



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

Campagna di Monitoraggio della Qualità dell'Aria

Comune di Verona

Via Massalongo

**Periodo di attuazione:
06/09/2010 – 20/09/2010**

RELAZIONE TECNICA



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Dipartimento Provinciale di Verona

Direttore: Giancarlo Cunego

Unità Operativa Fisica dell'Ambiente

Dott.ssa Francesca Predicatori

Dott. Paolo Frontero

Ufficio Reti di Monitoraggio

Andrea Salomoni

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.

Indice della relazione tecnica.

1	Periodo di indagine.....	4
2	Localizzazione del sito.	4
3	Caratteristiche dei principali inquinanti.....	5
4	Commento sulla situazione meteorologica.....	5
5	Analisi dei risultati per il PM ₁₀	6
6	Andamento inquinanti e confronto con le rilevazioni dei siti fissi.....	9
7	Analisi delle concentrazioni PM ₁₀ , CO, NO ₂ prima e dopo l'apertura delle scuole	12
8	Conclusioni.....	14
9	Tabelle raffiguranti le determinazioni sperimentali e grafici raffiguranti le concentrazioni medie e massime giornaliere.	15
10	Riferimenti normativi.....	17
11	Allegato: Analisi dei dati rilevati presso la stazione di Piazza Bernardi nei 15 giorni precedenti e seguenti l'inizio delle scuole.	19

1 Periodo di indagine.

Il dipartimento ARPAV di Verona ha effettuato nel periodo 6 settembre - 20 settembre 2010 una campagna di misura con la stazione rilocabile in via Massalongo per valutare la qualità dell'aria. L'indagine è stata richiesta dal comune di Verona - C.d.R. Ambiente al fine di conoscere le concentrazioni di inquinanti nel centro storico della città, all'interno della ZTL, nel periodo antecedente all'apertura delle scuole e nel periodo successivo.

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 (NOx), 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 Massalongo
Tipologia del sito	Zona urbana residenziale ¹

Figura 1: rappresentazione cartografica del sito di monitoraggio



¹ Legenda:

Stazione di background urbano residenziale (BU-R): stazioni usate per monitorare i livelli medi d'inquinamento all'interno di vaste aree urbane (tessuto urbano continuo, prevalentemente capoluoghi di regione e/o provincia) dovuto a fenomeni prodotti all'interno della città che si vuole monitorare con possibili significativi contributi dovuti a fenomeni di trasporto provenienti dall'esterno della città. Sono ubicate in aree urbane caratterizzate da un'elevata densità abitativa (distribuzione quasi continua d'abitazioni) e non attraversate da strade ad elevata percorrenza. Le arterie stradali eventualmente presenti (numero di veicoli giornalieri superiore a 2500) devono essere poste ad una distanza di almeno 50 m dal confine dell'area residenziale in esame.

3 Caratteristiche dei principali inquinanti

Inquinante	Caratteristiche chimico-fisiche	Principali sorgenti
PM₁₀	Particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm	La componente primaria è originata direttamente da sorgenti quali traffico stradale ed industrie e dalla risospensione del particolato presente al suolo. La frazione secondaria del PM ₁₀ è dovuta a reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera fra i precursori, principalmente SO ₂ , ammoniaca e NO _x . Impianti di riscaldamento, traffico veicolare, centrali di potenza, attività industriali
NO₂	Inquinante secondario, si forma principalmente per ossidazione dell'NO. In atmosfera si trasforma in acido nitrico (HNO ₃)	
CO	Inquinante primario. Gas inodore ed incolore leggermente più leggero dell'aria.	Combustione incompleta dei combustibili fossili. Traffico, impianti di riscaldamento e processi industriali quali produzione di acciaio e ghisa.
SO₂	Gas incolore di odore pungente. In atmosfera reagisce con l'umidità trasformandosi in acido solforico	Combustione di combustibili fossili contenenti zolfo: impianti di riscaldamento, centrali di potenza.
Ozono	Inquinante secondario. Gas di colore azzurro e odore pungente. Reagisce con tutti i composti ed i materiali che possono essere ossidati.	Si forma in seguito all'ossidazione dei composti organici volatili (COV) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO _x) (che fungono da catalizzatori) e radiazione solare.
Benzene	Idrocarburo liquido molto stabile chimicamente, volatile, incolore di odore caratteristico	processi di combustione incompleta: veicoli a motore, emissioni industriali, incendi.

4 Commento sulla situazione meteorologica

Durante il periodo della campagna di misura si sono avute due fasi moderatamente perturbate, la prima dal 7 al 9 settembre, la seconda dal 16 al 19 settembre con un quantitativo cumulato di pioggia, rispettivamente, di 36,6 mm e 31,8 mm.

Analizzando i dati orari di velocità e direzione prevalente del vento, rilevati dai sensori installati nel Dipartimento ARPAV Provinciale di Verona in Via Dominutti dal 6 settembre al 20 settembre 2010 è emerso che:

- Le direzioni prevalenti sono state: E (26.6% dei rilevamenti orari), ESE(17.8% dei rilevamenti orari), W (13.9% dei rilevamenti orari)
- I valori orari di intensità del vento erano, nel 0.2 % dei casi inferiori a 0.5 m/s (calma di vento), nel 51% dei casi compresi tra 0.5 ed 1.5 m/s, nel 32.1% dei casi erano compresi nell'intervallo fra 1.5 e 2.5 m/s; nel 8.5% dei casi nell'intervallo fra 2.5 e 3.5 m/s.. La velocità media dell'intero periodo è risultata di 1.69 m/s con il 91.76% di dati validi.
La velocità media prima dell'apertura delle scuole (13 settembre) è risultata di 1.9 m/s, dopo l'apertura di 1.4 m/s.

Nelle figure seguenti vengono rappresentate la rosa dei venti (Figura 2) e la distribuzione per classe di frequenza della velocità del vento nel periodo della campagna di monitoraggio (Figura 3)

Figura 2 : rosa dei venti e percentuale di incidenza nel periodo di monitoraggio

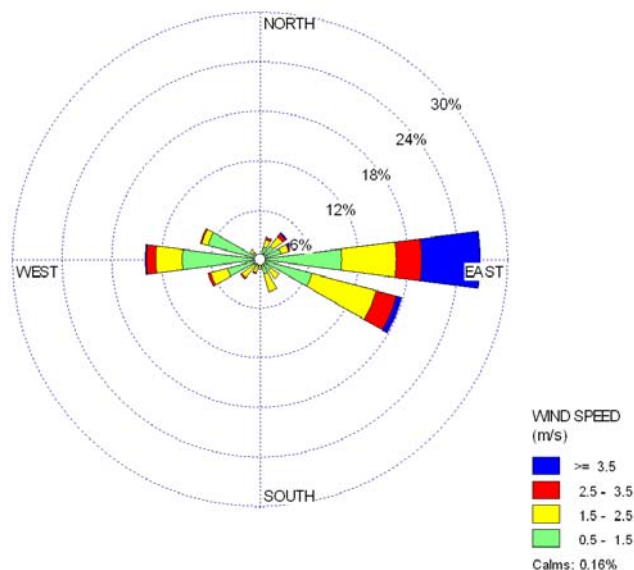
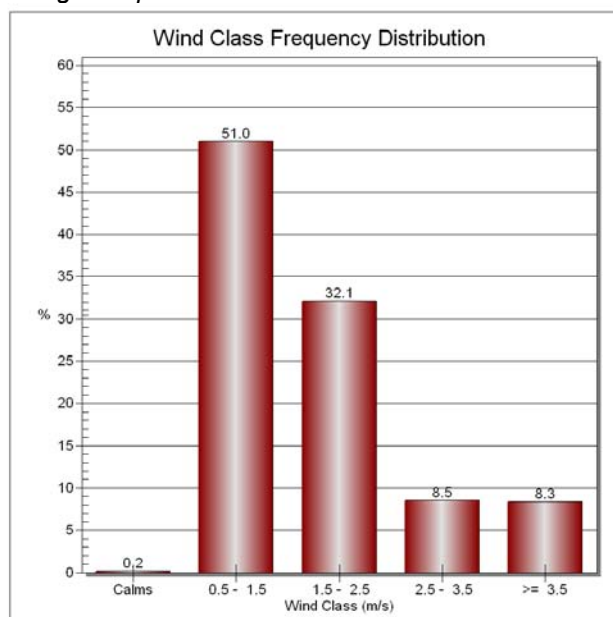


