

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria Comune di Albaredo d'Adige

Via dello Sport



Periodo di attuazione:

15/05/2014 – 29/06/2014 (periodo estivo)

05/11/2014 – 11/01/2015 (periodo invernale)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Primo Munari

Servizio Controlli Ambientali

Dottoressa Francesca Predicatori

Dottoressa Simona De Zolt Sappadina


Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale

Dott.ssa 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. 5/2015		Data : 25/10/2015
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.....	3
2.	Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione.....	3
3.	Contestualizzazione meteo climatica.....	3
4.	Inquinanti monitorati e normativa di riferimento.....	3
5.	Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi.....	3
6.	Efficienza di campionamento.....	3
7.	Analisi dei dati rilevati.....	3
8.	Valutazione dell'IQA (Indice Qualità Aria).....	3
9.	Valutazione dei trend storici per il sito di interesse.....	3
10.	Conclusioni.....	3

1. Introduzione e obiettivi specifici della campagna

La campagna rientra nell'attività di monitoraggio programmata annualmente dal Dipartimento ARPAV di Verona. Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel centro della città di Albaredo d'Adige. I dati di monitoraggio integrano, inoltre, i dati forniti dalla rete di qualità dell'aria della provincia di Verona.

2. Caratterizzazione del sito e tempi di realizzazione

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile sono state svolte dal 14/05/2014 al 30/06/2014 nel semestre estivo e dal 14/11/2014 al 12/01/2015 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Albaredo d'Adige ed è di tipologia "traffico suburbano". Il comune di Albaredo d'Adige 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 la campagna di monitoraggio. Il mezzo è stato posizionato in Via dello Sport, vicino agli impianti sportivi.

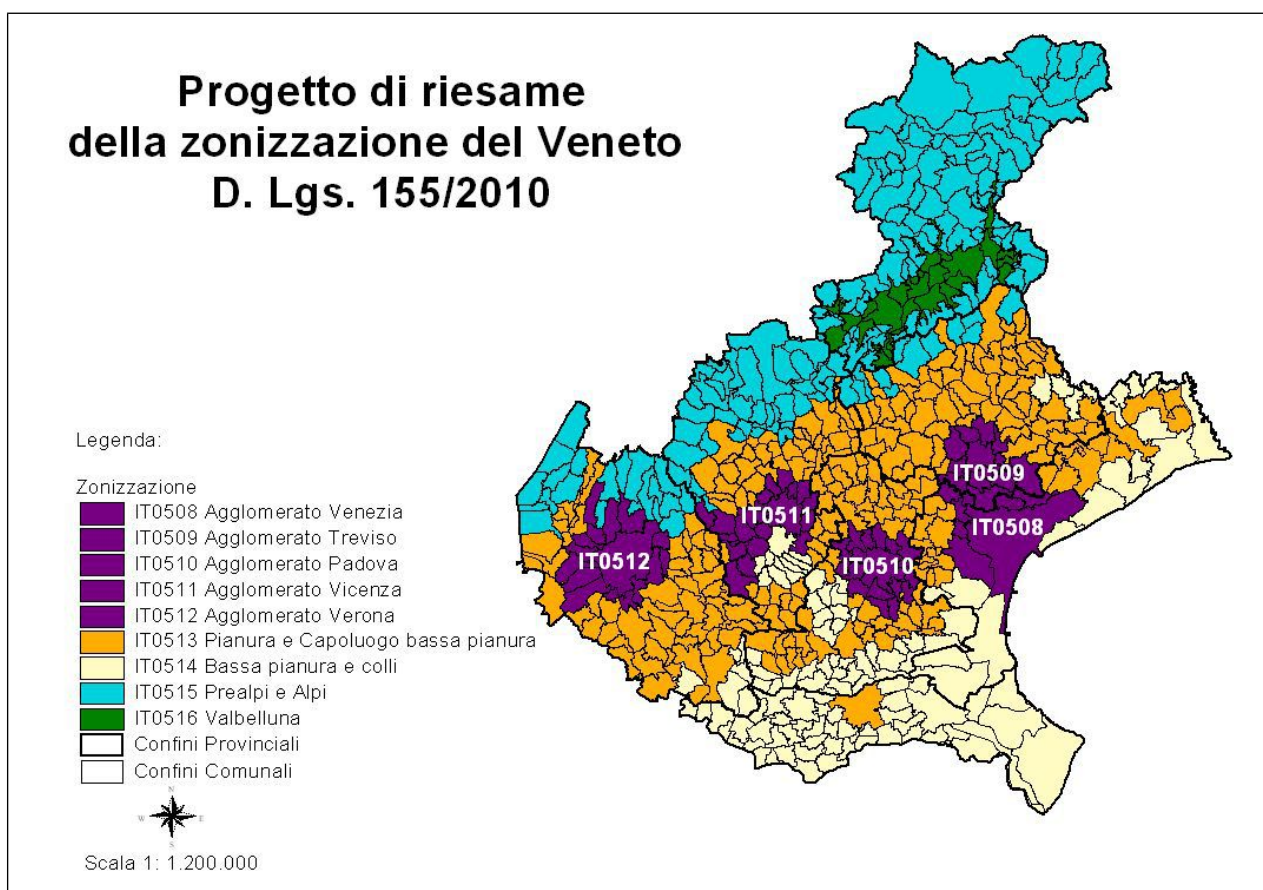


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.

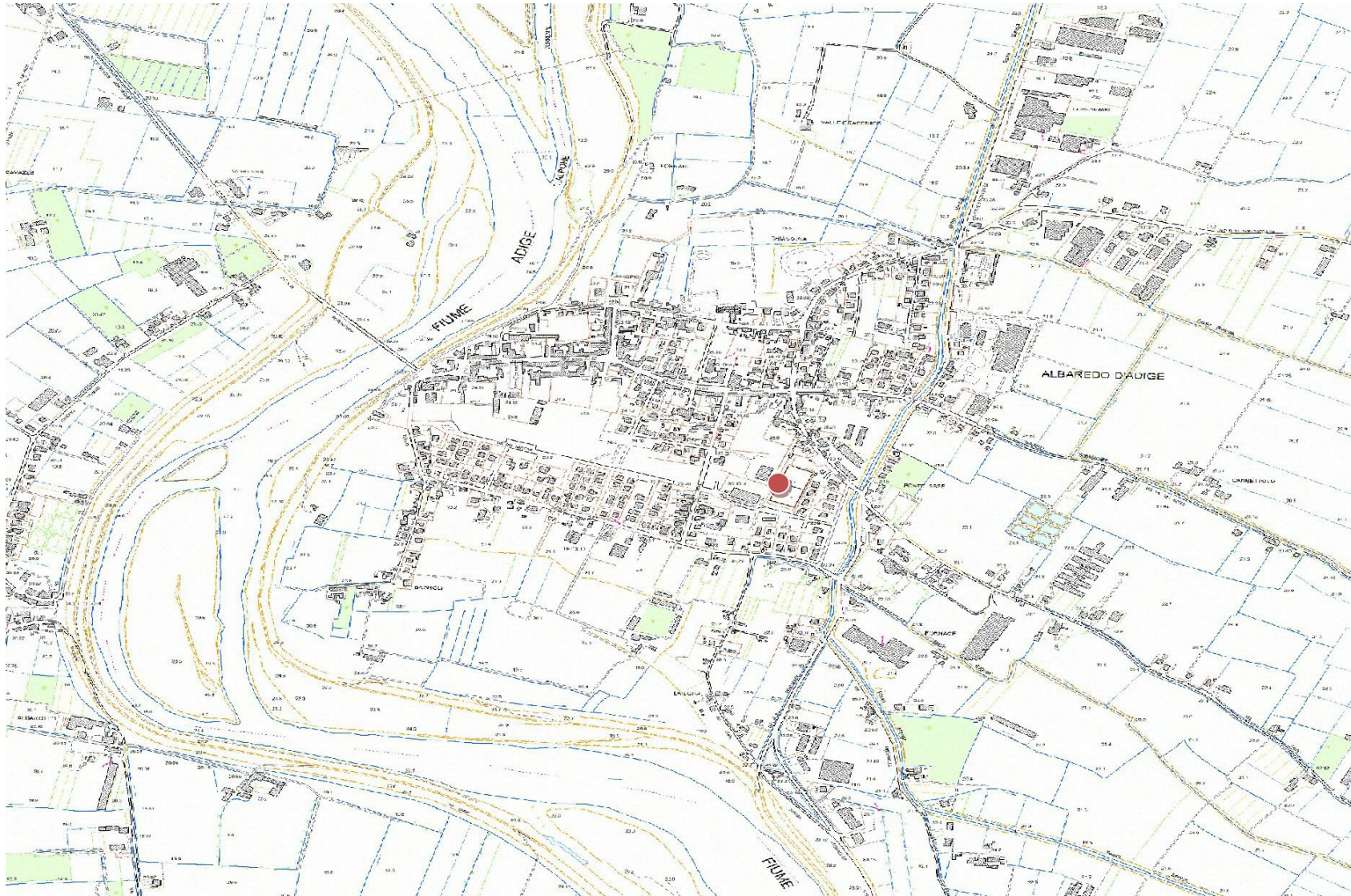


Figura 2. Estratto Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000. Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio.

3. Contestualizzazione meteo climatica.

La campagna estiva è iniziata il 15 maggio, con giorni caratterizzati da un flusso settentrionale molto intenso, che seguono i temporali manifestatisi il giorno 14. Dal 19 maggio, l'approfondirsi di una saccatura atlantica sul Portogallo e il conseguente richiamo di correnti meridionali di aria calda, di matrice africana, hanno determinato tempo caldo e per lo più stabile fino al 25 maggio. In seguito, la presenza di un minimo depressionario in quota a ridosso delle Alpi ha portato tempo variabile e più fresco, fino al 5 di giugno. Nei giorni successivi, l'affermarsi di un promontorio di origine subtropicale ha portato una prima ondata di calore su tutto il Veneto. Il 14 giugno una saccatura atlantica ha provocato un breve episodio di tempo instabile. Dal 16 fino al 21 giugno il tempo è migliorato, grazie alla presenza di un'alta pressione atlantica e di un promontorio in quota. Dal 24 la discesa di aria un po' più fresca in quota ha riportato un po' d'instabilità, persistente fino alla fine della campagna.

La campagna invernale è cominciata il 5 novembre 2014, con una fase sciroccale piovosa, perdurante fino al giorno 7. L'11 il tempo peggiora di nuovo, e il 15 si assiste a una significativa diminuzione delle temperature.

Dal 18 un promontorio di matrice atlantica riporta tempo stabile e mite grazie alla presenza di un promontorio di matrice atlantica. Il giorno 28 novembre, una saccatura atlantica sulla parte occidentale del Nord Italia ha provocato una certa variabilità e un graduale calo termico. Il 30 novembre è avvenuto un nuovo peggioramento per il sopraggiungere di una depressione chiusa, che dalla penisola iberica è risalita verso l'Italia con avvezione d'aria molto mite. La situazione è rimasta variabile/instabile o perturbata fino al 9 dicembre per il perdurare di configurazioni bariche cicloniche. Poi, fino al 13 dicembre, il tempo è tornato stabile, freddo di notte e relativamente mite di giorno. Tra il 14 ed il 15 l'approfondirsi di una saccatura tra la Francia e la Spagna ha portato a un lieve peggioramento del tempo. Dal 17 fino al 26 dicembre c'è stato un periodo caratterizzato da inversione termica, con nebbie persistenti. Dal 27 dicembre si è instaurato un flusso settentrionale, che ha portato tempo variabile e temperature piuttosto basse.

Per la descrizione della situazione meteorologica si è scelto di utilizzare i dati della stazione di Roverchiara (con anemometro a 10 m) che è la più vicina della rete ARPAV.

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 soggettiva in base ad un campione pluriennale di dati.

Nella Figura 3 sono state confrontate le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione ARPAV di Roverchiara in tre periodi:

- 14 maggio – 30 giugno 2014, periodo di svolgimento della campagna di misura,
- 11 maggio – 30 giugno dall'anno 1992 all'anno 2013 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 1 gennaio - 31 dicembre 2014 (ANNO CORRENTE).

Gli stessi grafici sono stati ripetuti in figura 4 con riferimento alla campagna INVERNALE, utilizzando i seguenti tre periodi:

- 5 novembre 2014 - 11 gennaio 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura,

- 5 novembre – 15 gennaio dall'anno 1992 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, ovvero PERIODO ANNI PRECEDENTI)
- 11 gennaio 2014 – 11 gennaio 2015 (ANNO CORRENTE).

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

- la distribuzione dei giorni piovosi è stata simile a quella della climatologia, mentre i giorni poco piovosi sono stati più numerosi rispetto all'anno in corso;
- i giorni con vento molto debole risultano più numerosi rispetto alla climatologia del periodo, ma meno frequenti rispetto all'anno corrente; i giorni con vento moderato sono del tutto assenti.

Durante la campagna di misura INVERNALE:

- i giorni piovosi e quelli molto piovosi sono stati più frequenti rispetto alla climatologia del periodo e, con uno scarto minore, anche rispetto all'anno in corso;
- i giorni con vento molto debole risultano più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.

In Figura 5 è riportata 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 durante il periodo ESTIVO è est-nordest (15%), seguita da nord-nordest e nordest (entrambe 11%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 17%; la velocità media pari a circa 1.4 m/s. Invece, nel periodo INVERNALE, la direzione prevalente di provenienza del vento è stata nordest (16%), seguita da sudovest (9%); la frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 29%; la velocità media pari a circa 1.2 m/s.

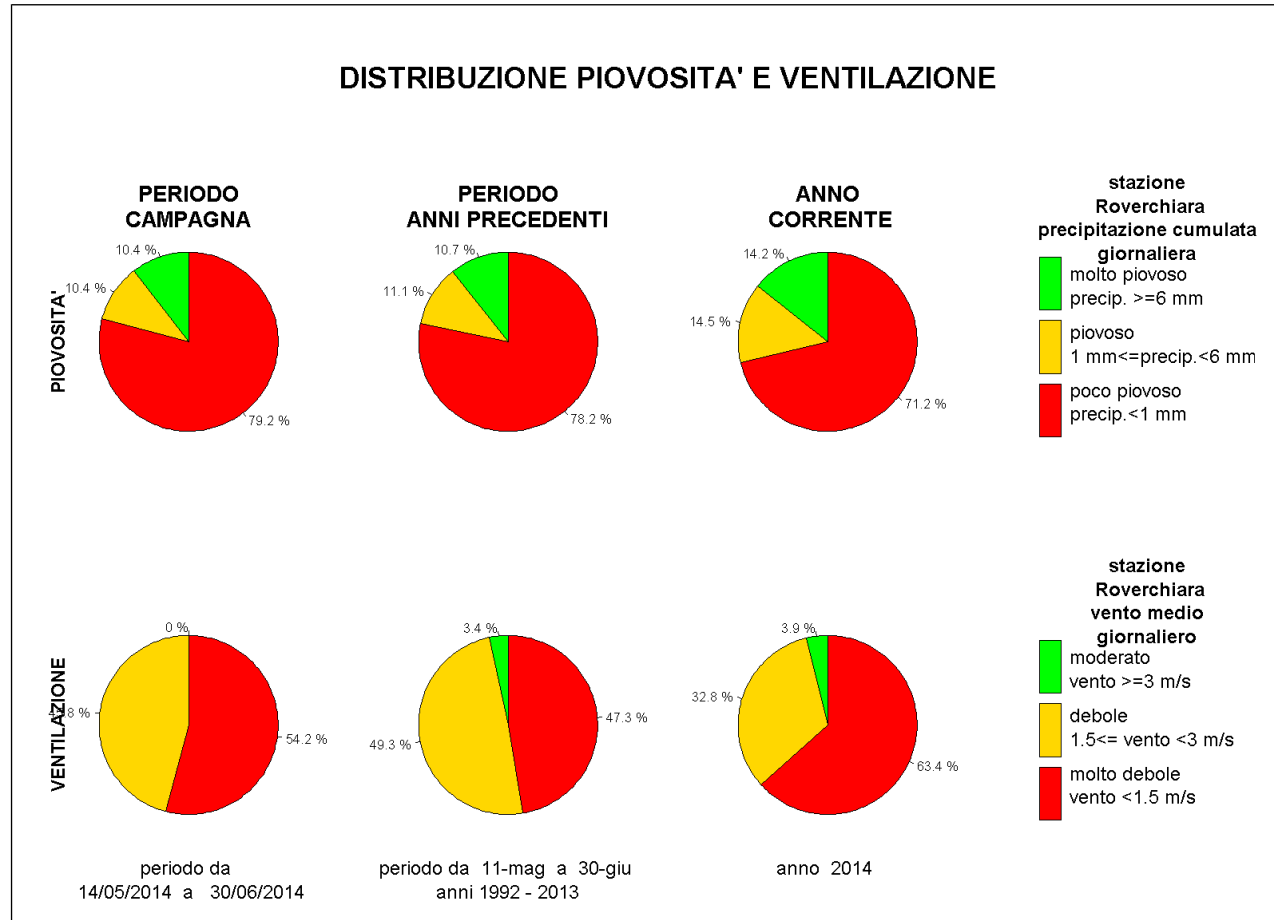


Figura 3. Campagna ESTIVA. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Roverchiara.

