alluminio, cobalto, cromo, ferro, manganese, molibdeno, zinco. Per questi ultimi non ci sono limiti normativi.

I valori medi di arsenico, cadmio, nichel e piombo sono inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica: il confronto è indicativo, perché non riferito all'anno civile. I valori misurati appaiono come tipici di un livello di fondo.

La concentrazione di cobalto e mercurio è sempre stata inferiore al limite di rivelabilità strumentale. È stato identificato un singolo caso, verificatosi il 9 marzo 2017, in cui la concentrazione di ferro è stata molto più elevata della media, pari a 1975.7 ng/m³. In questa data anche il manganese ha mostrato la concentrazione più elevata del periodo di campionamento. La correlazione tra la concentrazione di ferro e manganese è dovuta al fatto che entrambi sono metalli caratteristici delle lavorazioni dell'acciaio: i dati relativi a questi metalli indicano come probabile fonte emissiva a essi associata l'acciaieria vicina al punto di misura.

Metallo ng/m ³	media	N	max	min	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Livello di fondo	Aree urbane
As	<1	29	1.8	<1	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cd	0.2	29	0.5	<0.2	5.0	NO	0.1	1-10
Ni	3	29	7.3	<2	20.0	NO	1	9-60
Pb	9.6	29	27.4	1.7	500.0	NO	0.6	5-500
Al	143.1	13	423.0	36.9				
Co	<0.5	13	<0.5	<0.5				
Cr	31.2	13	62.4	3.1				
Fe	423.4	13	1975.7	131.8				
Mn	30.5	13	146.2	5.5				
Mo	2.7	13	6.3	<1.0				
Zn	52.2	13	98.7	19.3				

Tabella 18. Valori medi di concentrazione dei metalli. Nei calcoli sono stati utilizzati tutti i dati di campagna disponibili

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 3 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 12 e figura 13 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 "accettabile" (24 giorni, pari al 48%) e si sono verificate 14 giornate con qualità dell'aria "mediocre" (28%). Nel corso della campagna invernale la qualità dell'aria è stata prevalentemente "Accettabile" (12 giorni, pari al 29%), in 7 giornate è stata "Buona" (17%), in 6 giornate è stata "Mediocre" (15%), e in 6 giornate è stata "Scadente" (15%).

E' stato effettuato un confronto tra la qualità dell'aria in Oppeano e quella della stazione fissa di riferimento dell'area "Agglomerato Verona". A tal fine sono stati calcolati l'IQA di Oppeano e quello di Legnago nei giorni della campagna in cui il dato è disponibile per entrambe le postazioni: il risultato è rappresentato in figura 14 e figura 15, per le campagne estiva e invernale, rispettivamente. Nelle stesse figure è stata riportata la statistica dell'IQA di Legnago relativa a tutta la stagione, l'estate 2016 o l'inverno 2016-2017. Il confronto consente di concludere che la qualità dell'aria a Oppeano è stata peggiore di quella di Legnago durante la campagna estiva, a causa delle più elevate concentrazioni di ozono e di ossidi di azoto, mentre nel corso della campagna invernale essa è stata mediamente simile a quella della stazione fissa di riferimento. Inoltre, la campagna estiva è stata svolta in un periodo in cui la qualità dell'aria della stazione di riferimento di Legnago è stata leggermente peggiore rispetto a quella di tutta la stagione estiva; invece la campagna invernale è stata svolta in un periodo simile alla media della stagione invernale.

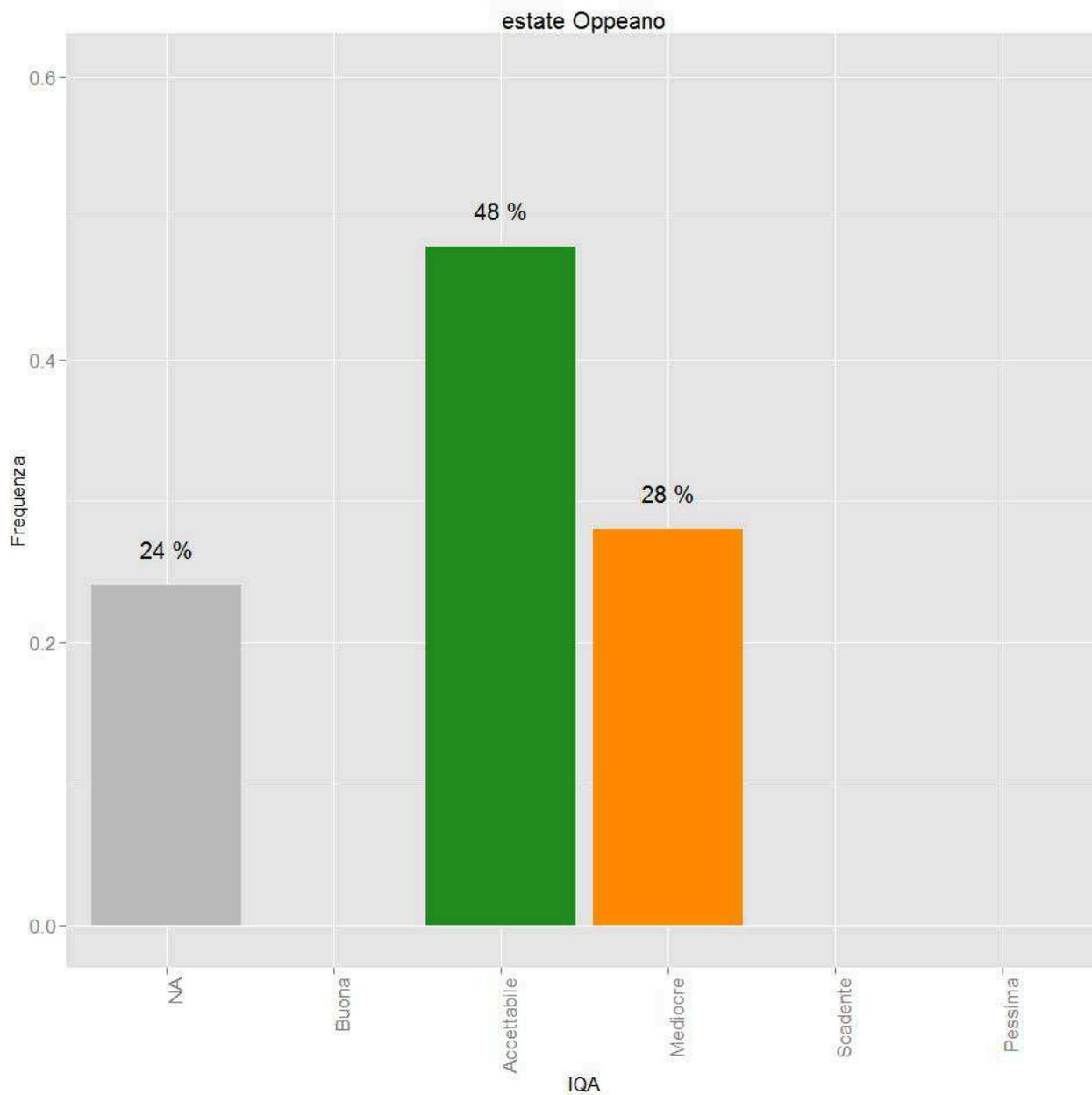


Figura 12. Indice di Qualità dell'aria ad Oppeano, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Oppeano.

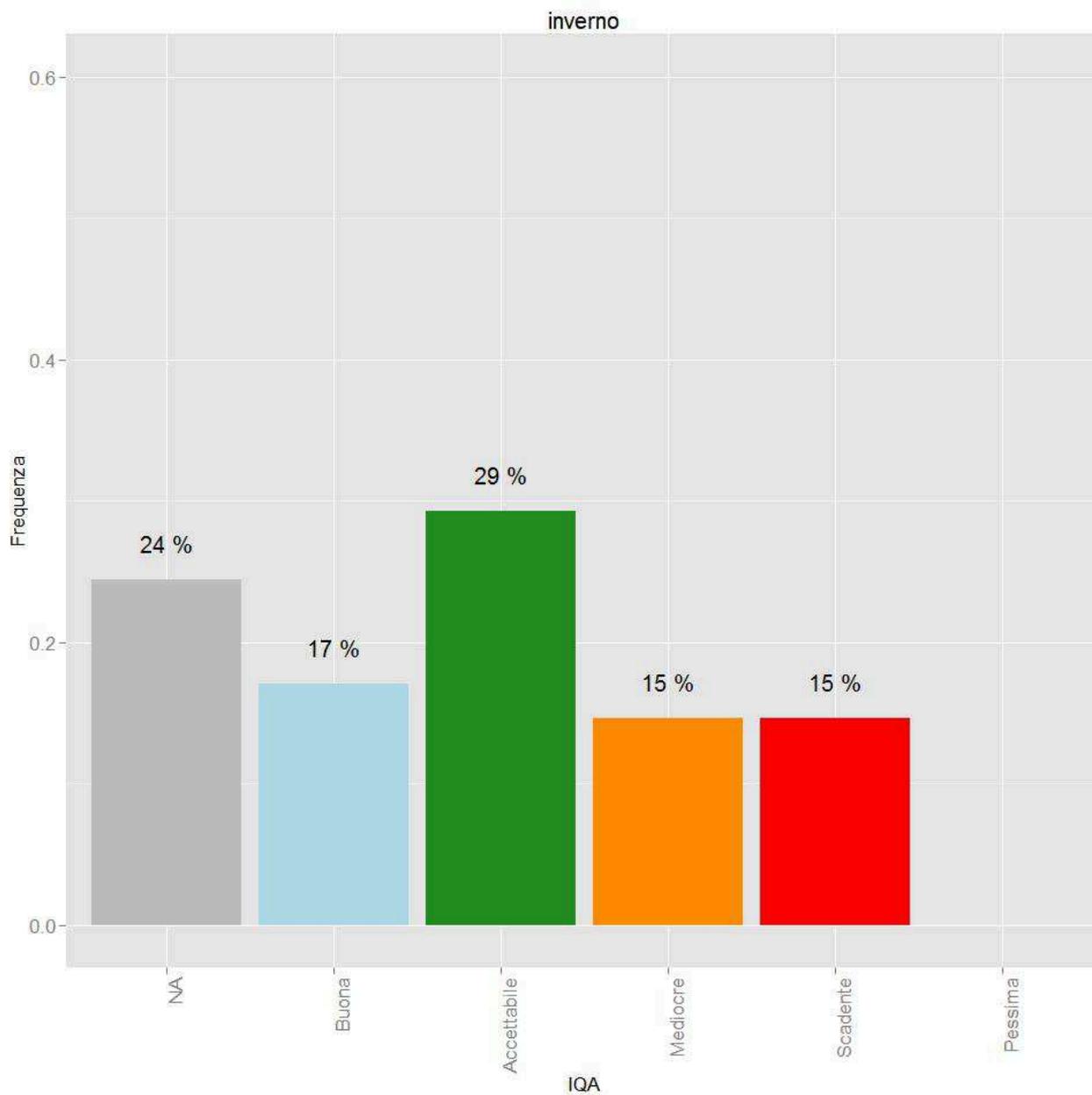


Figura 13. Indice di Qualità dell'aria ad Oppeano, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Oppeano.

