

QUALITÀ DELL'ARIA E GRANDI INFRASTRUTTURE

Valutazione contributo del traffico delle grandi infrastrutture viarie all'inquinamento atmosferico a Reggio Emilia



PROGETTO SPERIMENTALE



Progetto sperimentale del Comune di Reggio Emilia:

David Zilioli, Dirigente Servizio Mobilità, Ambiente e Progetti speciali

Susanna Ferrari Bergomi, Servizio Mobilità, Ambiente e Progetti Speciali

Il presente documento è stato redatto da Arpae Emilia-Romagna:

Referente progetto: Luca Torreggiani

Elaborazione dati: Arianna Trentini, Luca Torreggiani, Francesca Frigo

Responsabili monitoraggi e strumentazione: Luca Torreggiani, Carla Barbieri, Francesca Frigo

Hanno collaborato: Dimitri Bacco , Francesca Frigo , Carla Barbieri, Riccardo Gazzini, Mariaelena Manzini, Antonella Anceschi, Anna Lodigiani, Bottazzi Emanuela, Fiorella Achilli

Sommario

PREMESSA	3
POLITICHE REGIONALI	4
AREA D'INDAGINE E PUNTI DI MONITORAGGIO	5
PUNTO 1 – AUTOSTRADA A1.....	6
PUNTO 2 – TANGENZIALE NORD (TG).....	7
PUNTO 3 – VIALE TIMAVO - TRAFFICO URBANO (TU).....	8
PUNTO 4 – CAMPUS SAN LAZZARO - FONDO URBANO (FU)	9
CAMPAGNE DI MONITORAGGIO E INQUINANTI RILEVATI	10
LEGENDA ELABORAZIONI QUALITÀ DELL'ARIA	11
ELABORAZIONI DATI TRAFFICO	12
RISULTATI	13
ELABORAZIONI DATI METEOROLOGICI	16
PRESSIONE ATMOSFERICA	16
ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO	17
PRECIPITAZIONI	18
TEMPERATURA	19
VENTO	20
ELABORAZIONI DATI AUTOSTRADA A1	21
ELABORAZIONI GIORNALIERE	21
ELABORAZIONI ORARIE (GIORNO TIPO).....	26
ELABORAZIONI DATI TANGENZIALE NORD	30
ELABORAZIONI GIORNALIERE	30
ELABORAZIONI ORARIE (GIORNO TIPO).....	33
ELABORAZIONI DATI CIRCONVALLAZIONE URBANA (V.LE TIMAVO)	35
ELABORAZIONI GIORNALIERE	35
ELABORAZIONI ORARIE (GIORNO TIPO).....	40
ELABORAZIONI DI RAFFRONTO FRA LE POSTAZIONI	44
ELABORAZIONI MEDIE GIORNALIERE	45
ELABORAZIONI GIORNO TIPO	51
ELABORAZIONI BOX PLOT.....	55
APPROFONDIMENTI	58
ANALISI CON CONTATORE OTTICO DI PARTICELLE IN A1	58
ANALISI DEL BALCK CARBON IN A1	63
ANALISI DEGLI OSSIDI DI AZOTO	66
CONSIDERAZIONI DI SINTESI	68
STAGIONALITÀ.....	68
INQUINANTI	68
GRANDI INFRASTRUTTURE	69
TRAFFICO URBANO.....	70
CONSIDERAZIONI FINALI	70

PREMESSA

Nell'autunno 2018 il Servizio "Mobilità, Ambiente e Progetti Speciali" del Comune di Reggio Emilia ha concordato con Arpae Emilia Romagna l'avvio di un progetto sperimentale di monitoraggio della qualità dell'aria in adiacenza alla Autostrada A1 nel tratto di attraversamento del Comune di Reggio Emilia, al fine di rilevare i livelli di inquinamento in prossimità del sedime autostradale e confrontare tali dati con quelli delle altre stazioni fisse collocate in contesti differenti.

L'obiettivo era quello di studiare e quantificare il contributo del traffico autostradale della autostrada, nello specifico dell'A1, all'inquinamento dell'aria nel Comune di Reggio Emilia come elemento utile per valutare la necessità di definire azioni regionali e locali puntuali rispetto a tale importante fonte di inquinamento.

Una maggiore conoscenza qualitativa e quantitativa delle fonti di inquinamento può essere utile per la programmazione degli strumenti più efficaci da parte degli enti sovraordinati.

Un esempio interessante a cui fare riferimento riguarda l'autostrada A22 coinvolta in un progetto europeo, denominato "BrennerLEC", che studia sperimentalmente gli effetti sulla qualità dell'aria e sulla fluidità del traffico prodotti dalla riduzione effettiva del limite di velocità sul tratto autostradale.

Nel Comune di Reggio Emilia è stata avviata, all'inizio del 2019, una prima campagna di monitoraggio in adiacenza alla A1 alla quale è seguita una seconda e più ampia campagna di monitoraggio nel mese di Agosto, la quale ha visto una estensione dello studio anche alla tangenziale nord di Reggio Emilia.

Durante la campagna estiva, solo nei pressi della A1, è stata impiegata anche strumentazione specifica per la rilevazione di parametri non convenzionali: un analizzatore di Black Carbon, un Optical Particle Counter per il conteggio delle particelle distribuite in intervalli dimensionali. Il Comune di Reggio Emilia, inoltre, ha provveduto ad effettuare nello stesso periodo alcuni rilievi circa il numero di veicoli circolanti sulle strade oggetto dell'indagine.

Le stazioni individuate per il raffronto con le indagini condotte sono la stazione di traffico urbano situata nella circonvallazione di Reggio Emilia (V.le Timavo) e la stazione di fondo urbano (campus San Lazzaro).

POLITICHE REGIONALI

L'iniziativa del Comune di Reggio Emilia che ha portato alla realizzazione di questo progetto è certamente d'interesse anche per molte altre città della regione collocate in prossimità dell'autostrada A1, in particolare quelle dell'area emiliana che si trovano in condizioni geografiche simili a Reggio Emilia.

Per queste motivazioni, già dalla primavera 2019 il Comune di Reggio Emilia ha presentato il progetto al Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti fisici (Direzione Generale Cura del territorio e dell'Ambiente) della Regione Emilia Romagna, chiedendo sostegno e collaborazione alla iniziativa.

La Regione Emilia Romagna ha confermato l'interesse a sostenere il progetto e a collaborare affinché lo stesso possa essere inquadrato come progetto pilota a livello regionale, anche tramite la stesura di un protocollo di intesa specifico per il monitoraggio delle grandi infrastrutture viarie.

Nel mese di giugno 2019 è stato firmato un **nuovo protocollo** di intesa tra i Ministeri dell'Ambiente, Sviluppo Economico, dei Trasporti, Politiche agricole, Salute e le Regioni e Province e Autonome del bacino padano in cui si definisce un **"Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria"** e che prevede l'impegno ad introdurre nel nostro ordinamento legislativo la possibilità di adottare provvedimenti di limitazione del traffico nei tratti autostradali adiacenti ai centri abitati anche per motivi ambientali.

Ambito d'intervento 3 Mobilità

Azione 1. Introduzione dei criteri ambientali nella disciplina della circolazione in ambito extraurbano

Referente: *Ministero delle infrastrutture e dei trasporti con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare*

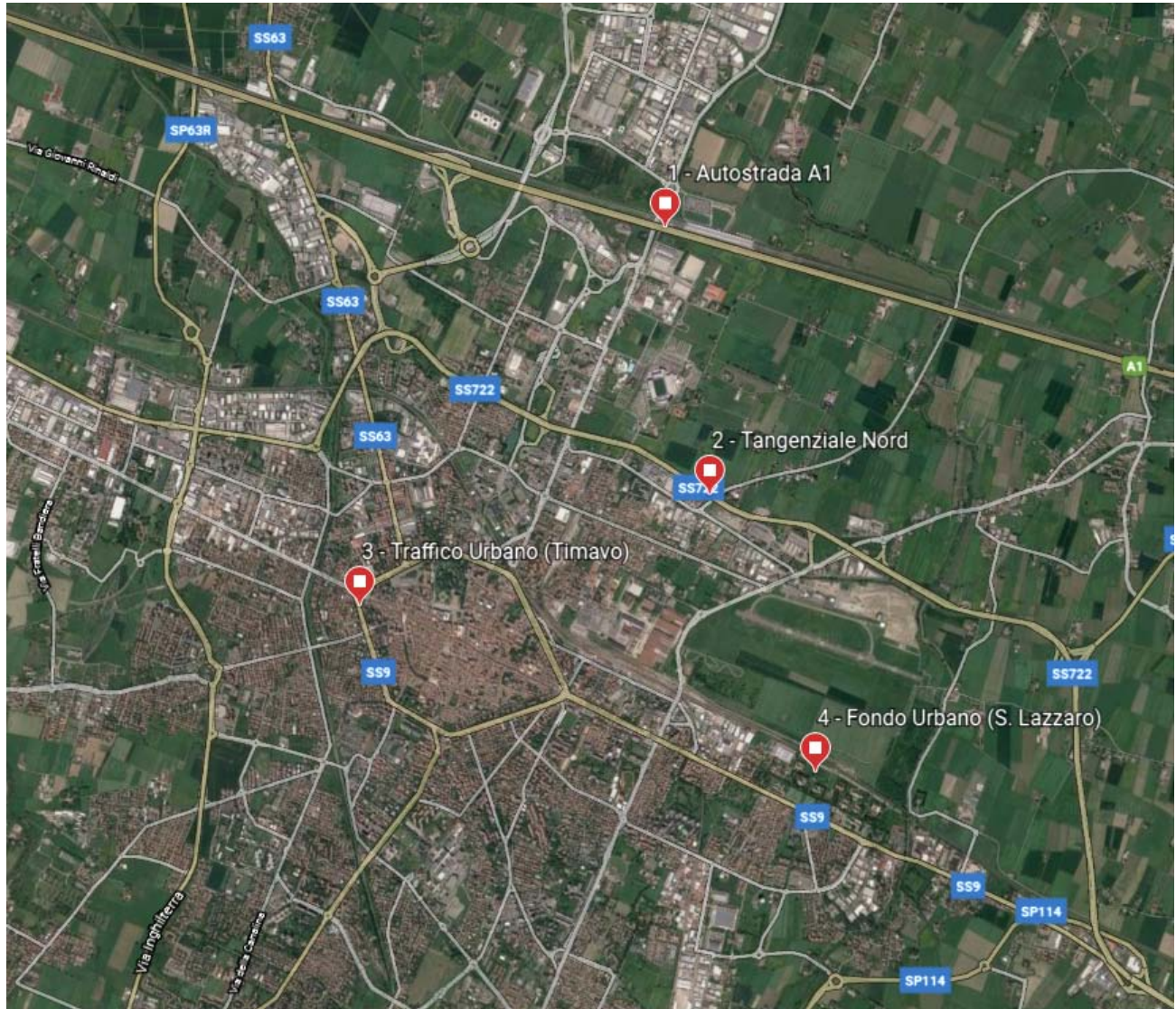
Tempistica: *entro 90 giorni dall'entrata in vigore del protocollo*

Misure attuative:

- A) *formulare una proposta di modifica del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, volta ad introdurre il criterio ambientale per l'adozione di provvedimenti di limitazione della circolazione, limitatamente ai tratti autostradali adiacenti ai centri urbani, con particolare riferimento alla riduzione dei limiti di velocità.*

AREA D'INDAGINE E PUNTI DI MONITORAGGIO

Le stazioni oggetto del monitoraggio sono tutte ubicate all'interno del territorio comunale di Reggio Emilia e sono rappresentate nella mappa sottostante:



- 1) Autostrada A1
- 2) Tangenziale Nord
- 3) Traffico Urbano (Timavo)
- 4) Fondo Urbano (S. Lazzaro)

Punto 1 – Autostrada A1

L'area individuata per posizionare il laboratorio mobile di Arpae è situata in adiacenza al sedime autostradale in zona Mancasale, nell'area interclusa fra la linea ferroviaria AV a nord e l'autostrada a sud, in prossimità della stazione Mediopadana TAV, a pochissimi metri dal piano stradale e alla medesima quota.



Questa postazione è stata utilizzata sia nella campagna d'indagine invernale che in quella estiva. Durante la campagna estiva, oltre al Laboratorio Mobile è stato posizionato un ulteriore carrello contenente strumentazione atta al rilevamento di parametri speciali (contatore ottico di particelle e Black Carbon).

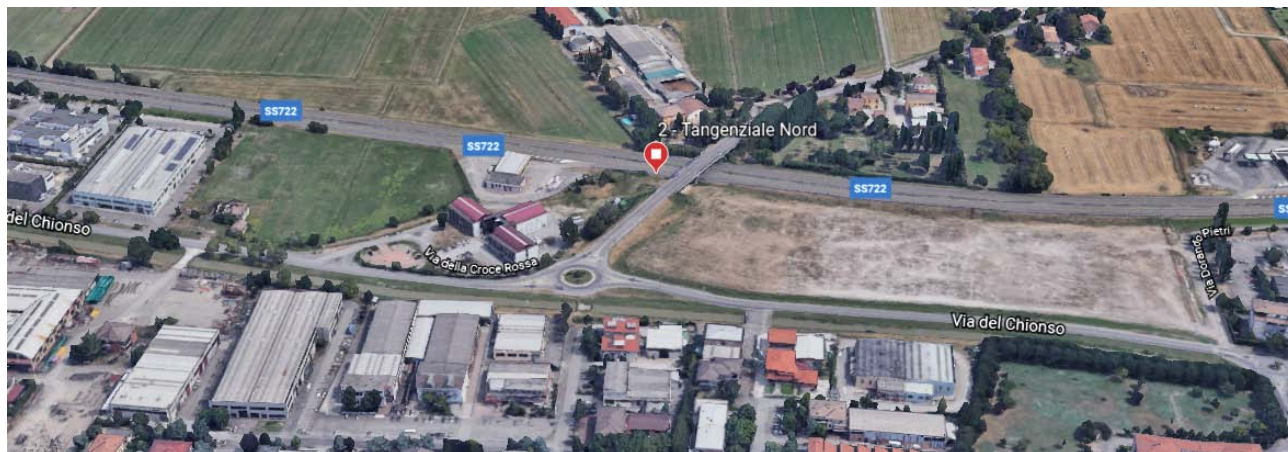


Come si può osservare, il laboratorio mobile è stato ubicato nelle immediate vicinanze dell'Autostrada.



Punto 2 – Tangenziale Nord (TG)

L'area individuata per posizionare il secondo laboratorio mobile di Arpae è situata in adiacenza alla tangenziale nord di Reggio Emilia, in zona Santa Croce, nella zona interclusa fra la sede della Croce Rossa e la tangenziale.



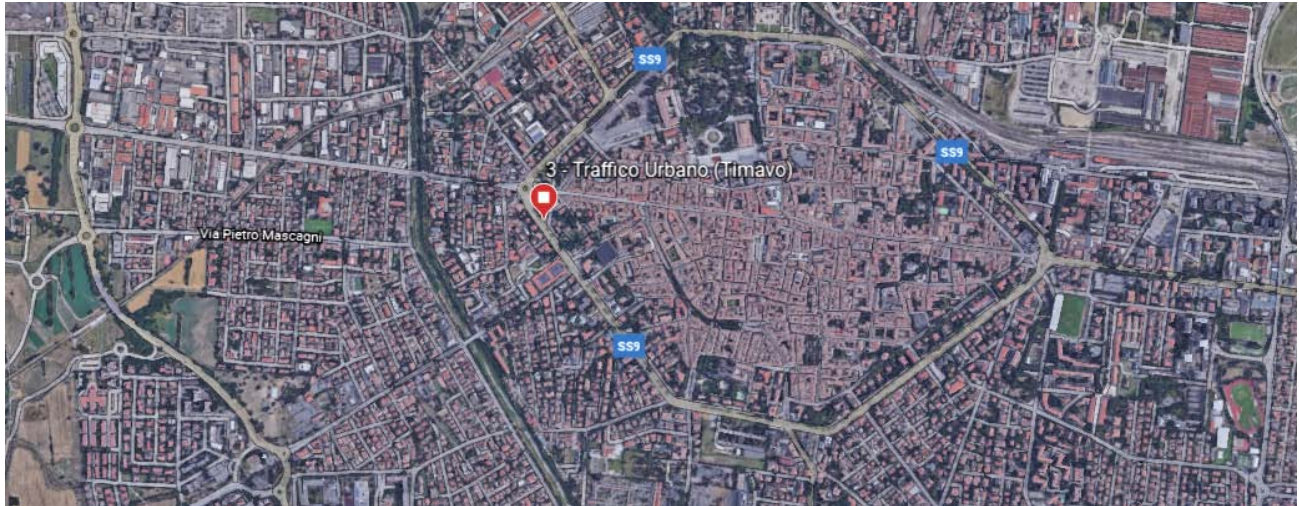
Questa postazione è stata utilizzata solo nella campagna d'indagine estiva.



In questo caso il laboratorio mobile era posizionato leggermente più in basso rispetto al sedime stradale, pertanto la linea prelievo gas e polveri era alla stessa quota delle sorgenti emittive (marmitte degli autoveicoli).

Punto 3 – Viale Timavo - Traffico Urbano (TU)

La terza postazione è costituita dalla stazione di monitoraggio regionale di Arpae posizionata lungo la circonvallazione urbana. Tale postazione è pertanto definita di Traffico Urbano in quanto anch'essa nelle immediate vicinanze della strada.

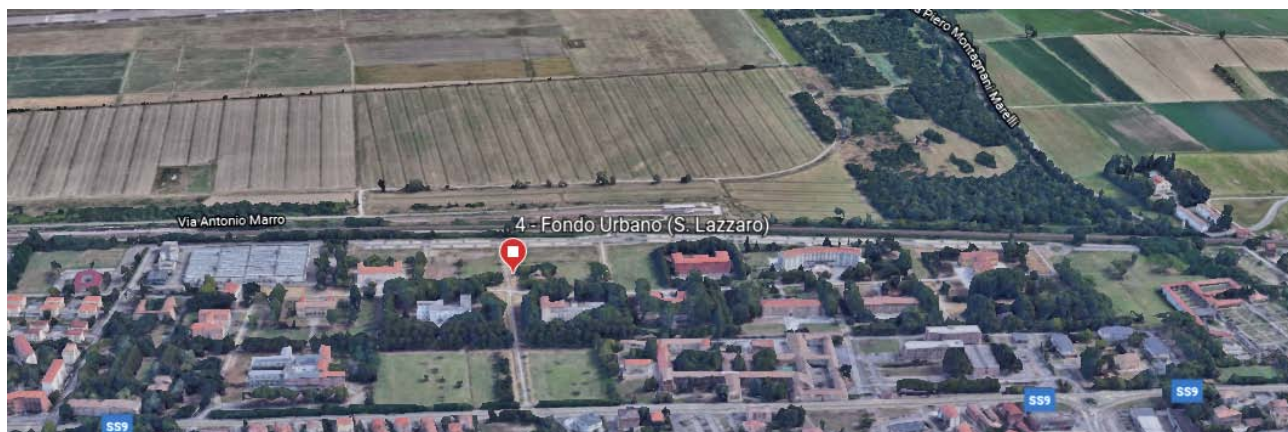


In questa postazione, in funzione dagli anni novanta e da sempre stazione di riferimento principale per la città di Reggio, sono stati acquisiti in continuo i dati di qualità dell'aria per tutto il periodo d'indagine.



Punto 4 – Campus San Lazzaro - Fondo Urbano (FU)

La quarta postazione è costituita dalla stazione di monitoraggio della rete regionale di Arpae posizionata all'interno dell'area pedonale del Campus San Lazzaro. Tale postazione è pertanto definita di Fondo Urbano in quanto atta a rilevare i valori di inquinamento presenti in città lontano dalle principali fonti emissive dirette.



Anche in questa postazione, in funzione dagli anni novanta, sono stati acquisiti in continuo i dati di qualità dell'aria per tutto il periodo d'indagine.



Presso questa stazione sono disponibili anche dati meteorologici:

- Direzione e velocità del vento
- Temperatura e umidità
- Pressione atmosferica
- Intensità della Radiazione solare









Campagne di monitoraggio e inquinanti rilevati

Questo progetto è costituito da due campagne di monitoraggio, una invernale e una estiva, entrambe svolte nel corso dell'anno 2019.

Prima campagna – INVERNO – 12/01/2019 => 05/02/2019

Seconda campagna – ESTATE – 01/08/2019 => 31/08/2019

Le due campagne di monitoraggio non sono state equivalenti per numero dei punti di misura e degli inquinanti rilevati: solo nel periodo estivo è stato infatti possibile disporre di maggior strumentazione da utilizzare per le finalità del progetto.

			INVERNO	ESTATE
Autostrada A1	Laboratorio Mobile	NOx CO BTEX O ₃ ¹ PM10 PM2.5 Meteo ²		
	Carrello	OPC BC		
Tangenziale Nord	Laboratorio Mobile	NOx CO O ₃ ¹ PM10 PM2.5 Meteo ²		
Traffico Urbano V.le Timavo	Stazione fissa	NOx CO BTEX PM10		
Fondo Urbano Campus San Lazzaro	Stazione fissa	NOx O ₃ ¹ PM10 PM2.5 Meteo ²		

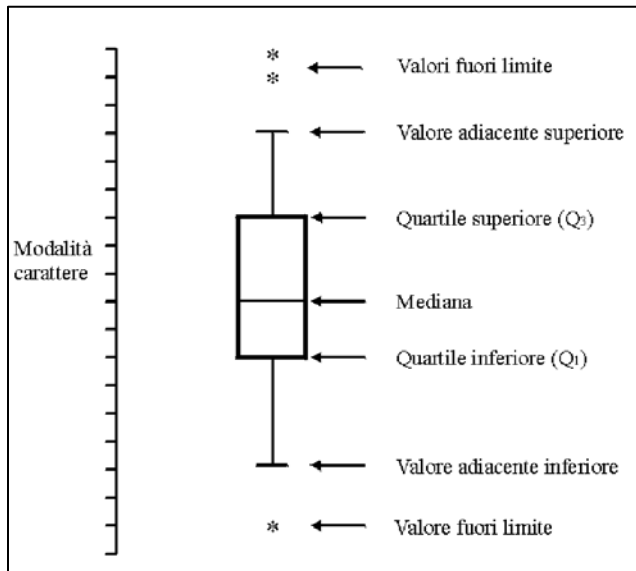
¹ L'inquinante Ozono non verrà elaborato in quanto non di interesse per questo progetto.

² Le elaborazioni dei dati meteo saranno uniche e non distinte per postazione in quanto rappresentative dell'intera area.

Legenda elaborazioni qualità dell'aria

Nella relazione verranno proposte diverse modalità di elaborazione dei dati dei diversi inquinanti.

Box Plot



Ciascun box:

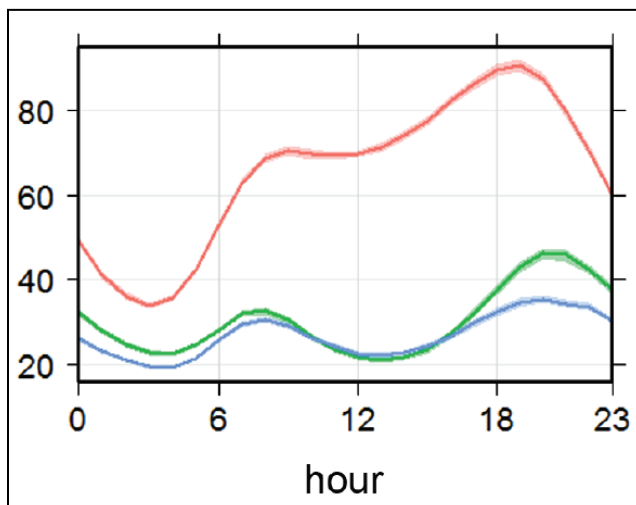
- è delimitato in alto e in basso dal primo e dal terzo quartile (25° e 75° percentile rispettivamente),

- al centro è presente una barra orizzontale che rappresenta la mediana (50° percentile: valore superiore al 50% dei dati considerati);

- le barre verticali che escono dal box rappresentano il minimo e il massimo e sono calcolate sulla base del range interquartile;

- gli outlier sono rappresentati come pallini e sono dei valori superiori o inferiori alle barre verticali.

Giorno Tipo



Il grafico giorno tipo serve per rappresentare l'andamento tipico di un parametro nel corso delle 24 ore di una giornata.

Questo grafico si ottiene mediando per ogni ora i dati di tutto il periodo a disposizione.

Il giorno tipo pertanto non è un giorno reale, ma teorico, ideale: pertanto può essere utilizzato per evidenziare se esiste un andamento consueto.

Esso non consente di evidenziare valori massimi o giornate con valori estremi.

Elaborazioni dati traffico

Il sistema di conteggio dei mezzi che è stato utilizzato è composto da:

- telecamera IP-Cam da 2Mpx collocata a bordo strada e posizionata in modo da poter inquadrare entrambi i sensi di marcia;
- sistema di registrazione NVR connesso direttamente alla telecamera e posto in un armadietto adiacente alla telecamera;
- Computer equipaggiato con il software di analisi video in post processing per il conteggio e la classificazione dei veicoli.

Sono stati effettuati rilevamenti in 3 siti (A1, TG, TU) di durata pari a una settimana ciascuno nel corso della campagna estiva, e più precisamente dal 21 agosto 2019 al 1° settembre 2019. I primi giorni di storage degli streaming video sono stati utilizzati come test per il settaggio dei dispositivi e quindi il periodo utile di effettiva raccolta dei dati è stato ristretto dal 23 agosto al 1° settembre 2019.

Le immagini raccolte sono state elaborate attraverso un applicativo software che crea un riassunto del video originale: la video sinossi è resa possibile dalla presentazione di più oggetti/eventi contemporaneamente, anche se si sono verificati in momenti diversi. Il sistema di Video Sinossi traccia e analizza gli oggetti in movimento e converte i flussi video in un database di oggetti/eventi. La sintesi video di base può essere gestita attraverso opportuni filtri, consentendo agli utenti di organizzare la sinossi video in base a parametri definiti quali: tipo di veicolo, direzione di transito, zone di attraversamento, area di occupazione. Tutti i parametri di filtraggio sono stabiliti dall'utente. I risultati della sinossi video sono ordinati in base alla probabilità di corrispondenza dei parametri selezionati, assicurando che gli eventi di interesse più rilevanti siano presentati per primi.

Sfruttando opportunamente le caratteristiche tecniche del software è stato possibile orientare l'applicativo esclusivamente al conteggio e alla caratterizzazione dei veicoli. Per fare questo sono stati applicati dei filtri di sistema che hanno potuto discriminare:

- tipologia di veicolo
- senso di percorrenza
- posizione di passaggio
- stima della velocità
- eventuali stazionamenti
- analisi delle traiettorie.

Tutti gli streaming video sono stati estrapolati dal registratore NVR e digitalizzati in formato h264 su codec mpeg4 con risoluzione full HD (1920 x 1080); gli streaming sono stati classificati in modo da realizzare 8 fasce giornaliere (circa 3 ore di filmato ciascuno) necessarie ad ottimizzare il lavoro computazionale del sistema di video analisi; tutti gli streaming organizzati sono stati successivamente elaborati dal sistema in post processing. A seguito dell'elaborazione sono stati applicati i filtri descritti nel precedente paragrafo per ottenere un conteggio mirato e puntuale dei mezzi.

Risultati

Le risultanze delle analisi dati sono rappresentate nelle seguenti tabelle.

A1	fasce orarie								Giorno
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	
sabato 24 agosto 2019	1.384	2.313	11.563	20.305	12.371	12.536	12.640	1.223	74.335
domenica 25 agosto 2019	1.401	3.007	13.338	13.488	11.512	18.119	10.040	1.549	72.454
lunedì 26 agosto 2019	1.615	3.114	11.079	11.620	17.147	11.797	13.013	1.417	70.802
martedì 27 agosto 2019	731	1.837	7.940	16.082	10.152	15.908	8.225	2.280	63.155
mercoledì 28 agosto 2019	591	1.164	12.183	10.649	15.520	11.694	9.840	2.195	63.836
giovedì 29 agosto 2019	1.471	1.927	9.057	15.841	10.673	11.603	13.821	2.377	66.770
venerdì 30 agosto 2019	624	702	2.420	11.382	15.550	14.505	11.172	1.526	57.881
sabato 31 agosto 2019	1.911	1.288	10.494	20.411	12.697	12.456	12.181	1.611	73.049
feriale	1.006	1.749	8.536	13.115	13.808	13.101	11.214	1.959	64.489
weekend	1.565	2.203	11.798	18.068	12.193	14.370	11.620	1.461	73.279

TG	fasce orarie								Giorno
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	
sabato 24 agosto 2019	780	189	1.975	4.488	3.001	4.542	3.420	275	18.670
domenica 25 agosto 2019	168	204	1.309	2.686	2.583	4.565	3.262	313	15.090
lunedì 26 agosto 2019	485	258	6.080	5.371	5.279	6.366	5.154	1.146	30.139
martedì 27 agosto 2019	345	183	7.711	7.495	5.222	5.025	4.114	308	30.403
mercoledì 28 agosto 2019	299	346	8.021	5.724	4.722	6.438	5.817	1.362	32.729
giovedì 29 agosto 2019	217	243	8.178	4.961	5.035	6.138	6.605	67	31.444
venerdì 30 agosto 2019	188	204	5.577	5.336	5.750	6.707	5.839	668	30.269
sabato 31 agosto 2019	54	259	2.299	5.526	5.199	3.242	3.941	483	21.003
feriale	307	247	7.113	5.777	5.202	6.135	5.506	710	30.997
weekend	334	217	1.861	4.233	3.594	4.116	3.541	357	18.254

TU	fasce orarie								Giorno
	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	
sabato 24 agosto 2019	312	76	790	1.796	1.201	1.817	1.368	110	7.470
domenica 25 agosto 2019	68	82	524	1.075	1.034	1.826	1.305	126	6.040
lunedì 26 agosto 2019	146	78	1.824	1.612	1.584	1.910	1.547	344	9.045
martedì 27 agosto 2019	104	55	2.314	2.249	1.567	1.508	1.235	93	9.125
mercoledì 28 agosto 2019	90	104	2.407	1.718	1.417	1.932	1.746	409	9.823
giovedì 29 agosto 2019	66	73	2.454	1.489	1.511	1.842	1.982	21	9.438
venerdì 30 agosto 2019	57	62	1.674	1.601	1.725	2.013	1.752	201	9.085
sabato 31 agosto 2019	22	104	920	2.211	2.080	1.297	1.577	194	8.405
feriale	93	74	2.135	1.734	1.561	1.841	1.652	214	9.303
weekend	134	87	745	1.694	1.438	1.647	1.417	143	7.305

Come si osserva dai grafici seguenti, in Autostrada il traffico si mantiene elevato anche nel weekend; diversamente in tangenziale e in circonvallazione si osserva una netta differenza fra i giorni feriali e il sabato-domenica.

Tuttavia si precisa che tale rilevazione è stata effettuata in un periodo non rappresentativo dell'anno in quanto caratteristico delle ferie estive.

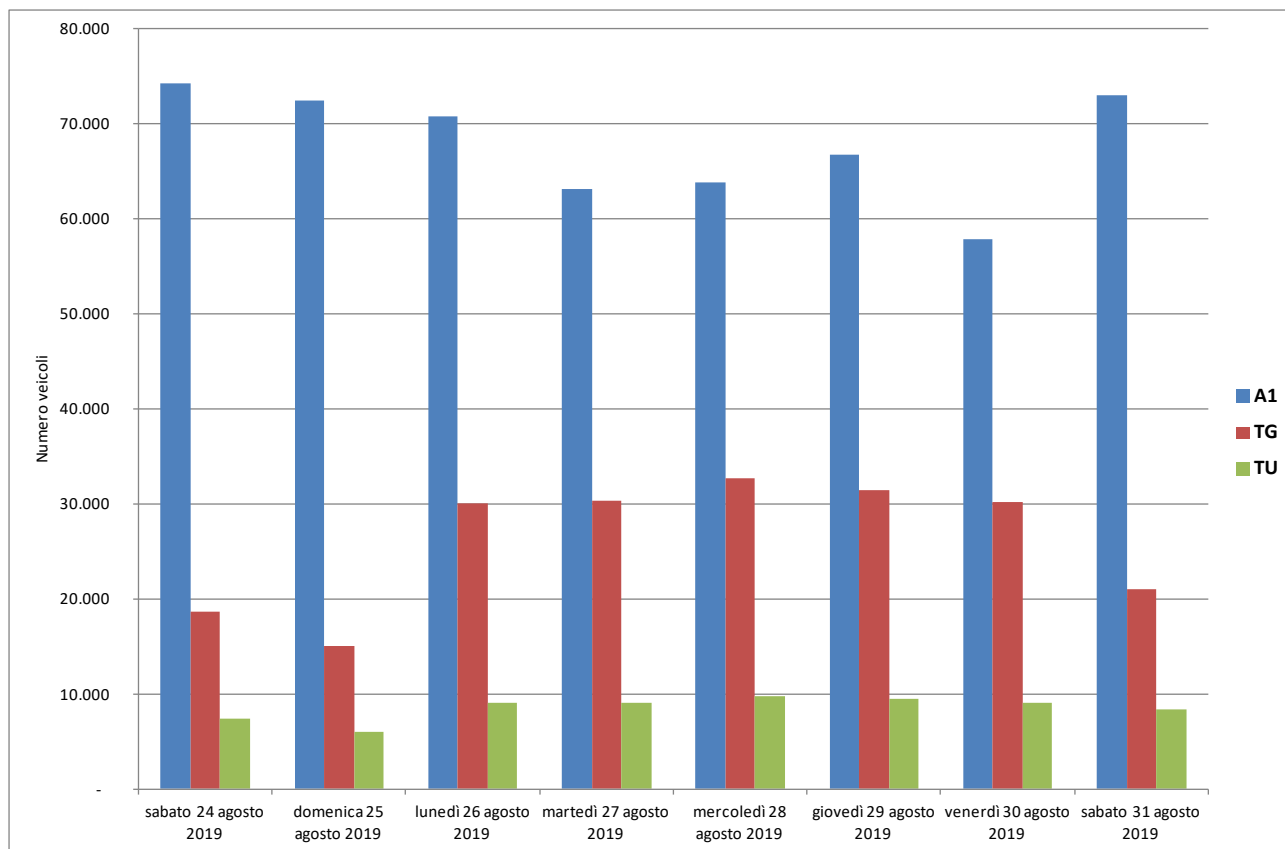


Figura 1 – Veicoli giornalieri rilevati in Autostrada (A1), Tangenziale (TG) e Circonvallazione urbana (TU).

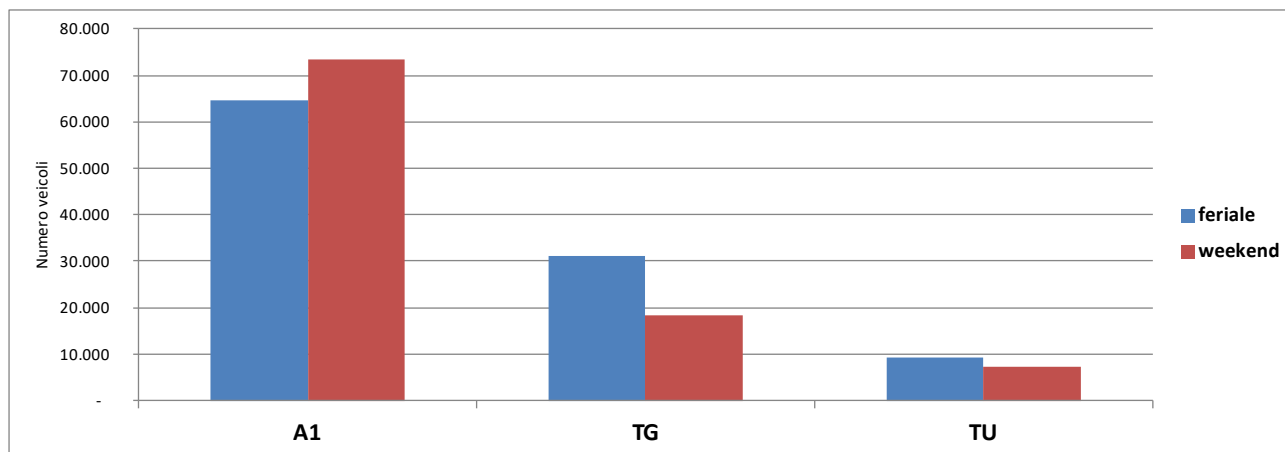


Figura 2 – Veicoli medi rilevati in Autostrada (A1), Tangenziale (TG) e Circonvallazione urbana (TU).