Figura 3 distribuzione in frequenza dei valori di intensità del vento misurato presso il sito di monitoraggio in via Massalongo nel periodo 6 settembre – 20 settembre 2009



5 Analisi dei risultati per il 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. 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.

Le concentrazioni di PM₁₀ misurate durante la campagna di monitoraggio effettuata in via Massalongo sono state confrontate con quelle rilevate dalle stazioni fisse di Verona. 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.

Nel seguito vengono confrontati gli andamenti della concentrazione giornaliera di PM₁₀ misurati dalla stazione mobile con quelli misurati presso le stazioni fisse di Verona Borgo Milano e Verona Cason. 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.

I risultati sono riportati in *Tabella 1* e *Tabella 2*.

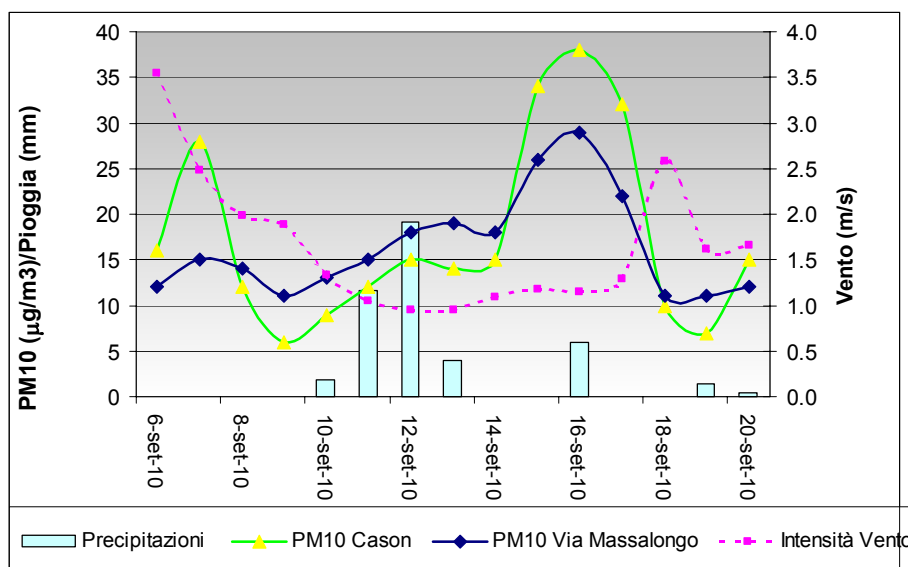
Tabella 1: Risultati campagna di monitoraggio in via Massalongo Comune di Verona

06/09/10-20/09/10	Verona Via Massalongo	B.go Milano	Cason
media periodo	16	19	18
n. sup. VL 50 ug/m3	0	0	0
% gg sup/gg monitor.	0	0	0

Tabella 2: Confronto delle concentrazioni di PM₁₀, vento medio e precipitazioni misurate prima e dopo l'inizio della scuola sia nel sito di monitoraggio sia nelle stazioni fisse.

Periodo	PM ₁₀ (µg/m ³) Via Massalongo	PM ₁₀ (µg/m ³) B.go Milano	PM ₁₀ Cason	Media Vento (m/s)	Precipitazione (mm)
06-12 settembre (ante scuola)	14	18	14	1.9	32.6
13-20 settembre (scuola)	21	23	19	1.4	11.4

Figura 4 andamento dei principali parametri meteorologici (vento e precipitazione) registrati presso la stazione di via Dominutti (sede del Dipartimento) e concentrazione di PM₁₀ in via Massalongo e a Verona-Cason durante la campagna di misura.



Nel periodo di misura l'andamento delle concentrazioni di polveri sottili presso il sito di via Massalongo è stato analogo all'andamento delle concentrazioni misurate presso la stazione di Verona Cason, con massimi anche meno elevati rispetto alla stazione di fondo urbano. In presenza di vento di intensità

superiore a 1.5 m/s e/o di precipitazioni le concentrazioni diminuiscono e aumentano nei giorni in cui vi è calma di vento e assenza di precipitazioni.

Su 14 giorni di misura complessivi, non è stato rilevato alcun superamento del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana dalle polveri inalabili (PM₁₀), pari a 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte nell'arco dell'anno civile. Analoga situazione nelle centraline fissa della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria di Borgo Milano e di Cason. Inoltre, nel periodo della campagna di misura, la media della concentrazione di PM₁₀ associata alla stazione rilocabile è risultata pari a 16 µg/m³, inferiore sia ai 19 µg/m³ di B.go Milano e sia ai 18 µg/m³ di Cason.

L'andamento delle concentrazioni di polveri sottili misurate presso il sito di Via Massalongo è analogo a quello delle concentrazioni rilevate presso le altre stazioni fisse urbane: ciò conferma la distribuzione omogenea di tale inquinante nel fondo urbano.

In *Tabella 5* sono riportati i principali parametri statistici che caratterizzano le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere di polveri sottili rilevate durante il periodo della campagna di monitoraggio a Borgo Milano e in Via Massalongo. Dall'analisi statistica non risulta una differenza statisticamente significativa fra le medie della concentrazione di PM₁₀ rilevata in Via Massalongo e quella rilevata nello stesso periodo a Borgo Milano.

