

Dipartimento Provinciale di Verona

CAMPAGNA DI MISURA DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Comune di Verona
Via Colonnello Fincato

13 settembre - 5 novembre 2012
11 gennaio – 26 febbraio 2013

Relazione: Dr.ssa Francesca Predicatori
Dr. Paolo Frontero

Gestione Laboratorio Mobile: Andrea Salomoni

Direttore del Dipartimento: Ing. Giancarlo Cunego

Indice della relazione tecnica.

1	Periodo di indagine.....	3
2	Localizzazione del sito.....	3
3	Caratteristiche dei principali inquinanti.....	4
3.1	Polveri sottili - PM ₁₀	4
3.2	Polveri sottili - PM _{2.5}	4
3.3	Biossido di azoto- NO ₂	4
3.4	Biossido di zolfo- SO ₂	4
3.5	Monossido di carbonio- CO.....	4
3.6	Ozono – O ₃	5
3.7	Benzene – Toluene - Xilene.....	5
3.8	Metalli e metalloidi.....	5
3.9	Idrocarburi Policiclici Aromatici - IPA.....	6
4	Commento sulla situazione meteorologica.....	6
4.1	Campagna di misure 13 settembre - 5 novembre 2012.....	6
4.2	Campagna di misure 11 gennaio – 26 febbraio 2013.....	8
5	Analisi dei risultati per il PM ₁₀	9
6	Andamento inquinanti e confronto con le rilevazioni dei siti fissi.....	11
6.1	Biossido di azoto (NO ₂).....	11
6.2	Biossido di zolfo (SO ₂).....	14
6.3	Monossido di carbonio (CO).....	14
6.4	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA).....	18
6.5	Metalli.....	18
7	Conclusioni.....	19
8	Concentrazioni medie giornaliere dei principali inquinanti.....	22
9	Riferimenti normativi.....	23

1 Periodo di indagine.

Il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato nei periodi 13 settembre – 5 novembre 2012, 11 gennaio – 26 febbraio 2013 una campagna di misura con la stazione rilocabile a Verona in via Fincato al fine di valutare la qualità dell'aria in periodo invernale ed estivo.

L'indagine è volta a conoscere le concentrazioni di inquinanti su una delle principali direttrici di accesso alla città che attraversa zone densamente abitate.

La stazione rilocabile è dotata di analizzatori per il campionamento e la misura degli inquinanti chimici individuati dalla normativa inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente:

inquinanti convenzionali: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃);

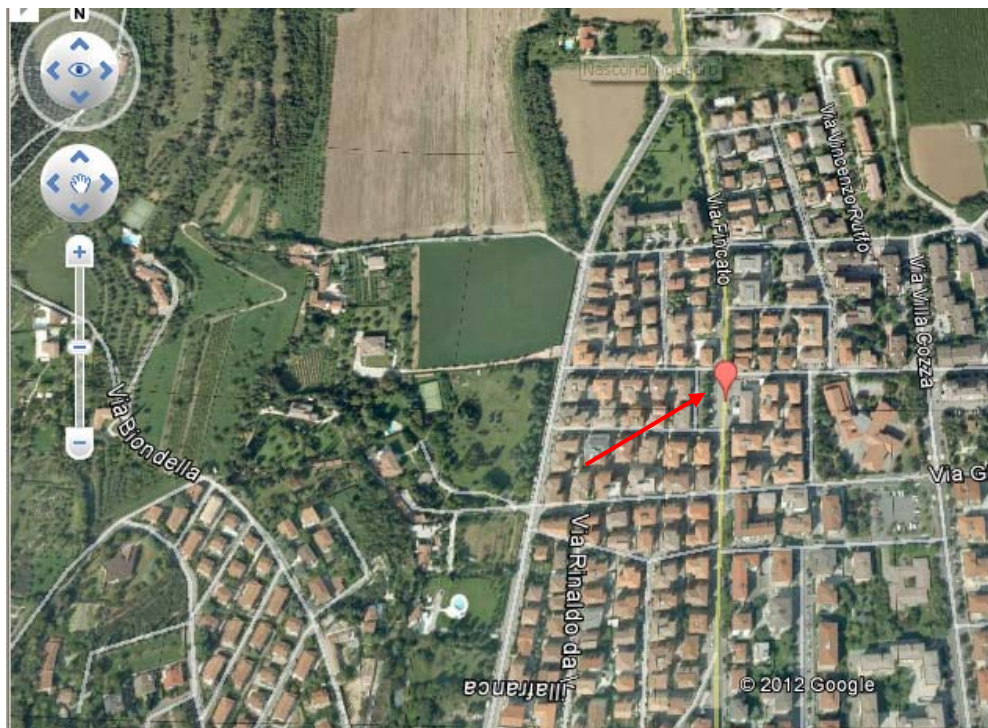
inquinanti non convenzionali: benzene, toluene, xilene, (BTX), polveri sottili (PM₁₀), idrocarburi policiclici aromatici

Sono stati inoltre misurati in continuo alcuni parametri meteorologici quali temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica, velocità del vento prevalente, direzione del vento prevalente e globale, sigma prevalente, radiazione solare netta e globale.

2 Localizzazione del sito.

Informazioni sulla località sottoposta a controllo	
Comune	Verona
Posizione	Via Fincato
Tipologia del sito	traffico urbano - Zona residenziale ¹

Figura 1: rappresentazione satellitare del sito di monitoraggio



¹Legenda: .

Stazioni di traffico urbane (TU): sono stazioni urbane localizzate in aree con forti gradienti di concentrazione degli inquinanti. A titolo indicativo si può consigliare che l'area di rappresentatività sia almeno pari a 200 m., anche se sarebbe più opportuno descriverla in funzione della lunghezza della strada.

3 Caratteristiche dei principali inquinanti

3.1 Polveri sottili - PM₁₀

Con il termine polveri sottili o PM₁₀ si indica la componente con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm del particolato aereodisperso. Si tratta di un insieme alquanto eterogeneo di composti che in parte derivano dall'emissione diretta causata dalle attività antropiche quali traffico, industria, riscaldamento. In parte (si stima per più dell'80%) è prodotto da reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera e coinvolgono i composti organici volatili, ammoniaca, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo. Inoltre, grazie alle ridotte dimensioni, le particelle di PM₁₀ possono rimanere in atmosfera per periodi di tempo anche relativamente lunghi prima di subire il processo di dilavamento o sedimentazione. Non è quindi possibile legare la concentrazione di PM₁₀ misurata localmente con una o più precise fonti emissive poiché essa è il risultato di un complesso insieme di fenomeni che implicano l'emissione di sostanze inquinanti, il loro ricombinarsi e coagularsi in atmosfera, il trasporto dovuto alle dinamiche dei bassi strati dell'atmosfera. Questo spiega la diffusione pressoché omogenea del PM₁₀ sul nostro territorio.

3.2 Polveri sottili - PM_{2.5}

Il PM_{2.5} è costituito dalla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm delle polveri aereodisperse, costituisce circa il 60-70% del PM₁₀. Viene indicato come "frazione respirabile" delle polveri poiché a causa delle sue ridotte dimensioni penetra fino agli alveoli polmonari. Può essere originato sia per emissione diretta sia in seguito a reazioni nell'atmosfera di composti chimici quali ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ammoniaca e composti organici. Le fonti antropiche possono essere ricondotte essenzialmente ai processi di combustione (traffico veicolare, utilizzo di combustibili nei processi industriali) e a emissioni industriali. Il tempo di residenza in atmosfera delle polveri fini in atmosfera può essere di diversi giorni

3.3 Biossido di azoto- NO₂

Con il termine ossidi di azoto si indica una famiglia di composti i più caratteristici dei quali sono il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Il monossido di azoto (NO) è un gas incolore e inodore che si forma in tutti i processi di combustione, indipendentemente dalla composizione chimica del combustibile, poiché l'azoto e l'ossigeno che lo costituiscono sono naturalmente presenti nell'atmosfera e si combinano in tutti i processi in cui si raggiungono temperature sufficientemente elevate (>1210°). Tali valori sono normalmente raggiunti nei motori a combustione interna. Nei processi di combustione si forma anche una piccola quantità di biossido (circa il 5%). Quest'ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione dell'ossido di azoto (NO), favorita dalla presenza di ossidanti quali l'ozono. Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche. Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti ad alte concentrazioni di NO₂ sono legati alla formazione di smog fotochimico in presenza di irraggiamento solare, alla acidificazione delle piogge ed alla riduzione dell'ozono stratosferico.

3.4 Biossido di zolfo- SO₂

Il biossido di zolfo è un gas incolore dall'odore acre e pungente a temperatura ambiente derivante sia da fonti antropiche che da fonti naturali. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche. A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio; quindi solo le piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone. Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico in quanto fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono. Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra in quanto hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.

3.5 Monossido di carbonio- CO

Qualsiasi processo di combustione incompleta provoca la produzione di monossido di carbonio (CO), un gas incolore ed inodore che a concentrazioni molto elevate, normalmente non riscontrabili nell'aria ambiente, è fortemente dannoso per la salute. Una quota notevole di CO deriva da processi naturali connessi all'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi

nell'atmosfera, dalle emissioni degli oceani e paludi, da incendi forestali, da acqua piovana e tempeste elettriche.

Le fonti antropiche di monossido di carbonio sono rappresentate da tutte le attività che comportano l'utilizzo di combustibili fossili, in particolare il traffico stradale (motori a benzina) è la sorgente principale (60% circa su scala nazionale), seguito dall'industria metallurgica (16% circa) e dall'uso domestico e commerciale (14% circa). Il CO è un inquinante primario che solo lentamente viene ossidato a CO₂: il tempo di permanenza in atmosfera può arrivare a sei mesi.

3.6 Ozono – O₃

L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione degli inquinanti primari, quali composti organici volatili e ossidi di azoto. Anche in questo caso, le condizioni meteorologiche hanno un'enorme influenza sull'andamento delle concentrazioni. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o alta e venti moderati favoriscono la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. Precursori sono i composti idrocarburici e gli ossidi di azoto presenti nell'aria, anche relativamente distanti dal punto di formazione dell'O₃. Dall'analisi dei dati effettuata l'inquinamento da ozono risulta particolarmente critico in tutta l'area pianeggiante del Veneto. L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute.

3.7 Benzene – Toluene - Xilene

Il benzene (formula bruta: C₆H₆) è il più semplice dei composti organici aromatici: è un liquido incolore dal caratteristico odore pungente che diventa irritante a concentrazioni elevate e che volatilizza facilmente a temperatura ambiente. Il benzene presente nell'aria ambiente è prevalentemente di origine antropica e deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La più importante fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina, i quali emettono benzene, oltre che dal tubo di scappamento, anche dal serbatoio e dal carburatore. In questi ultimi due casi si tratta di perdite dovute all'evaporazione legata cioè alla volatilità del combustibile ed ai fenomeni fisici che la favoriscono. L'industria petrolchimica in questi ultimi anni sta utilizzando in sostituzione del benzene il toluene (formula bruta: C₇H₈). Esso infatti presenta caratteristiche chimico-fisiche molto simili a quelle del benzene ma risulta meno tossico.

