

Il **monossido di carbonio** e quello **di azoto** hanno un comportamento spaziale simile (figg. 5.4-5.7): per entrambi i gas le due stazioni esposte maggiormente alle emissioni del traffico presentano distribuzioni spostate verso valori più elevati rispetto a quelle delle stazioni di Parco Bissuola e di Piazzetta Matter. L'**ozono** ha comportamento opposto: al di là dei valori massimi, sono le distribuzioni dei dati di Piazzetta Matter e di Parco Bissuola che si posizionano nell'intervallo di valori più elevato (figg. 5.8-5.9). Il **biossido di azoto**, infine, presenta un andamento spaziale più omogeneo in cui, sempre tralasciando i valori massimi, non risulta alcuna netta differenziazione tra le stazioni (figg. 5.10-5.11).

Una valutazione complessiva che scaturisce da questa analisi della distribuzione dei valori degli inquinanti è la limitata incidenza degli episodi *acuti*: le maggiori concentrazioni dei dati si posizionano per tutti gli inquinanti ed in tutti i siti ben al di sotto dei *limiti di attenzione e di allarme* stabiliti dalla legge.

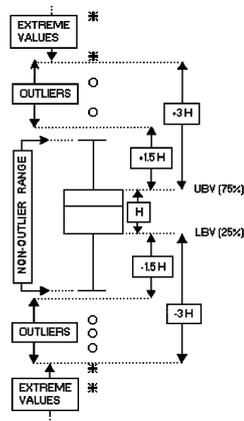
5.3. Analisi dei dati stratificati per ore e per giorni

L'analisi dei dati, differenziata per ore del giorno e per giorni della settimana, permette di verificare l'esistenza nelle serie delle osservazioni di particolari andamenti legati a queste stratificazioni temporali.

In particolare l'esistenza di ciclicità giornaliera può essere ricondotta a due distinti fattori: da una parte a cause antropiche in grado di determinare il ripetersi di situazioni analoghe in corrispondenza di specifiche ore del giorno (si pensi ad esempio alle fluttuazioni del traffico), dall'altra all'influenza di variabili meteorologiche caratterizzate da periodicità giornaliera o infragiornaliera. Il primo tipo di effetto sarà maggiormente riscontrabile nell'andamento degli inquinanti primari, mentre il secondo nell'andamento degli inquinanti secondari (ad esempio, l'ozono la cui concentrazione dipende dalla presenza di radiazione solare).

Periodicità settimanali sono quasi esclusivamente riconducibili a fattori antropici, quali l'andamento del traffico ed i cicli di produzione industriale.

Fig. 5.12. Elementi che compongono i diagrammi di Box-Whisker.



L'analisi delle stratificazioni viene sinteticamente presentata attraverso i diagrammi di *Box-Whisker*, in cui, questa volta, viene individuata la presenza di *outliers* e *valori estremi* (la definizione assunta per *outliers* e *valori estremi* è specificata nella fig. 5.12 che rappresenta in maniera schematica tutti gli elementi che compongono questo tipo di diagrammi).

Fig. 5.13. Stazioni di V. Da Verrazzano e V. Piave: analisi dei dati di CO stratificati per ore del giorno.