DISTRIBUZIONE PIOVOSITA' E VENTILAZIONE

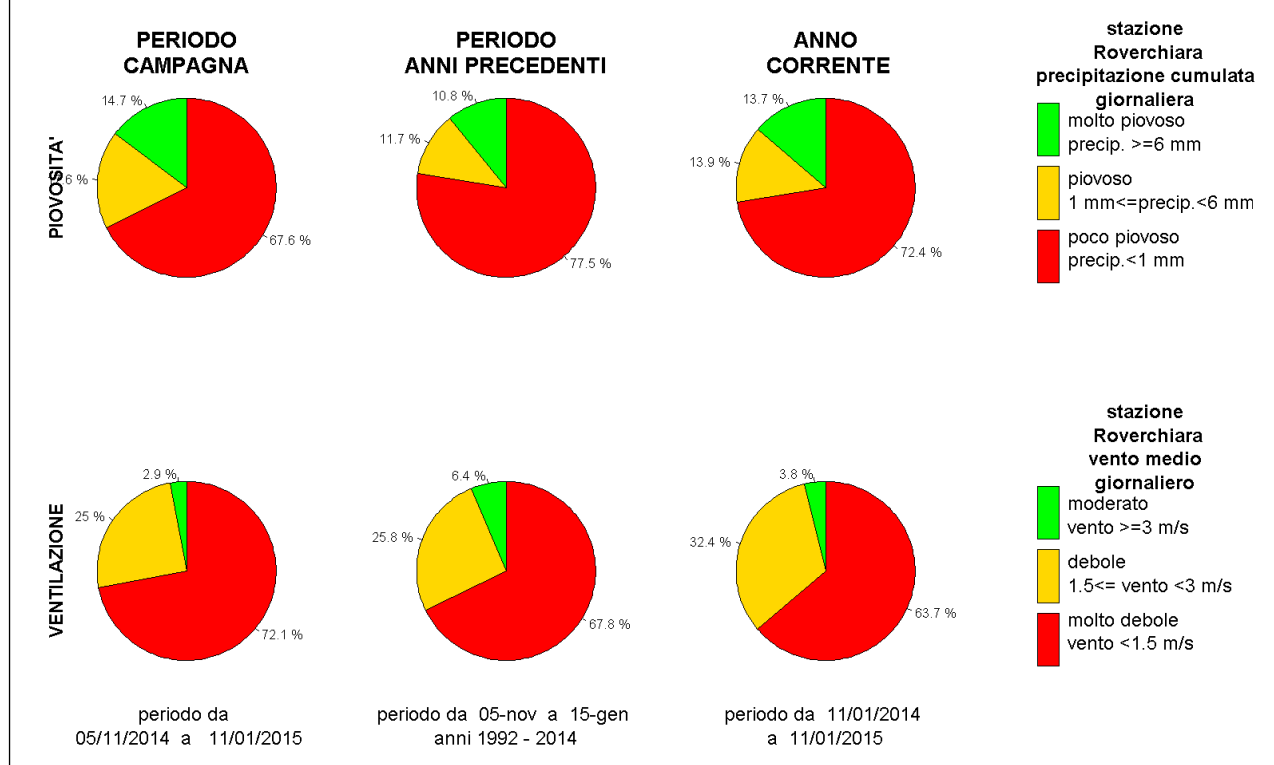


Figura 4. Campagna INVERNALE. Diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo corrispondente a quello della campagna ma negli anni precedenti (PERIODO ANNI PRECEDENTI), e durante l'intero anno in corso (ANNO CORRENTE). Dati della stazione di Roverchiara.

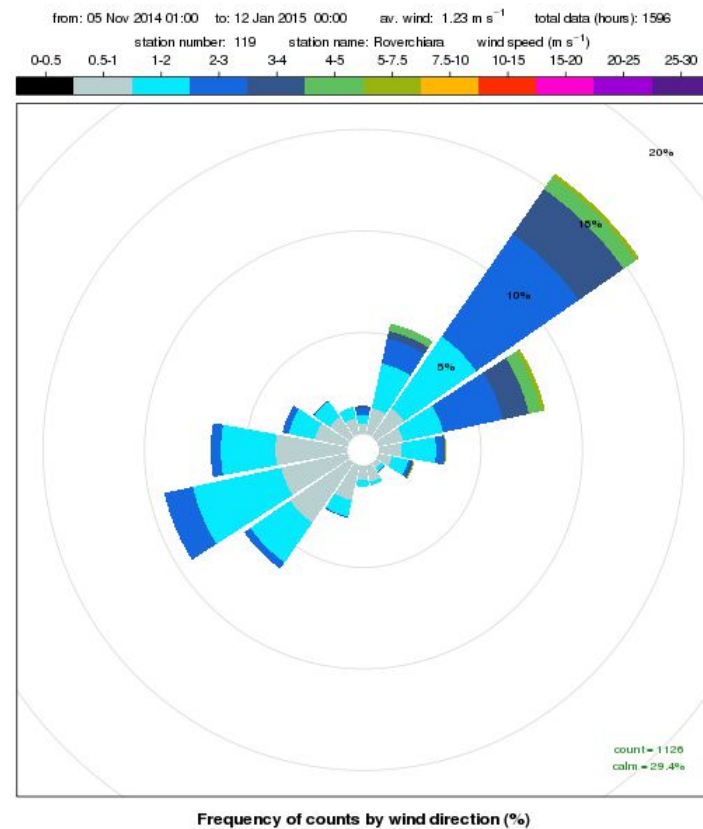
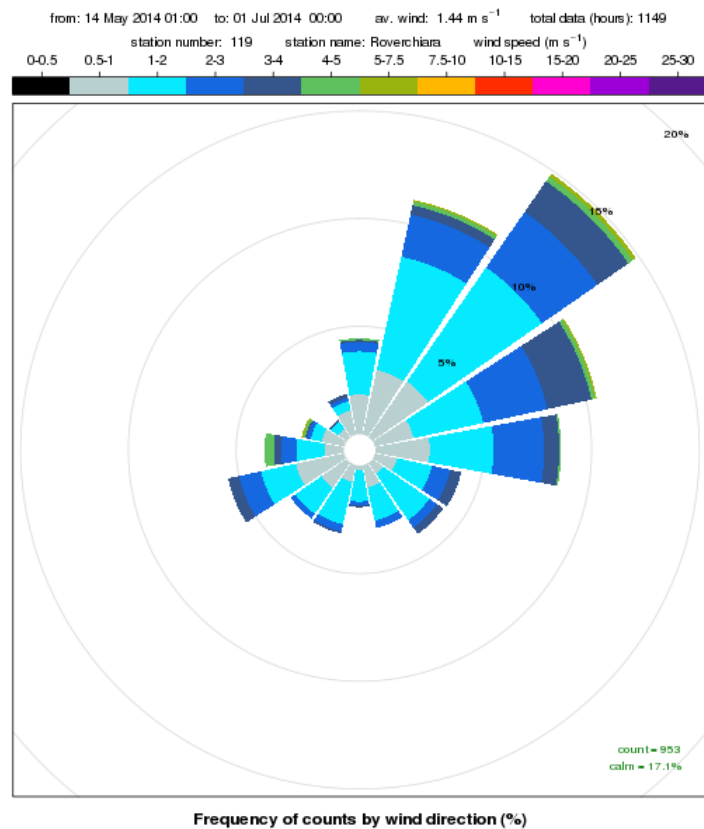


Figura 5. Rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Roverchiara nel periodo ESTIVO (17 maggio 2014 – 1 luglio 2014) nel pannello a sinistra ed INVERNALE (22 novembre 2014 – 12 gennaio 2015) nel pannello a destra.

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 risultano 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, correlati all'esposizione acuta della popolazione, e limiti di legge a mediazione di lungo periodo, correlati 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, in Tabella 4. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

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
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.

Inquinante	Indicazioni OMS	
	Livello di fondo	Aree urbane
Arsenico	1-3	20-30
Cadmio	0.1	1-10
Nichel	1	9-60
Piombo	0.6	5-500

Tabella 4. Linee guida di qualità dell'aria per i metalli da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

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 ("metodo UNI EN

12341:1999”) e cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC “metodo UNI EN 15549:2008”), rispettivamente.

Per quanto riguarda i metalli, le determinazioni analitiche sono state effettuate sui filtri esposti in nitrato di cellulosa mediante spettrofotometria di emissione con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-Ottico) e spettrofotometria di assorbimento atomico con fornetto a grafite “metodo UNI EN 14902:2005”.

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’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 52 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, il benzene e per gli altri metalli 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.

La percentuale dell'anno coperta da campionamento e l'efficienza di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in Tabella 5 e Tabella 6, mentre in Tabella 7 i due valori sono stati moltiplicati per ottenere la percentuale di dati validi rispetto all'anno di cui sono rappresentativi. 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	Benzene	Benzo(a)pirene
N giorni di campionamento	93	95	95	94	96	79	23	63	53
Periodo di copertura (%)	26	26	26	26	26	22	6	17	15
Periodo minimo di copertura (%)	14	14	14	10	14	14	da 6 a 14	14	da 6 a 14

Tabella 5. Numero di giorni in cui è stata eseguita la misurazione dei vari inquinanti e percentuale dell'anno cui corrisponde.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a)pirene
Resa di campionamento (%)	94	95	95	94	96	100	100	100	100
Resa minima necessaria (%)	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tabella 6. Efficienza di campionamento per i dati orari.

	CO	NO ₂	NOx	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Metalli	Benzene	Benzo(a)pirene
Periodo valido campionato (%)	24	25	25	24	25	22	6	17	15
Periodo valido minimo richiesto dalla normativa(%)	13	13	13	9	13	13	5	5	5

Tabella 7. Percentuale dell'anno con dati validi, ottenuta dal prodotto tra il periodo di copertura e la resa di campionamento e confronto con il periodo minimo richiesto dalla normativa.

7. Analisi dei dati rilevati

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle analisi della concentrazione dei vari inquinanti, misurata durante le campagne di misura. 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 Borgo Milano, del comune di Verona. La prima, essendo situata lontano da fonti emissive dirette come strade e industrie, è un punto di campionamento rappresentativo di un'area in cui l'inquinamento è determinato prevalentemente dal trasporto delle emissioni dall'area urbana al di fuori di essa, e si definisce stazione di fondo urbano. La centralina di Borgo Milano invece, essendo situata nelle vicinanze di una strada ad alta intensità di traffico, è rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate per lo più da emissioni legate al traffico veicolare e si definisce stazione di traffico urbano. Per quanto riguarda metalli e idrocarburi policiclici aromatici, non essendo disponibili dati presso la stazione di riferimento di Legnago, sono stati utilizzati quelli di Schio (VI), che rappresenta la stazione di fondo urbano appartenente alla stessa area (ai sensi della "zonizzazione regionale") più vicina ad Albaredo d'Adige.

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata ad Albaredo d'Adige. I parametri sono descritti in modo esteso in Errore: sorgente del riferimento non trovata.

Grandezza statistica	Significato
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
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
max giornaliero	Massimo calcolato sulle medie giornaliere
max.rolling.8	Massimo calcolato sulla media mobile su 8 ore
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

Tabella 8, esplicitativa del significato dei principali parametri statistici calcolati e riportati nella presente relazione.

Monossido di carbonio (CO)

La Tabella 9 9, Figura 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, sia ad Albaredo d'Adige sia a Borgo Milano, i valori medi sono stati molto vicini al limite di rilevabilità dello strumento, pari a 0,1 µg/m³. Ad Albaredo d'Adige la concentrazione media è più bassa rispetto a Borgo Milano, come anche i valori massimi. I valori medi, in entrambe le posizioni, sono più elevati in inverno rispetto all'estate, fatto imputabile alle condizioni meteorologiche, che nella stagione invernale sono più favorevoli al ristagno di inquinanti.

CO (mg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE+INVERNO	
	Albaredo	Bgo Milano	Albaredo	Bgo Milano	Albaredo	Bgo Milano
media	0.1	0.3	0.4	0.6	0.3	0.5
sd	0.1	0.1	0.4	0.3		
min	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
max	0.8	0.5	3.7	1.7	3.7	1.7
mediana	0.1	0.3	0.3	0.6		
N	1104	1104	1632	1632	2736	2736
dati mancanti	99	47	89	69	188	116
data.capture	91	96	95	96	94	96
max giornaliero	0.4	0.4	1.1	1.1	1.1	1.1
max.rolling.8	0.4	0.4	1.6	1.5	1.6	1.5
95°percentile	0.2	0.4	1.1	1.2		
99°percentile	0.4	0.4	1.4	1.5		
N superamenti 10 mg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 9. Concentrazione di CO: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Albaredo e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano nello stesso periodo. Il limite di rilevabilità dello strumento di misura è 0.1 mg/m³.

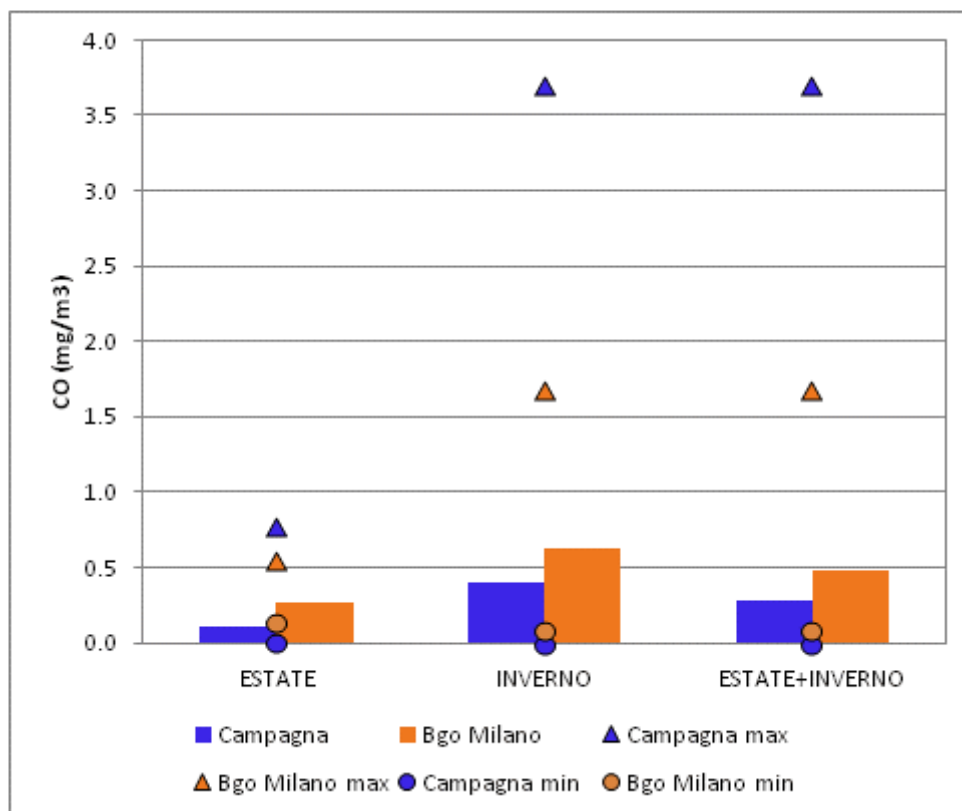


Figura 6. Concentrazione di CO: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Albaredo e alla centralina di riferimento di Borgo Milano.

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

Come si può vedere in Tabella 10, 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 Legnago e Borgo Milano non sono stati rilevati dei superamenti. Relativamente all'esposizione cronica (Tabella 10 e Figura 7), la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 27 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. Invece, il valore medio di NO_x, pari a 52 µg/m³ (Tabella 11), supera il limite annuale per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³ (si ricorda tuttavia che 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). Il valore medio riferito alla postazione di Albaredo d'Adige è molto vicino a quello relativo alle due postazioni di riferimento di Borgo Milano e Legnago. Il valore massimo, in estate è superiore a quello delle centraline di riferimento, in inverno inferiore.

Come già osservato per il CO, la media relativa al periodo invernale è superiore a quella del periodo estivo, e questo è associabile alle condizioni meteorologiche, che in inverno sono più favorevoli al ristagno degli inquinanti.

Nel grafico 8 in Allegato, è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO₂, calcolato per i due periodi di campagna. Si nota che l'andamento della concentrazione di NO₂ nel corso della giornata è molto simile a Albaredo d'Adige e Legnago, con valori più elevati in estate nel primo mattino e in inverno alla sera. L'andamento della concentrazione di NO₂ è invece diverso in Borgo Milano dove i picchi e i minimi sono leggermente sfasati rispetto alle altre postazioni. Si può ipotizzare che i

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.

massimi di concentrazione corrispondano alle ore di traffico stradale più intenso. 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 venerdì, mentre la domenica, quando il traffico stradale è meno intenso, si trovano i valori più bassi. Lo stesso andamento si trova anche nelle stazioni di riferimento.