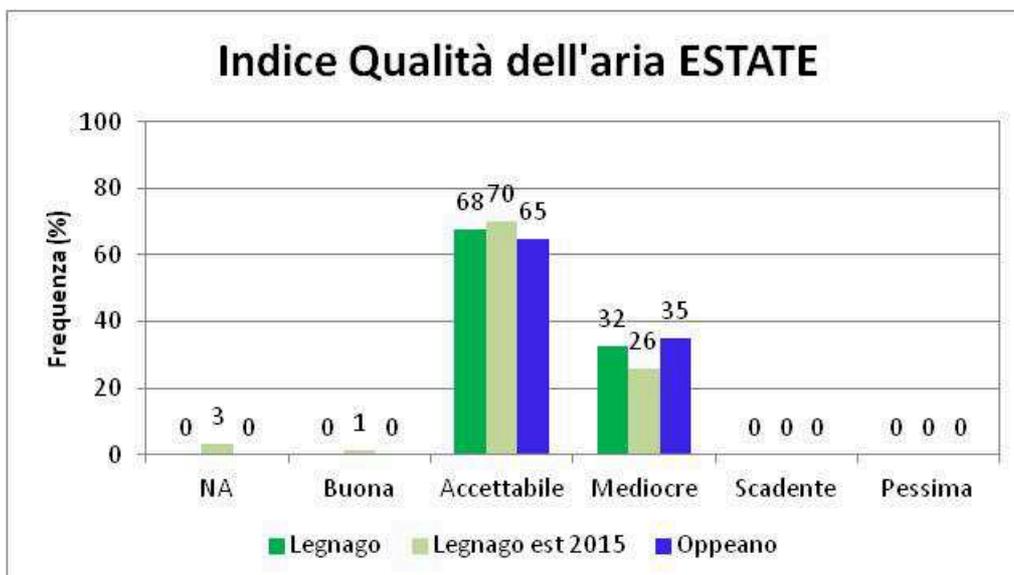


Figura 14 . Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione estiva. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Oppeano ("Legnago"), ai dati di Legnago in tutta l'estate 2016 ("Legnago_ESTATE_2016"), ai dati della campagna estiva ad Oppeano ("Oppeano"). Per la serie "Legnago" e la serie "Oppeano" sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.

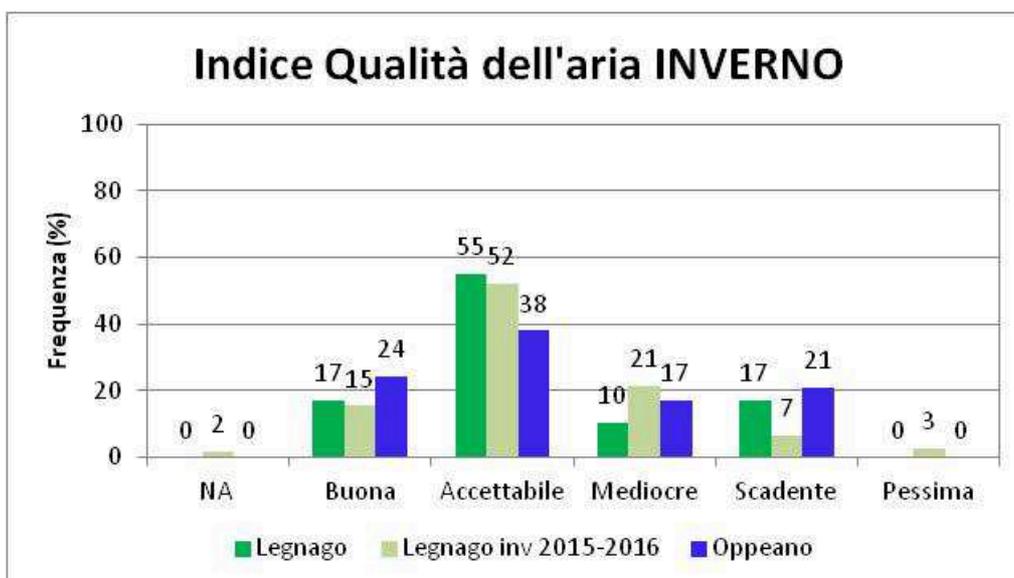


Figura 15. Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione invernale. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura ad Oppeano ("Legnago"), ai dati di Legnago nei mesi invernali del 2016 ("Legnago_INVERNO_2016"), ai dati della campagna invernale a Oppeano ("Oppeano"). Per la serie "Legnago" e la serie "Oppeano" sono stati considerati solo i giorni in cui è disponibile il dato in entrambe le postazioni, al fine di effettuare un confronto sullo stesso periodo.

Indice di qualità dell'aria estate Oppeano



Figura 16. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Oppeano, ESTATE 2016.

Indice di qualità dell'aria inverno Oppeano



Indice di qualità dell'aria inverno Oppeano



Figura 17. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Oppeano, INVERNO 2016-2017.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La centralina di traffico urbano di San Bonifacio, posta circa 15 km a nord-est di Oppeano, e la centralina di fondo urbano di Legnago, 22 km a sud-est, 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 Oppeano. 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 18 a 20. Nelle figure sono rappresentate le due serie temporali della concentrazione media annua di un inquinante misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadratino arancione), Legnago (linea-quadratino verde), Schio (linea-pallino fucsia); le barre di istogramma si riferiscono invece alla concentrazione media durante le campagne di monitoraggio, misurata dal mezzo mobile ad Oppeano (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde).

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni analizzati, sia presso la stazione di traffico di San Bonifacio sia presso la stazione di fondo di Legnago. I valori misurati presso le stazioni fisse nel periodo di campagna sono inferiori alla rispettiva media annuale. Il valore medio durante la campagna ad Oppeano è più elevato della media registrata nello stesso periodo a Legnago e più basso di quella di San Bonifacio.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2010 e il 2016, pur essendoci un massimo locale nel 2011 e nel 2015. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 rilevati a San Bonifacio e Legnago sono prossimi al valor medio dell'anno 2016. La concentrazione media misurata a Oppeano è simile a quella rilevata a San Bonifacio.

Il benzo(a)pirene, negli anni tra il 2010 e il 2015 ha avuto un andamento variabile, con valori medi annuali superiori al limite annuale di 1 ng/m³ solo nell'anno 2012 a Schio e nell'anno 2015 a VR-Cason, e una tendenza all'aumento a VR-Cason a partire dal 2010. I valori misurati durante la campagna di misura, sia a Oppeano sia nella stazione di fondo urbano di Verona-Giarol, sono pari al valore medio annuale misurato nel 2016 a Verona-Giarol.

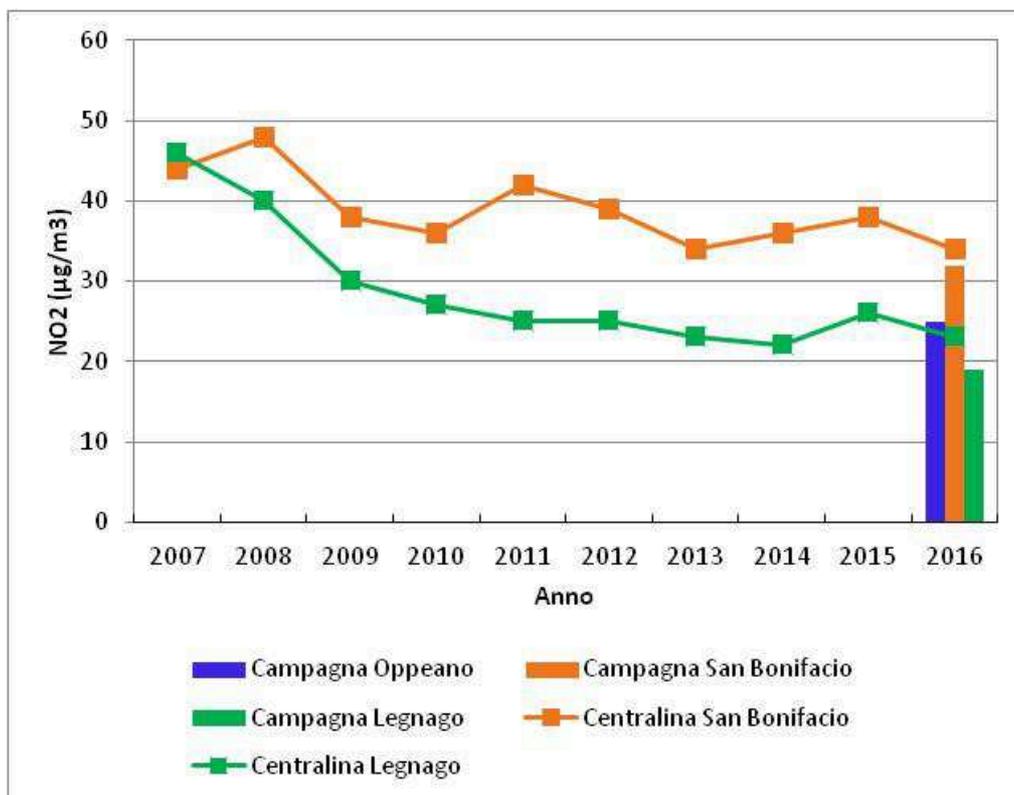


Figura 18: NO₂. Serie temporali della concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio (linea-quadrato arancione) e Legnago (linea-quadrato verde). Le barre di istogramma si riferiscono alla concentrazione media durante le campagne di misura del 2016, misurata dal mezzo mobile ad Oppeano (barra blu), e dalle centraline di San Bonifacio (barra arancione) e Legnago (barra verde).

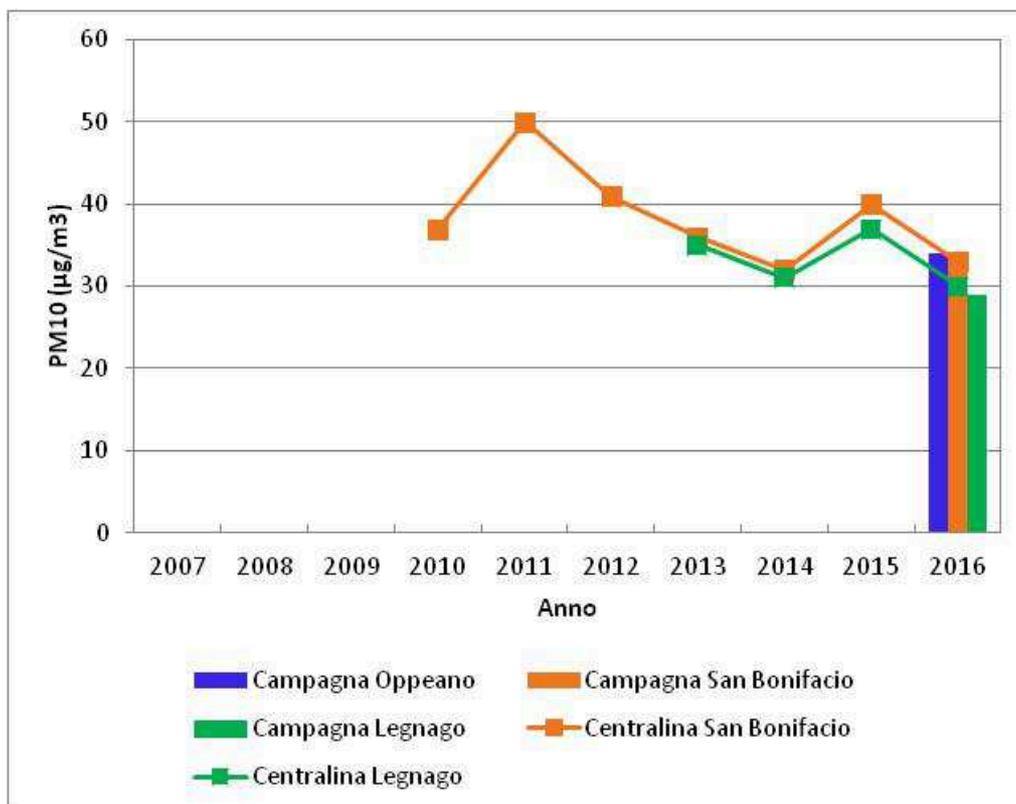


Figura 19. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di San Bonifacio e Legnago, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015-2016-2017, misurata dal mezzo mobile ad Oppeano, e dalle centraline di San Bonifacio e Legnago (come in figura 18).