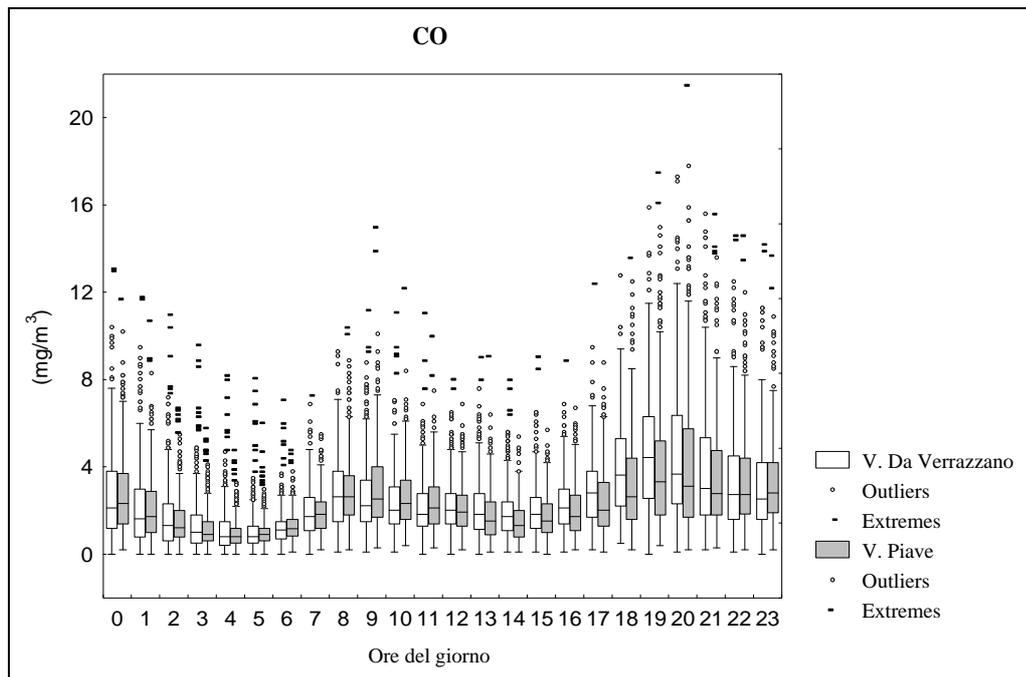


Fig. 5.14. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati di CO stratificati per ore del giorno.

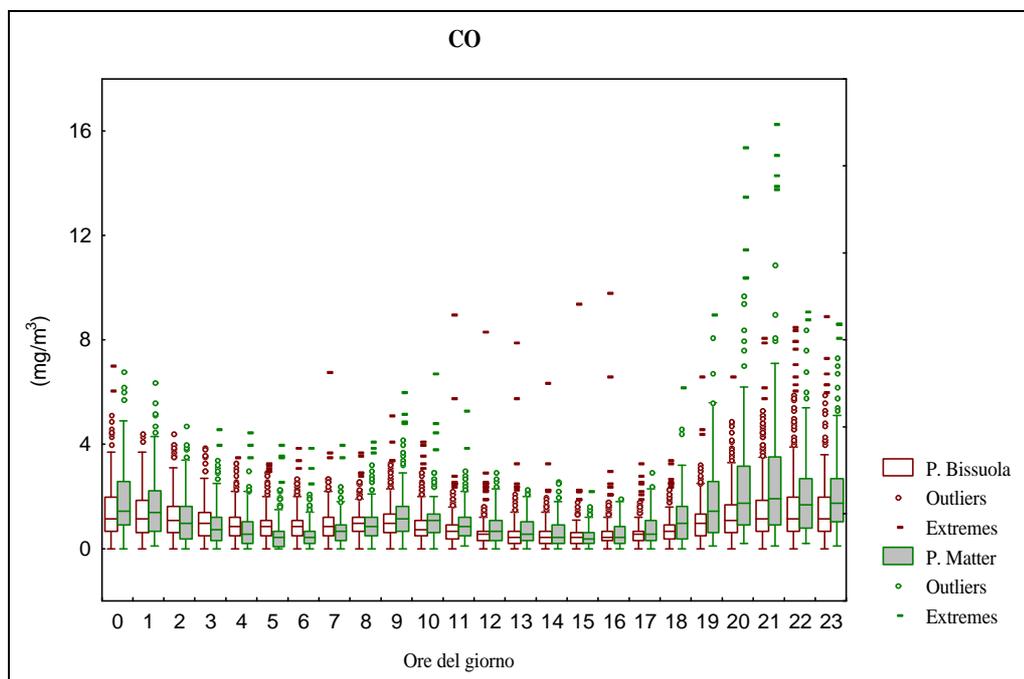


Fig. 5.15. Stazioni di V. Da Verrazzano e V. Piave: analisi dei dati di NO stratificati per ore del giorno.