Figura 5: andamento delle concentrazioni di polveri sottili misurate a Borgo Milano, Cason e in Via Massalongo nel periodo di monitoraggio

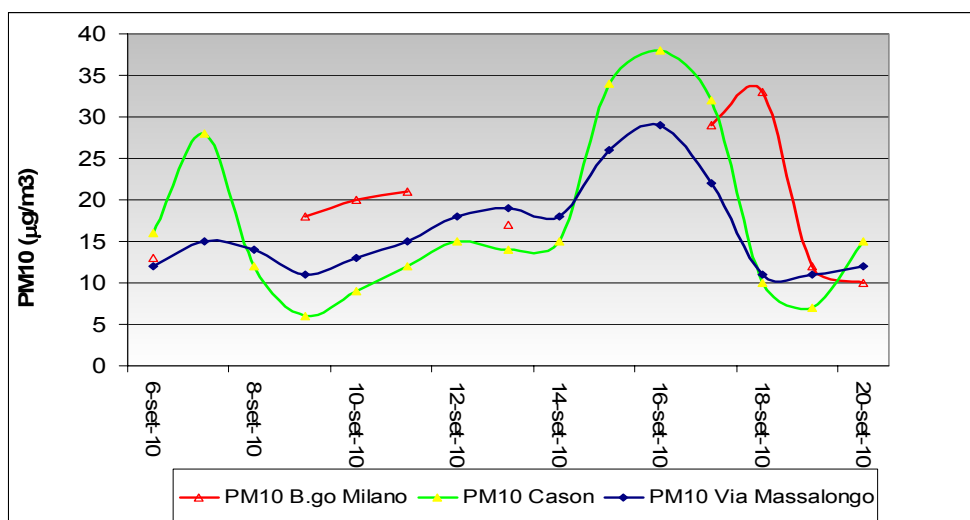


Tabella 3: principali parametri statistici dei campioni di concentrazione giornaliera di PM₁₀ relativi a: campagna di monitoraggio in Via Massalongo, stazione di Borgo Milano - periodo della campagna di monitoraggio

PM ₁₀	Via Massalongo	Borgo Milano (periodo monitoraggio)
n. campioni	330	232
Media	17	20
Mediana	16	18
Deviazione standard	7	7
Massimo	45	33
Minimo	5	10
3° quartile	21	21

Vi è da rilevare che la scelta del periodo in cui effettuare la campagna di misura è stata fatta per evidenziare eventuali variazioni del carico inquinante durante il periodo di attività scolastica rispetto a quello in cui la scuola non era ancora iniziata. Analizzando la *Tabella 2* si nota nel periodo di apertura delle scuole (dal 13 settembre) concentrazioni di PM₁₀ più elevate rispetto al periodo precedente. Tale moderato aumento interessa sia il sito della campagna di monitoraggio che le altre stazioni di Borgo Milano e Cason. Vi è, inoltre, da osservare che i parametri meteorologici della seconda settimana (scuole aperte) sono stati più favorevoli all'accumulo di inquinanti rispetto alla settimana precedente (scuole chiuse), infatti il vento medio è risultato inferiore di 0.5 m/s e le precipitazioni totali complessive inferiori di quasi tre volte rispetto alla prima settimana di monitoraggio.

6 Andamento inquinanti e confronto con le rilevazioni dei siti fissi

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.

Durante la campagna di misura non sono stati rilevati superamenti del limite orario pari a 200 µg/m³, i valori medi risultano allineati con quelli Verona-Cason e di B.go Milano.

Tabella 4: Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di NO₂ rilevata nelle campagne di monitoraggio effettuate in Via Massalongo e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione NO ₂ (µg/m ³)	Via Massalongo	VR-Corso Milano	VR-Cason
06/09/10-20/09/10	Media	57	25	20
	Minimo	4	6	1
	Max. orario	159	73	56

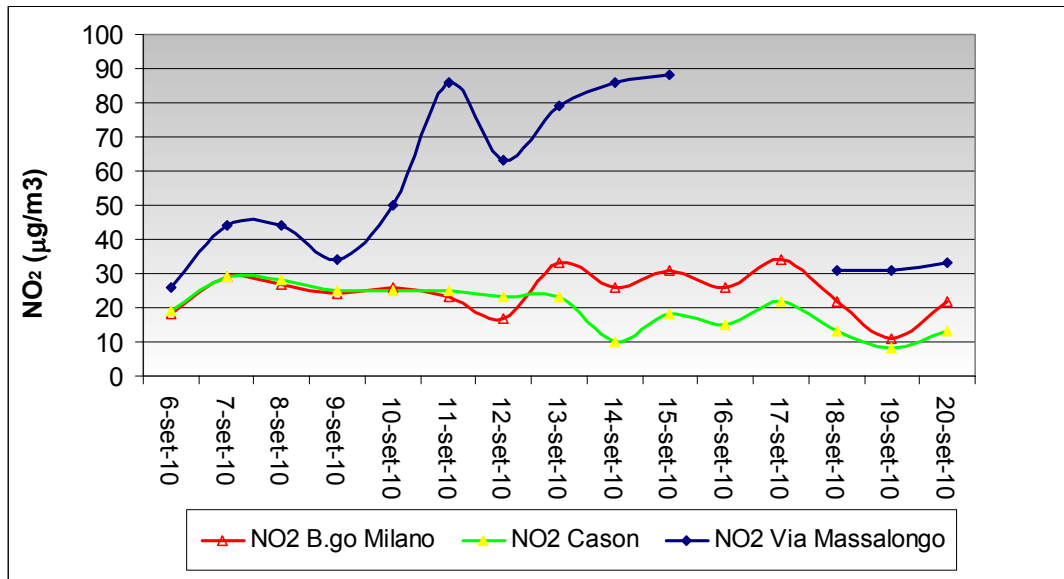
L'andamento delle concentrazioni di biossido d'azoto (Figura 6) durante la campagna di misure in via Massalongo presenta invece dei valori superiori a quelli misurati dalle due centraline fisse di Cason e Borgo Milano, tale scostamento risulta più accentuato nei primi giorni successivi all'inizio delle scuole (13 settembre)

In Tabella 5 sono riportati i principali parametri statistici che caratterizzano le distribuzioni delle concentrazioni orarie di biossido di azoto rilevate durante il periodo della campagna di monitoraggio a Borgo Milano e in Via Massalongo. Dall'analisi statistica risulta una differenza statisticamente significativa fra le medie della concentrazione di NO₂ rilevata in Via Massalongo e quella rilevata nello stesso periodo a Borgo Milano.

Tabella 5: principali parametri statistici dei campioni di concentrazione oraria di NO₂ relativi alla campagna di monitoraggio in Via Massalongo e alla stazione di Borgo Milano nel periodo della campagna di monitoraggio

	Via Massalongo	Borgo Milano (periodo monitoraggio)
n. campioni	302	324
Media	57	25
Mediana	51	23
Deviazione standard	34	13
Massimo	159	73
Minimo	4	6
3° quartile	79	32

Figura 6: andamento delle concentrazioni giornaliere di biossido d'azoto a Borgo Milano, Cason e in Via Massalongo nel periodo di monitoraggio



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.

La crescente diffusione del metano, combustibile con tenore di zolfo quasi nullo, ha contribuito ad abbassare notevolmente i livelli di questo inquinante nell'aria ambiente: sia i valori orari, che i valori medi giornalieri sono rimasti ben al di sotto delle soglie previste dall'attuale legislazione. I valori medi e massimi misurati a nella campagna di misura sono sostanzialmente confrontabili con quelli rilevati nelle stazioni di rilevamento fisse di Verona, tranne qualche punta oraria limitata nel tempo.

Durante la campagna di misura non sono stati rilevati superamenti del limite orario pari a 125 µg/m³, da non superare più di tre volte all'anno. Tuttavia i valori medi risultano superiori con quelli misurati a Verona-Cason e B.go Milano.