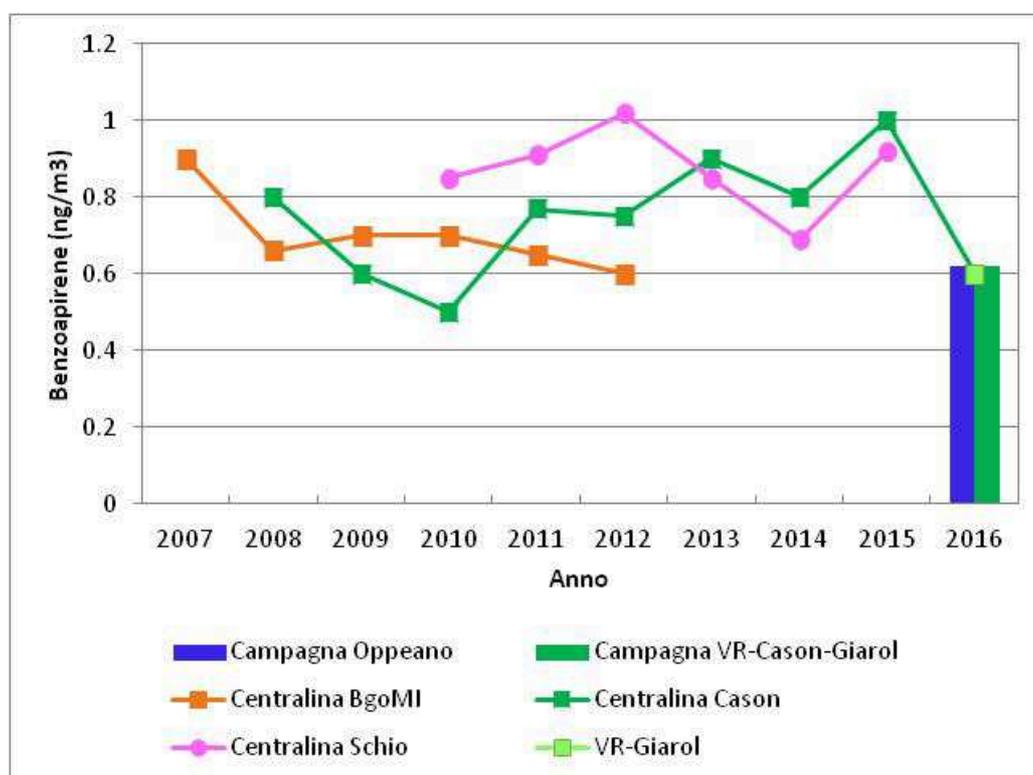


Figura 20. Benzo(a)pirene: concentrazione media annua misurata presso le centraline fisse di VR-Cason, VR-Giarol, VR-Bgo Milano e Schio (VI) e concentrazione media durante le campagne di misura del 2015-2016-2017, misurata dal mezzo mobile ad Oppeano, e dalla centralina di VR-Cason e VR-Giarol (come in figura 18).

10. Confronto con le indagini precedenti

Nel periodo dal 11/10/07 al 07/11/07 ARPAV – Dipartimento di Verona ha svolto un'indagine sulla qualità dell'aria con la stazione rilocabile nel comune di Zevio in via Beltramini, a circa 120 m dalla ss 434, ad 1 km dal polo siderurgico di Oppeano (Loc. Vallese), in corrispondenza del centro abitato in Loc. Campagnola. Nel corso della campagna sono state misurate le concentrazioni di inquinanti quali monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x, NO, NO₂) ed ozono (O₃), benzene, toluene, xilene (BTX), polveri sottili (PM₁₀), idrocarburi policiclici aromatici (IPA). È stata, inoltre, analizzata la composizione del particolato per determinare la concentrazione dei metalli e degli elementi in tracce. L'analisi è stata condotta con la tecnica della fluorescenza X utilizzando lo spettrometro EDXRF Epsilon a dispersione di energia e con il microscopio elettronico per caratterizzare il numero e la forma di aggregazione dei composti presenti nelle polveri aerodisperse.

Nell'anno 2011 Il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato tre campagne di misura con la stazione rilocabile nel comune Zevio in località Campagnola (via Beltramini) ed in località Roversola (via Roversola), nel comune di Oppeano in via Mazzini. Le indagini sono state progettate per verificare la qualità dell'aria nelle immediate vicinanze del polo siderurgico situato lungo la SS434 tra Zevio e Vallese di Oppeano. In ogni posizione sono state effettuate due campagne di misura, una in periodo estivo ed una in periodo invernale.

Inoltre, nell'ambito dell'autorizzazione AIA, è stato stabilito per le ditte del polo siderurgico l'obbligo di monitorare periodicamente la qualità dell'aria in tre postazioni via Beltramini, Campagnola di Zevio, via Roversola, Zevio e via Mazzini Oppeano. Le campagne sono state condotte regolarmente nel periodo 2010-2016.

Nel seguito verranno confrontate le concentrazioni di metalli ed altri elementi in tracce nelle polveri aerodisperse, determinate nel 2016.

Il confronto ha un valore indicativo in quanto non sempre periodi di monitoraggio e postazioni sono esattamente sovrapponibili.

Nel seguito (tabella 19 e 20) verranno confrontate le concentrazioni di metalli aerodisperse misurate dal 15 novembre al 3 dicembre 2016 da ARPAV Dipartimento di Verona presso il sito di via Salieri e dal laboratorio Lachiver, incaricato dalle ditte del polo siderurgico, presso il sito di via Mazzini a Vallese e di Campagnola a Zevio. In particolare i dati dal 15 al 19 novembre si riferiscono alla postazione di via Mazzini a Vallese di Oppeano e i dati dal 21 novembre al 3 dicembre alla postazione di Campagnola di Zevio (figura 20).

Le concentrazioni di arsenico e cadmio rilevate da ARPAV e da Lachiver sono nel 67% dei casi inferiori al limite di rilevabilità, le concentrazioni misurate sono fra loro confrontabili e inferiori al valore limite annuale. Le concentrazioni di nichel rilevate presso il sito di via Salieri sono superiori a quanto rilevato presso i siti di Campagnola e Vallese: sono comunque inferiori di un ordine di grandezza al limite annuale.

Le concentrazioni di piombo rilevate in via Salieri sono leggermente superiori a quanto rilevato a Campagnola e Vallese.

Le concentrazioni medie di cromo misurate in via Salieri risultano pari a 49 µg/m³, a Vallese e Campagnola la concentrazione media è pari a 6 ng/m³: la significativa differenza può essere legata alla presenza di un'attività di cromatura presso il sito di via Salieri. Nell'indagine condotta da ARPAV nell'ottobre 2007 a Campagnola di Zevio le concentrazioni di cromo sono risultate inferiori al limite di rilevabilità pari a 4 ng/m³.

Il ferro mostra una notevole variabilità presso tutti i siti di monitoraggio, non si notano differenze significative: nel 2007 le concentrazioni di ferro medie rilevate sono risultate pari a 800 ng/m³, confrontabile con quanto rilevato in questa indagine.

Anche le concentrazioni di manganese non differiscono in modo significativo nei diversi punti di monitoraggio: nel 2007 le concentrazioni rilevate a Campagnola erano risultate leggermente superiori pari a 30 ng/m³.

Figura n. 21: nella mappa seguente è riportata la posizione del polo siderurgico (triangolo rosso), la posizione del laboratorio mobile ARPAV e del laboratorio Lachiver, con l'indicazione delle date di campionamento

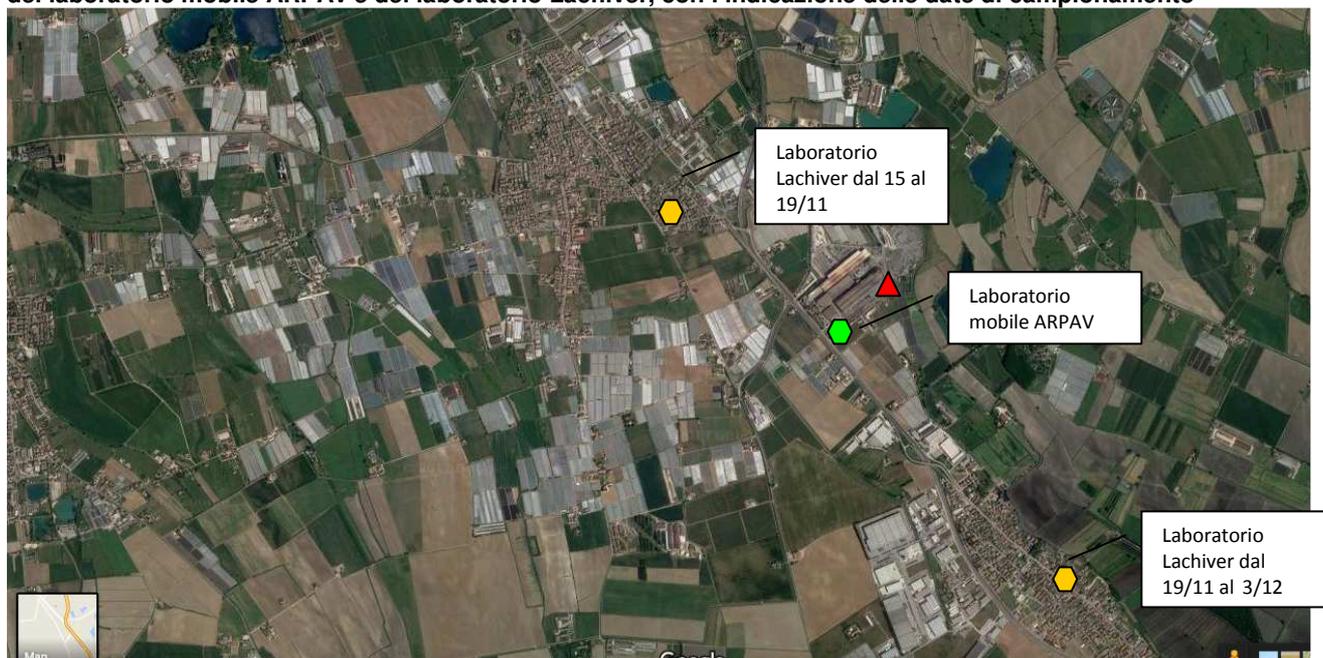


Tabella n. 19: concentrazione di arsenico, nichel, cadmio e piombo rilevata dal laboratorio mobile ARPAV in via Salieri a Oppeano e dal laboratorio Lachiver a Campagnola di Zevio e in via Mazzini a Vallese nel periodo 15 novembre – 3 dicembre 2016