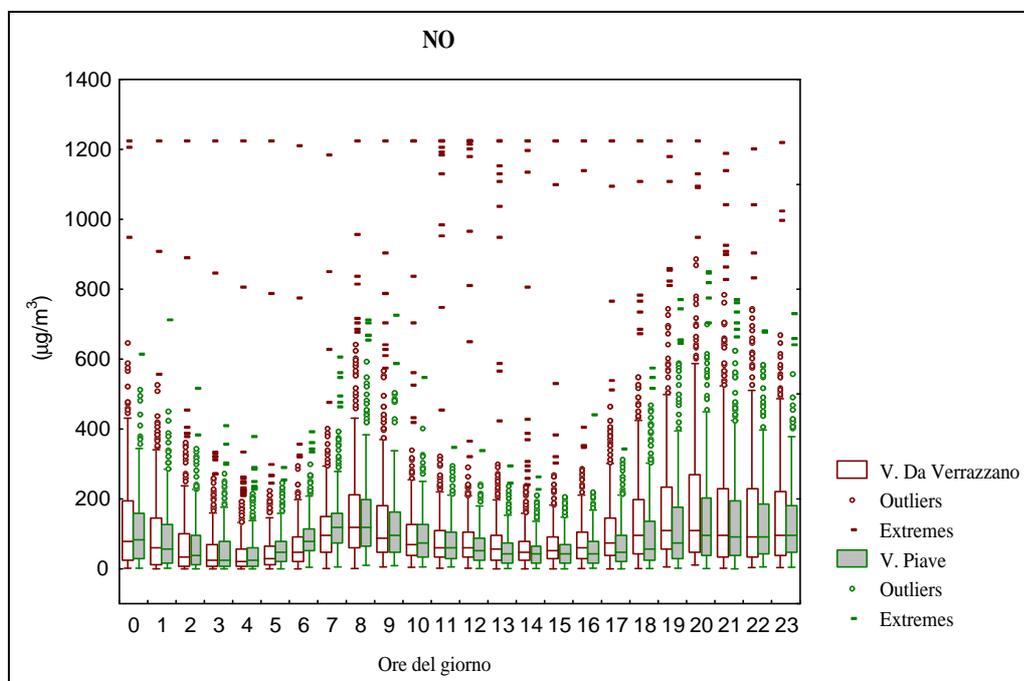


Fig. 5.16. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati di NO stratificati per ore del giorno.

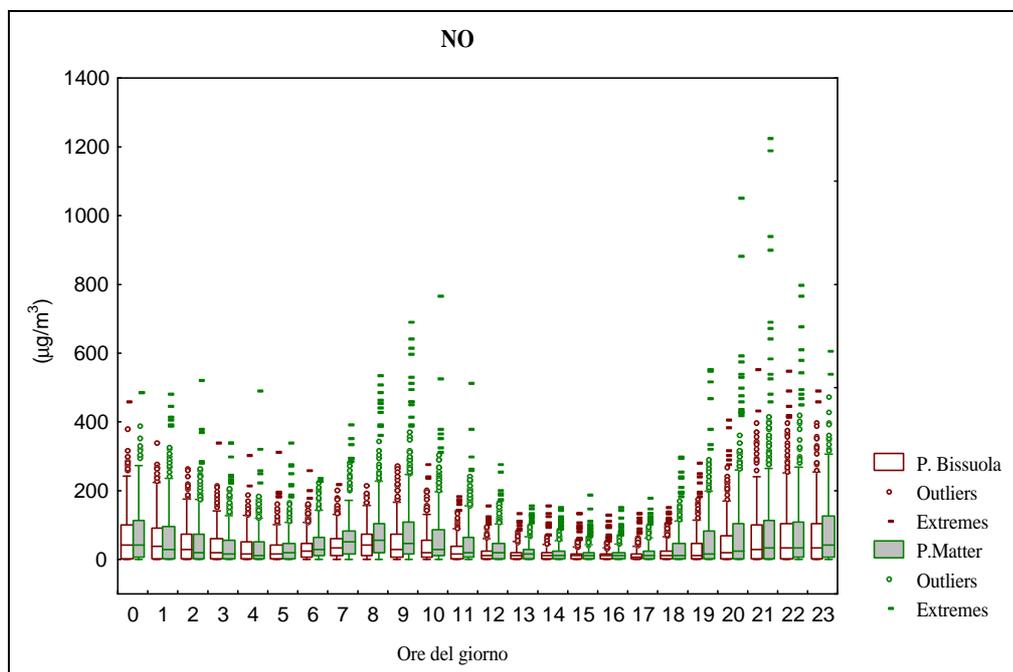
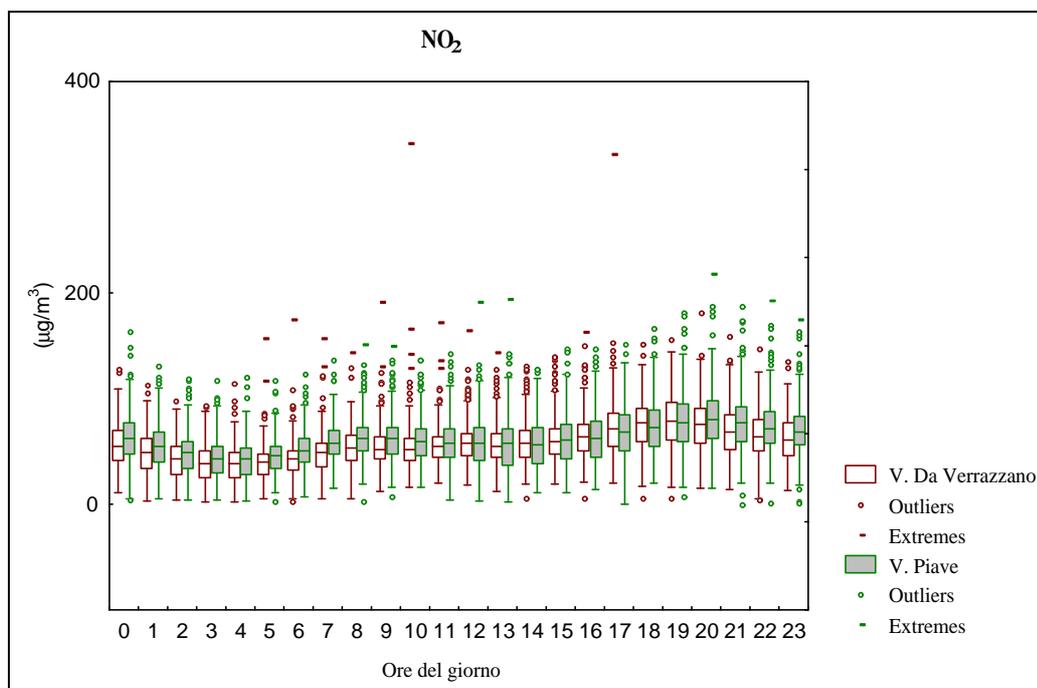