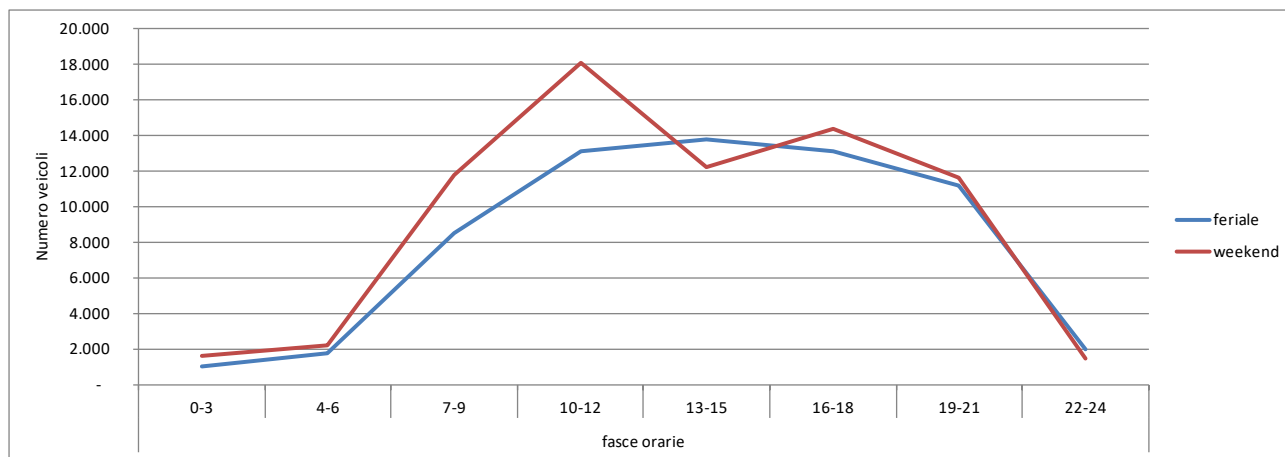


Figura 3 – Veicoli rilevati per fascia oraria in Autostrada A1.

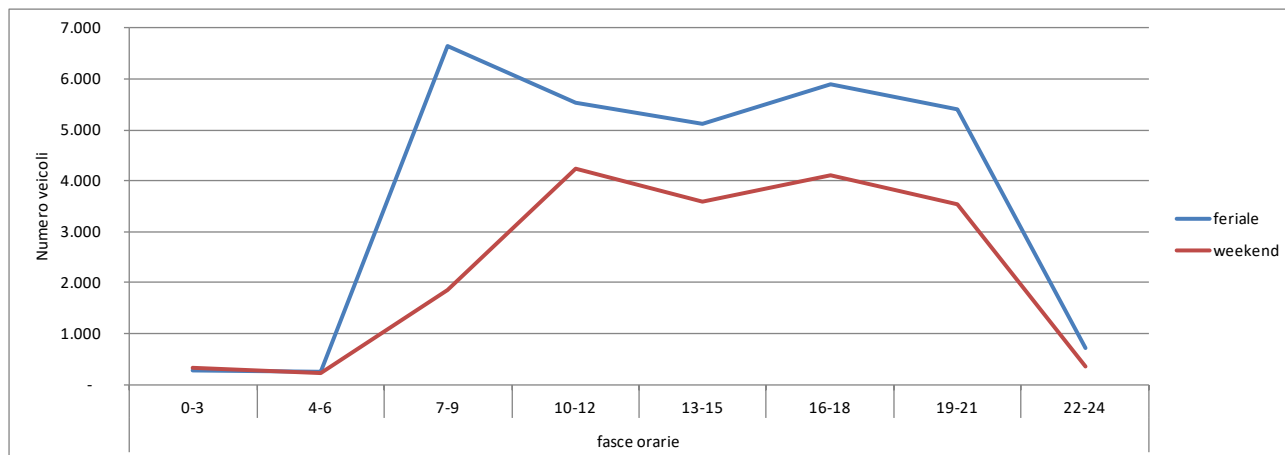


Figura 4 – Veicoli rilevati per fascia oraria in Tangenziale Nord.

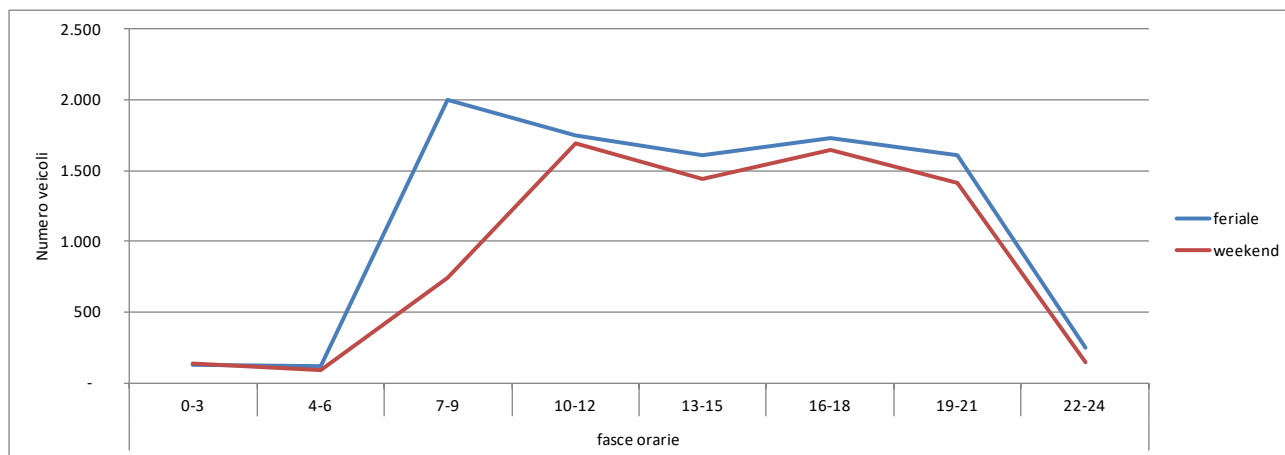


Figura 5 – Veicoli rilevati per fascia oraria in V.le Timavo.

Elaborazioni dati meteorologici

Pressione Atmosferica

Fra gli aspetti principali che differenziano le due campagne di misura, quelli più significativi sono rappresentati da due grandezze meteorologiche: la pressione atmosferica e l'altezza di rimescolamento, che condizionano notevolmente il ricambio verticale delle masse d'aria. Nelle due figure seguenti si riporta l'andamento orario della pressione nelle due campagne: si può osservare come nel periodo invernale si generino episodi di alta pressione, mentre nel periodo estivo si osservano variazioni minime di pressione.

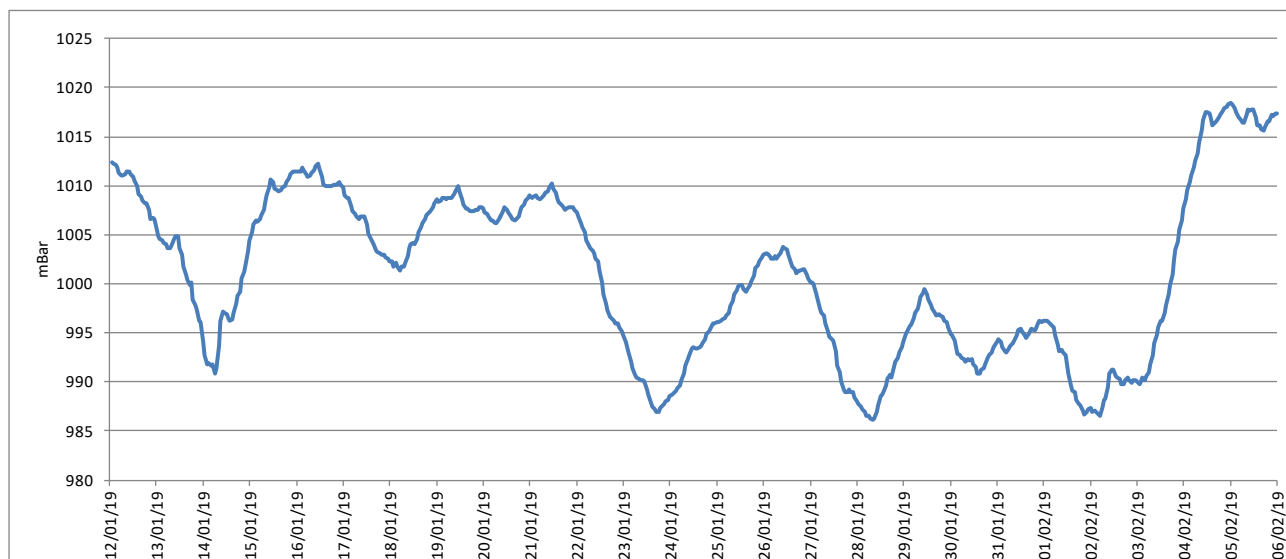


Figura 6 – Andamento orario della pressione durante la campagna invernale.

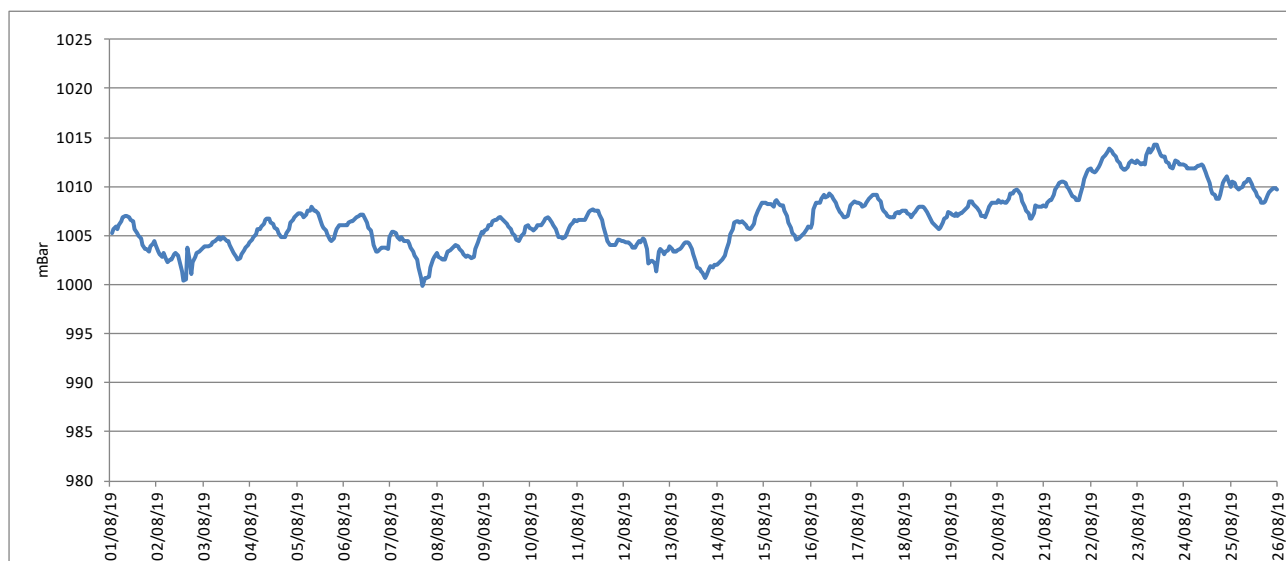


Figura 7 – Andamento orario della pressione durante la campagna estiva.

Altezza di rimescolamento

L'altezza di rimescolamento è la quota al di sotto della quale si verifica il rimescolamento verticale delle masse d'aria e pertanto è rappresentativo del volume d'aria all'interno del quale può verificarsi accumulo degli inquinanti prodotti al suolo. Lo strato di rimescolamento inizia a svilupparsi all'alba, quando il suolo si riscalda per effetto dell'irraggiamento solare, cresce nel corso della mattina e raggiunge la sua massima altezza nel pomeriggio (fino a 2000 m in una giornata di sole estiva, qualche centinaio di metri in una giornata invernale fredda e nuvolosa). Al tramonto, diminuisce l'irraggiamento solare ed i moti convettivi turbolenti si smorzano; dopo il tramonto, il suolo cessa di ricevere energia dal sole e comincia a raffreddarsi, così come l'aria a contatto con esso: questa situazione produce condizioni di assenza di rimescolamento.

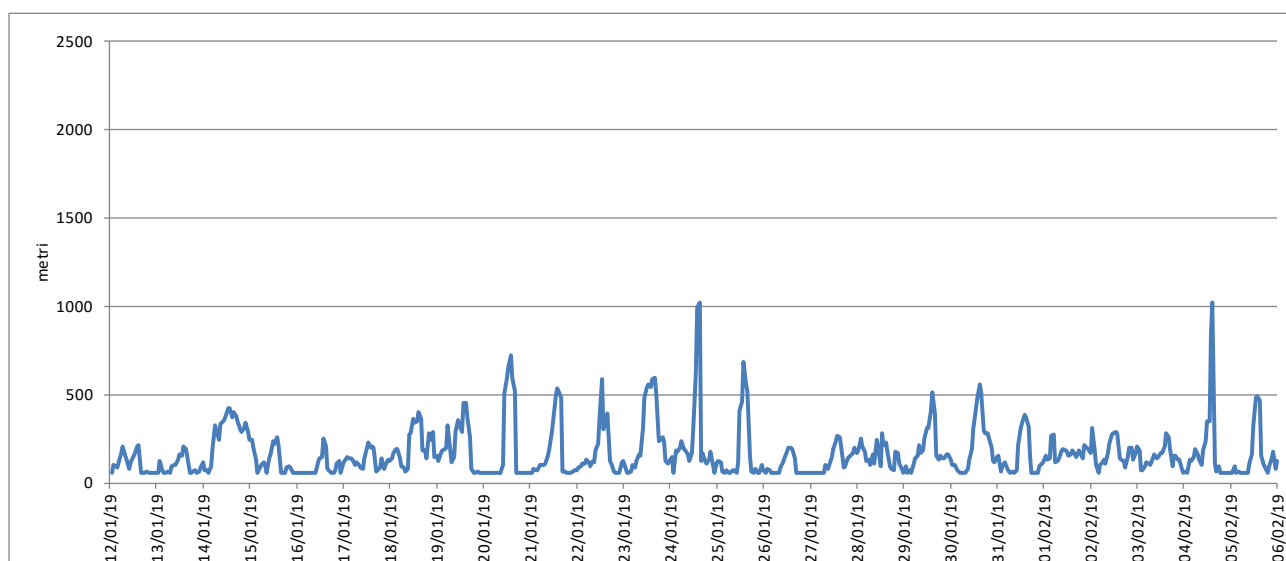


Figura 8 – Andamento orario della altezza di rimescolamento durante la campagna invernale.

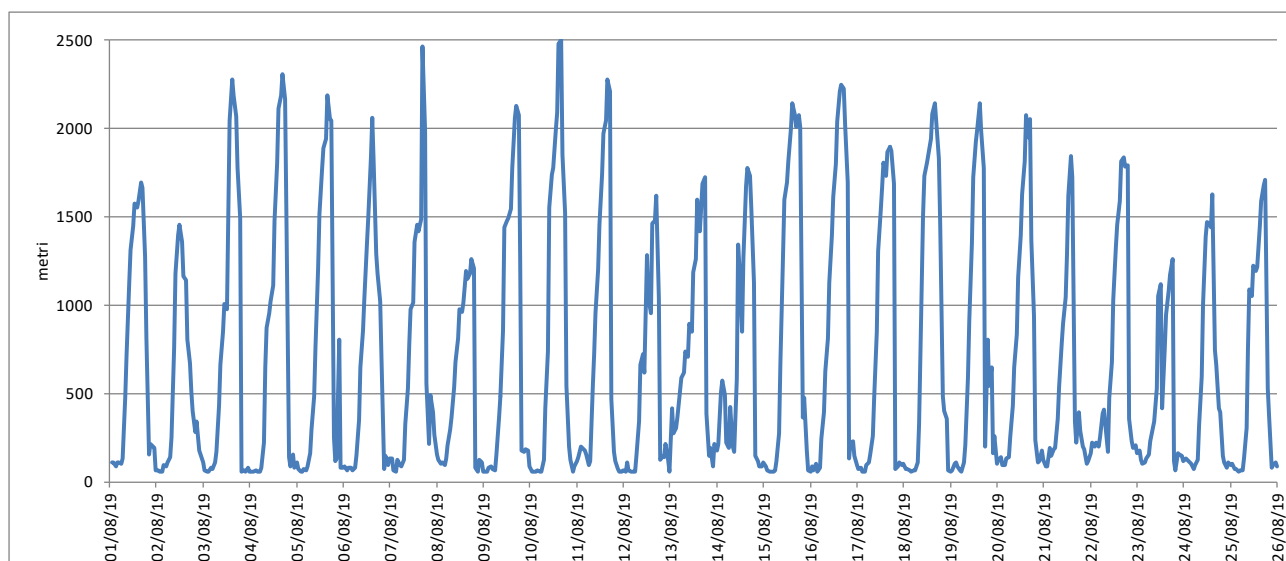


Figura 9 – Andamento orario della altezza di rimescolamento durante la campagna estiva.

Precipitazioni

La campagna invernale è stata caratterizzata da diversi eventi di pioggia. La lettura dei grafici sotto riportati deve essere messa in relazione ai grafici di pressione delle pagine precedenti. Il periodo principale caratterizzato da condizioni favorevoli all'accumulo di inquinanti è proprio quello relativo agli ultimi giorni di indagine della campagna invernale (3/4/5 febbraio 2019) caratterizzati da alta pressione, assenza di pioggia e basso strato di rimescolamento.

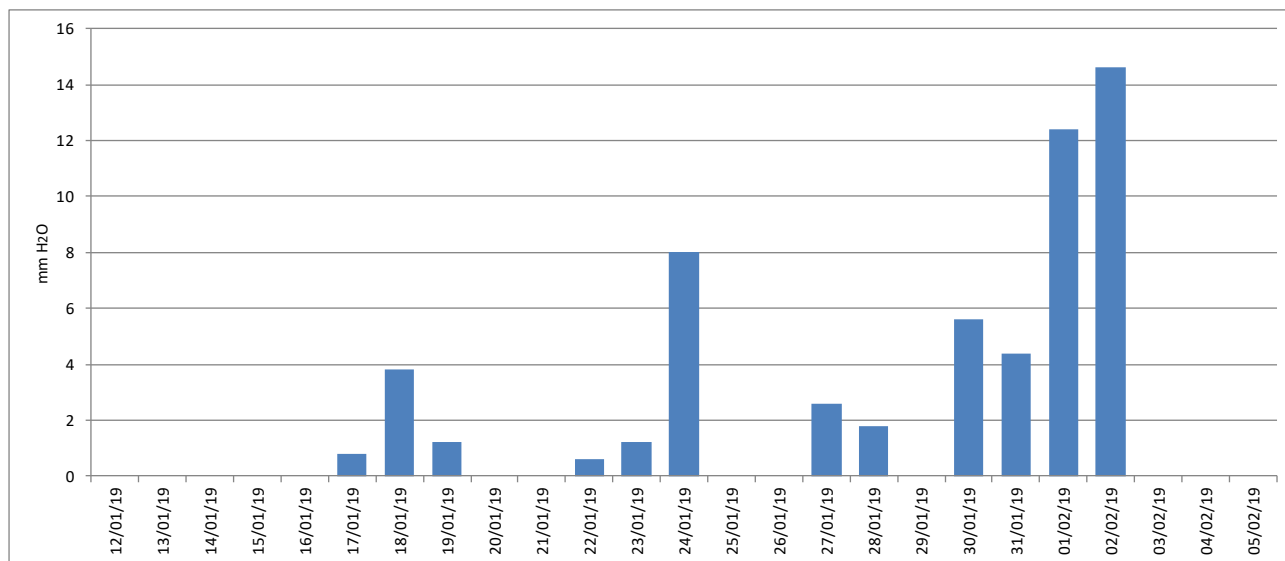


Figura 10 – Precipitazione cumulate giornaliera durante la campagna invernale.

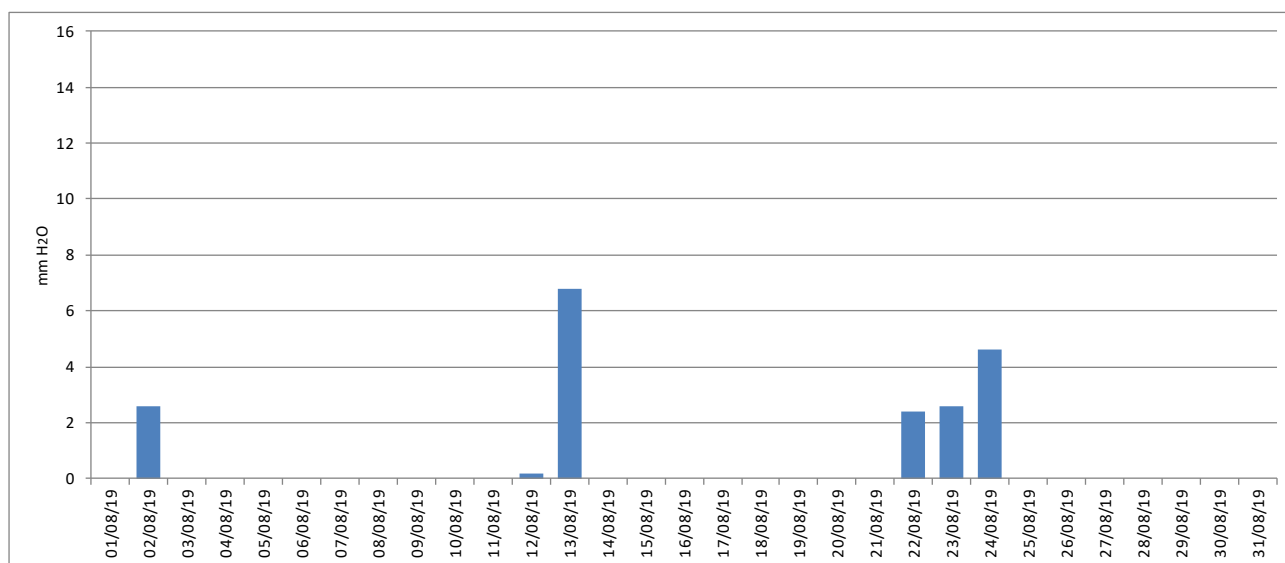


Figura 11 – Precipitazione cumulate giornaliera durante la campagna estiva.

Durante la campagna estiva le precipitazioni sono risultate molto più contenute.

Temperatura

Durante la campagna invernale le temperature sono state abbastanza rigide, con valori compresi quasi sempre fra +5°C e -5°C. Le giornate più rigide sono risultate essere quelle del 25/26 gennaio, caratterizzate da assenza di pioggia e aumento di pressione. Giornate particolarmente fredde possono influire in ambito urbano poiché le emissioni dei veicoli sono maggiori a motore freddo; diversamente si presuppone che in autostrada e tangenziale le emissioni siano a motore caldo.

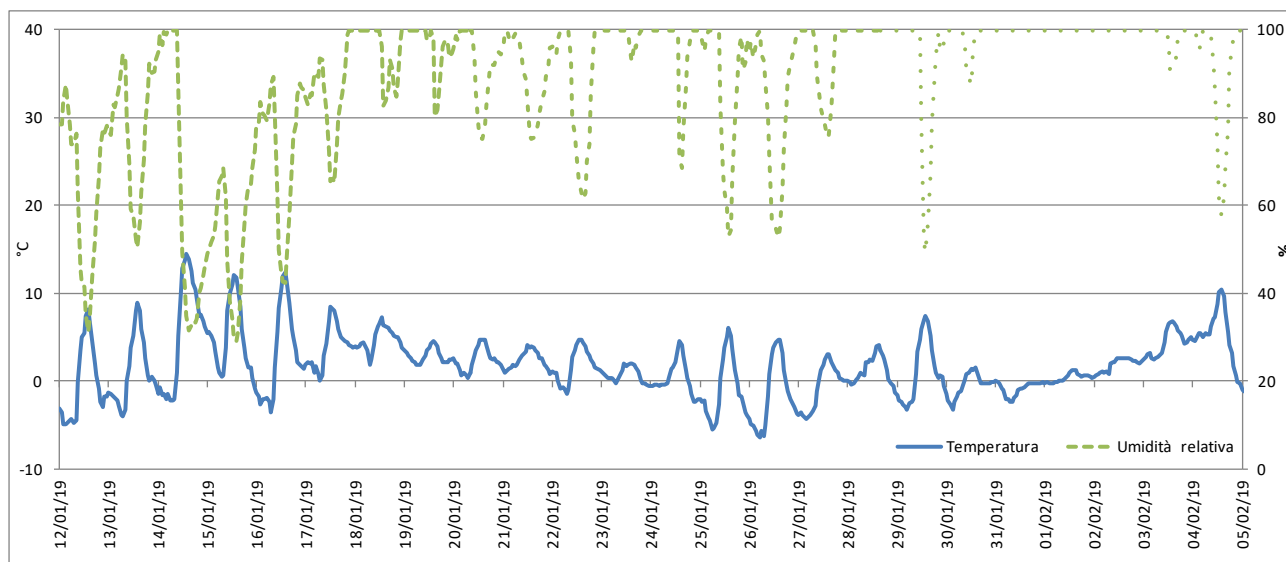


Figura 12 – Temperatura e umidità relativa durante la campagna invernale.

Durante la campagna estiva, temperature particolarmente elevate possono favorire le reazioni di formazione di ozono con una conseguente riduzione delle concentrazioni degli ossidi d'azoto.

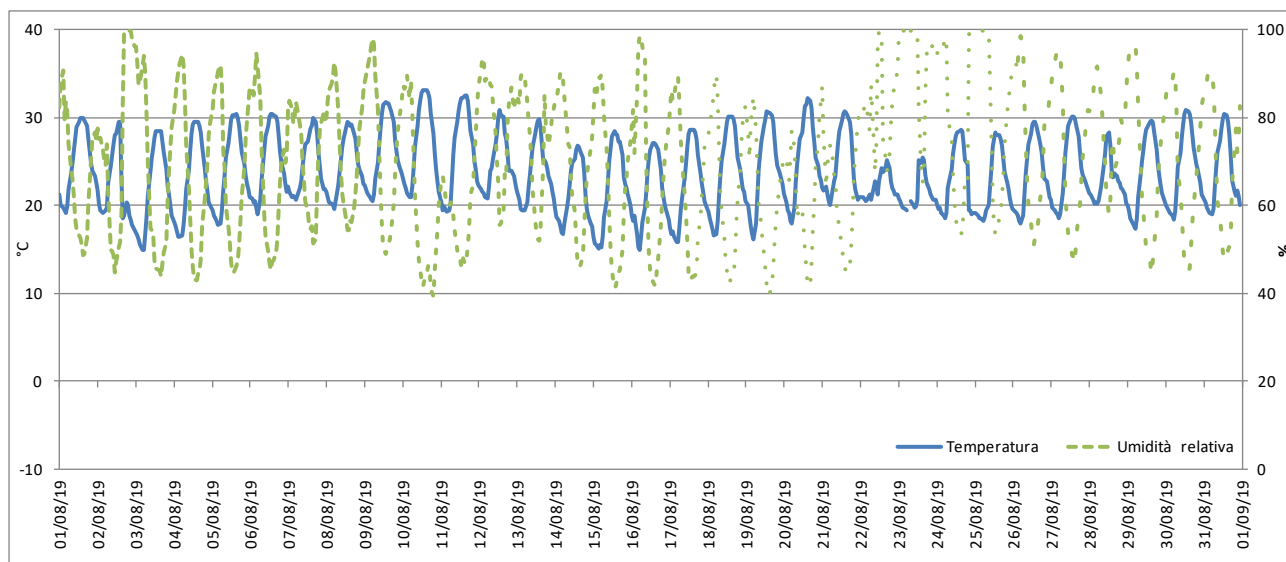


Figura 13 – Temperatura e umidità relativa durante la campagna estiva.

Vento

Si riportano qui di seguito le rose dei venti relative alla zona di Reggio Emilia rilevate nelle due campagne. La direzione prevalente dei venti coincide sostanzialmente con la direzione dell'autostrada e della tangenziale. Si osserva che ricorrono, soprattutto in inverno, momenti in cui si hanno provenienze da sud: 15% delle ore in inverno e 8% in estate. Quando i venti provengono da sud il laboratorio posizionato lungo l'autostrada A1 si trova sottovento, mentre il laboratorio posizionato presso la tangenziale si trova sopravvento.

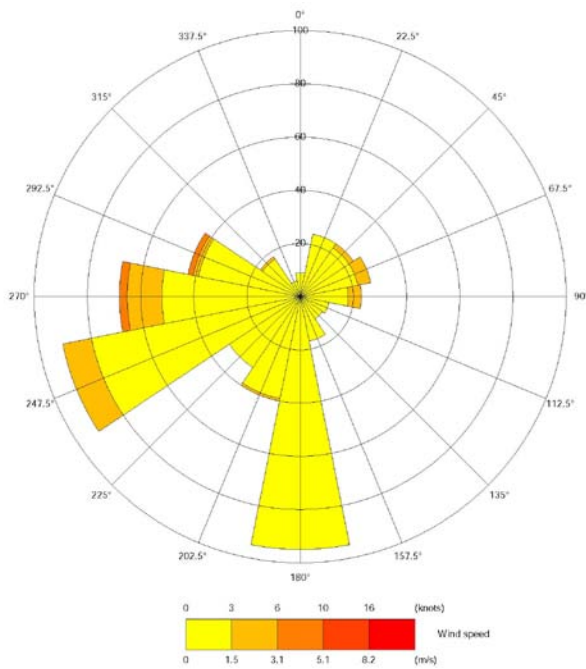


Figura 14 – Rosa dei venti durante la campagna invernale.

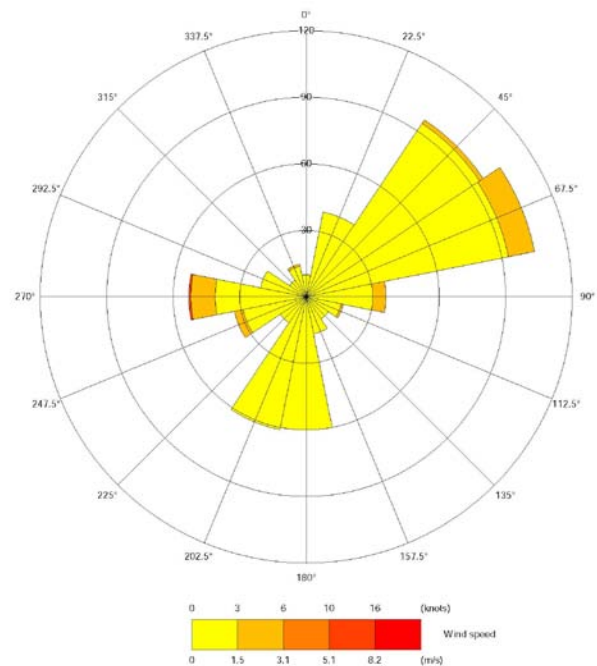


Figura 15 – Rosa dei venti durante la campagna estiva.

Elaborazioni dati Autostrada A1

Elaborazioni giornaliere

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione a box plot, al fine di evidenziare la variabilità oraria di ogni inquinante per ciascuna giornata.

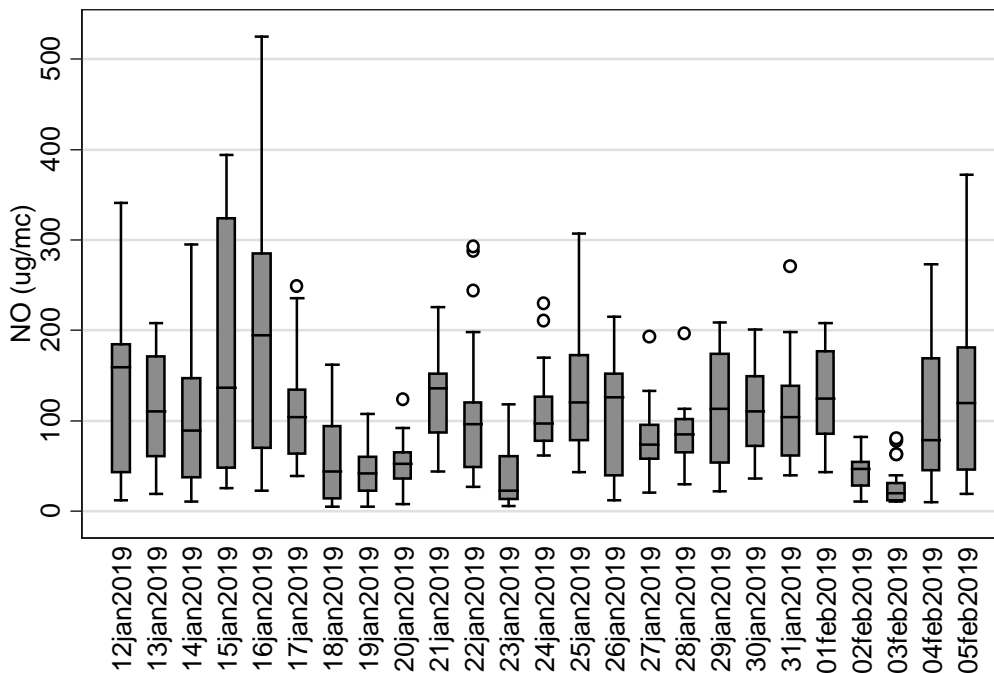


Figura 16 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – monossido di azoto.

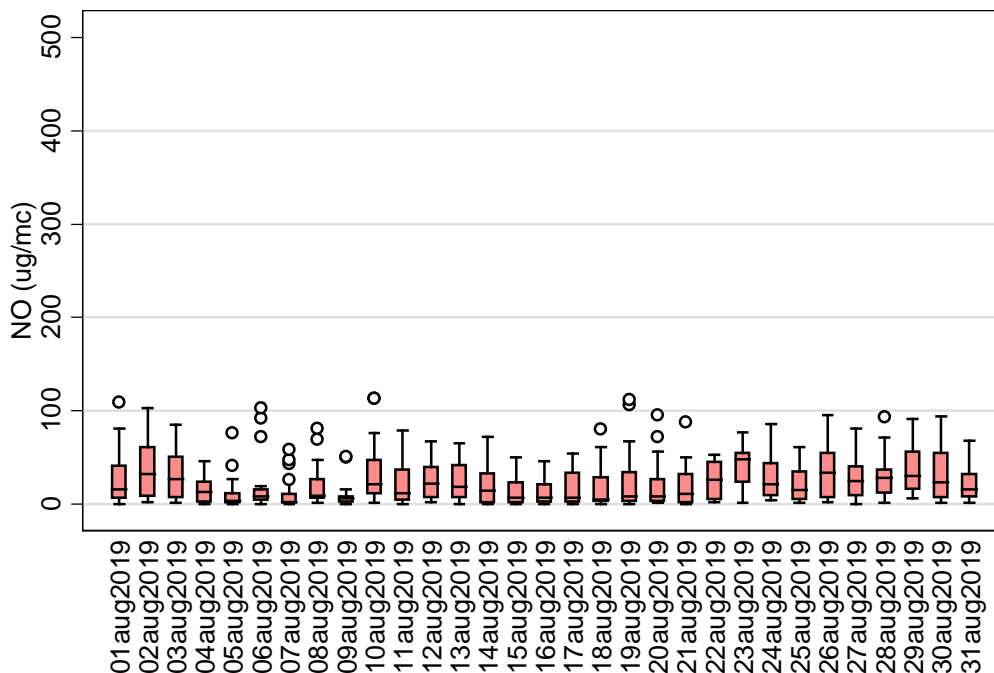


Figura 17 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di azoto.

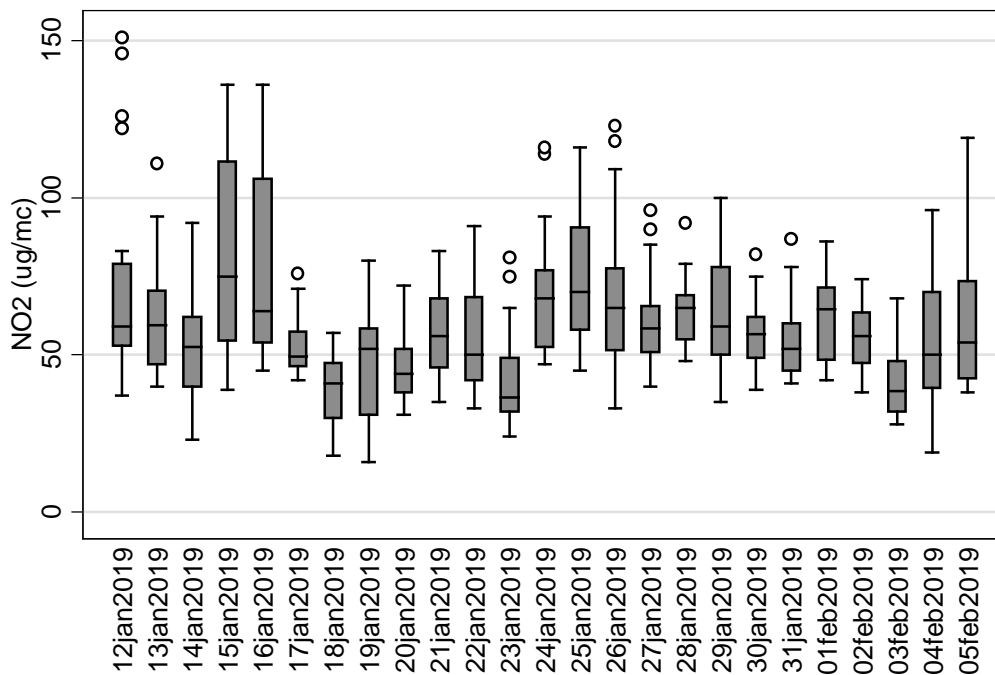


Figura 18 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – biossido di azoto.