Lo xilene (formula bruta: C₈H₁₀) è un gruppo di tre derivati del benzene (isomeri: orto-, meta- e para-) e come quest'ultimo è contenuto naturalmente nel petrolio. Una delle sue possibili fonti in un contesto urbano è il gasolio per autotrazione.

3.8 Metalli e metalloidi

Nel particolato sono presenti metalli di varia natura, la cui origine è legata a una varietà di sorgenti: la normativa prevede il monitoraggio su base annuale di arsenico, nichel, cadmio e piombo.

La determinazione dei metalli e microelementi nel particolato viene effettuata per rispondere alla normativa vigente, ma anche per aumentare la conoscenza dei processi chimici e fisici che avvengono in atmosfera e che coinvolgono l'aerosol sia di origine antropica che naturale.

Il nichel è ampiamente presente nell'ambiente soprattutto come lega metallica o in combinazione con altri elementi (a dare ossidi principalmente). Fra le fonti di nichel sono annoverate: l'utilizzo di oli pesanti e di carbone, catalizzatori, acciaio e leghe non ferrose.

La principale fonte di piombo era rappresentata dall'utilizzo di questo elemento quali antidetonante nelle benzine: l'utilizzo della benzina verde ha portato ad una radicale diminuzione di questo inquinante nell'ambiente. Le rilevazioni effettuate sono inferiori agli 80 ng/m³ previsti dalla normativa.

L'inquinamento ambientale da arsenico deriva principalmente dalle industrie che utilizzano i suoi composti e dall'uso di combustibili fossili (come il petrolio ed il carbone) in cui esso è presente in quantità relativamente elevata.

I processi di formazione e lavorazione di leghe ferrose, prevedono l'utilizzo oltre che di minerali di ferro, di altri elementi quali vanadio, manganese, nichel, cobalto, cromo, molibdeno, rame e tungsteno. Tracce di questi elementi si possono ritrovare nell'aria ambiente, come componente del particolato fine.

3.9 Idrocarburi Policiclici Aromatici - IPA

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono una classe di composti organici formata da due o più anelli aromatici (es. benzene) condensati tra loro solitamente a formare una struttura piana. Si trovano naturalmente nel petrolio e la loro fonte antropica principale è data dalla combustione incompleta di legname, grassi, tabacco e combustibili fossili od organici in generale. I composti ad alto peso molecolare sono inoltre abbondantemente presenti negli asfalti, nei bitumi e nel carbone. Il comportamento degli IPA nell'ambiente è fortemente legato al numero di anelli aggregati: i composti a basso peso molecolare risultano particolarmente volatili e maggiormente solubili. La loro solubilità in acqua rimane comunque scarsa o addirittura nulla per le strutture con un maggior numero di anelli, mentre risultano particolarmente solubili nelle sostanze lipidiche (lipofilia), aspetto questo che ne determina il bioaccumulo. Solitamente in aria non si ritrovano mai composti singoli ma miscele formate anche da decine di IPA differenti. Molti di questi sono stati classificati dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) come "probabili" o "possibili cancerogeni per l'uomo", eccezion fatta per il benzo(a)pirene che è stato classificato come "cancerogeno per l'uomo".

4 Commento sulla situazione meteorologica

4.1 Campagna di misure 13 settembre - 5 novembre 2012

La situazione meteorologica è stata caratterizzata, per una certa parte della campagna di misure dal dominio anticiclonico (Figura 2), per l'altra da una alternanza di fasi perturbate; la prima il giorno 19 settembre con un passaggio di un fronte temporalesco che ha prodotto 20 mm di pioggia in 24 ore, la seconda tra il 29 settembre ed il 2 ottobre (Figura 3) con un quantitativo di pioggia totale di 42.6 mm, ed infine l'ultima il giorno 15 ottobre, caratterizzata da attività temporalesca che ha prodotto in 24 ore poco più di 22 mm di pioggia.

Figura 2 Campo medio di pressione in superficie dal 13 settembre al 5 novembre 2012

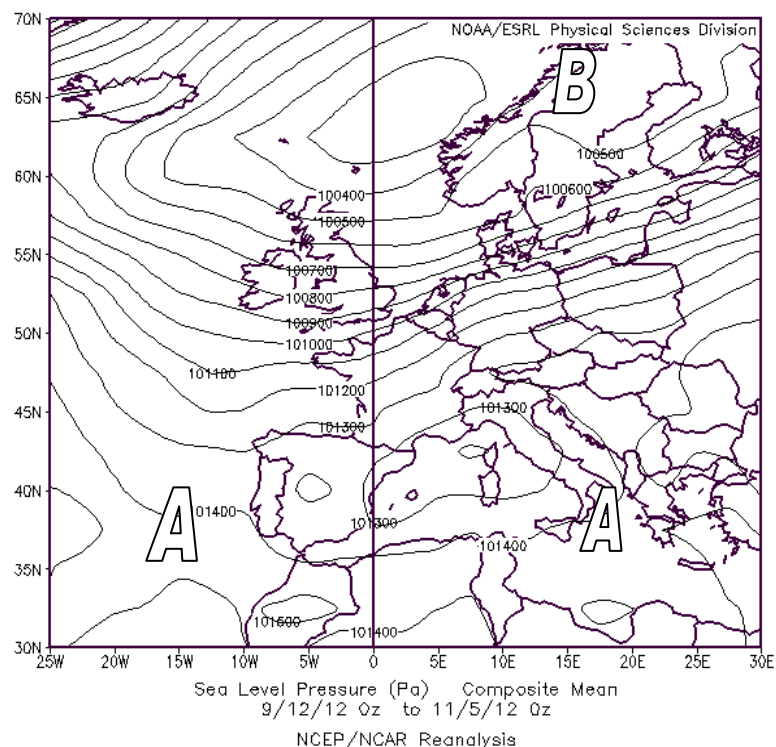
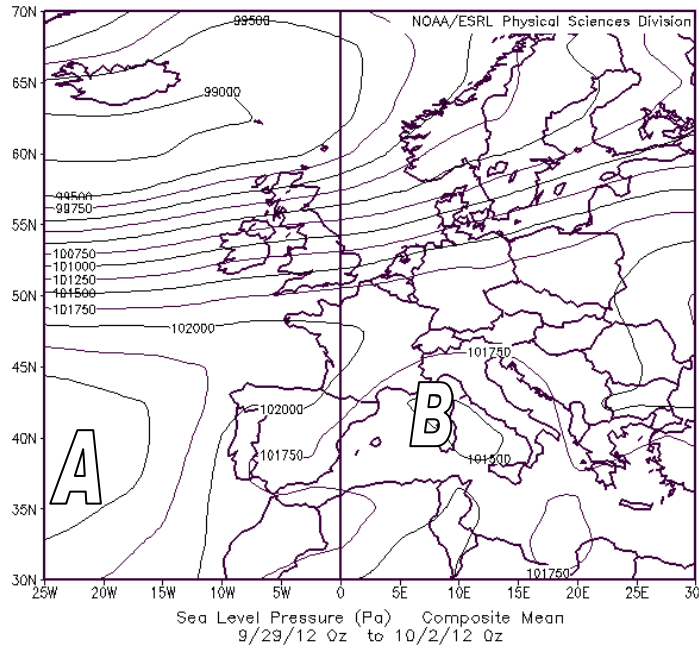


Figura 3 Campo medio di pressione in superficie dal 29 settembre al 5 novembre 2012, periodo perturbato

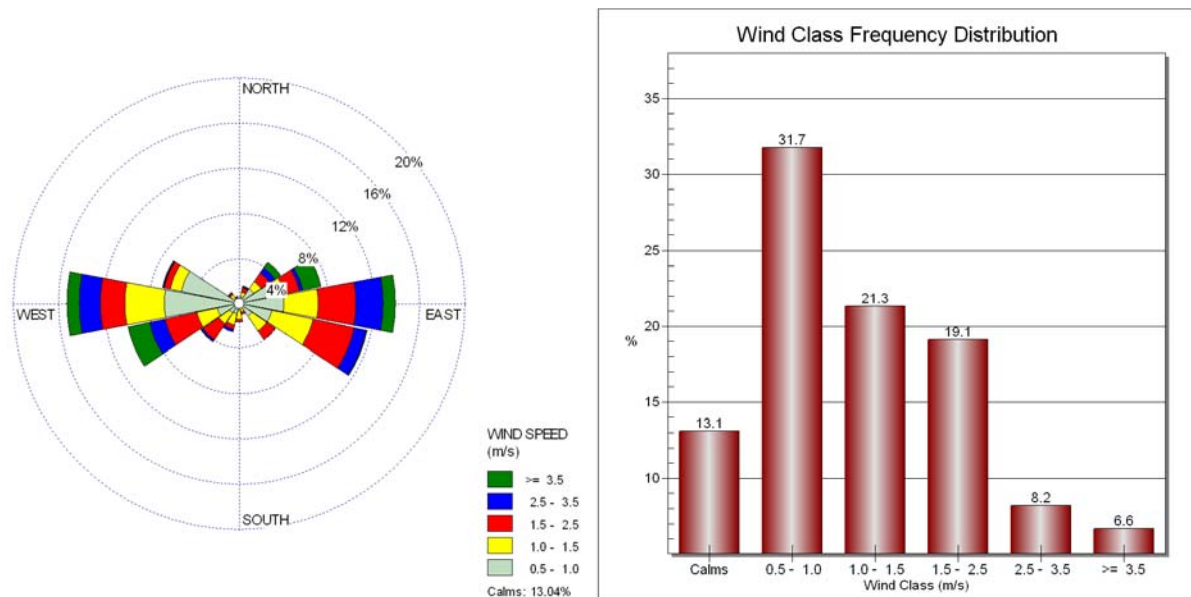


Analizziamo i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dalla stazione meteorologica di Verona Via Dominutti, sede del Dipartimento Provinciale ARPAV:

- Le direzioni prevalenti sono state: W (15.2% dei rilevamenti orari), E (13.8% dei rilevamenti orari), ESE (11.6% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 13.1 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 31.7% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.0 m/s, nel 21.3% dei casi compresi nell'intervallo fra 1.0 e 1.5 m/s; nel 19.1% dei casi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s, nel 8.2% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s, e 6.6% per velocità superiori ai 3.5 m/s. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 1.4 m/s con il 99.92% di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 4) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio

Figura 4: rosa dei venti e percentuale di incidenza a sx, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento a dx, per il periodo 13 settembre - 5 novembre 2012



4.2 Campagna di misure 11 gennaio – 26 febbraio 2013

I primi dieci giorni della campagna di misura sono stati caratterizzati da numerosi eventi piovosi per un totale complessivo di 64 mm. Complessivamente il periodo ha visto la presenza di un sistema depressionario (Figura 2) ciò ha conferito una spiccata dinamicità alle masse d'aria con ventilazione anche accentuata prevalentemente occidentale, nulli sono infatti risultati i campionamenti con calma atmosferica (inferiori a 0.5 m/s).