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Campagna	Bgo Milano	Legnago	Campagna	Bgo Milano	Legnago	Campagna	Bgo Milano	Legnago
media	18	19	15	33	42	34	27	33	26
sd	14	10	11	15	17	15			
min	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
max	102	73	80	86	122	93	102	122	93
mediana	15	17	13	32	41	33			
N	1104	1104	1104	1632	1632	1632	2736	2736	2736
dati mancanti	66	49	3	83	69	5	149	118	8
data.capture	94	96	100	95	96	100	95	96	100
max giornaliero	33	28	34	69	72	67	69	72	67
95°percentile	44	37	35	61	73	61			
99°percentile	67	56	55	74	89	74			
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 10. Concentrazione di NO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

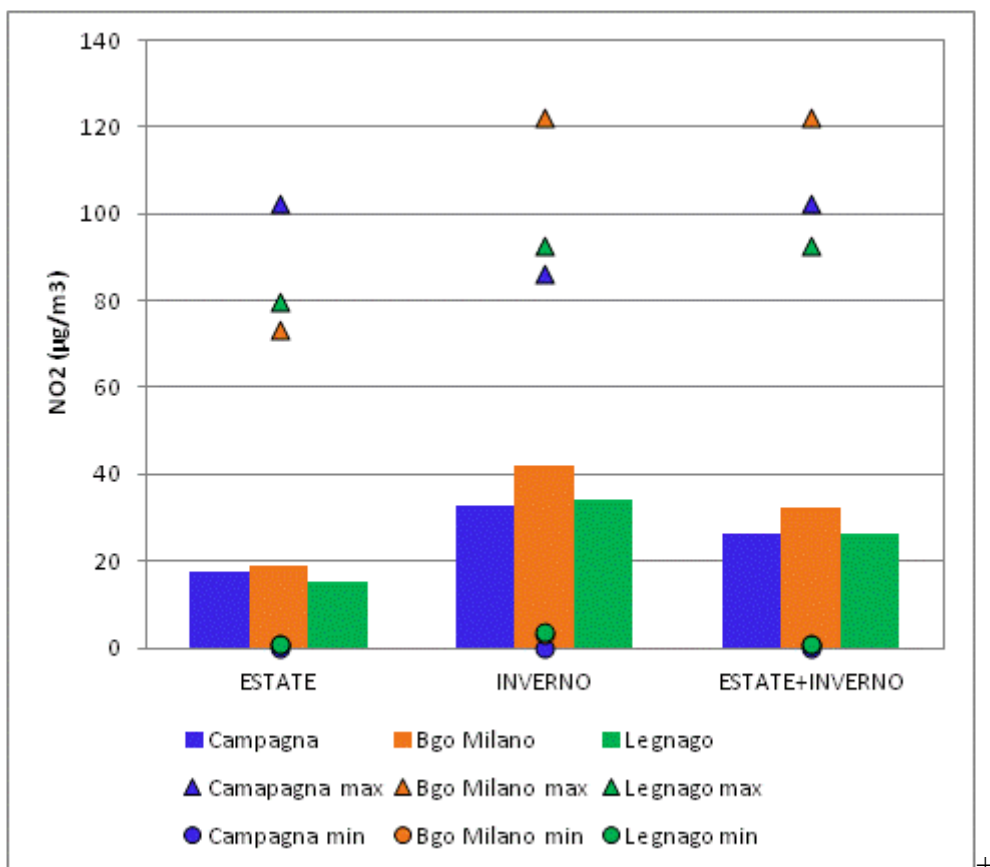


Figura 7. Concentrazione di NO₂: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Albaredo e alle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Legnago.

NOx (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Albaredo	Bgo Milano	Legnago	Albaredo	Bgo Milano	Legnago	Albaredo	Bgo Milano	Legnago
media	20	31	20	73	126	73	52	88	52
sd	16	23	12	54	77	52			
min	≤4	≤4	≤4	≤4	11	5	≤4	≤4	≤4
max	127	394	91	350	632	342	350	632	342
mediana	15	27	18	61	115	62			
N	1104	1104	1104	1632	1632	1632	2736	2736	2736
dati mancanti	66	49	3	81	69	5	147	118	8
data.capture	94	96	100	95	96	100	95	96	100
max giornaliero	39	62	36	200	267	194	200	267	194
95°percentile	52	58	41	184	273	170			
99°percentile	80	105	69	235	358	247			

Tabella 11. Concentrazione di NOx: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Legnago. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

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 e 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 12, Figura 8 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 o uguali al valore limite di rilevabilità strumentale analitica (3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), quindi ampiamente inferiori al limite per la protezione degli ecosistemi (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il confronto con le concentrazioni misurate presso la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano mostra che i valori massimi, per quanto modesti, sono più elevati ad Albaredo d'Adige.

SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Albaredo	Bgo Milano	Albaredo	Bgo Milano	Albaredo	Bgo Milano
media	3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
sd	1	1	2	1		
min	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3
max	13	5	12	9	13	9
mediana	3	1	0	1		
N	1104	1104	1632	1632	2736	2736
dati mancanti	15	47	101	69	116	116
data.capture	99	96	94	96	96	96
max giornaliero	5	4	5	6	5	6
95°percentile	5	3	5	4		
99°percentile	7	5	8	6		
N superamenti 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0
N superamenti 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0

Tabella 12. Concentrazione di SO₂: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura e della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano. Il limite di rilevabilità dello strumento di misura è 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

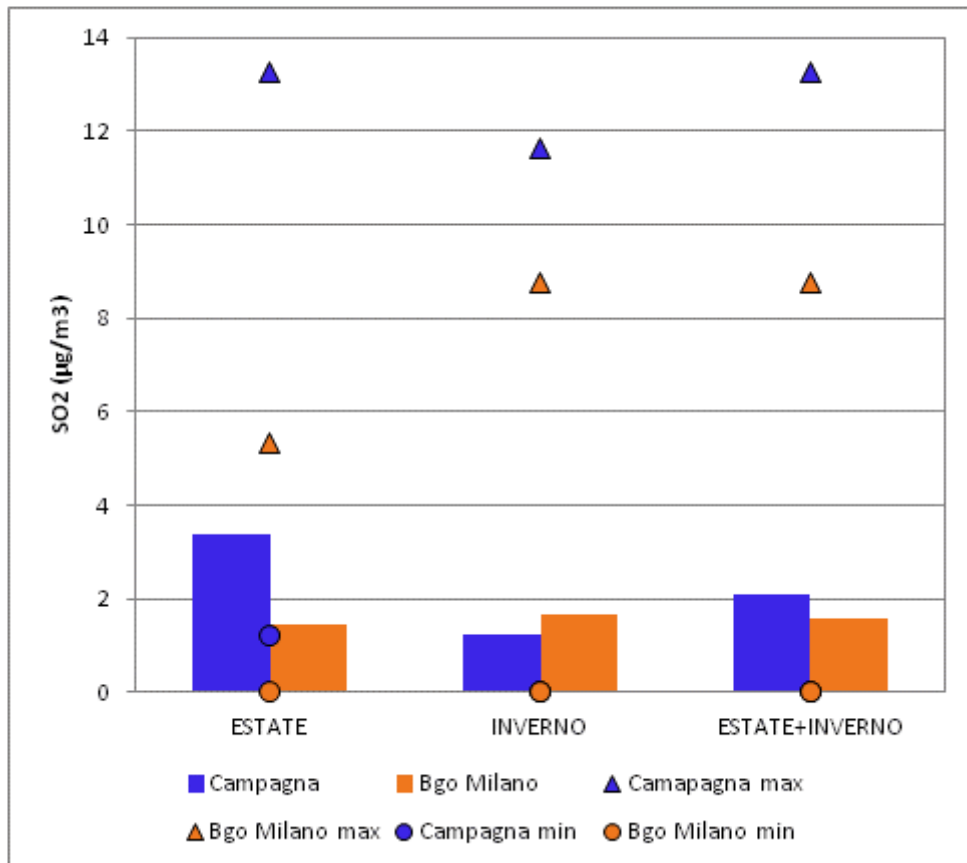


Figura 8. Concentrazione di SO₂: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Albaredo e alla centralina di riferimento di Borgo Milano.

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.

Durante la campagna estiva di Albaredo d'Adige sono stati registrati 12 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore e 11 superamenti del limite di 180 µg/m³ sulla media oraria. Essi sono avvenuti prevalentemente tra il 6 e il 13 giugno, in corrispondenza di un'ondata di calore. Il numero di superamenti è ampiamente inferiore rispetto al corrispondente, relativo alla stazione di riferimento di Legnago. I valori medi e massimi sono confrontabili con quelli di Legnago.

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago	Campagna	Legnago
media	81	92	13	12	41	44
sd	36	38	12	14		
min	6	9	≤4	≤4	≤4	≤4
max	210	214	57	74	210	214
mediana	78	90	8	5		
N	1104	1104	1632	1632		
dati mancanti	65	48	84	70		
data.capture	94	96	95	96		
max giornaliero	112	130	42	46		
max.rolling.8	180	198	51	61		
95°percentile	142	154	40	43		
99°percentile	181	194	50	57		
N superamenti 120 µg/m ³ sulla media mobile di 8h	12	26	0	0	12	26
N superamenti 180 µg/m ³	11	26	0	0	11	26
N superamenti 240 µg/m ³	0	0	0	0	0	0

Tabella 13. 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.

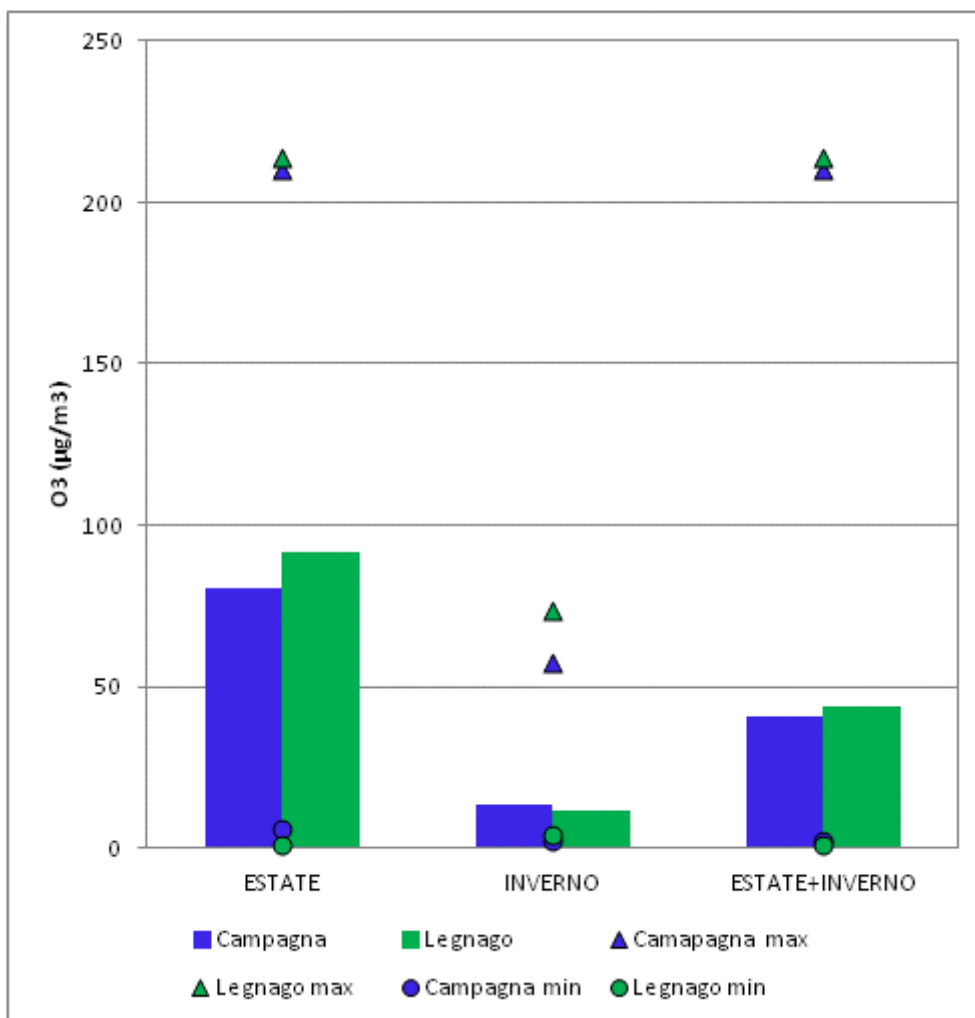


Figura 9. Concentrazione di O₃ : media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Albaredo e alla centralina di riferimento di Cason.

Polveri atmosferiche inalabili (PM10)

In Tabella 4, sono riportate le statistiche relative alle concentrazioni di PM10, misurate con metodo gravimetrico ad Albaredo d'Adige durante le campagne di misura. Nei 79 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 16% del periodo monitorato. Il superamenti del limite di 50 µg/m³ sono avvenuti nel periodo invernale, in corrispondenza di periodi di alta pressione che hanno determinato tempo stabile e inversioni termiche in superficie (Grafico 6 in Allegato).

In Tabella 5, i dati relativi a Albaredo d'Adige sono stati confrontati con quelli delle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Legnago. Si consideri che mentre le misure della campagna di Albaredo d'Adige sono di tipo gravimetrico, quelle presso le centraline sono state realizzate con una linea di prelievo sequenziale e misura di assorbimento beta. Per il calcolo dei parametri riportati in Tabella 5, sono stati considerati solo i giorni in cui il dato era disponibile per tutte e tre le postazioni. I dati sono rappresentati graficamente in Figura 10. Si può vedere che nel periodo di campagna "estiva", i valori medi e massimi di PM10 sono inferiori rispetto a quelli relativi al periodo invernale, presso tutte le postazioni di misura: questo è determinato dalle condizioni meteorologiche che in estate sono più favorevoli alla dispersione degli inquinanti. I valori medi di concentrazione di PM10 sono molto vicini a quelli delle centraline di riferimento; i massimi sono

maggiori rispetto a Borgo Milano e a Legnago. Il numero di superamenti del limite normativo di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è superiore rispetto alle centraline di riferimento.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto detto, il sito di Albaredo d'Adige è stato confrontato con la stazione fissa di riferimento di fondo urbano di Legnago. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Albaredo d'Adige il valore medio annuale di 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ed il 90° percentile di 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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	22	42	32
N	39	40	79
sd	10	21	
max	43	90	90
min	2	14	2
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	13	13

Tabella 14. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), misurata con metodo gravimetrico ad Albaredo. 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		
	Campagna	Borgo Milano	Legnago	Campagna	Borgo Milano	Legnago	Campagna	Bgo Milano	Legnago
media	22	18	19	42	32	35	32	25	27
N	39	39	39	40	40	40	79	79	79
sd	10	6	9	21	18	22			
max	43	30	38	90	74	86	90	74	86
min	≤ 4	6	6	14	7	7	≤ 4	6	6
N superamenti 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	13	7	10	13	7	10

Tabella 15. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di PM10: dati della campagna di misura, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano 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.

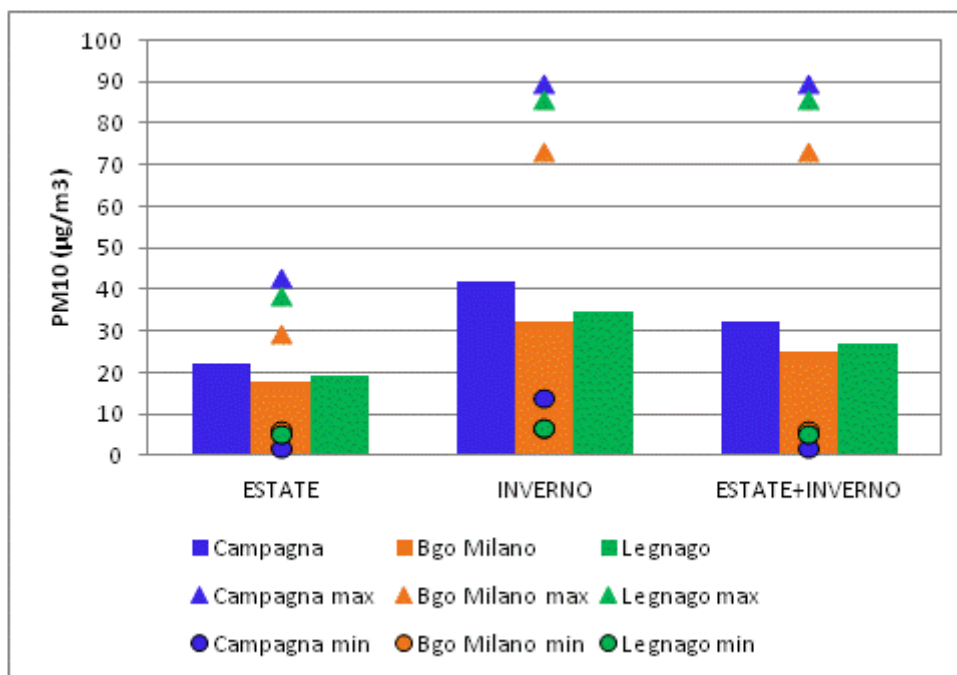


Figura 10. Concentrazione di PM10: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne. Dati relativi a Albaredo e alle due centraline di riferimento di Borgo Milano e Legnago.

Benzene (C₆H₆)

In Tabella 6 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene misurata con campionatori passivi nei due periodi di campagna a Albaredo d'Adige e nelle stazioni fisse di riferimento di Borgo Milano 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. I dati della tabella sono rappresentati graficamente in Figura 11. Si può vedere che i valori medi delle concentrazioni di benzene misurate a Albaredo d'Adige sono inferiori a quelli relativi alle altre postazioni in estate, mentre in inverno sono superiori. La media pesata delle concentrazioni estive e invernali è 0.9 µg/m³, inferiore al limite annuale di 5 µg/m³.

In Tabella 7 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 (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Bgo Milano	Legnago	Albaredo	Bgo Milano	Legnago	Albaredo	Bgo Milano	Legnago	Albaredo
Media	0.7	0.7	0.3	1.5	0.8	2.5	0.9	0.8	1.0
N giorni	33	32	42	27	27	21	60	71	63
sd	0.2	0.0	0.0	0.1	0.4	NA			
max	0.8	0.7	0.3	1.5	1.1	2.5	1.5	3.8	2.5
min	0.5	0.7	≤0.5	1.4	0.5	2.5	0.5	≤0.5	≤0.5

Tabella 16. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzene: dati della campagna di misura di Albaredo, della centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano, della postazione fissa di Corso Milano 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 rilevabilità dello strumento è 0.5 µg/m³.