Fig. 5.17. Stazioni di V. Da Verrazzano e V. Piave: analisi dei dati di NO₂ stratificati per ore del giorno.



In questo grafico non compaiono alcuni valori estremi non rientranti nella scala scelta per meglio evidenziare l'andamento delle distribuzioni.

Fig. 5.18. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati di NO_2 stratificati per ore del giorno.

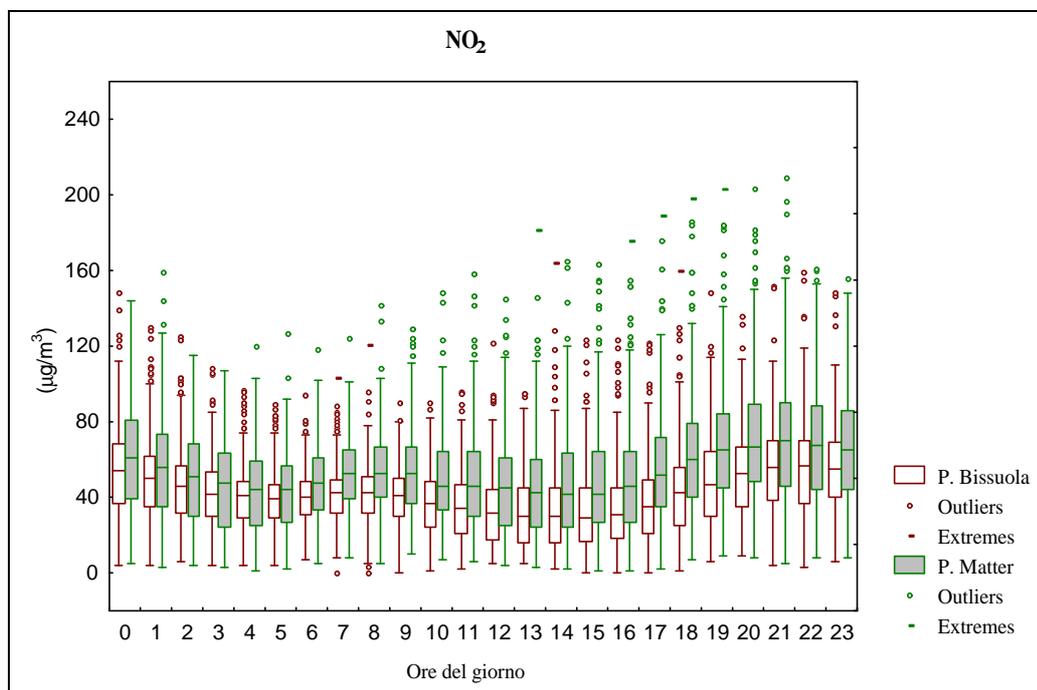
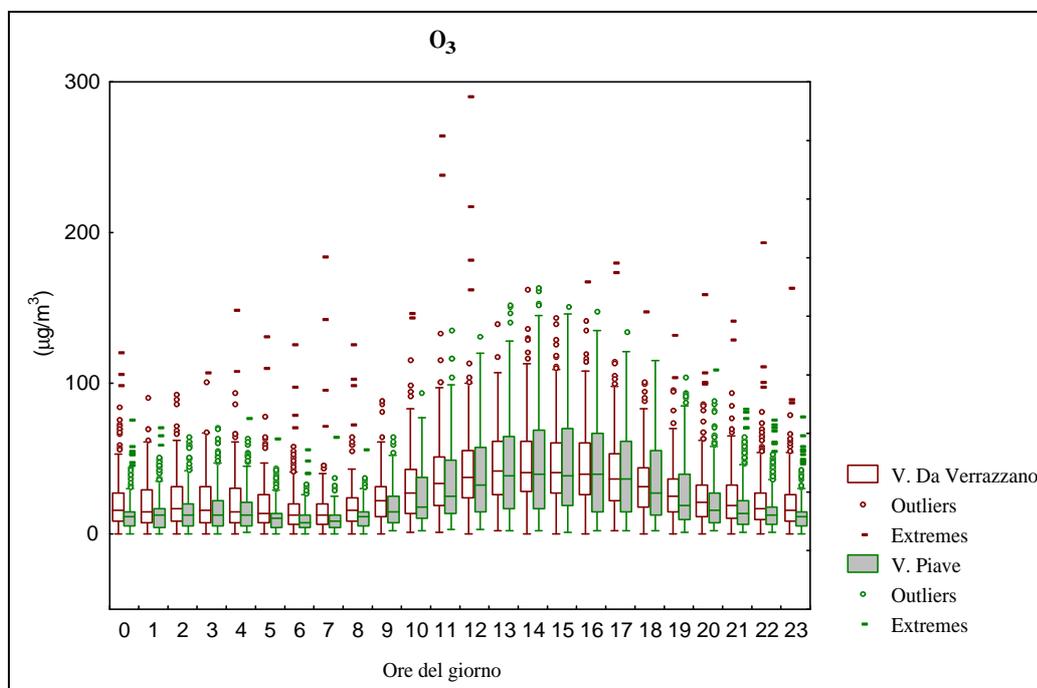