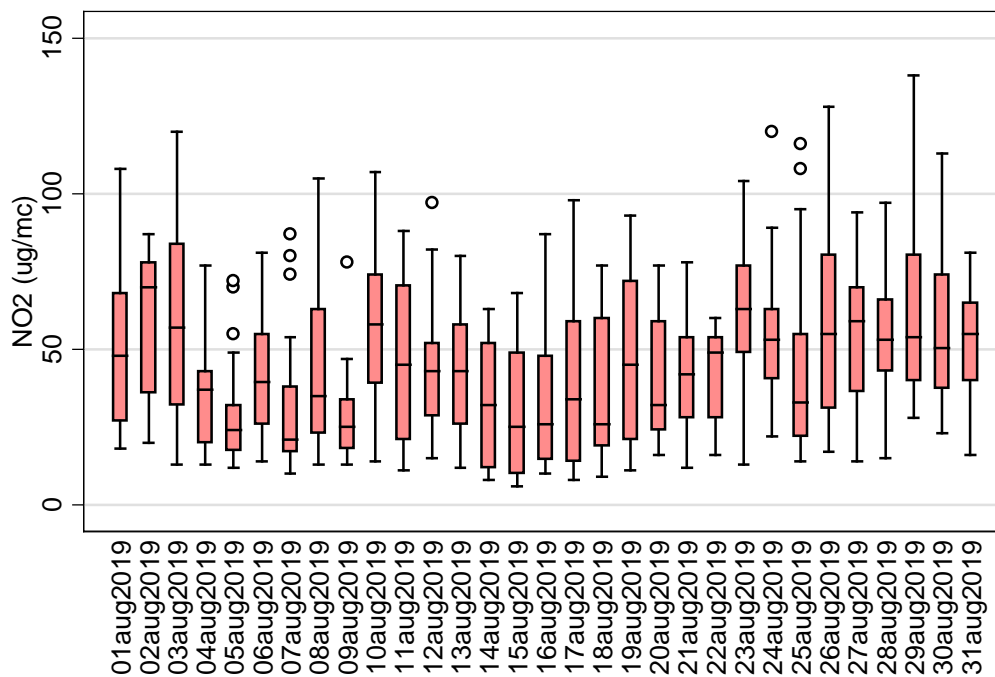


Figura 19 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – biossido di azoto.

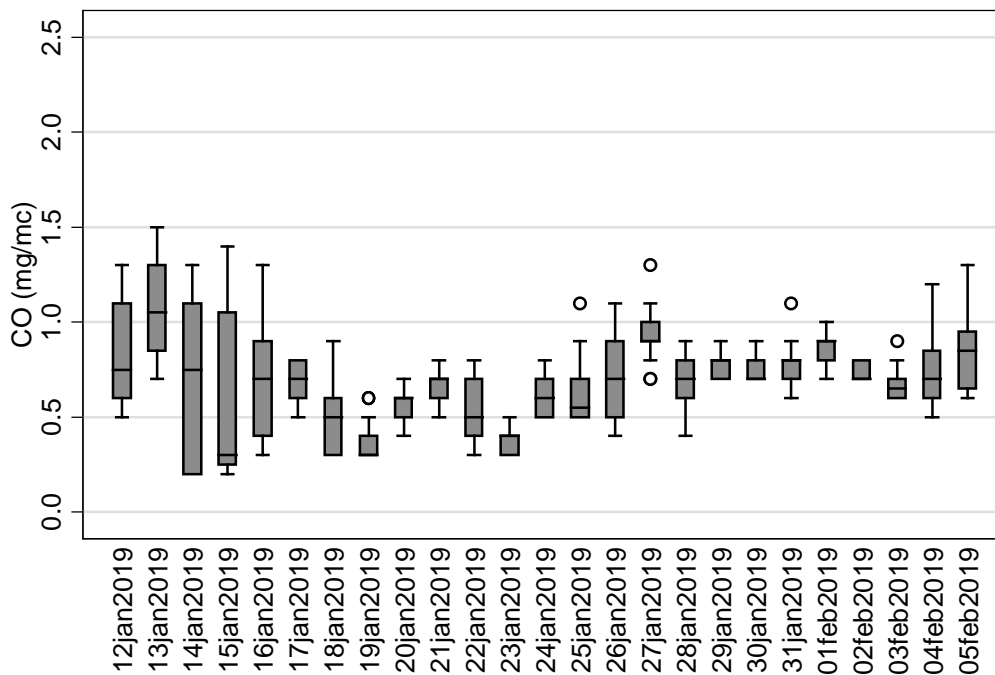


Figura 20 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – monossido di carbonio.

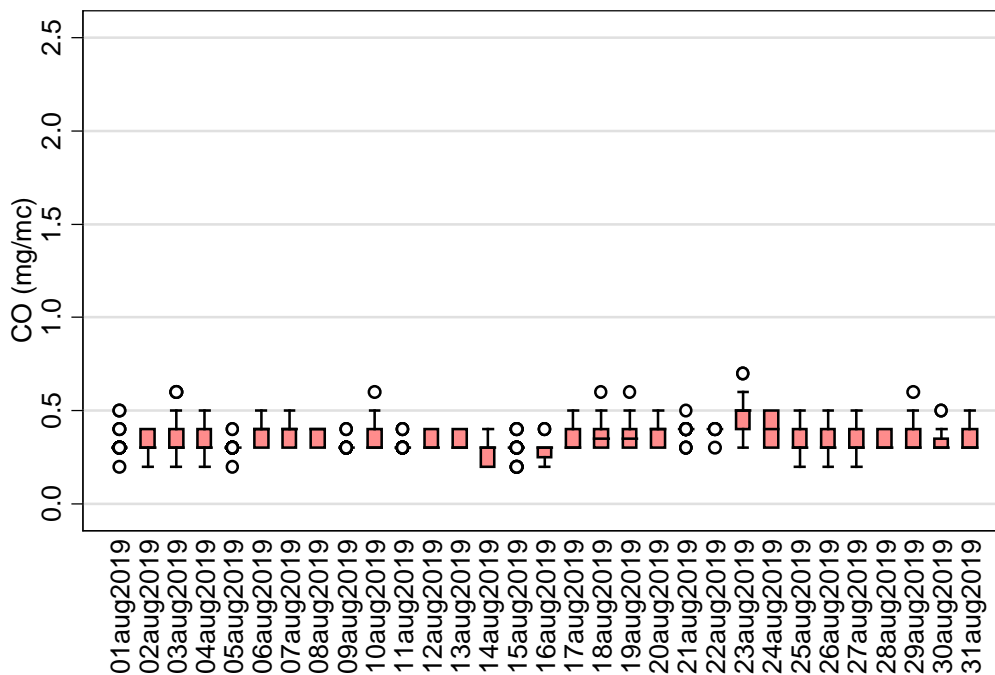


Figura 21 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di carbonio.

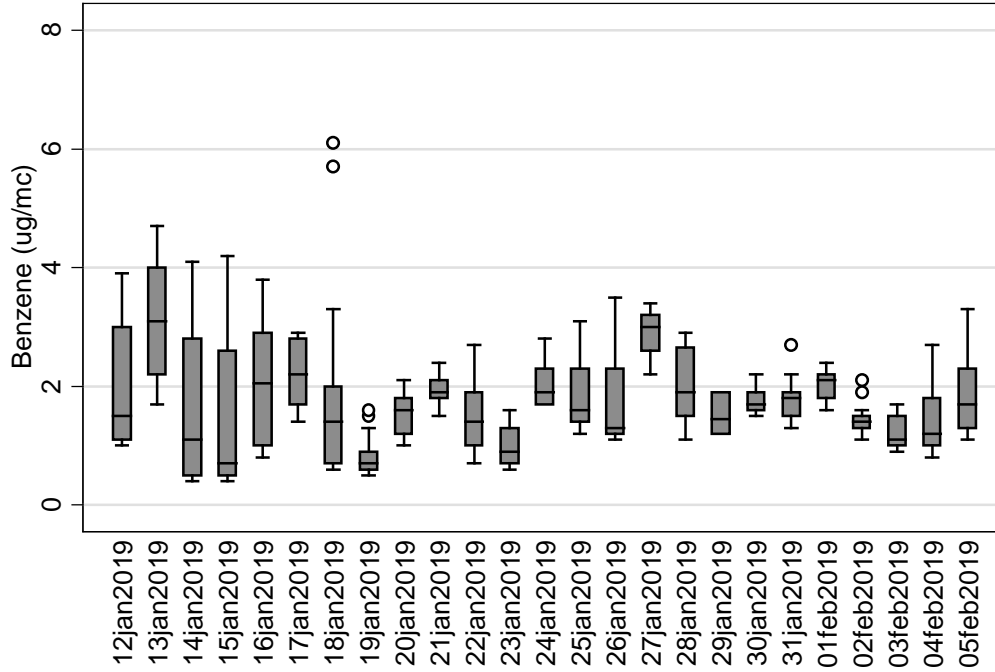


Figura 22 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – benzene.

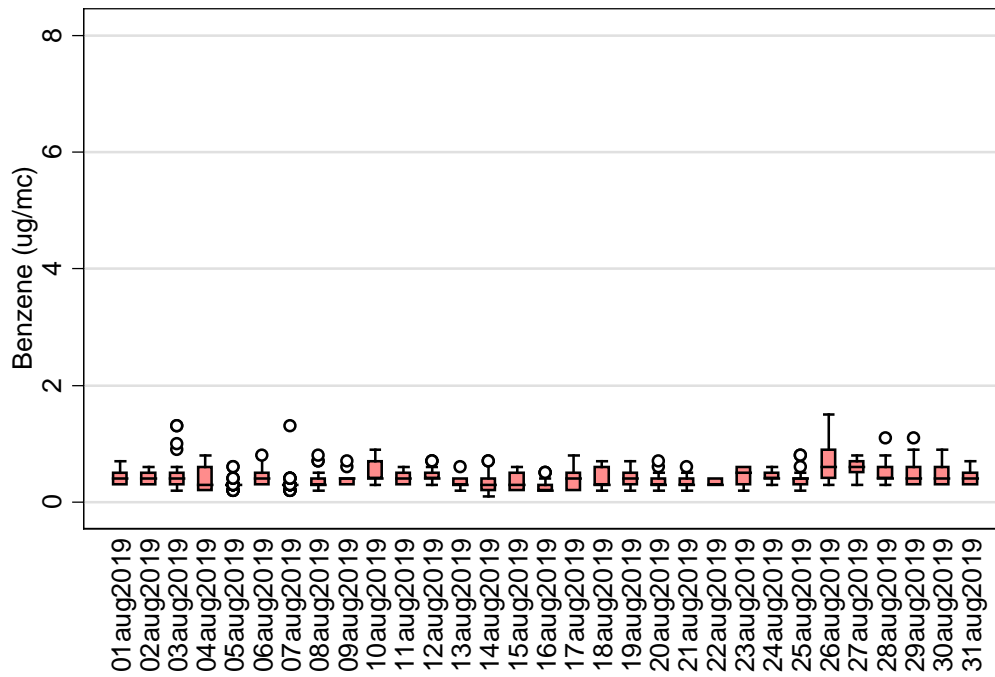


Figura 23 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – benzene.

Per quanto concerne il PM10, si dispone solo del valore di concentrazione media giornaliera, pertanto si propongono grafici a linea. Come si può notare dal grafico, la campagna invernale è stata caratterizzata da ripetuti problemi di alimentazione elettrica che hanno generato mancate rilevazioni di dati.



Figura 24 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere – INVERNO – PM10 e PM2.5.

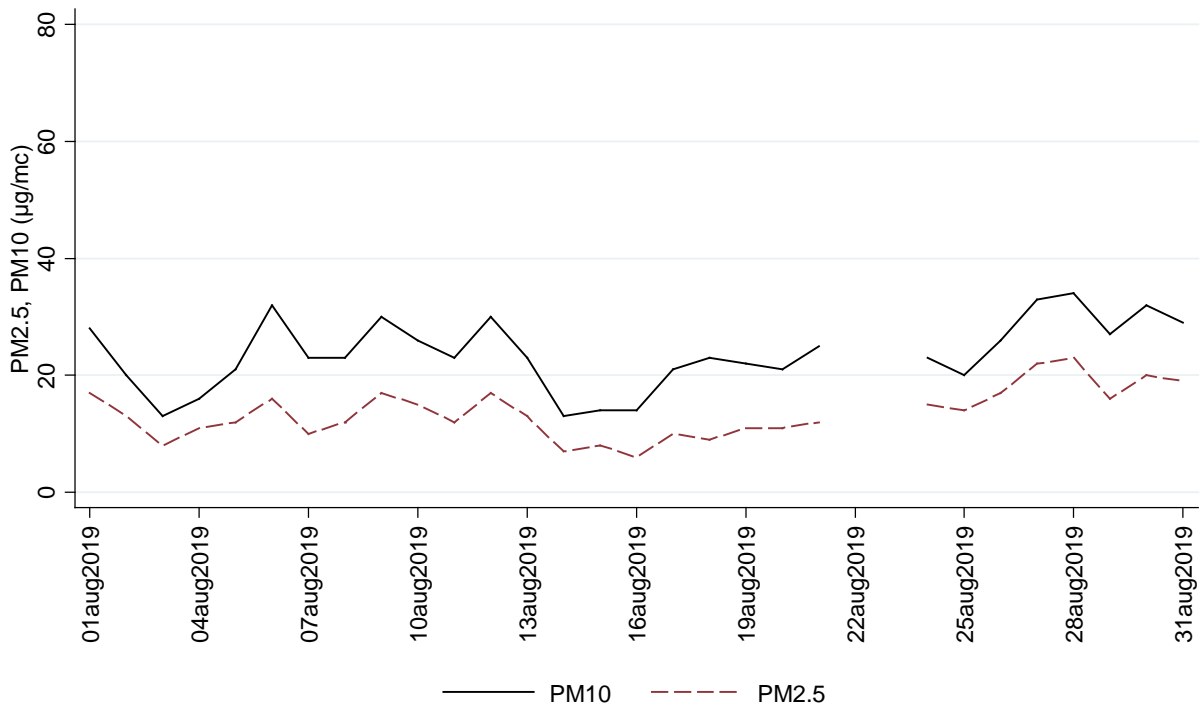


Figura 25 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere – ESTATE – PM10 e PM2.5.

Elaborazioni orarie (giorno tipo)

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione giorno tipo, al fine di evidenziare la variabilità tipica oraria di ogni inquinante nel corso di una giornata.

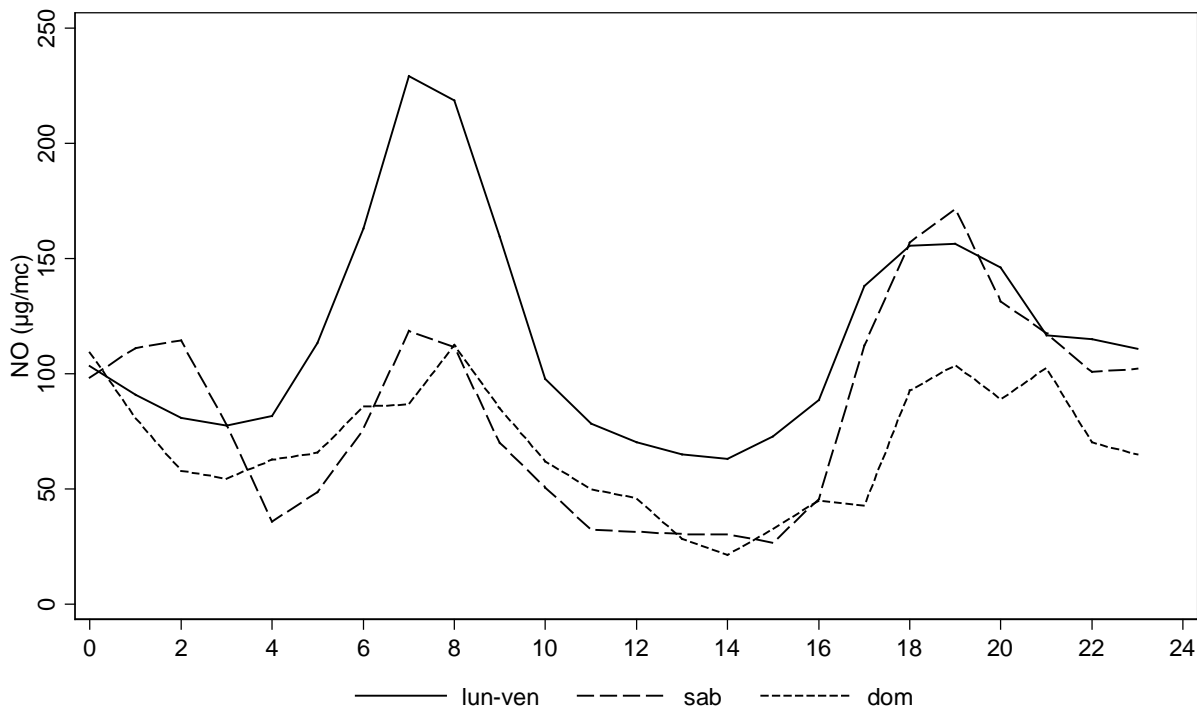


Figura 26 – Giorno tipo – INVERNO – monossido di azoto.

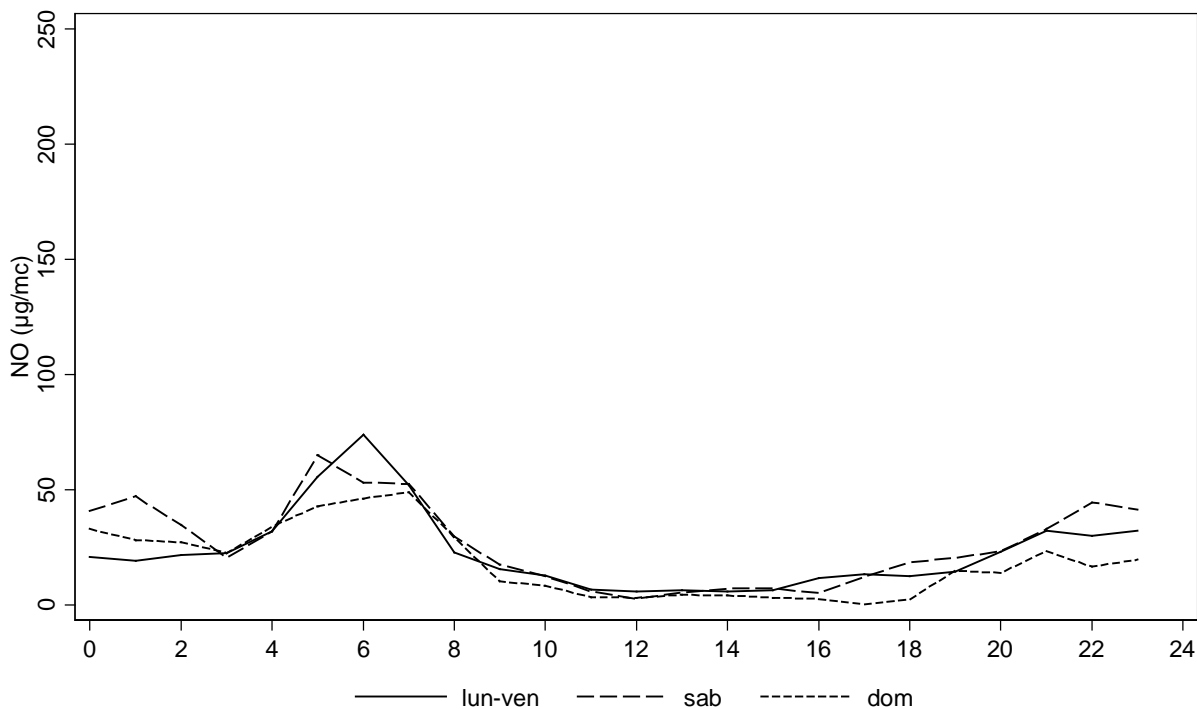


Figura 27 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di azoto.

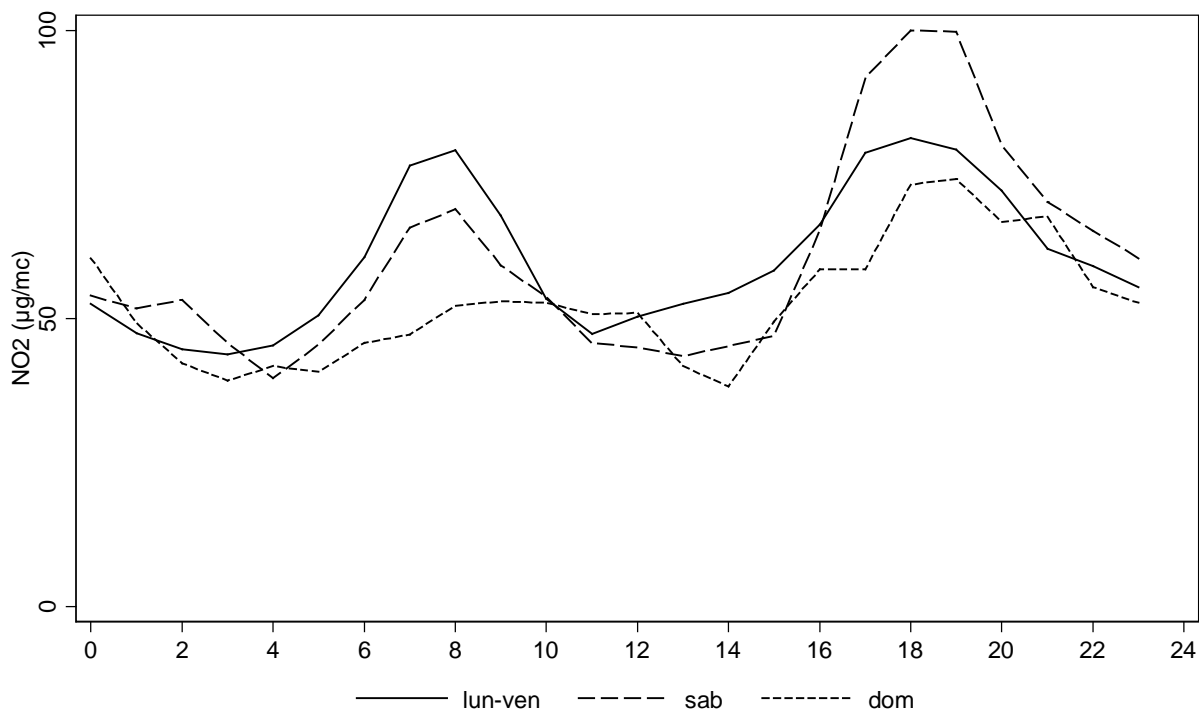


Figura 28 – Giorno tipo – INVERNO – biossido di azoto.

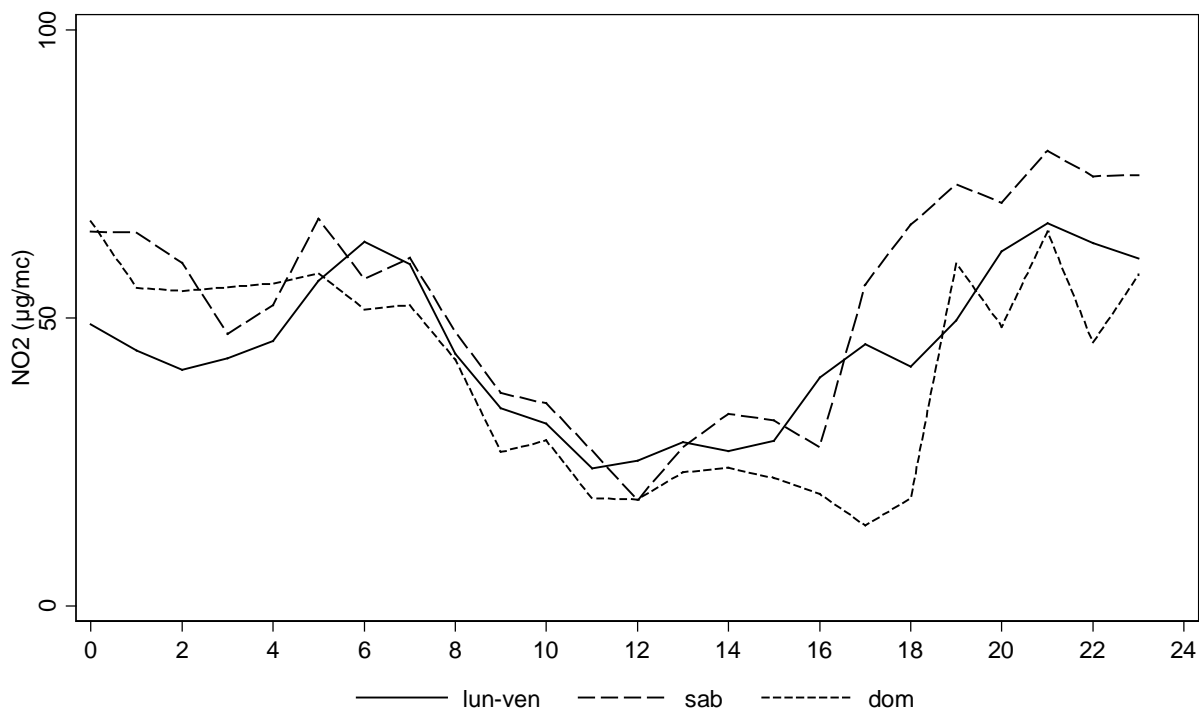


Figura 29 – Giorno tipo – ESTATE – biossido di azoto.

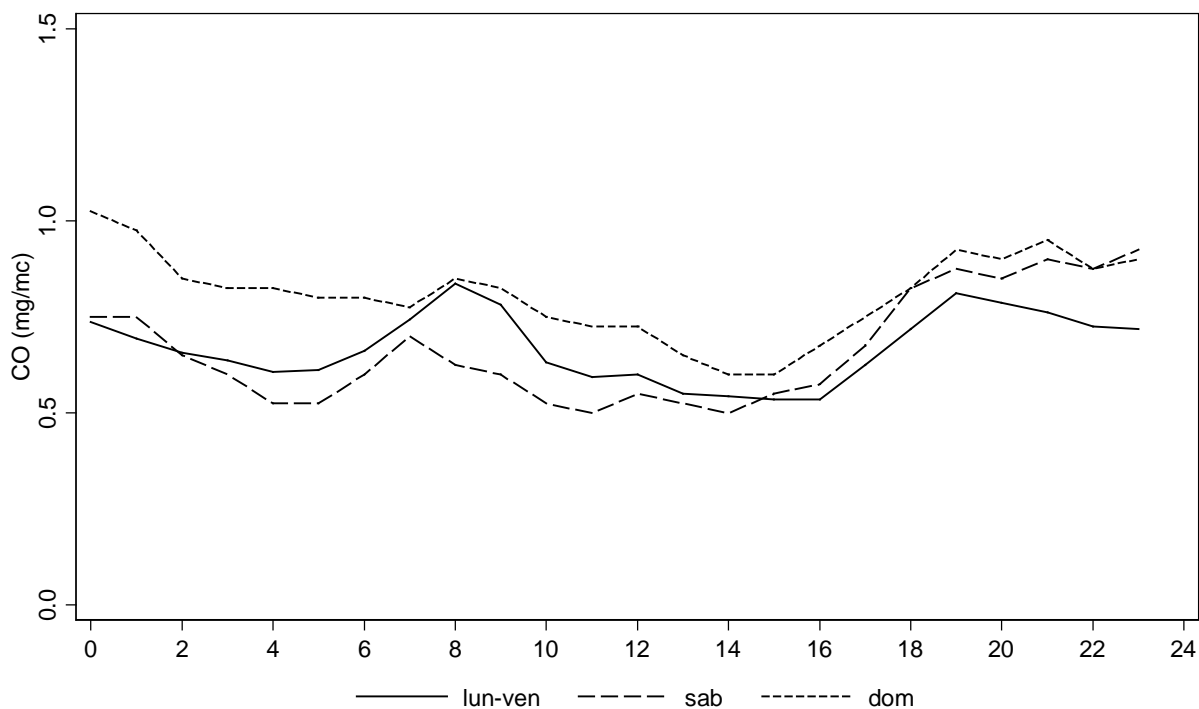


Figura 30 – Giorno tipo – INVERNO – monossido di carbonio.

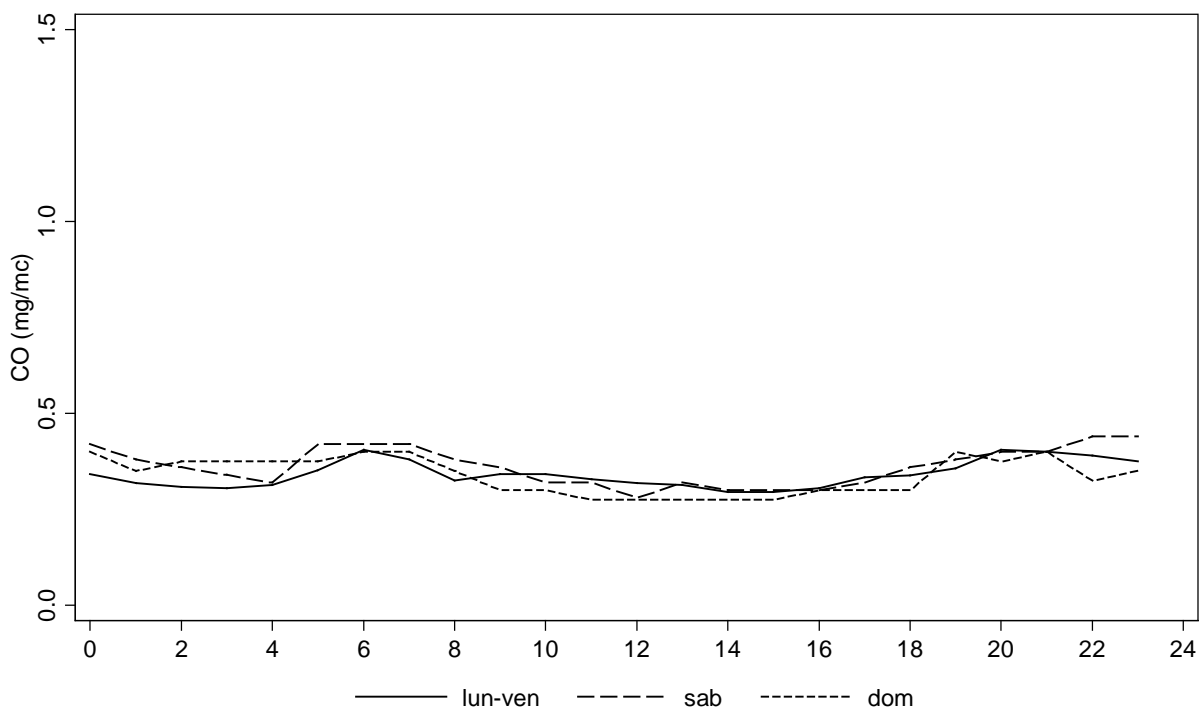


Figura 31 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di carbonio.

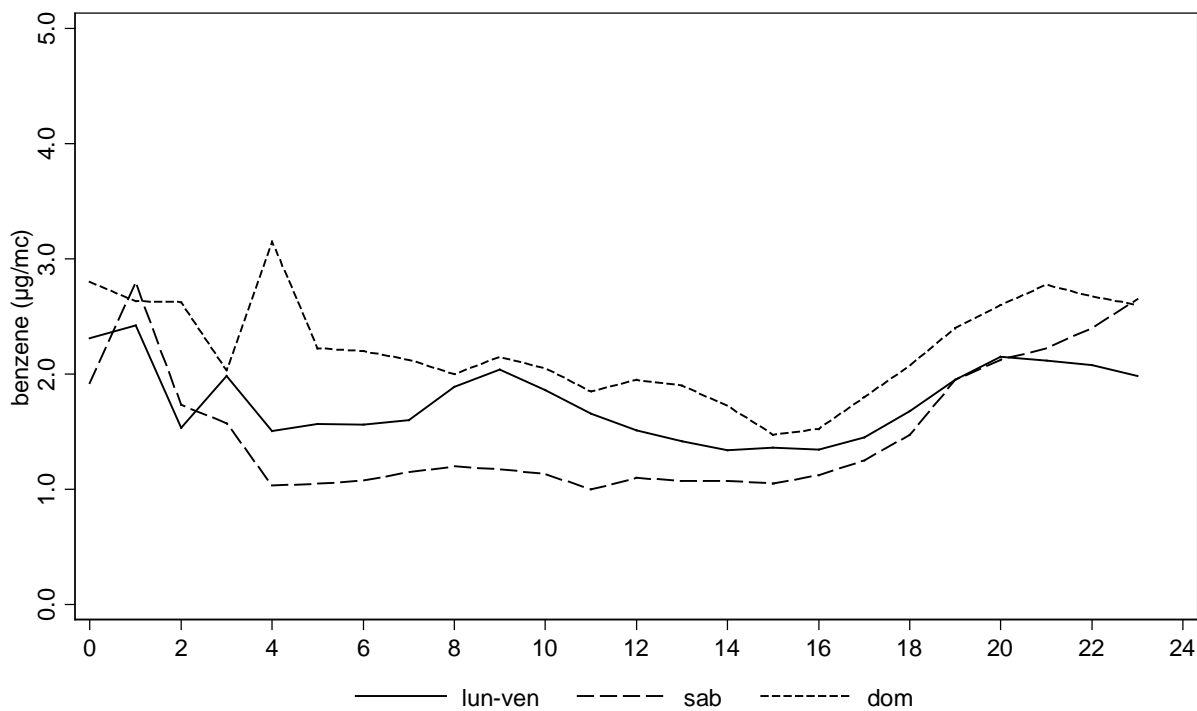


Figura 32 – Giorno tipo – INVERNO – benzene.

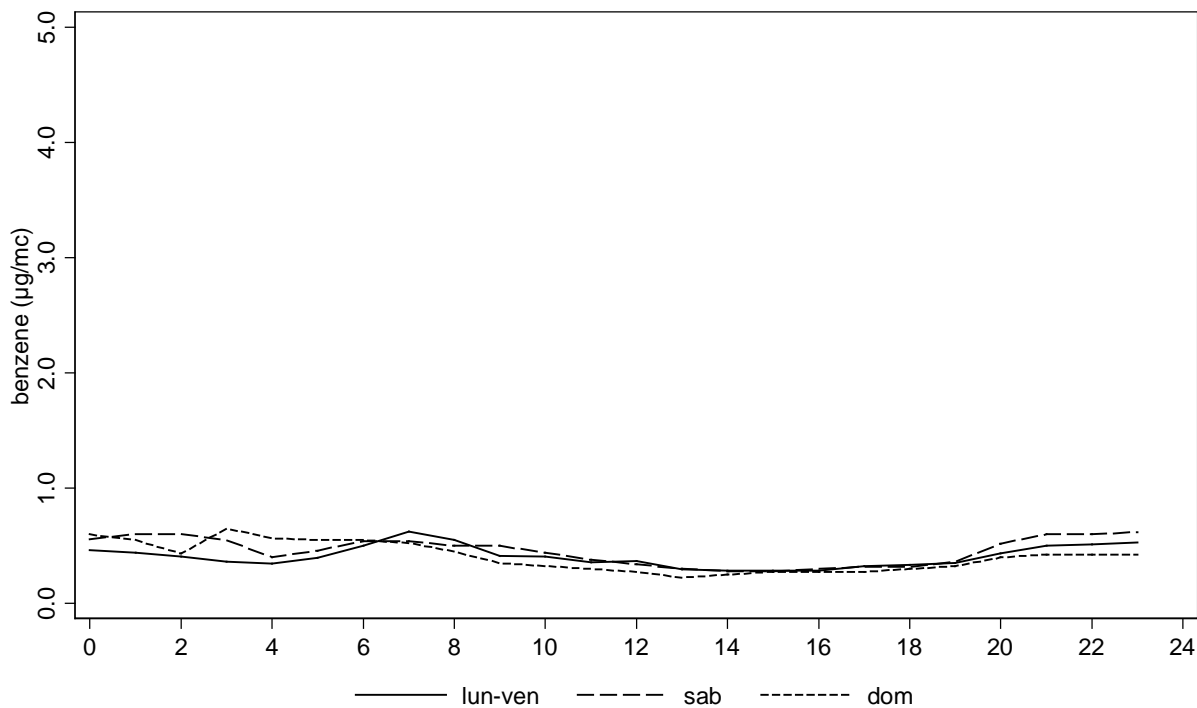


Figura 33 – Giorno tipo – ESTATE – benzene.

Elaborazioni dati Tangenziale Nord

Elaborazioni giornaliere

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione a box plot, al fine di evidenziare la variabilità oraria di ogni inquinante per ciascuna giornata. Si ricorda che per questo punto è stata effettuata solo la campagna estiva e che il laboratorio mobile utilizzato non disponeva dell'analizzatore di benzene presente invece sul laboratorio mobile presso l'autostrada.

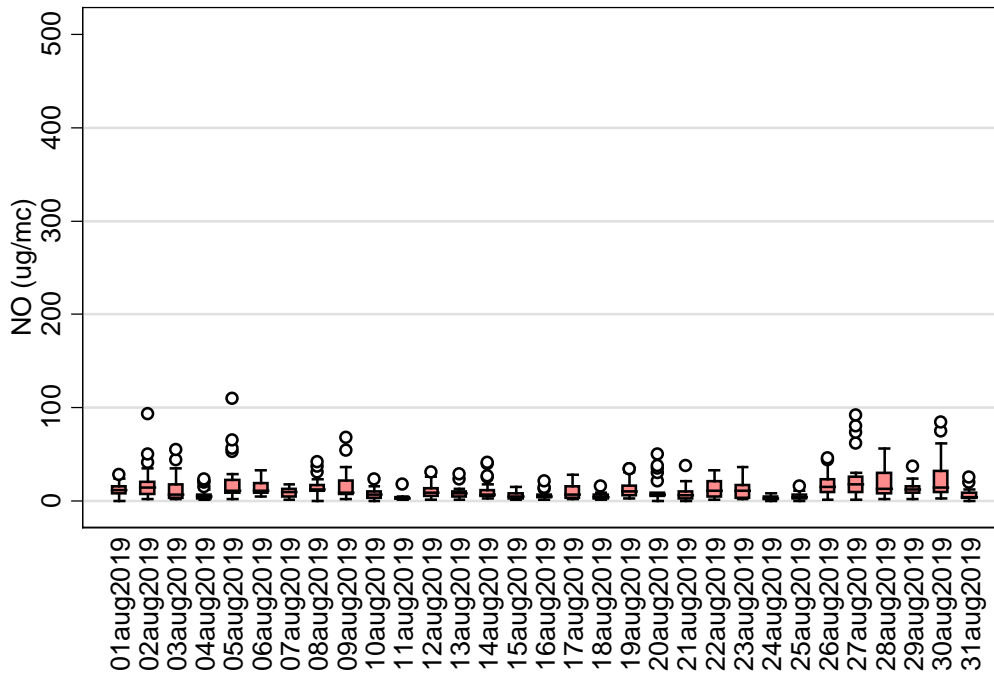


Figura 34 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di azoto.