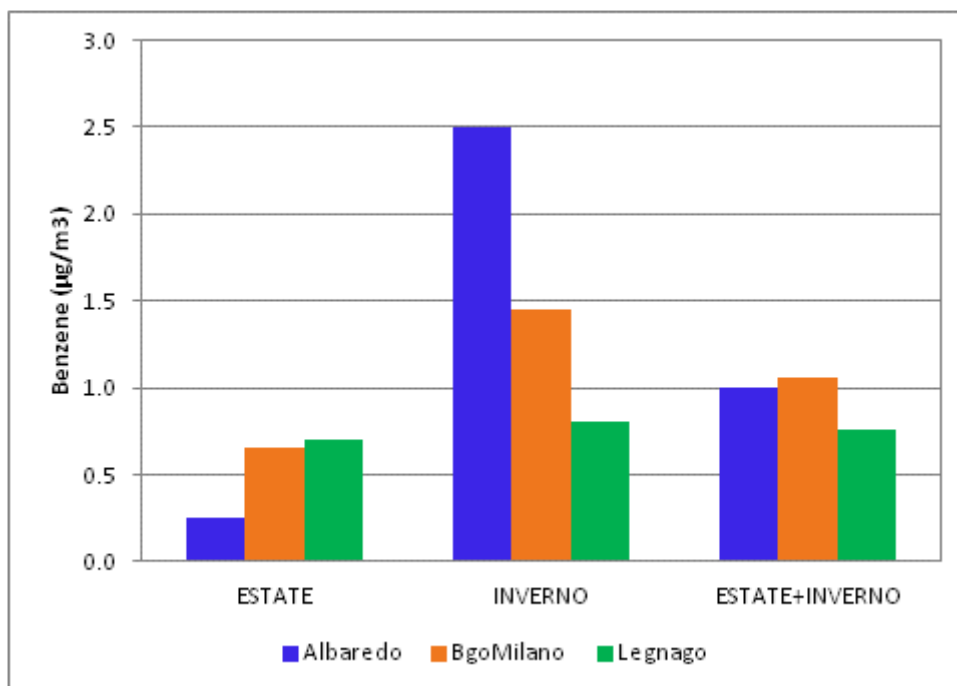


Figura 11. Concentrazione di benzene misurata durante i periodi di campagna in diverse postazioni (Albaredo, Borgo Milano, Corso Milano e Legnago) .

(µg/m³)	ESTATE				INVERNO			
	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)	Benzene	Etilbenzene	Toluene	Xilene (o+m+p)
BgoMilano	≤0.5	≤0.5	1.2	0.7	0.8	0.7	2.3	2.4
Legnago	0.7	0.6	2.2	2.1	0.8	0.6	3.1	2.4
Albaredo	≤0.5	≤0.5	4.2	2.6	2.5	1.2	9.4	4.7

Tabella 17. Concentrazione media delle varie specie di idrocarburi aromatici nelle diverse postazioni di misura. Il limite di rilevabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m³.

Benzo(a)pirene (B(a)p)

In Tabella 8 sono stati riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di benzo(a)pirene per le due postazioni di Albaredo d'Adige e della centralina fissa di Schio (per questo tipo di inquinanti, non sono disponibili dati a Legnago; pertanto è stata scelta un'altra stazione di fondo urbano della zona "Pianura e Capoluogo Bassa Pianura"). Tali parametri sono stati calcolati a partire dai soli dati relativi a giorni in cui sono disponibili misure per entrambe le località, per rendere significativo il confronto. Invece, in Tabella 9, gli stessi parametri sono stati calcolati utilizzando tutti i dati disponibili per Albaredo d'Adige, per tutte le specie di IPA misurati. La concentrazione media di benzo(a)pirene a Albaredo d'Adige è molto simile a quella registrata a Schio in entrambi i periodi, più elevata in inverno, mentre in estate è molto bassa per entrambe le località (Figura 12). Il valore medio riferito ai due periodi è 0.69 ng/m³, e non supera il valore obiettivo, riferito alla media annuale, pari a 1.0 ng/m³.

Benzopirene (ng/m ³)	ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
	Schio	Albaredo	Schio	Albaredo	Schio	Albaredo
media	0.02	≤0.02	1.50	1.52	0.68	0.69
N	15	15	12	12	27	27
sd	0.01	0.01	0.60	0.97		
max	0.05	0.03	2.62	3.07	2.62	3.07
min	≤0.02	≤0.02	0.92	0.23	≤0.02	≤0.02

Tabella 18. Concentrazione di Benzoapirene: dati della campagna di misura a Albaredo 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.

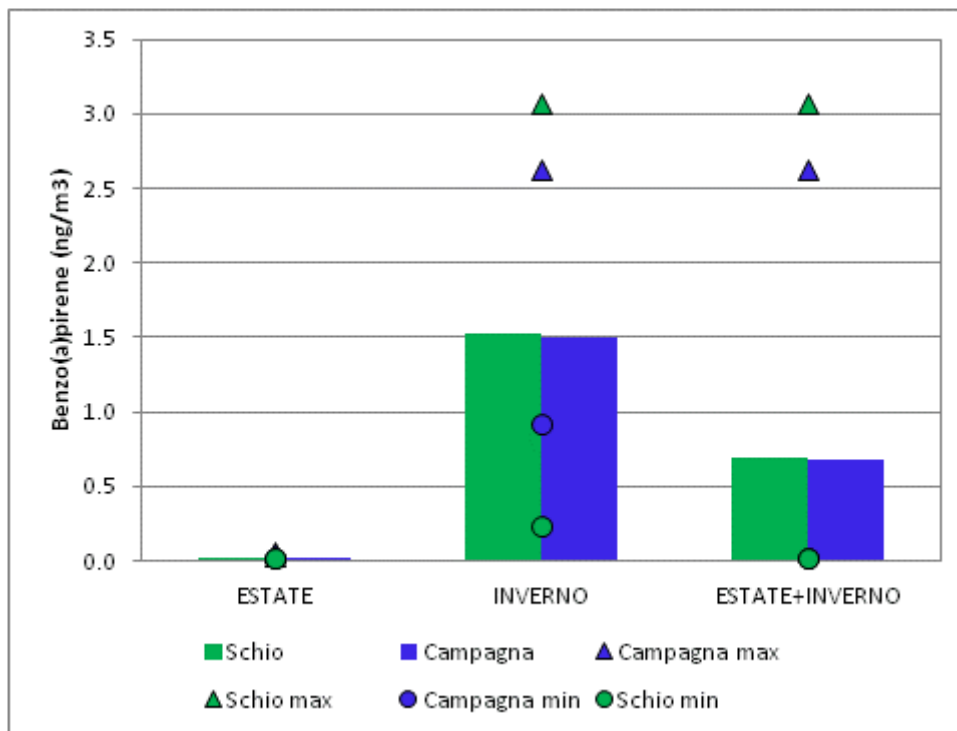


Figura 12. Concentrazione di benzoapirene a Albaredo e Cason, nel periodo di campionamento comune alle due località: media, massimo e minimo durante le campagne estiva e invernale e media pesata tra le due campagne.

(ng/m ³)	ESTATE					INVERNO					ESTATE + INVERNO			
	media	N	sd	max	min	media	N	sd	max	min	media pesata	N	max	min
Benzoaantracene	≤0.02	29	0.00	0.02	≤0.02	1.10	24	0.85	2.49	0.08	0.50	53	2.49	≤0.02
Benzoapirene	≤0.02	29	0.01	0.03	≤0.02	1.49	24	0.96	3.07	0.23	0.68	53	3.07	≤0.02
Benzobfluorantene	0.04	29	0.01	0.06	0.02	1.38	24	0.85	2.83	0.30	0.65	53	2.83	0.02
Benzoghiperilene	0.03	29	0.01	0.05	0.02	1.14	24	0.66	2.14	0.26	0.54	53	2.14	0.02
Benzokfluorantene	≤0.02	29	0.00	0.02	≤0.02	0.76	24	0.46	1.55	0.18	0.35	53	1.55	≤0.02
Dibenzoahantracene	≤0.02	29	0.00	0.01	≤0.02	0.11	24	0.09	0.27	0.02	0.06	53	0.27	≤0.02
Indeno123cdpirene	0.02	29	0.01	0.04	≤0.02	1.26	24	0.82	2.74	0.29	0.58	53	2.74	≤0.02

Tabella 19. Principali parametri statistici relativi alla concentrazione di diverse specie di IPA, misurata a Albaredo, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

In Tabella 20 sono riportati i principali parametri statistici relativi alla concentrazione di metalli misurata a Albaredo d'Adige. I valori medi sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica, riferiti alla media su anno civile. La concentrazione dei metalli risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo.

Per completezza si riportano in Tabella 1 i principali parametri statistici relativi alle concentrazioni dei metalli, calcolate nello stesso periodo di monitoraggio presso la stazione fissa di fondo urbano di Schio. I dati sono rappresentati graficamente in Figura 13. I valori medi di concentrazione di tutti i metalli a Albaredo d'Adige sono inferiori a quelli di Schio.

Metallo	media	N	max	min	Limite esposizione cronica	Superamento del limite	Livello di fondo	Aree urbane
	ng/m ³							
As	≤1	23	1.9	≤1	6.0	NO	1 - 3	20-30
Cd	0.4	23	0.9	≤0.2	5.0	NO	1 - 3	20-30
Ni	3.1	23	5.1	≤2	20.0	NO	1 - 3	20-30
Pb	14.2	23	28.0	7.3	500.0	NO	1 - 3	20-30

Tabella 20. Valori medi di concentrazione dei metalli. Nei calcoli sono stati utilizzati tutti i dati di campagna disponibili.

Metallo		ESTATE		INVERNO		ESTATE + INVERNO	
		Schio (ng/m ³)	Albaredo (ng/m ³)	Schio (ng/m ³)	Albaredo (ng/m ³)	Schio (ng/m ³)	Albaredo (ng/m ³)
Arsenico	media	≤1	≤1	≤1	1.0	≤1	≤1
LDR:1 ng/m ³	n° dati	6	6	6	6	12	12
	max	≤1	≤1	≤1	1.9	≤1	1.9
	min	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Cadmio	media	0.3	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
LDR:0.2 ng/m ³	n° dati	6	6	6	6	12	12
	max	1.1	0.9	0.3	0.6	1.1	0.9
	min	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
Nichel	media	≤2.0	2.7	≤2.0	3.3	≤2.0	3.0
LDR:2 ng/m ³	n° dati	6	6	6	6	12	12
	max	3.7	3.1	4.4	5.1	4.4	5.1
	min	≤2.0	2.4	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0
Piombo	media	3.6	9.1	4.5	20.8	4.0	15.0
LDR:1 ng/m ³	n° dati	6	6	6	6	12	12
	max	6.2	10.5	6.1	28.0	6.2	28.0
	min	1.7	8.4	2.2	7.3	1.7	7.3

Tabella 21. Valori medi delle concentrazioni di metalli misurate durante le campagne di misura a Albaredo e presso la stazione background urbano di Schio (Vicenza) nei periodi corrispondenti a quelli delle campagne di misura a Albaredo. Nei calcoli sono stati utilizzati solo i dati che si riferiscono a giornate in cui sono disponibili per entrambe le località. LDR indica il limite di rivelabilità.

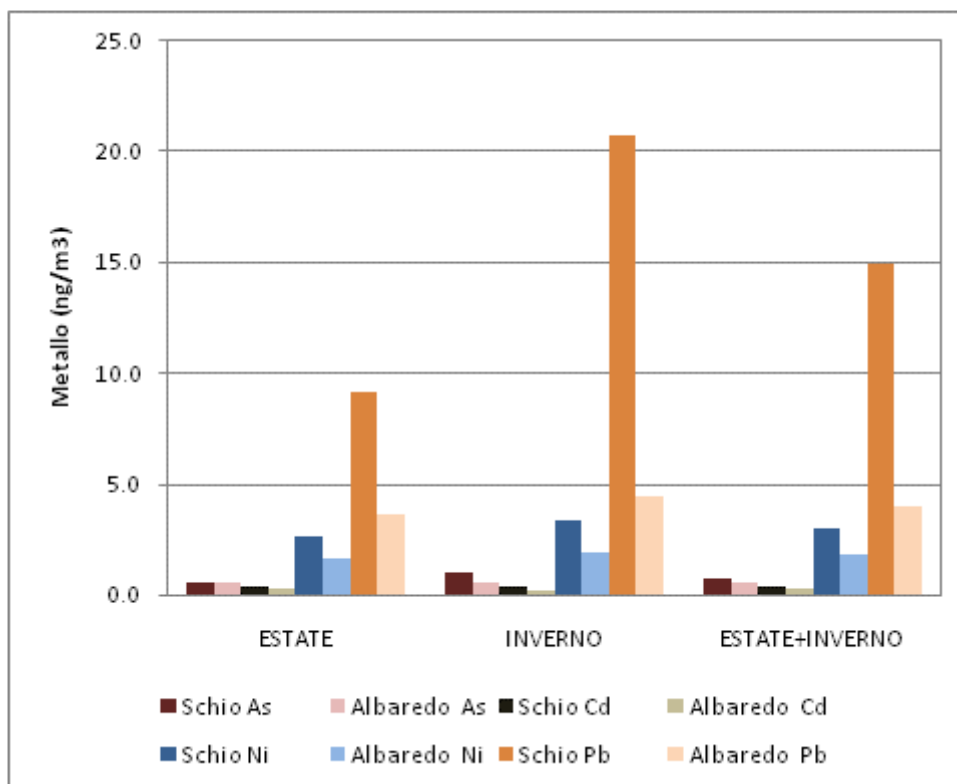


Figura 13. Concentrazione media di metalli nei due periodi di campagna, nelle postazioni di Albaredo (campagna) e di Schio.

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 Errore: sorgente del riferimento non trovata e Figura è riportato il numero di giorni ricadenti in ciascuna classe dell'IQA, per le due campagne di misura, estiva e invernale, rispettivamente. In entrambe le campagne prevalgono le giornate in cui la qualità dell'aria è stata "accettabile".

E' utile confrontare il periodo di circa due mesi, in cui sono state svolte le campagne di misura ad Albaredo, con l'intera stagione di cui esse sono rappresentative. A tal fine, sono stati utilizzati i dati della centralina di Legnago, che presenta le caratteristiche più simili ad Albaredo, in base alle analisi effettuate. I dati di Legnago relativi a tutta l'estate 2014 sono stati confrontati con quelli di

Legnago relativi al periodo in cui è stata svolta la campagna di misura estiva ad Albaredo; la stessa analisi è stata ripetuta per il periodo invernale. In tal modo, da un lato si può capire come è stato il periodo di campagna rispetto all'intera stagione, dall'altro si possono confrontare le due postazioni di Albaredo e di Legnago. In Figura 16 sono riportati l'indice IQA relativo al periodo di campagna estiva per Albaredo e Legnago e quello relativo a tutta la stagione estiva per Legnago. La Figura 17 è analoga, ma relativa all'inverno.

Il confronto conferma che la qualità dell'aria a Albaredo d'Adige è simile a quella di Legnago, un po' peggiore in inverno a causa di valori di PM10 più alti, leggermente migliore in estate per via della minore concentrazione di ozono. Inoltre, la campagna estiva è stata svolta in un periodo in cui la qualità dell'aria a Legnago è stata peggiore rispetto alla media su tutta l'estate, mentre la campagna invernale è avvenuta in un periodo in cui la qualità dell'aria è stata molto simile a quella media di tutto l'inverno 2014.

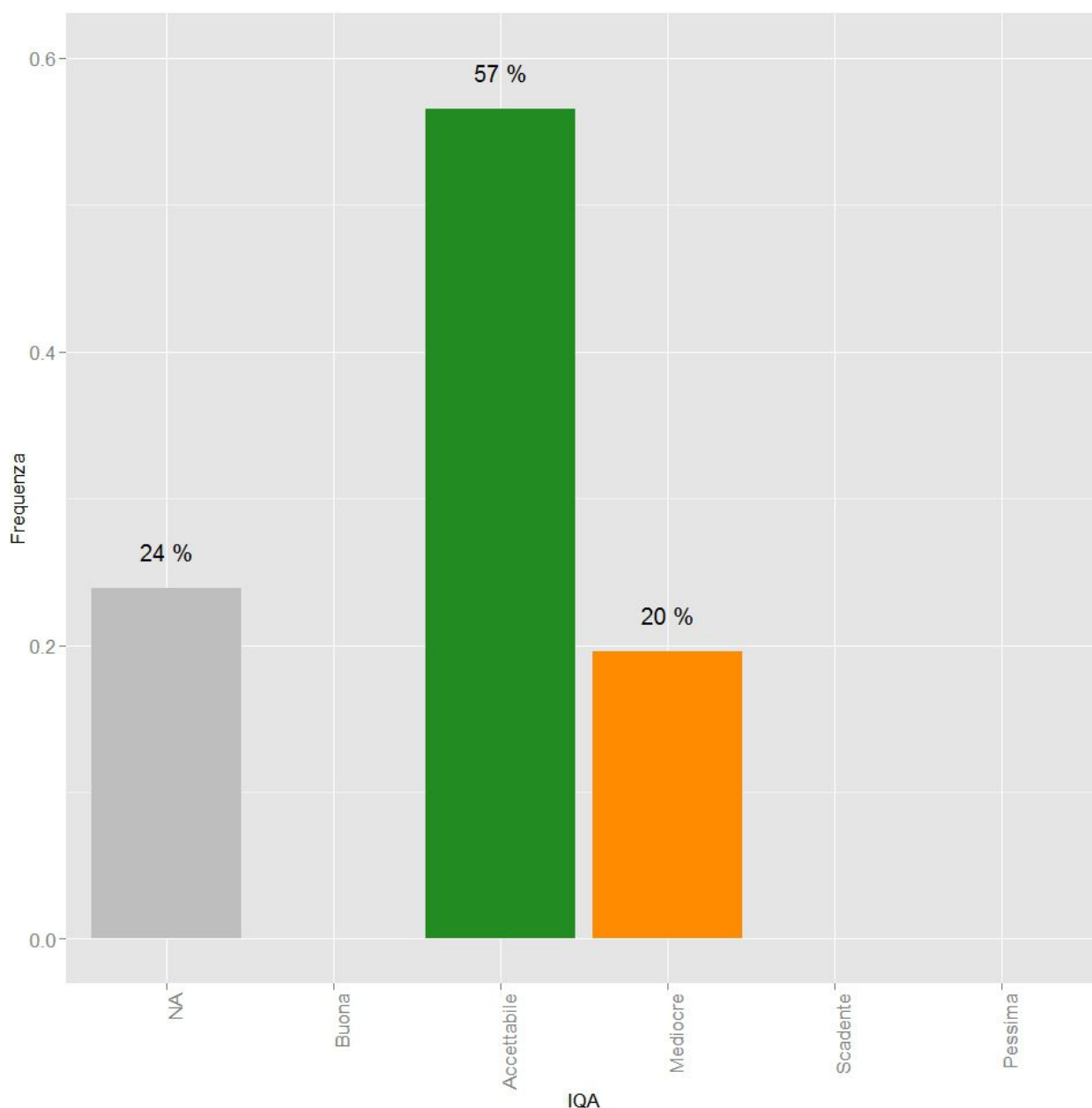


Figura 14. Indice di Qualità dell'aria a Albaredo, campagna ESTIVA: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Albaredo. NA indica i giorni in cui non è possibile calcolare l'indice, per mancanza dei dati necessari.