Fig. 5.19. Stazioni di V. Da Verrazzano e V. Piave: analisi dei dati di O_3 stratificati per ore del giorno.



In questo grafico non compaiono alcuni valori estremi non rientranti nella scala scelta per meglio evidenziare l'andamento delle distribuzioni.

Fig. 5.20. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati di O_3 stratificati per ore del giorno.

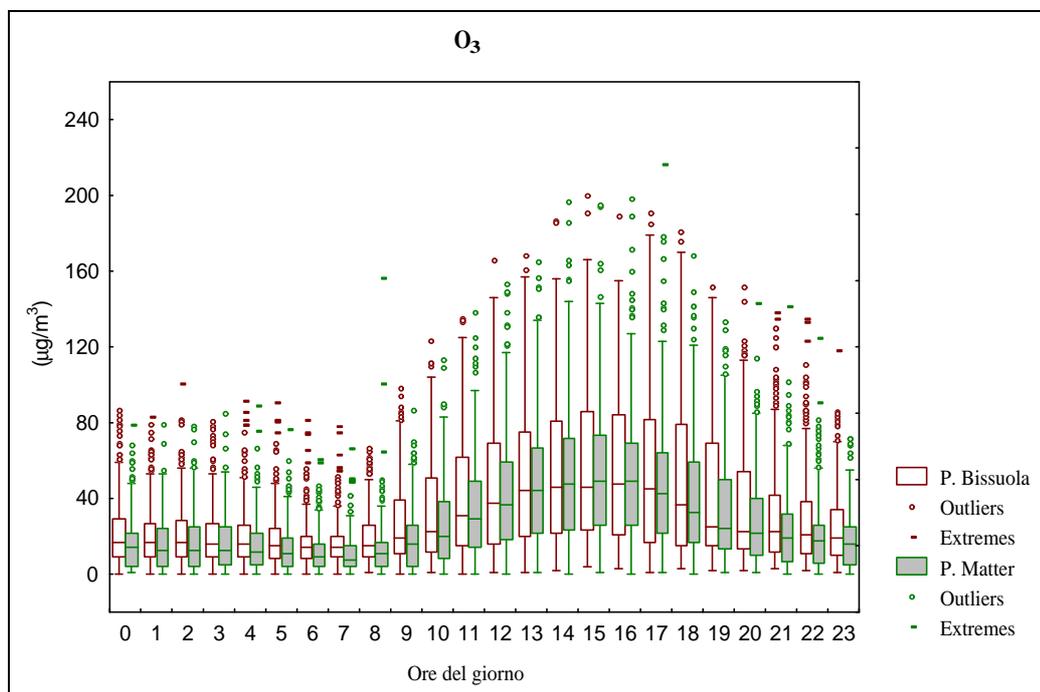


Fig. 5.21. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati di Idrocarburi non metanici stratificati per ore del giorno.