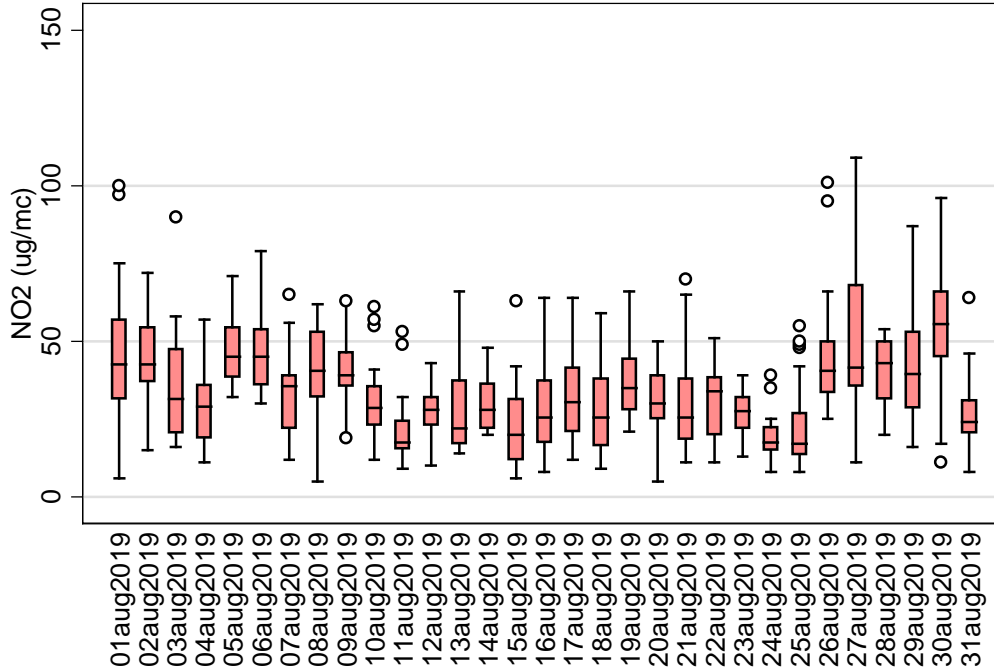


Figura 35 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – biossido di azoto.

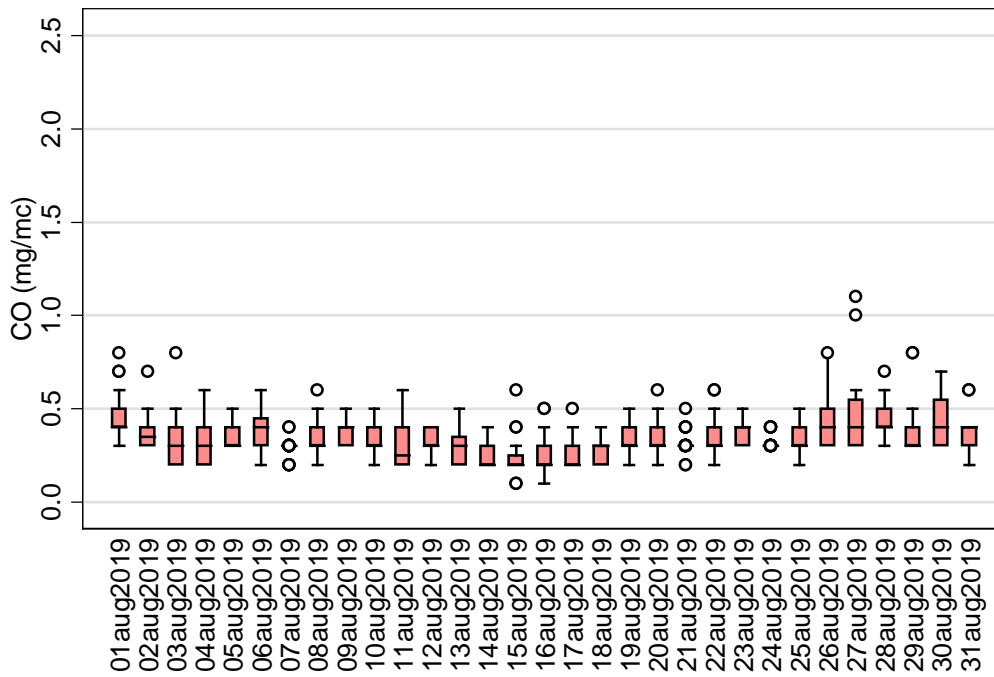


Figura 36 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di carbonio.

Per quanto concerne il PM10, si dispone solo della concentrazione media giornaliera, pertanto si propongono grafici a linea.

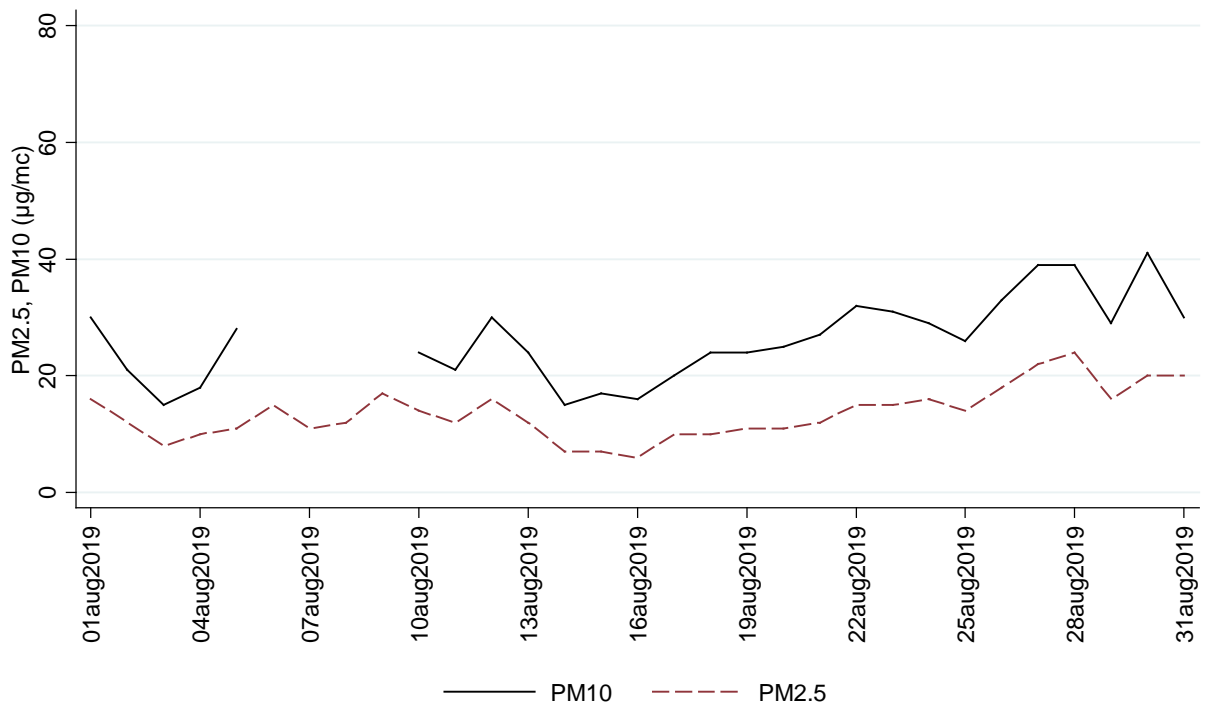


Figura 37 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere – ESTATE – PM10 e PM2.5.

Elaborazioni orarie (giorno tipo)

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione giorno tipo, al fine di evidenziare la variabilità tipica oraria di ogni inquinante nel corso di una giornata.

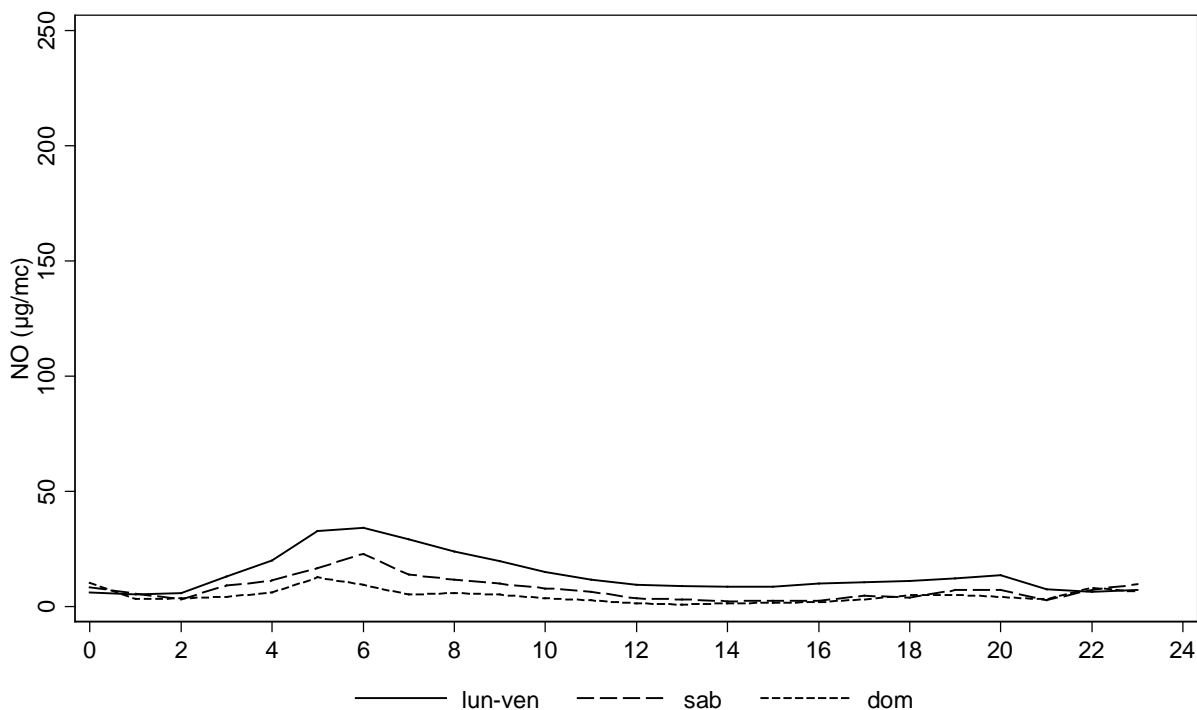


Figura 38 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di azoto.

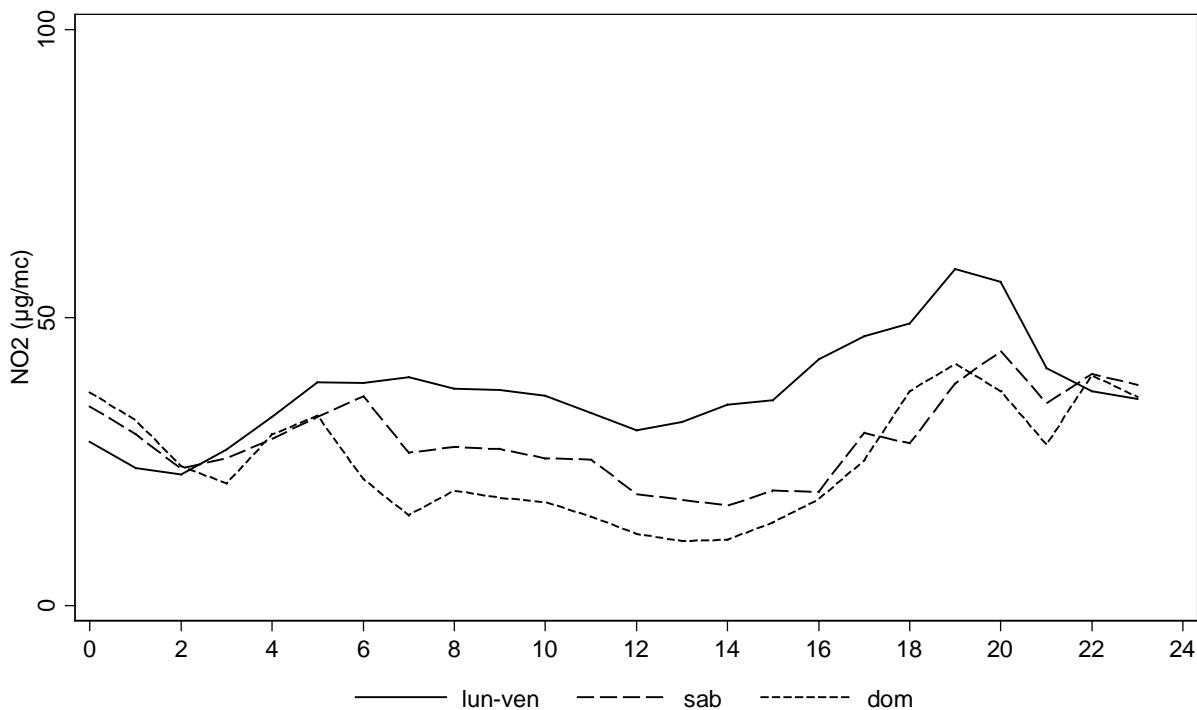


Figura 39 – Giorno tipo – ESTATE – biossido di azoto.

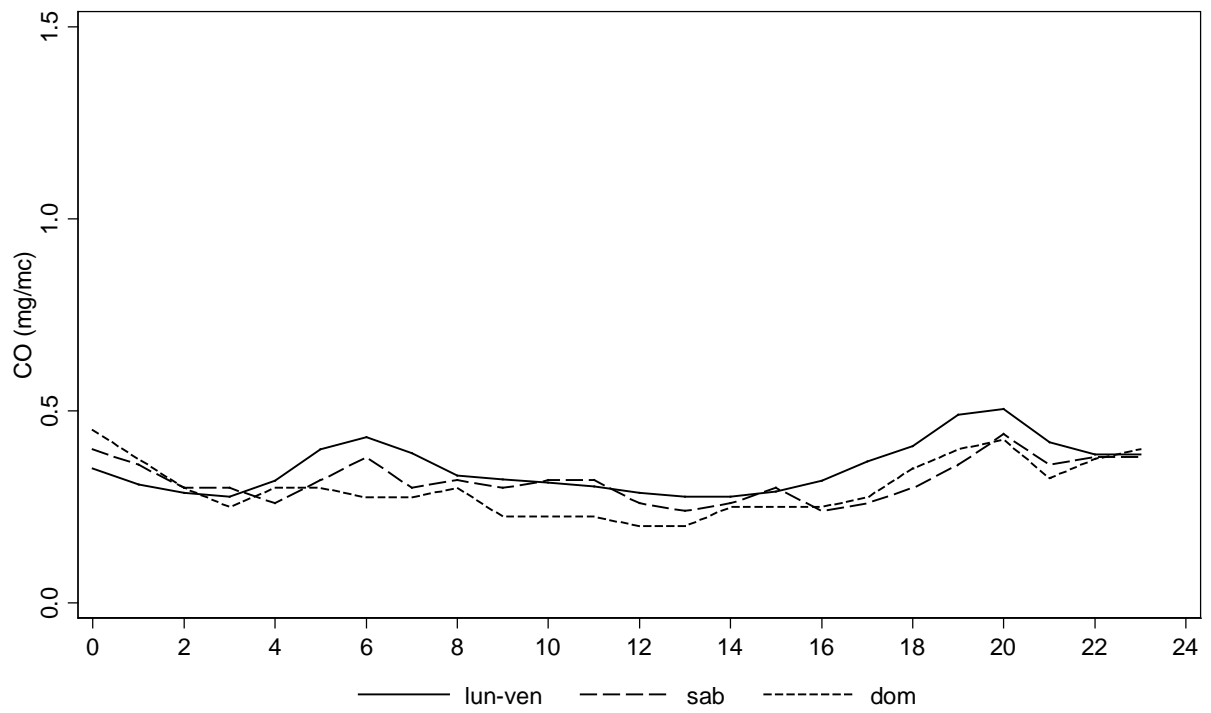


Figura 40 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di carbonio.

Elaborazioni dati Circonvallazione Urbana (V.le Timavo)

Elaborazioni giornaliere

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione a box plot, al fine di evidenziare la variabilità oraria di ogni inquinante per ciascuna giornata.

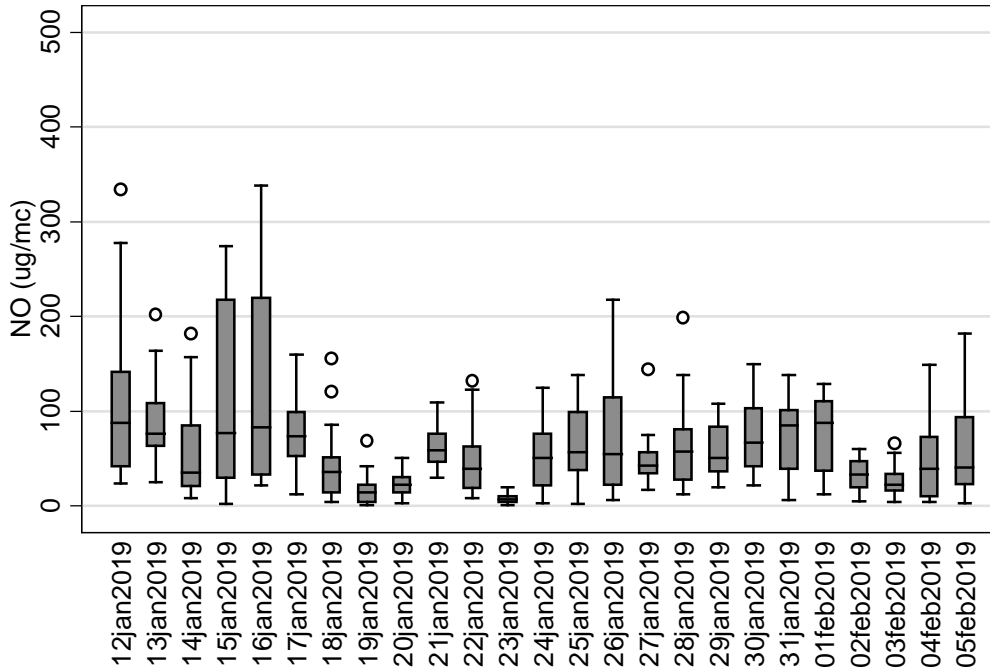


Figura 41 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – monossido di azoto.

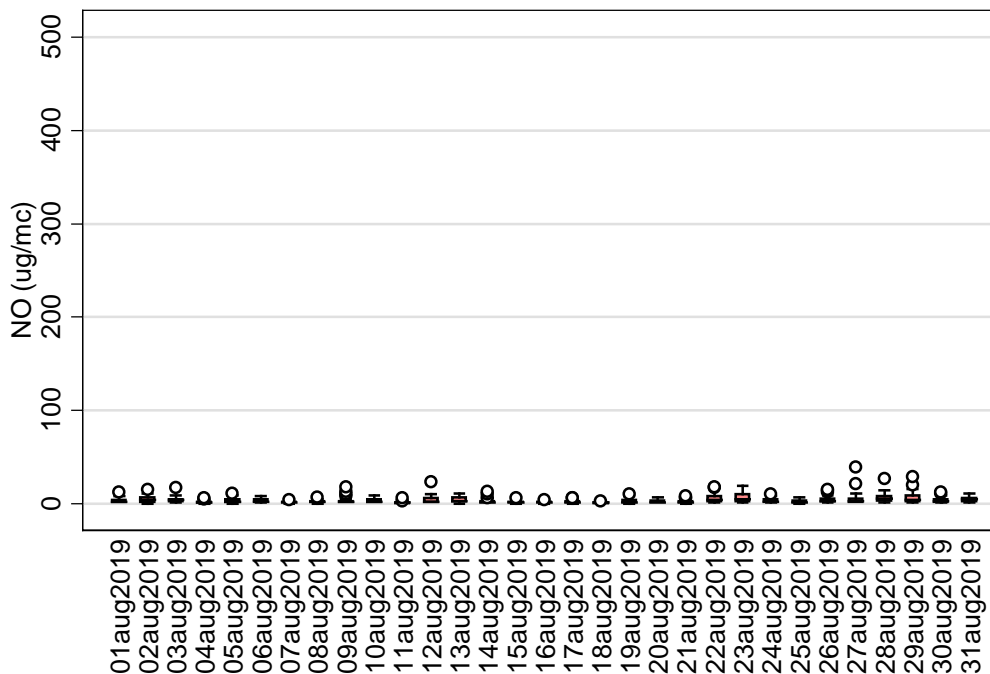


Figura 42 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di azoto.

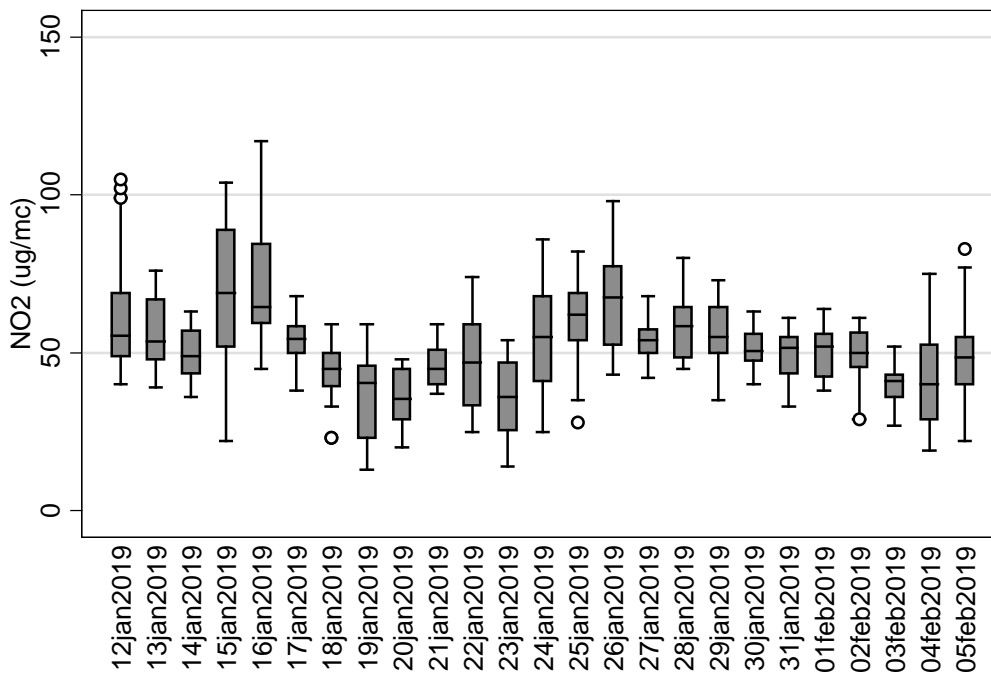


Figura 43 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – biossido di azoto.

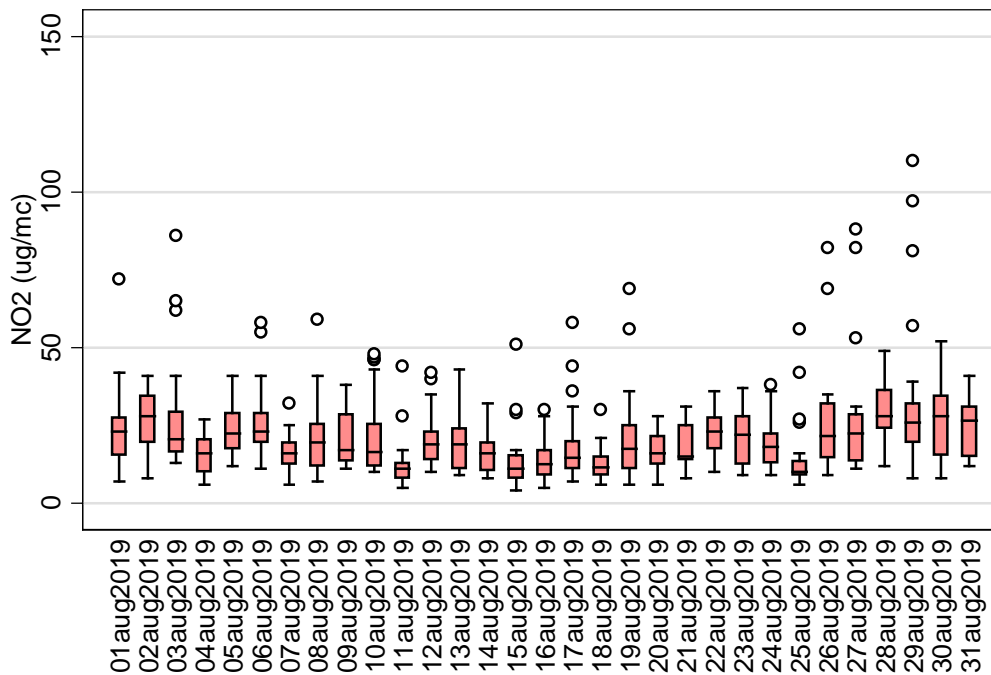


Figura 44 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – biossido di azoto.

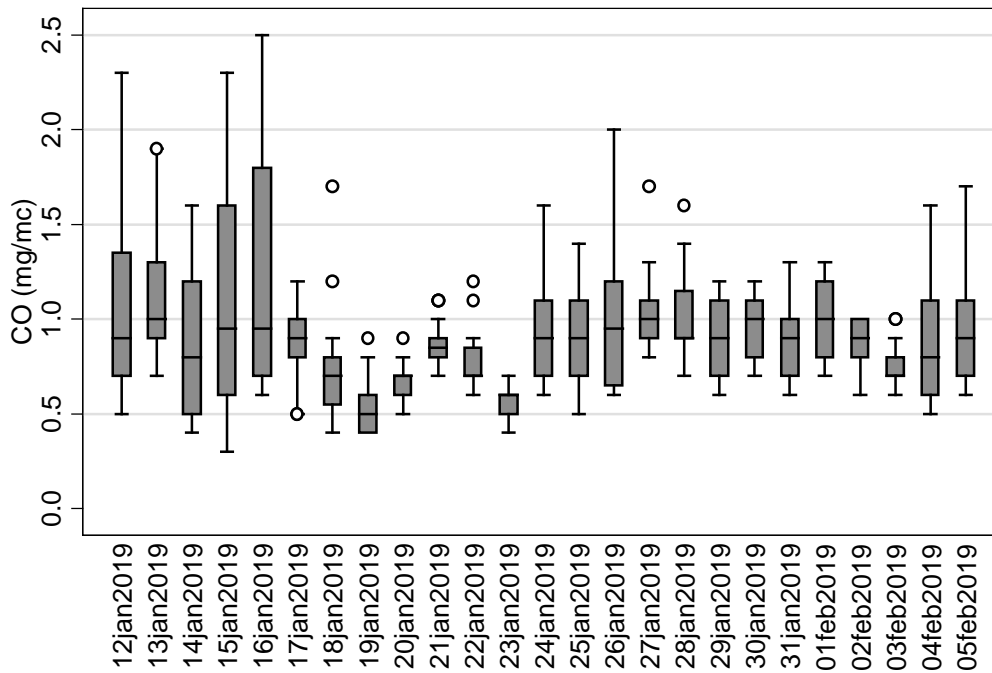


Figura 45 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – monossido di carbonio.

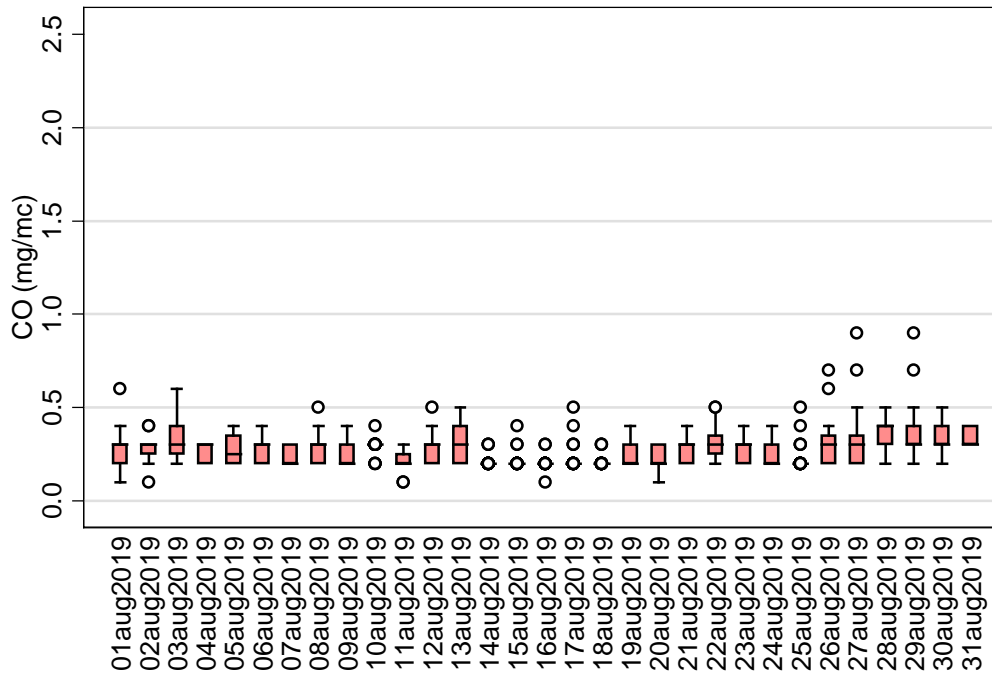


Figura 46 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – monossido di carbonio.

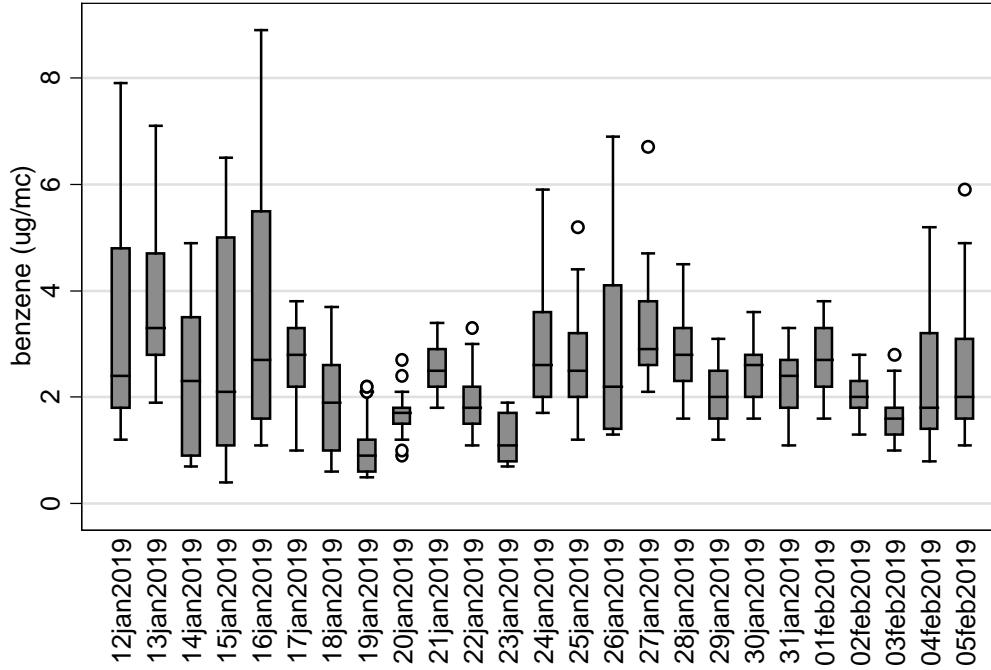


Figura 47 – Box plot giornaliero composto da dati orari – INVERNO – benzene.

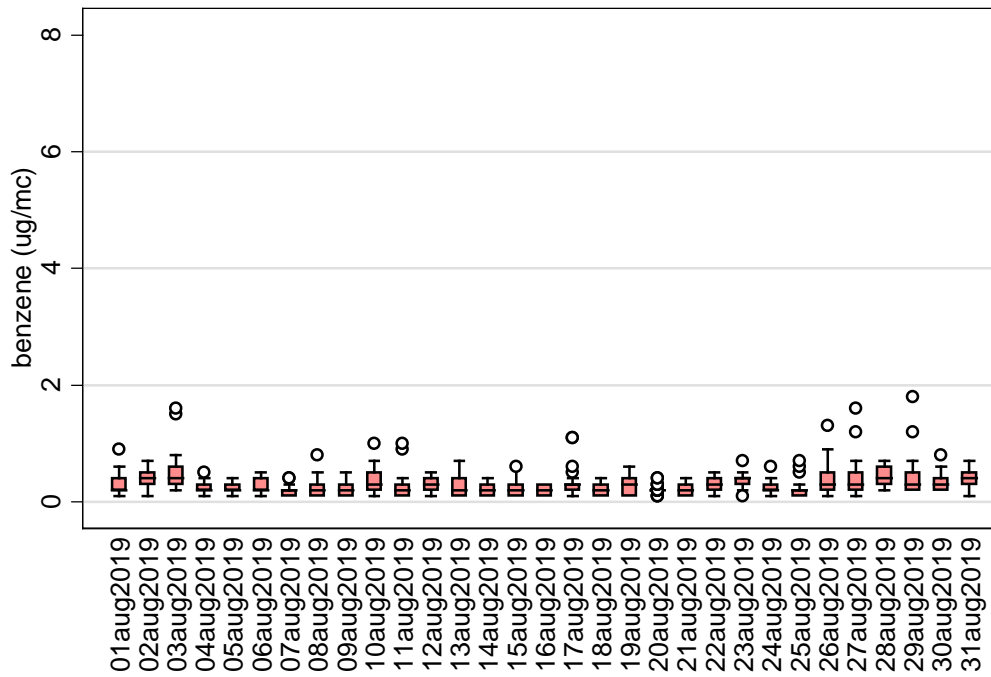


Figura 48 – Box plot giornaliero composto da dati orari – ESTATE – benzene.

Per quanto concerne il PM10, si dispone solo della concentrazione media giornaliera, pertanto si propongono grafici a linea.

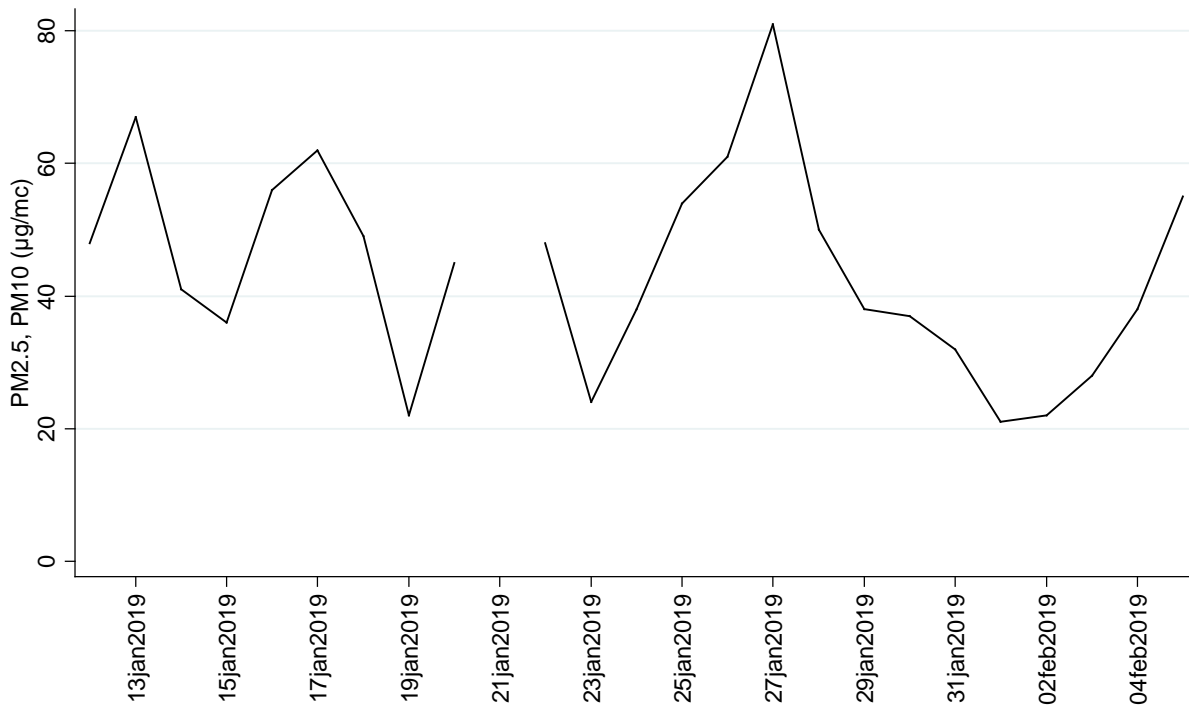


Figura 49 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere – INVERNO – PM10 e PM2.5.

