

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Sommacampagna

Via A. Moro (nei pressi del civico n.42)

Periodo di attuazione:

13/02/2015 – 01/04/2015 (semestre invernale)

03/08/2015 – 30/09/2015 (semestre estivo)

RELAZIONE TECNICA

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Giancarlo Cunego

Unità Operativa Fisica Ambientale

Francesca Predicatori

Simona De Zolt Sappadina



Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

Ufficio attività tecniche e specialistiche

Giampaolo Fusato

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. 3 / 2016	Data 11/05/2016
F.to Il Tecnico Ufficio attività tecniche e specialistiche Dr. Giampaolo Fusato 	F.to Il Dirigente Unità Operativa Fisica Ambientale Dr.ssa Francesca Predicatori 

INDICE

1. INTRODUZIONE E OBIETTIVI SPECIFICI DELLA CAMPAGNA	4
2. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E TEMPISTICHE DI REALIZZAZIONE	4
3.CONTESTUALIZZAZIONE METEO CLIMATICA.	6
4.INQUINANTI MONITORATI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
5.INFORMAZIONI SULLA STRUMENTAZIONE E SULLE ANALISI.....	12
6.EFFICIENZA DI CAMPIONAMENTO.....	12
7.ANALISI DEI DATI RILEVATI	14

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 nella zona abitata di Sommacampagna, centro popoloso situato a Ovest della città di Verona, non lontano dall'aeroporto Catullo di Verona-Villafranca, in una zona interessata da importanti vie di comunicazione, prima fra tutti l'autostrada A4. I dati di monitoraggio integrano, inoltre, i dati forniti dalla rete di qualità dell'aria della provincia di Verona

Il monitoraggio permette di fornire informazioni sulla qualità dell'aria nel territorio comunale ed approfondisce e completa i risultati delle indagini svolte negli anni precedenti nello stesso sito.

2. Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con stazione rilocabile si è svolta dal 03/08/2015 – 30/09/2015 nel semestre estivo e dal 13/02/2015 – 01/04/2015 nel semestre invernale. L'area sottoposta a monitoraggio si trova in comune di Sommacampagna ed è di tipologia "background sub-urbano". Il comune di Sommacampagna ricade nella zona "Agglomerato Verona", ai sensi della zonizzazione regionale approvata con DGR n. 2130/2012 e rappresentata in Figura 1. In Figura 2 è indicata l'ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio carta tecnica regionale 1:5000.

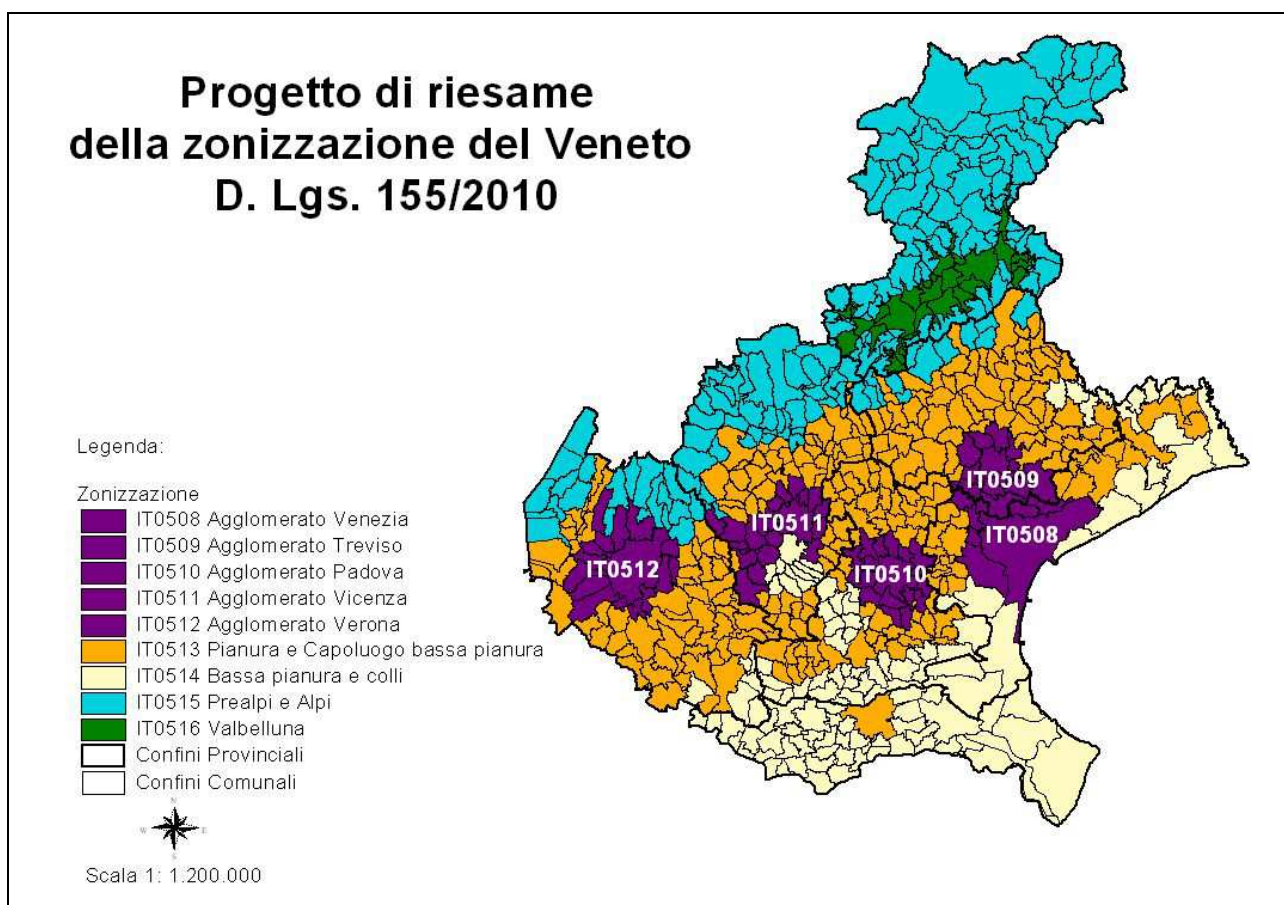


Figura 1. Zonizzazione del territorio regionale approvata con DGR n. 2130/2012.

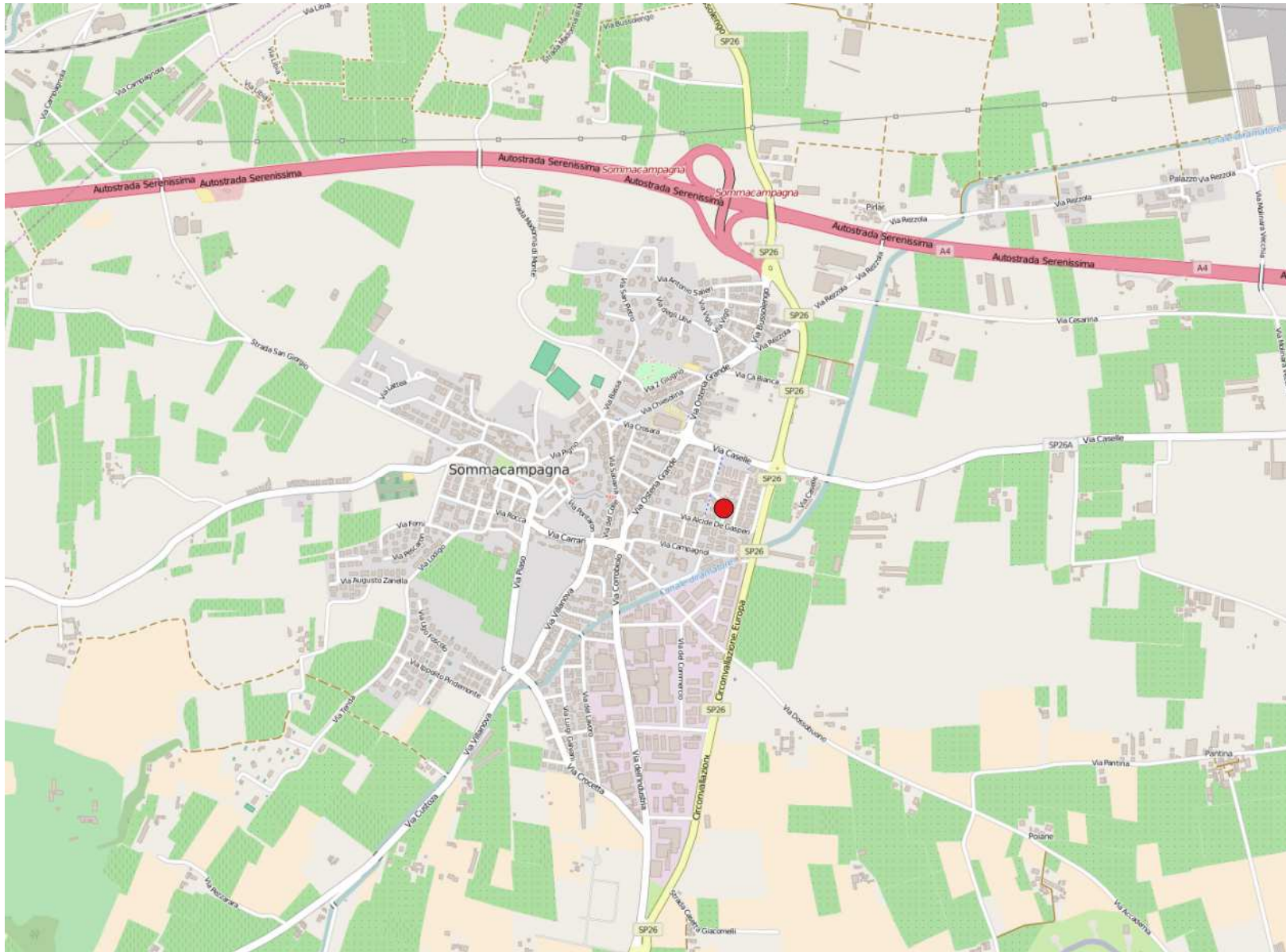


Figura 2 – Ubicazione del punto sottoposto a monitoraggio

3. Contestualizzazione meteo climatica.

Semestre invernale

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

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

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

Per la descrizione della situazione meteorologica si è scelto di utilizzare i dati della stazione di Villafranca Veronese (VR) (con anemometro a 2 m) che è la più vicina della rete ARPAV (i due comuni sono confinanti). Si fa presente che a causa della quota di misura, l'intensità del vento è sottostimata rispetto a misure effettuate a 5 o 10 m di altezza, per questo motivo nel grafico con i diagrammi circolari si utilizza una scala di intensità del vento che permetta di apprezzare eventuali differenze fra valori di bassa intensità del vento.