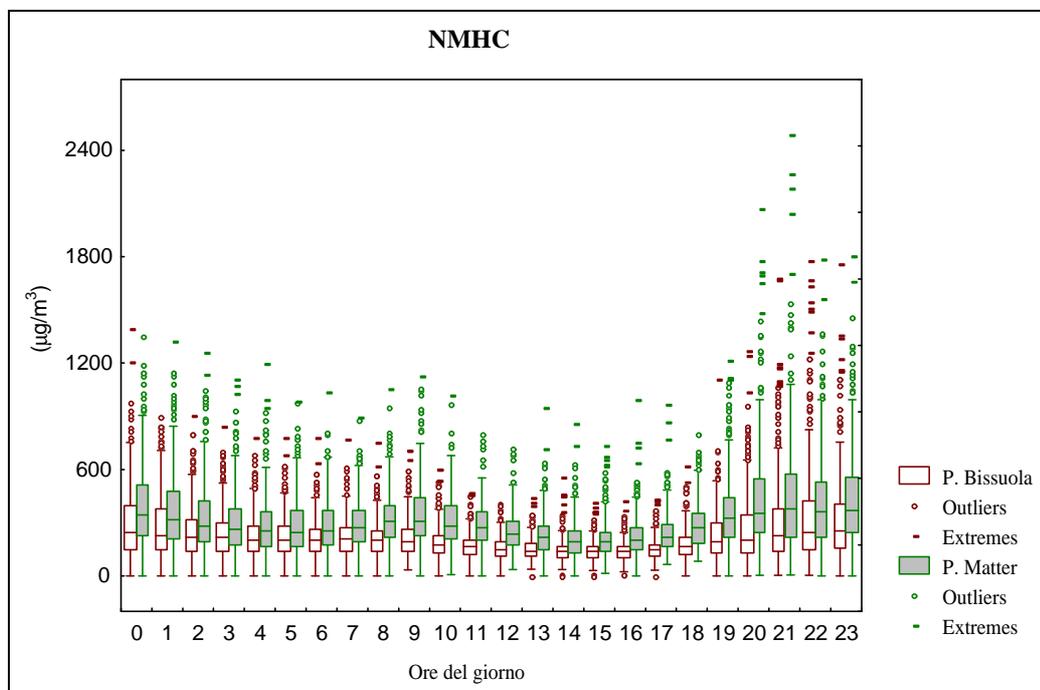
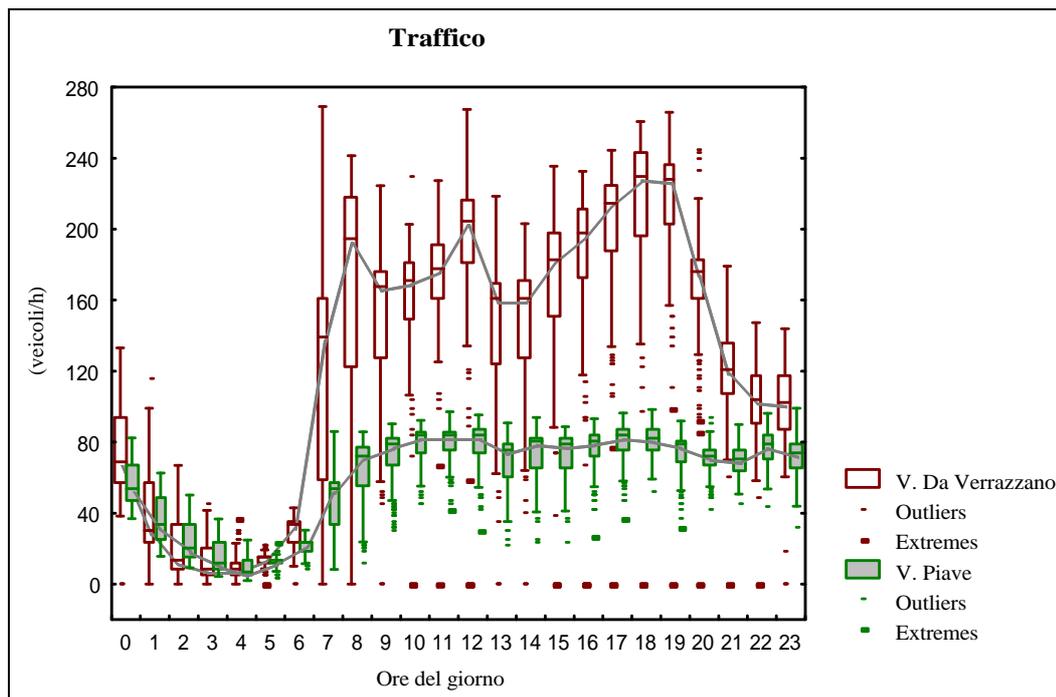


Fig. 5.22. Analisi dei dati di traffico stratificati per ore del giorno.