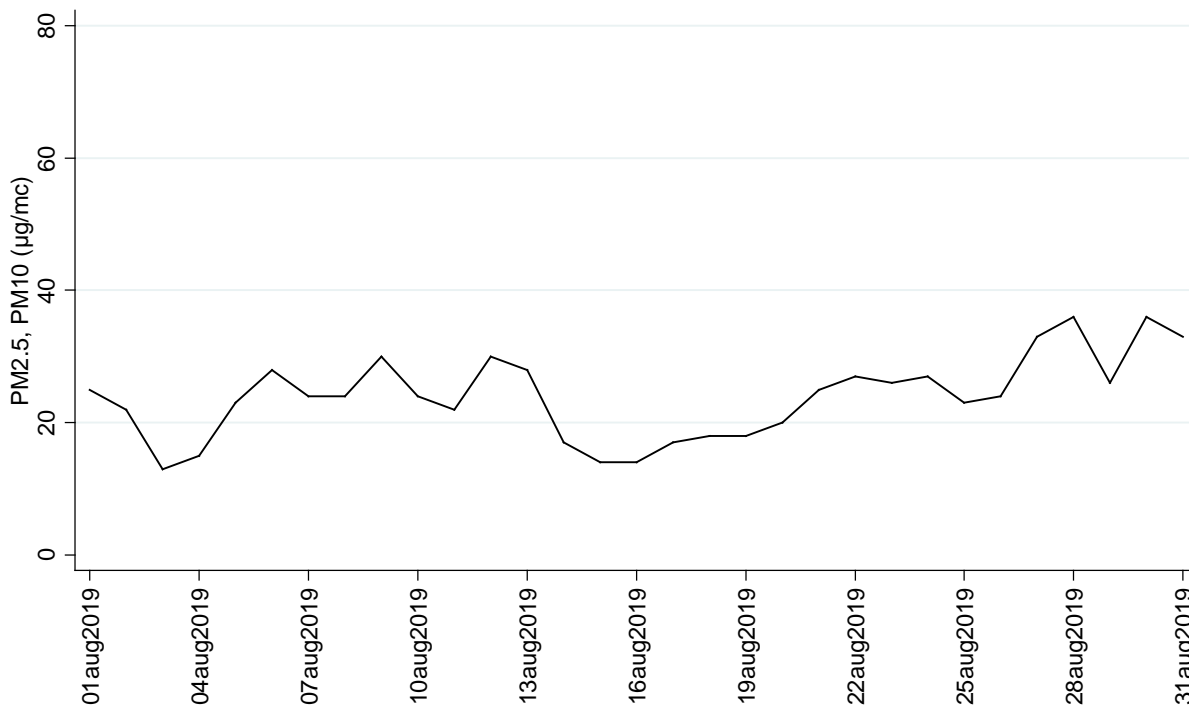


Figura 50 – Andamento delle concentrazioni medie giornaliere – ESTATE – PM10 e PM2.5.

Elaborazioni orarie (giorno tipo)

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione giorno tipo, al fine di evidenziare la variabilità tipica oraria di ogni inquinante nel corso di una giornata.

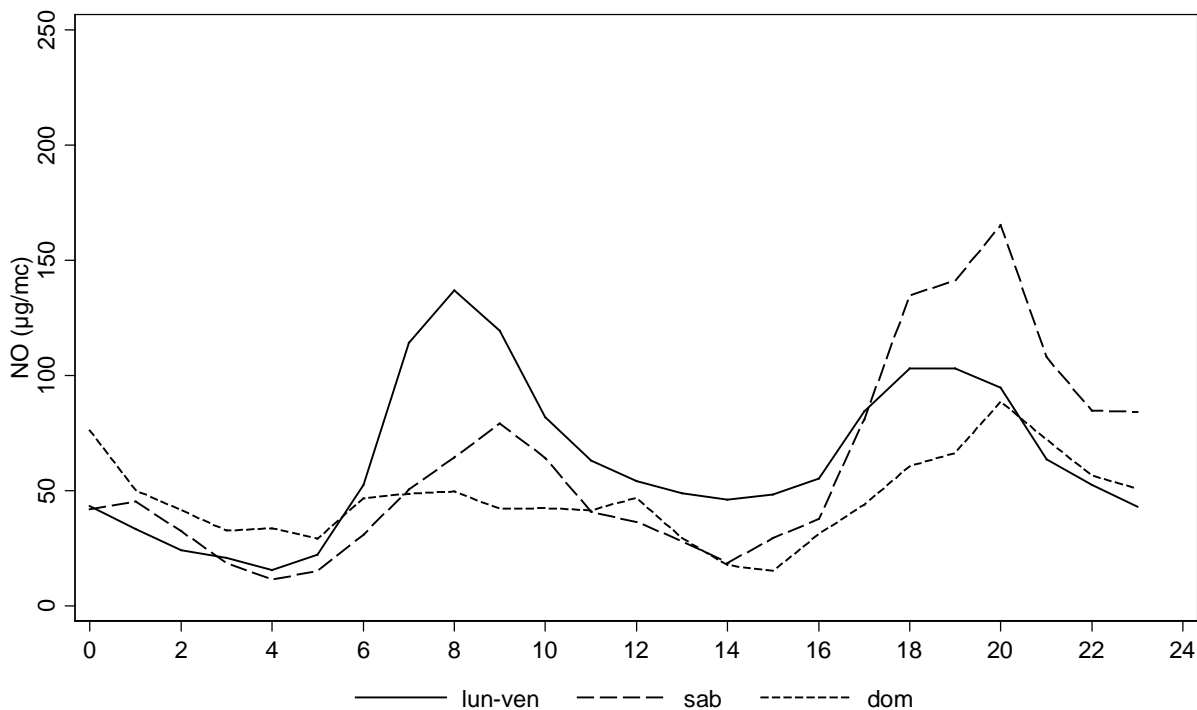


Figura 51 – Giorno tipo – INVERNO – monossido di azoto.

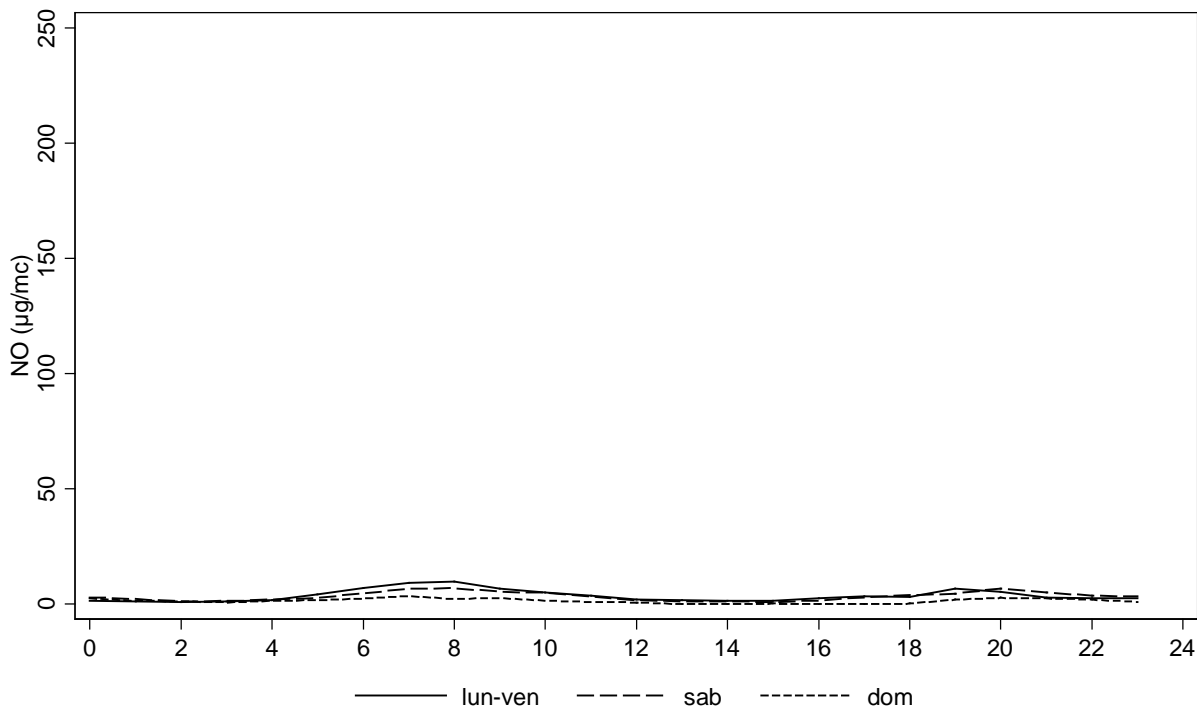


Figura 52 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di azoto.

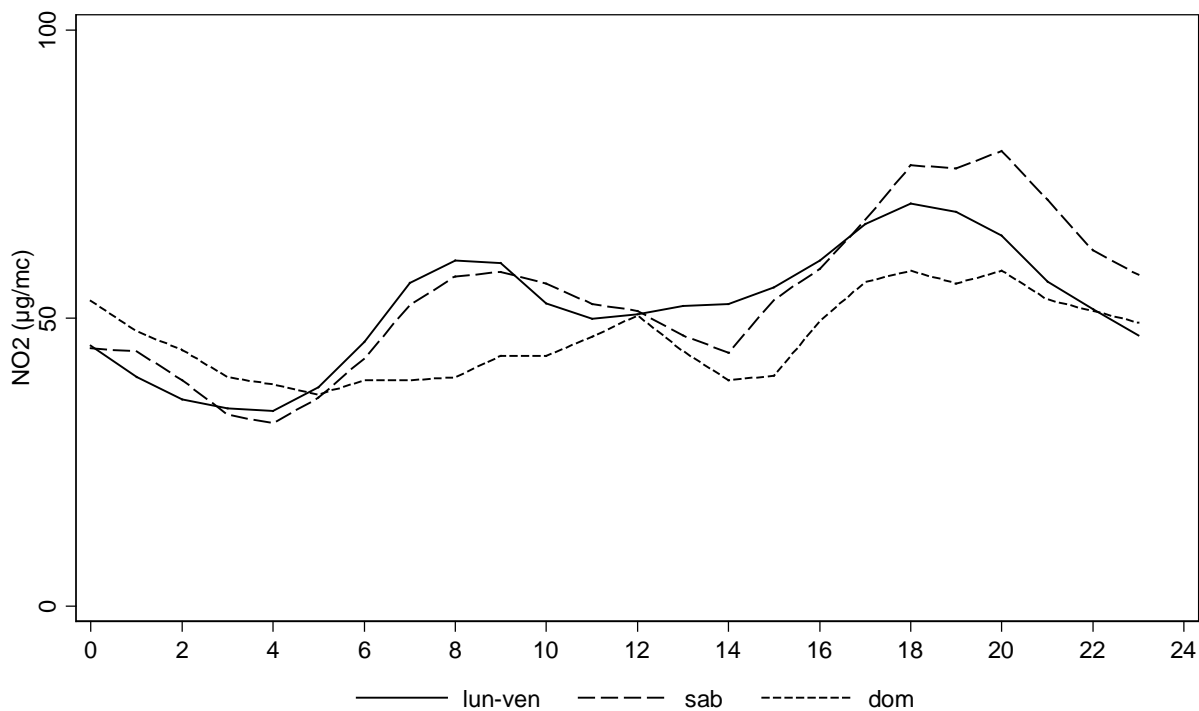


Figura 53 – Giorno tipo – INVERNO – biossido di azoto.

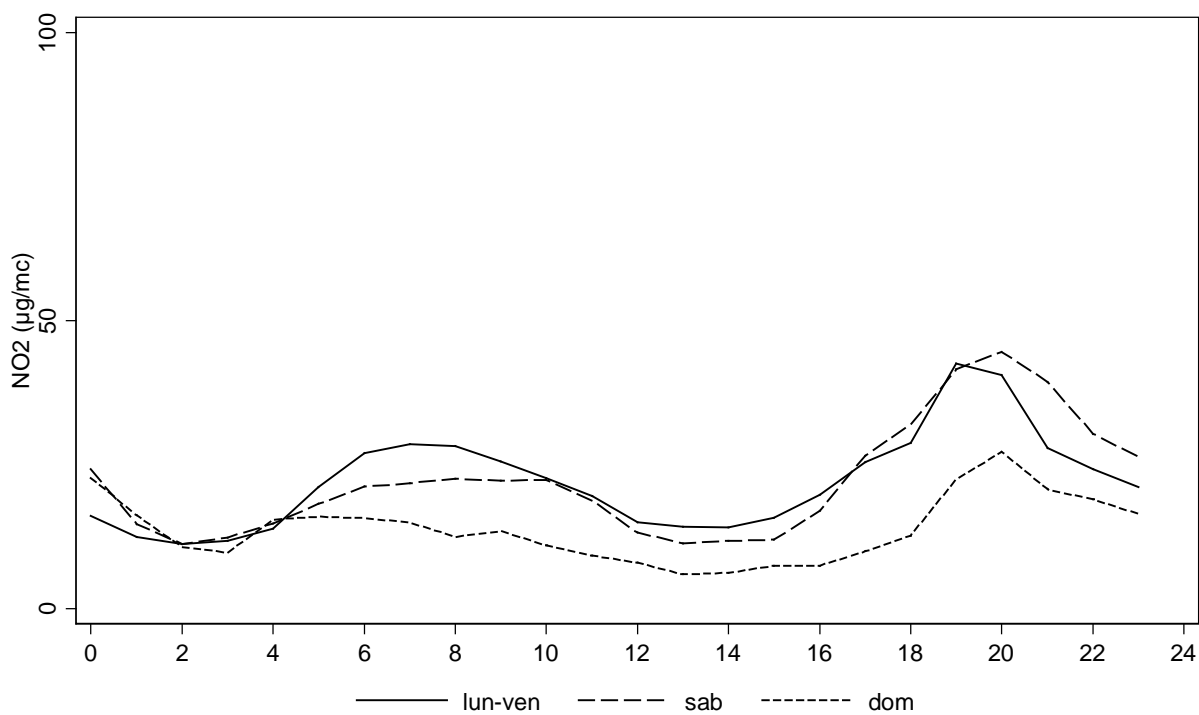


Figura 54 – Giorno tipo – ESTATE – biossido di azoto.

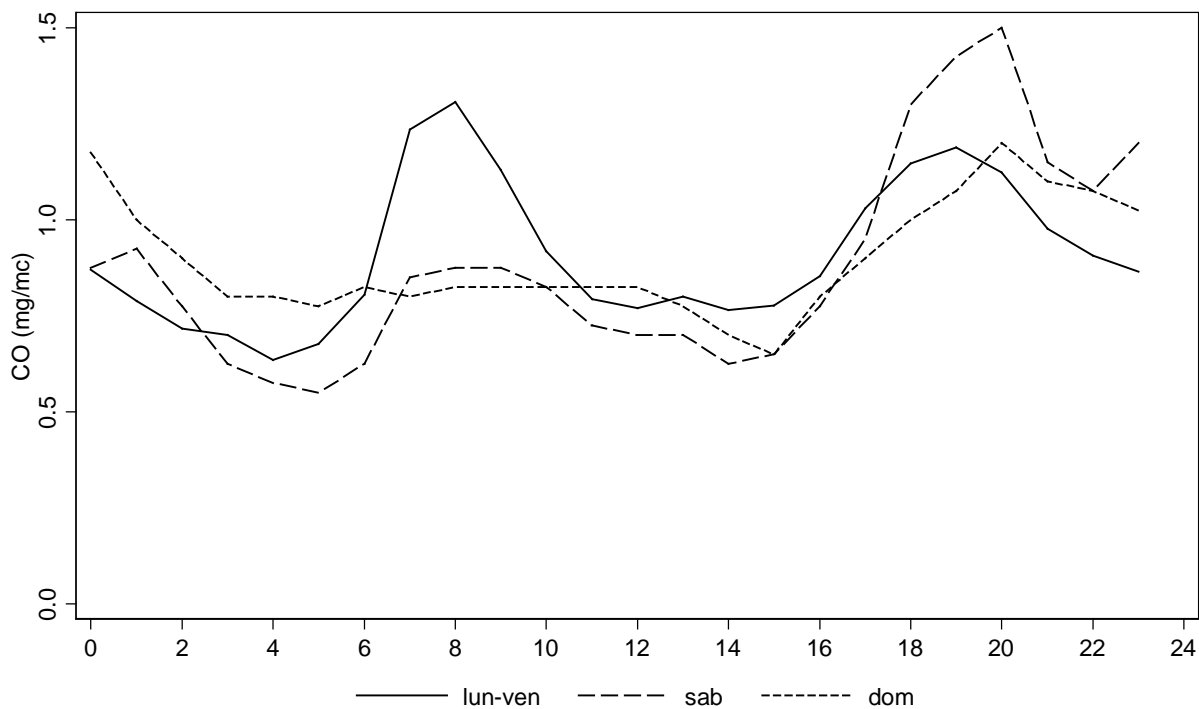


Figura 55 – Giorno tipo – INVERNO – monossido di carbonio.

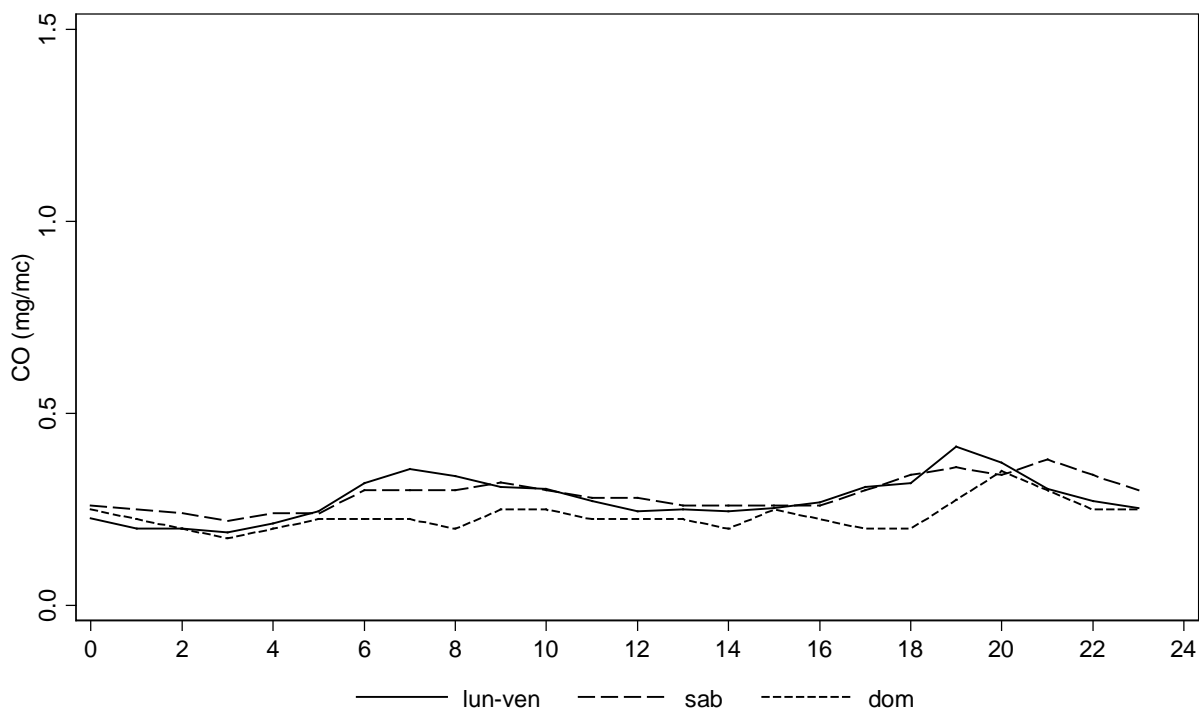


Figura 56 – Giorno tipo – ESTATE – monossido di carbonio.

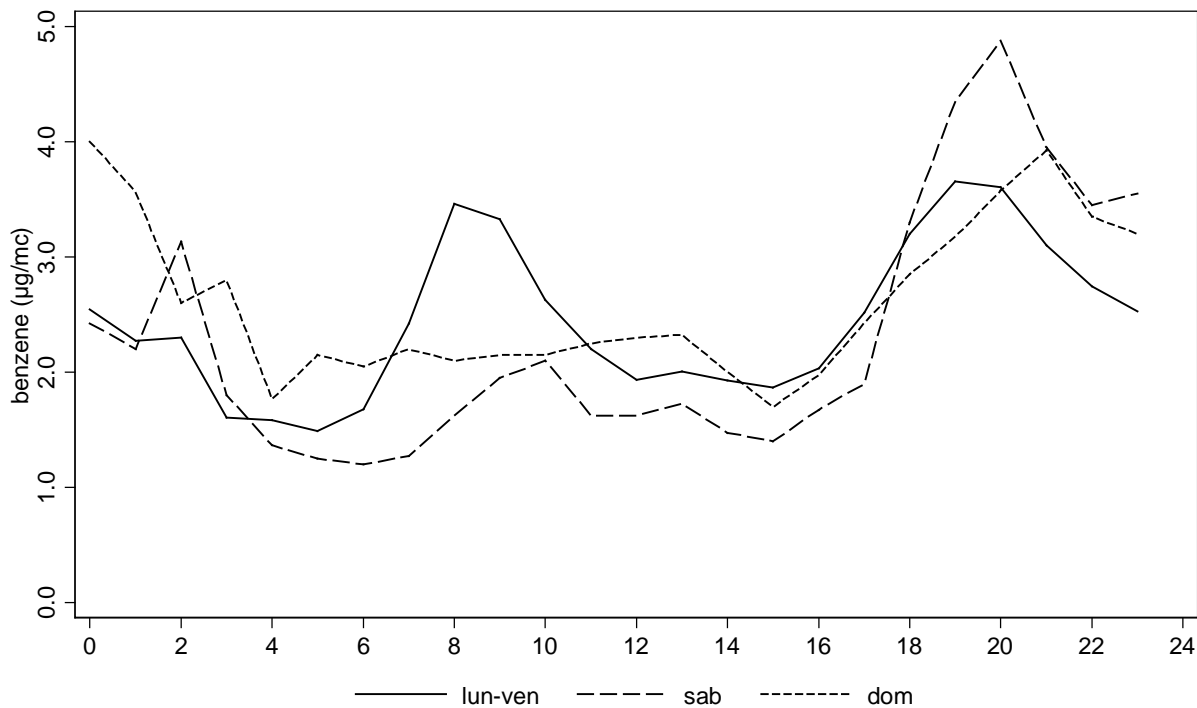


Figura 57 – Giorno tipo – INVERNO – benzene.

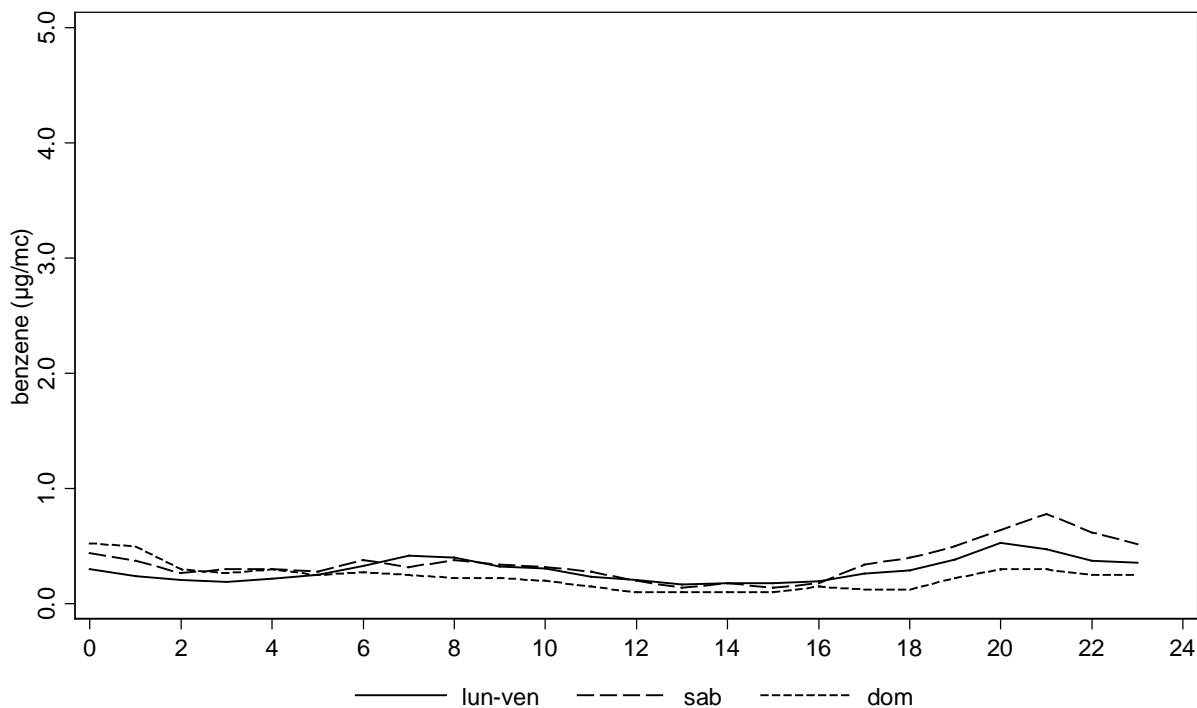


Figura 58 – Giorno tipo – ESTATE – benzene.

Elaborazioni di raffronto fra le postazioni

In questa sezione verranno raffrontati i dati rilevati nelle tre postazioni da traffico: autostrada, tangenziale e circonvallazione urbana. Nelle elaborazioni verrà aggiunta anche la stazione di fondo urbano del Campus San Lazzaro al fine di quantificare quanto le singole postazioni da traffico si “distanziano” in termini di concentrazioni medie e massime dai valori riscontrabili a Reggio Emilia lontano dalle sorgenti strade.

Innanzitutto occorre evidenziare che la distanza fra le sonde di campionamento degli inquinanti e il bordo carreggiata è pari a 10-11 metri per tutte e 3 le postazioni, pertanto risultano pienamente confrontabili. Si precisa inoltre che nella misura della distanza in A1 e TG non è stata considerata la corsia di emergenza, ma la prima corsia di marcia.



Nei paragrafi che seguono vengono proposte tre tipologie di elaborazione:

- andamento media giornaliera di raffronto fra le diverse postazioni (A1, TG, TU, FU) per singolo inquinante (gas e polveri) e per ogni campagna;
- elaborazione giorno tipo (24h con distinzione fra giorni feriali, sabato e domenica) di raffronto fra le diverse postazioni (A1, TG, TU, FU) per singolo inquinante gassoso e per ogni campagna;
- elaborazione a box plot di raffronto fra le diverse postazioni (A1, TG, TU, FU) per singolo inquinante (gas e polveri) e per ogni campagna.

Elaborazioni medie giornaliere

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento delle medie giornaliere degli inquinanti.