Tabella 6: Media oraria, minimo e massima concentrazione oraria di SO₂ rilevata nelle campagne di monitoraggio effettuate in Via Massalongo e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione SO ₂ (µg/m ³)	VR-Via Massalongo	VR-B.go Milano	VR-Cason
06/09/10-20/09/10	Media	3.7	1.5	0.8
	Minimo	1.0	0.1	0.1
	Max. orario	11.0	4.0	3.0

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.

I livelli di questo inquinante nell'aria ambiente sono fortemente legati alla presenza di flusso veicolare: nella campagna di misura non sono stati rilevati superamenti dei valori limite. Il valore massimo orario è stato pari a 2.1 mg/m³, rilevato durante la campagna a Via Massalongo; tutti i valori sono risultati superiori a quelli misurati nelle centraline fisse di B.go Milano e Cason

Tabella 7: Media, minima e massima concentrazione oraria di CO rilevata nella campagna di monitoraggio effettuata in Via Massalongo e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione CO (mg/m ³)	VR-Via Massalongo	VR-Corso Milano	VR-Cason
06/09/10-20/09/10	Media	0.8	0.4	0.1
	Minimo	0.4	0.2	0.0
	Max. orario	2.1	0.8	0.3

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 favorisce 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 idrocarburi 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.

Il valore medio nella campagna di Via Massalongo è risultato pari a 38 µg/m³, il valore massimo orario è pari a 1206 µg/m³, inferiore alla soglia d'informazione stabilita dal DLgs 183/04.

Tabella 8: Media, minima e massima concentrazione oraria di O₃ rilevata nella campagne di monitoraggio effettuata in Via Massalongo e nello stesso periodo presso le stazioni fisse di Verona.

periodo	Concentrazione O ₃ (mg/m ³)	Via Massalongo	VR-Cason
06/09/10-20/09/10	Media	38	39
	Minimo	3	2
	Max. orario	120	110

7 Analisi delle concentrazioni PM₁₀, CO, NO₂ prima e dopo l'apertura delle scuole

Al fine di analizzare il possibile impatto legato all'afflusso di studenti nella ZTL nel periodo successivo all'apertura delle scuole, il periodo di monitoraggio è stato suddiviso in due periodi: pre apertura delle scuole dal 6 al 13 settembre e post apertura dal 14 al 20 settembre.

Sono stati calcolati i giorni tipo delle concentrazioni di inquinanti, in particolare polveri sottili, biossido di azoto e monossido di carbonio, considerando i soli giorni feriali, dal lunedì al sabato. I risultati sono riportati nei grafici di Figura 7 e Figura 8.

Figura 7 Giorno tipo della concentrazione di NO₂ e PM₁₀ prima e dopo l'inizio delle scuole in via Massalongo

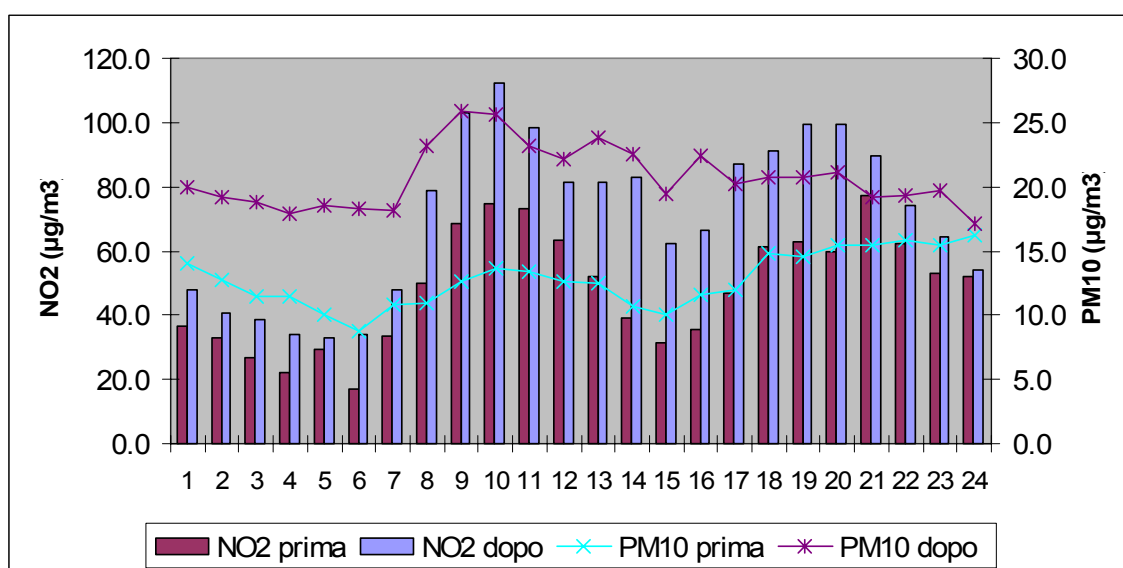
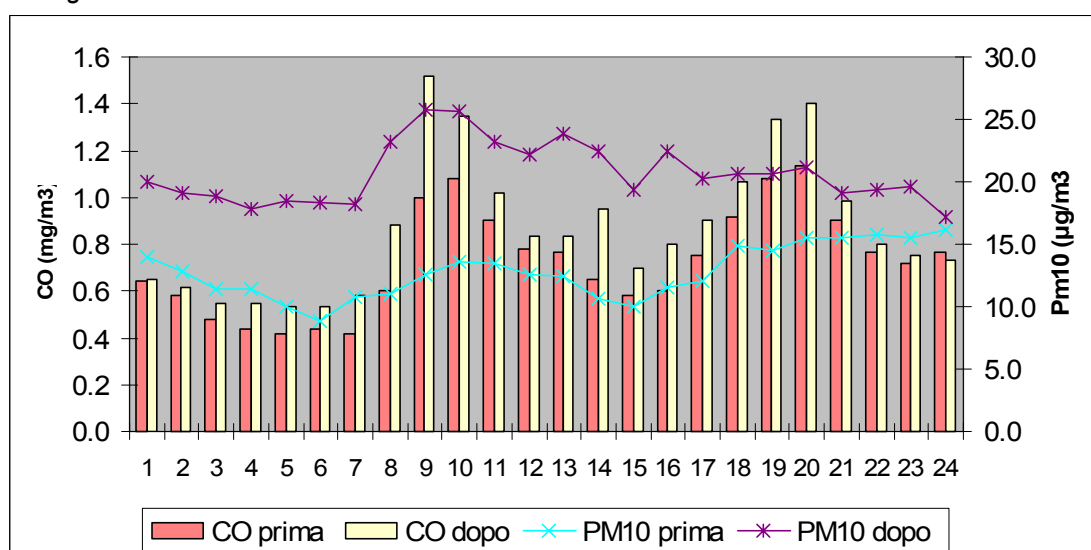


Figura 8 Giorno tipo della concentrazione di CO e PM₁₀ prima e dopo l'inizio delle scuole in Via Massalongo



Dai grafici di Figura 7 e Figura 8 si nota un aumento delle concentrazioni di biossido di azoto e monossido di carbonio dalle ore 8 alle ore 10, più accentuato nella settimana di apertura delle scuole.

Se si analizza l'andamento delle concentrazioni di NO₂ e di CO rilevate presso la stazione di Borgo Milano non si trova una differenza significativa fra il giorno tipo prima dell'apertura delle scuole e dopo.