Analizziamo i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dalla stazione meteorologica di Verona Via Dominutti, sede del Dipartimento Provinciale ARPA:

- Le direzioni prevalenti sono state: W (26.6% dei rilevamenti orari), E (15.5% dei rilevamenti orari), ESE (7.8% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano: 0 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), 28.4% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.0 m/s, 28.4% dei casi compresi nell'intervallo fra 1.0 e 1.5 m/s; 24.1% dei casi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s, 10.2% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s, e 10.1% per velocità superiori ai 3.5 m/s. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 1.76 m/s con il 91.84% di dati validi.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio (Figura 5).

Figura 5 : rosa dei venti e percentuale di incidenza a sx, distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento a dx, per il periodo 11 gennaio – 26 febbraio 2013

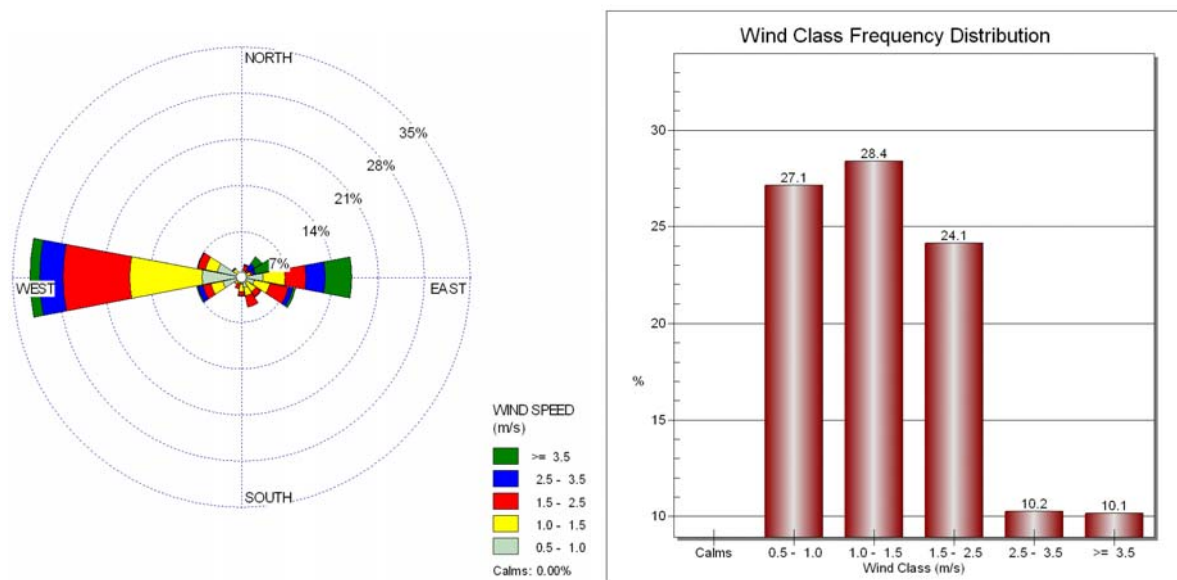
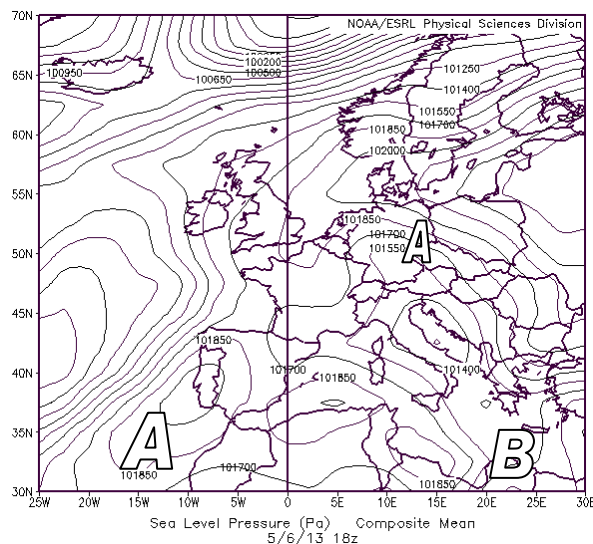


Figura 6 Campo medio di pressione in superficie dal 11 gennaio al 26 febbraio 2013



5 Analisi dei risultati per il PM₁₀

Le concentrazioni di PM₁₀ misurate durante la campagna di monitoraggio effettuata a Verona in via Fincato sono state confrontate con quelle rilevate dalle stazioni fisse della rete regionale di rilevamento di Verona- Cason e Verona Borgo Milano. La stazione di Verona - Cason è una stazione di fondo urbano situata lontano da fonti emissive dirette quali strade e industrie, è quindi un punto di campionamento rappresentativo dei livelli d'inquinamento caratteristici dell'area risultanti dal trasporto degli inquinanti anche dall'esterno dell'area urbana e dalle emissioni dell'area urbana stessa. La stazione di Verona Borgo Milano è una stazione di traffico urbano, situata presso una strada ad alta intensità di traffico, ed è quindi rappresentativa di situazioni urbane caratterizzate prevalentemente da emissioni legate al traffico veicolare.

Sono stati calcolati per ogni periodo di misura il valore medio, il numero di giorni in cui è stato superato il valore limite di 50 µg/m³, la percentuale di giorni di superamento rispetto al numero di giorni di monitoraggio, la correlazione tra il sito di monitoraggio e le due stazioni di riferimento per la durata della campagna. I risultati sono riportati in tabella 1. La miglior correlazione tra il sito oggetto del campionamento di PM₁₀ e le altre due stazioni di riferimento è risultata di 0.816 con la stazione di Cason.

Tabella 1: Risultati del monitoraggio del PM₁₀ (µg/m³) durante la campagna di monitoraggio a Verona in Via Fincato

14/09/12-16/10/12	Via Fincato	Cason	B.go Milano
media periodo	26	19	34
Mediana	24	18	31
Minimo	12	3	14
Massimo	46	35	84
Deviazione standard	9	8	14
n. dati validi	30	32	33
n. sup. VL 50 ug/m3	0	0	3
correlazione		0.8	0.8
12/01/13-13/02/13	Via Fincato	Cason	B.go Milano
media periodo	38	40	52
Mediana	38	40	53
Minimo	6	3	6
Massimo	77	81	100
Deviazione standard	18	19	24
n. dati validi	31	33	33
n. sup. VL 50 ug/m3	6	8	17
correlazione		0.9	0.9

Figura 7 andamento dei principali parametri meteorologici (vento e precipitazione) e concentrazione di PM₁₀ registrati in Via Fincato durante la campagna di misura estiva (14 settembre – 10 ottobre.)

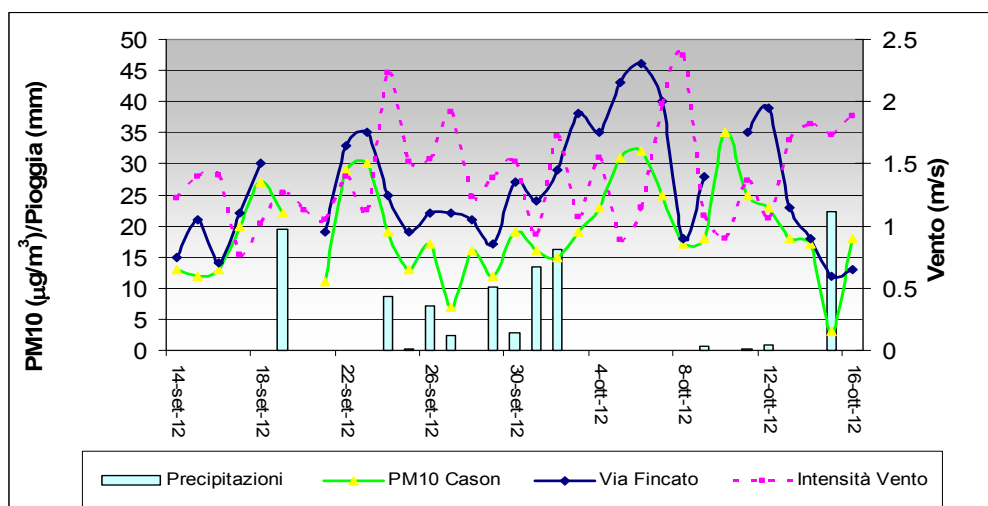


Figura 8 andamento dei principali parametri meteorologici (vento e precipitazione) e concentrazione di PM_{10} registrati in Via Fincato durante la campagna di misura invernale (12 gennaio – 13 febbraio 2013)

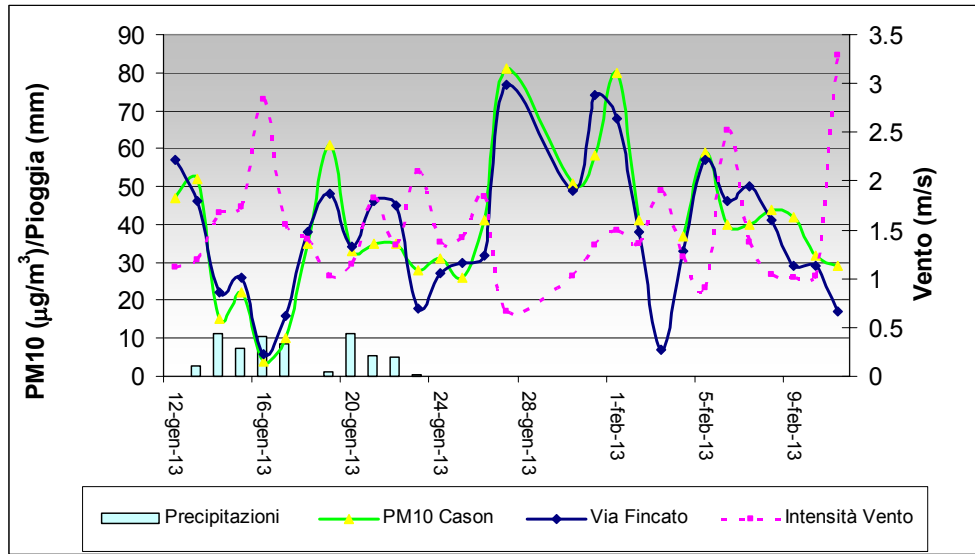


Figura 9: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} e vettore vento medio giornaliero rilevati durante la campagna di misura in via Fincato (14 settembre – 10 ottobre 2012)