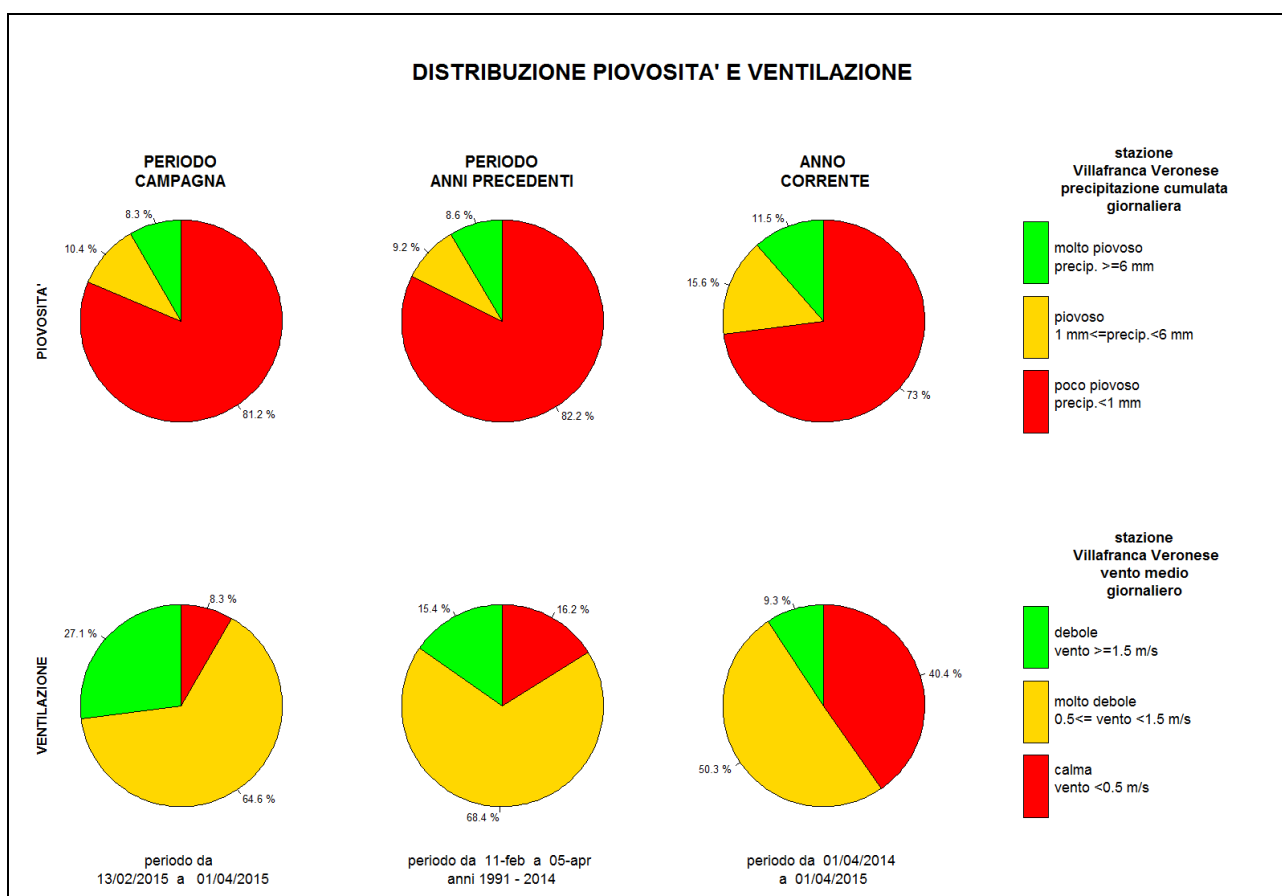


Figura 3: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

- 13 febbraio - 1 aprile 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 11 febbraio - 5 aprile dall'anno 1991 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 1 aprile 2014 - 1 aprile 2015 (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 dello stesso periodo degli anni precedenti, mentre i giorni poco piovosi sono stati un po' più frequenti rispetto all'anno in corso;
- i giorni con calma di vento sono stati molto meno frequenti rispetto all'anno in corso e meno numerosi anche rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti, mentre i giorni con vento debole sono stati più frequenti rispetto ad entrambi i periodi di riferimento.

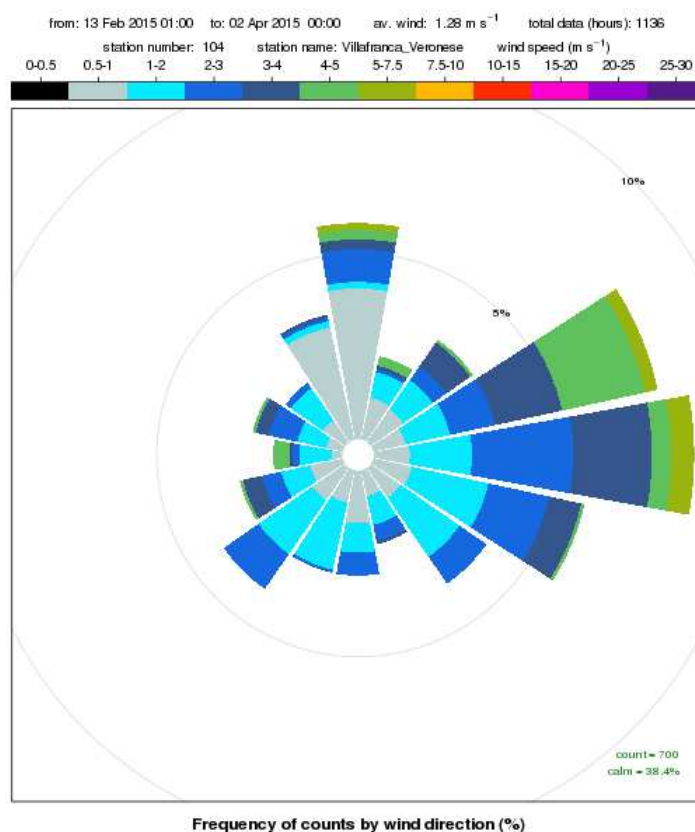


Figura 4: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Villafranca Veronese nel periodo 13 febbraio -1 aprile 2015

In Figura 4Figura si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca Veronese durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est (9%) seguita da est-nordest (8%), est-sudest e nord (entrambe 6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 38%; la velocità media pari a circa 1.3 m/s.

Semestre estivo

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

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

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

Per la descrizione della situazione meteorologica si è scelto di utilizzare i dati della stazione di Villafranca Veronese (VR) (con anemometro a 2 m) che è la più vicina della rete ARPAV (distanza inferiore a 15 km). Si fa presente che a causa della quota di misura, l'intensità del vento è sottostimata rispetto a misure effettuate a 5 o 10 m di altezza, per questo motivo nel grafico con i diagrammi circolari si utilizza una scala di intensità del vento che permetta di apprezzare eventuali differenze fra valori di bassa intensità del vento.

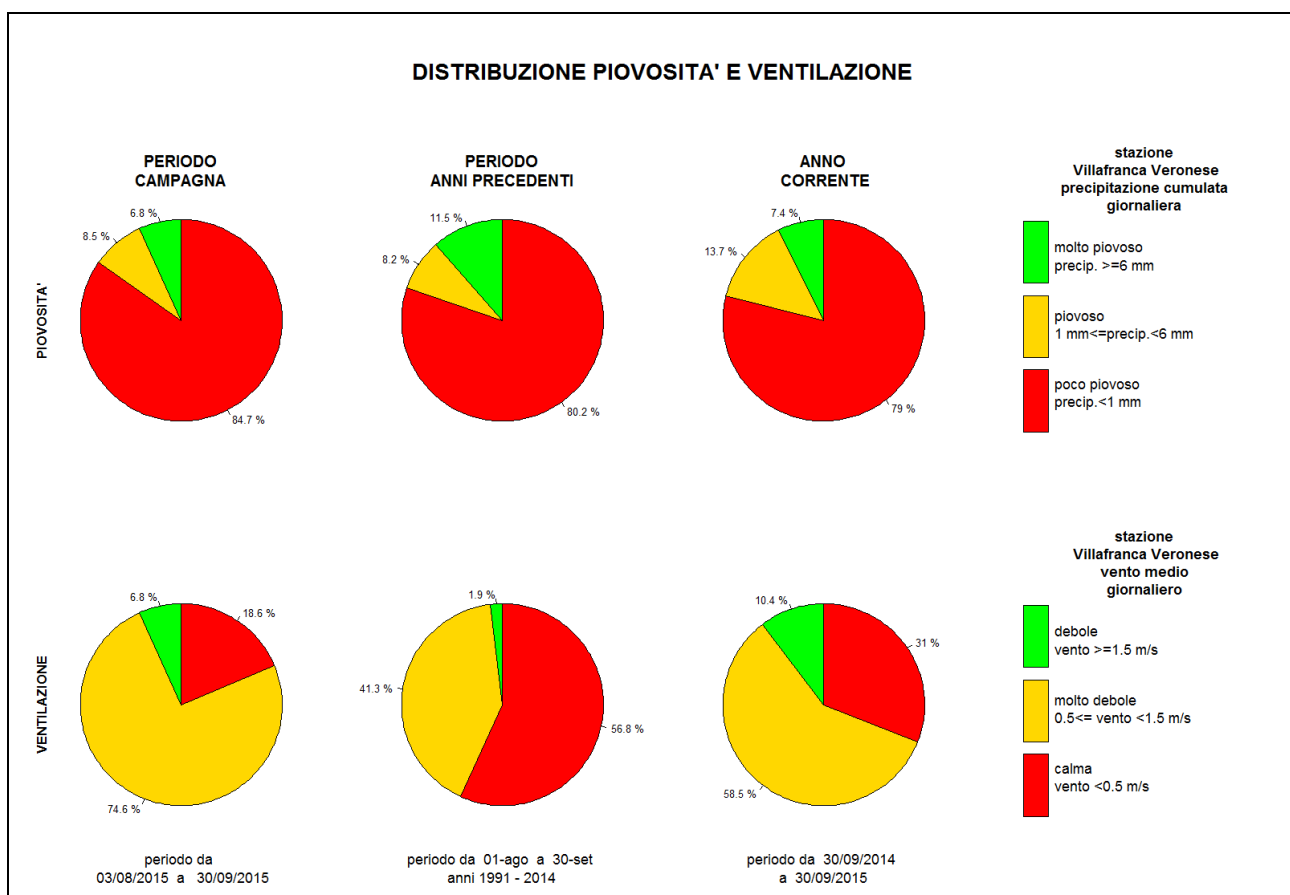


Figura 5: diagrammi circolari con frequenza dei casi di vento e pioggia nelle diverse classi: rosso (scarsa dispersione), giallo (debole dispersione), verde (forte dispersione). Confronto tra le condizioni in atto nel periodo di svolgimento della CAMPAGNA DI MISURA, nel periodo pentadale corrispondente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

Nella Figura 3ura 5 si mettono a confronto le caratteristiche di piovosità e ventilazione ricavate dai dati rilevati presso la stazione meteorologica ARPAV di Villafranca Veronese in tre periodi:

- 3 agosto - 30 settembre 2015, periodo di svolgimento della campagna di misura;
- 1 agosto - 30 settembre dall'anno 1991 all'anno 2014 (pentadi di riferimento, cioè PERIODO ANNI PRECEDENTI);
- 30 settembre 2014 - 30 settembre 2015 (ANNO CORRENTE).

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

- i giorni poco piovosi sono stati un poco più frequenti rispetto sia allo stesso periodo degli anni precedenti sia all'anno in corso;
- i giorni con calma di vento sono stati molto meno numerosi rispetto allo stesso periodo degli anni precedenti e meno frequenti anche rispetto all'anno in corso, mentre i giorni con vento debole sono stati un poco meno frequenti rispetto all'anno in corso, ma un po' più frequenti rispetto alla climatologia.

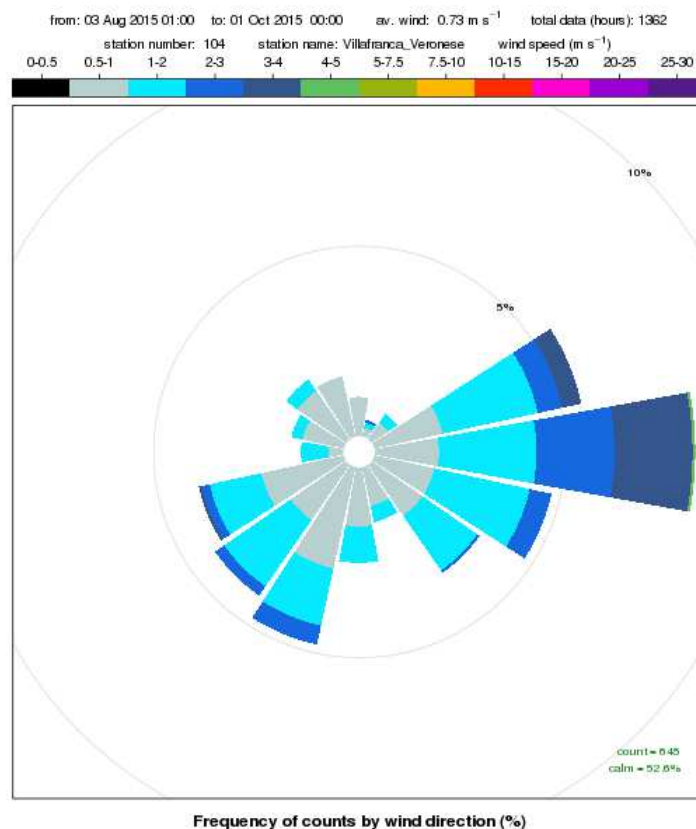


Figura 6: rosa dei venti registrati presso la stazione meteorologica di Villafranca Veronese nel periodo 3 agosto – 30 settembre 2015

In Figura 6 si riporta la rosa dei venti registrati presso la stazione di Villafranca Veronese durante lo svolgimento della campagna di misura: da essa si evince che la direzione prevalente di provenienza del vento è est (8%) seguita da est-nord-est (6%). La frequenza delle calme (venti di intensità inferiore a 0.5 m/s) è stata pari a circa 53%; la velocità media pari a circa 0.7 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 l'inquinamento atmosferico e più precisamente: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃), benzene (C₆H₆), polveri fini (PM_{2,5}).