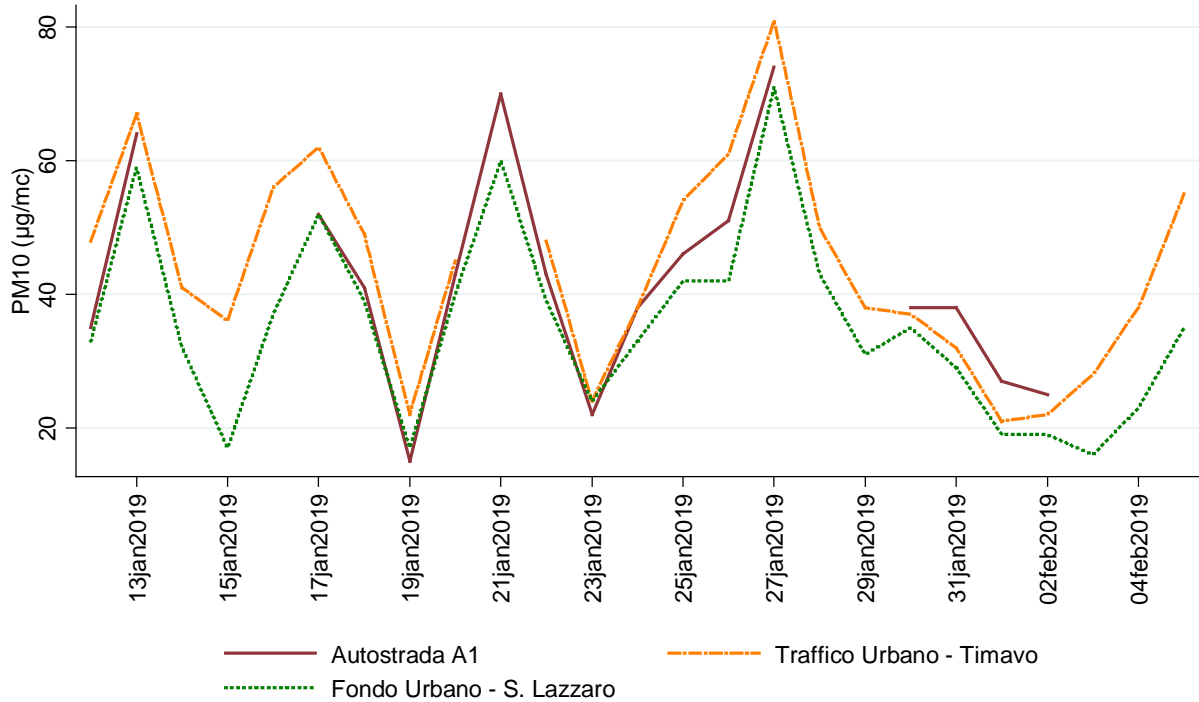


Figura 59 – Media giornaliera – INVERNO – PM10

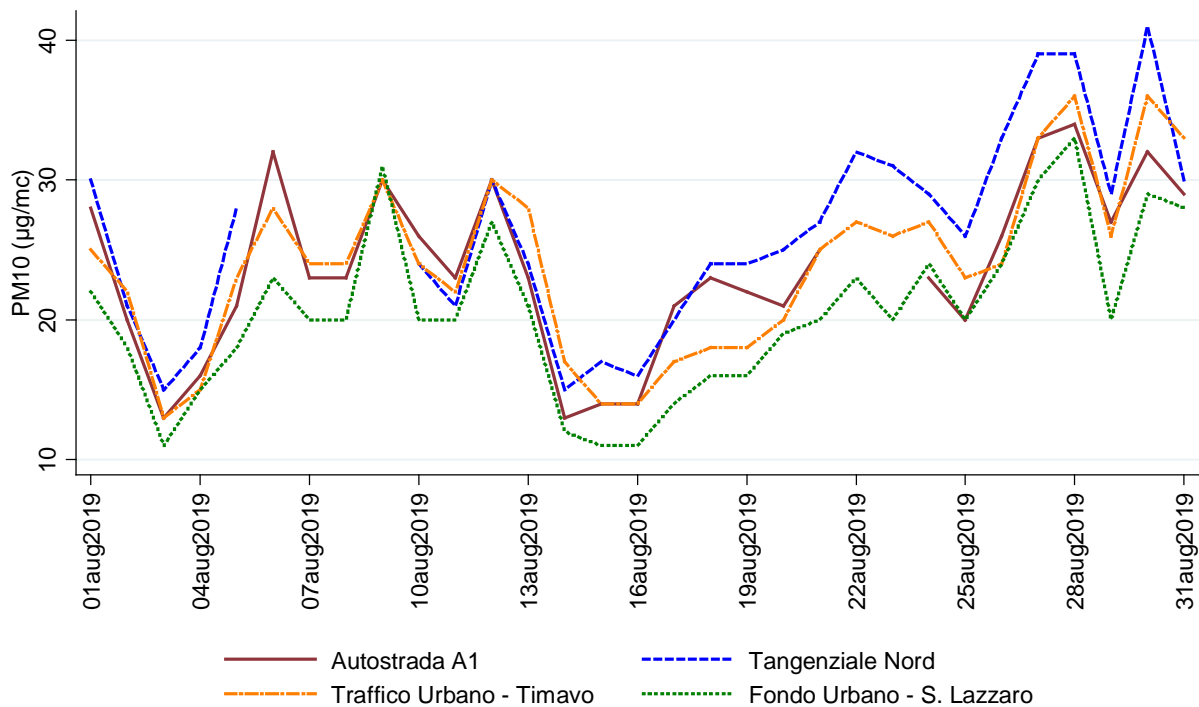


Figura 60 – Media giornaliera – ESTATE – PM10

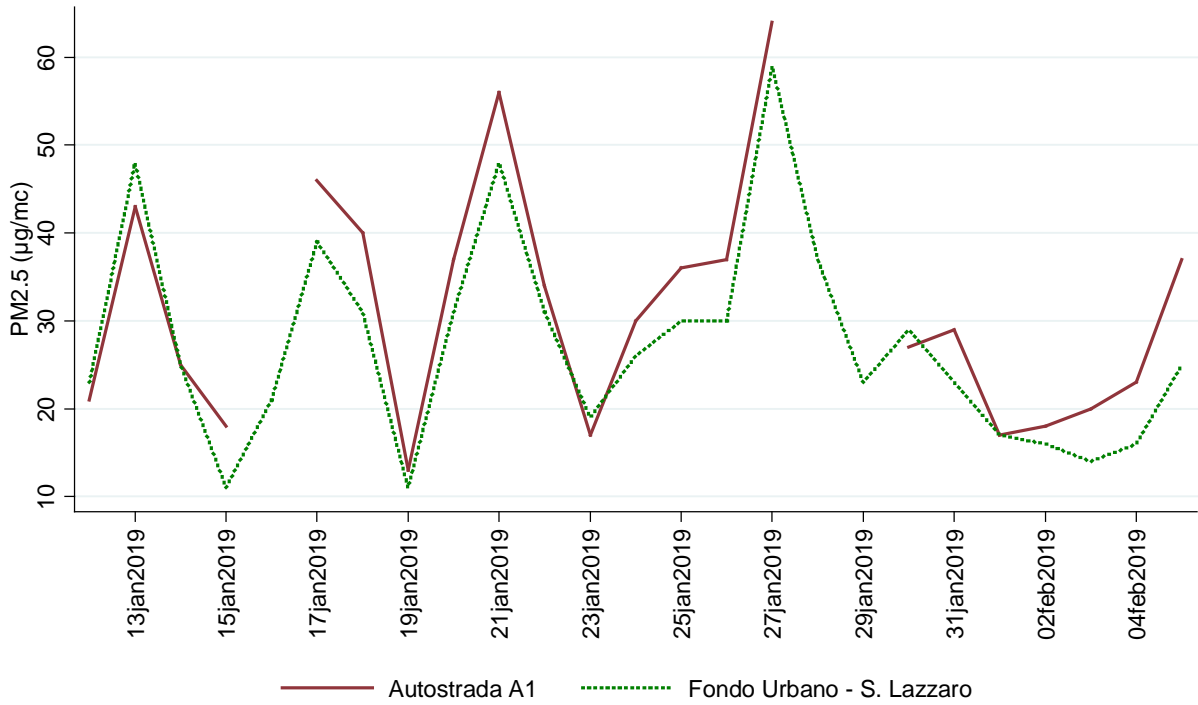


Figura 61 – Media giornaliera – INVERNO – PM2.5

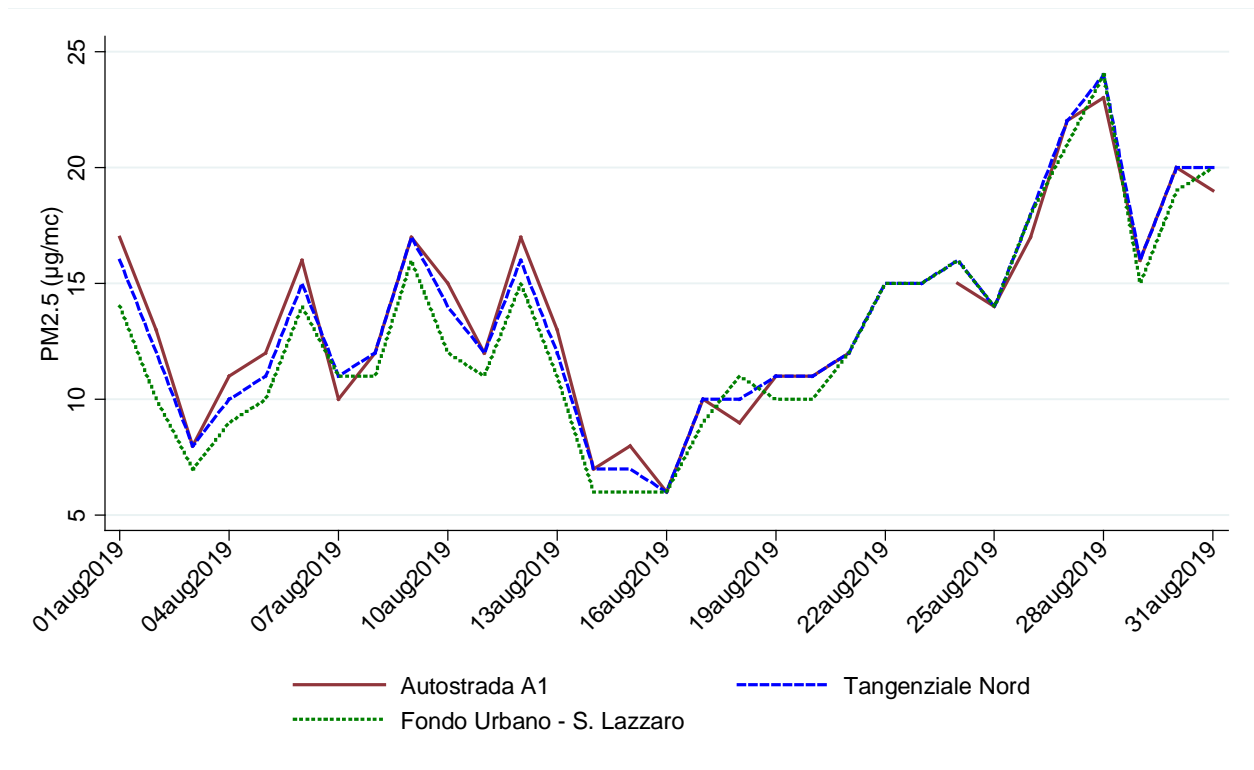


Figura 62 – Media giornaliera – ESTATE – PM2.5

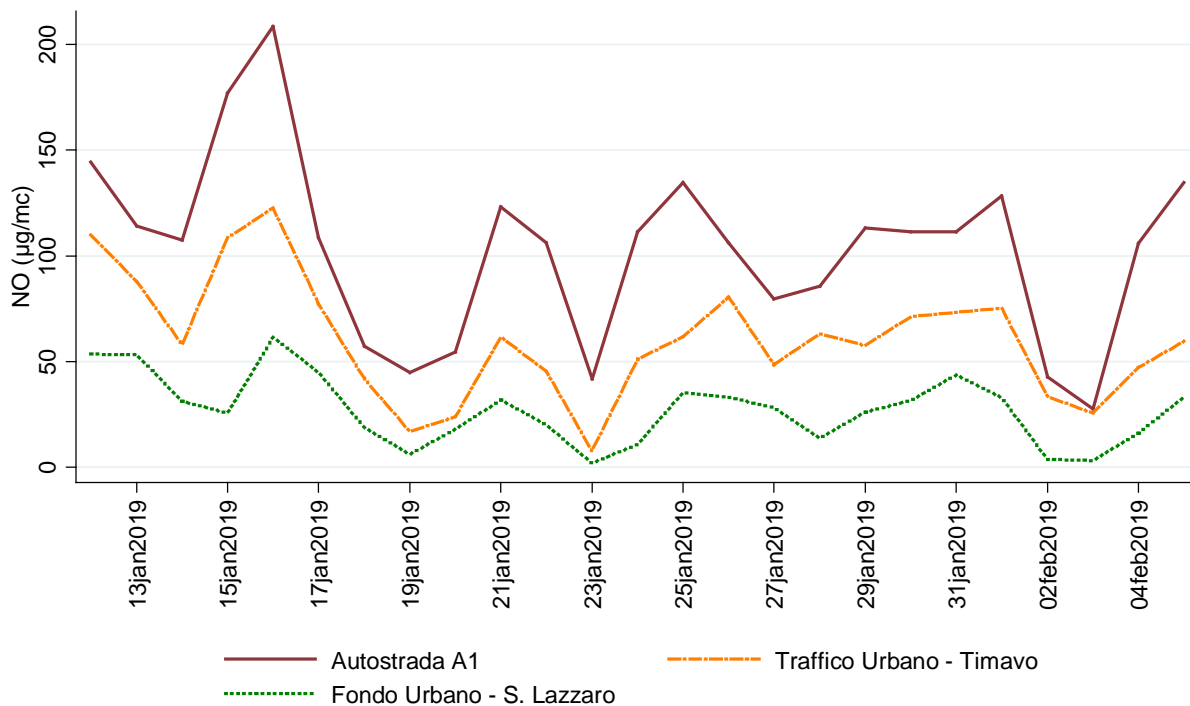


Figura 63 – Media giornaliera – INVERNO – Monossido di azoto

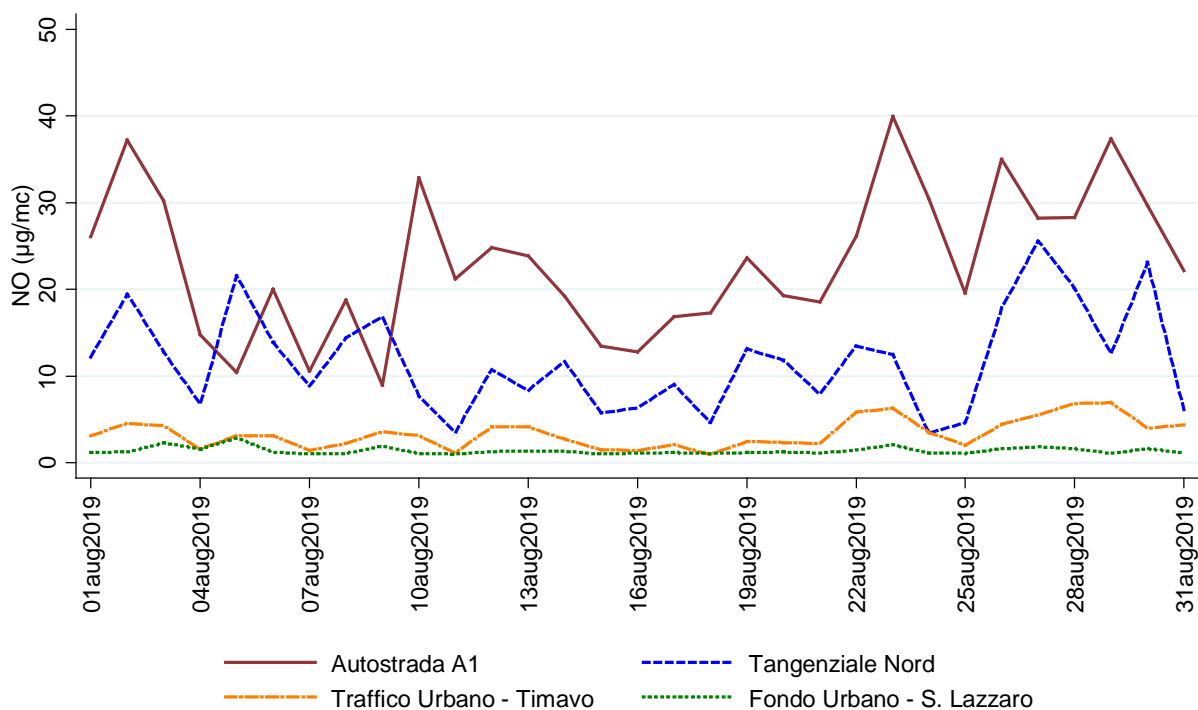


Figura 64 – Media giornaliera – ESTATE – Monossido di azoto

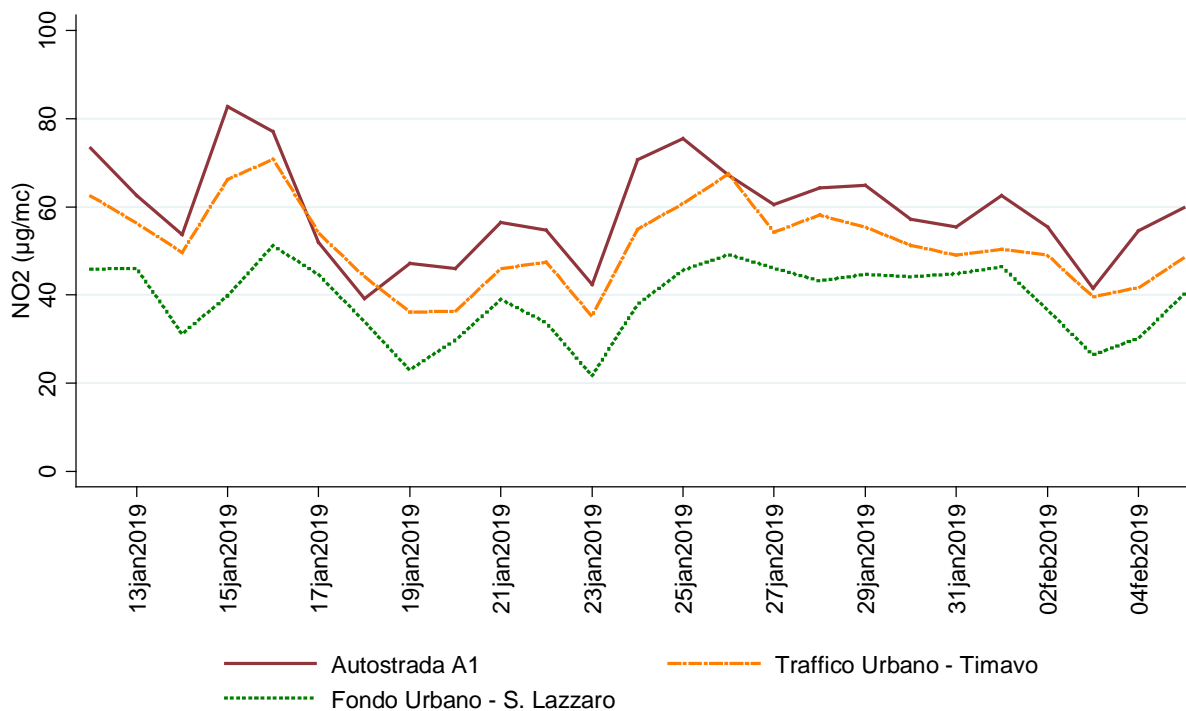


Figura 65 – Media giornaliera – INVERNO – Biossido di azoto

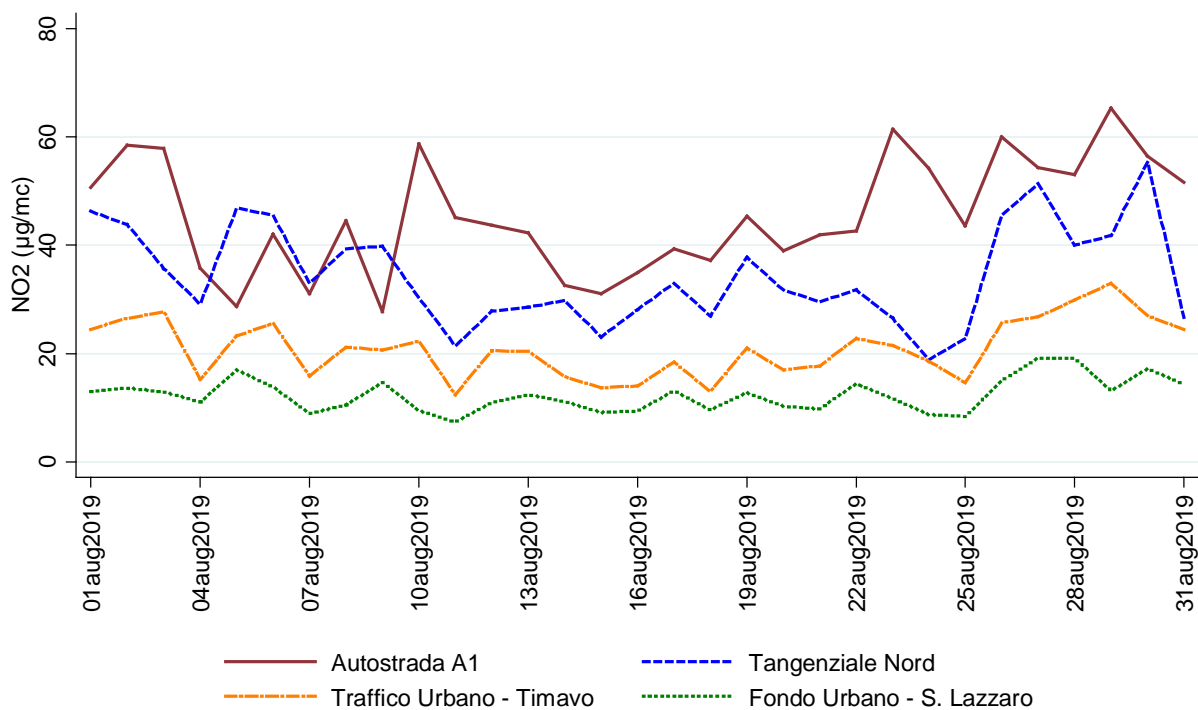


Figura 66 – Media giornaliera – ESTATE – Biossido di azoto

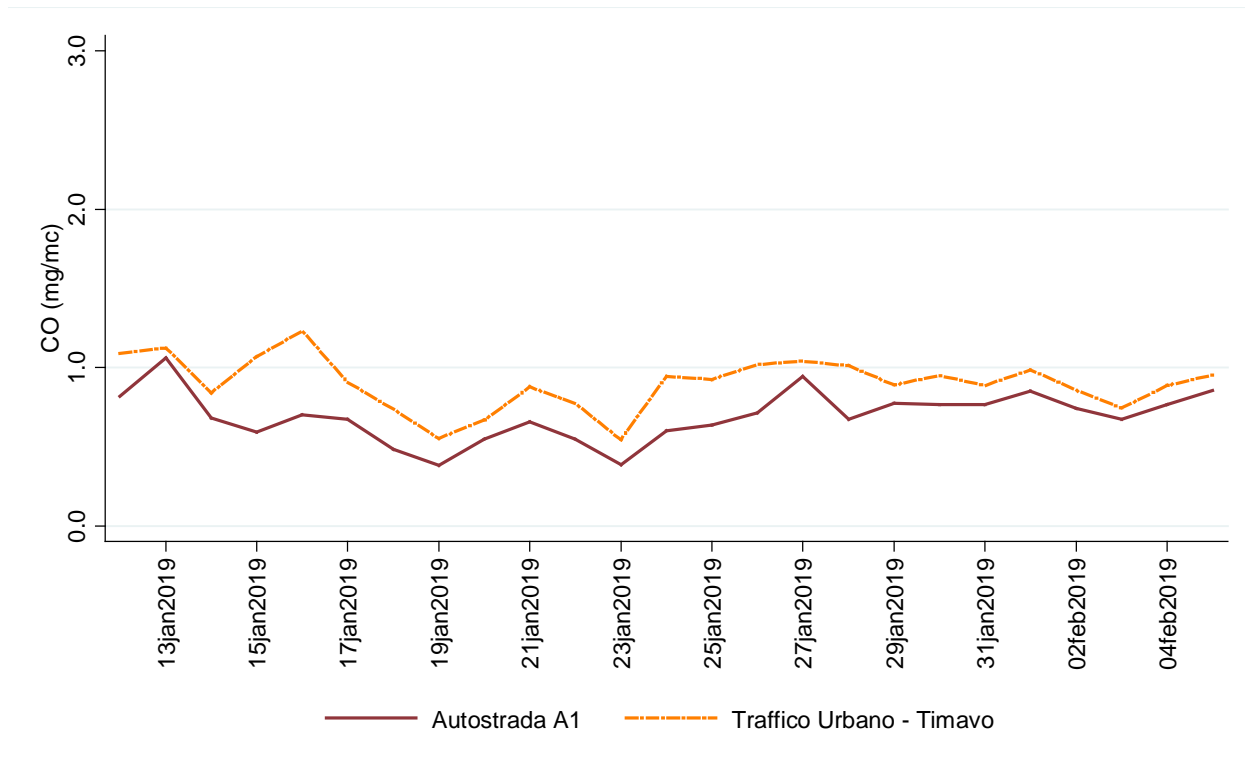


Figura 67 – Media giornaliera – INVERNO – monossido di carbonio.

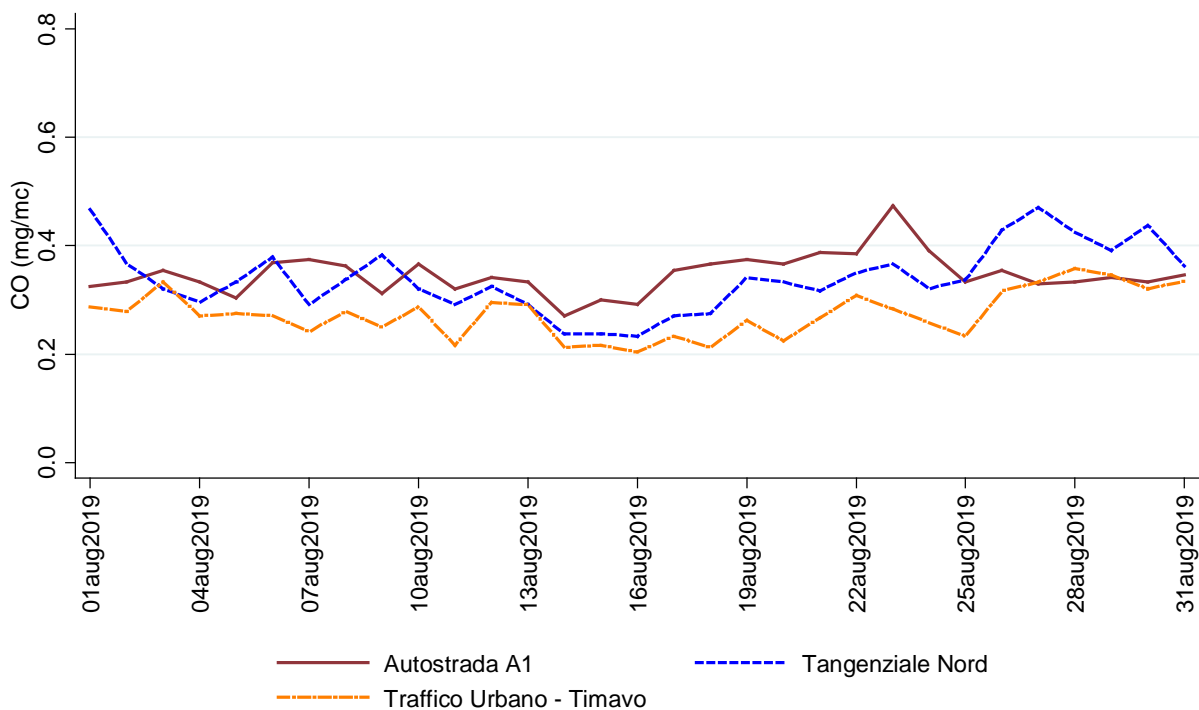


Figura 68 – Media giornaliera – ESTATE – monossido di carbonio

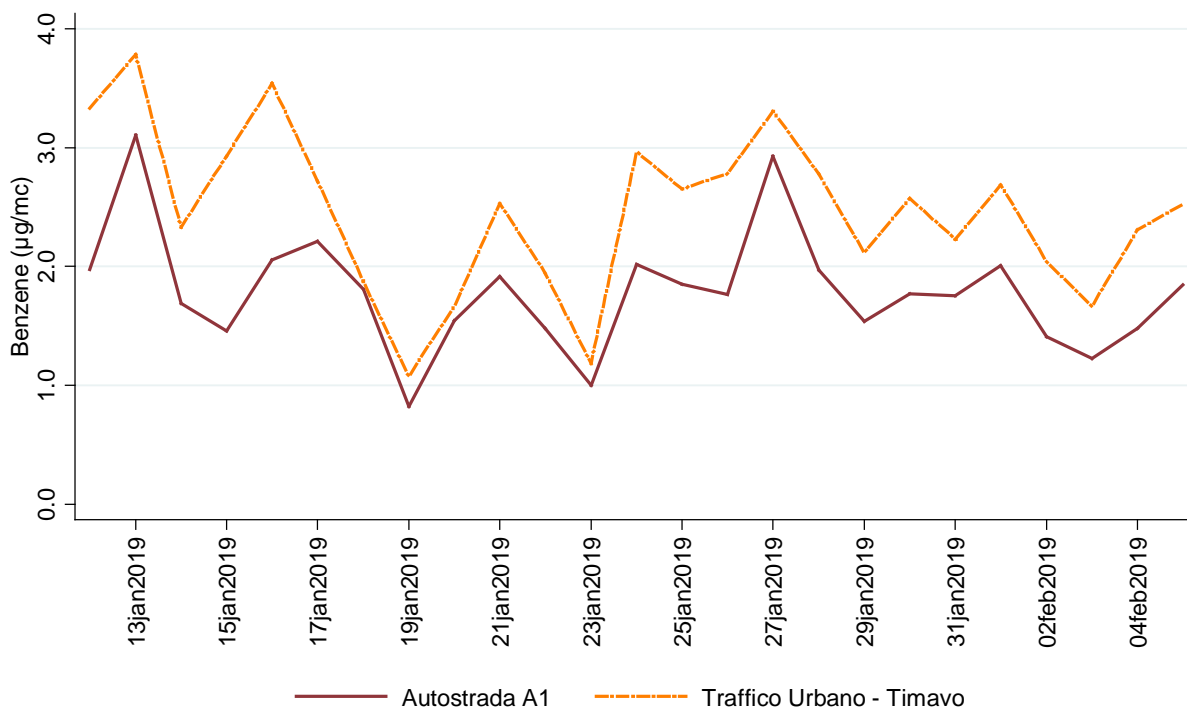


Figura 69 – Media giornaliera – INVERNO – benzene

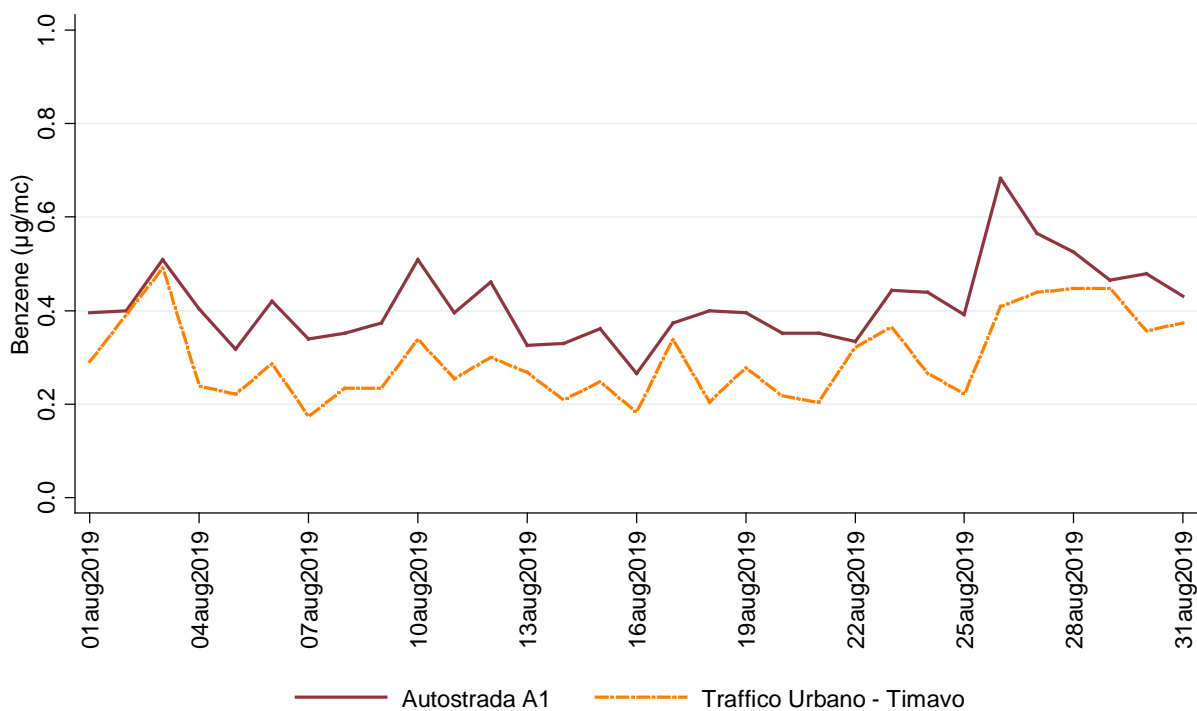


Figura 70 – Media giornaliera – ESTATE – benzene

Elaborazioni giorno tipo

Nei grafici seguenti si riporta l'andamento degli inquinanti gassosi, attraverso una rappresentazione giorno tipo, al fine di evidenziare la variabilità tipica oraria di ogni inquinante nel corso di una giornata.