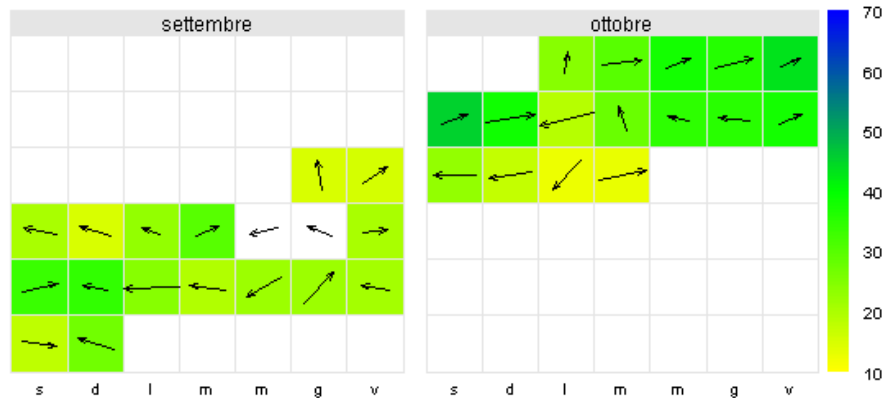
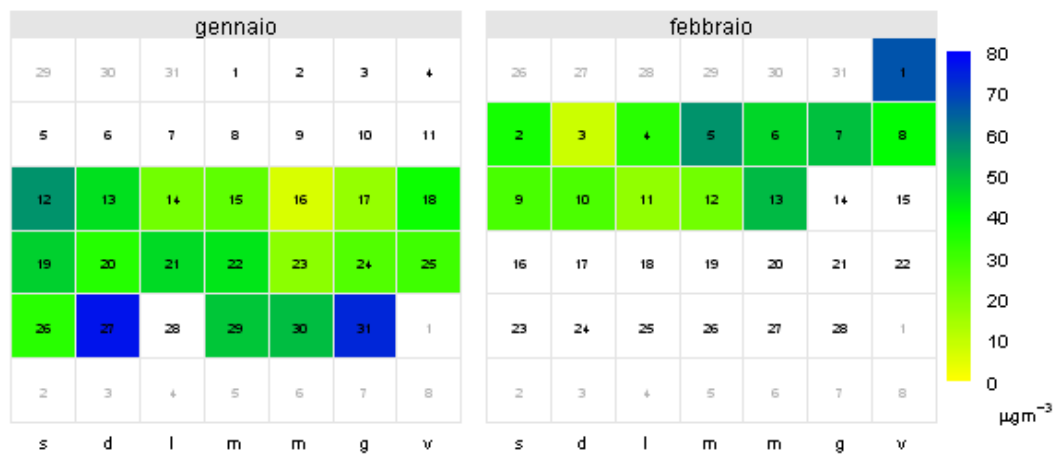


Figura 10: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} rilevate durante la campagna di misura in Via Fincato (12 gennaio – 13 febbraio 2013)



Nella prima metà della campagna di monitoraggio estivo i valori di PM_{10} ,sono stati contenuti a seguito dell'effetto di dilavamento prodotto dalle precipitazioni; successivamente per effetto della stabilità si è determinato un aumento delle concentrazioni, che si sono mantenute comunque sempre al di sotto dei $50 \mu g/m^3$ (Figura 7 e Figura 9).

I primi dieci giorni di monitoraggio invernale del PM₁₀, sono stati caratterizzati da valori bassi a seguito del dilavamento prodotto dalle precipitazioni; successivamente le condizioni di stabilità atmosferica hanno determinato un aumento delle concentrazioni con massimi fino a 77 µg/m³ il giorno 27 gennaio e valori elevati anche nei giorni 31 gennaio e 1 febbraio (Figura 8 e Figura 10).

6 Andamento inquinanti e confronto con le rilevazioni dei siti fissi

6.1 Biossido di azoto (NO₂)

Durante la campagna di misura non sono stati rilevati superamenti del limite orario pari a 200 µg/m³. Vi è da osservare come il valore medio della concentrazione di tale inquinante risulta superiore ai valori della stazione fissa di Cason e a quella di B.go Milano (Tabella 2) sia nel periodo estivo che nel periodo invernale.

In Figura 11 è riportata la concentrazione media giornaliera di NO₂ nel periodo estivo: le concentrazioni si sono mantenute pari o inferiori ai 40 µg/m³ tranne che in alcuni giorni di ottobre (22-25 ottobre). In Figura 12 è riportato il giorno tipo della concentrazione di NO₂ nel periodo estivo: si notano i massimi corrispondenti alle ore di maggior traffico veicolare. In Figura 13 sono riportati i valori medi e massimi giornalieri e in Figura 14 la settimana tipo della concentrazione di NO₂: il giorno meno critico è la domenica con una concentrazione media pari a 22 µg/m³

Tabella 2: Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di NO₂ rilevata nelle campagne di monitoraggio effettuate a Verona in Via Fincato e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

14/09/12-4/11/12	Via Fincato	B.go Milano	Cason
media periodo	35	32	23
Mediana	34	31	21
Minimo	2	3	1
Massimo	100	90	89
Deviazione standard	18	13	13
percentuale dati validi	96	86	95

12/01/13-25/02/13	Via Fincato	B.go Milano	Cason
media periodo	50	44	31
Mediana	48	42	31
Minimo	5	6	2
Massimo	109	113	102
Deviazione standard	20	18	18
percentuale dati validi	97	96	77

Figura 11: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ e vettore vento medio giornaliero rilevati durante la campagna di misura estiva 14/09/12-4/11/12 in Via Fincato

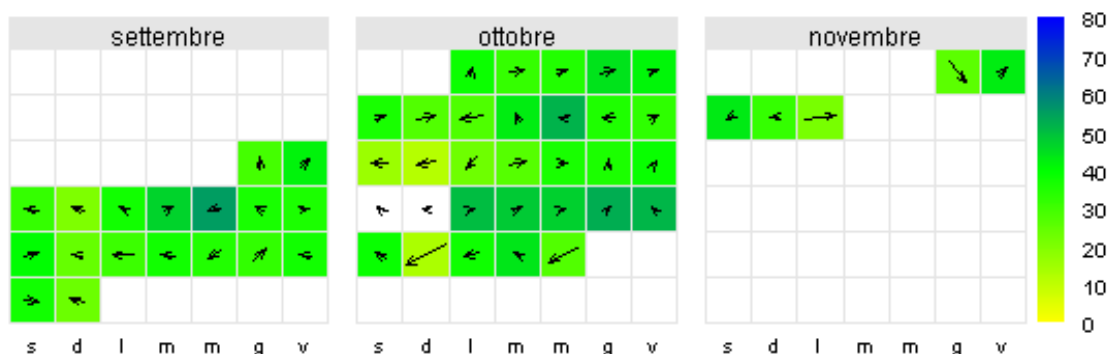


Figura 12: giorno tipo di NO₂ rilevata a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura estiva 14/09/12-4/11/12

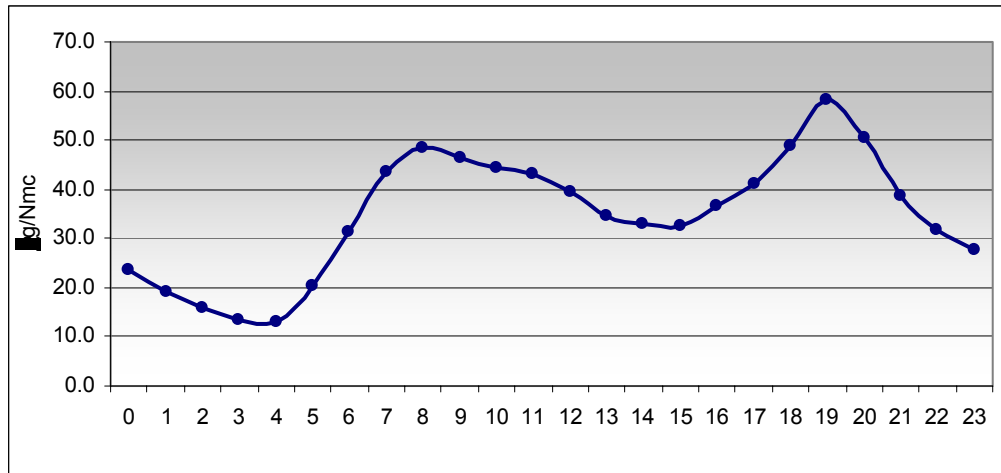


Figura 13: valori medi e massimi giornalieri, della concentrazione di NO₂ rilevata in Via Fincato nella campagna di misura estiva 14/09/12-4/11/12

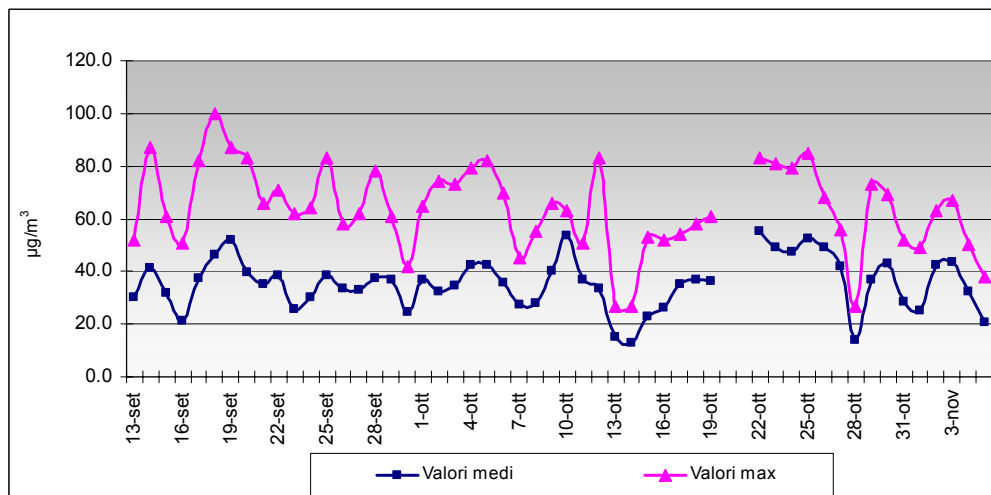


Figura 14: settimana tipo della concentrazione di NO₂ rilevata in Via Fincato nella campagna di misura estiva 14/09/12-4/11/12