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 degli idrocarburi policiclici aromatici IPA, con riferimento al benzo(a)pirene, e per l'analisi dei metalli presenti nella frazione PM10 quali 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, eccezion fatta 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 seguenti 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. I limiti

Tabella 1 - Limiti di legge relativi all'esposizione acuta.

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

(*) 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.

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

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	26 µg/m ³ (per il 2013)
	Valore obiettivo (media su anno civile)	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 3 – Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.

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

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

Tabella 1. 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) e realizzano acquisizione, misura e registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare). Il campionamento del particolato inalabile PM10 (diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) 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 degli idrocarburi policiclici aromatici IPA (con riferimento al benzo(a)pirene) e del PM10 sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri esposti in quarzo, rispettivamente mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008" e determinazione gravimetrica "metodo UNI EN 12341:1999".

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".

La determinazione gravimetrica del PM10 è stata effettuata su tutti i filtri campionati, mentre le determinazioni del benzo(a)pirene e dei metalli sono state eseguite seguendo frequenze utili a rispettare l'adeguamento agli obiettivi di qualità dei dati previsti dal D.Lgs. 155/2010 (Allegato I).

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 o 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 ed al periodo minimo di copertura non comprendono le perdite di dati dovute alla taratura periodica od alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

Per le misurazioni in continuo di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, monossido di carbonio, benzene, particolato e piombo, 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), con una resa del 90%; 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) ed in quello estivo (1aprile-30settembre), caratterizzati da una diversa prevalenza delle condizioni di rimescolamento dell'atmosfera.

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

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

La percentuale dell'anno coperta da campionamento e l'efficienza di campionamento per i vari inquinanti sono riportati in Tabella 2 e Tabella 3, mentre in Tabella 4 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	NO _x	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Metalli	Benzo(a)pirene
N giorni di campionamento	106	107	107	59	99	78	22	56
Periodo di copertura (%)	29.0	29.3	29.3	16.2	27.1	21.4	6.0	15.3
Periodo minimo di copertura (%)	14	14	14	10	14	14	da 6 a 14	da 6 a 14

Tabella 2. Numero di giorni in cui è stata eseguita la misurazione dei vari inquinanti e percentuale dell'anno cui corrisponde.

	CO	NO ₂	NO _x	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Metalli	Benzo(a)pirene
Resa di campionamento (%)	98.3	94.9	94.9	96.7	90.3	100.0	100.0	100.0
Resa minima necessaria (%)	90	90	90	90	90	90	90	90

Tabella 3. Efficienza di campionamento per i dati orari.

	CO	NO ₂	NO _x	O ₃ estate	SO ₂	PM10	Metalli	Benzo(a)pirene
Periodo valido campionato (%)	28.6	27.8	27.8	15.6	24.5	21.4	6.0	15.3
Periodo valido minimo richiesto dalla normativa (%)	13	13	13	9	13	13	5	5

Tabella 4. 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 Cason e quella di Corso 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 Corso Milano invece, essendo situata nelle vicinanze di una strada ad alta intensità di traffico, è rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate per lo più da emissioni legate al traffico veicolare e si definisce stazione di traffico urbano.

Nelle tabelle riportate, sono stati calcolati vari parametri statistici, che consentono una descrizione sintetica ed esaustiva della concentrazione di inquinanti misurata a Sommacampagna. I parametri sono descritti in modo esteso in tabella 8.

Grandezza statistica	Significato
N	Numero totale di ore del periodo di analisi
media	Media
sd	Deviazione Standard
min	Minimo
max	Massimo
mediana	Mediana
N superamenti limite	Numero di superamenti di un certo limite

Tabella 8. Principali grandezze statistiche analizzate

Monossido di carbonio (CO)

Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di monossido di carbonio non ha mai superato il valore limite (Allegato - Grafico 1). Le medie di periodo sono risultate pari a 0.19 mg/m³ sia per il "semestre invernale" che per il "semestre estivo". I dati della campagna di monitoraggio sono stati confrontati con i dati rilevati presso la stazione di traffico di Verona – Corso Milano. Presso la stazione di fondo di Verona Cason non viene rilevato il monossido di carbonio. I valori rilevati a Sommacampagna sono in genere inferiori a quelli rilevati presso la stazione di Verona.

CO (mg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	0.19		0.41	0.19		0.41	0.19		0.41
Deviazione Standard	0.07		0.12	0.19		0.20			
Minimo	≤ 0.1		≤ 0.1	≤ 0.1		≤ 0.1	≤ 0.1		≤ 0.1
Massimo	0.51		0.85	1.12		1.28	1.12		1.28
Mediana	0.05		0.30	0.05		0.35			
N di ore totali analizzate	1406		1357	1095		1104	2501		2461
95°percentile	0.22		0.47	0.59		0.80			
N superamenti 10 mg/m ³	0		0	0		0	0		0

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

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

Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha mai superato i valori limite orari relativi all'esposizione acuta (Allegato - Grafico 2). Relativamente all'esposizione cronica la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 49 µg/m³, superiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. La media di periodo relativa al "semestre invernale" è risultata pari a 60 µg/m³ mentre quella relativa al "semestre estivo" pari a 37 µg/m³.

Invece, il valore medio di NO_x, pari a 75 µg/m³, 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. 155/10).

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.

Le concentrazioni rilevate nella campagna di monitoraggio di Sommacampagna sono più elevate rispetto a quelle misurate presso le stazioni fisse di Verona

NO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	37	18	21	60	33	36	49	25	29
Deviazione Standard	27	11	13	31	19	21			
Minimo	4	≤ 4	≤ 4	14	6	≤ 4	14	≤ 4	≤ 4
Massimo	148	84	85	158	98	105	158	98	105
Mediana	29	15	18	57	32	33			
N di ore totali analizzate	1345	1346	1346	1093	1102	1104	2438	2448	2450
95°percentile	88	38	46	116	69	73			
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. Dati della campagna di misura a Sommacampagna e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Cason nello stesso periodo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 4 µg/m³.

NO _x (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	49	22	28	101	52	66	75	37	47
Deviazione Standard	46	20	20	89	40	47			
Minimo	5	≤ 4	≤ 4	14	11	12	14	≤ 4	≤ 4
Massimo	301	298	196	572	426	322	572	426	322
Mediana	33	17	23	68	43	50			
N di ore totali analizzate	1345	1346	1346	1093	1102	1104	2438	2448	2450
95°percentile	145	56	64	279	122	162			

Tabella 11. Concentrazione di NO_x. Dati della campagna di misura a Sommacampagna e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Cason nello stesso periodo. 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 (Allegato - Grafico 3 e Grafico 4), come tipicamente accade presso tutte le stazioni di monitoraggio della Provincia di Verona.

La media complessiva delle concentrazioni orarie misurate è risultata inferiore al valore limite di rivelabilità strumentale analitica (<3 µg/m³), quindi ampiamente inferiore al limite per la protezione degli ecosistemi (20 µg/m³). L'SO₂ viene misurato solo presso le stazioni fisse di traffico di Verona Borgo Milano e non presso la stazione di fondo di Cason.

SO ₂ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	≤ 3		≤ 3	≤ 3		≤ 3	≤ 3		≤ 3
Deviazione Standard	0.82		0.24	2.75		1.32			
Minimo	≤ 3		≤ 3	≤ 3		≤ 3	≤ 3		≤ 3
Massimo	6.41		7.52	23.58		9.55	23.58		9.55
Mediana	1.50		1.50	1.50		1.50			
N di ore totali analizzate	1377		1356	941		1027	2318		2383
95°percentile	3.77		1.50	8.35		4.78			
N superamenti 125 µg/m ³	0		0	0		0	0		0
N superamenti 350 µg/m ³	0		0	0		0	0		0
N superamenti 500 µg/m ³	0		0	0		0	0		0

Tabella 12. Concentrazione di SO₂. Dati della campagna di misura a Sommacampagna e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano nello stesso periodo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

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 sono stati registrati 15 superamenti del limite di 120 µg/m³ sulla media mobile di 8 ore e 0 superamenti del limite di 180 µg/m³ sulla media oraria. Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione media oraria di ozono non ha mai superato la soglia di allarme pari a 240 µg/m³ (Allegato – Grafico 6). L'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana pari a 120 µg/m³ non è mai stato superato nella campagna relativa al "semestre invernale" ed è stato superato in 15 giornate nella campagna relativa al "semestre estivo" (Allegato - Grafico 6). La dipendenza di questo inquinante da alcune variabili meteorologiche, temperatura e radiazione solare in particolare, comporta una certa variabilità da un anno all'altro, pur in un quadro di vasto inquinamento diffuso. I dati rilevati nella campagna di misura con il laboratorio mobile sono stati confrontati con i dati rilevati presso la stazione di fondo fissa di Verona Cason: l'ozono non viene misurato presso la stazione di traffico di Verona Borgo Milano

O ₃ (µg/m ³)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	58	69		39	45		49	57	
Deviazione Standard	42	42		32	31				
Minimo	≤ 4	5		≤ 4	5		≤ 4	5	
Massimo	179	183		106	104		179	183	
Mediana	53	65		34	42				
N di ore totali analizzate	1388	1351		1094	1099		2482	2450	
95°percentile	138	150		92	92				
N superamenti 180 µg/m ³	0	4		0	0		0	4	
N superamenti 240 µg/m ³	0	0		0	0		0	0	
N superamenti 120 µg/m ³	15	20		0	0		15	20	
N superamenti 120 µg/m ³	15	20		0	0		15	20	

Tabella 13. Concentrazione di O₃. Dati della campagna di misura a Sommacampagna e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e della centralina di fondo urbano di Cason nello stesso periodo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 3 µg/m³.

Polveri atmosferiche inalabili (PM10 e PM2,5)

Durante i due periodi di monitoraggio la concentrazione di polveri PM10 ha superato il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da non superare per più di 35 volte per anno civile, per 12 giorni su 39 di misura nel “semestre invernale” e per 0 giorni su 39 di misura nel “semestre estivo” (Allegato - Grafico 7) per un totale di 12 giorni di superamento su 78 complessivi di misura (15%).

La media di periodo delle concentrazioni giornaliere di PM10 misurate a Sommacampagna è risultata pari a $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel “semestre invernale” e a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel “semestre estivo”. La media complessiva ponderata dei due periodi calcolata per il sito indagato è risultata pari a $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore limite annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTATE			INVERNO			ESTATE + INVERNO		
	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano	Sommacampagna	Cason	Corso Milano
Media	23	31	21	42	50	44	33	41	33
Deviazione Standard	9	11	7	25	26	22			
Minimo	5	14	11	6	11	9	5	11	9
Massimo	40	51	37	115	121	110	115	121	110
Mediana	23	27	20	38	43	40			
N di ore totali analizzate	1407	1344	1416	1133	1032	1152	2540	2376	2568
95°percentile	39	49	36	90	86	84			
N superamenti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	0	12	19	14	12	21	14

Tabella 14. Concentrazione di PM10: principali parametri statistici. Dati della campagna di misura a Sommacampagna e confronto con la centralina fissa di traffico urbano di Borgo Milano e con la stazione di fondo di Cason nello stesso periodo. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 Sommacampagna è stato confrontato alla stazione fissa di riferimento di fondo urbano di Verona Cason. La metodologia di calcolo stima per il sito sporadico di Sommacampagna il valore medio annuale di $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (inferiore al valore limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ed il 90° percentile di $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (superiore al valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Benzene (C₆H₆)

La media di periodo delle concentrazioni giornaliere di benzene misurate a Sommacampagna è risultata pari a 0.51 µg/m³ ampiamente inferiore al valore limite annuale di 5 µg/m³.