Data	Arsenico (ng/m ³)		Cadmio (ng/m ³)		Nichel (ng/m ³)		Piombo (ng/m ³)	
	ARPAV	Lachiver	ARPAV	Lachiver	ARPAV	Lachiver	ARPAV	Lachiver
15/11/16	< 1.0	<0.5	0.3	<0.5	2.8	<0.5	8.3	5
17/11/16		1.1		0.5		<0.5		11
18/11/16	1.7		0.5		6.8		17.4	
19/11/16		0.7		<0.5		<0.5		8
21/11/16	< 1.0		<0.2		2.8		4.5	3
23/11/16		<0.5		<0.5		<0.5		
24/11/16	< 1.0		<0.2		2.8		3.9	
25/11/16		<0.5		<0.5		<0.5		2
27/11/16	< 1.0	<0.5	<0.2	<0.5	< 2.0	<0.5	6.8	5
29/11/16		<0.5		<0.5		<0.5		3
30/11/16	1.5		0.4		2.8		15.9	
01/12/16		3.8		0.8		<0.5		24
03/12/16	1.2	<0.5	0.3	<0.5	2.7	<0.5	9.4	7
media	0.9	0.8	0.3	0.3	3.1	0.3	9.5	7.6
max	1.7	3.8	0.5	0.8	6.8	0.3	17.4	24.0
min	< 1.0	<0.5	<0.2	0.3	< 2.0	0.3	3.9	2.0
dev.st	0.5	1.2	0.2	0.2	1.8	0.0	5.3	6.8
n. dati	7	9	7	9	7	9	7	9
dati < L.R.	4	6	3	7	1	9	0	0

Tabella n. 20: concentrazione di cromo, ferro e manganese rilevata dal laboratorio mobile ARPAV in via Salieri a Oppeano e dal laboratorio Lachiver a Campagnola di Zevio e in via Mazzini a Vallese nel periodo 15 novembre – 3 dicembre 2016

Data	Cromo (ng/m ³)		Ferro (ng/m ³)		Manganese (ng/m ³)	
	ARPAV	Lachiver	ARPAV	Lachiver	ARPAV	Lachiver
15/11/16	53.8	3.6	234.9	244.3	19.4	11.1
17/11/16		24.4		583.7		22.3
18/11/16	55.1		401		32	
19/11/16		7.1		309.9		13.8
21/11/16	53.3		131.8		18.1	
23/11/16		2.1		208.5		10.2
24/11/16	62.4		199.4		9.8	
25/11/16		0.9		78.1		3
27/11/16	56.9	1.1	190.6	156.3	7.3	4.8
29/11/16		1.8		252		8.7
30/11/16	7.1		493.9		24.6	
01/12/16		2.2		1072.1		43.3
03/12/16	54.9	6.9	327.5	391.98	24.2	11.8
media	49.1	5.6	282.7	366.3	19.3	14.3
max	62.4	24.4	493.9	1072.1	32.0	43.3
min	7.1	0.9	131.8	78.1	7.3	3.0
dev.st	18.8	7.4	129.8	301.9	8.7	12.2
n. dati	7	9	7	9	7	9
dati < L.R.	0	0	0	0	0	0

11. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Oppeano, in località Vallese, in via Salieri, vicino alla acciaieria NLMK. Il punto di misura si trova al lato sud dello stabilimento siderurgico della ditta NLMK; 60 m a est di esso passa via Salieri e 150 m a est la SS434 Transpolesana. A sud-ovest del punto di monitoraggio si trova la zona industriale di Vallese, mentre a sud-est c'è la zona residenziale del paese.

La campagna di misura estiva di Oppeano, è stata svolta dal 18 maggio all'8 luglio 2016. Quella invernale, è stata realizzata in due periodi: dal 14 novembre 2016 al 5 dicembre 2016 e dal 28 febbraio al 20 marzo 2017. La campagna estiva è stata svolta in un periodo leggermente più piovoso della media e con ventilazione simile a quella tipica di questo periodo dell'anno; quella invernale è stata caratterizzata da piovosità e ventilazione un po' inferiori a quella tipiche di questo periodo e quindi condizioni meteo favorevoli all'accumulo di inquinanti.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO_x, SO₂, O₃, le medie giornaliere di PM10 e benzo(a)pirene, e la media su un periodo di più giorni del benzene. Oltre ai metalli convenzionali normati (arsenico, cadmio, nichel, piombo), sono state misurate in periodo invernale le concentrazioni di alluminio, cobalto, cromo, ferro, manganese, mercurio, molibdeno, zinco.

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.

Le polveri sottili si sono rivelate l'inquinante più critico per la postazione di Oppeano. Nei due periodi di campagna si sono verificati 13 superamenti, pari al 19% del periodo monitorato. Nelle stazioni di riferimento, invece i superamenti sono stati meno numerosi. I valori medi di

concentrazione misurata a Oppeano sono superiori, ma molto vicini, a quelli delle stazioni di riferimento.

La stima del valore medio annuale per il sito di Oppeano, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più rappresentativa del sito stesso (Legnago), è stata $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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.

L'ozono ha mostrato concentrazioni simili a quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Legnago. Il limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 16 giorni su 50 durante la campagna estiva ad Oppeano, mentre il numero di superamenti a Legnago è leggermente inferiore e pari a 15. Il limite di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 2 volte ad Oppeano, mentre a Legnago non c'è stato alcun superamento.

Per quanto riguarda le concentrazioni di ossidi di azoto, nel periodo di monitoraggio non sono stati rilevati superamenti dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta né a Vallese, né presso le stazioni fisse di riferimento. I valori medi registrati ad Oppeano sono più bassi di quelli misurati a San Bonifacio e più elevati di quelli di Legnago: la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ed è inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento delle concentrazioni medie nel corso della giornata e della settimana ad Oppeano ha caratteristiche intermedie rispetto a quanto si rileva presso il sito di traffico di San Bonifacio e il sito di fondo di Legnago. La posizione del punto di monitoraggio fa sì che si possa definire il punto come industriale, si nota però, analizzando l'andamento giornaliero delle concentrazioni di inquinanti l'influenza di un'arteria molto trafficata come la SS434.

La concentrazione di benzo(a)pirene esibisce una forte stagionalità, risulta pari o inferiore al limite di rivelabilità in estate, e assume in inverno valori più elevati, anche superiori al limite normativo relativo di questo inquinante (limite che tuttavia si applica alla media annuale). Il valore medio, calcolato considerando tutti i dati disponibili nelle due campagne di misura, è $0.42 \text{ ng}/\text{m}^3$. I valori medi e massimi rilevati a Oppeano sono molto vicini a quelli della stazione fissa di Verona-Giarol. Il confronto con questa stazione, dove il limite annuale di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ nel 2016 è stato rispettato, indica che con elevata probabilità tale limite normativo possa essere stato rispettato anche a Oppeano.

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, in estate presenta valori medi inferiori al limite di rilevabilità strumentale, ad Oppeano come anche presso le centraline di riferimento; in inverno, i valori medi e massimi sono vicini a quelli delle centraline di riferimento. Il confronto con i dati delle centraline di riferimento e con i dati storici, suggerisce che il limite annuale per questo inquinante ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sia rispettato anche ad Oppeano.

La concentrazione dei metalli normati e misurati convenzionalmente rispetta i limiti e rappresenta valori tipici delle località di fondo, fatta eccezione per il piombo, il quale mostra valori tipici delle aree urbane. La concentrazione di cobalto e mercurio è sempre stata inferiore al limite di rivelabilità strumentale. La concentrazione di ferro è correlata con quella del manganese, in linea col fatto che questi due metalli sono caratteristici delle lavorazioni dell'acciaio, confermando il contributo dell'acciaieria. Il confronto con i risultati delle indagini svolte per conto delle ditte del polo siderurgico dal laboratorio Lachiver non evidenzia anomalie, se si eccettua i valori di cromo, superiori in via Salieri, probabilmente a causa del vicino impianto di cromatura. Anche il confronto con i dati della precedente campagna del 2007 non evidenziano particolari differenze.

L'indice di qualità dell'aria, durante la campagna di monitoraggio estiva ad Oppeano, è risultato per il 48% giorni accettabile, per il 28% mediocre (per la rimanente percentuale non è stato possibile calcolarlo). In inverno il 29% delle giornate la qualità dell'aria è stata accettabile, per il 17% buona, per il 15% mediocre e per il 15% scadente, a causa degli elevati livelli di polveri sottili.

ALLEGATO

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

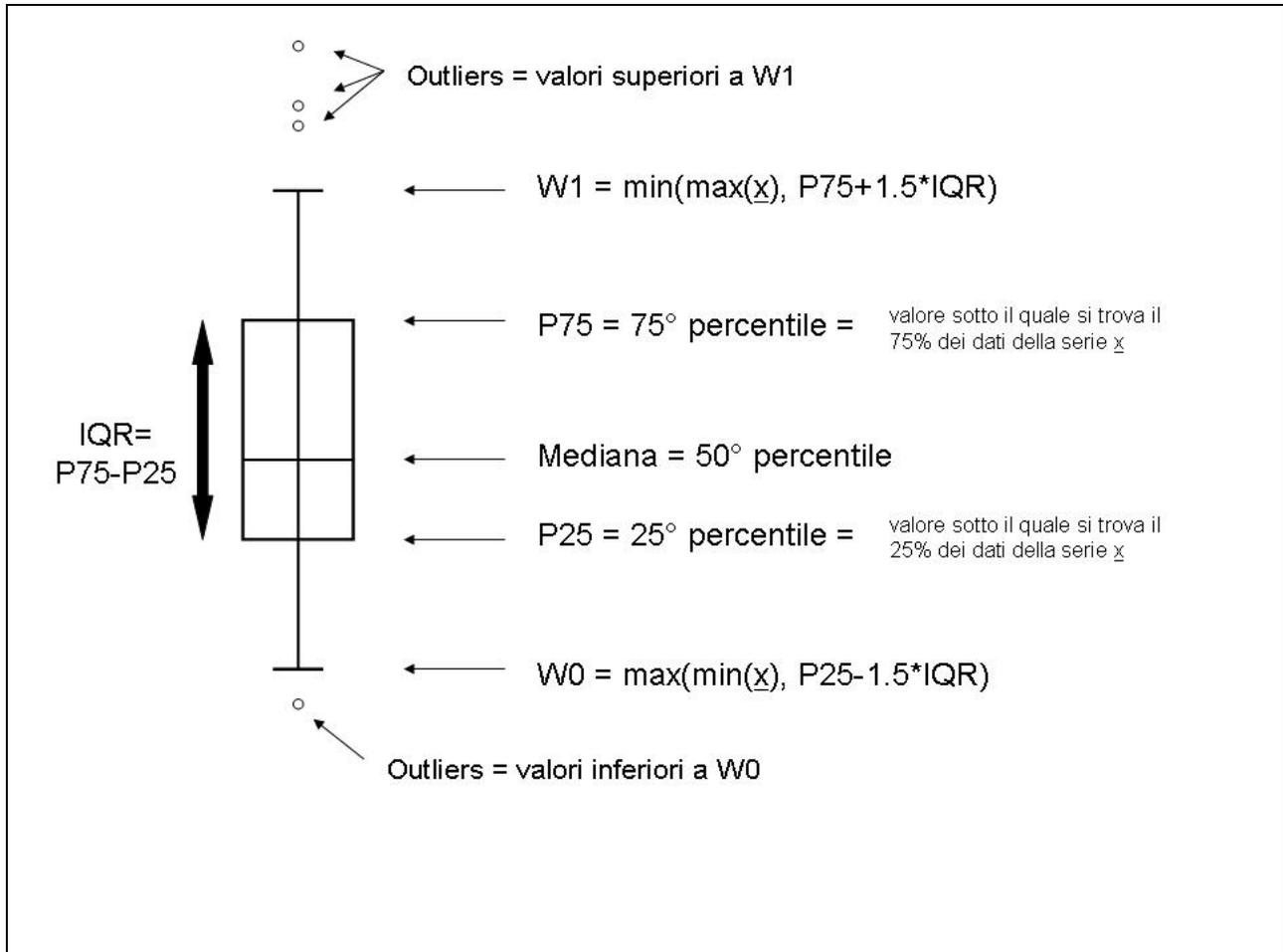


Figura 22. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata dal grafico è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita inferiormente il “box” è il 25° percentile, cioè il valore rispetto al quale il 25% dei dati è inferiore. Il segmento orizzontale che delimita superiormente il “box” è il 75° percentile, cioè il valore rispetto al quale il 75% dei dati è inferiore. La differenza tra il 25° e 75° percentile si definisce “Inter Quartile Range” (IQR). In base all’IQR si definiscono i “bOppeano”, 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 bOppeano, si trovano solo pochi dati della popolazione rappresentata, i valori minimi e massimi, che vengono chiamati “outliers” e indicati con dei pallini.