I diagrammi confermano l'ipotesi di un andamento delle concentrazioni legato al variare dell'ora del giorno. In particolare dalla lettura dei diagrammi sono desumibili le seguenti osservazioni:

- gli andamenti giornalieri del **monossido di carbonio** e del **monossido d'azoto** sono caratterizzati da due picchi distinti: in via Da Verrazzano e via Piave si evidenziano due massimi alle ore 8 ed alle ore 19-20, e due minimi alle 4 ed alle 14 (fig. 5.13 e 5.15); in Piazzetta Matter e in Parco Bissuola i due massimi e i relativi minimi si presentano con un ritardo di un'ora rispetto alle altre due stazioni¹⁶ (fig. 5.14 e 5.16). Questo slittamento temporale potrebbe essere dovuto, soprattutto per quanto riguarda Parco Bissuola, all'effetto della relativa distanza dalla massima fonte di emissione di questi inquinanti primari rappresentata dal traffico dell'ora di punta, che interessa proprio le fasce orarie delle 7-8 e delle 18-19. L'ipotesi trova conferma nell'attenuazione di picchi di concentrazione di entrambi gli inquinanti;
- l'andamento del **biossido di azoto**, pur presentando anch'esso due oscillazioni giornaliere, è visivamente differente da quello dei monossidi di cui sopra. Le

oscillazioni, infatti, sono meno accentuate ed in particolar modo è poco evidente il minimo del primo pomeriggio (ore 15 in Parco Bissuola e Piazzetta Matter, ore 13-14 in via Piave e via Da Verrazzano). I massimi si registrano alla mattina alle ore 8-9, e nel pomeriggio alle 20 o 21-22 (fig. 5.17 e 5.18);

- l'analisi differenziata per ore del giorno mette in evidenza per l'**ozono** due massimi giornalieri di cui uno più pronunciato; in via Da Verrazzano e via Piave (fig. 5.19) il massimo assoluto corrisponde alle ore 14 e quello relativo alle ore 3; in Parco Bissuola e Piazzetta Matter (fig. 5.20) i massimi appaiono leggermente ritardati.;
- gli **idrocarburi non metanici (NMHC)**, importanti precursori dello smog fotochimico, sono purtroppo misurati solo nelle stazioni di Parco Bissuola e Piazzetta Matter. Si osservano anche per essi due distinti picchi: alle ore 9 del mattino ed alle 21 alla sera (fig. 5.21). Tra le due stazioni quella di Piazzetta Matter presenta distribuzioni spostate verso valori più elevati;
- il diagramma di figura 5.22 descrive il **traffico** registrato nelle due sezioni di via Piave e via Da Verrazzano (per quest'ultima sono state sommate le due serie originarie rilevate separatamente dal semaforo conta-traffico). Il numero di veicoli transitanti per via Da Verrazzano è sensibilmente maggiore, e mentre in via Piave si osserva, a partire dalle 8 del mattino, un flusso più o meno costante che si interrompe solo nelle prime ore del giorno, in via Da Verrazzano si notano tre distinti picchi: alle ore 8, alle 12 ed alle 18-19. Gli andamenti presentati in questo diagramma sono comunque parziali in quanto si riferiscono ai veicoli transitanti in un solo senso di marcia, poiché non si dispone di conteggi per il senso di marcia opposto.

Fig. 5.23. *Analisi dei dati di traffico stratificati per giorni della settimana.*

¹⁶ Osservazione confermata dall'analisi della funzione di correlazione incrociata calcolata associando a due a due le serie storiche delle 4 stazioni.