BTEX (µg/m ³)	ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	
Benzene	0.51	
Etilbenzene	≤ 0.5	
Toluene	1.98	
Xilene (o+m+p)	1.48	

Tabella 15. Concentrazione media delle varie specie di idrocarburi aromatici BTEX. Dati della campagna di misura a Sommacampagna. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura per tutti gli inquinanti è 0.5 µg/m³.

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

La media di periodo delle concentrazioni giornaliere di benzo(a)pirene misurate a Sommacampagna è risultata pari a 0.37 ng/m³ inferiore quindi al valore obiettivo di 1.0 ng/m³.

Si ricorda che anche il Benzo(a)pirene può essere considerato inquinante a concentrazione diffusa.

Benzoapirene (ng/m ³)	ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	Cason
Media	0.37	0.45
Deviazione Standard	0.26	0.35
Minimo	≤ 0.02	≤ 0.02
Massimo	1.01	1.38
N di ore totali analizzate	56	42

Tabella 16. Concentrazione di Benzoapirene: dati della campagna di misura a Sommacampagna. Il limite di rivelabilità dello strumento di misura è 0.02 ng/m³.

Idrocarburi (ng/m ³)	ESTATE + INVERNO	
	Sommacampagna	
Benzo(a)antracene	0.29	
Benzo(a)pirene	0.37	
Benzo(b)fluorantene	0.44	
Benzo(ghi)perilene	0.45	
Benzo(k)fluorantene	0.23	
Crisene	0.39	
Dibenzo(ah)antracene	0.03	
Indeno(123-cd)pirene	0.35	

Tabella 17. Medie delle concentrazioni di diverse specie di IPA, misurata a Sommacampagna, calcolati utilizzando tutti i dati di campagna disponibili.

Metalli (Pb, As, Cd, Ni)

Le medie delle concentrazioni giornaliere di metalli misurate a Sommacampagna nei semestri “invernale” e “estivo” sono riportate in tabella.

Metalli (ng/m ³)	ESTATE	INVERNO	ESTATE +INVERNO
Arsenico (As)	0.6	0.8	0.7
Cadmio (Cd)	0.1	0.3	0.2
Nichel (Ni)	1.2	1.4	1.3
Piombo (Pb)	3.3	8.8	6.1

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


Le medie complessive ponderate dei due periodi sono risultate inferiori al valore limite annuale per il piombo ed inferiori ai valori obiettivo per i restanti metalli (D.Lgs. 155/10).

La media complessiva del piombo assume valori in linea con quelli rappresentativi delle aree urbane, con riferimento a quanto riportato nelle linee guida di qualità dell'aria dell'Organizzazione Mondiale della Sanità; per quanto riguarda l'arsenico, la media risulta in linea con i valori rappresentativi del livello di background, mentre per il cadmio ed il nichel le rispettive medie assumono valori intermedi tra quelli rappresentativi delle aree urbane e quelli del livello di background.

Si ricorda che, per ulteriori informazioni sulla qualità dell'aria del territorio provinciale di Verona, sul sito internet di ARPAV (www.arpa.veneto.it) sono attualmente consultabili in tempo reale le concentrazioni di polveri inalabili PM10 determinate presso le stazioni fisse della rete ARPAV dislocate nel territorio Provinciale di Verona, nonché di molte altre stazioni a livello regionale.

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 è normalmente associato una **scala di 5 giudizi sulla qualità dell'aria** come riportato nella tabella a fianco.

Cromatismi	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/indice-di-qualita-dellaria-iqa>.

In Figura 7 e Figura 8 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".

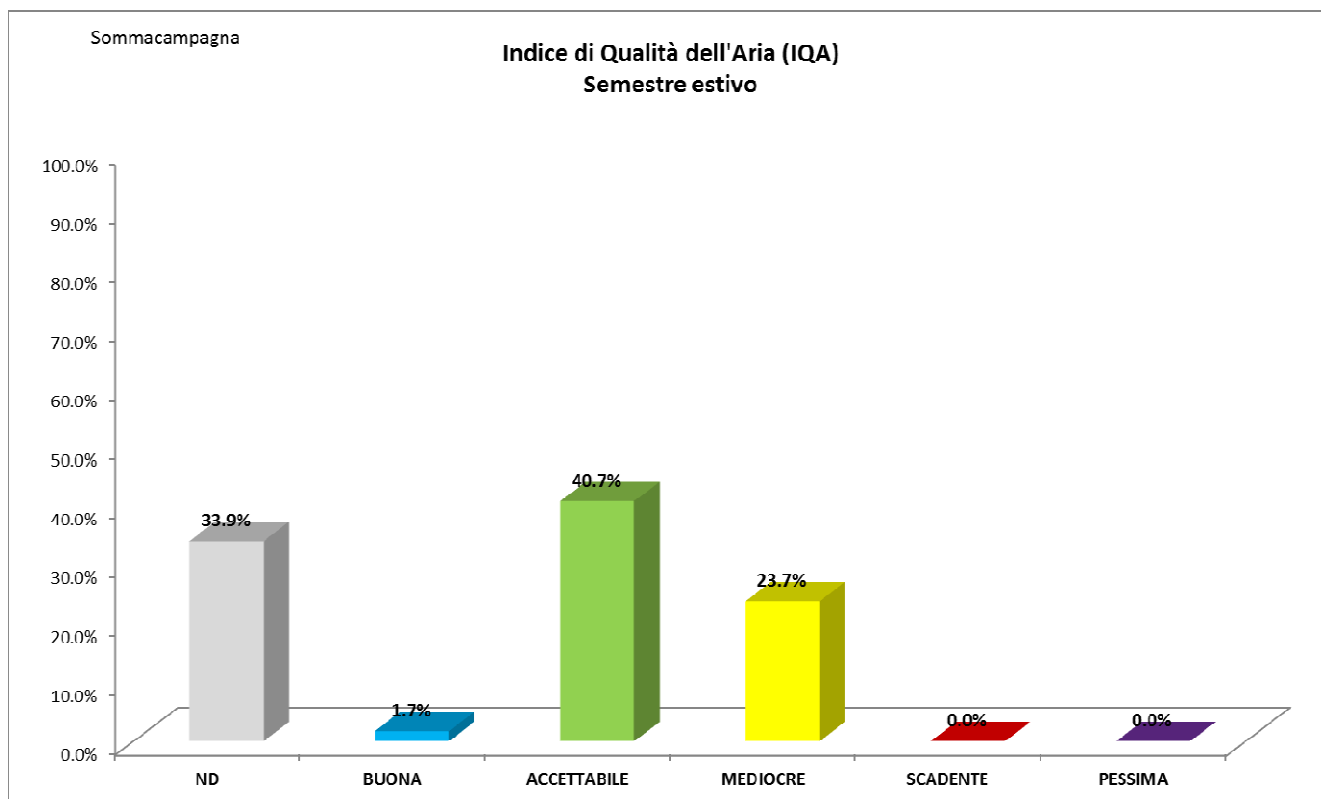


Figura 7. Indice di qualità dell'aria del semestre estivo.

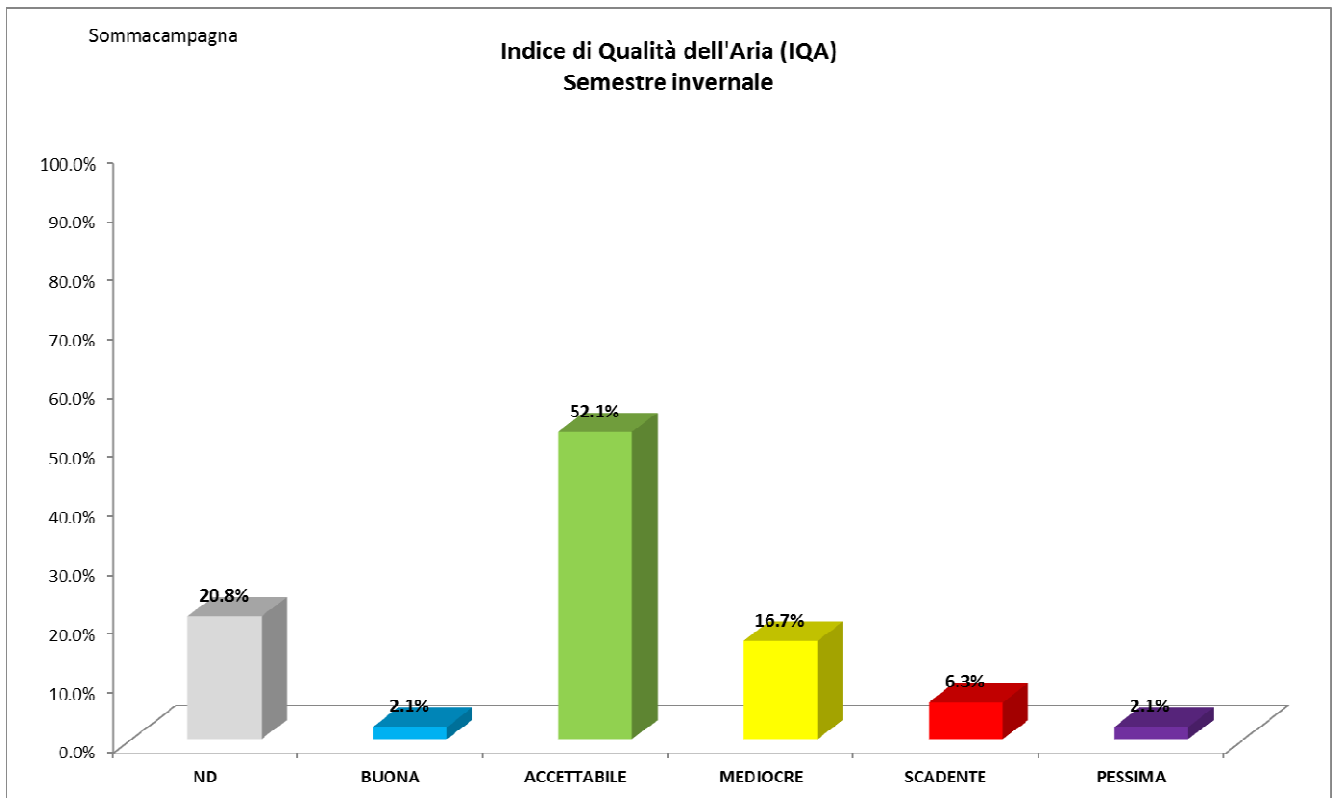


Figura 8. Indice di qualità dell'aria del semestre Invernale.

9. Conclusioni

Il mezzo mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria è stato posizionato nel comune di Sommacampagna, in Via A. Moro (nei pressi del civico n.42). Il sito, per le caratteristiche descritte, può essere considerato di "background sub-urbano".

Le campagne di misura sono state realizzate in due periodi dell'anno: il primo, che va dal 13 febbraio 2016 al 01 aprile 2015; il secondo che va dal 03 agosto 2015 al 30 settembre 2015.

Sono state misurate le concentrazioni medie orarie di CO, NO₂, SO₂, O₃, le concentrazioni 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, ove possibile, un confronto con le due stazioni fisse di riferimento: quella di traffico urbano di Borgo Milano e quelle di fondo urbano di Cason.

Nel caso degli ossidi di azoto, inquinanti legati principalmente alle emissioni da traffico, i valori medi registrati a Sommacampagna sono superiori rispetto a quelli misurati a Borgo Milano e a Cason.

Relativamente all'esposizione cronica la media delle concentrazioni orarie misurate nei due periodi è stata calcolata pari a 49 µg/m³, superiore al valore limite annuale di 40 µg/m³. La media di periodo relativa al "semestre invernale" è risultata pari a 60 µg/m³ mentre quella relativa al "semestre estivo" pari a 37 µg/m³.

Il valore medio di NO_x, pari a 75 µg/m³, 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. 155/10).

Durante le due campagne di monitoraggio la concentrazione di biossido di azoto non ha mai superato i valori limite orari relativi all'esposizione acuta.

I valori medi e massimi di PM10 relativi a Sommacampagna sono stati vicini a quelli delle centraline di Corso Milano e Cason 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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 35 volte l'anno) è stato pari a 12 nel periodo invernale.