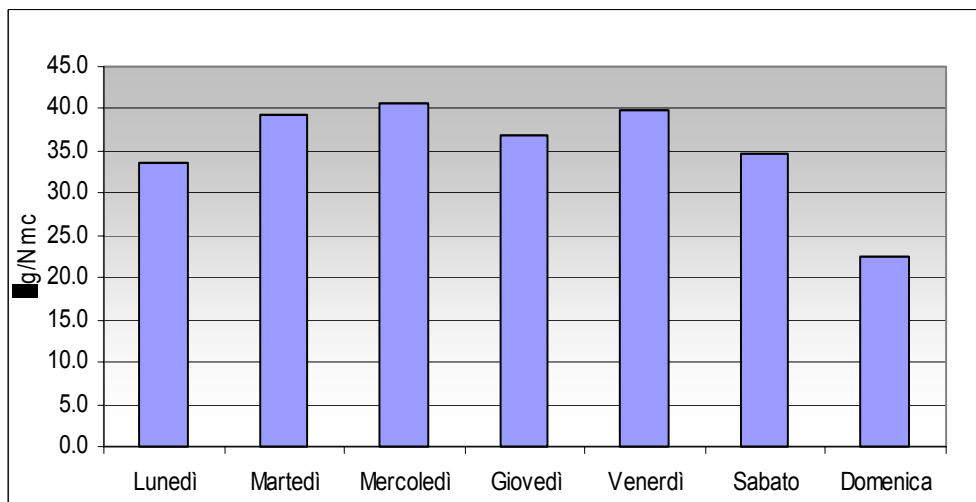


Figura 15: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ rilevate in via Fincato durante la campagna di misura invernale 12/01/13-25/02/13

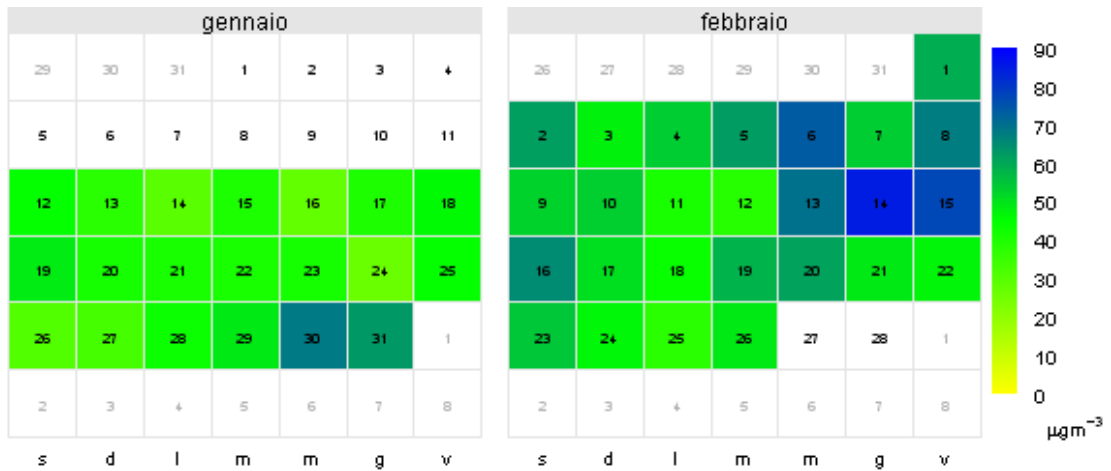


Figura 16: giorno tipo della concentrazione di NO₂ rilevata a Verona in via Fincato durante la campagna di misura invernale 12/01/13-25/02/13

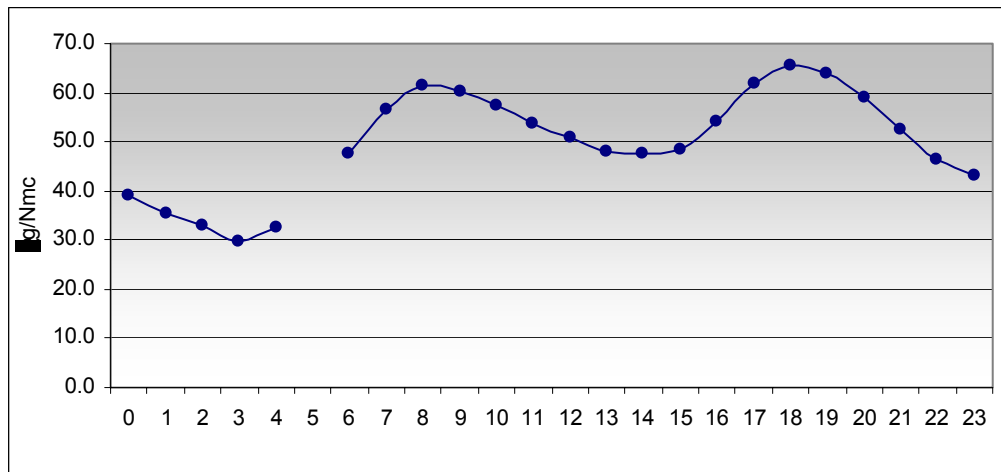


Figura 17: valori medi e massimi giornalieri, della concentrazione di NO₂ rilevata in via Fincato durante la campagna di misura invernale 12/01/13-25/02/13

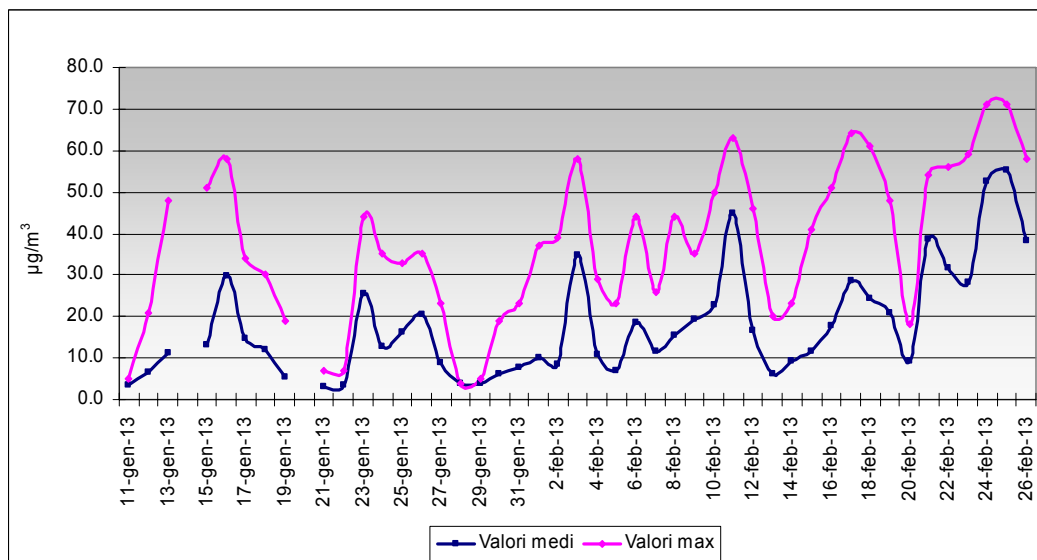
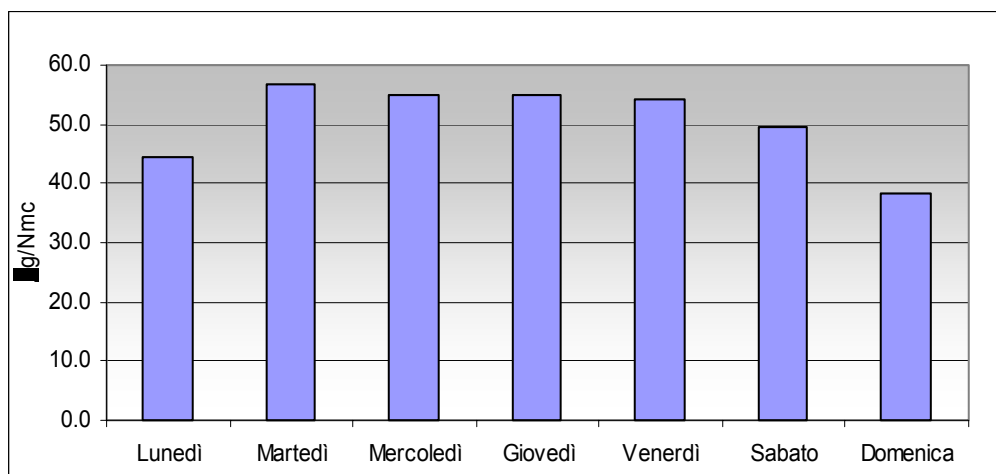


Figura 18: settimana tipo della concentrazione di NO₂ rilevata in via Fincato durante la campagna di misura invernale 12/01/13-25/02/13



Dall'analisi dei dati della campagna di misura invernale si nota come gli ultimi giorni di gennaio e gran parte di febbraio siano stati caratterizzati da concentrazioni elevate, superiori a 40 µg/m³ (grafici di Figura 15 e Figura 17). Il giorno tipo (Figura 16) mostra due picchi nelle ore di massimo traffico al mattino e alla sera, il giorno della settimana concentrazioni inferiori alla media del periodo è la domenica, come emerso dalla campagna estiva. In generale le concentrazioni medie sono più elevate rispetto a quelle rilevate nella campagna estiva, evento ascrivibile alle condizioni meteorologiche invernali in generale meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti.

6.2 Biossido di zolfo (SO₂)

I valori medi misurati nella campagna di misura risultano superiori alla stazione di riferimento di B.go Milano, ma comunque sono ampiamente inferiori ai limiti di legge

Tabella 3: Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di SO₂ rilevata nelle campagne di monitoraggio effettuate a Verona in Via Fincato e nello stesso periodo presso la stazione fissa di Verona.

periodo	Concentrazione SO ₂ (µg/m ³)	Via Fincato	VR-B.go Milano
13/09/12-5/11/12	Media	5	1
	Minimo	2	2
	Max. orario	13	5
11/01/13-26/02/13	Media	3	2
	Minimo	2	2
	Max. orario	12	7

6.3 Monossido di carbonio (CO)

Il valore massimo orario, rilevato durante la campagna, è stato pari a 2.8 mg/m³, superiore al valore massimo di B.go Milano.

Tabella 4: Media oraria, deviazione standard e massima concentrazione oraria di CO rilevata nella campagna di monitoraggio effettuata in Via Fincato e nello stesso periodo presso la stazione fissa di B.go Milano.

periodo	Concentrazione CO (mg/m ³)	Via Fincato	VR-Corso Milano
14/09/12-4/11/12	Media	0.5	0.4
	Minimo	0.1	0.2
	Max. orario	1.8	1.1

periodo	Concentrazione CO (mg/m ³)	Via Fincato	VR-Corso Milano
12/01/-25/02/13	Media	1.0	0.6
	Minimo	0.1	0.2
	Max. orario	2.8	1.6

6.3.1 Ozono (O₃)

Durante le campagne di misura non sono stati rilevati superamenti della soglia oraria di informazione pari a 180 µg/m³. I valori di concentrazione rilevati in via Fincato sono confrontabili con quelli rilevati dalla stazione di riferimento urbana di Cason. Si noti l'aumento delle concentrazioni medie giornaliere la domenica sia in periodo invernale che in periodo estivo legata alla diminuzione del traffico e quindi dell'emissione di NOx. La formazione di ozono dipende, infatti, dalla disponibilità del catalizzatore NO: negli ambienti urbani inquinati l'NO appena emesso può combinarsi rapidamente con l'ozono e ridurne la concentrazione. In questi casi, le concentrazioni dell'ozono dipendono dalla presenza dei VOC, che diventano gli elementi da contenere allo scopo di ridurre le concentrazioni dell'ozono. In assenza di riduzioni dei VOC, riduzioni degli NOx portano ad aumentare le concentrazioni di ozono a livello locale.