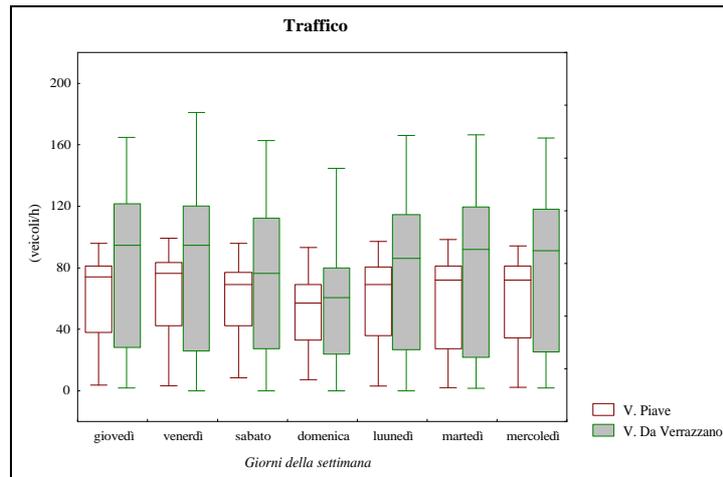
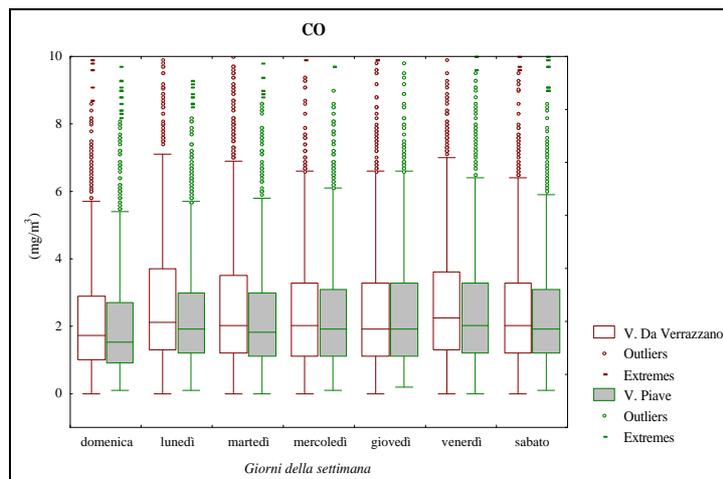
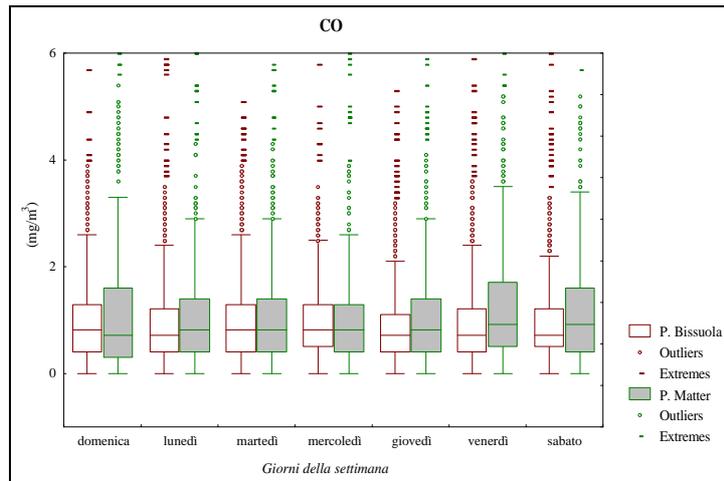


Fig. 5.24. Stazioni di V. Da Verrazzano e V. Piave: analisi dei dati di CO stratificati per giorni della settimana.



In questo grafico non compaiono alcuni valori estremi non rientranti nella scala scelta per meglio evidenziare l'andamento delle distribuzioni

Fig. 5.25. Stazioni di P. Bissuola e P. Matter: analisi dei dati CO stratificati per giorni della settimana.



Le distribuzioni degli inquinanti non mostrano cicli settimanali evidenti tranne, forse, quelle dei monossidi di carbonio e di azoto rilevate nelle due stazioni di via Piave e via Da Verrazzano (vedi ad esempio le figg. 5.24 e 5.25 per il CO. I diagrammi dell'NO sono stati tralasciati perché simili a quelli del CO).

5.4. La matrice di correlazione

L'ampiezza dell'archivio dei dati di cui si dispone permette di effettuare un'analisi di correlazione tra le variabili particolarmente interessante.

La matrice di correlazione di Pearson¹⁷ calcolata sull'intero set di dati orari è riportata in tabella 5.10.

Per quanto riguarda gli inquinanti si osserva innanzitutto che i valori massimi di correlazione vengono raggiunti tra le medesime specie chimiche relative ai diversi siti ed in secondo luogo tra specie 'affini' (ad esempio NO ed NO_x) registrate nella medesima stazione. Più in dettaglio si osserva:

- **CO** ed **NO** presentano entrambi correlazioni positive molto accentuate con gli NO_x, e valori inferiori ma significativi con gli NMHC e gli NO₂. La correlazione con

¹⁷ Il coefficiente di correlazione di Pearson misura il grado di correlazione lineare tra due variabili X ed Y calcolando il rapporto tra la loro *covarianza* ed il prodotto delle rispettive *deviazioni standard*:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}.$$