Grafico 1 – Concentrazione di CO (mg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

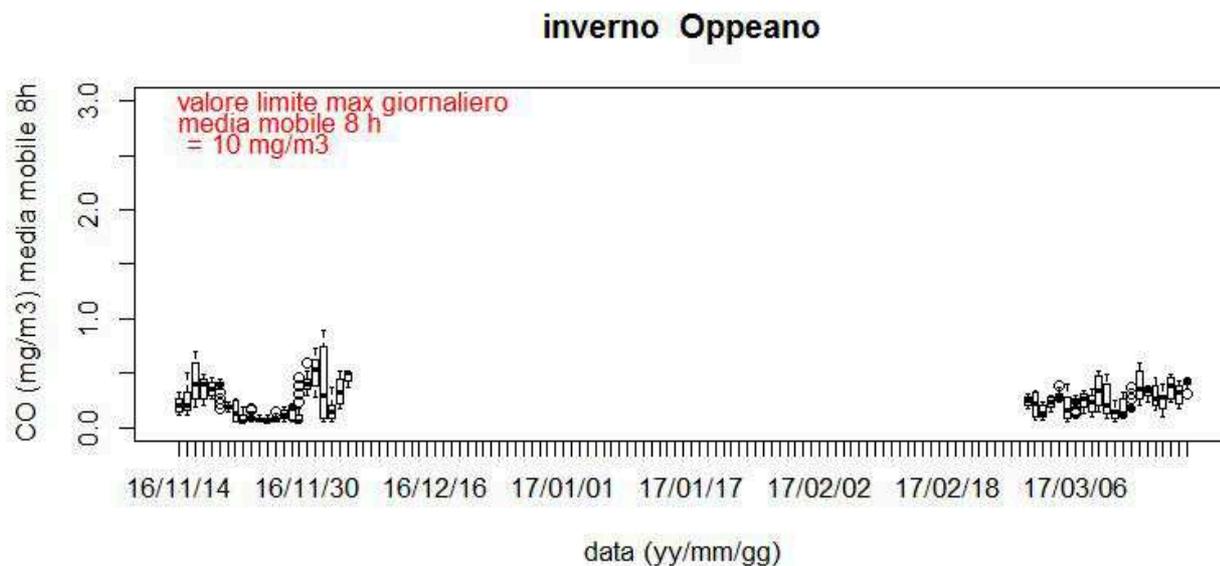
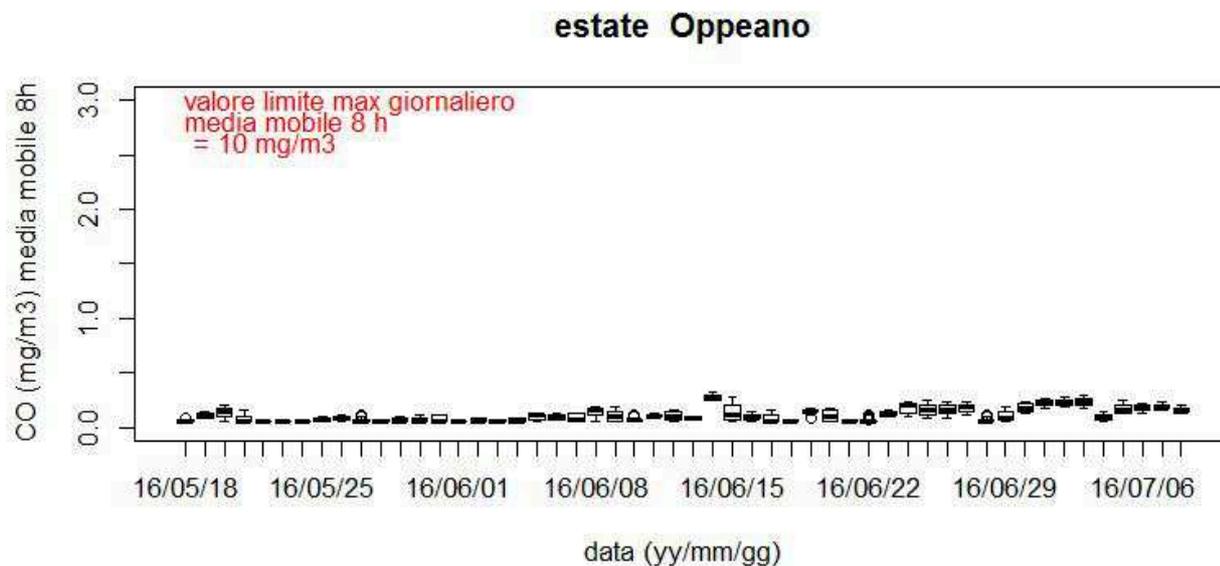


Grafico 2 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

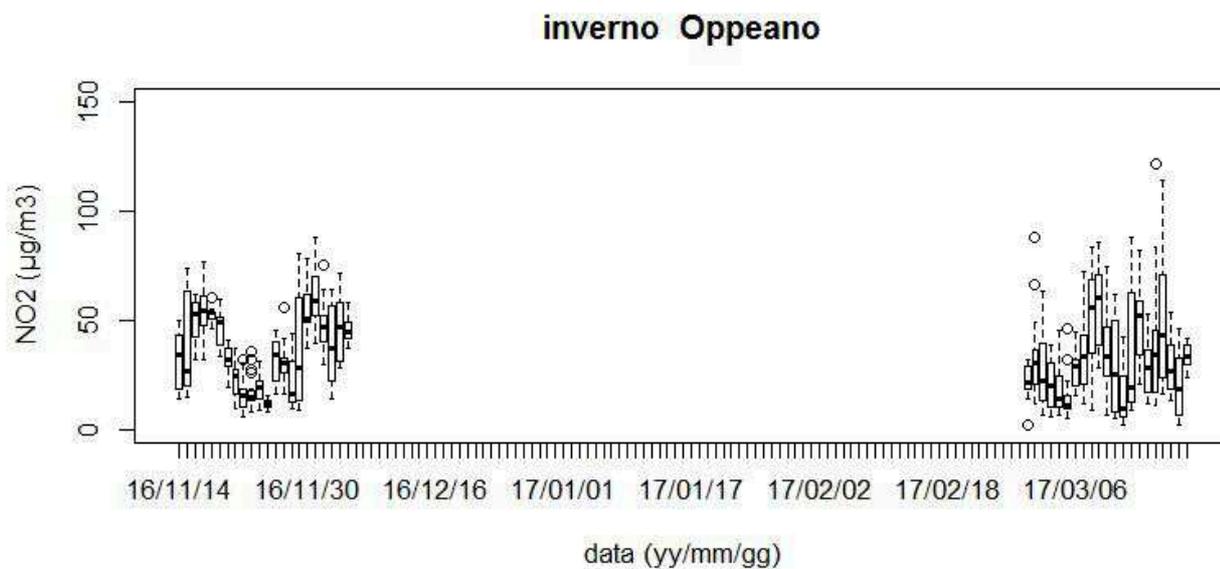
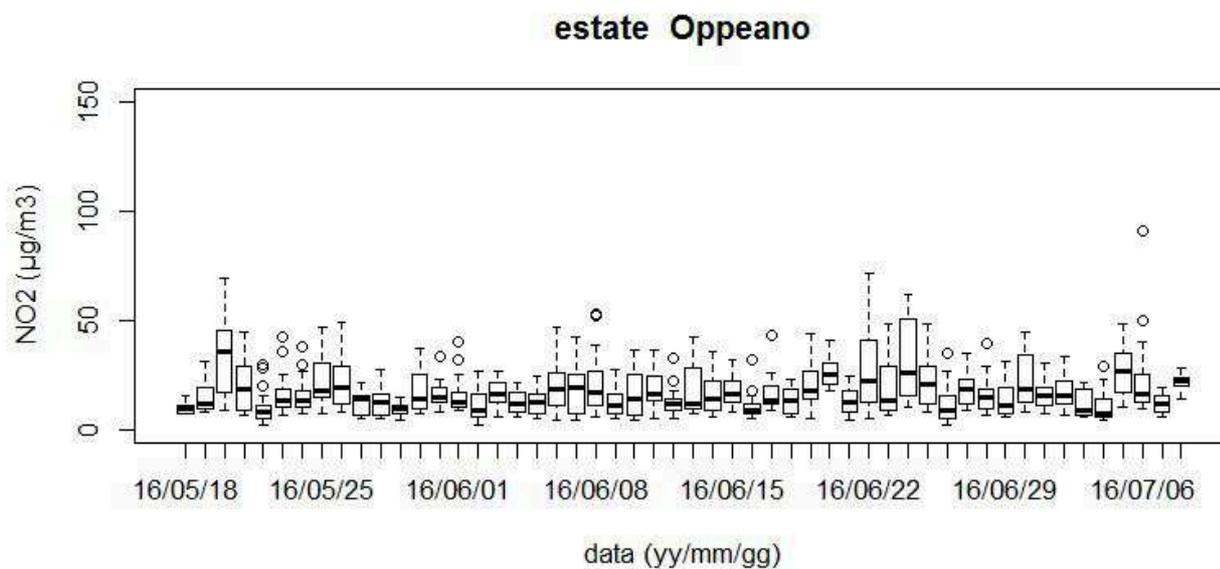