Tabella 5: Media oraria, deviazione standard e massima concentrazione oraria di O₃ (µg/m³) rilevata nella campagne di monitoraggio effettuata in Via Fincato e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

	14/09/12 - 4/11/12		12/01 - 25/02/13	
	Via Fincato	Cason	Via Fincato	Cason
media periodo	28	28	17	21
Mediana	23	16	9	10
Minimo	3	5	2	3
Massimo	116	122	71	82
Deviazione standard	23	27	17	21
percentuale dati validi	97	98	99	87

Figura 19: plot-calendario delle concentrazioni medie giornaliere di O₃

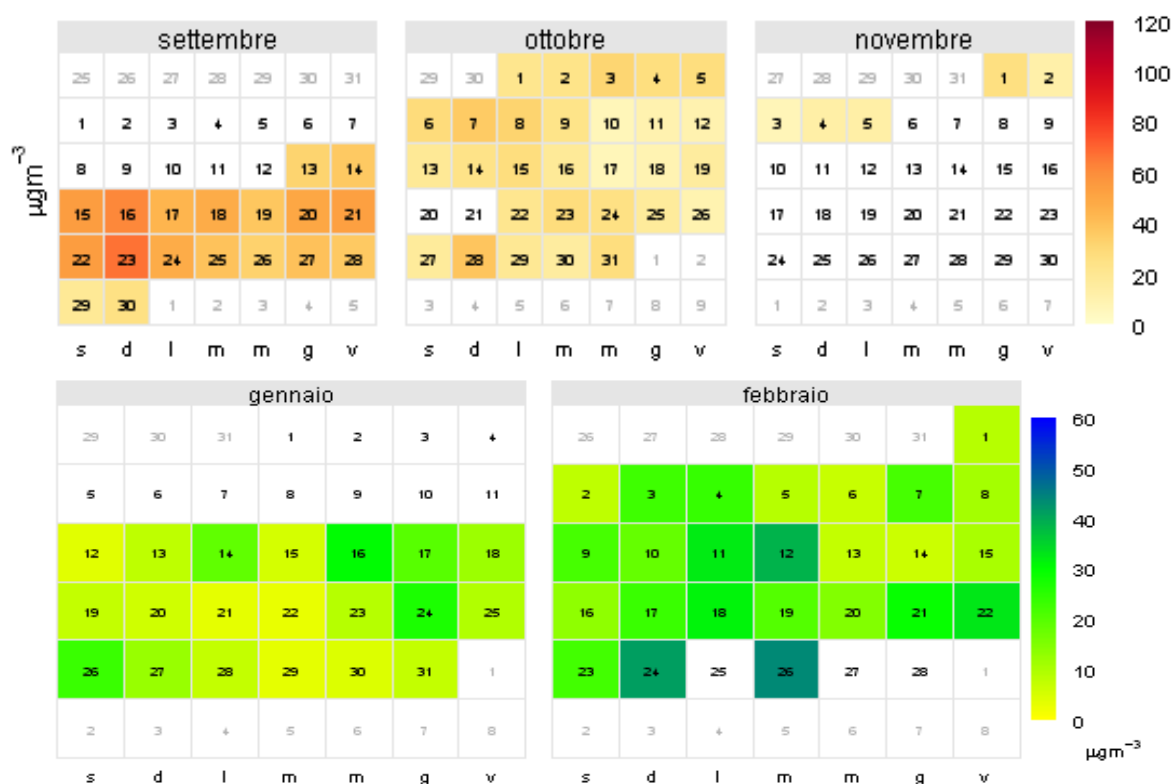


Figura 20 :giorno tipo dell'ozono rilevata a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura estiva

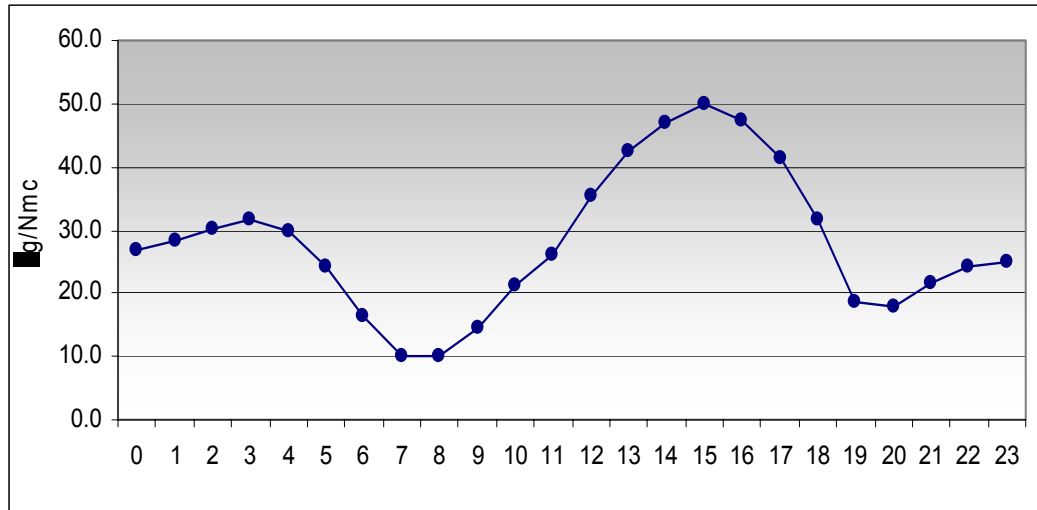


Figura 21: valori medi e massimi giornalieri di concentrazione dell'ozono rilevati a Verona in via Fincato durante la campagna di misura estiva.

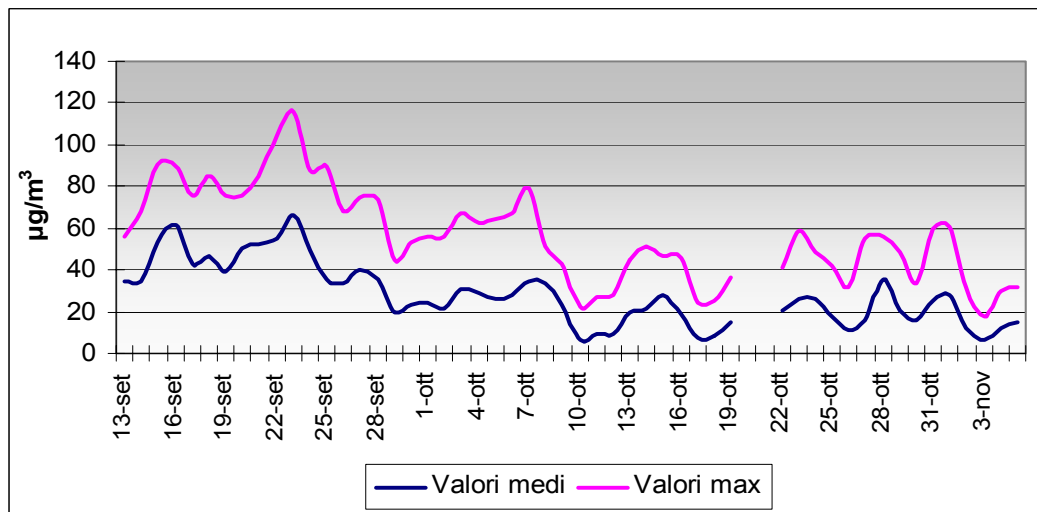


Figura 22: settimana tipo della concentrazione di ozono a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura estiva.

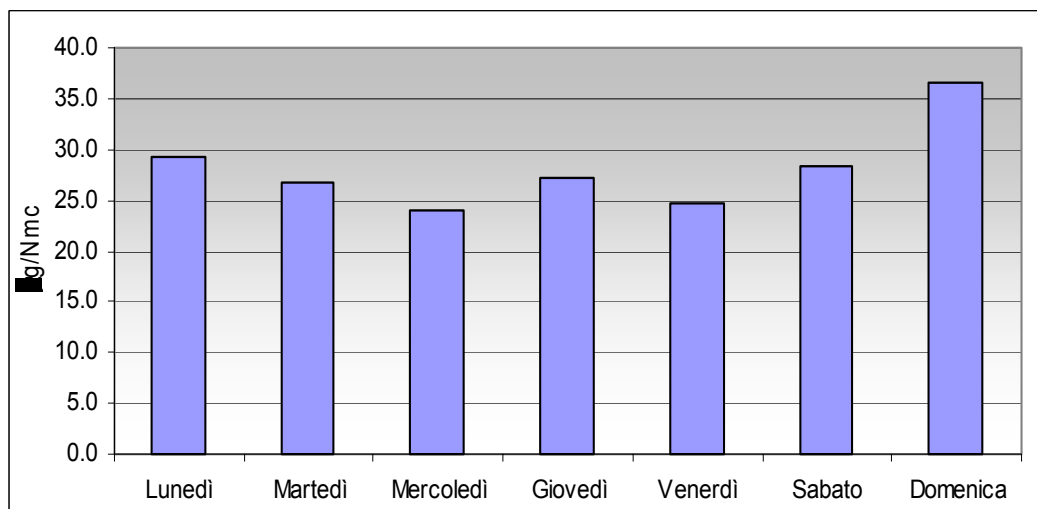


Figura 23 :giorno tipo dell'ozono rilevata a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura invernale

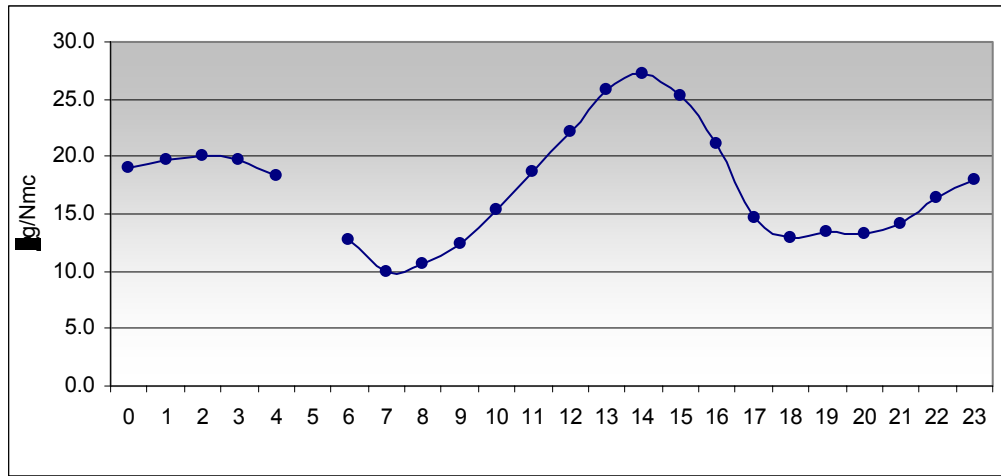


Figura 24: valori medi e massimi giornalieri di concentrazione dell'ozono rilevati a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura invernale.

