

## 5 LA DIFFUSIONE DEGLI INQUINANTI – IL MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

### 5.1 Introduzione

Qualsiasi processo di combustione incompleta provoca la produzione di monossido di carbonio (CO), un gas incolore ed inodore che ad alte concentrazioni 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).

Nelle aree urbane i trasporti incidono per oltre il 90% delle emissioni di monossido di carbonio: questo, accompagnato dal fatto che i veicoli emettono praticamente a livello del suolo (per cui le alte concentrazioni degli inquinanti emessi si fanno sentire soprattutto nelle immediate vicinanze dei punti di emissione), li rende le fonti di impatto più importanti a scala locale.

Grazie ad un migliore controllo delle emissioni degli autoveicoli e ad un aumento dei motori diesel le emissioni di CO sono diminuite del 25% dal 1990 al 1998.

Il CO è un inquinante primario che solo lentamente viene ossidato a CO<sub>2</sub>: il tempo di permanenza in atmosfera può arrivare a sei mesi.

### 5.2 La normativa

Dal 28 aprile 2002 è entrato in vigore il DM n.60 che recepisce la direttiva CEE 69/2000 e stabilisce per il CO un valore limite giornaliero pari a 10 mg/m<sup>3</sup> inteso come valore massimo della media mobile sulle otto ore. Fino al 1 gennaio 2005 il valore limite è dato da 10 mg/m<sup>3</sup> più il margine di tolleranza: tale margine di tolleranza viene diminuito di anno in anno fino a raggiungere lo zero il 1 gennaio 2005. Parallelamente, fino alla data di entrata in vigore dei valori limite "puri" (quelli non aumentati del margine di tolleranza), restano in vigore anche i valori limite di cui all'allegato I, tabella A del DPCM 28/03/83.

I limiti di concentrazione per il monossido di carbonio sono sintetizzati nella Tabella 5-1.

**Tabella 5-1:** limiti di concentrazione di monossido di carbonio stabiliti dalla normativa vigente

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Scadenza
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	1 gennaio 2002: 16 mg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2003: 14 mg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2004: 12 mg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2005: 10 mg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
CO	Media 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83	Fino 31/12/2004
CO	Media 1 h	40 mg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83	Fino 31/12/2004

### 5.3 Effetti sulla salute

Il monossido di carbonio ha effetti trascurabili sull'ambiente, mentre può essere estremamente dannoso per l'uomo. Viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari, nel sangue la sua affinità con l'emoglobina è 200 volte più grande di quella dell'ossigeno, quindi sostituisce l'ossigeno già a basse concentrazioni. Questo riduce la capacità del sangue di trasportare l'ossigeno, poiché al posto

di ossiemoglobina si forma carbossiemoglobina (COHb): si possono avere effetti significativi anche a concentrazioni di qualche per cento di COHb in tessuti che sono già privati di ossigeno, magari a causa di uno scarso apporto di sangue. I sintomi progressivi di avvelenamento da CO sono mal di testa, vomito e, nei casi più gravi, perdita di coscienza e morte.

In individui sani, non fumatori, gli effetti dell'esposizione a CO appaiono già a concentrazioni di COHb nel sangue pari al 5%. In individui con problemi circolatori già a concentrazioni pari al 2.5% si possono notare effetti sull'attività elettrica del cuore.

Alle concentrazioni che si rilevano normalmente nell'aria ambiente non si hanno effetti acuti, bensì si sospettano danni a carico del sistema cardiocircolatorio.

## 5.4 Le campagne di monitoraggio

La concentrazione di CO nell'aria ambiente viene monitorata dalla rete di qualità dell'aria urbana (postazioni di Corso Milano, via San Giacomo, Torricelle, via Roveggia, Piazza Bernardi) e dalla rete provinciale (postazioni di Legnago, Villafranca, Bovolone, San Martino e San Bonifacio). Sono state, inoltre, effettuate numerose campagne di misura con la postazione mobile in diversi siti della provincia: i risultati di alcune di esse verranno analizzati in questo capitolo.

In nessuna centralina si rilevano superamenti dei valori limite di concentrazione: in generale la concentrazione di CO nell'aria ambiente è andata diminuendo negli ultimi anni a seguito dell'introduzione delle marmitte catalitiche. Nella Tabella 5-2 vengono riportati i valori medi di concentrazione rilevati nell'anno 2002 presso le postazioni della rete urbana e provinciale.