Grafico 3 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

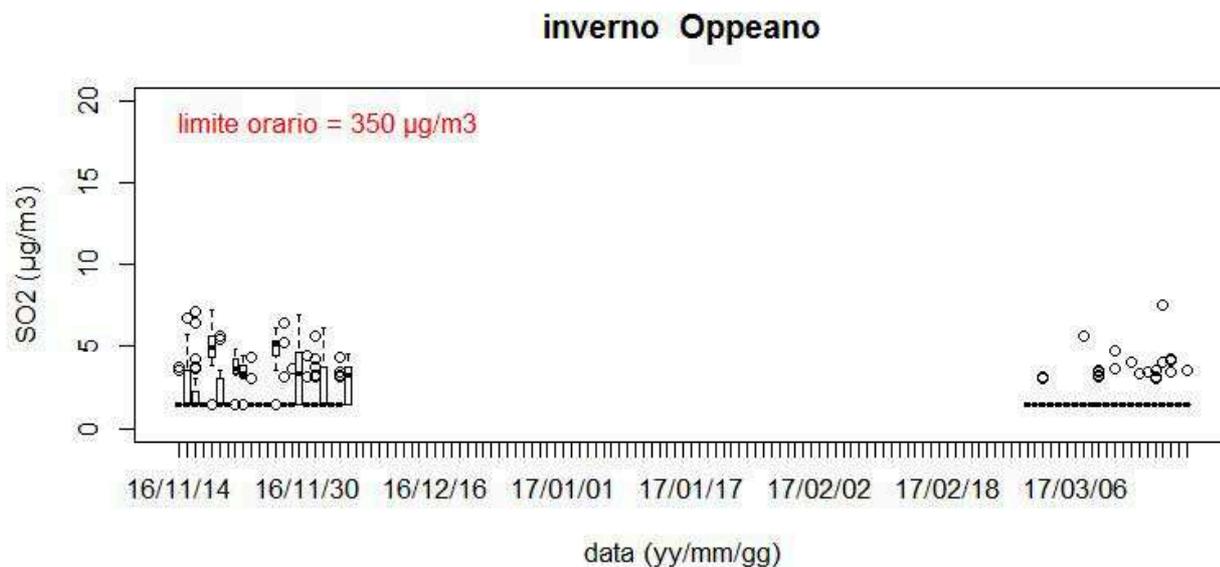
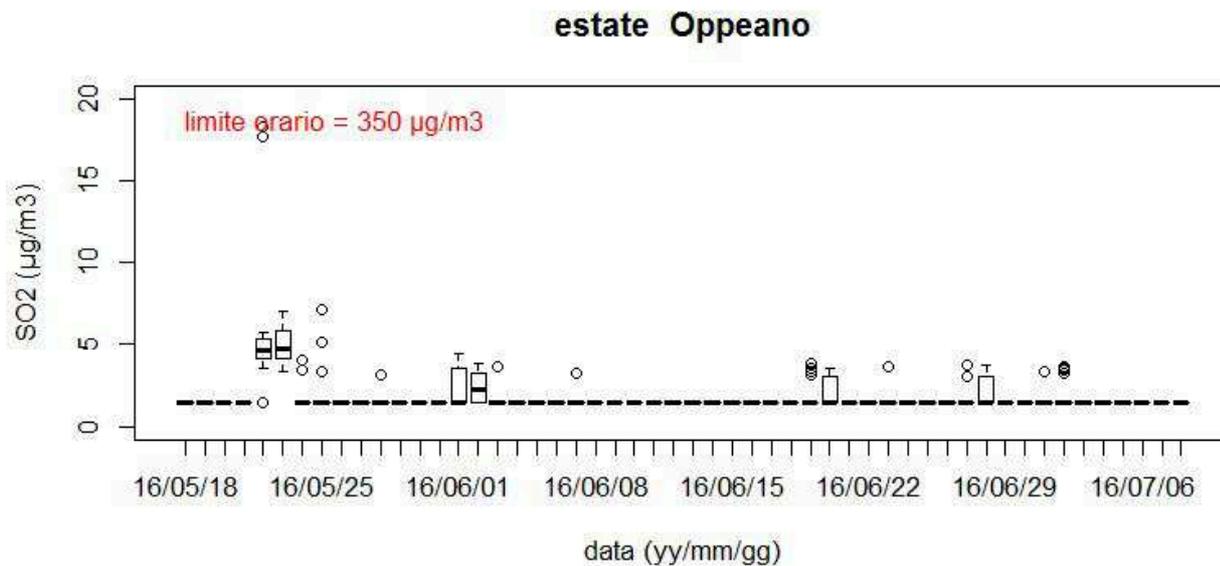


Grafico 4 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

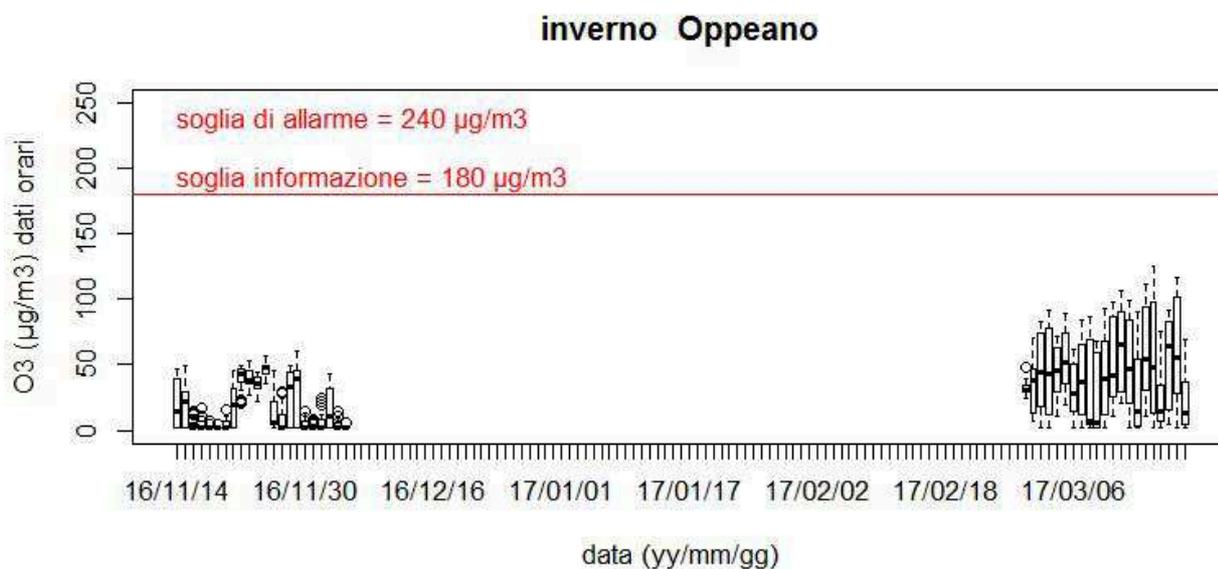
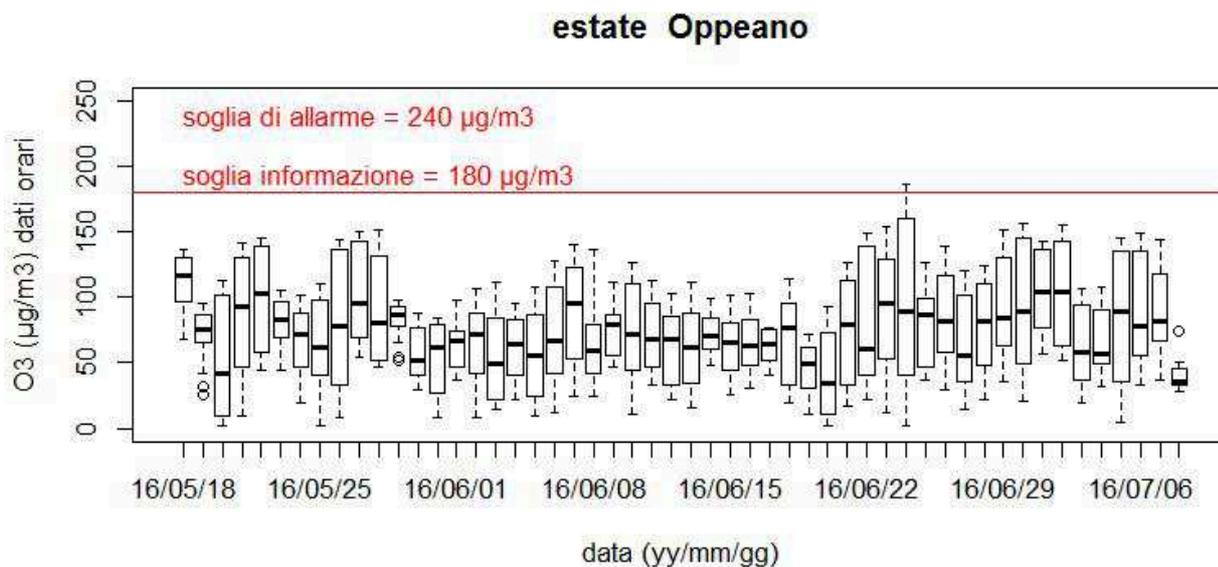


Grafico 5 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot. Campagna di misura estiva (pannello sopra) e invernale (pannello sotto).

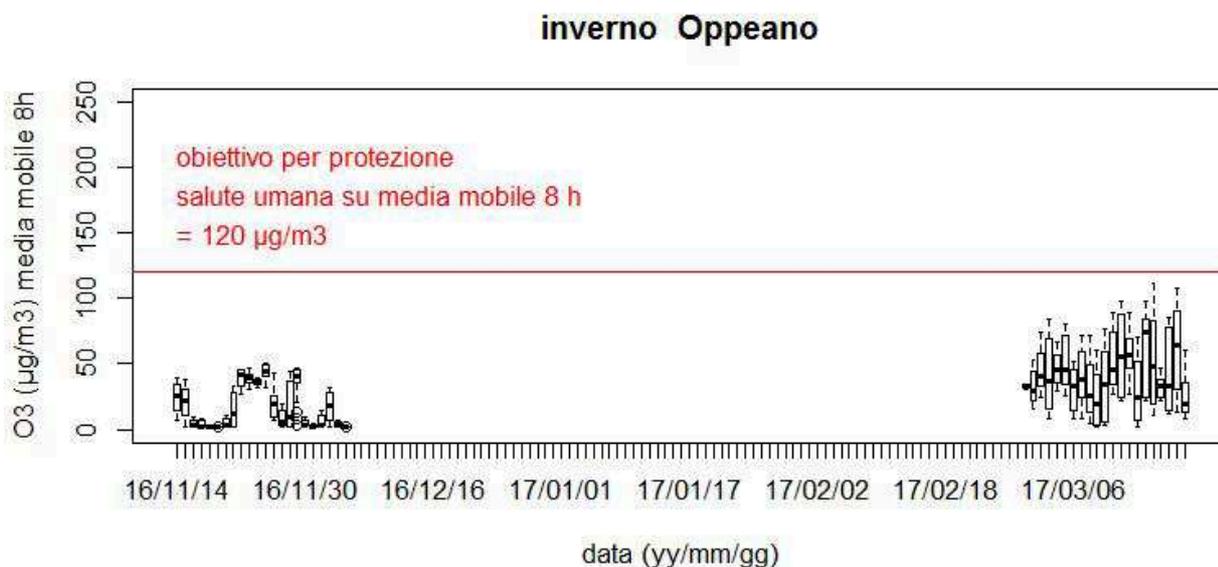
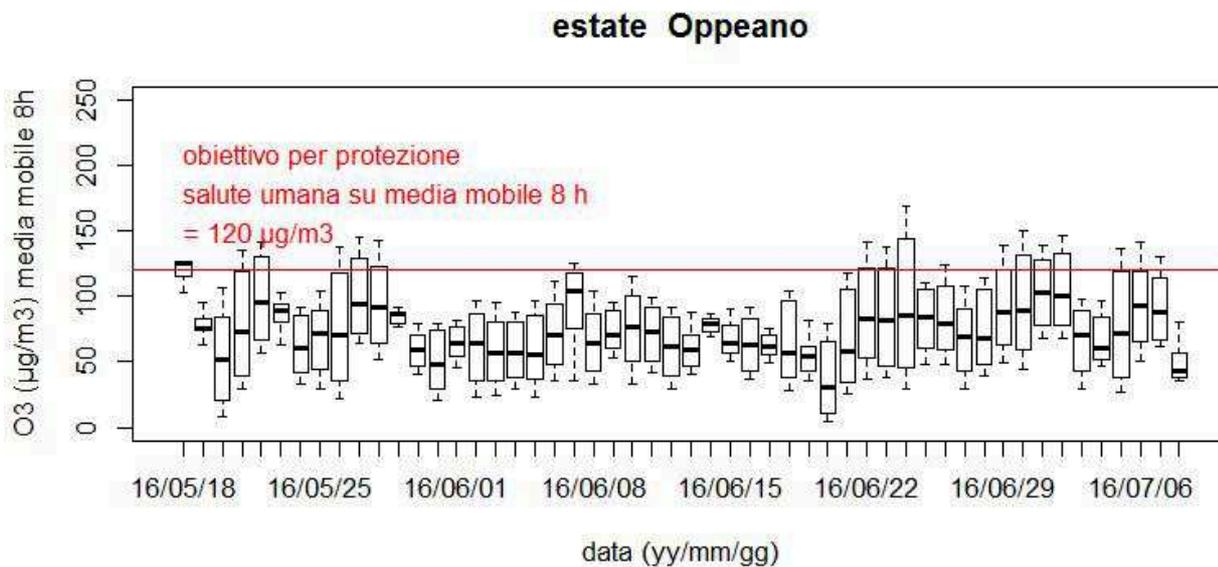


Grafico 6 – Concentrazione giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a Oppeano, San Bonifacio e Legnago. La linea tratteggiata indica il valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte l'anno.