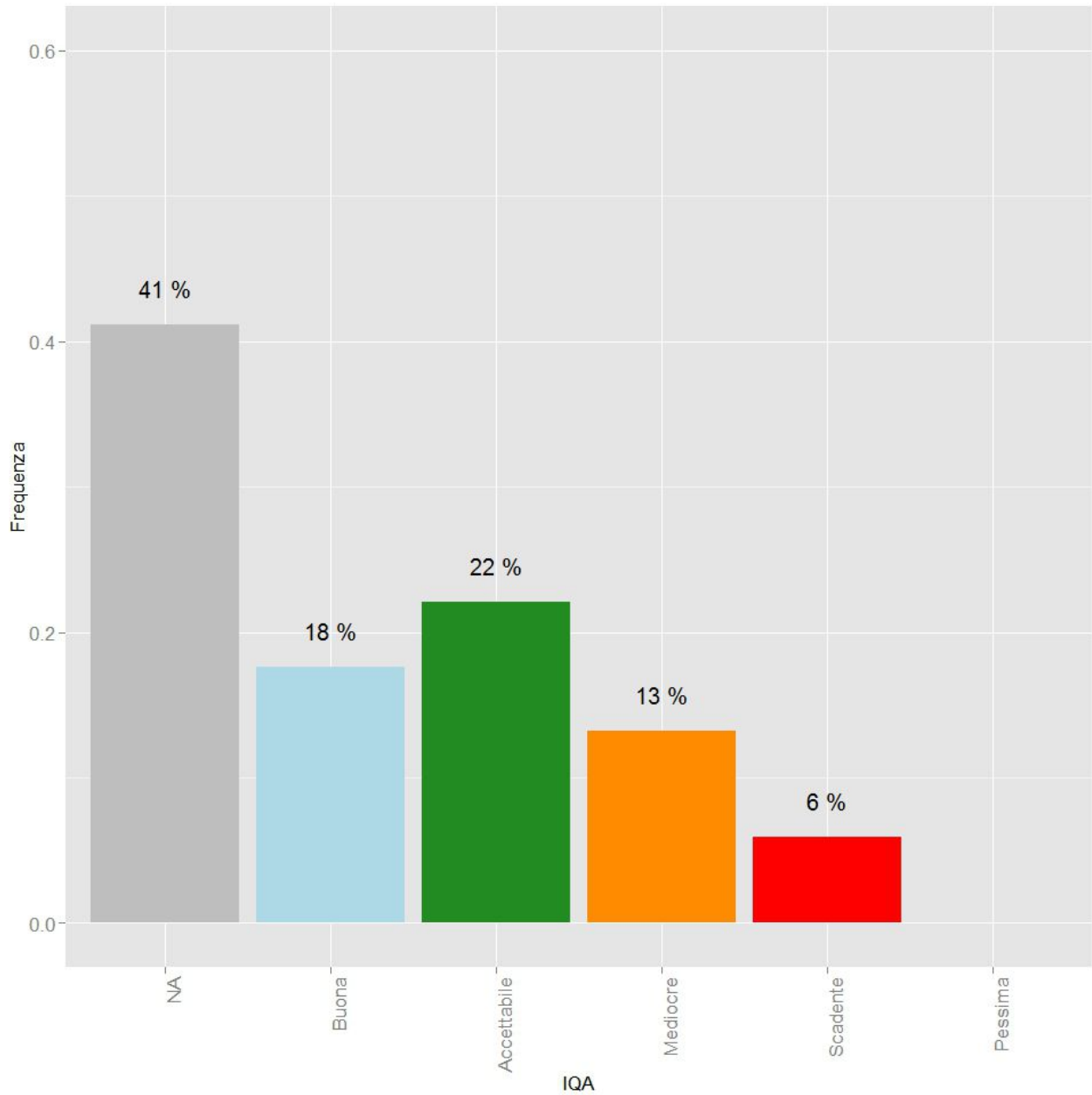


Figura 15. Indice di Qualità dell'aria a Albaredo, campagna INVERNALE: frequenza delle diverse "classi" di qualità dell'aria. Elaborazione eseguita a partire da tutti i dati disponibili per Albaredo. NA indica i giorni in cui non è possibile calcolare l'indice, per mancanza dei dati necessari.

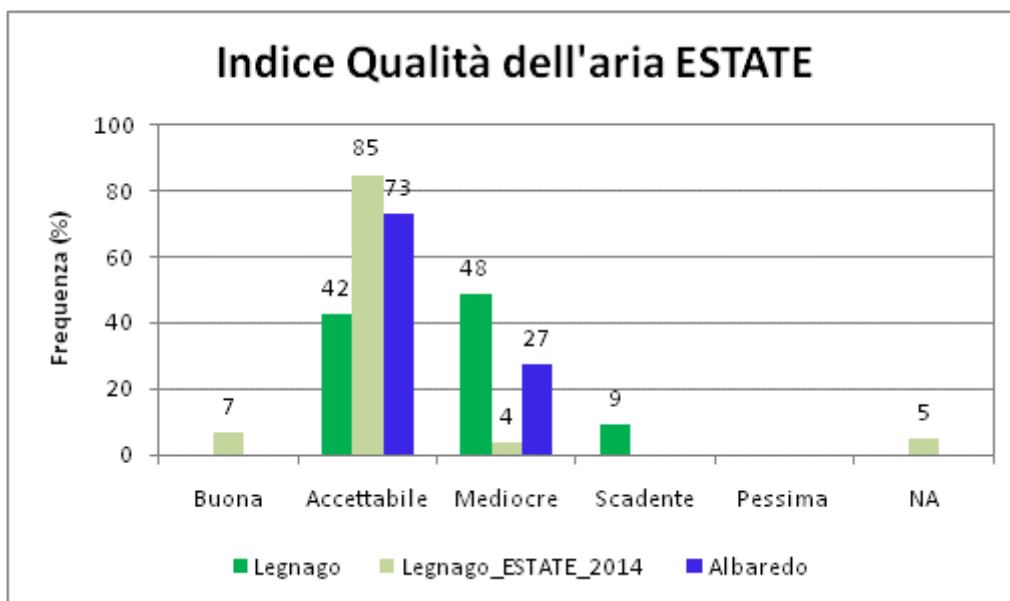


Figura 16 . Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione estiva. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Albaredo ("Legnago"), ai dati di Legnago in tutta l'estate 2014 ("Legnago_ESTATE_2014"), ai dati della campagna estiva a Albaredo ("Albaredo"). Per la serie "Legnago" e la serie "Albaredo" 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.

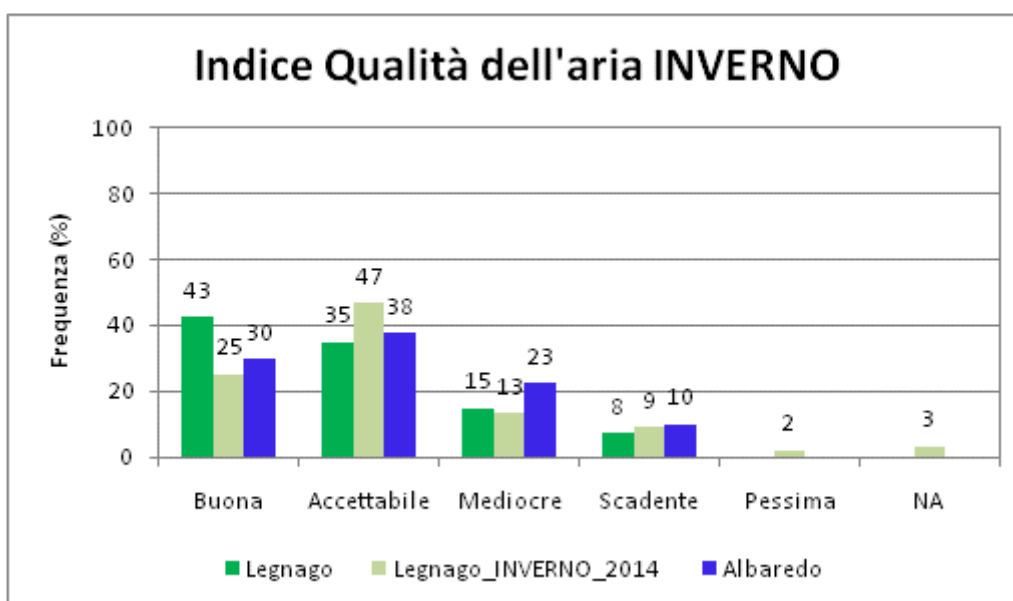


Figura 17. Indice sintetico di qualità dell'aria, stagione invernale. Le tre serie si riferiscono ai dati di Legnago nel periodo in cui è stata svolta la campagna di misura a Albaredo ("Legnago"), ai dati di Legnago in tutto l'inverno 2014 ("Legnago_ESTATE_2014"), ai dati della campagna estiva a Albaredo ("Albaredo"). Per la serie "Legnago" e la serie "Albaredo" 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



Figura 18. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Albaredo, Estate 2014.

Indice di qualità dell'aria



Figura 19. Grafico-calendario dell'indice di qualità dell'aria, campagna di Albaredo, Inverno 2014.

9. Valutazione dei trend storici per il sito di interesse

La stazione del comune di Legnago, essendo di “fondo urbano”, posta a circa 15 km a sud di Albaredo d’Adige, può essere considerata rappresentativa anche dell’area di quest’ultima. Pertanto è stato effettuato un confronto, per gli inquinanti più significativi (NO₂, benzene e PM10), con le medie annuali registrate negli anni precedenti presso questa centralina fissa. I risultati sono riportati in forma grafica in Figura 20, Figura 21 e Figura 22, dove sono riportati anche i valori relativi alla centralina fissa di riferimento di Borgo Milano.

Per quanto riguarda il biossido di azoto, si osserva una tendenza alla diminuzione della concentrazione di questo inquinante negli anni analizzati, sia a Borgo Milano sia a Legnago. Il valore medio durante la campagna risulta leggermente superiore alle medie annuali registrate dalle stazioni fisse negli anni precedenti. I valori relativi alla stazione di background urbano di Legnago sono inferiori a quelli della stazione di traffico di Borgo Milano, come ci si può attendere, essendo questo inquinante prevalentemente associato alle emissioni da traffico. I valori relativi a Albaredo d’Adige sono simili a quelli di Legnago, inferiori a quelli di Borgo Milano.

Il benzene, negli anni considerati, non mostra una tendenza definita. I valori medi di Borgo Milano sono leggermente superiori a quelli di Legnago, tranne nel 2014, in cui sono leggermente superiori. Nei due periodi di campagna di misura, la concentrazione di benzene in Borgo Milano è stata mediamente superiore rispetto a Legnago. I valori medi di Albaredo d’Adige sono inferiori rispetto a Borgo Milano e superiori rispetto a Legnago.

La concentrazione di PM10 mostra una tendenza alla diminuzione tra il 2007 e il 2014. Per Legnago sono disponibili solo i valori del 2013 e del 2014. Nel periodo di campagna i valori medi di PM10 di Borgo Milano e Legnago sono molto vicini, simili a quelli dell’anno 2014. La concentrazione media a Albaredo d’Adige è superiore a quella di Legnago e a quella di Borgo Milano.

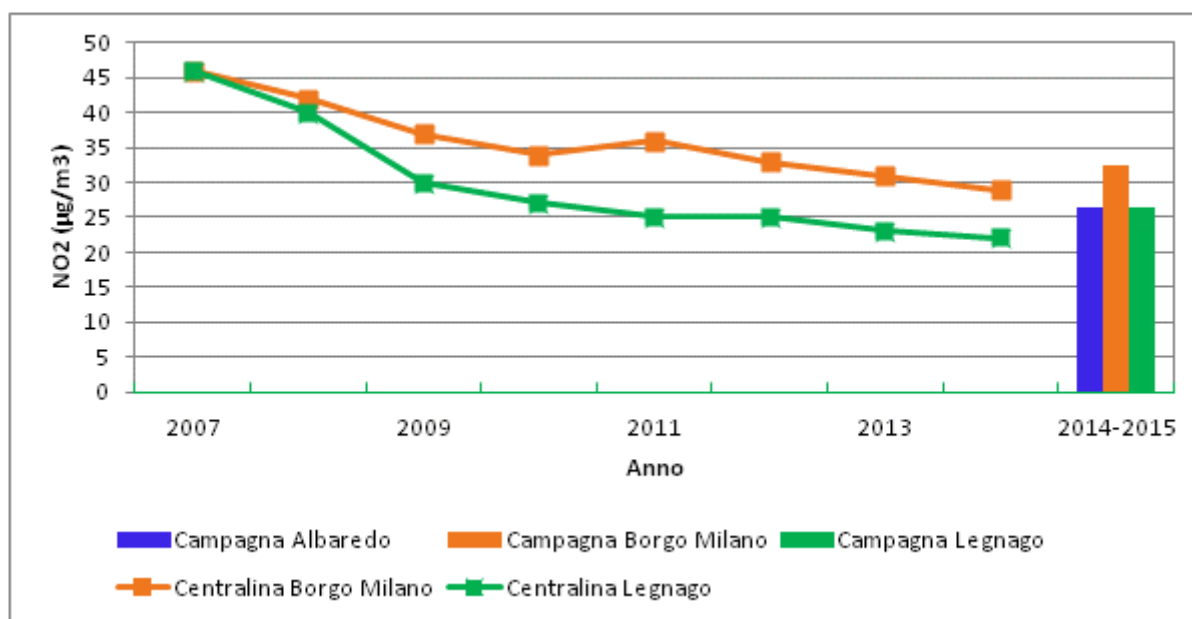


Figura 20. NO₂: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile a Albaredo, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

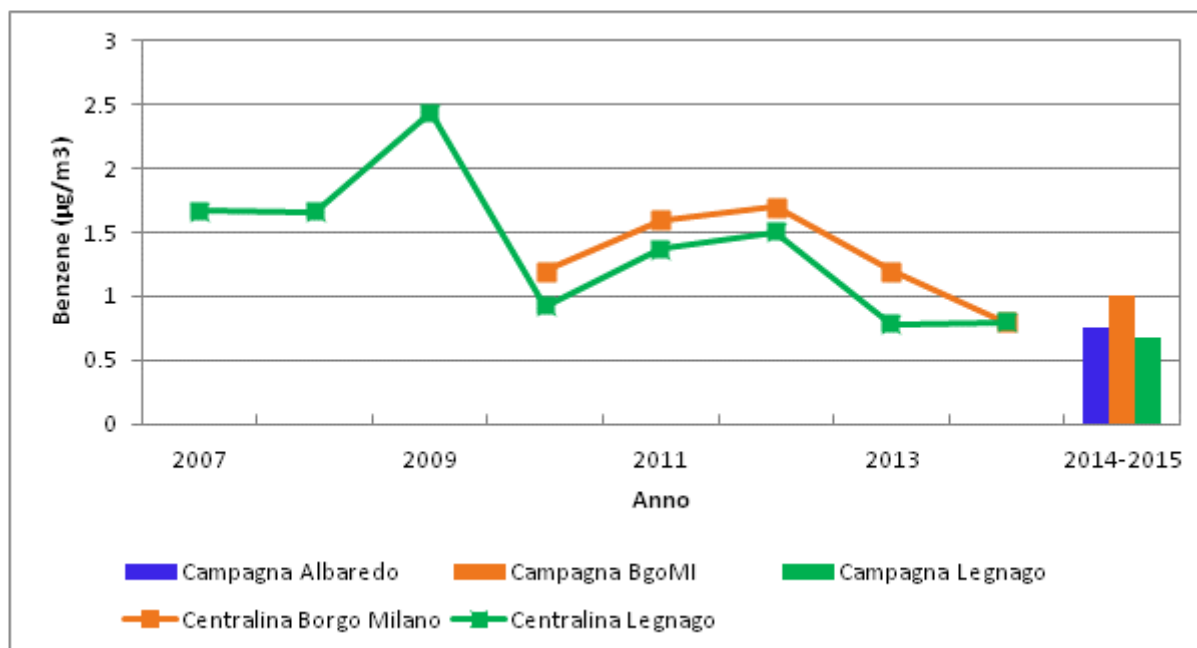


Figura 21. Benzene: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile a Albaredo, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

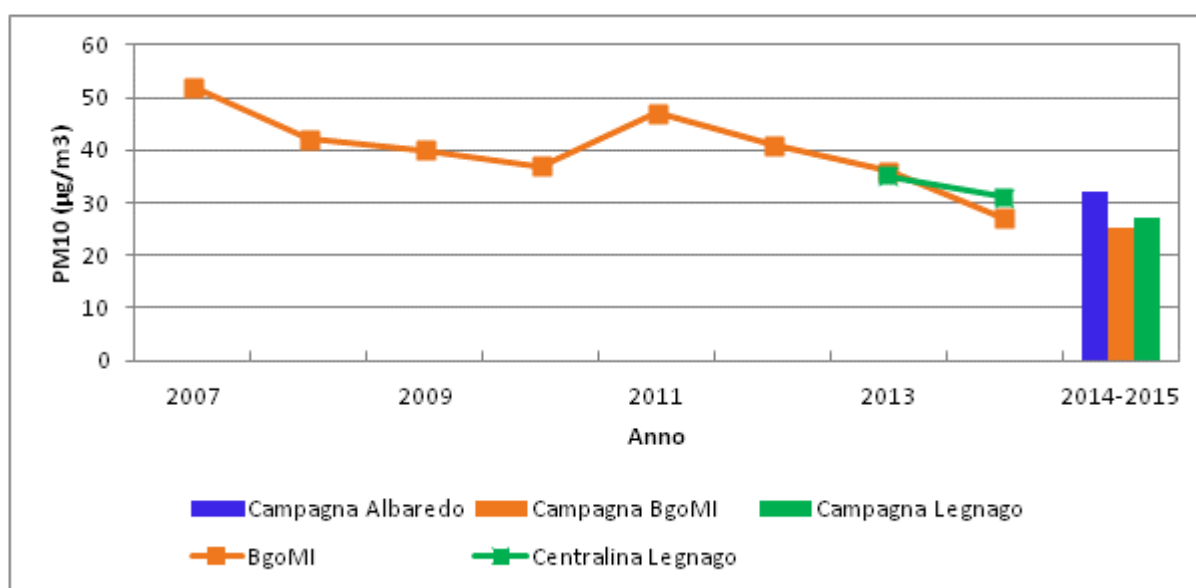


Figura 22. PM10: concentrazione media annua misurata dalle centraline fisse di Borgo Milano e Cason, e concentrazione media durante le campagne di misura del 2013 – 2014 misurate dal mezzo mobile a Albaredo, e dalle centraline di Borgo Milano e Cason.

10. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Albaredo d'Adige, in Via dello Sport, nei pressi dei campi sportivi. Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "fondo suburbano".

Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: dal 15/05/2014 al 29/06/2014 nel semestre estivo e dal 5/11/2014 al 11/01/2015 nel semestre invernale. Durante la campagna invernale, ci sono stati brevi periodi di tempo stabile, con associate inversioni termiche al suolo, che sono state critiche per le polveri sottili. Durante la campagna estiva c'è stata un'ondata di calore, della durata di circa una settimana, che è stata critica per la concentrazione di ozono. Entrambi i periodi sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche molto variabili.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO₂, SO₂, O₃, le medie giornaliere di PM10, benzo(a)pirene e metalli (Arsenico, Nichel, Piombo e Cadmio), 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 Borgo Milano e quelle di fondo urbano di Legnago e Schio.

Nel caso degli ossidi di azoto, inquinanti legati principalmente alle emissioni da traffico, i valori medi registrati ad Albaredo d'Adige sono molto vicini a quelli misurati a Borgo Milano e a Legnago. L'andamento delle concentrazioni medie nel corso della giornata ad Albaredo d'Adige, rispecchia quello di Legnago e si discosta un po' da quello di Borgo Milano. Nel periodo di svolgimento delle campagne di misura non vi è stato alcun superamento dei limiti normativi relativi all'esposizione acuta ad Albaredo d'Adige, come anche nelle stazioni di riferimento della provincia di Verona. Relativamente all'esposizione cronica, la media delle concentrazioni orarie di NO₂ misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 27 µg/m³, ed è quindi inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³; invece la stessa media relativa agli NO_x è 52 µg/m³, superiore al limite annuale per la protezione degli ecosistemi di 30 µg/m³.

I valori medi e massimi di PM10 relativi a Albaredo d'Adige sono stati superiori a quelli delle centraline di Borgo Milano e Legnago nello stesso periodo. Essi sono più elevati durante la campagna invernale rispetto a quella estiva, a causa delle condizioni meteorologiche, che nel periodo estivo favoriscono la dispersione di questo inquinante.

Il numero di superamenti del limite normativo (valore giornaliero di 50 µg/m³ da non superare per più di 35 volte l'anno) è pari al 16% del periodo monitorato. La stima del valore medio annuale per il sito di Albaredo d'Adige, ottenuta dal confronto con i valori della centralina fissa più vicina e rappresentativa del sito stesso (Legnago), è stata 38 µg/m³, che è inferiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. In base alla stessa metodologia si stima il 90° percentile pari a 66 µg/m³, il che determina un superamento del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ per un numero di volte superiore a 35.

Le concentrazioni medie di ozono registrate a Albaredo d'Adige sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Legnago, leggermente inferiori. Nel periodo estivo, il limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 12 volte, mentre quello di 180 µg/m³, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 11 volte. Il numero di superamenti è stato inferiore rispetto al corrispondente di Legnago.

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. Il valore medio di monossido di carbonio è inferiore a quello di Borgo Milano, mentre quello massimo del biossido di zolfo è di poco superiore.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, presenta valori medi leggermente inferiori a quelli delle centraline di riferimento in estate, mentre in inverno essi sono superiori. La media pesata

delle concentrazioni estive e invernali è $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuttavia, il valore medio relativo al periodo invernale è $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentrazione media di benzo(a)pirene ad Albaredo d'Adige è confrontabile con quella registrata a Schio in entrambi i periodi di campagna. Il valor medio sui due periodi è pari a $0.69 \text{ ng}/\text{m}^3$, inferiore al valore obiettivo riferito alla media sull'anno civile di $1.0 \text{ ng}/\text{m}^3$. Tuttavia in inverno si trova un valor medio non trascurabile di $1.52 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Le concentrazioni medie dei metalli misurate ad Albaredo d'Adige, in entrambi i periodi di campagna, sono ampiamente inferiori ai rispettivi limiti di legge relativi all'esposizione cronica. La concentrazione media per tutti gli elementi analizzati risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di fondo. I valori medi di concentrazione dei metalli a Albaredo d'Adige sono molto simili a quelli di Schio, fatta eccezione per il piombo che presenta valori medi inferiori ad Albaredo d'Adige.

Nei due periodi monitorati, la qualità dell'aria del comune di Albaredo d'Adige è risultata prevalentemente accettabile, e non ci sono state giornate con qualità dell'aria pessima. Il confronto con la qualità dell'aria della stazione di riferimento di Legnago consente di concludere che la qualità dell'aria a Albaredo d'Adige è molto simile a quella di Legnago. Inoltre, la campagna estiva è stata svolta in un periodo in cui la qualità dell'aria a Legnago è stata peggiore rispetto alla media su tutta l'estate, mentre la campagna invernale è avvenuta in un periodo in cui la qualità dell'aria è stata molto simile a quella media di tutto l'inverno 2014.

ALLEGATO

In questo allegato sono stati riportati anche alcuni grafici di tipo “box-whisker”, il cui significato è illustrato in Figura 23.

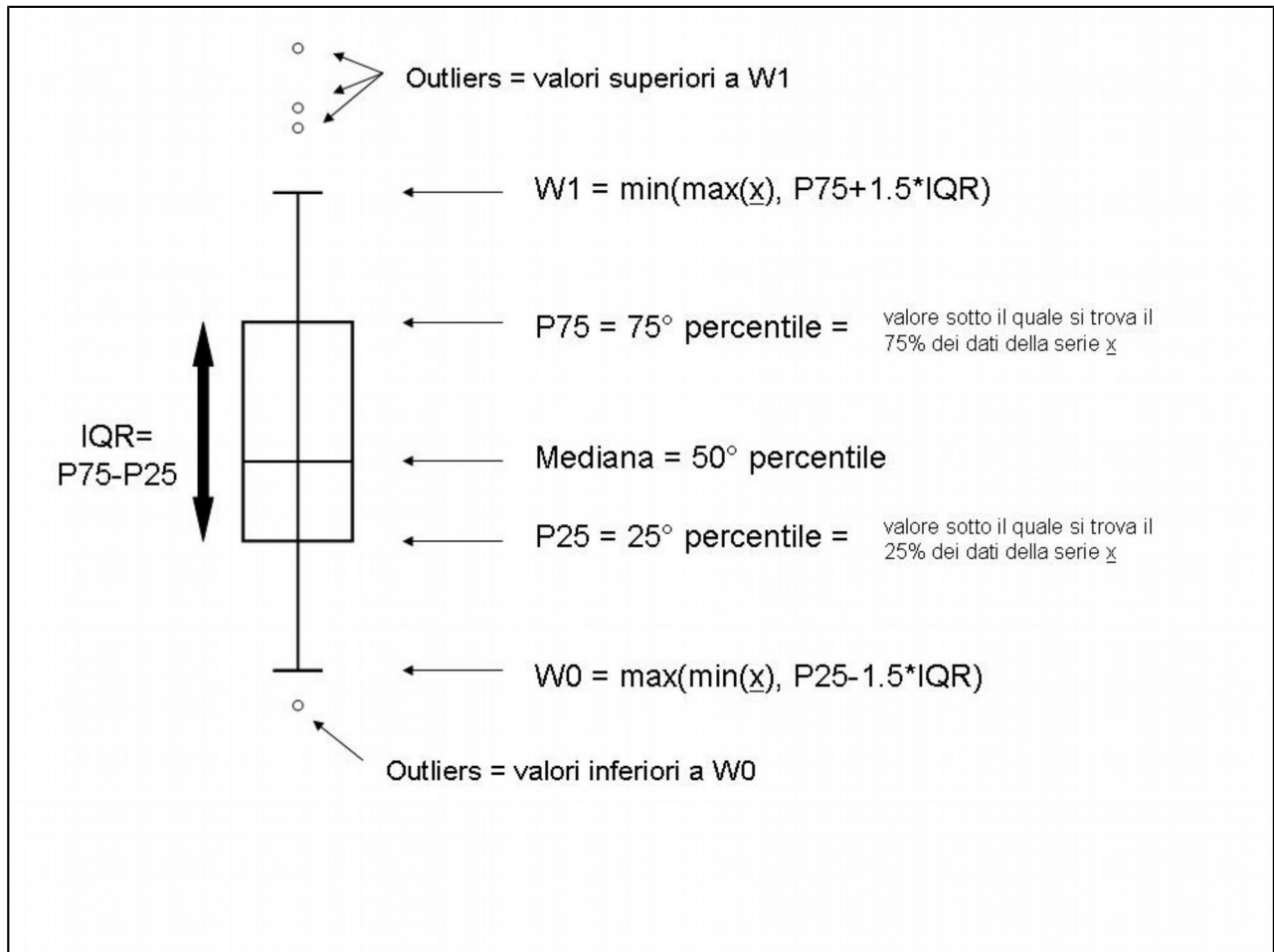
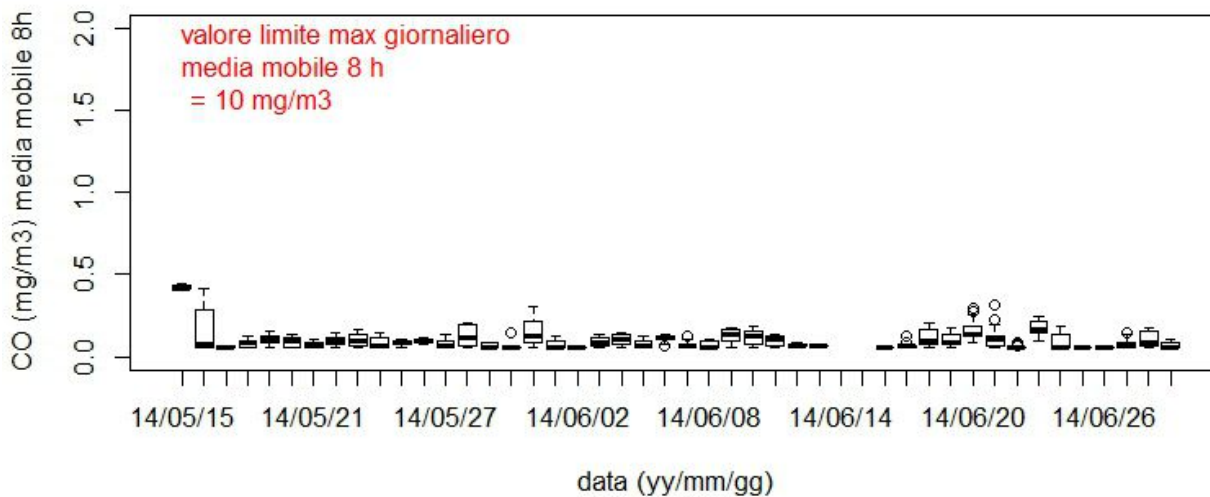


Figura 23. Schema esplicativo del box-whisker plot, utilizzato più volte nella presente relazione. La linea orizzontale nel mezzo della scatoletta (“box”) indica il valore della mediana (o 50° percentile) della distribuzione, cioè di quel valore rispetto al quale il 50% dei dati della popolazione rappresentata 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 “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.

Grafico 1 – Concentrazione di CO (mg/m³), Media Mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

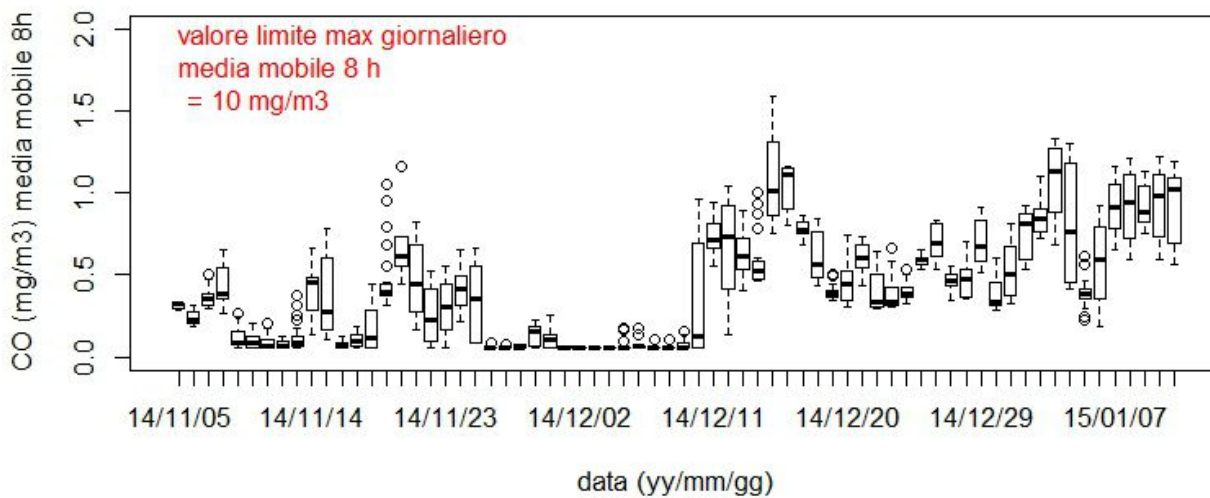
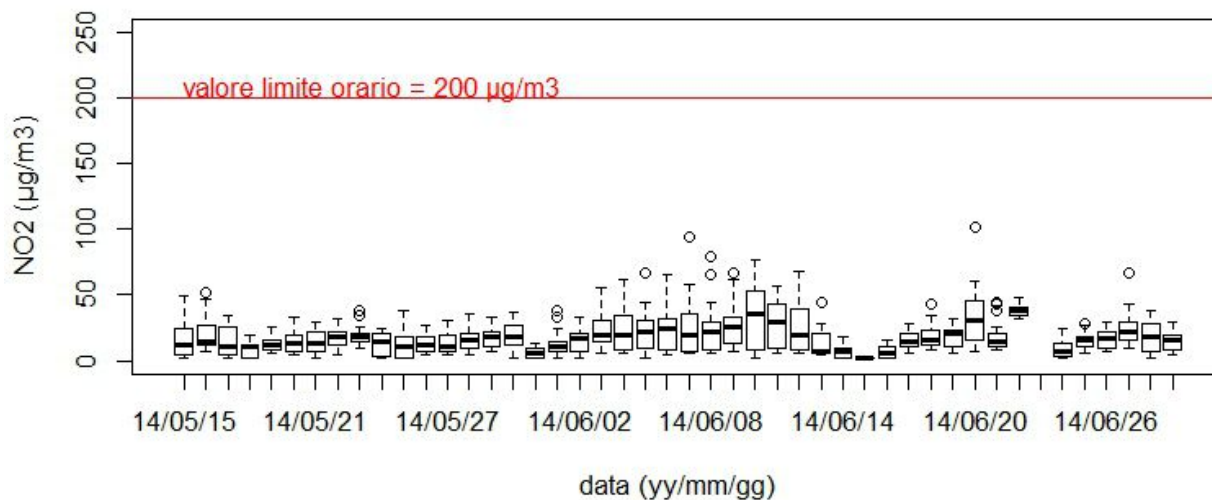


Grafico 2 – Concentrazione di NO₂ (µg/m³), box-wisker plot. “Esposizione acuta”.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