Nel seguito la provincia verrà divisa in tre ambiti territoriali, Verona e l'area Ovest, l'area Sud, l'area Est, ed in ognuno di essi verranno analizzati gli andamenti della concentrazione di monossido di carbonio.

**Tabella 5-2:** media oraria e 98° percentile delle concentrazioni di CO in  $\text{mg}/\text{m}^3$  rilevate presso le stazioni di misura della rete di qualità dell'aria di Verona e della provincia

Postazione	Media oraria( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	98° percentile ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Torricelle – Verona	0.4	1.3
Piazza Bernardi – Verona	1.1	2.9
Corso Milano – Verona	1.3	3.7
Via San Giacomo – Verona	1.3	3.7
Via Roveggia – Verona	1.2	4.0
Villafranca	0.8	2.2
Bovolone	0.6	2.3
San Martino B.A.	1.0	2.8
San Bonifacio	0.6	2.4
Legnago	0.5	2.4

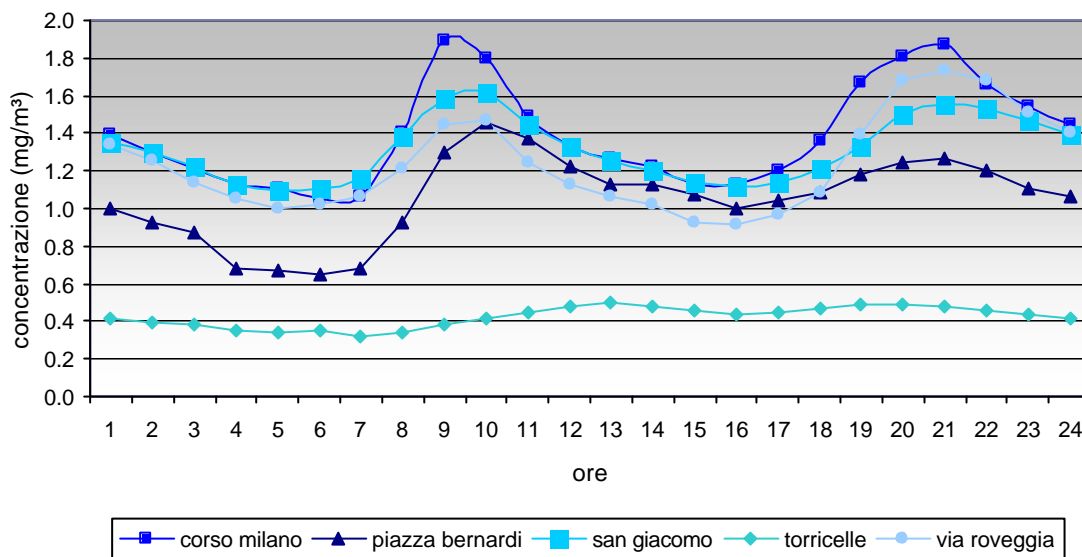
### 5.4.1 La situazione a Verona, Castel d'Azzano e Villafranca

A Verona le concentrazioni di monossido di carbonio vengono rilevate in tutte le postazioni con l'eccezione di quella posizionata a Cason. La stazione delle Torricelle è una stazione di fondo: si trova infatti in una posizione lontana dalle maggiori fonti di inquinamento ed ad un'altezza tale dalla superficie dal mare da porla spesso al di sopra dello strato di rimescolamento nel periodo invernale. I valori rilevati sono infatti i più bassi e, sia il giorno tipo (Figura 5-1) che la settimana tipo (Figura 5-2) non mostrano il caratteristico andamento legato principalmente alle variazioni del flusso di traffico e delle attività industriali.