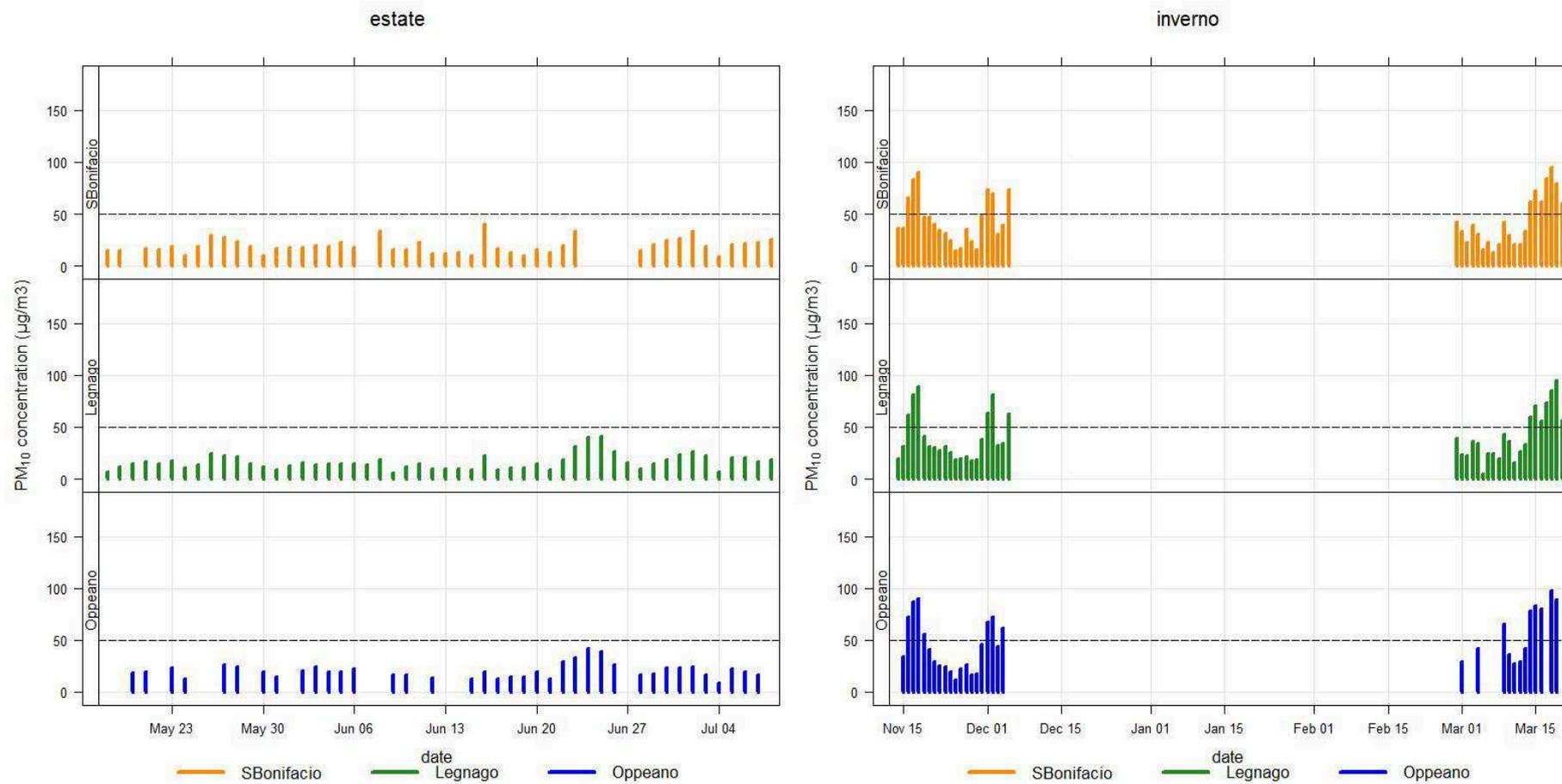


Grafico 7 – Concentrazione di benzo(a)pirene (ng/m³) a Oppeano e Verona Giarol nella campagna di misura estiva (a sinistra) e invernale (a destra). La linea tratteggiata indica il valore obiettivo (annuale) di 1 ng/m³.