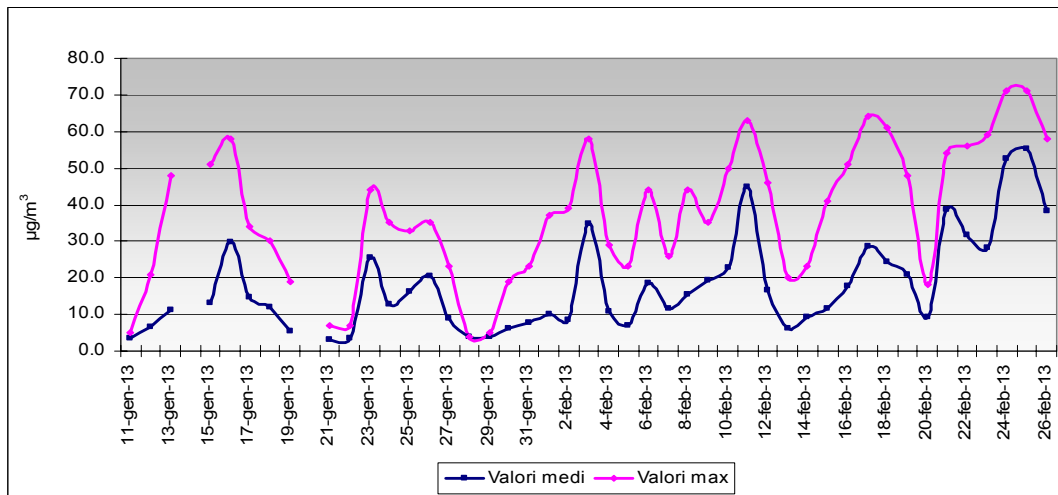
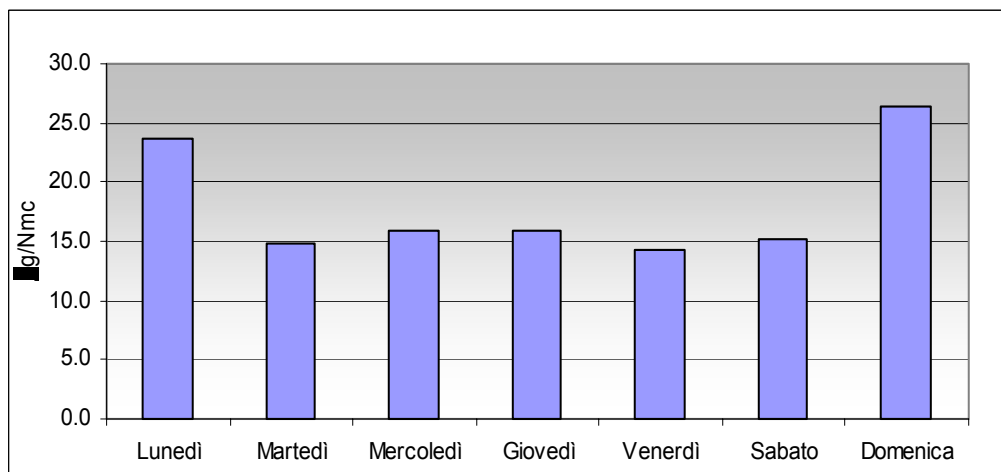


Figura 25: settimana tipo della concentrazione di ozono a Verona in Via Fincato durante la campagna di misura invernale.



6.4 Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Si riportano nella tabella sottostante oltre al Benzo(a)pirene anche le concentrazioni degli altri componenti IPA misurati nella campagna di misura in via Fincato ed analizzati nei laboratori ARPAV di Verona. Per confronto sono riportate le concentrazioni medie di IPA rilevate presso la stazione fissa di Cason nello stesso periodo.

Tabella 6: Concentrazione media dei vari componenti IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) rilevata durante la campagna di misura invernale effettuata a Verona – confronto con i valori rilevati presso la stazione fissa di Verona Cason

12 gennaio-13 febbraio 2013 <i>Componente IPA</i>	Verona via Fincato		Verona-Cason	
	<i>media $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>max $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>media $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	<i>max $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>
Benzo(a)antracene	0.58	1.08	1.94	3.81
Benzo(a)pirene	1.16	1.86	2.32	4.87
Benzo(b)fluorantene	1.32	2.08	2.92	6.34
Benzo(ghi)perilene	1.09	1.66	2.03	4.16
Benzo(k)fluorantene	0.58	0.91	1.26	2.53
Crisene	1.09	1.92	3.09	6.88
Dibenzo(ah)antracene	0.09	0.14	0.17	0.34
Indeno(123-cd)pirene	1.21	1.83	2.31	5.41

6.5 Metalli

I campioni di polveri sottili prelevati presso il sito di monitoraggio di Verona via Fincato sono stati analizzati per determinare la concentrazione di arsenico, nichel, cadmio e piombo. I risultati sono stati confrontati con le concentrazioni rilevate presso la stazione fissa di Verona-Cason negli stessi periodi: non vi sono differenze significative fra i valori determinati nel sito di monitoraggio e quelli della stazione fissa di Verona-Cason.

Tabella 7: Campagna di misura via Fincato Confronto tra le concentrazioni medie del periodo e le massime giornaliere dei metalli e metalloidi rilevate durante le campagne a Verona via Fincato e presso la centralina fissa di riferimento di Verona – Cason

Dal 15 al 25 febbraio 2013	Verona via Fincato		Verona - Cason	
	Conc. media (ng/m^3)	Conc. max (ng/m^3)	Conc. media (ng/m^3)	Conc. max (ng/m^3)
Arsenico	0.5	0.5	0.6	1.1
Cadmio	0.3	0.5	0.4	1
Nichel	3.7	5.6	3.4	4.7
piombo	10	15	13.0	26.2

Dal 17 ottobre al 2 novembre 2012	Verona via Fincato		Verona - Cason	
	Conc. media (ng/m^3)	Conc. max (ng/m^3)	Conc. media (ng/m^3)	Conc. max (ng/m^3)
Arsenico	0.7	1.4	0.7	1.4
Cadmio	0.2	0.3	0.1	0.3
Nichel	3.2	4.5	3.4	8.7
piombo	7.8	12.8	7.1	13.2

Il flusso di traffico nei giorni feriali è pari a circa 12.000 veicoli/giorno, e scende a circa 7500 veicoli/giorno nei giorni festivi. La concentrazione di NO₂ è ben correlata con l'andamento del flusso di traffico come si può notare dal grafico di Figura 27 in cui è riportato l'andamento della settimana tipo del traffico e della concentrazione di NO₂.

In Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31 sono riportati gli andamenti del giorno tipo del traffico e dell'NO₂ per i due periodi di riferimento. Si noti la differenza fra le concentrazioni di NO₂ nei giorni feriali e nei giorni festivi, strettamente legata alla diminuzione del traffico veicolare.

Il massimo di NO₂ si ha al mattino e alla sera nei due momenti in cui anche il traffico veicolare è più elevato. I valori delle prime ore del mattino, dopo l'alba vengono influenzati anche dall'andamento del PBL, alla sera i valori del massimo sono mediamente più bassi anche a causa dei fenomeni convettivi dell'atmosfera che favoriscono la dispersione.

Figura 28: andamento del traffico e della concentrazione di NO₂- settimana dal 24 al 30 settembre 2012, solo giorni feriali

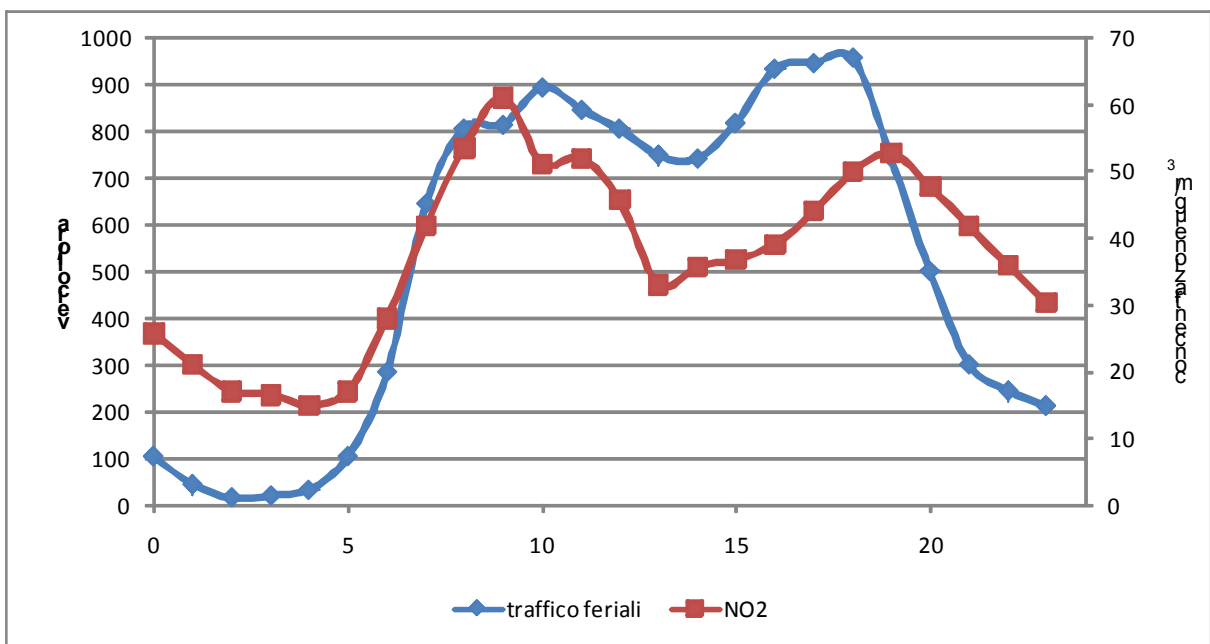


Figura 29: andamento del traffico e della concentrazione di NO₂- settimana dal 24 al 30 settembre 2012, solo giorni festivi