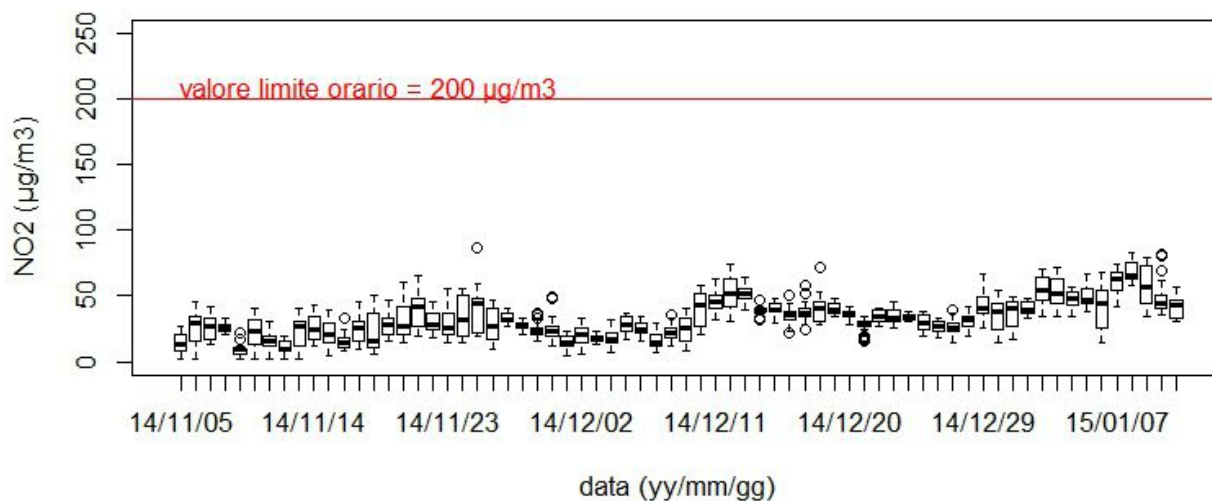
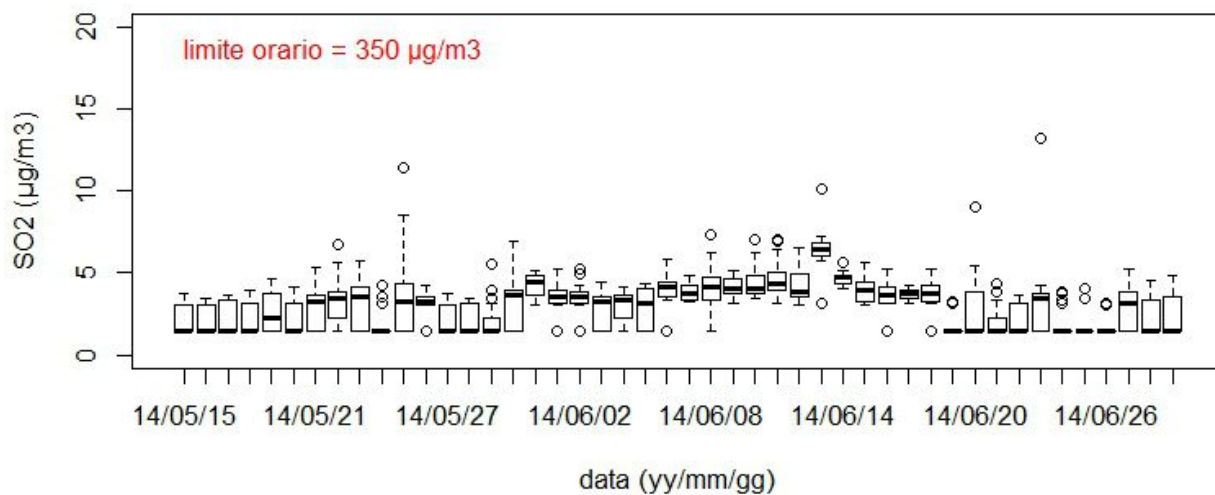


Grafico 3 – Concentrazione di SO₂ (µg/m³), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

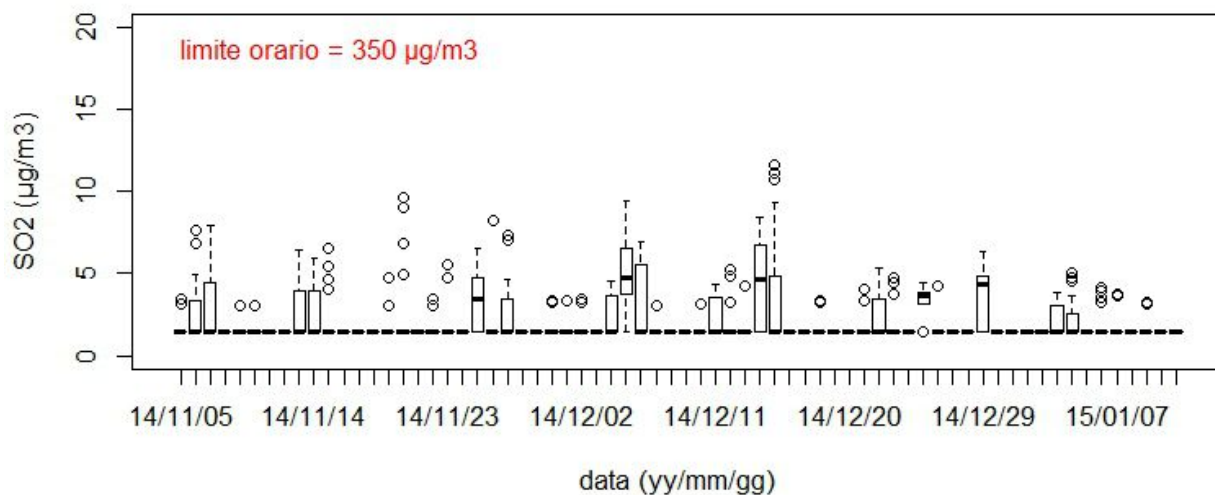
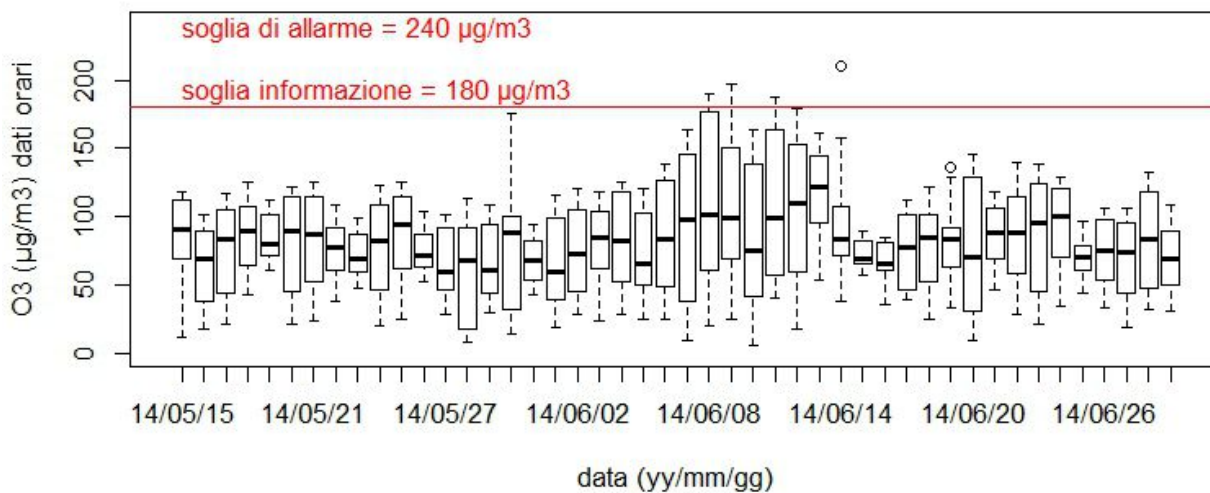


Grafico 4 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

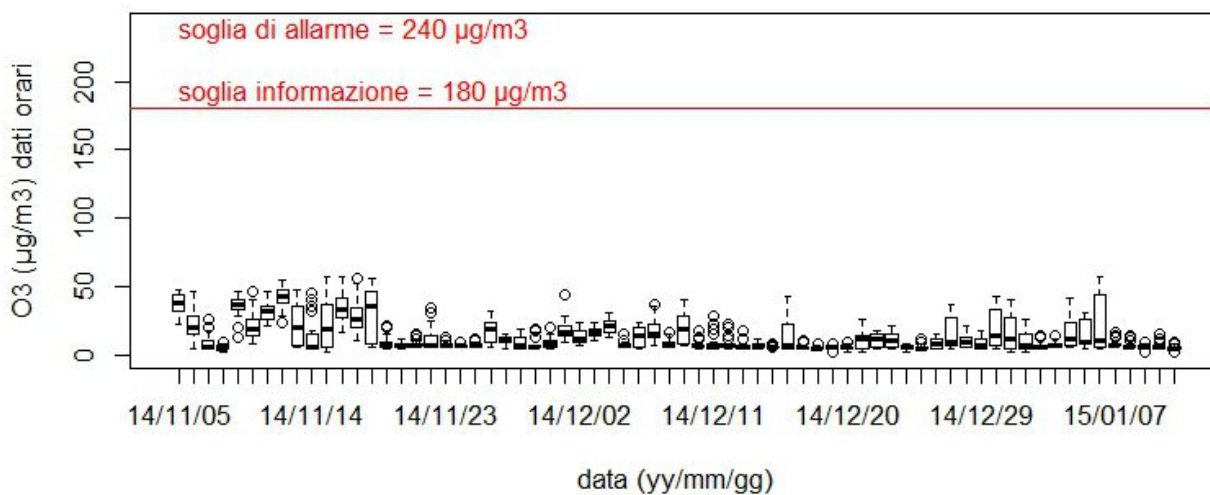
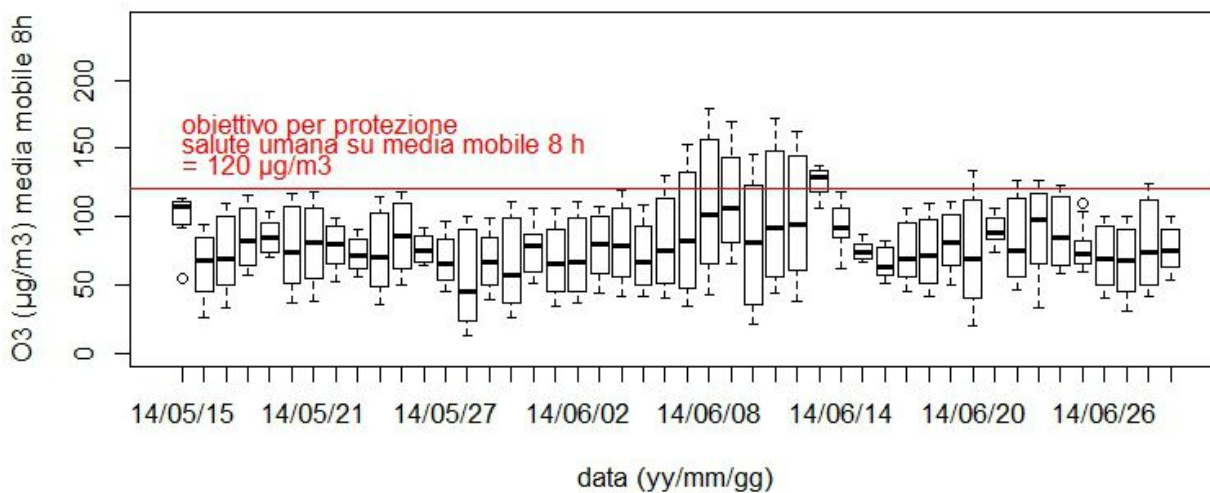


Grafico 5 – Concentrazione di O₃ (µg/m³), media mobile di 8 ore, box-wisker plot.

Semestre “estivo”



Semestre “invernale”

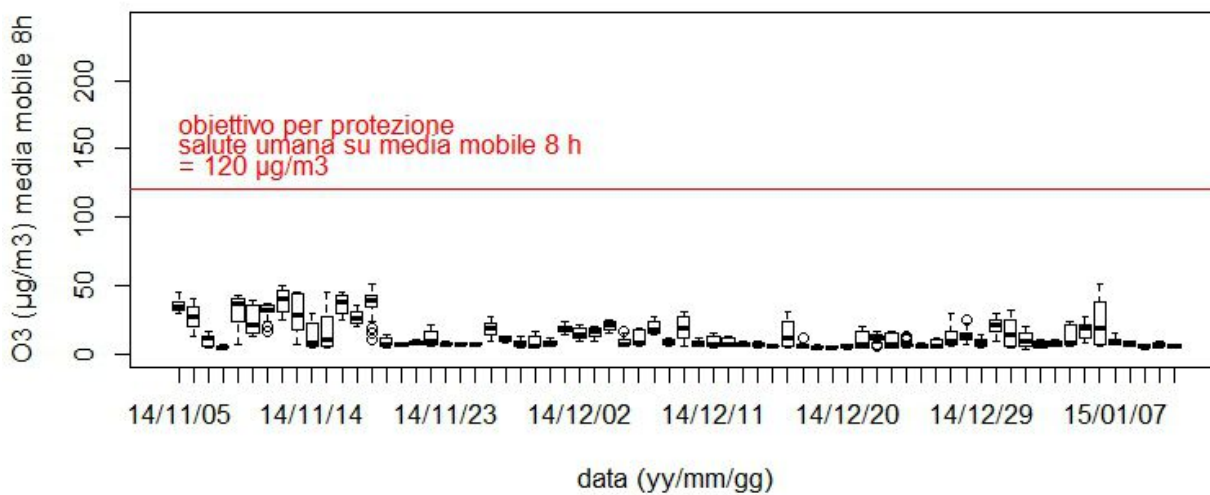
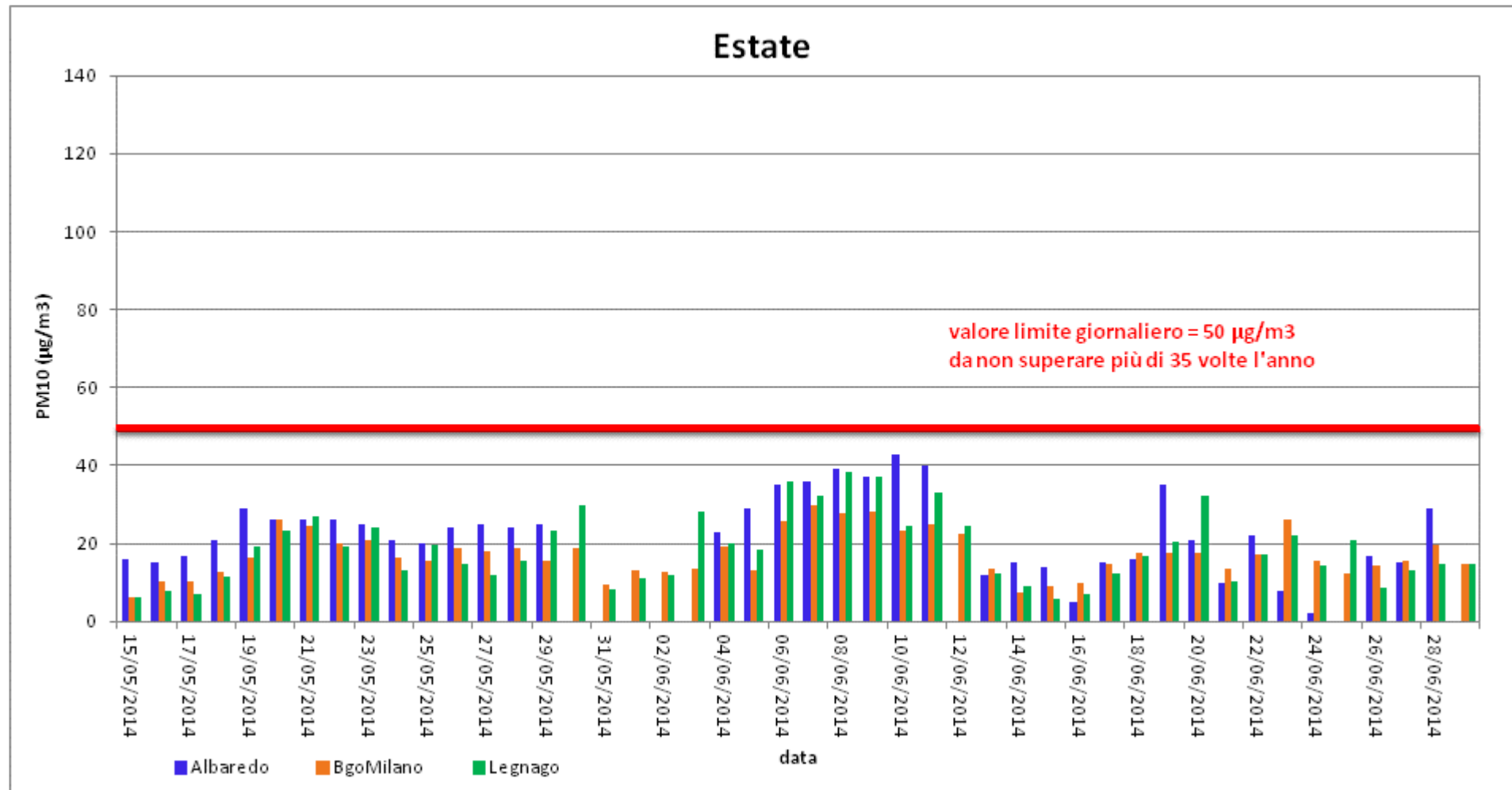


Grafico 6 – Concentrazione Giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