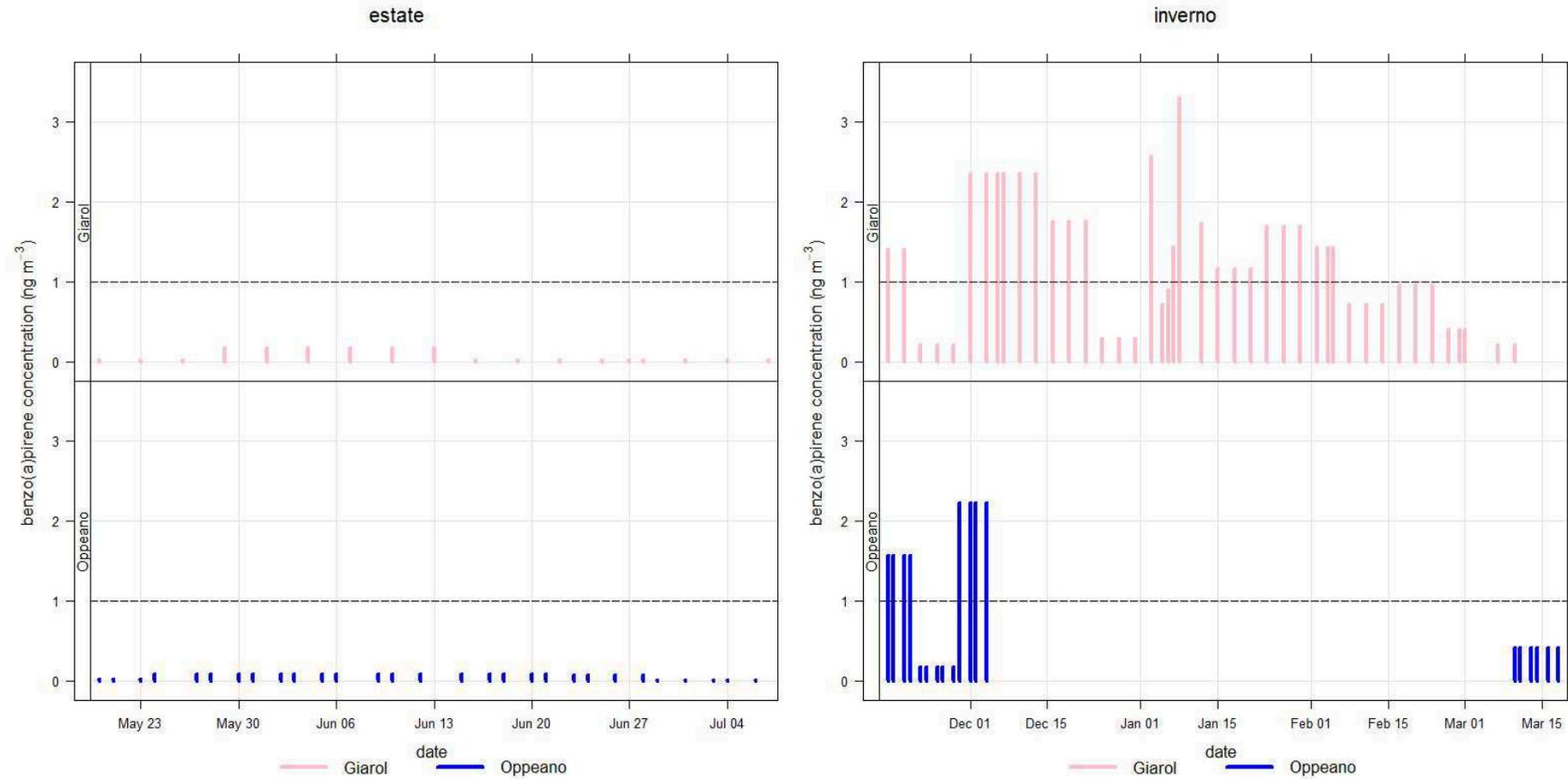


Grafico 8 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

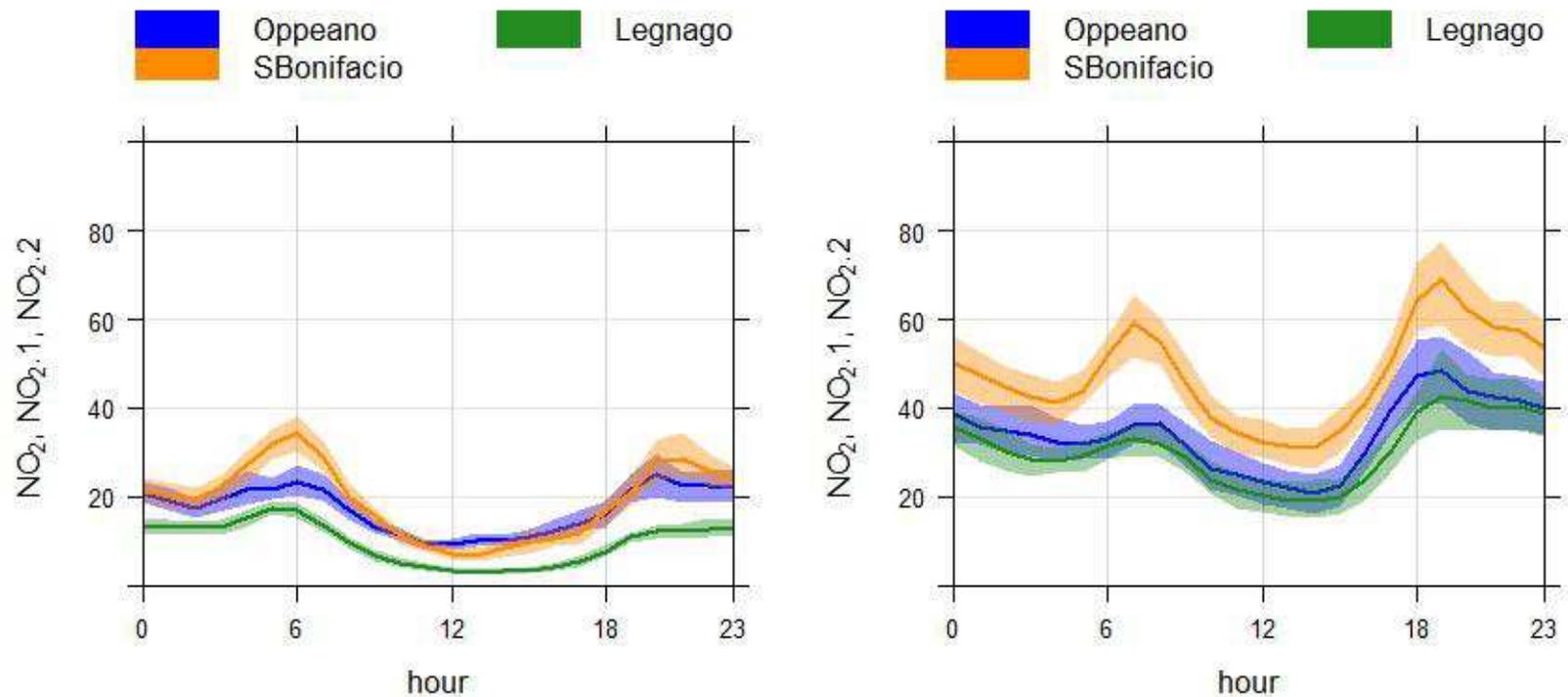


Grafico 9 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

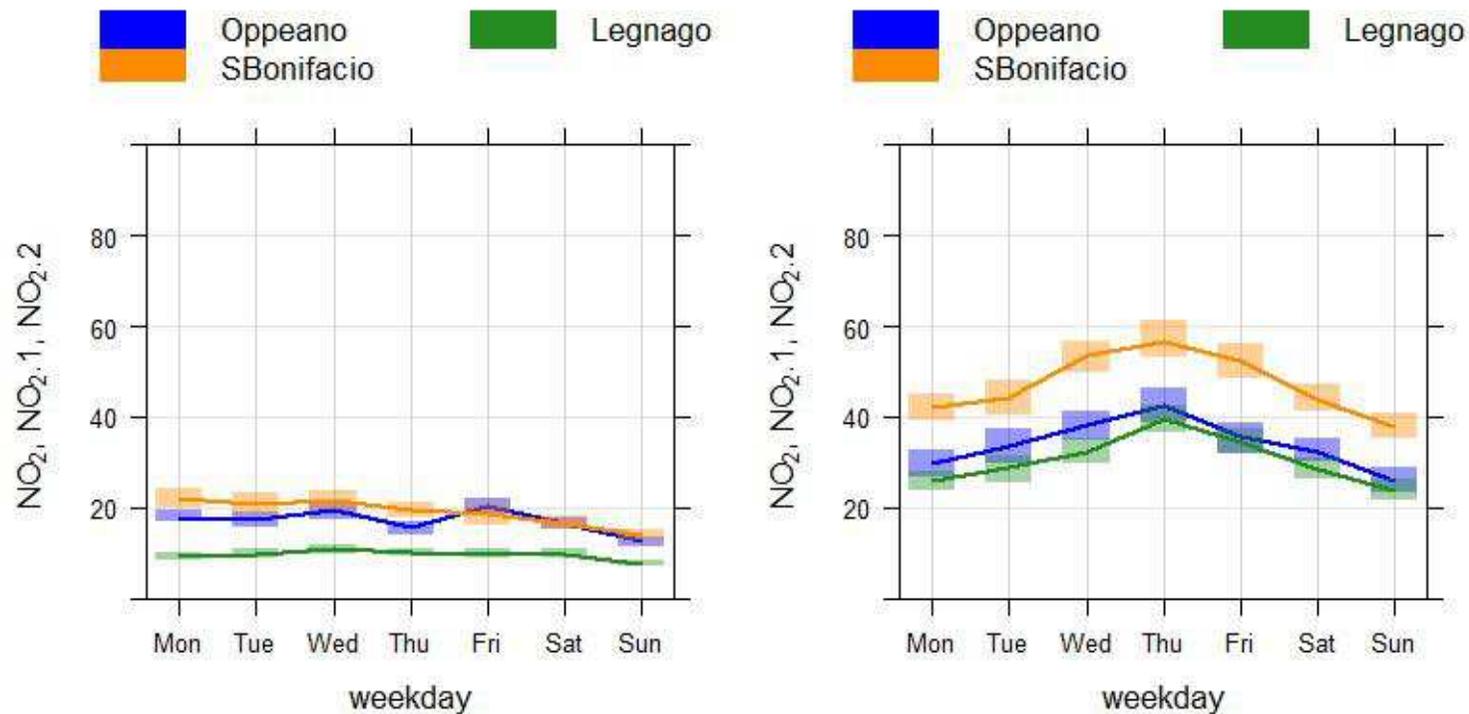


Grafico 10 – Giorno tipo O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%. Campagna di misura estiva (pannello a sinistra) e invernale (pannello a destra).

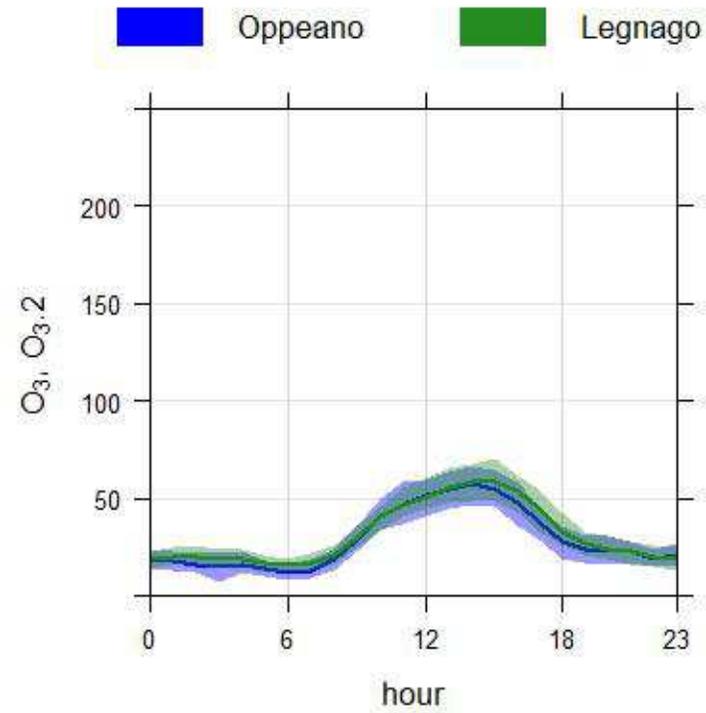
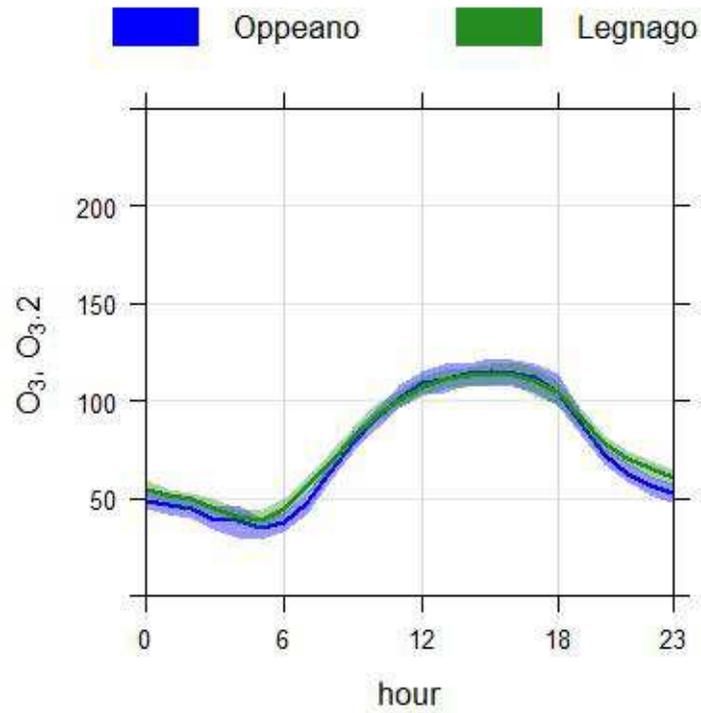
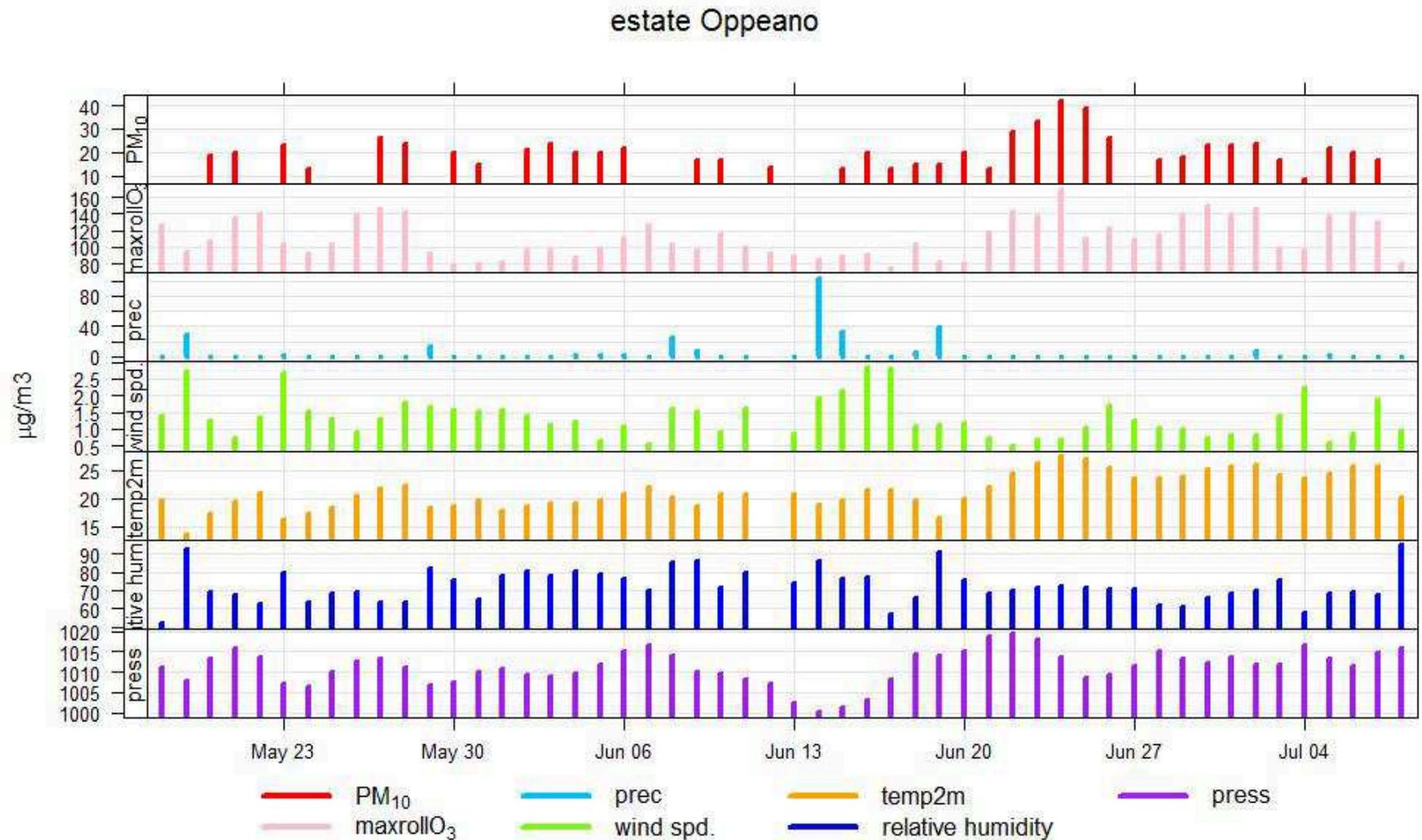


Grafico 11 – Concentrazione media giornaliera di PM10 e massimo giornaliero della media mobile su 8 ore di O₃ (µg/m³) ad Oppeano, e variabili meteorologiche della stazione di Roverchiara: prec=precipitazione accumulata in un giorno (mm); wind spd= velocità del vento a 10m (m/s); temp2m=temperatura a 2m (°C); relative humidity= umidità relativa (%). La pressione (press, mbar) è stata rilevata presso Verona-Giarol.



inverno Oppeano