Le concentrazioni medie di ozono registrate a Sommacampagna sono confrontabili con quelle misurate presso la centralina fissa di fondo urbano di Cason, leggermente inferiori. Nel periodo estivo, il limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media mobile di 8 ore, relativo all'esposizione cronica, è stato superato 15 volte, mentre quello di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, relativo all'esposizione acuta per le fasce deboli della popolazione, è stato superato 0 volte.

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 Corso Milano, mentre quello del biossido di zolfo è confrontabile.

Il benzene, misurato con campionatori passivi, presenta valori medi bassi. La media pesata delle concentrazioni estive e invernali è $0.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentrazione media di benzo(a)pirene a Sommacampagna è stata di $0.37 \text{ ng}/\text{m}^3$, inferiore al limite annuale di $1.0 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Le concentrazioni medie dei metalli misurate a Sommacampagna, 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.

Nei due periodi monitorati, la qualità dell'aria del comune di Sommacampagna è risultata prevalentemente accettabile e ci sono state poche giornate con qualità dell'aria pessima.

L'inquinante maggiormente critico è risultato essere il biossido di azoto, per il quale la campagna di monitoraggio evidenzia un possibile superamento del valore limite annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche le concentrazioni di polveri sottili mostrano una criticità: dall'analisi statistica emerge il rispetto del valore limite annuale pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e il superamento per più di 35 giorni del valore limite giornaliero per la protezione della salute dagli effetti acuti.

9. Confronto con le campagne di monitoraggio precedenti

Nel corso dell'anno 2005 è stata condotta una campagna di monitoraggio nel comune di Sommacampagna: il laboratorio mobile era posizionato in via Osteria Grande, non lontano quindi dalla postazione attuale.

La campagna del 2005 si è svolta in periodo invernale dal 15 novembre al 18 dicembre, nel periodo estivo dal 15 aprile al 18 maggio. La campagna invernale è stata caratterizzata da diversi periodi perturbati. Anche durante la campagna estiva si è avuta una certa variabilità con alcuni episodi piovosi anche di notevole entità.

Nel 2015, nel periodo invernale sia le precipitazioni che i venti, sono stati simili alla media dei 15 anni precedenti, il periodo estivo è stato invece un po' più siccitoso rispetto alla media.

Nelle tabelle seguenti sono riportati sinteticamente i risultati delle due campagne di monitoraggio, per gli inquinanti maggiormente critici.

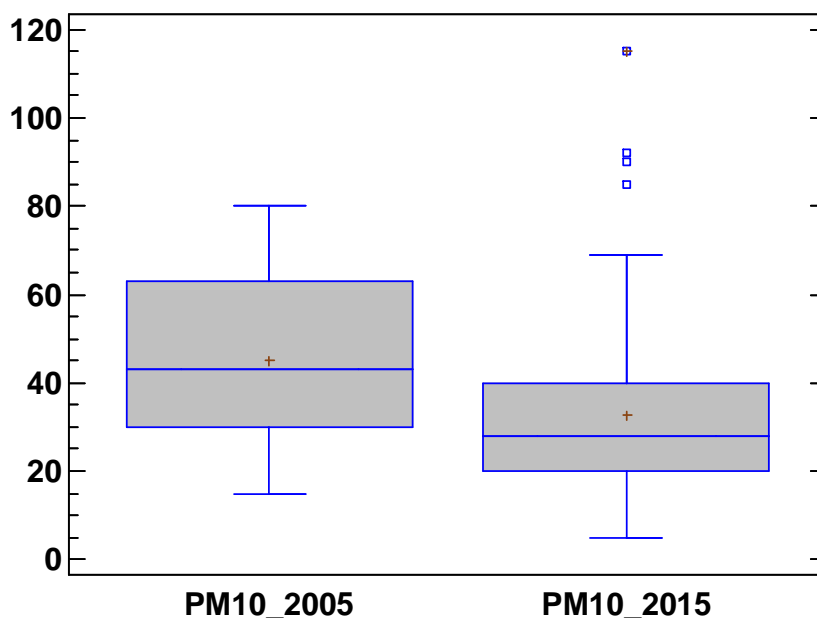
Si può notare che le concentrazioni medie di PM10 sono inferiori a quanto rilevato 10 anni fa, nondimeno nel 2015 sono state misurate concentrazioni giornaliere massime superiori a quelle misurate nel 2005, confermando così la criticità legata a questo inquinante.

La media di campagna e la media annuale ricavata dall'analisi statistica sono inferiori al valore limite annuale nel 2015, superiori nel 2005. Si noti che anche la concentrazione media annuale di

PM10 rilevata dalle stazioni fisse di Verona è inferiore al valore limite nel 2015, era superiore nel 2005.

Il grafico box-plot di figura mostra chiaramente la differenza fra le due distribuzioni di valori, 2005 e 2015: nel 2005 media (croce rossa) e mediana (linea blu) sono superiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel 2015 non solo la media e la mediana ma anche il 25° e il 75° percentile sono inferiori a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. si notano, inoltre, nel 2015 valori superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (outlier):

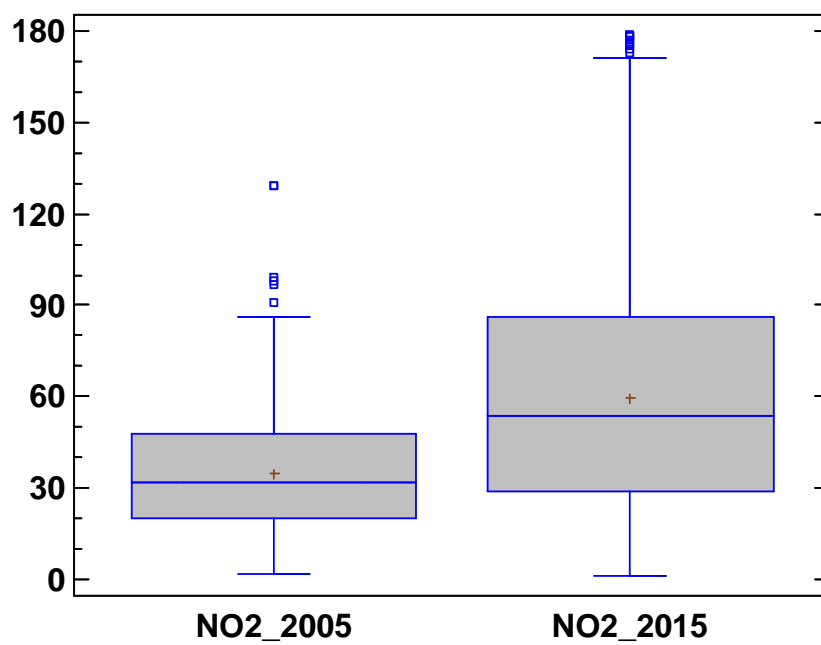
	PM10 2005	PM10 2015
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Media campagna	45	33
Deviazione standard	19	21
Minimo	15	5
Massimo	80	115
Range	65	110
n. campioni	33	78
Media stimata	49	36



	NO2 2005	NO2 2015
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Media	35	60
Deviazione standard	18	38
Minimo	2	2
Massimo	129	179
Range	127	176
n. campioni	1427	2331

Confronto fra le distribuzioni annuali

Box-and-Whisker Plot



ALLEGATO

Grafico 1 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di CO (mg/m³).

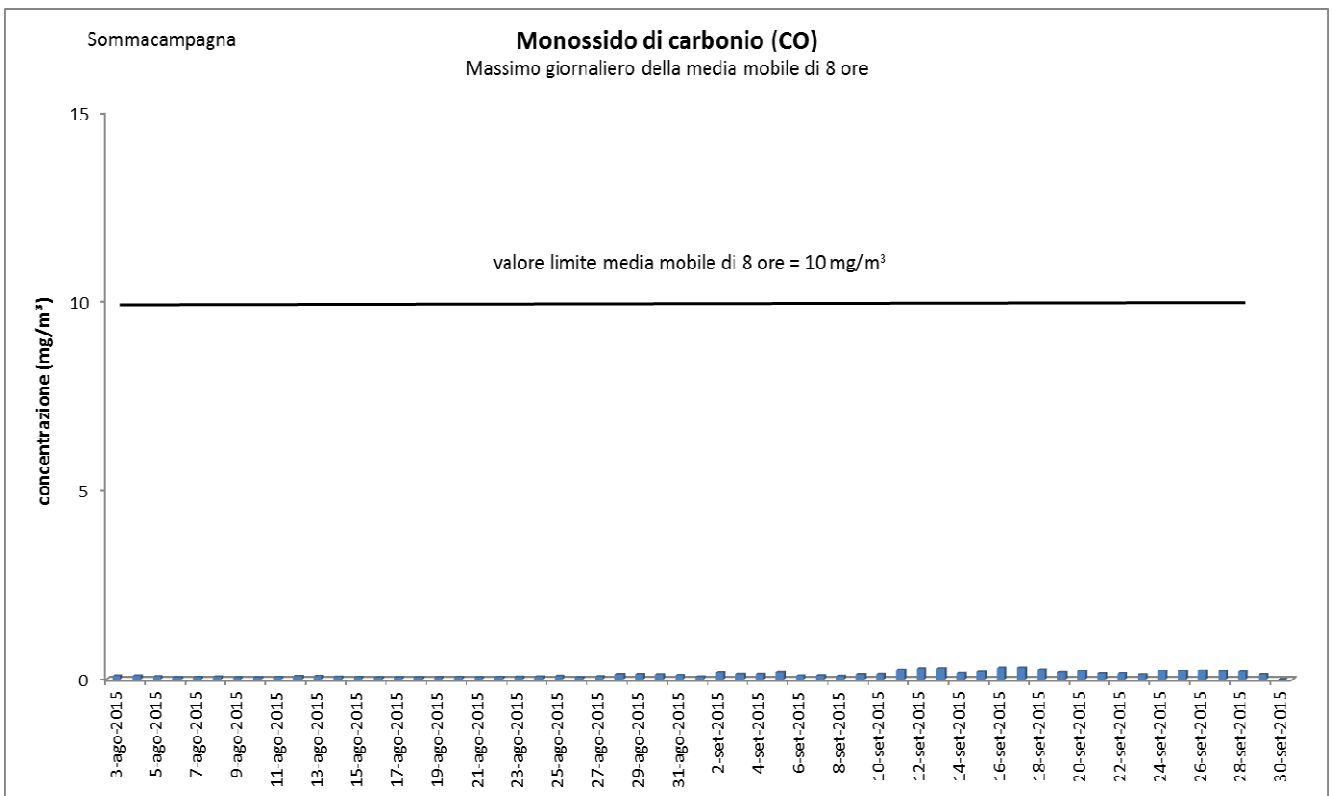
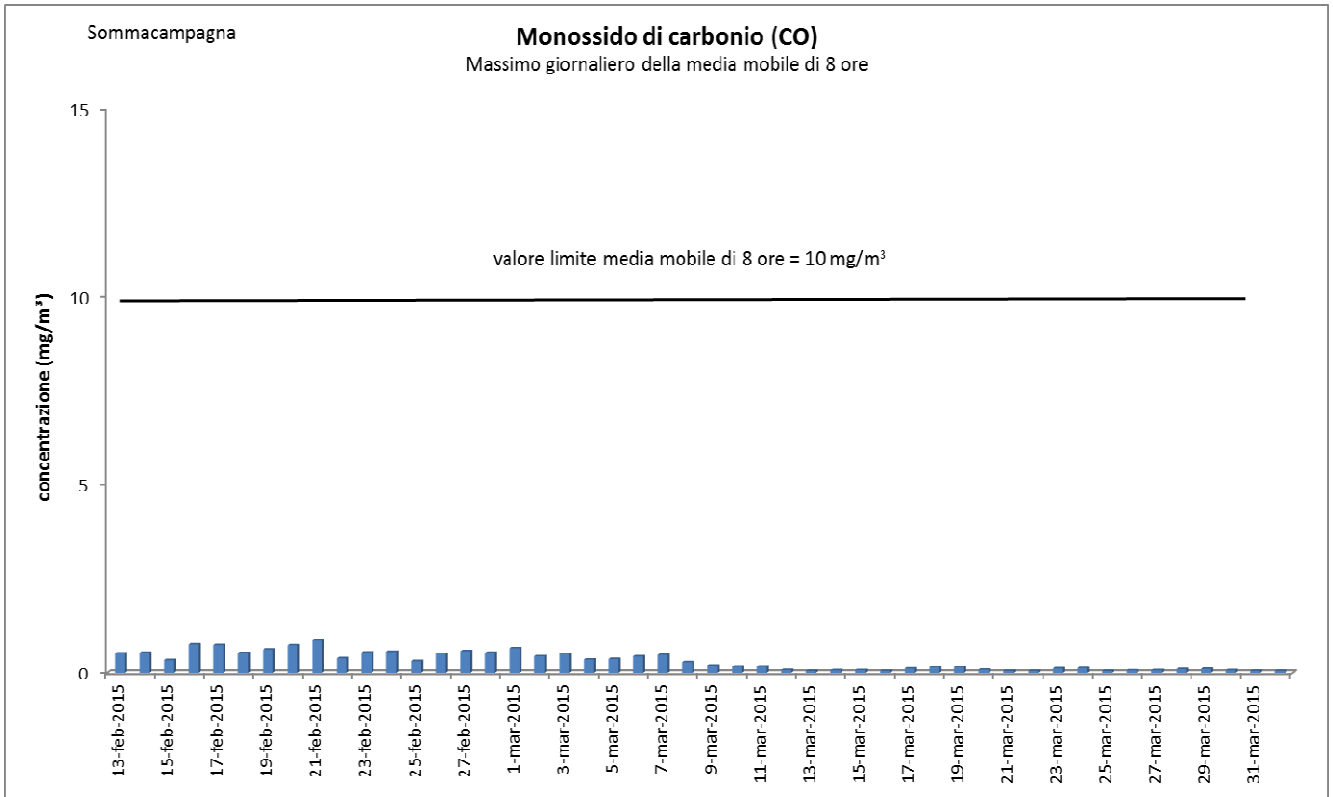