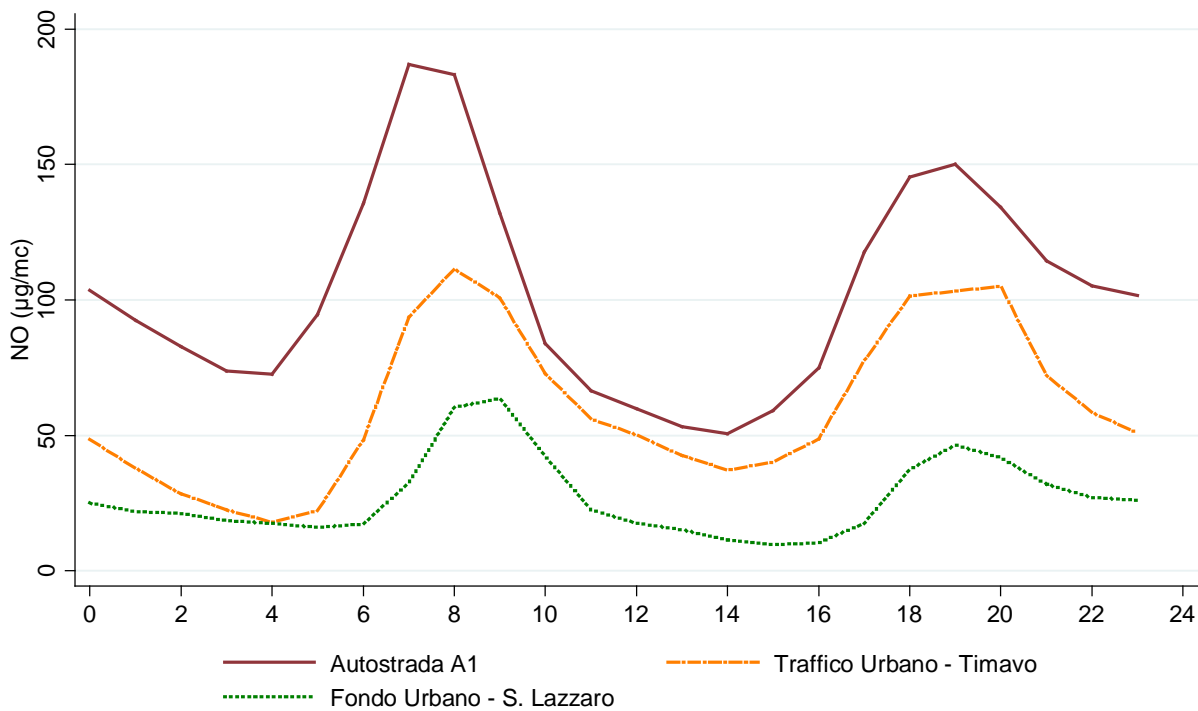


Figura 71 – Giorno tipo – INVERNO – Monossido di azoto

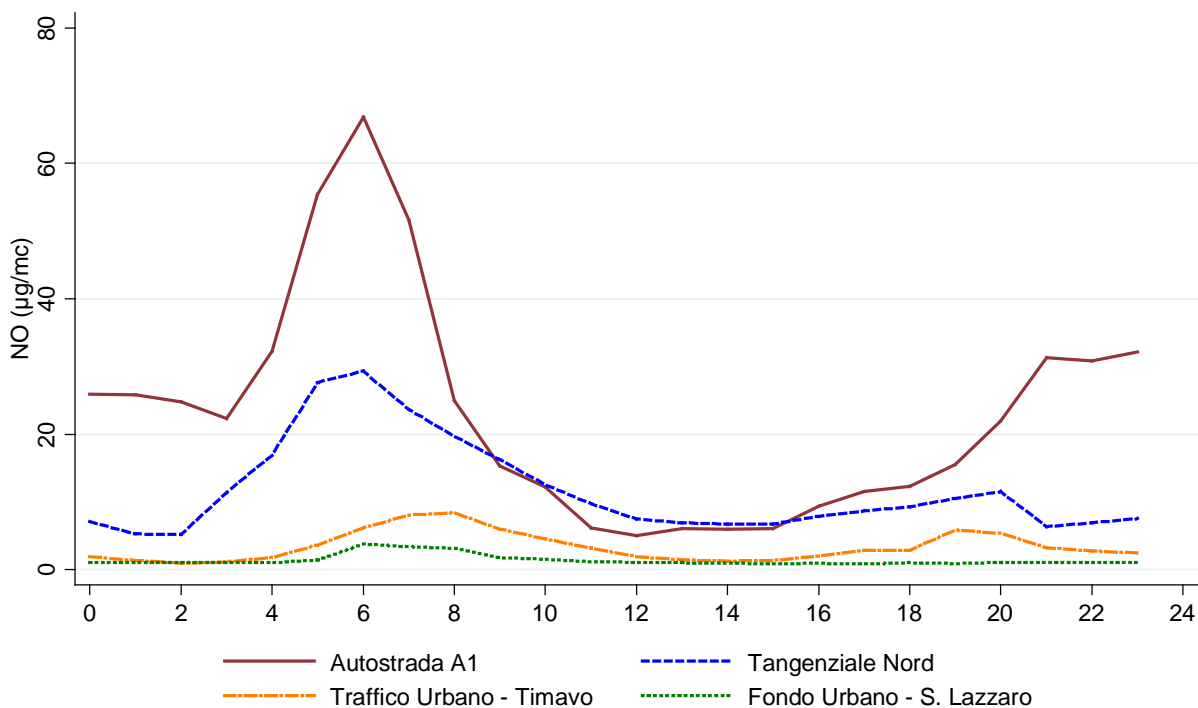


Figura 72 – Giorno tipo – ESTATE – Monossido di azoto

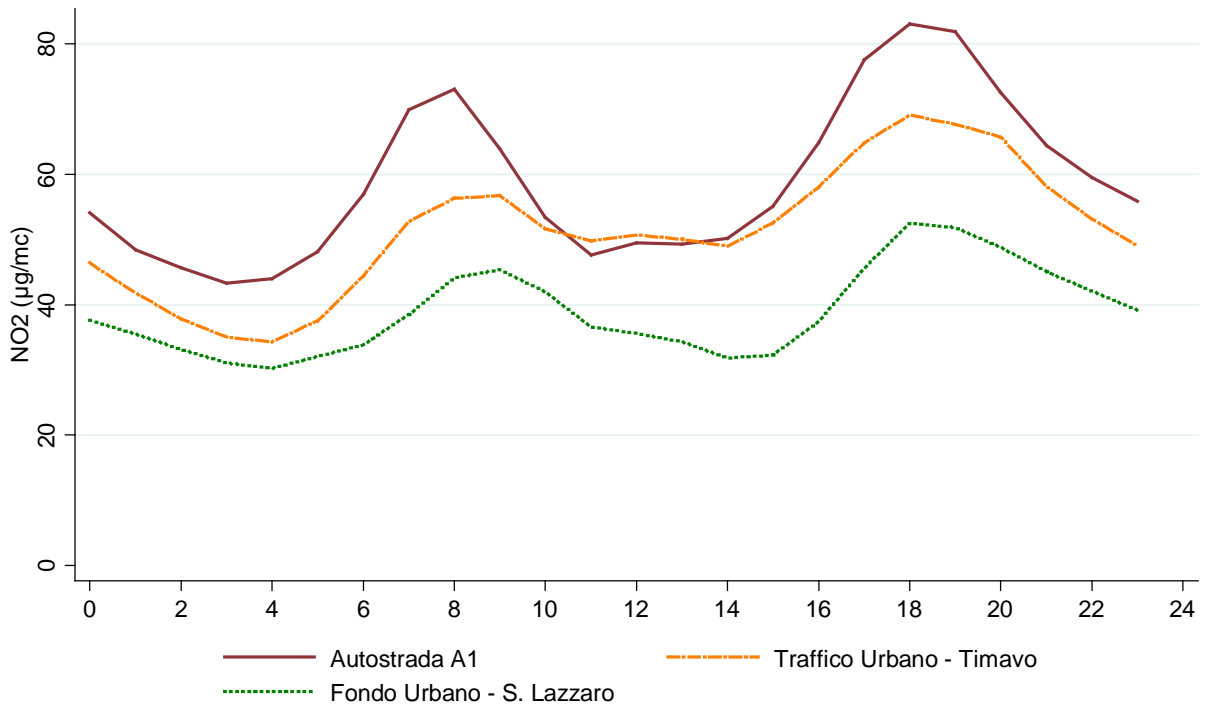


Figura 73 – Giorno tipo – INVERNO – biossido di azoto

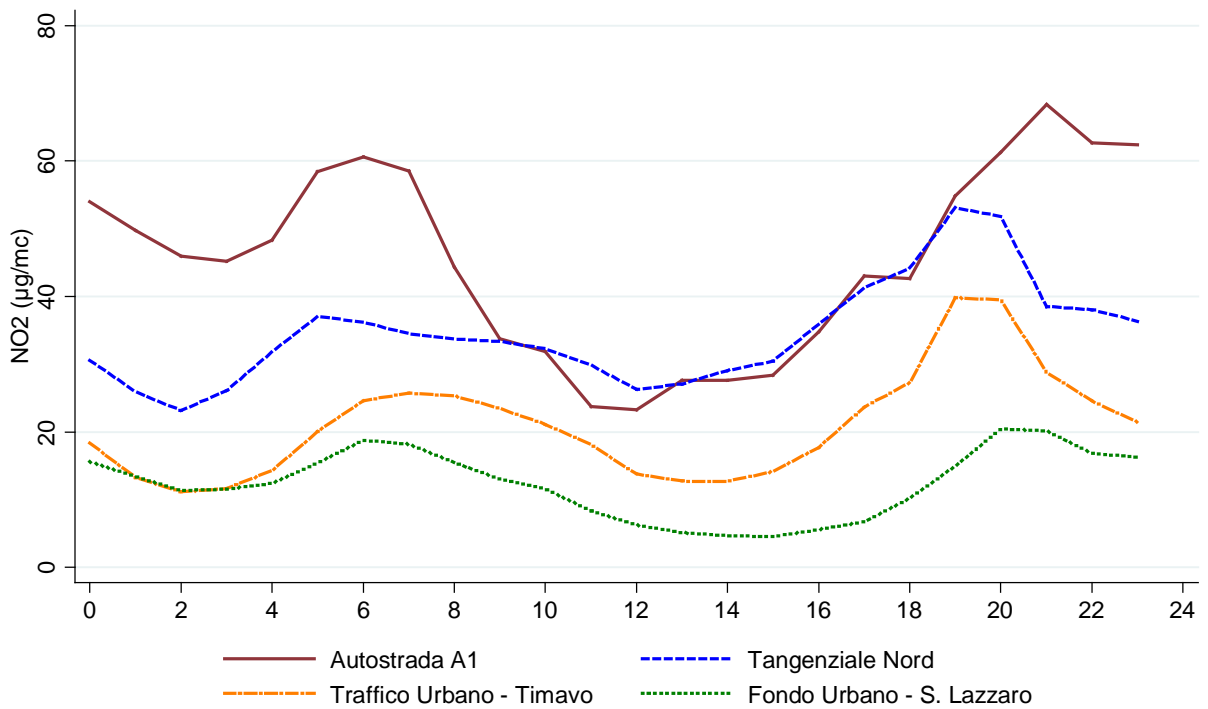


Figura 74 – Giorno tipo – ESTATE – biossido di azoto

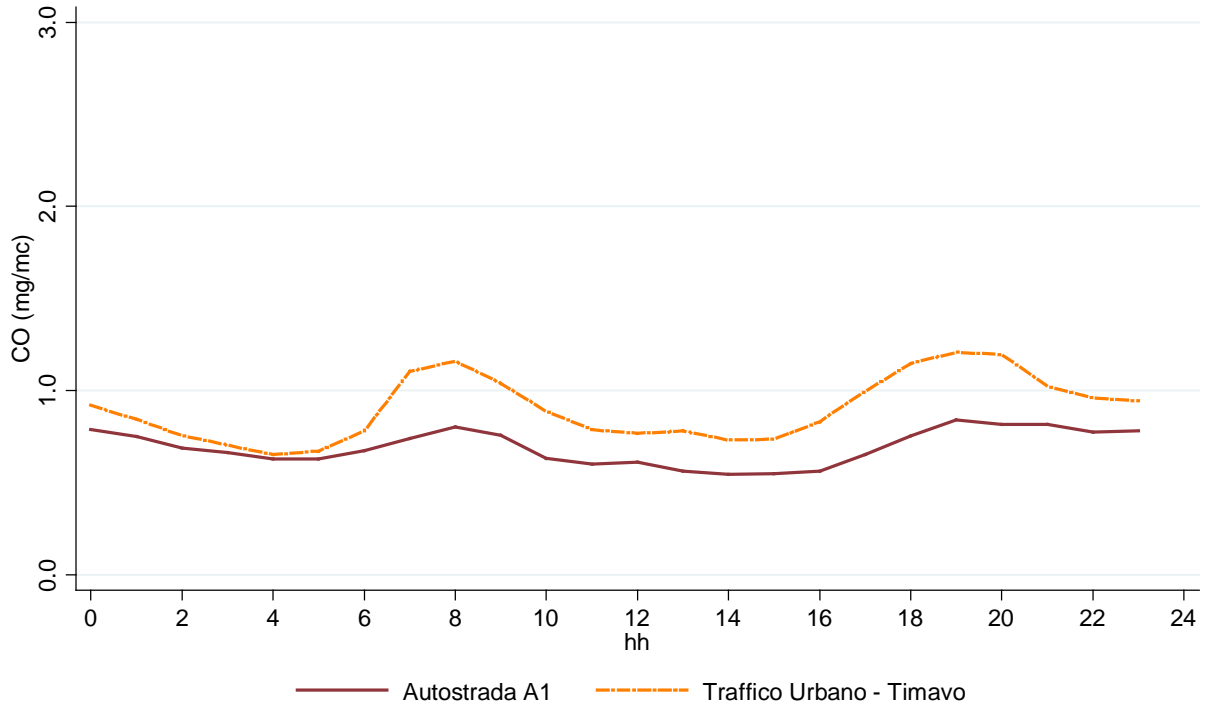


Figura 75 – Giorno tipo – INVERNO – Monossido di carbonio

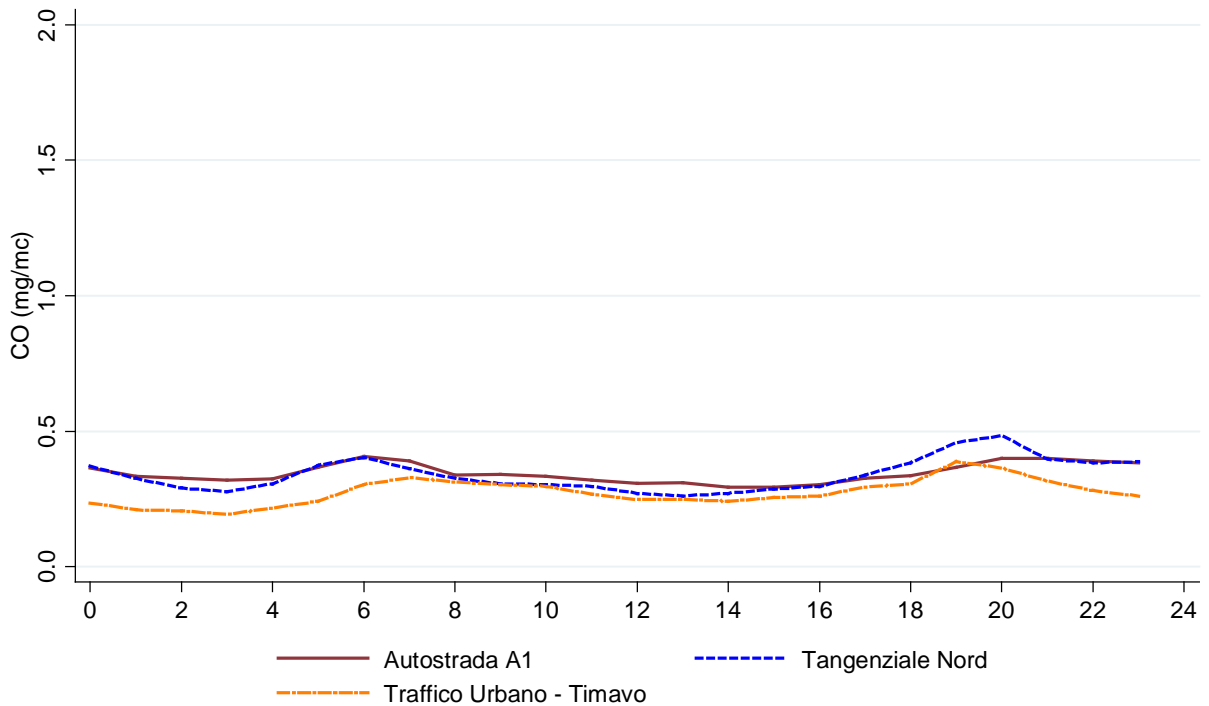


Figura 76 – Giorno tipo – ESTATE – Monossido di carbonio

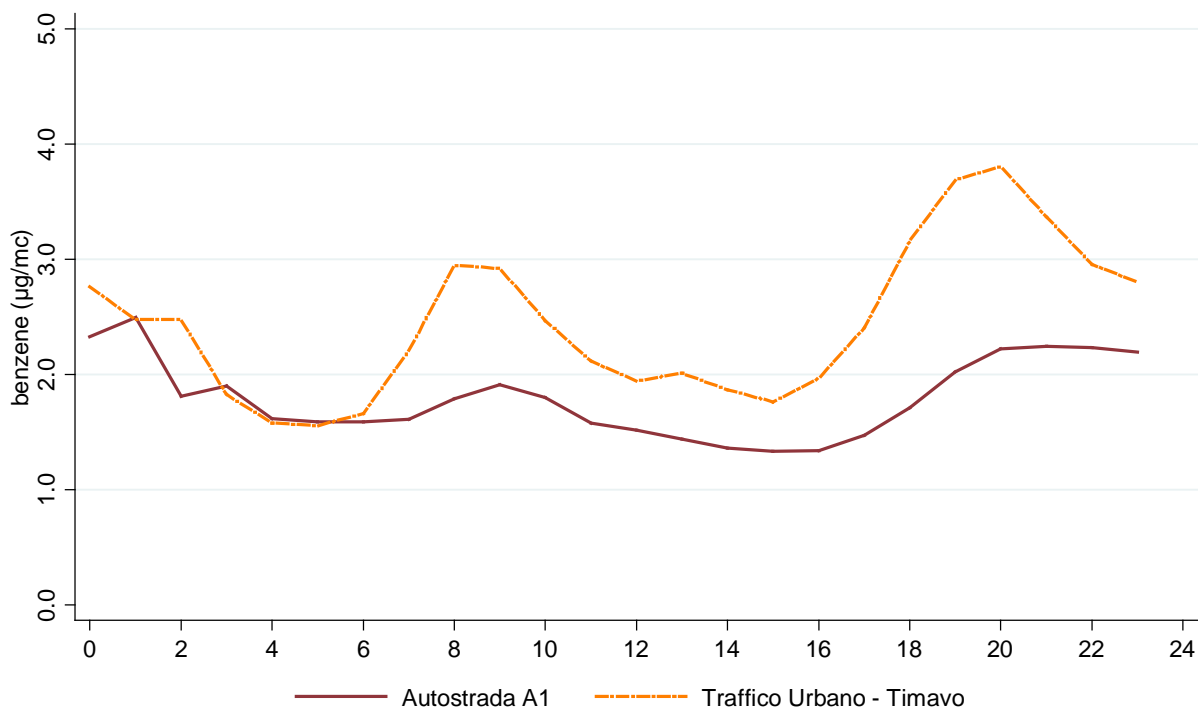


Figura 77 – Giorno tipo – INVERNO – benzene

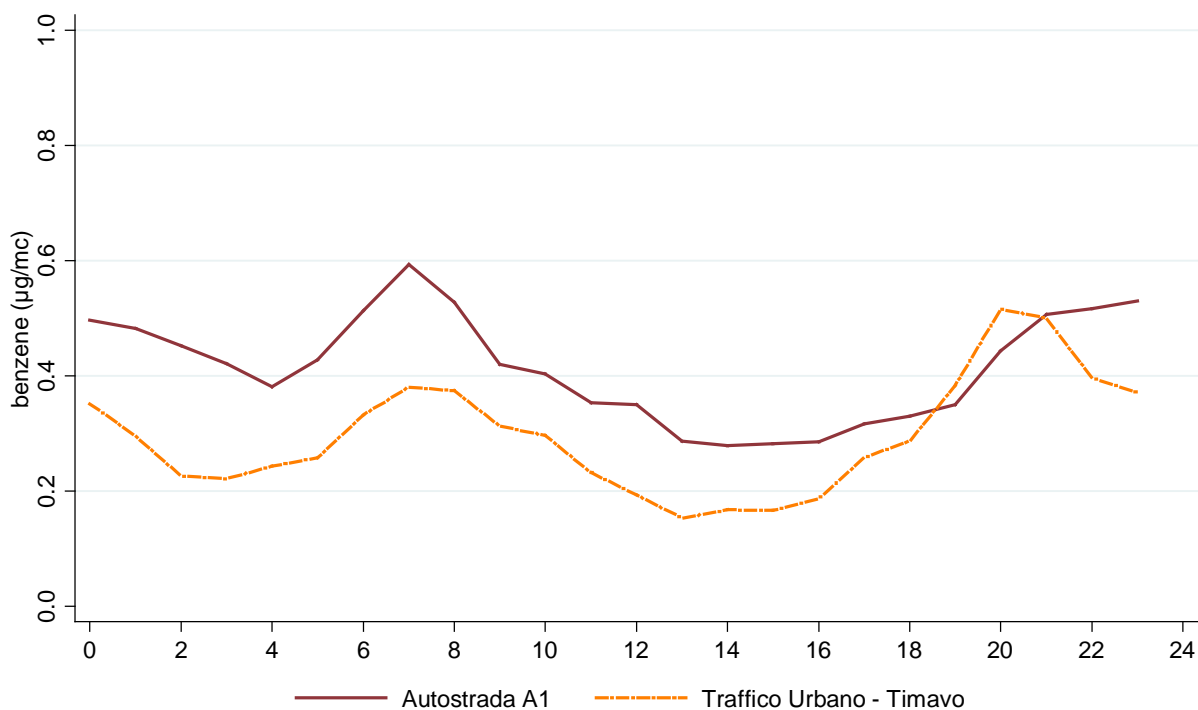


Figura 78 – Giorno tipo – ESTATE – benzene

Elaborazioni box plot

I box plot seguenti hanno la finalità di raffrontare in modo sintetico le postazioni oggetto di questo studio, permettendo considerazioni sia in termini di valor medio che di deviazione standard dei dati.

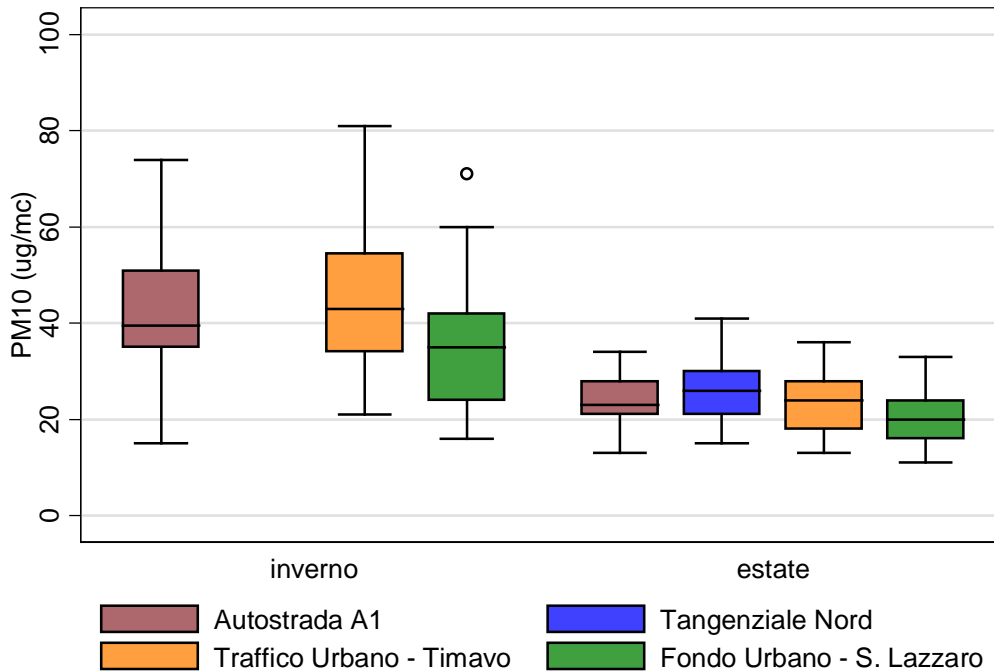


Figura 79 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – PM10

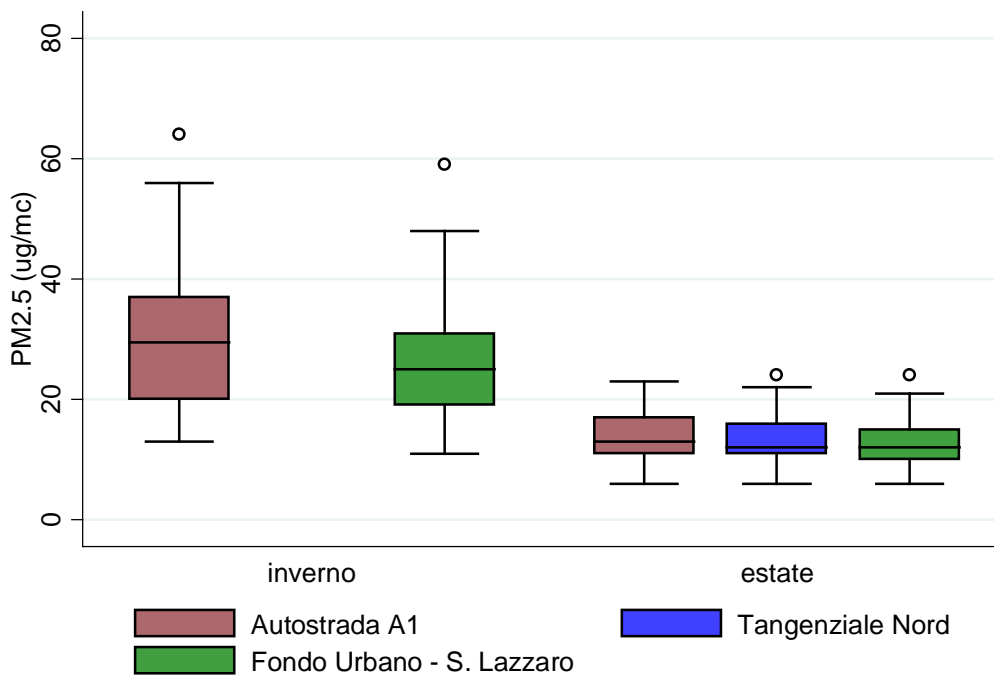


Figura 80 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – PM2.5

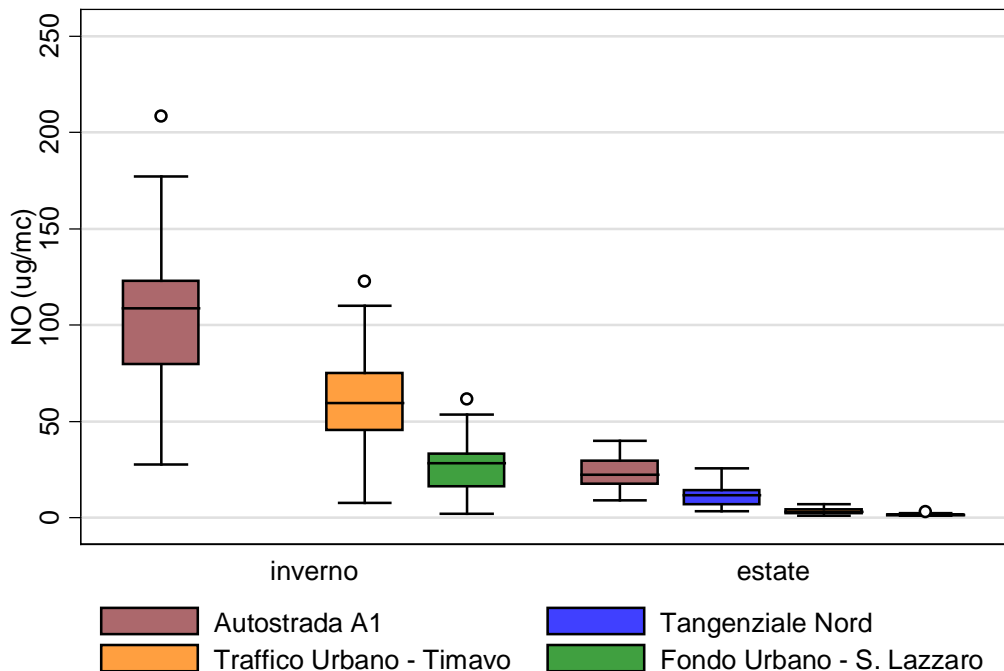


Figura 81 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – monossido di azoto

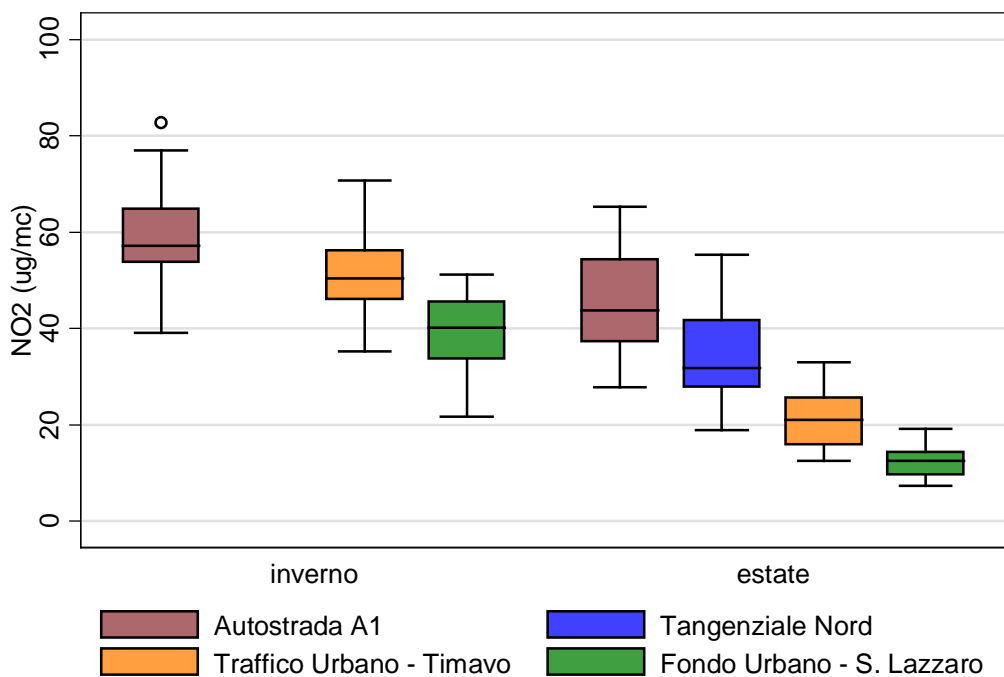


Figura 82 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – biossido di azoto

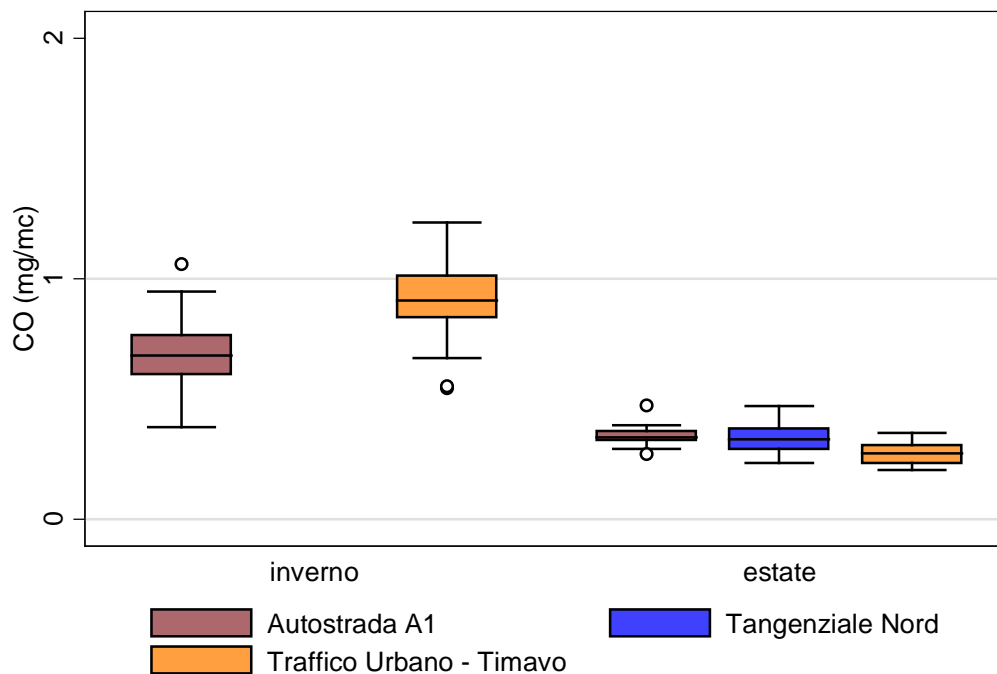


Figura 83 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – monossido di carbonio

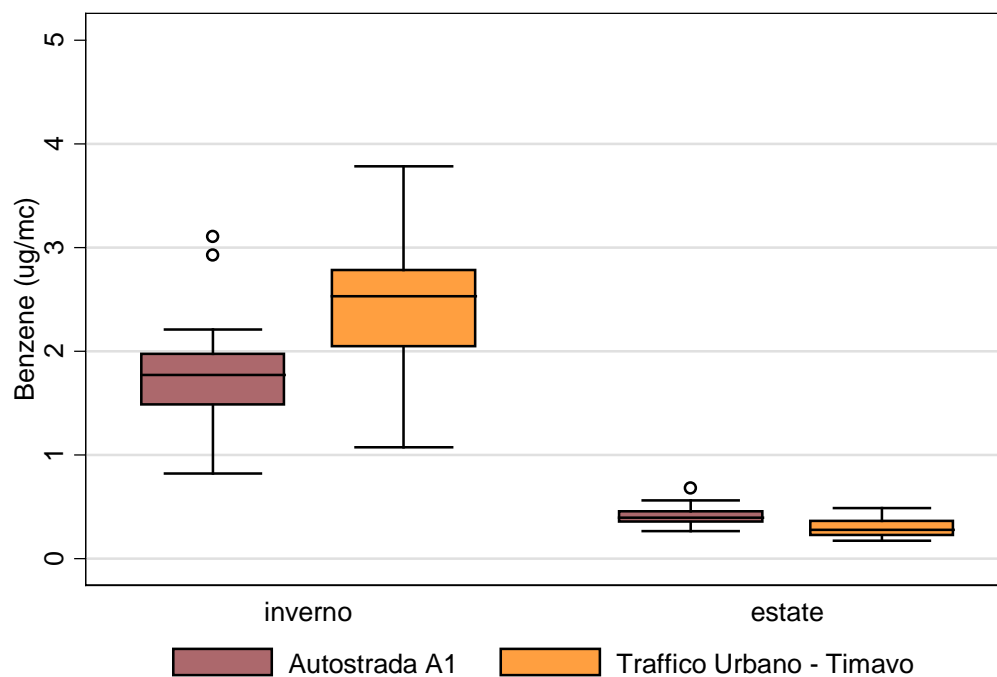


Figura 84 – Box plot di raffronto fra tutte le stazioni di misure in entrambe le campagne – benzene

Approfondimenti

Analisi con contatore ottico di particelle in A1

Una delle caratteristiche più rilevanti delle particelle che compongono il particolato aerodisperso è la loro dimensione e quindi il loro diametro (più precisamente il diametro aerodinamico, definito come il diametro di una particella sferica con densità pari a 1 g/cm^3 , che cade con la stessa velocità della particella in esame).

Le particelle con diametro compreso tra $0,1$ e $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ sono classificate come fini, mentre quelle con diametro superiore a $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ come grossolane; queste ultime caratterizzano in modo significativo la massa del particolato, ma il loro numero è molto ridotto rispetto alle particelle fini.

Le particelle in atmosfera si distinguono in primarie (che si disperdono nell'aria tal quali) e in particelle secondarie (che si formano in atmosfera a partire da precursori gassosi). Sono primarie le particelle generate durante i processi di combustione (in prevalenza con diametro inferiore a $0,3 \text{ }\mu\text{m}$) e quelle che si formano per abrasione o messa in sospensione di polveri (diametro superiore a $1 - 2 \text{ }\mu\text{m}$), mentre le particelle secondarie hanno dimensioni comprese tra $0,1$ e $2,5 \text{ }\mu\text{m}$ (fenomeni di coagulazione e condensazione) e anche inferiori a $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ (fenomeni di nucleazione).

A causa della complessità dei fenomeni di formazione e diluizione delle particelle in atmosfera, la distribuzione dimensionale varia man mano che ci si allontana dalle fonti di emissione e, in luoghi distanti dalle sorgenti (cosiddetto aerosol vecchio), le particelle tra $0,1$ e $1 \text{ }\mu\text{m}$ risultano in concentrazioni maggiori.

L'andamento temporale del numero di particelle per classe dimensionale (distribuzione granulometrica) fornisce interessanti informazioni sulla caratterizzazione fisica del particolato che integrano i tradizionali dati di qualità dell'aria e consentono di analizzare specifiche situazioni ambientali, anche in funzione della tipologia delle fonti emittive presenti.

L'interesse alla misura della concentrazione numerica delle particelle (numero di particelle per unità di volume), oltre che della concentrazione in massa, è legata all'evidenza scientifica della rilevanza di questo parametro in termini di impatto sulla salute. Dal punto di vista normativo al momento non ci sono valori di riferimento per la concentrazione numerica ed i valori rilevati hanno quindi carattere sperimentale e di caratterizzazione del sito di misura.

La determinazione della distribuzione dimensionale delle particelle è stata effettuata grazie a un analizzatore contaparticelle ottico che sfrutta il principio del "light scattering" di un fascio di luce laser (alla frequenza di 660 nm); lo strumento misura in tempo reale e in continuo il numero totale e la distribuzione dimensionale delle particelle in 31 classi dimensionali da $0,25 \text{ }\mu\text{m}$ a $32 \text{ }\mu\text{m}$.

L'analizzatore è altresì in grado di stimare, attraverso opportuni algoritmi di calcolo, anche la concentrazione in massa ($\mu\text{g/m}^3$) di PM₁, PM_{2,5} e PM₁₀.

Si è proceduto all'analisi della distribuzione granulometrica del particolato rilevando i dati con una frequenza di 10 minuti.

Per una migliore comprensione dei fenomeni, le informazioni relative alle 31 classi dimensionali sono state accorpate nelle seguenti cinque classi:

	diametro (μm)			
I gruppo	0,25-0,5 μm	PM _{2,5}	PM ₁₀	PTS
II gruppo	0,5-1,0 μm			
III gruppo	1,0-2,5 μm			
IV gruppo	2,5-10 μm			
V gruppo	>10 μm			

Tale suddivisione è del tutto convenzionale in quanto la distribuzione del numero di particelle in funzione delle loro dimensioni ha caratteristiche continue.

Reggio Emilia - autostrada A1						
classe (μm)	I gruppo (0,25-0,5 μm)	II gruppo (0,5-1,0 μm)	III gruppo (1,0-2,5 μm)	IV gruppo (2,5-10 μm)	V gruppo (>10 μm)	totale (0,25-32 μm)
media (num part/m ³)	2,42E+08	4,27E+06	4,15E+05	1,38E+05	2,07E+03	2,47E+08
media - % sul totale	98,045	1,730	0,168	0,056	0,001	100

La concentrazione numerica media del periodo è risultata pari a $2,4 \times 10^8$ particelle/m³; il valore risulta confrontabile con quello rilevato nella stagione estiva/autunnale presso il sito di Piacenza Montale collocato nei pressi del polo logistico a circa 1,5 Km di distanza dall'autostrada A1.

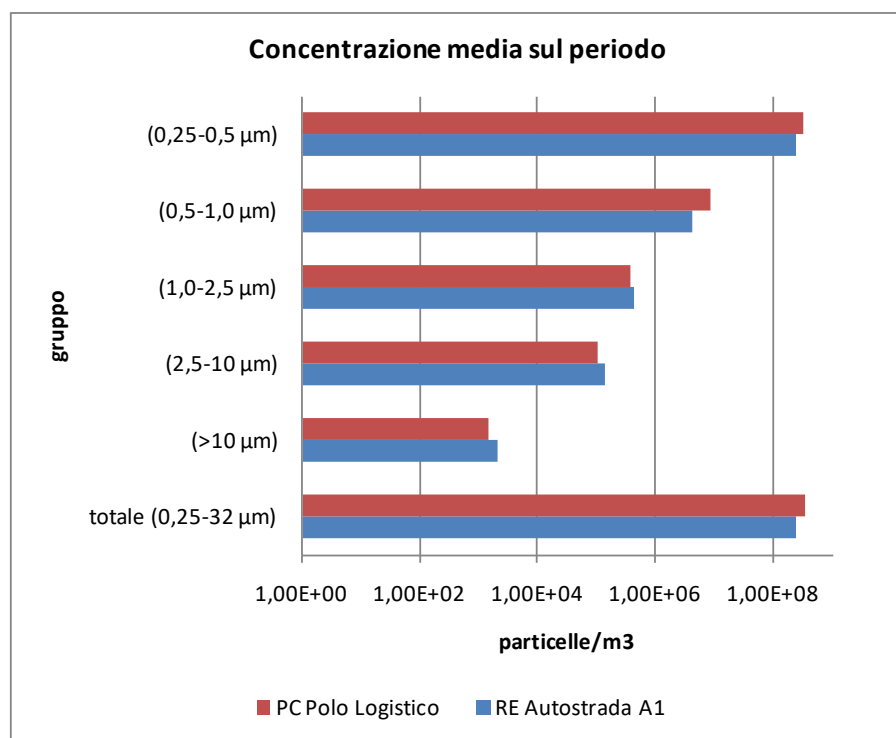


Figura 85 – confronto delle concentrazioni dei vari gruppi tra in due siti di misura

Nei grafici che seguono si riportano i giorni tipo, vale a dire gli andamenti, nell'arco delle 24 ore, calcolati per le concentrazioni numeriche di particolato totali e di ciascuno dei gruppi da I a V.

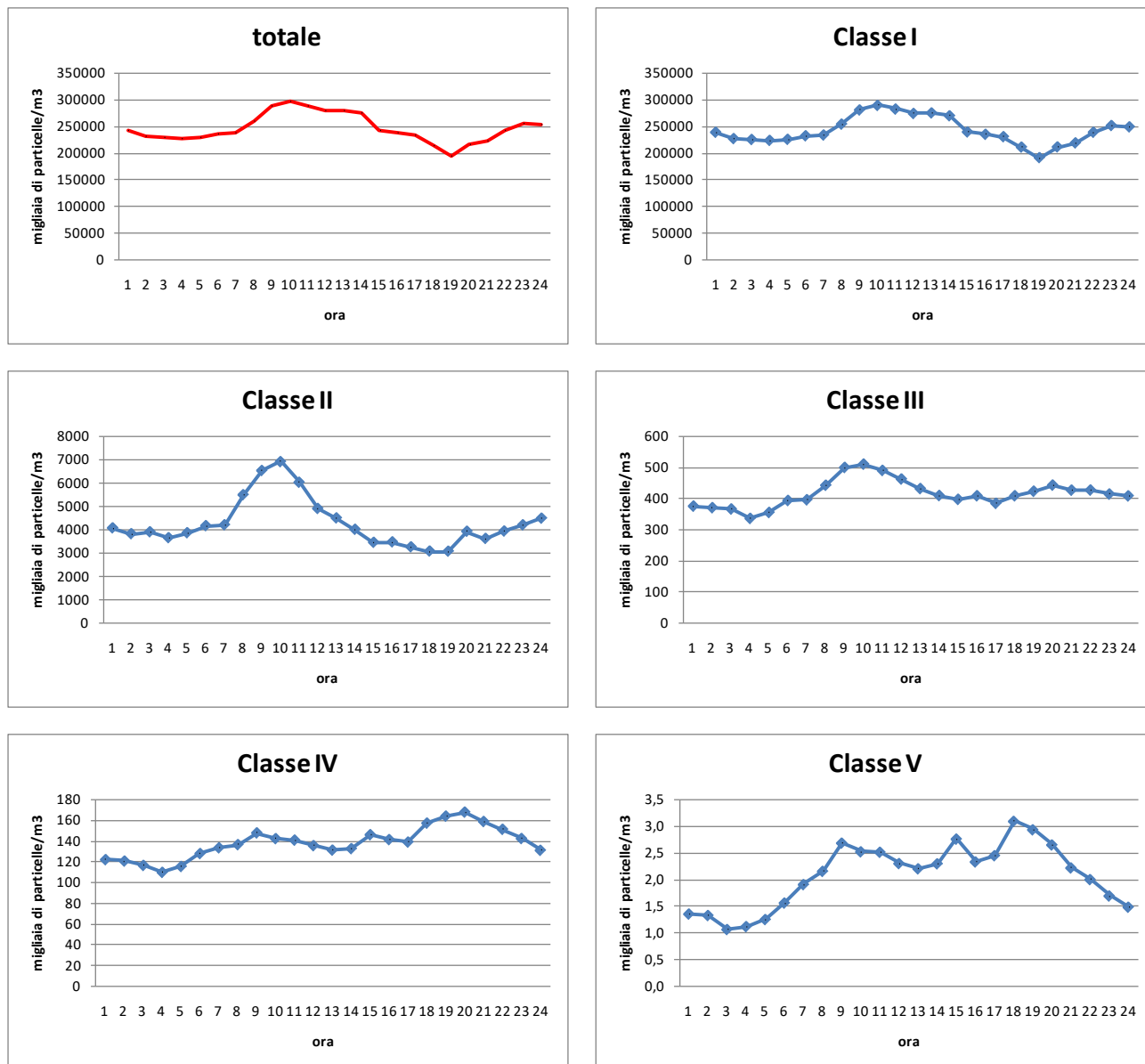


Figura 86 – elaborazione giorno tipo per classe dimensionale.

La maggior parte delle combustioni produce particelle di dimensione inferiore a $1 \mu\text{m}$ di diametro, quindi la suddivisione in classi dimensionali permette di discriminare meglio il particolato proveniente dalla combustione dei motori dei veicoli da quello più grossolano legato a fenomeni di abrasione o risolleciamento del terreno. Infatti è proprio nella Classe II che si osserva un incremento del numero di particelle nella fascia oraria del mattino, quando il traffico è più sostenuto.

L'OPC consente anche di trasformare il conteggio di particelle in stima della massa e dunque in concentrazione, ovviamente con un certo grado di approssimazione: questo permette di osservare l'evoluzione oraria del PMx in prossimità dell'autostrada (estate).

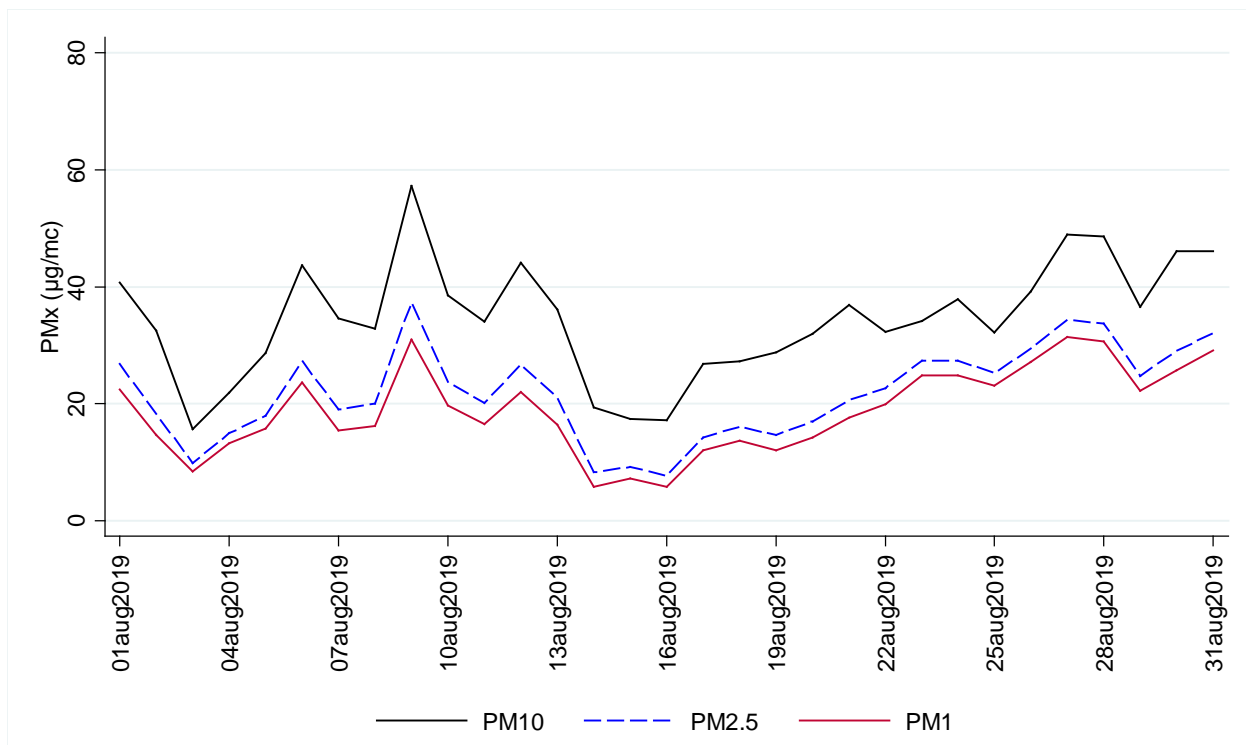


Figura 87 – Andamento orario delle tre frazioni di PMx.

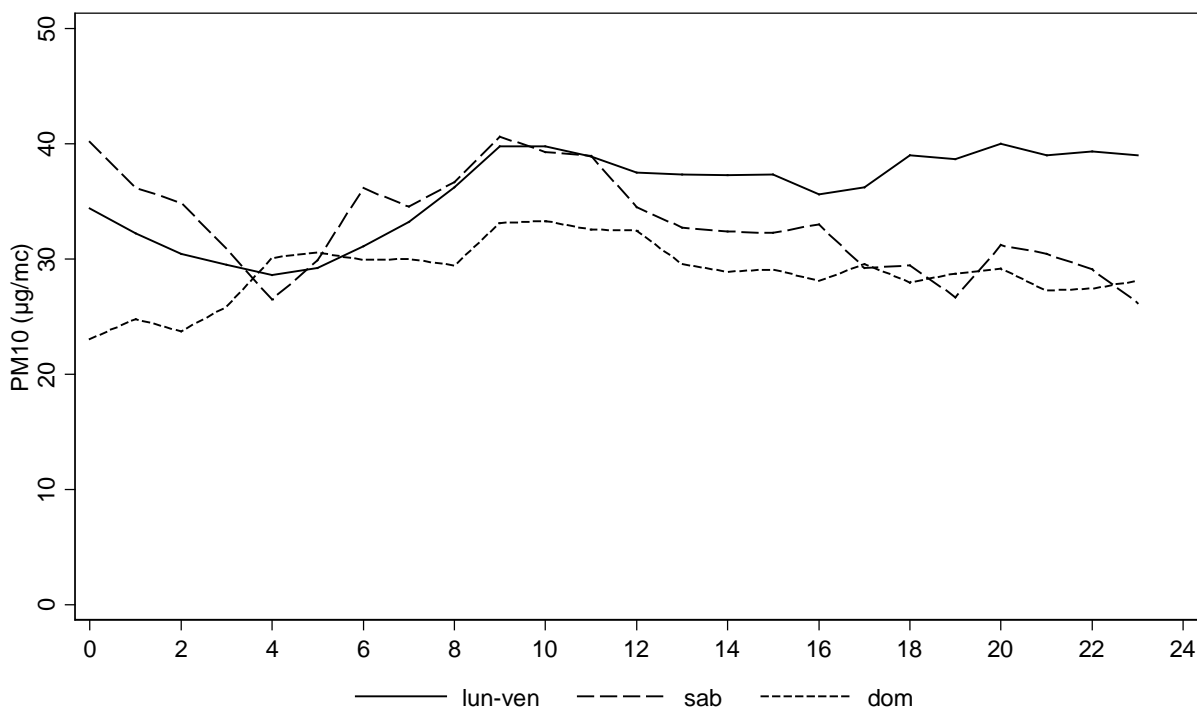


Figura 88 – Andamento giorno tipo del PM10.