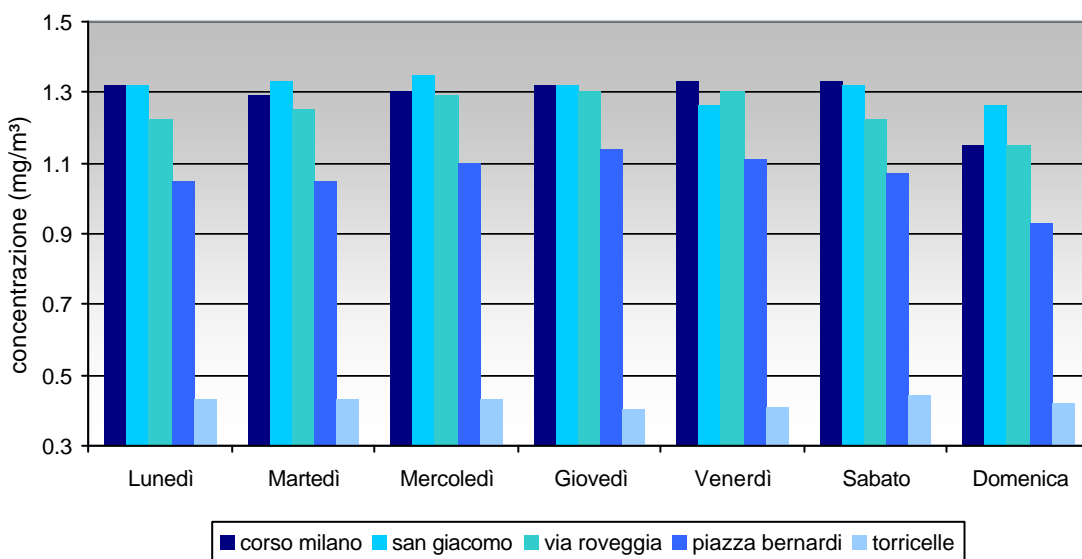
L'andamento del giorno tipo (Figura 5-1) mostra un andamento caratterizzato da due picchi pronunciati in corrispondenza dei flussi di traffico più elevati: dalle 8 alle 9 del mattino e dopo le 6 di sera. I valori più elevati si riscontrano nei pressi delle strade ad elevato traffico (Corso Milano e via San Giacomo). Analogamente se si analizza l'andamento della settimana tipo si nota una diminuzione delle

concentrazioni di CO in corrispondenza della domenica, giorno in cui si registrano flussi di traffico minori e vi è una riduzione dell'attività industriale.

**Figura 5-1:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento della rete di qualità dell'aria di Verona.



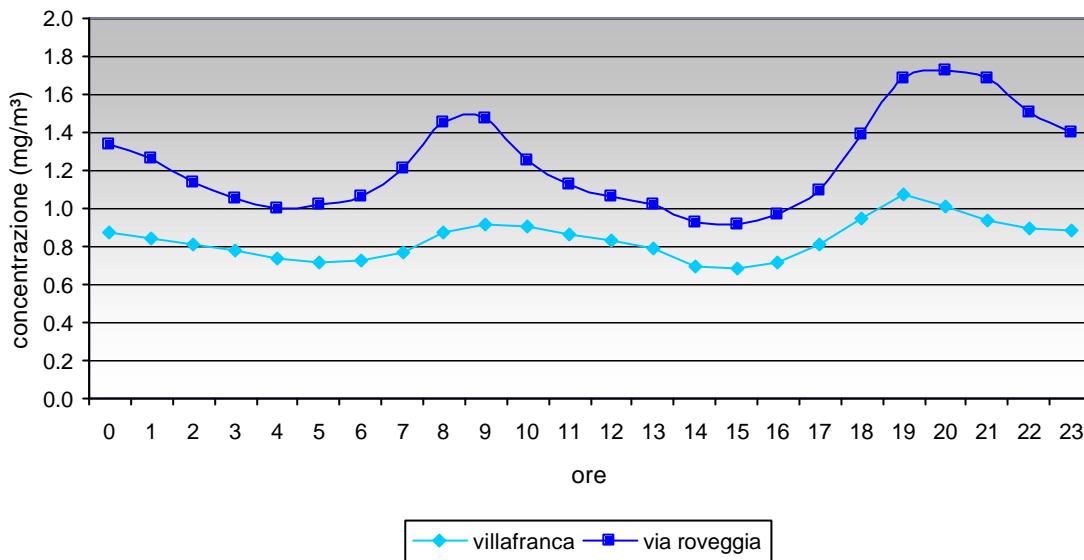
**Figura 5-2:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento della rete di qualità dell'aria di Verona.