Grafico 2 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di NO₂ (µg/m³). “Esposizione acuta”.

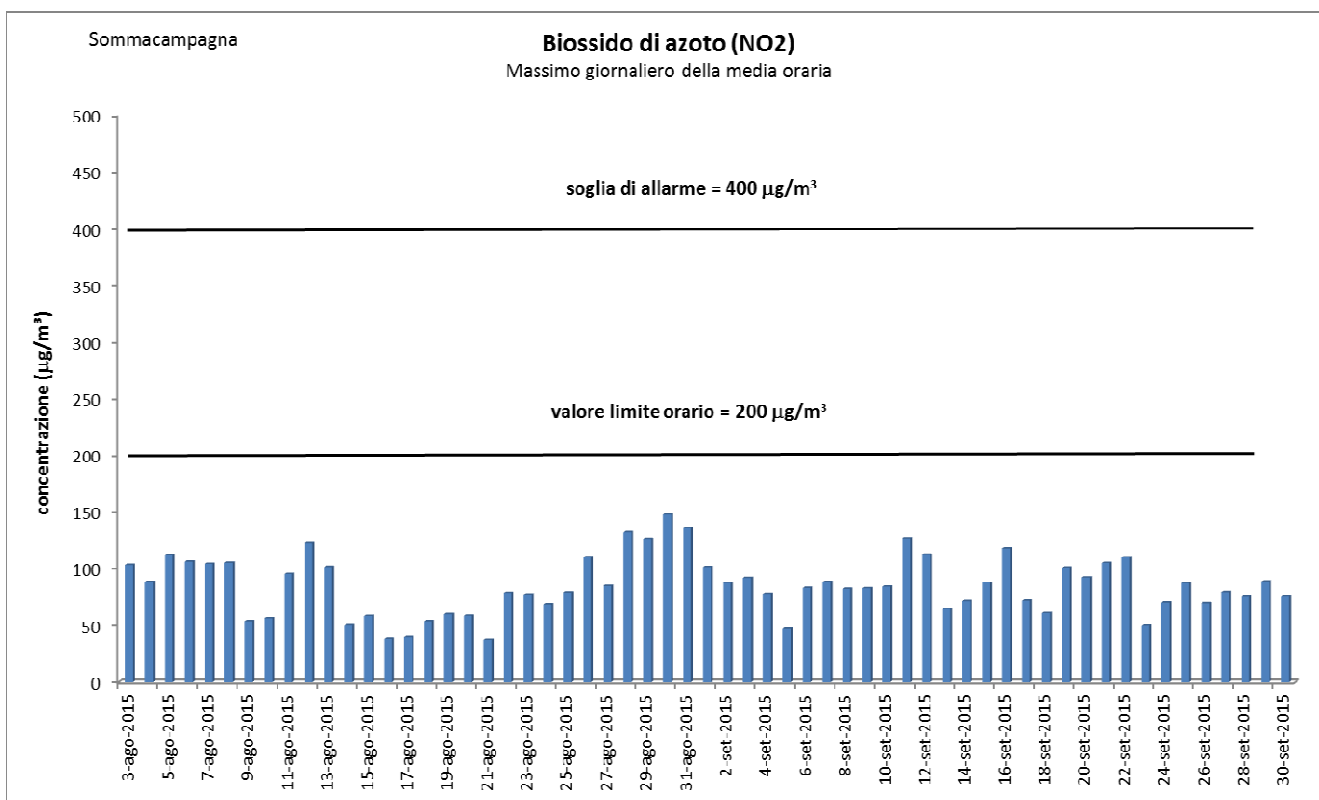
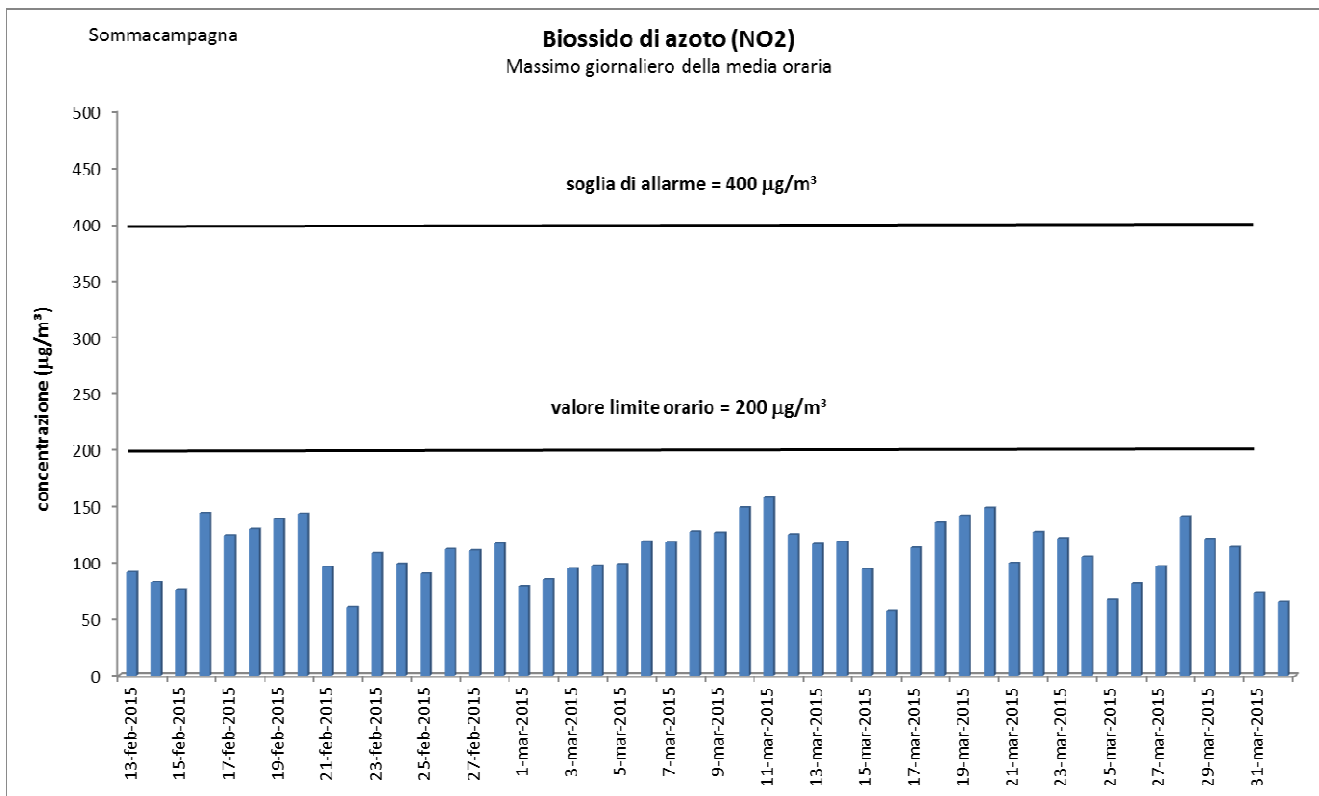


Grafico 3 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di SO₂ (µg/m³).