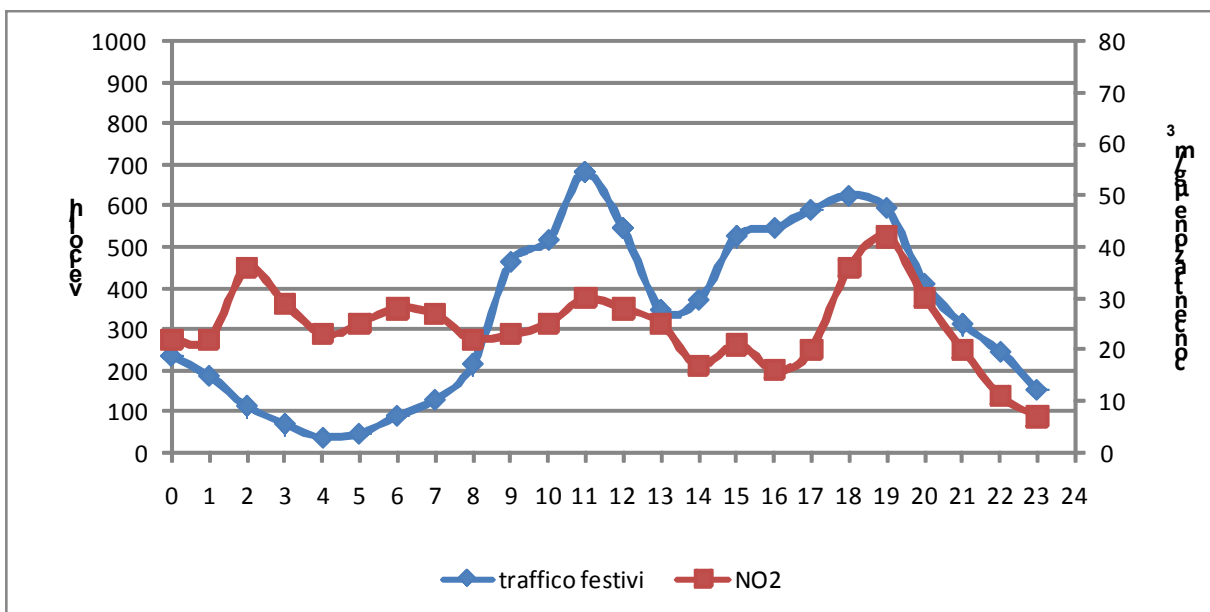


Figura 30: andamento del traffico e della concentrazione di NO₂- settimana dal 29 ottobre al 4 novembre 2012, solo giorni feriali

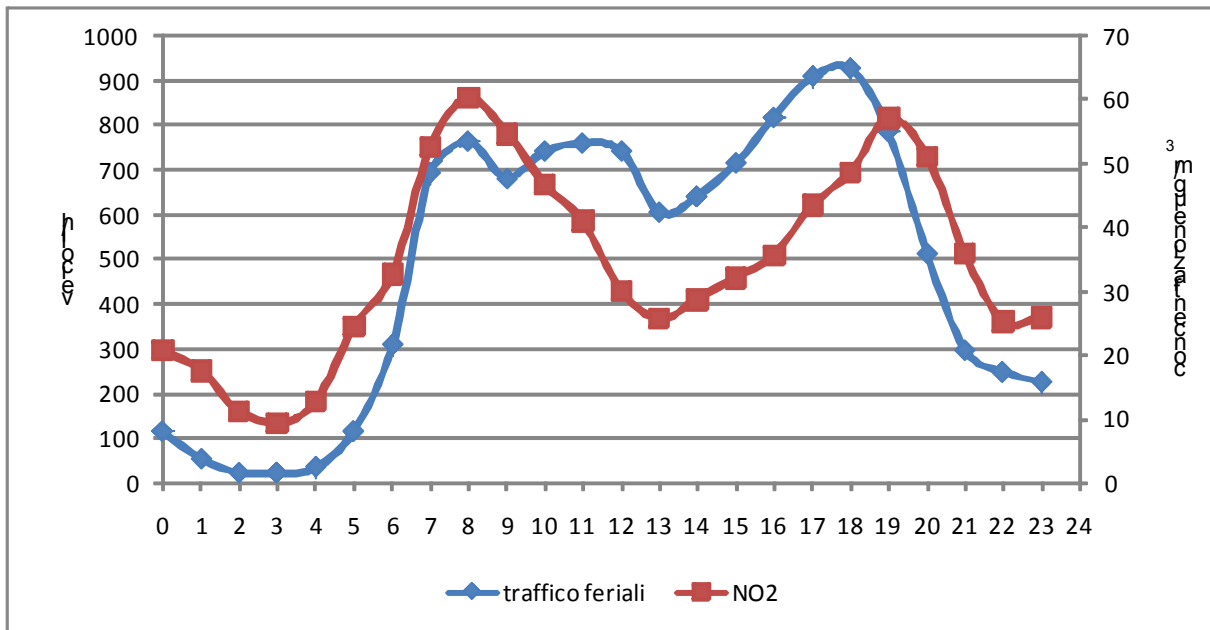
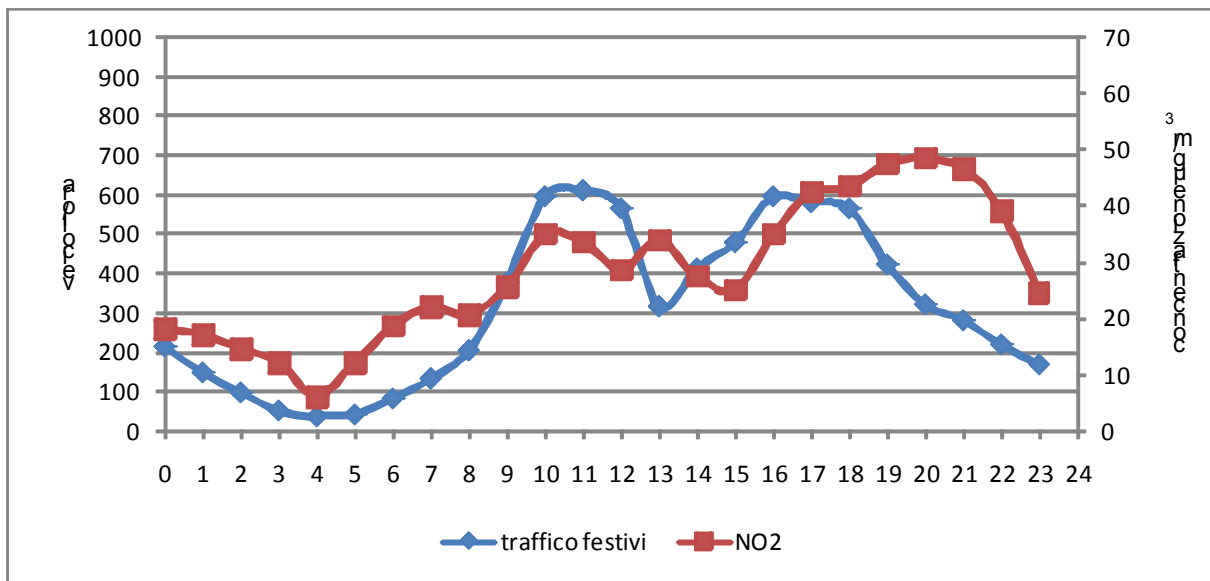


Figura 31: andamento del traffico e della concentrazione di NO₂- settimana dal 29 ottobre al 4 novembre 2012, solo giorni festivi



La concentrazione di polveri sottili non appare così correlata ai volumi di traffico, in genere risulta superiore a quella rilevata presso la stazione di fondo di Verona Cason e inferiore a quella rilevata presso la stazione di Borgo Milano.

I valori degli altri inquinanti sono tipici della zona urbana.

8 Concentrazioni medie giornaliere dei principali inquinanti.

Tabella 8– Concentrazioni giornaliere di biossido di zolfo e azoto, ossido di carbonio e ozono in via Fincato

parametro	Monossido di carbonio	Biossido di azoto	Ozono	Biossido di zolfo
unità di misura	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
13/09/12	0.1		30	4
14/09/12	0.1	42	36	4
15/09/12	0.1	32	54	4
16/09/12	0.1	21	61	4
17/09/12	0.1	37	43	4
18/09/12	0.2	47	47	5
19/09/12	0.3	53	38	4
20/09/12				
21/09/12	0.1	35	52	4
22/09/12	0.2	39	55	4
23/09/12	0.2	25	66	4
24/09/12	0.2	30	49	4
25/09/12	0.2	38	37	4
26/09/12	0.2	34	33	4
27/09/12	0.2	33	40	4
28/09/12	0.2	37	36	4
29/09/12	0.3	38	19	4
30/09/12	0.2	24	25	4
01/10/12	0.3	38	23	4
02/10/12	0.3	32	22	4
03/10/12	0.2	35	31	5
04/10/12	0.3	44	28	5
05/10/12	0.3	41	27	4
06/10/12	0.2	36	28	4
07/10/12	0.2	27	35	4
08/10/12	0.1	28	33	4
09/10/12				5
10/10/12				5
11/10/12		36	10	4
12/10/12		33	10	4
13/10/12	0.7	15	19	4
14/10/12	0.7	12	23	4
15/10/12	0.7	23	28	4
16/10/12	0.7	27	18	5
17/10/12	0.9	35	7	6
18/10/12	0.9	37	8	6
22/10/12				
23/10/12	0.9	48	27	6
24/10/12	0.9	47	25	7
25/10/12	1	53	17	7
26/10/12	1.1	50	10	6
27/10/12	1	40	16	5
28/10/12	0.7	14	37	4
29/10/12	0.8	38	19	6
30/10/12	0.9	44	15	7

parametro	Monossido di carbonio	Bioossido di azoto	Ozono	Bioossido di zolfo
unità di misura	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
31/10/12	0.8	27	27	6
01/11/12	0.9	26	26	5
02/11/12	1	43	12	6
03/11/12	1.1	43	7	6
04/11/12	1	32	13	4

9 Riferimenti normativi.

Si fa riferimento al D.Lgs. 155/2010, che recepisce la Direttiva della Comunità Europea n. 50 del 2008. Nelle tabelle seguenti viene riportata la normativa relativa all'esposizione acuta, all'esposizione cronica e per la protezione degli ecosistemi.

Tabella 1: soglie di informazione e di allarme.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Soglia di allarme	500 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme	400 µg/m ³
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³
O ₃	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m ³

Tabella 2: valori limite

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³
NO ₂	Da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
NO ₂	Anno civile	40 µg/m ³
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore.	10 mg/m ³
PM ₁₀	Valore limite annuale - Anno civile	40 µg/m ³
PM ₁₀	Da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³

Tabella 3: Livelli critici.

Inquinante	Tipologia	Valore
SO ₂	Livello critico invernale (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³
SO ₂	Livello critico annuale	20 µg/m ³
NO ₂	Livello critico annuale	30 µg/m ³
NO ₂	Livello critico annuale	30 µg/m ³

Tabella 4: valori obiettivo.

Inquinante	Tipologia	Valore
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore. Da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni.	120 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 tre anni)	18000 µg/m ³ h
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile.	120 µg/m ³
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione. AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio.	6000 µg/m ³ h