Figura 9 Giorno tipo della concentrazione di NO₂ prima e dopo l'inizio delle scuole in B.go Milano

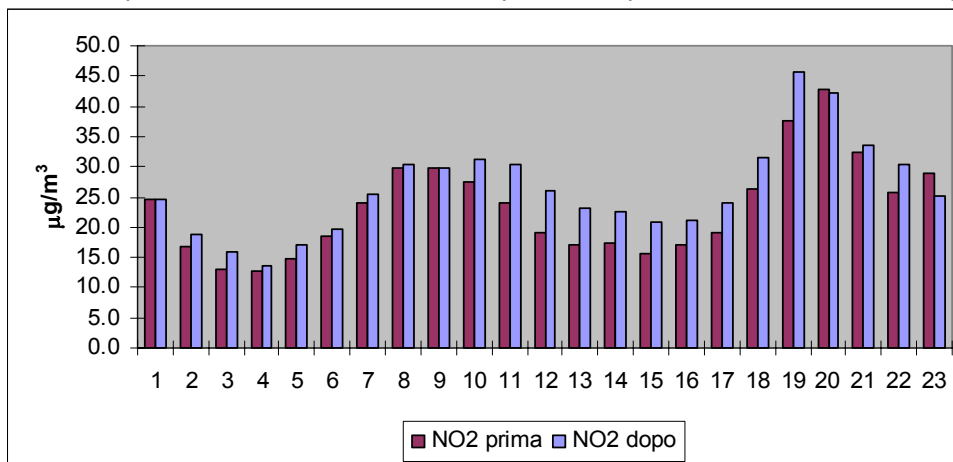
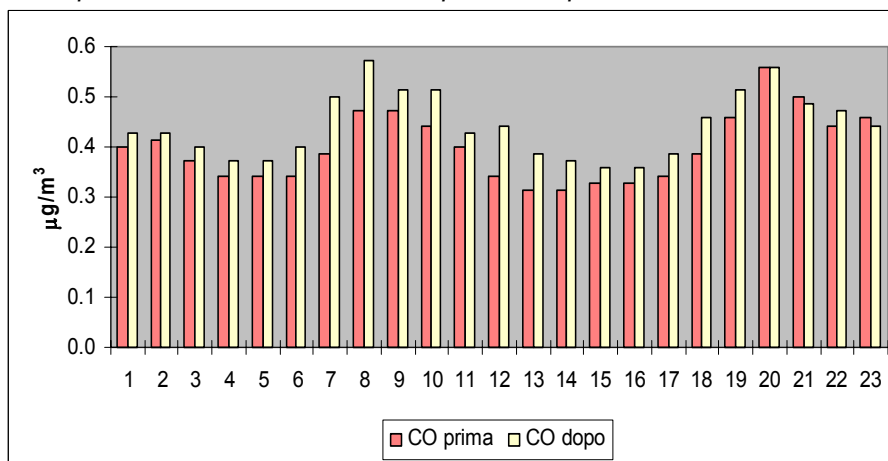


Figura 10 Giorno tipo della concentrazione di CO prima e dopo l'inizio delle scuole in B.go Milano

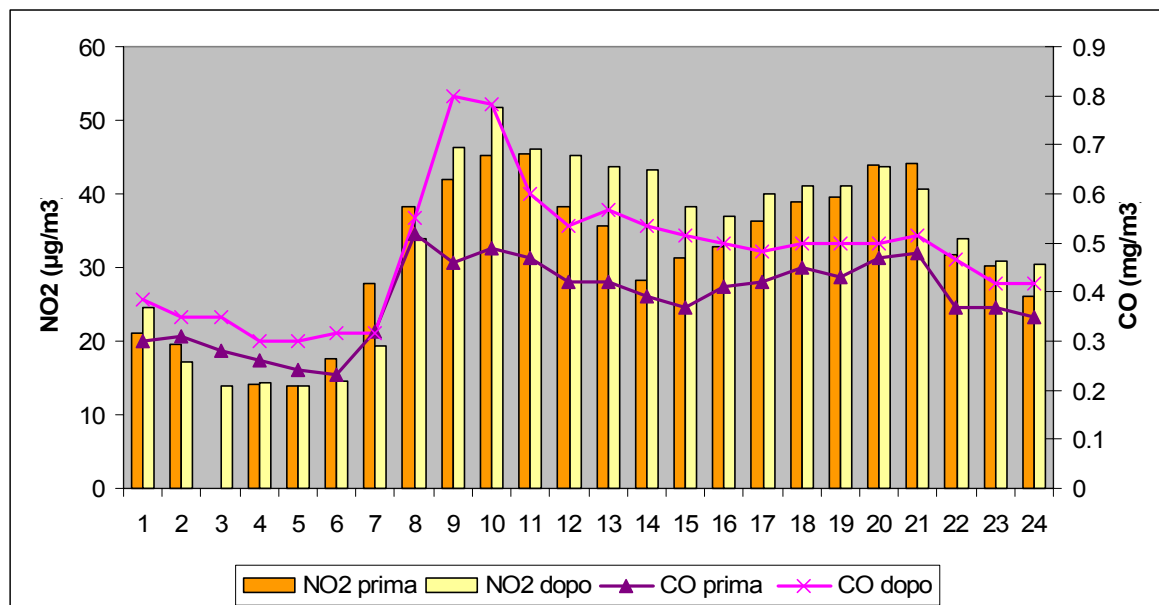


È possibile, ipotizzare un ruolo del traffico legato agli orari di inizio e fine lezioni scolastiche (fra le ore 13 e 14 si nota un altro aumento seppur più contenuto) nel determinare le concentrazioni di inquinante rilevate. Un altro fattore importante è legato alle caratteristiche geometriche della strada in cui era posizionato il laboratorio mobile, caratterizzata dalla larghezza relativamente ridotta e contornata da edifici alti che costituiscono un "canyon urbano" all'interno del quale l'aria più inquinata tende a rimanere intrappolata, raggiungendo così concentrazioni più elevate anche rispetto a strade caratterizzate da un flusso di traffico maggiore (si veda il grafico di Figura 6 che confronta i valori di concentrazione giornaliera di NO₂ in via Massalongo e in Borgo Milano e Cason).

Un'ulteriore contributo può essere rappresentato dal flusso di veicoli all'interno della ZTL nei periodi di apertura: al mattino dalle 10.00 alle 13.30 ,al pomeriggio dalle 16.00 alle 18.00 e alla sera dalle 20.00 alle 22.00. Per valutare questo contributo del traffico un aiuto può provenire dai dati delle telecamere di controllo alla ZTL nel periodo di monitoraggio.

L'ipotesi che vi sia un contributo del traffico legato agli spostamenti verso le scuole è suffragato dall'analisi dei dati provenienti da un'altra stazione, quella di Piazza Bernardi, posta nelle immediate vicinanze di una scuola superiore. Nel grafico di Figura 11 è riportato l'andamento del giorno tipo dei soli giorni feriali, delle concentrazioni di CO e NO₂ misurate 15 giorni prima dell'inizio delle scuole e 15 giorni dopo l'inizio delle scuole, nel settembre 2010. Si può notare come dopo l'inizio delle scuole la concentrazione di CO, pur mantenendosi su livelli ben al di sotto dei limiti previsti dalla normativa, aumenti in particolare fra le ore 8 e le ore 10 del mattino, per poi diminuire e rimanere su valori più o meno stabili dalle ore 11. È significativo, inoltre, che le variazioni più consistenti si abbiano proprio nelle concentrazioni di CO: a livello emissivo motocicli e ciclomotori danno un contributo rilevante e rappresentano, inoltre, il mezzo di trasporto più diffuso nella popolazione studentesca.