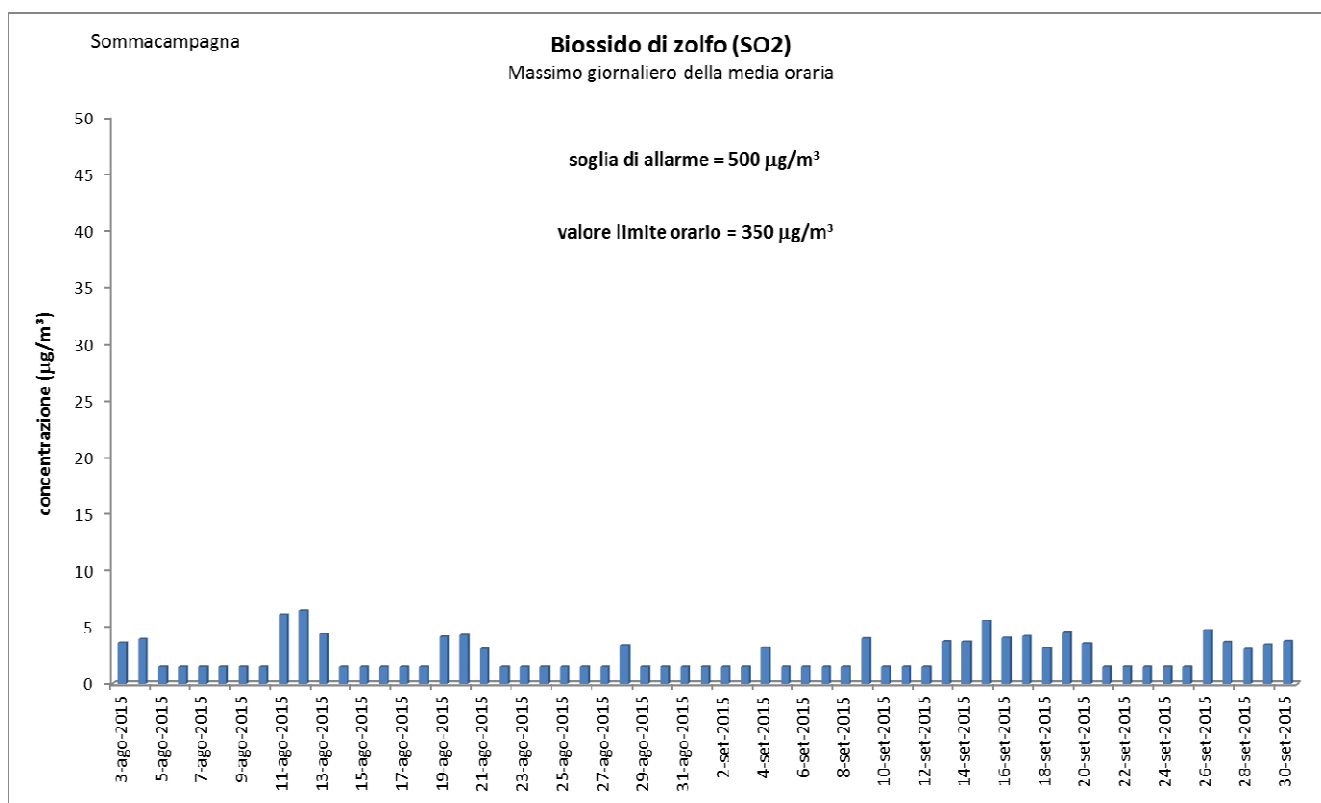
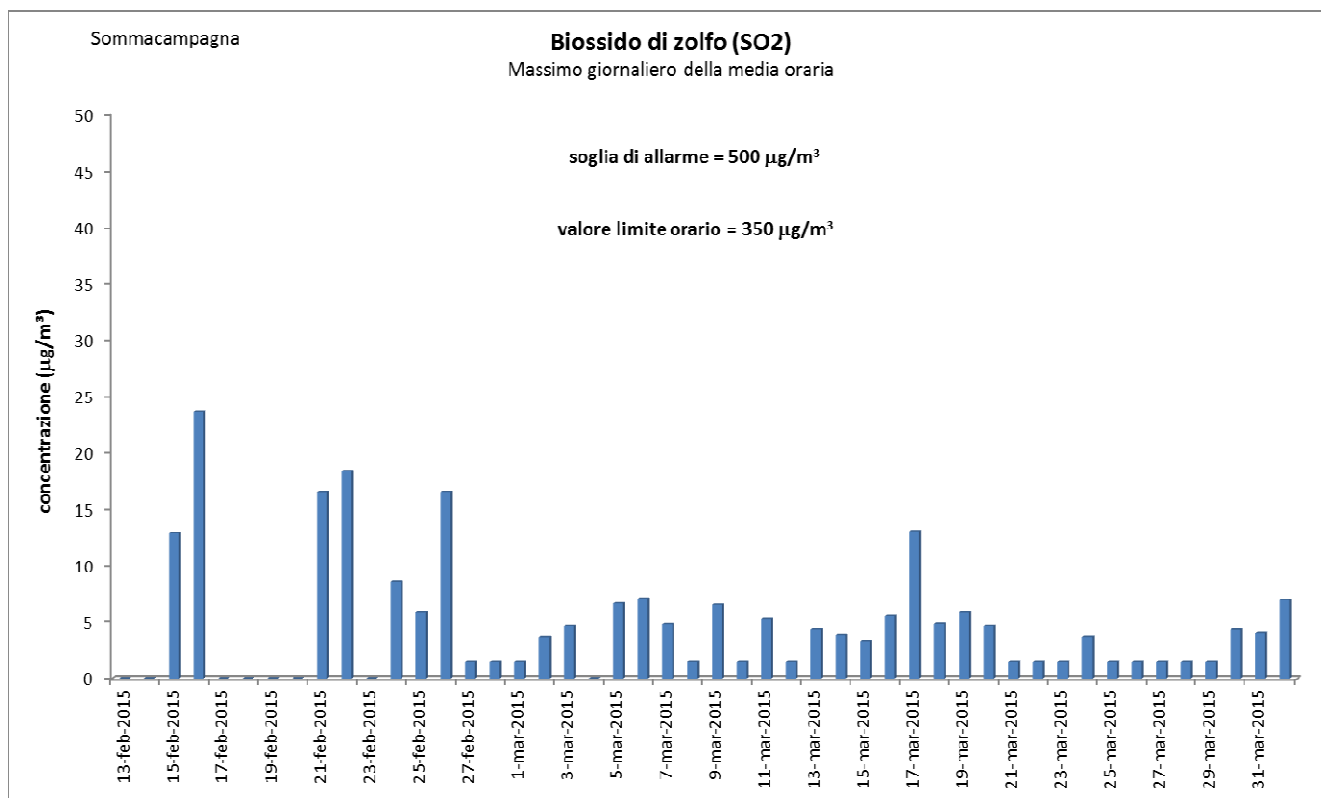


Grafico 4 – Concentrazione Media Giornaliera di SO₂ (µg/m³).

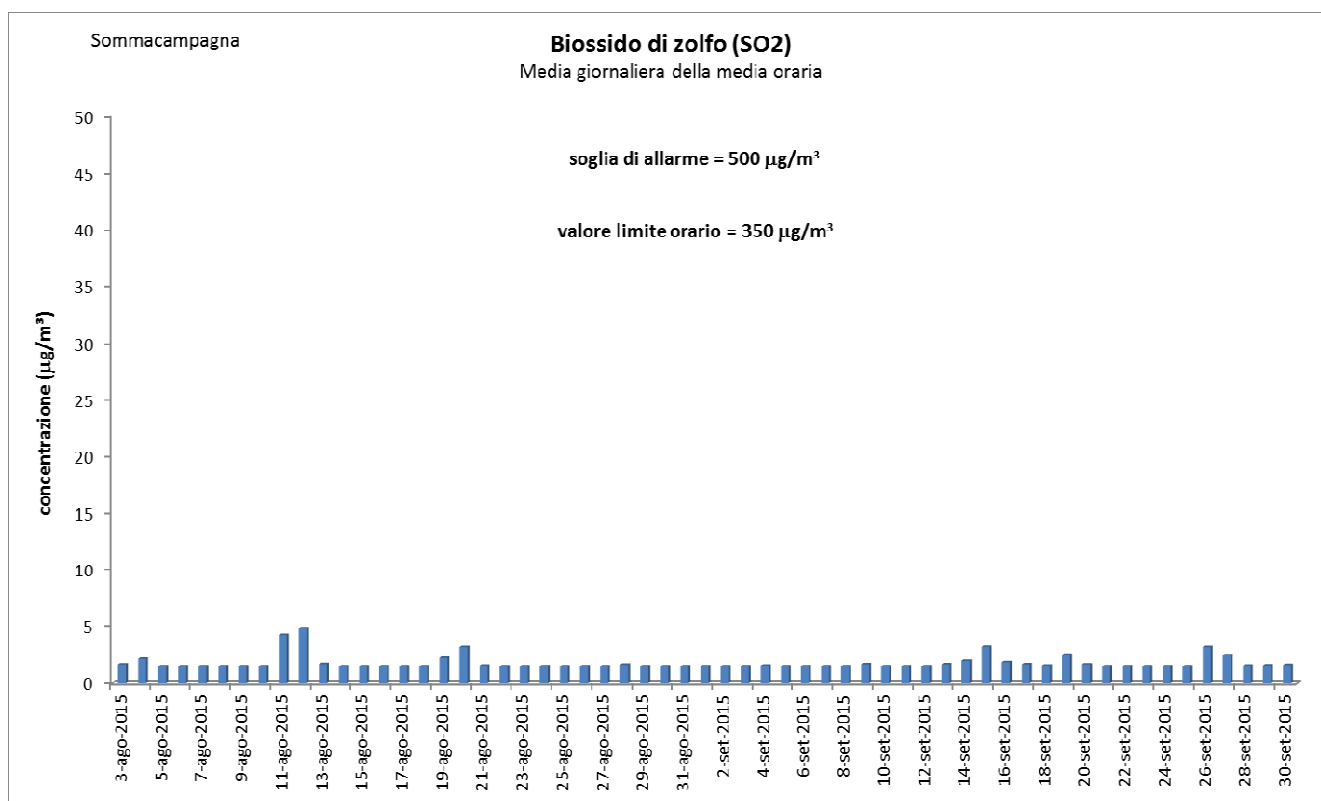
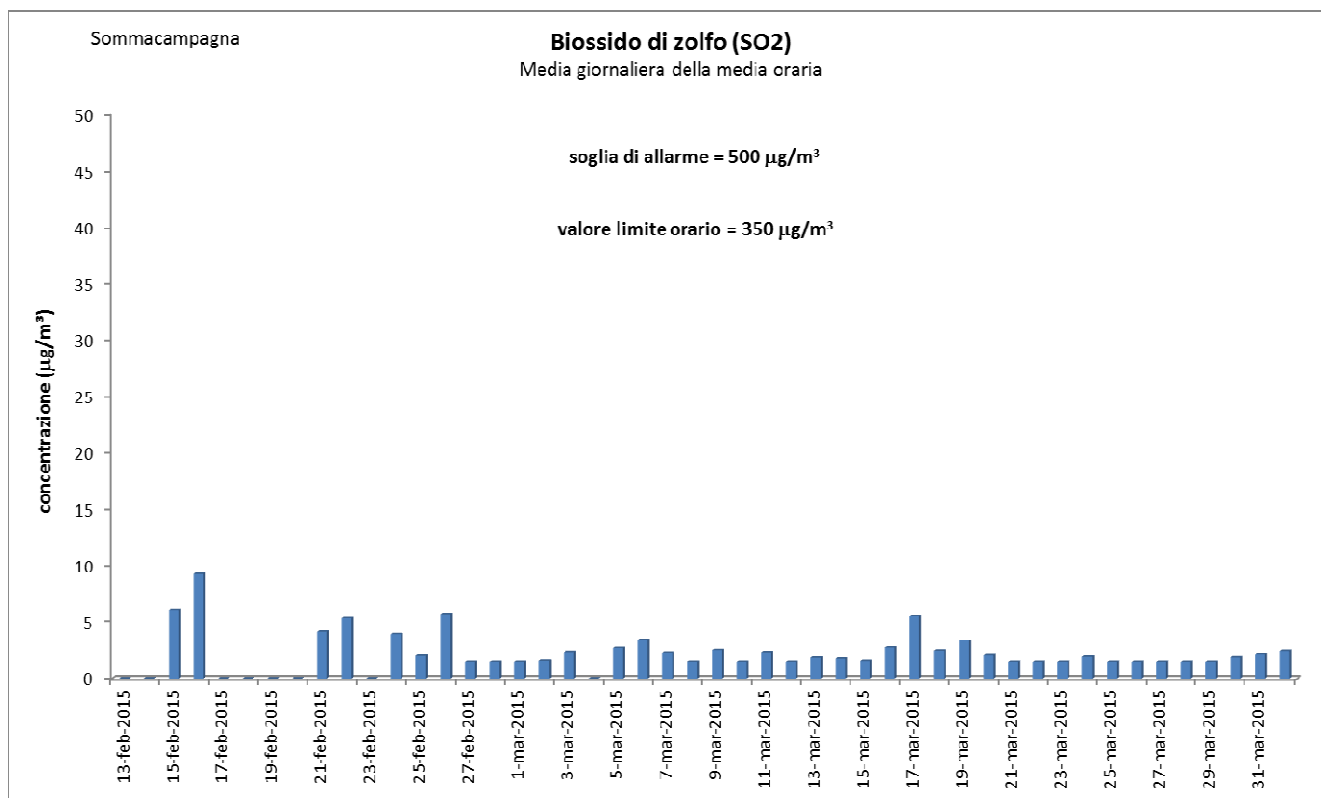


Grafico 5 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Mobile di 8 ore di O₃ (µg/m³).