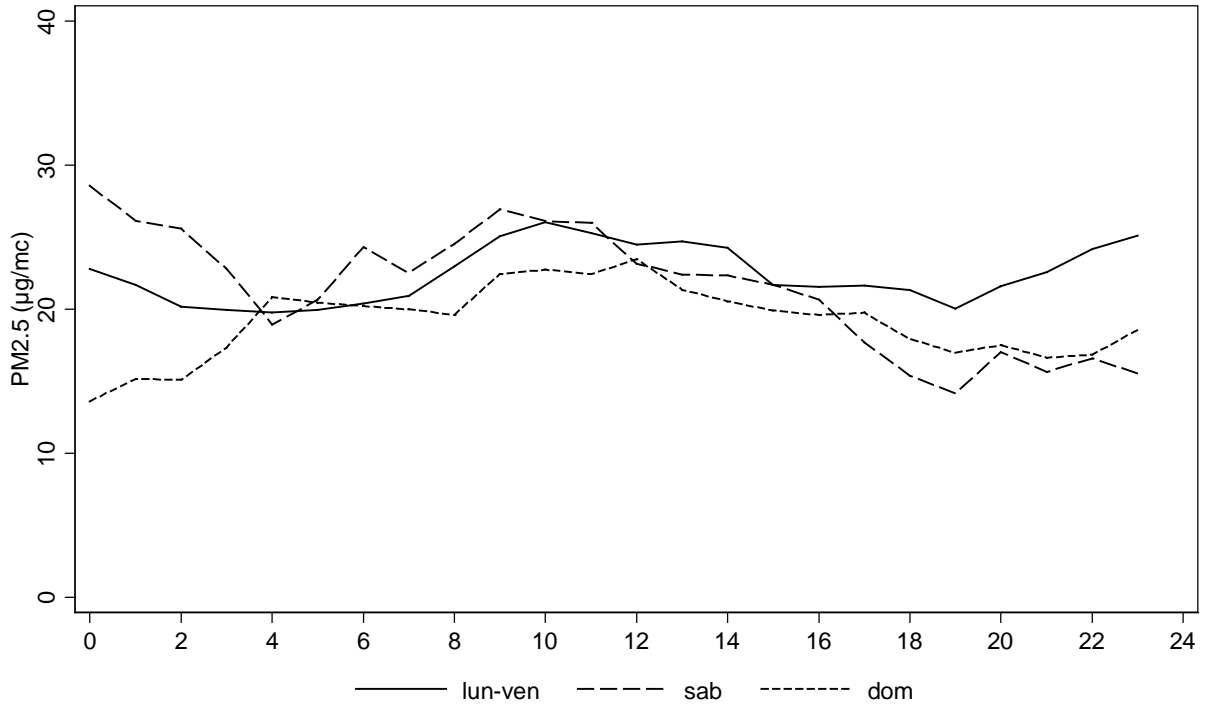


Figura 89 – Andamento giorno tipo del PM2.5.

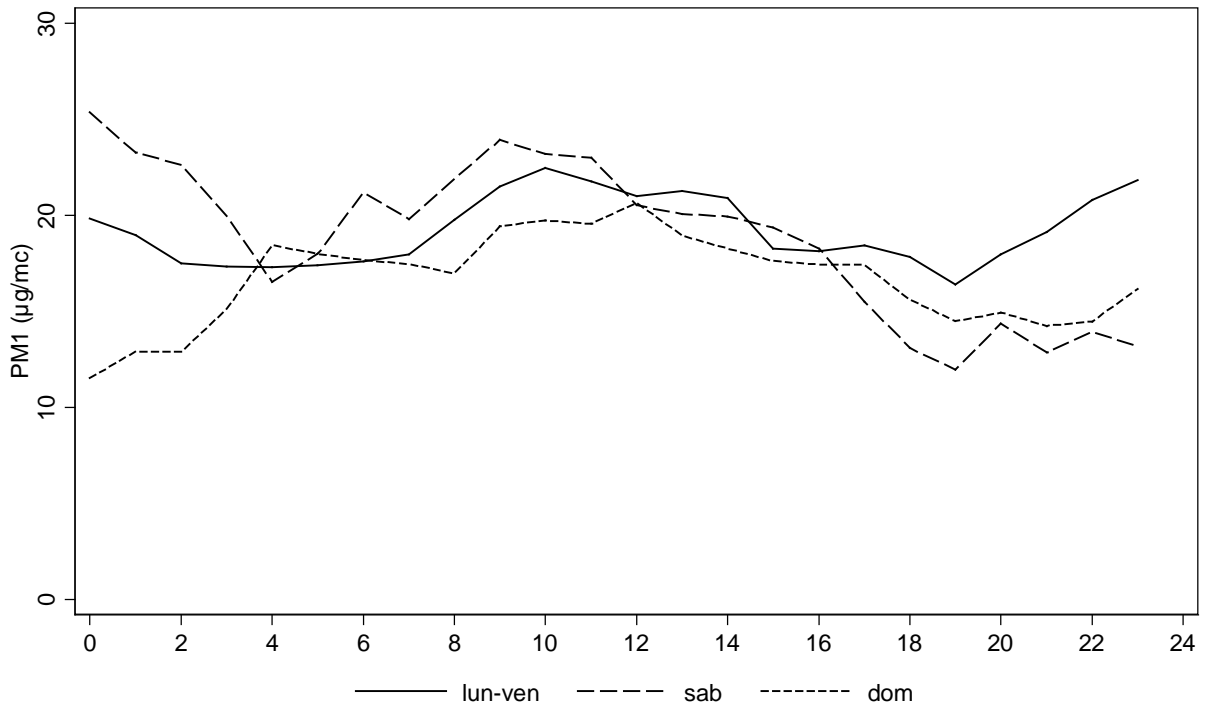


Figura 90 – Andamento giorno tipo del PM1.

Analisi del balck carbon in A1

Il Black Carbon (BC), costituito essenzialmente da particelle di carbonio elementare, è un inquinante primario prodotto dalla combustione incompleta di combustibili fossili e di biomasse ed è uno dei componenti del materiale particolato; in ambito urbano è un eccellente tracciante delle emissioni da traffico, in particolare dei motori diesel.

Poiché si tratta di un inquinante primario, le sue concentrazioni in aria ambiente mostrano un importante gradiente spaziale rispetto alla sorgente emissiva, non riscontrabile nelle concentrazioni di PM, caratterizzato da una forte componente secondaria.

Il BC è presente soprattutto nella frazione ultrafine del PM (PM_{0,1}) ed è responsabile di effetti sulla salute umana sia a breve, sia a lungo termine; inoltre, essendo la componente del PM che maggiormente assorbe la radiazione solare, contribuisce al riscaldamento globale.

La concentrazione equivalente del BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) è determinata sfruttando proprio le sue proprietà ottiche: il principio di misura dell'analizzatore (Multi Angle Absortion Photometer) si basa, infatti, sull'assorbimento da parte della componente carboniosa del particolato della luce emessa da una sorgente luminosa ($\lambda = 670 \text{ nm}$).

Dai dati rilevati in continuo con una risoluzione temporale di 1 ora sono state calcolate le concentrazioni medie giornaliere di BC ed il giorno tipo.

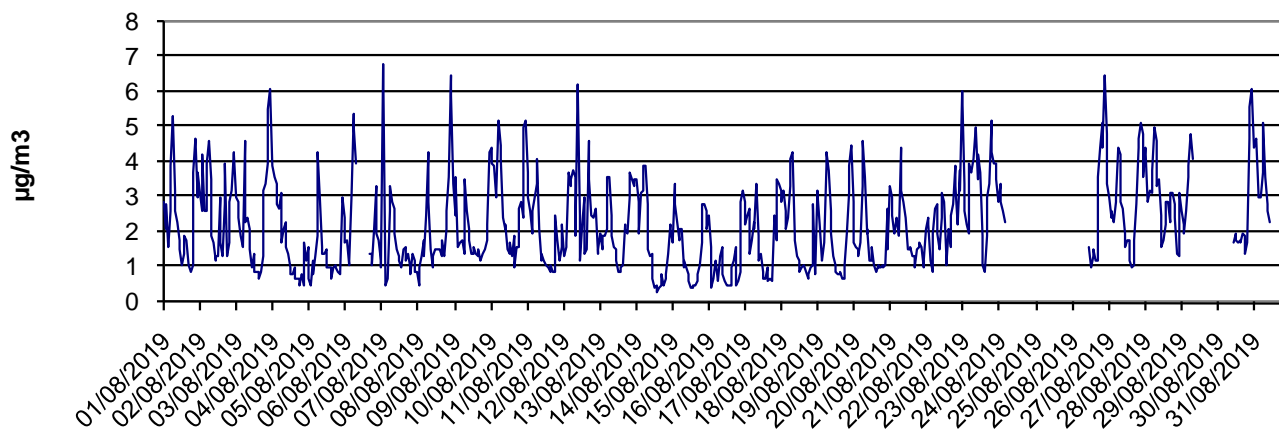


Figura 91 – Media oraria del Black Carbon.

Black Carbon	N° di dati validi	Media	Minimo	Massimo	50° P	90° P	95° P	98° P
dati orari ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	642	2,2	0,3	6,8	2	4	4,6	5

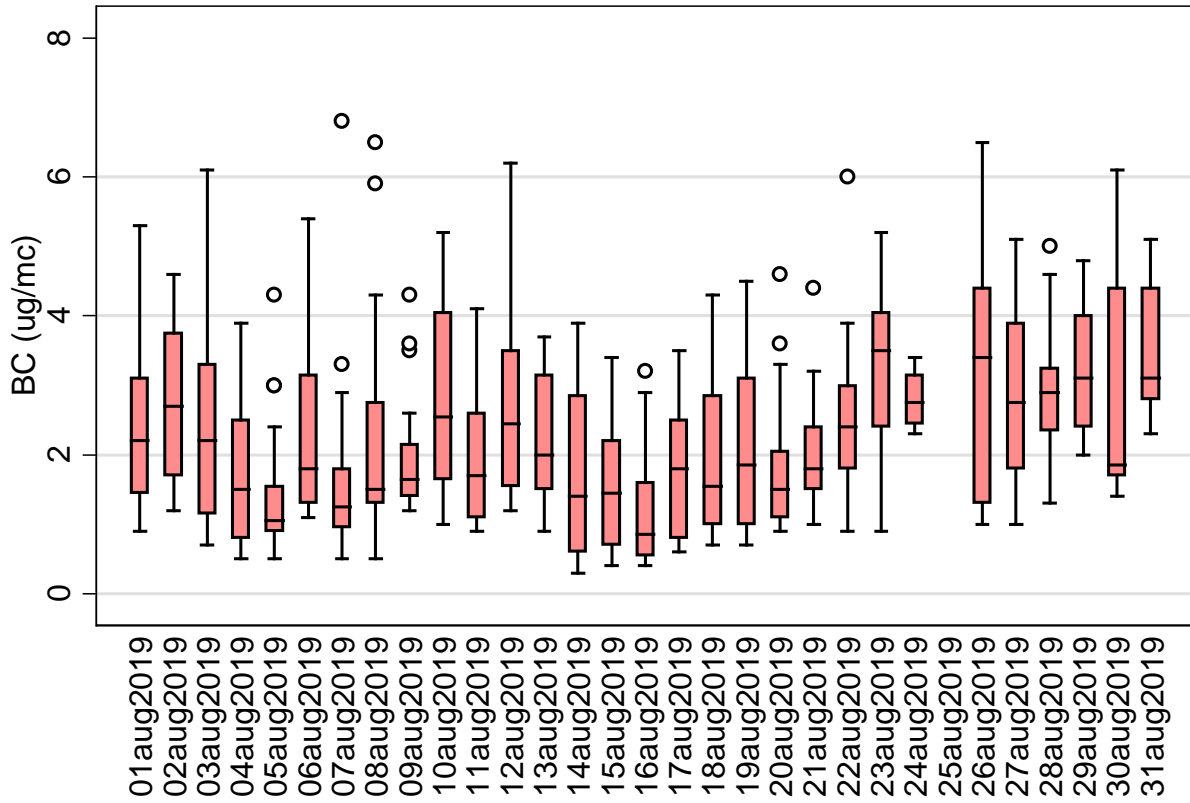


Figura 92 – Variazione giornaliera del Black Carbon.

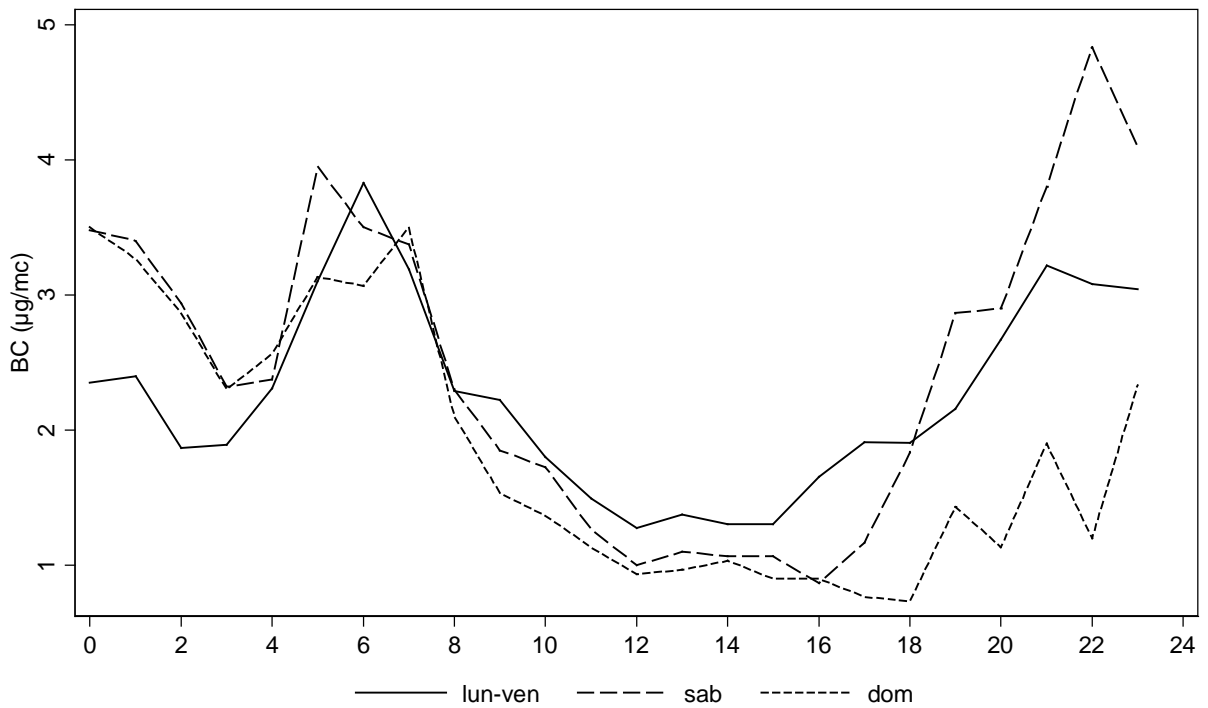
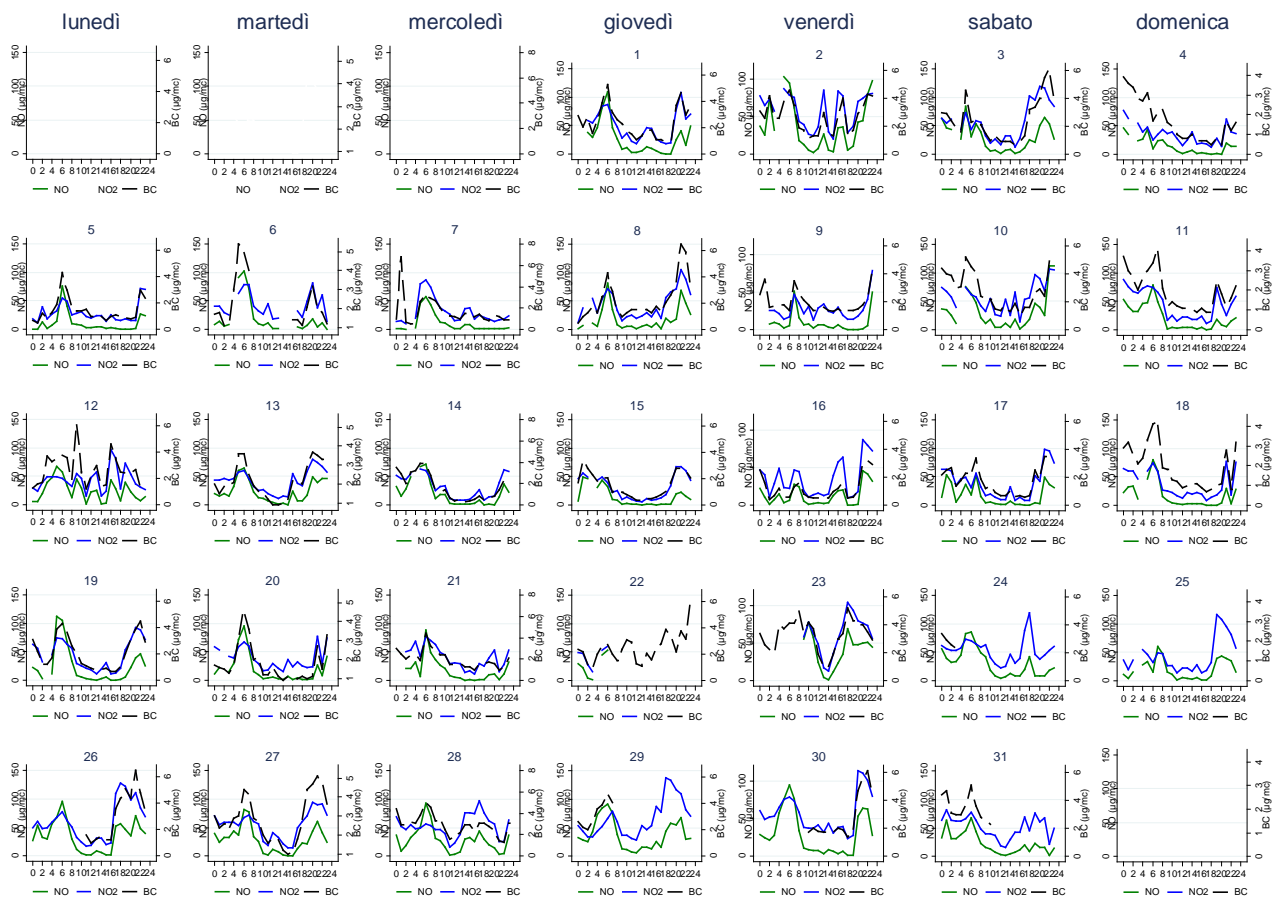


Figura 93 – Elaborazione giorno tipo del Black Carbon.

Analizzando i dati orari del Black Carbon, si ottengono informazioni ancora più specifiche in quanto questo inquinante è strettamente legato al traffico veicolare: infatti l'andamento orario del Black Carbon mette in evidenza sia il picco del mattino che quello della sera, nonché singoli episodi di incremento del traffico dovuti a congestione stradale o esodi per vacanze.

Nello schema seguente viene riportata l'evoluzione giorno per giorno del BC raffrontato con gli ossidi di azoto.



Analisi degli ossidi di azoto

Nel caso degli ossidi di azoto il parametro normato è il biossido di azoto (NO_2), tuttavia risulta molto interessante analizzare gli ossidi di azoto (NO_x) nel loro complesso, ovvero come somma di monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO_2). Il monossido è un inquinante primario, strettamente legato ai volumi di traffico, ma altamente instabile che tende a trasformarsi molto presto nella sua forma più stabile (NO_2): pertanto l'analisi combinata di NO ed NO_2 permette di effettuare interessanti considerazioni sulla sorgente emissiva Traffico.

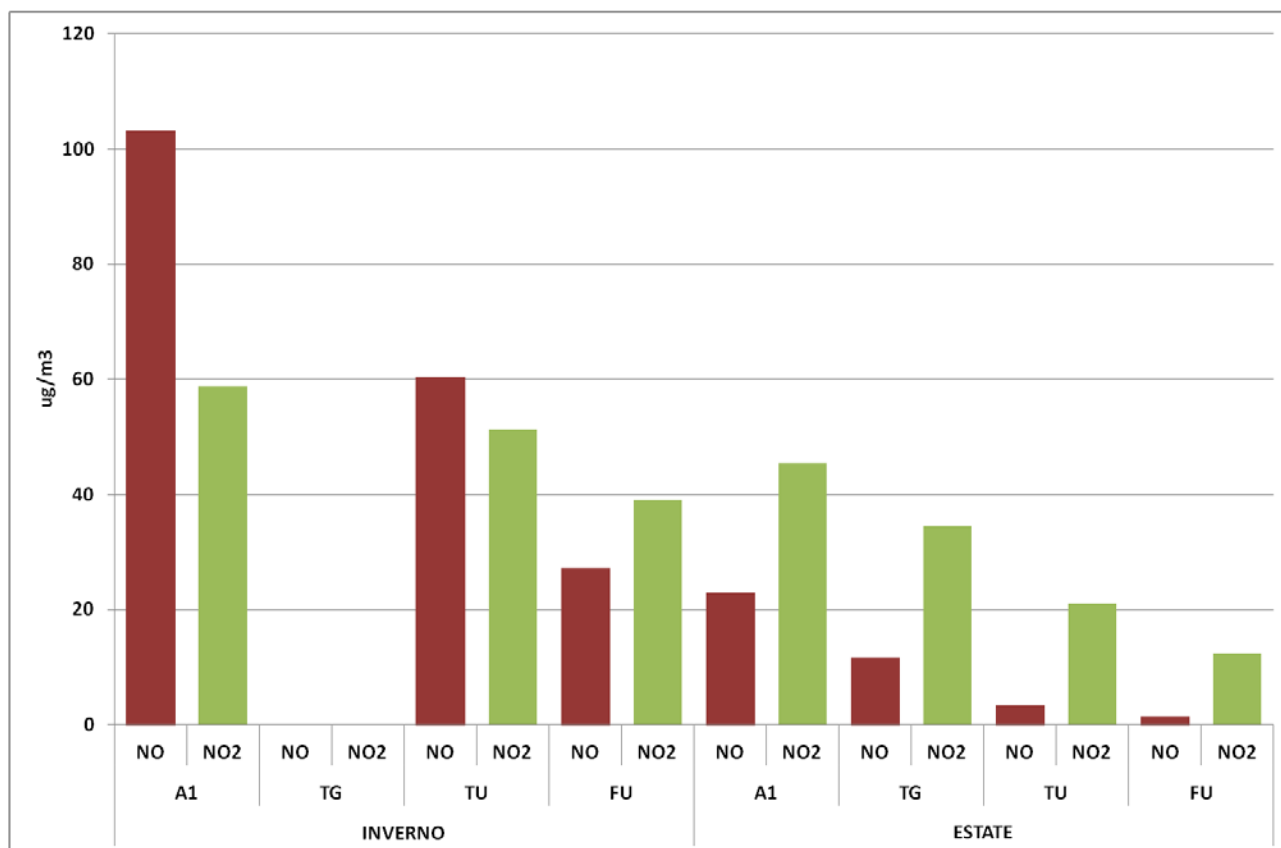
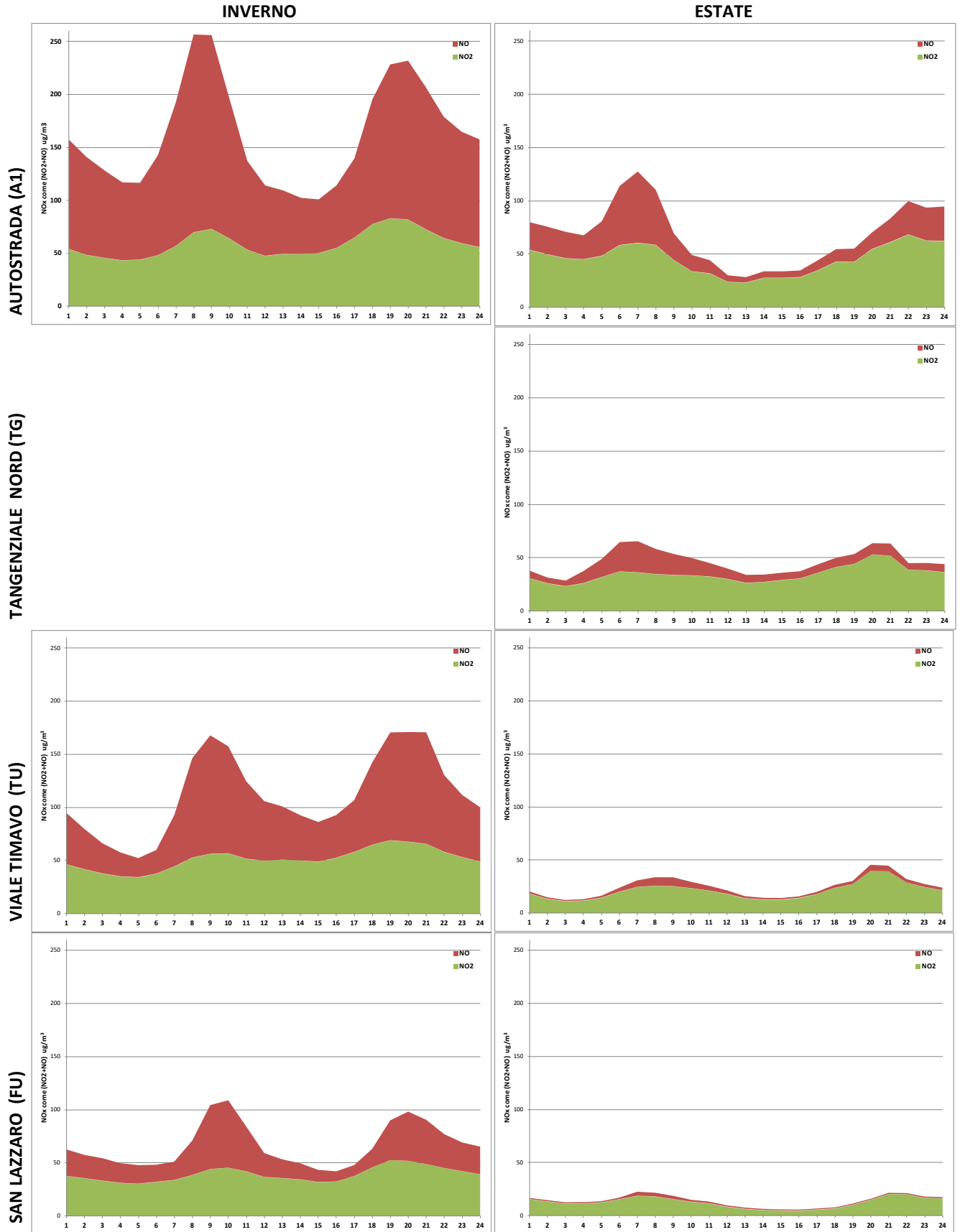


Figura 94 – Concentrazione media di NO e NO_2 rilevata durante l'intera campagna in ogni postazione.

Innanzitutto si osserva come nei siti da traffico in inverno il monossido sia presente in concentrazioni superiori al biossido: questo dipende dalle reazioni fotochimiche che si attivano in estate e portano alla formazione di ozono.

In secondo luogo si osserva come queste concentrazioni siano fortemente proporzionali ai volumi di traffico, sia nella stagione invernale che in quella estiva.

Ma è soltanto elaborando gli NO_x come somma di $\text{NO} + \text{NO}_2$ che si rende molto più evidente la differenza fra le diverse postazioni, così come rappresentato nei grafici giorno tipo seguenti. In special modo si osserva come **solo in autostrada** le emissioni di ossidi di azoto sono così elevate che in estate i processi fotochimici non sono in grado di "annullare" il monossido di azoto (NO) e i valori di NO_2 permangono sensibilmente elevati e simili a quelli riscontrati nella stagione invernale.



Considerazioni di sintesi

Qui di seguito si riportano alcune delle considerazioni che si possono trarre da questa indagine svolta presso le grandi infrastrutture nel Comune di Reggio Emilia. Si rammenta che i tre siti di misura da traffico sono pienamente confrontabili in quanto la distanza fra la carreggiata di marcia e la linea di prelievo degli inquinanti è la stessa (10-11 metri).

Stagionalità

La stagionalità genera la principale differenza fra le concentrazioni riscontrate in tutti i siti di misura, in quanto l'accumulo degli inquinanti – come è noto – è fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche, così come descritto nella parte iniziale della relazione.

In tutti i siti di misura si osserva una netta riduzione dei valori di concentrazione di tutti gli inquinanti, sia nei valori medi che massimi, nel periodo estivo rispetto a quello invernale. Tale condizione si osserva anche in prossimità dell'autostrada, caratterizzata da volumi di traffico notevoli.

Particolare attenzione deve invece essere volta agli ossidi di azoto: infatti, nel solo sito dell'autostrada, si è osservato che le concentrazioni di NO_2 restano sensibilmente elevate anche nella stagione estiva. Nel periodo invernale, gli alti valori di fondo di NO_2 , presenti nell'intero bacino padano, impediscono di osservare le differenze di concentrazione rilevate fra l'autostrada e la città (sito da traffico), in quanto la meteorologia rende tali concentrazioni elevate in maniera uniformemente sull'intero territorio. In estate, quando le concentrazioni di fondo sono di gran lunga inferiori, le differenze nella concentrazione di NO_2 fra un sito e l'altro risultano molto più marcate.

Inquinanti

Il particolato atmosferico, sia PM_{10} che $\text{PM}_{2.5}$, non ha evidenziato differenze di concentrazione fra un sito da traffico e l'altro, né in estate né in inverno (vedi Figura 79). Questo probabilmente è dovuto alla natura prevalentemente secondaria del PM. Si stima che il PM derivi al 30% da sorgenti primarie e al 70% da sorgenti secondarie (Fonte: Report triennale di qualità dell'aria di Arpa, 2018). Si considerano primari quei processi di formazione del particolato da emissione diretta e secondari quei processi di formazione del particolato che avvengono in atmosfera, in seguito a reazioni chimiche e trasformazioni fisiche. Inoltre si osserva – indipendentemente dal sito di misura – che in inverno la quasi totalità del PM_{10} è costituito da $\text{PM}_{2.5}$; diversamente in estate la frazione più grossolana del PM_{10} assume un peso relativo più importante.

Gli ossidi di azoto sono inquinanti legati alla combustione, quindi - come atteso - man mano che si considerano siti maggiormente impattati da sorgenti legate al traffico, la loro concentrazione tenderà ad aumentare. **Passando dal sito di fondo urbano di San Lazzaro a quello da traffico di V.le Timavo, alla tangenziale nord e all'autostrada si osservano netti incrementi della concentrazione di NO ed NO_2 in entrambe le stagioni (vedi Figura 71, Figura 72, Figura 73, Figura 74, Figura 81, Figura 82).**

L'incremento dei valori di concentrazione degli ossidi di azoto che si osserva passando da una stazione meno trafficata ad un più trafficata, non si evidenzia per altri inquinanti primari. Infatti **in inverno la concentrazione di benzene e monossido di carbonio in V.le Timavo è risultata maggiore, seppur con valori ampiamente entro i limiti normativi, che in autostrada (vedi Figura 75, Figura 77, Figura 83, Figura 84)**, nonostante il volume totale di veicoli sia stato maggiore in quest'ultimo sito. Questo potrebbe essere dovuto alle diverse caratteristiche dei due traffici considerati: il traffico autostradale è tipicamente un flusso continuo, con velocità piuttosto costanti, mentre il traffico cittadino è caratterizzato da basse velocità e continui arresti e ripartenze (stop and go). Queste differenze portano a produrre diverse quantità degli inquinanti gassosi considerati. Tenuto conto che le emissioni dei veicoli sono minori a motore caldo, va considerato che nel periodo invernale è molto più difficile nei percorsi cittadini ottenere emissioni a caldo, viste le brevi percorrenze. **Di contro, durante il periodo estivo le concentrazioni di benzene e monossido di carbonio risultano più elevate in autostrada che in città.**

L'utilizzo del contatore ottico di particelle ha permesso di discriminare a livello orario, sul sito dell'autostrada, tra la frazione più fine legata alla combustione da traffico e quella grossolana legata a meccanismi di abrasione e risollevarimento.

La rilevazione del Black Carbon ha fornito indicazioni ancora più specifiche in quanto questo inquinante è strettamente legato al traffico veicolare: infatti l'andamento orario del Black Carbon mette in evidenza sia il picco del mattino che quello della sera, nonché singoli episodi di incremento del traffico dovuti a congestione stradale o esodi per vacanze.

Grandi Infrastrutture

L'inquinante normato più idoneo a descrivere l'impatto delle grandi infrastrutture sull'inquinamento atmosferico è il biossido di azoto, unitamente al monossido di azoto.

Nei pressi dell'autostrada si osserva un picco molto importante di ossidi di azoto nella fascia oraria 4-9 nei giorni feriali e più contenuto nel weekend. Questo aspetto è visibile in entrambe le stagioni anche se maggiormente evidente in inverno. Dalle elaborazioni del giorno tipo (vedi Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29) si osserva inoltre che **la giornata di sabato si differenzia dalle altre per la presenza di un picco importante di ossidi di azoto nel pomeriggio**, nella fascia oraria 16-21.

Questo comportamento è stato confermato anche da un altro inquinante specifico delle combustioni come il Black Carbon, inquinante non ancora considerato dalla normativa ma ampiamente utilizzato per studi di questo tipo in quanto può fornire informazioni molto interessanti.

In termini di concentrazione di inquinanti, si nota come in autostrada le concentrazioni medie riscontrate nei giorni feriali non si discostino da quelle rilevate nel weekend. Ciò è sostanzialmente dovuto alla duplice funzione dell'autostrada (lavoro nei giorni feriali e svago nel fine settimana).

Differentemente in Tangenziale si osserva che la concentrazione media degli inquinanti nel fine settimana è sensibilmente inferiore rispetto ai giorni lavorativi.

Traffico Urbano

La stazione di traffico urbano di V.le Timavo ha evidenziato valori di ossidi di azoto inferiori a quelli rilevati presso l'autostrada, sia nella stagione invernale che in quella estiva. Tuttavia in questa postazione la differenza nella concentrazione degli inquinanti fra le due stagioni è maggiore rispetto al sito autostradale: in altri termini **in estate si osserva una marcata riduzione delle concentrazioni, cosa che non si osserva nei pressi delle grandi infrastrutture** (vedi Analisi degli ossidi di azoto). L'andamento orario dei gas evidenzia lo stesso profilo descritto per le grandi infrastrutture, con valori elevati nelle mattine dei giorni feriali e nel pomeriggio del sabato.

Di particolare interesse, come già detto sopra, si osserva come in inverno la concentrazione di benzene e monossido di carbonio in V.le Timavo è risultata maggiore, seppur con valori ampiamente entro i limiti normativi, che in autostrada.

Considerazioni finali

Lo studio svolto a Reggio Emilia in siti diversamente esposti alle sorgenti di inquinamento atmosferico, in particolare il traffico, ha mostrato la complementarietà dei comportamenti dei diversi inquinanti. I vari inquinanti studiati hanno mostrato comportamenti differenti tra i siti e nelle stagioni rispetto alla sorgente analizzata in dettaglio.

Questi differenti comportamenti evidenziano ancora una volta la necessità di studiare in modo integrato numerosi inquinanti data la molteplicità di variabili e comportamenti che caratterizzano la matrice aria, soprattutto nei centri abitati in cui sono presenti molte sorgenti diverse e contigue.

La misurazione delle concentrazioni in atmosfera dell'inquinante primario Black Carbon si è dimostrata molto interessante in quanto ha fornito informazioni sulla sorgente traffico, non essendo attive nel periodo indagato le altre fonti emmissive di Black Carbon quali gli impianti per il riscaldamento.

Dal punto di vista degli ossidi di azoto si può dunque concludere che il contributo di una grande infrastruttura come l'autostrada non è certamente trascurabile e ha un impatto significativo sul territorio che attraversa. Gli ossidi di azoto sono fra i principali gas precursori per la formazione del particolato atmosferico secondario; anche se le grandi infrastrutture non mostrano un impatto evidente in termini di PM10 primario, il loro contributo sul secondario è da tenere in considerazione.

L'indagine oggetto di questo studio è stata realizzata da Arpa sede di Reggio Emilia con il supporto strumentale e la collaborazione del personale delle sedi Modena e Piacenza, che hanno reso possibile il monitoraggio contemporaneo in più punti. Alla stesura del documento ha inoltre contribuito il personale del Centro Tematico Regionale di Qualità dell'Aria. Il Comune di Reggio Emilia ha fornito i dati di traffico rilevati.



Reggio Emilia
città
delle persone

arpae
agenzia
prevenzione
ambiente energia
emilia-romagna