Figura 11 *Giorno tipo della concentrazione di NO₂ e di CO prima e dopo l'inizio delle scuole in Piazza Bernardi – anno 2010*



8 Conclusioni

L'andamento delle concentrazioni di polveri sottili misurate presso il sito di Via Massalongo è analogo a quello delle concentrazioni rilevate presso le altre stazioni fisse urbane: ciò conferma la distribuzione omogenea di tale inquinante nel fondo urbano.

L'andamento delle concentrazioni di biossido d'azoto (Figura 6) e di monossido di carbonio durante la campagna di misure in via Massalongo presentano invece dei valori superiori a quelli misurati dalle due centraline fisse di Cason e Borgo Milano, tale scostamento risulta più accentuato nei giorni successivi all'inizio delle scuole (13 settembre).

L'analisi dei dati della campagna di misura, unitamente all'analisi condotta sui dati rilevati negli stessi periodi dalle stazioni di Piazza Bernardi, Borgo Milano e Cason porta a ipotizzare un contributo significativo legato al traffico di spostamento verso le scuole nel determinare le concentrazioni di inquinanti rilevate in via Massalongo. Inoltre l'analisi dei dati della stazione di Piazza Bernardi effettuata nei periodi pre e post inizio scuola negli anni 2008, 2009, 2010 che si riporta in allegato, fa ritenere che situazioni simili si verifichino presso altri istituti superiori della città.

La disponibilità di dati di traffico aggiornati e di dati relativi alla mobilità degli studenti permetterebbe di effettuare un'analisi più approfondita.

Le concentrazioni di biossido di azoto rilevate, pur mantenendosi al di sotto delle soglie previste per la protezione della salute dagli effetti acuti, sono comunque significative. La causa è da ricercarsi con ogni probabilità nel traffico veicolare in una strada "a canyon" all'interno della quale si possono creare condizioni microclimatiche tali da impedire la dispersione degli inquinanti.

9 Tabelle raffiguranti le determinazioni sperimentali e grafici raffiguranti le concentrazioni medie e massime giornaliere.

Tabella 9 Concentrazioni giornaliere di biossido di zolfo e azoto, ossido di carbonio, ozono e PM₁₀ in Via Massalongo

parametro	monossido di carbonio	biossido di azoto	ozono	PM10	biossido di zolfo
unità di misura	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
06/09/10	0.5	26	63	12	2
07/09/10	0.7	44	37	15	3
08/09/10	0.6	44	40	14	2
09/09/10	0.7	34	44	11	4
10/09/10	1	50	36	13	5
11/09/10	0.7	86	40	15	3
12/09/10	0.6	63	65	18	3
13/09/10	0.8	79	23	19	3
14/09/10	0.9	86	27	18	4
15/09/10	0.9	88	43	26	5
16/09/10	1		45	29	4
17/09/10	0.9		22	22	5
18/09/10	0.7	31	32	11	4
19/09/10	0.8	31	39	11	4
20/09/10	0.8	33	48	12	7

Figura 12: valori medi e massimi giornalieri della concentrazione di CO misurata in Via Massalongo

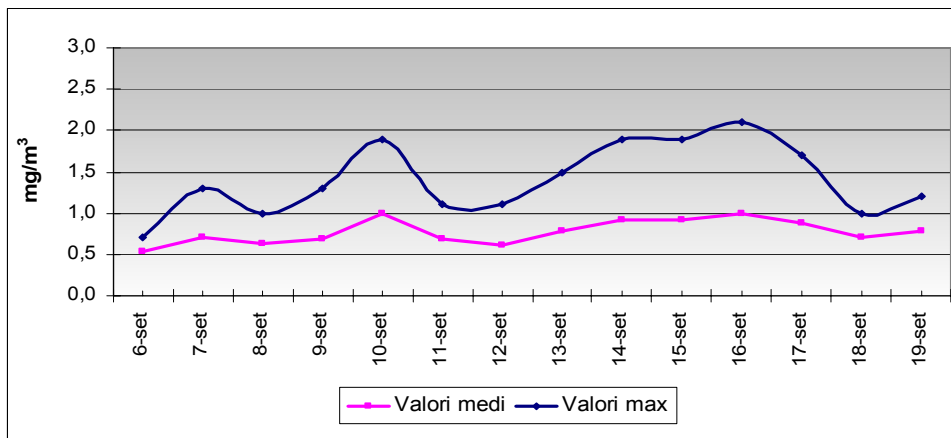


Figura 13: giorno tipo della concentrazione di CO misurata in Via Massalongo

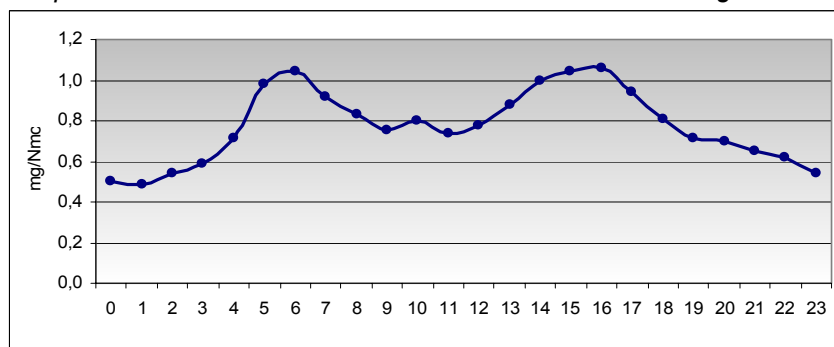


Figura 14: valori medi e massimi giornalieri, della concentrazione di NO₂ rilevata in Via Massalongo