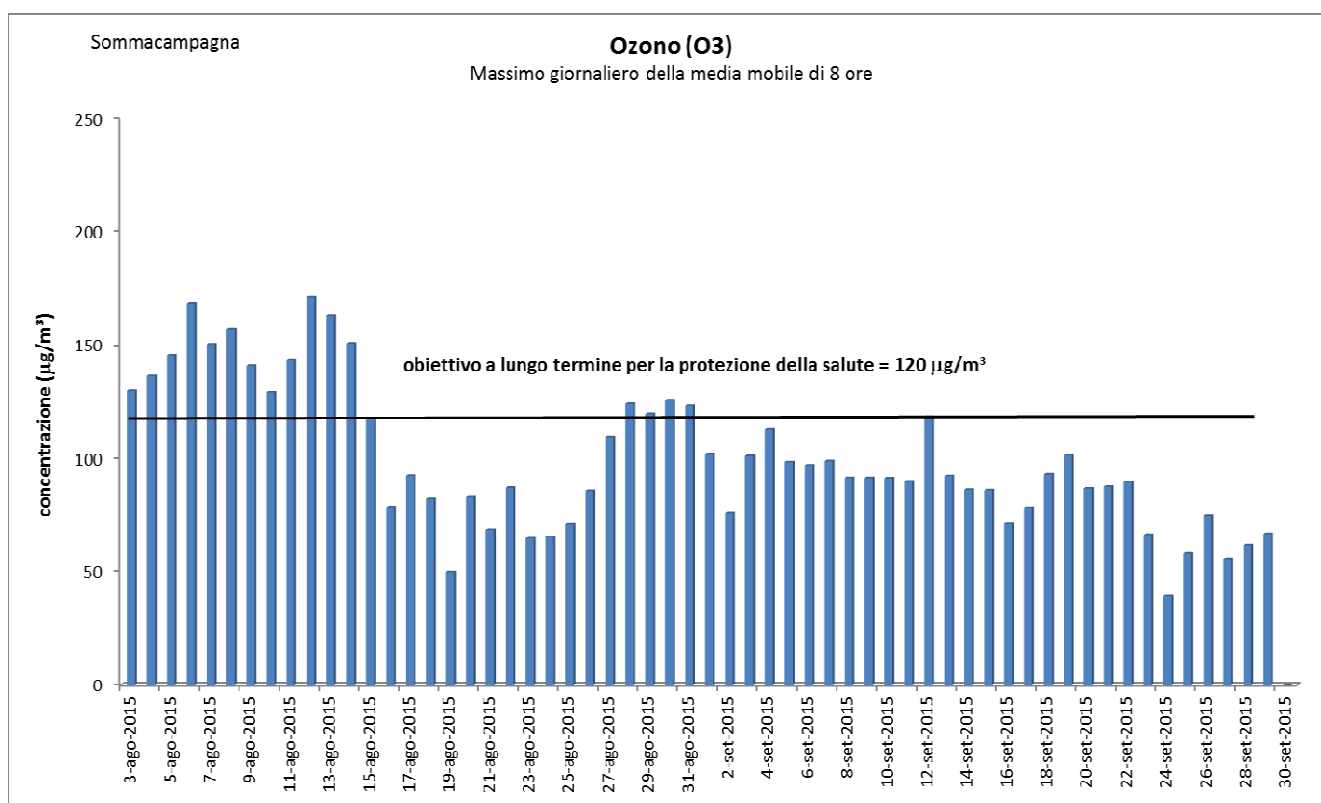
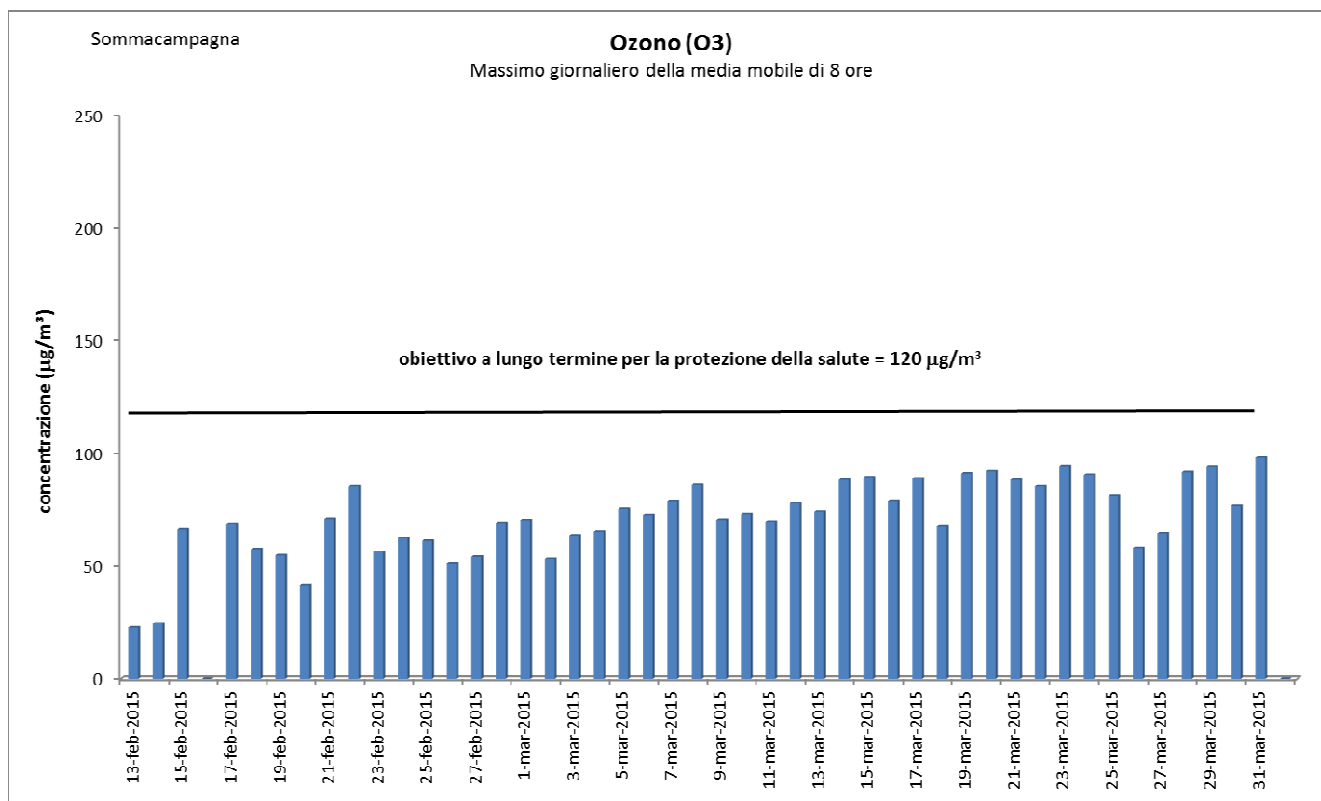


Grafico 6 – Concentrazione Massima Giornaliera della Media Oraria di O₃ (µg/m³).

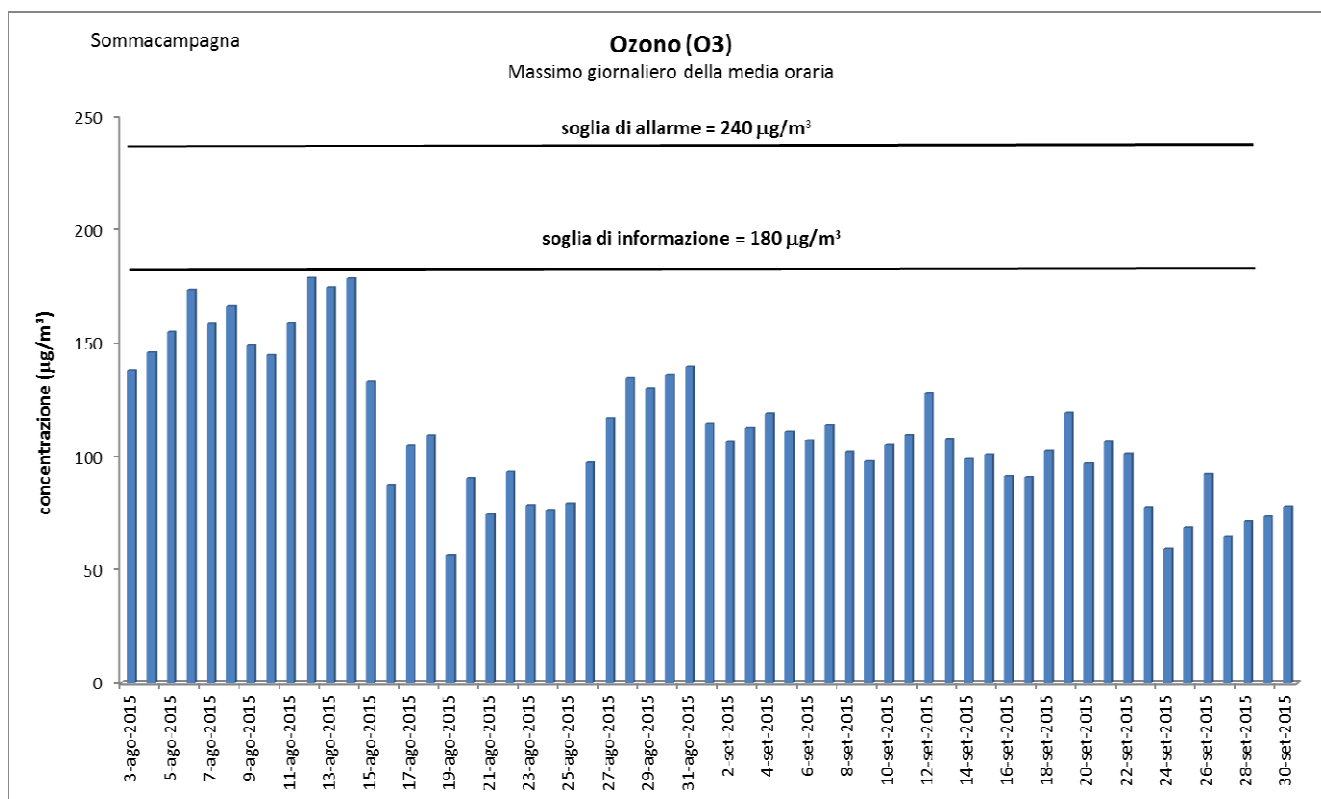
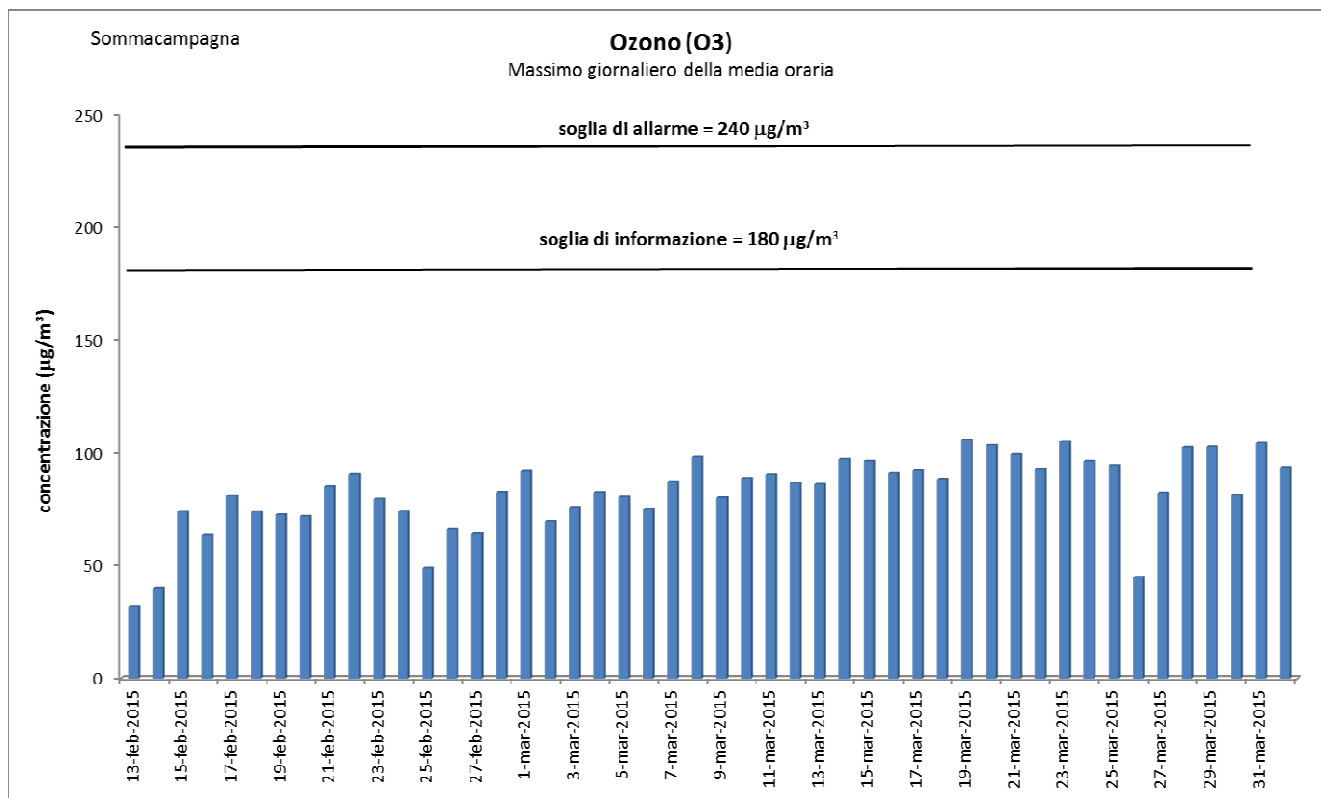


Grafico 7 – Concentrazione Giornaliera di PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