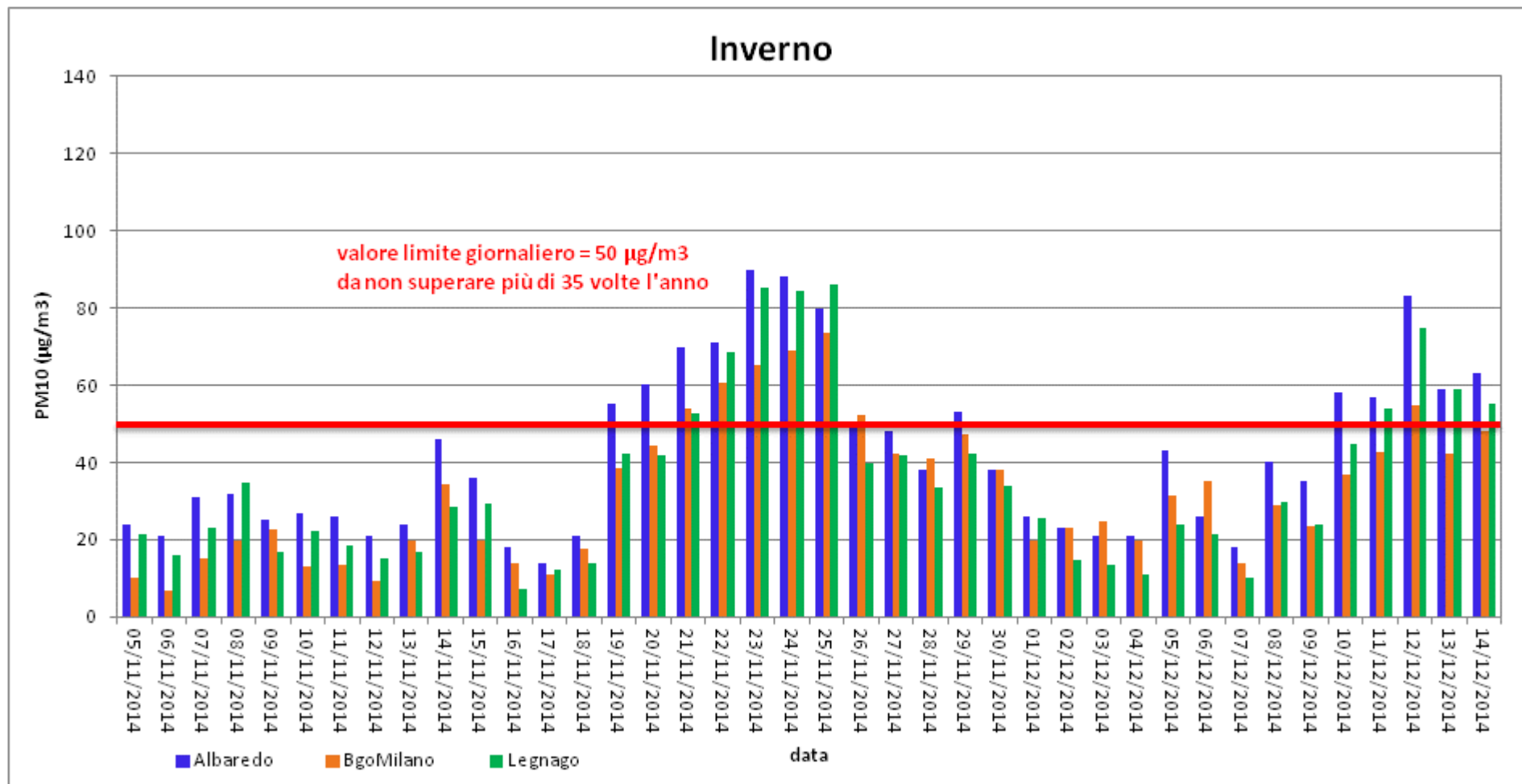
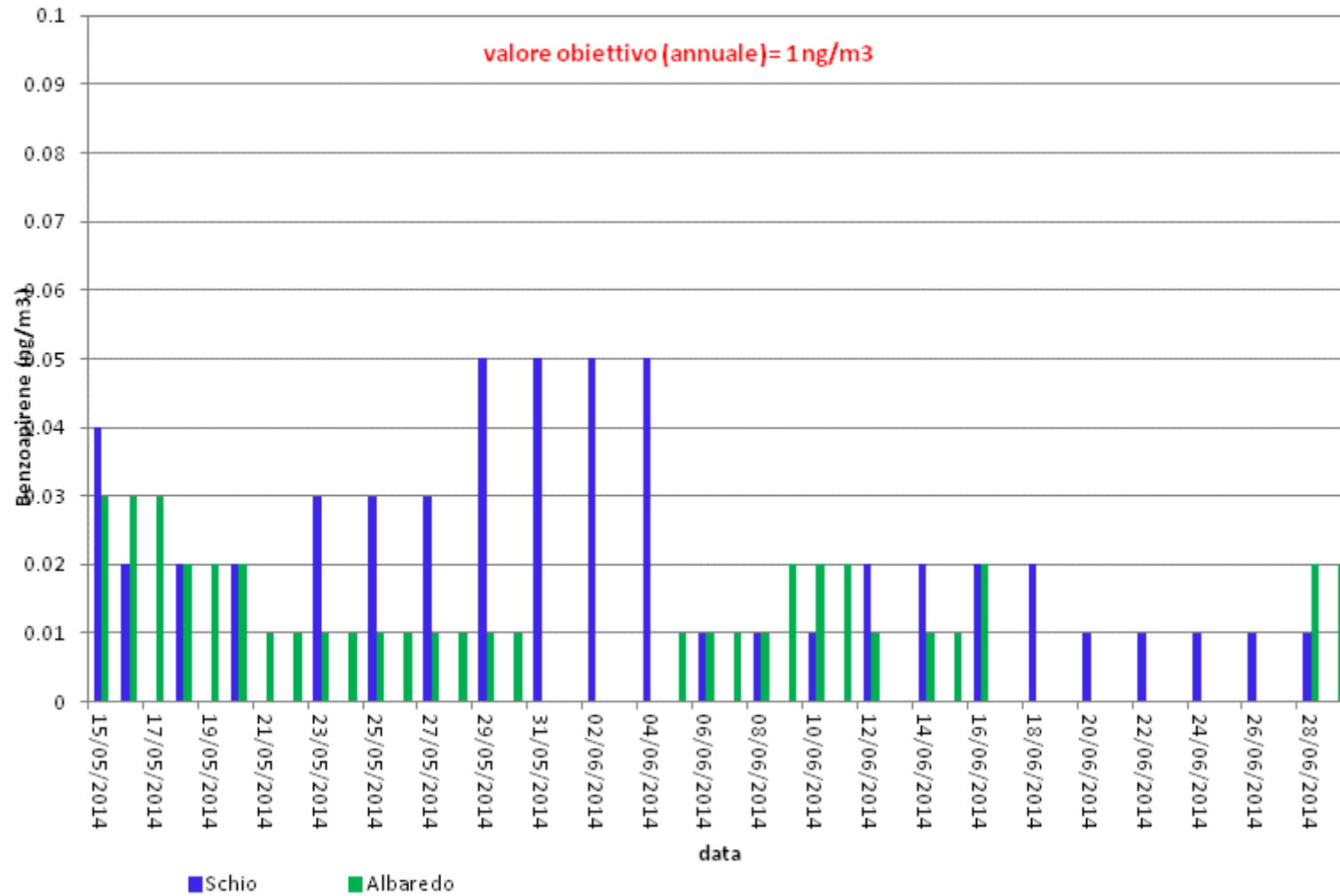


Grafico 7 – Concentrazione di benzoapirene (ng/m³).

Estate



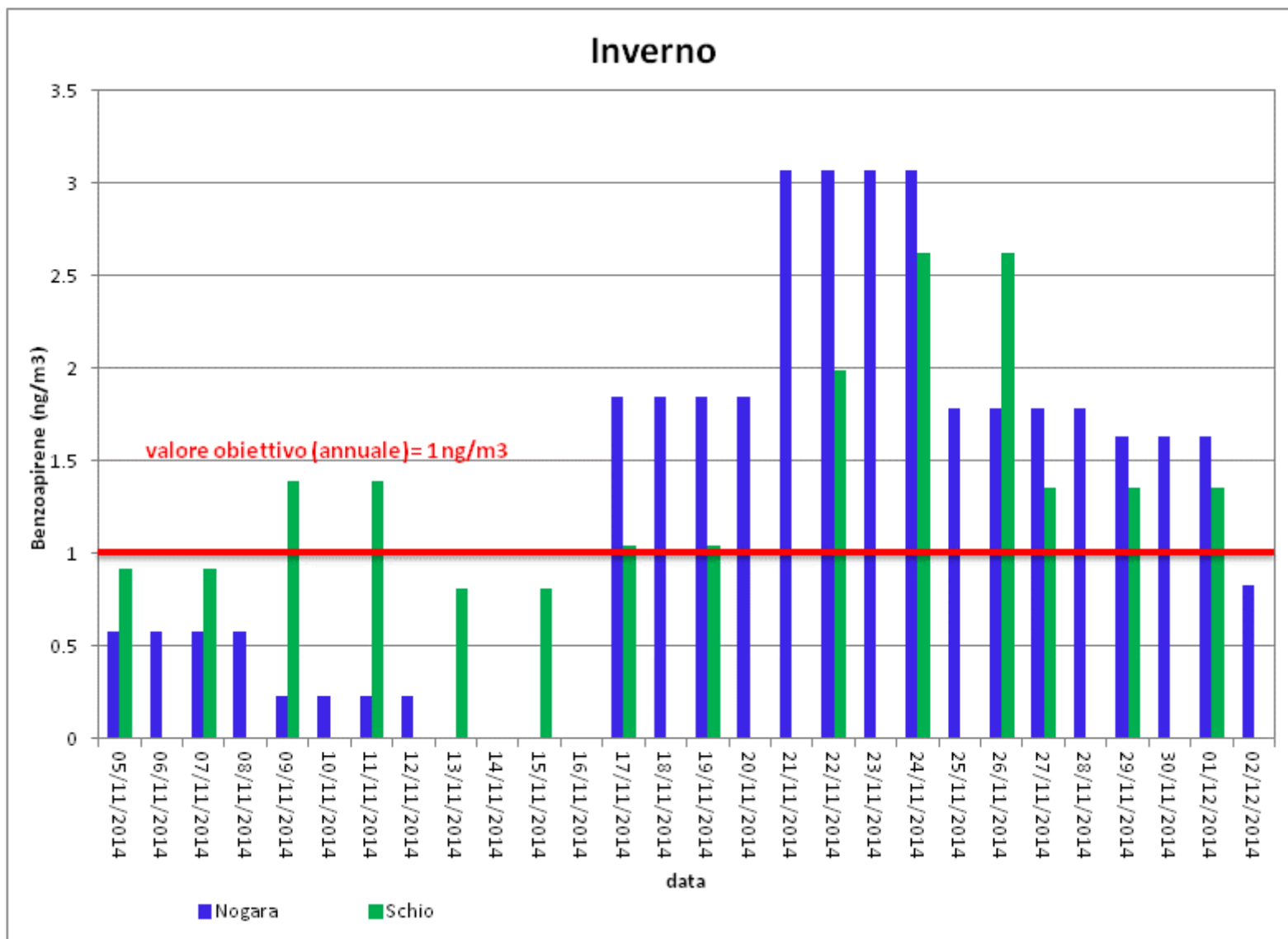


Grafico 8 – Giorno-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra

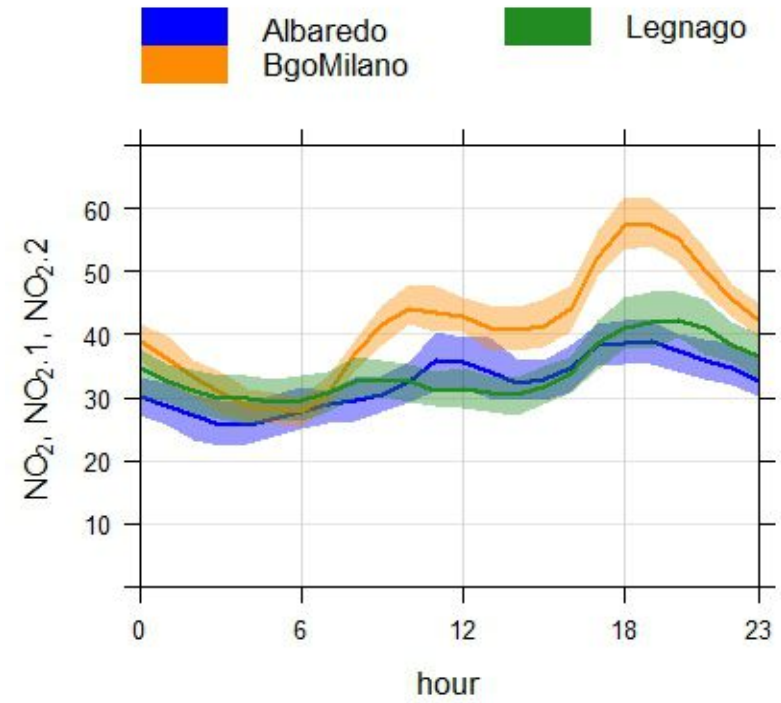
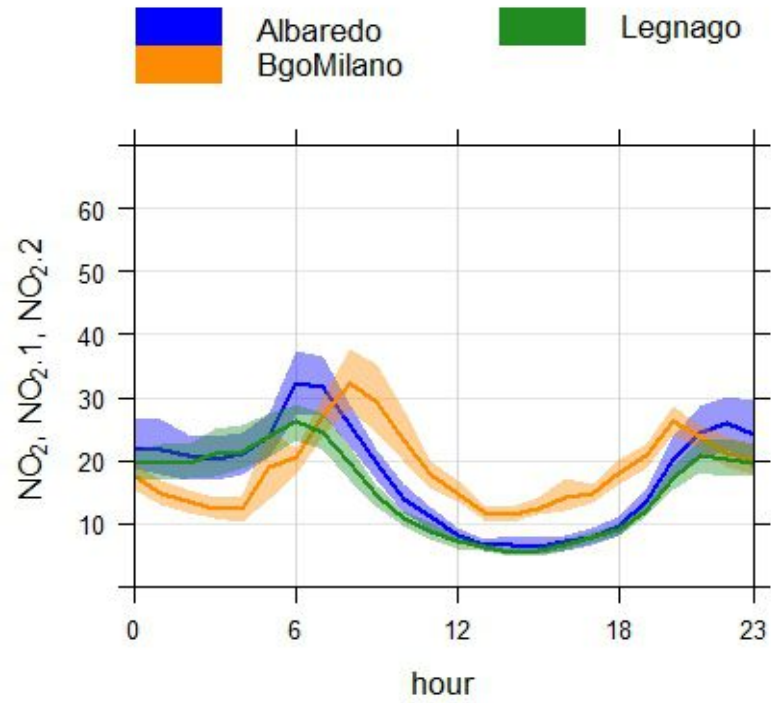


Grafico 9 – Settimana-tipo di NO₂ (µg/m³). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra

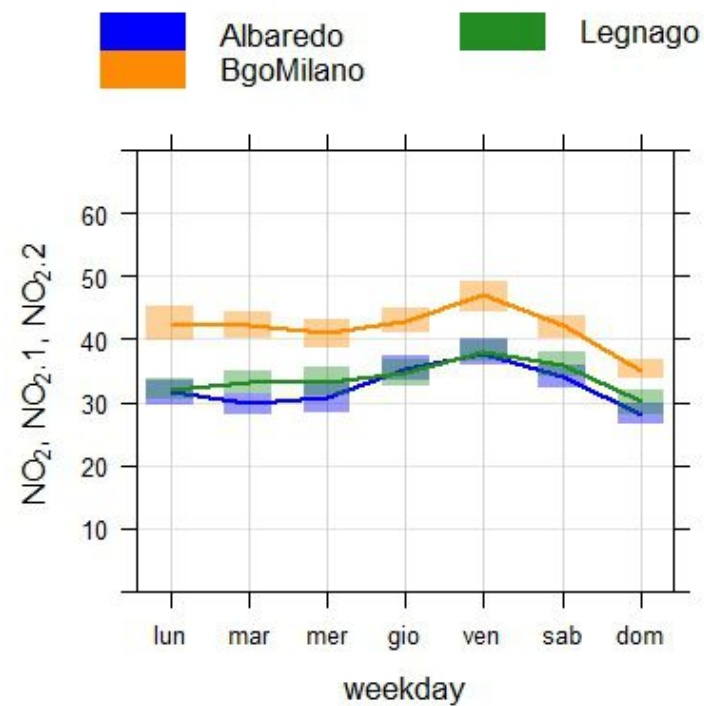
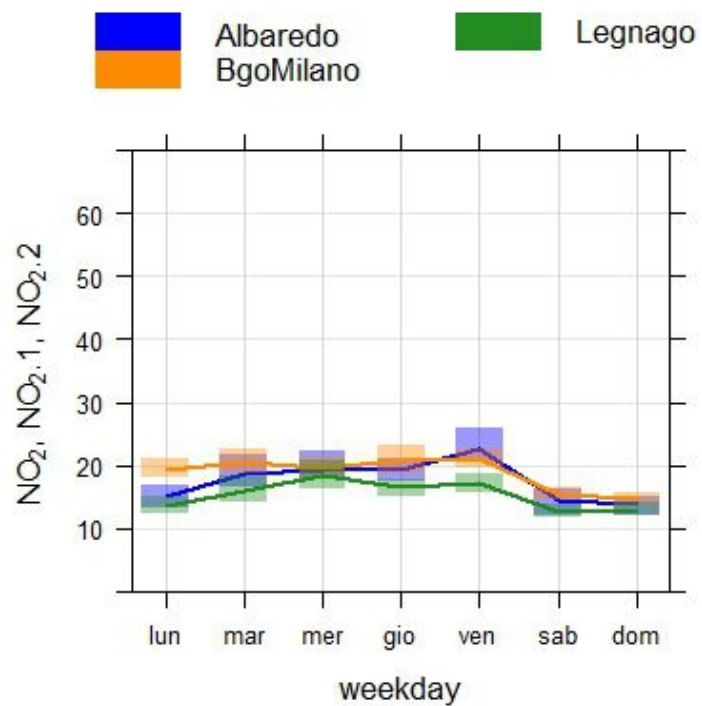


Grafico 10 – Giorno tipo O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le fasce ombreggiate rappresentano l'intervallo di confidenza della media del 95%.

Semestre "estivo" a sinistra, "invernale" a destra.