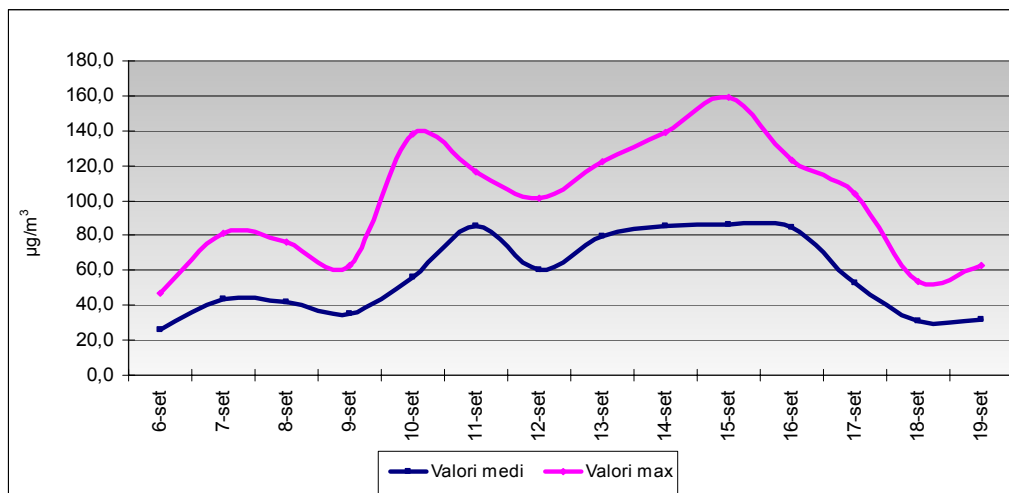


Figura 15: giorno tipo della concentrazione di NO₂ misurata in Via Massalongo

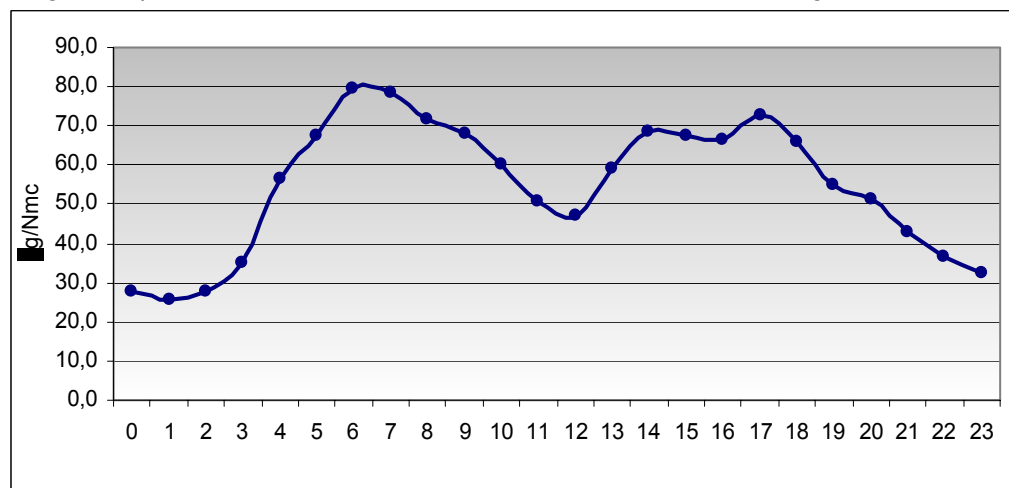


Figura 16 valori medi e massimi giornalieri della concentrazione di SO₂ rilevata in Via Massalongo

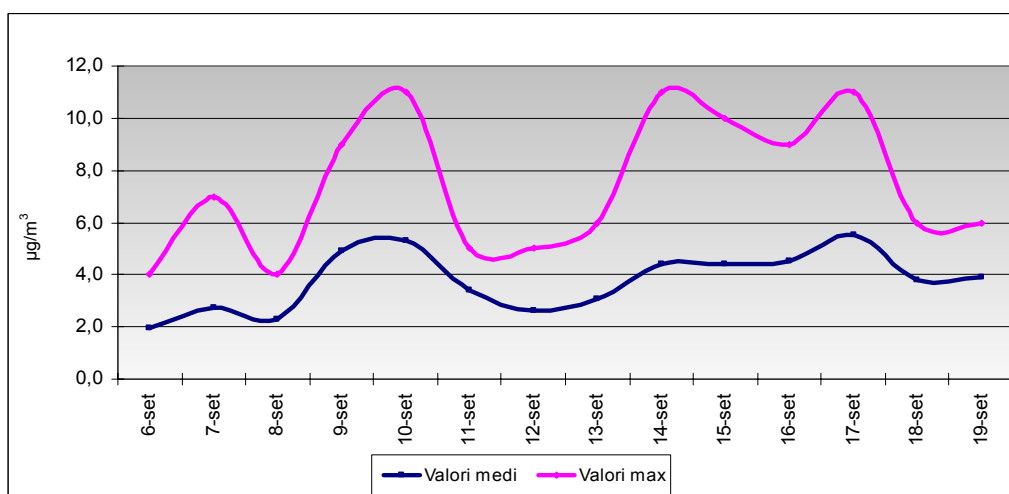
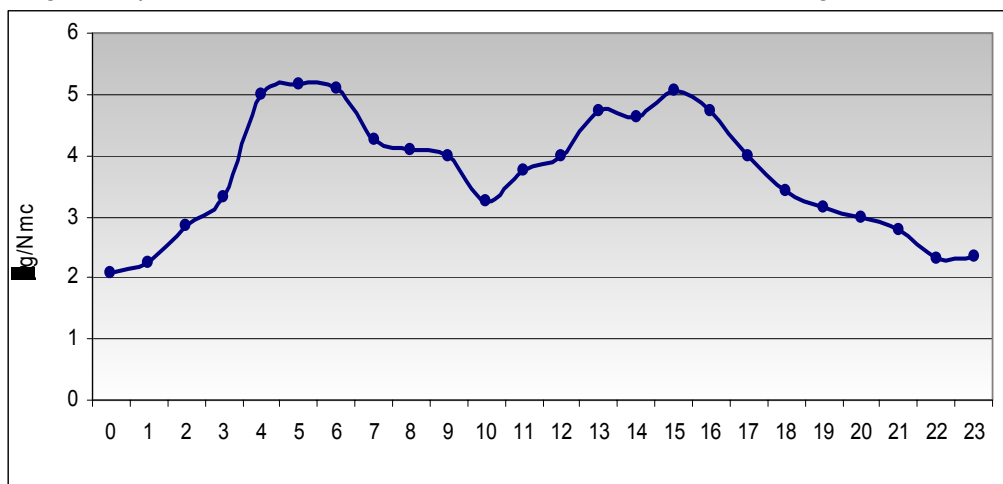


Figura 17: giorno tipo della concentrazione di SO₂ misurata in Via Massalongo



10 Riferimenti normativi.

Si fa riferimento al Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60, entrato in vigore il 28 aprile 2002, per PM₁₀, CO, NO_x, benzene e SO₂.

Nella fase transitoria del DM 60/02, fino alla data di entrata in vigore del valore limite non aumentati del margine di tolleranza, resta in vigore anche il valore limite di cui all'allegato I, tabella A del DPCM 28/03/83, come modificato dall'art. 20 del DPR 203/88, per l'NO₂.

Per l'O₃ si fa riferimento al Decreto Legislativo 21 maggio 2003, n. 183, entrato in vigore il 7 agosto 2003, in attuazione della Direttiva 2002/3/CE.

Le determinazioni sperimentali, compatibilmente con la durata limitata della campagna di monitoraggio, possono venire confrontate con i valori limite previsti dalla normativa per il breve periodo (esposizione acuta).

Nelle tabelle seguenti viene riportata la normativa relativa all'esposizione acuta, all'esposizione cronica e per la protezione degli ecosistemi.

Tabella 10: Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Note
SO ₂	Limite protezione ecosistemi - Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³	DM 60/02	
NO ₂	Limite protezione ecosistemi - Anno civile	30 µg/m ³	DM 60/02	
O ₃	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni	18000 µg/m ³ h	D.lgs. 183/03	In vigore dal 2010. Prima verifica nel 2015
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	D.lgs. 183/03	

Tabella 11: Limiti di legge relativi all'esposizione acuta.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo
SO ₂	Soglia di allarme*	500 µg/m ³	DM 60/02
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	DM 60/02
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	DM 60/02

NO ₂	Soglia di allarme*	400 µg/m ³	DM 60/02
NO ₂	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2009: 210 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 200 µg/m ³	DM 60/02
PM ₁₀ Fase 1	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 50 µg/m ³	DM 60/02
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	1 gennaio 2005: 10 mg/m ³	DM 60/02
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³	D.lgs. 183/03
O ₃	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m ³	D.lgs. 183/03
Fluoro	Media 24 h	20 µg/m ³	DPCM 28/03/83

* 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 12: Limiti di legge relativi all'esposizione cronica.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Note
NO ₂	98° percentile delle concentrazioni medie di 1h rilevate durante l'anno civile	200 µg/m ³	DPCM 28/03/83 e succ.mod.	In vigore fino al 31/12/2009
NO ₂	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2009: 42 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 40 µg/m ³	DM 60/02	
O ₃	Valore bersaglio per la protezione della salute 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	D.lgs. 183/03	In vigore dal 2010 .
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m ³	D.lgs. 183/03	
PM ₁₀ Fase 1	Valore limite annuale Anno civile	1 gennaio 2005: 40 µg/m ³	DM 60/02	
Piombo	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 0.5 µg/m ³	DM 60/02	
Fluoro	Media delle medie di 24 h rilevate in 1 mese	10 µg/m ³	DPCM 28/03/83	
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2009: 6 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 5 µg/m ³	DM 60/02	
B(a)pirene	Obiettivo di qualità Media annuale	1 ng/m ³	D.lgs. 152/07	

11 Allegato: Analisi dei dati rilevati presso la stazione di Piazza Bernardi nei 15 giorni precedenti e seguenti l'inizio delle scuole.

Figura 18 Giorno tipo della concentrazione di NO_2 e di CO prima e dopo l'inizio delle scuole in Piazza Bernardi – anno 2008 – soli giorni feriali

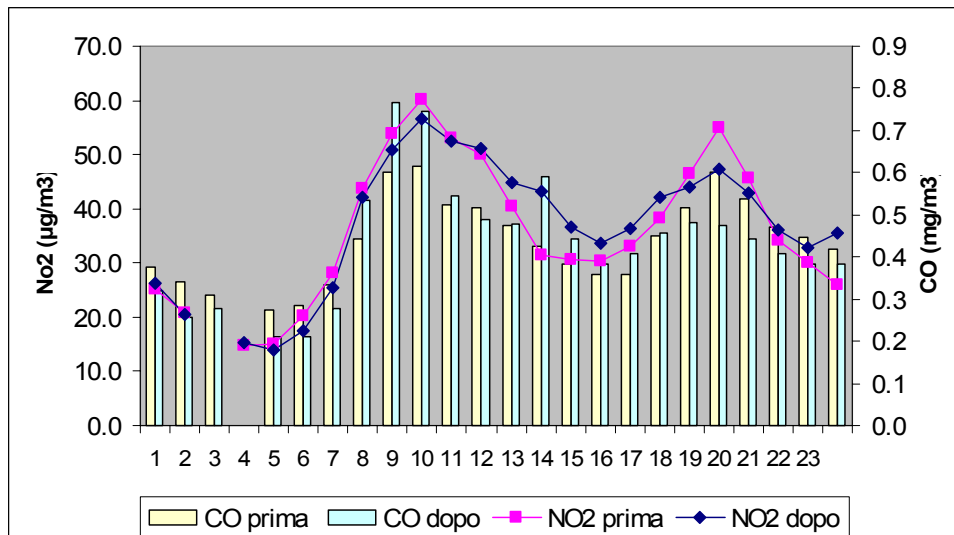


Figura 19 Giorno tipo della concentrazione di NO_2 e di CO prima e dopo l'inizio delle scuole in Piazza Bernardi – anno 2009– soli giorni feriali

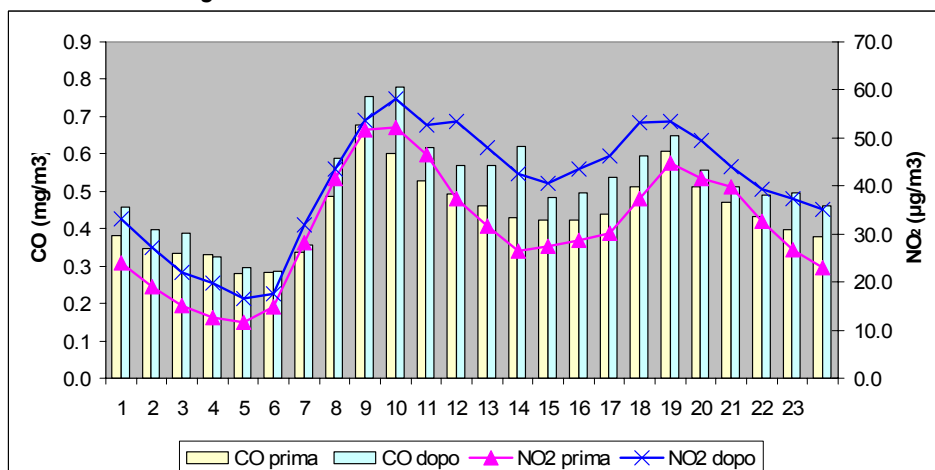
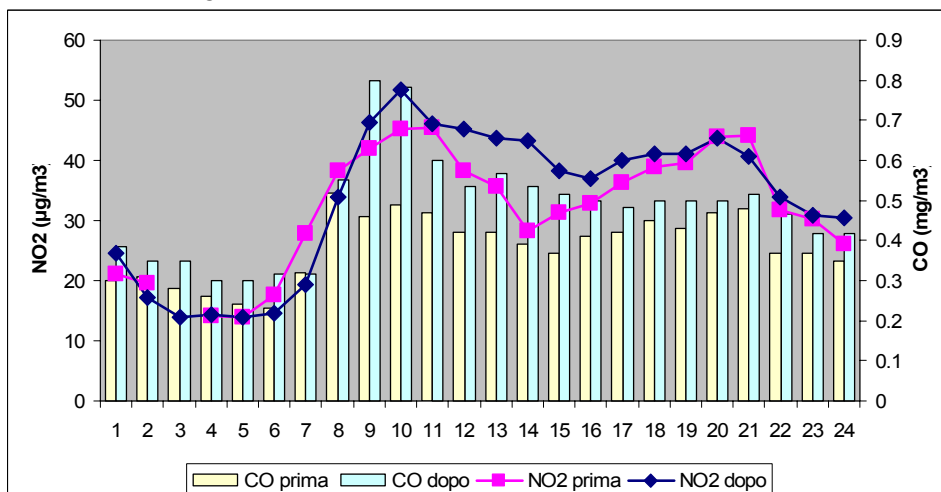


Figura 20 Giorno tipo della concentrazione di NO_2 e di CO prima e dopo l'inizio delle scuole in Piazza Bernardi – anno 2010– soli giorni feriali





Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona
Via Dominutti,8
37138 Verona
Italy
Tel. +39 045 8016 906
Fax +39 045 8016 888
e-mail: dapvr@arpa.veneto.it

ottobre 2010