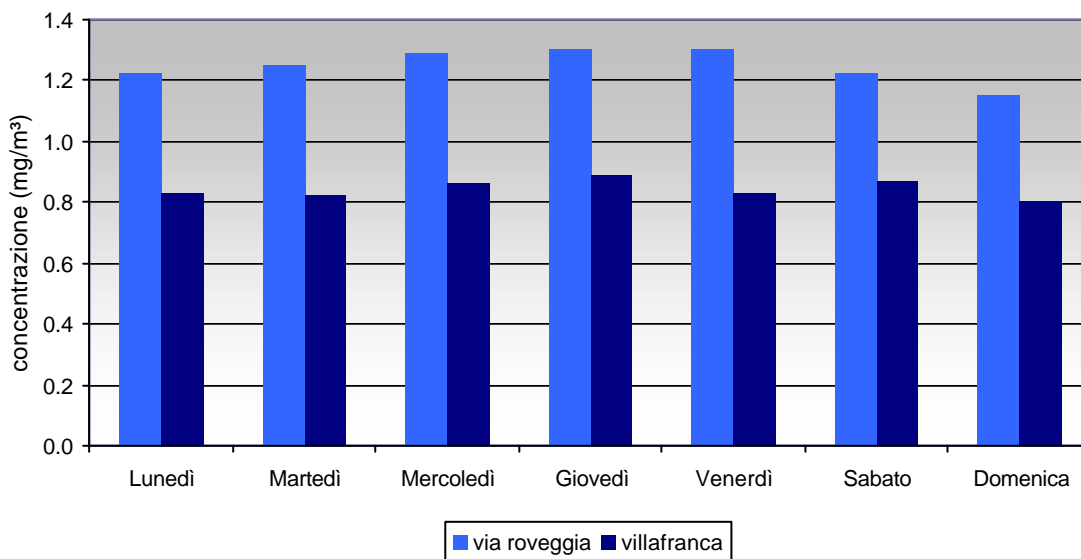
Nelle Figura 5-3 e Figura 5-4 sono posti a confronto i giorni tipo delle concentrazioni di CO rilevate a Verona in via Roveggia, una tipica postazione urbana, e a Villafranca in via I maggio, nella zona industriale, nei pressi di un'arteria di grande traffico. Successivamente nelle Figura 5-5 e Figura 5-6 sono posti a confronto i giorni tipo delle concentrazioni di CO rilevate nelle suddette stazioni e a Castel dAzzano, in via Scuderlando, alla periferia industriale di Verona. Questi ultimi due grafici illustrano i dati relativi ad una campagna condotta con la postazione mobile nel periodo 17 dicembre 2002 – 12 gennaio 2003, in una stagione, quella invernale, in cui si registrano i valori più elevati come evidenziato dal confronto tra Figura 5-4 e Figura 5-6.

Il giorno tipo mostra un andamento analogo in tutte e tre le postazioni, i valori più elevati si registrano comunque a Verona.

**Figura 5-3:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di via Roveggia (Verona), Villafranca nell'anno 2002.

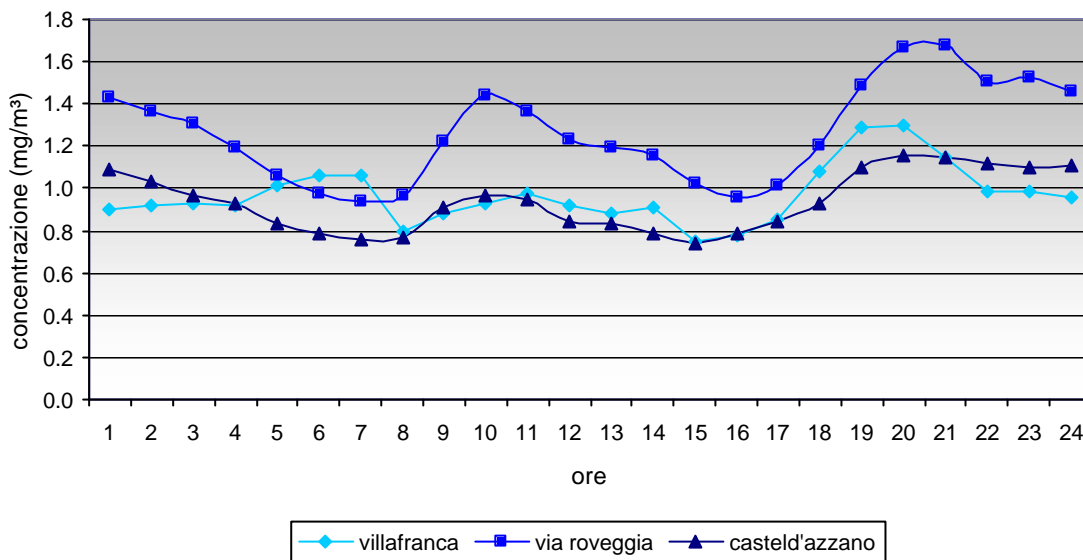


**Figura 5-4:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di via Roveggia (Verona), Villafranca nell'anno 2002 .

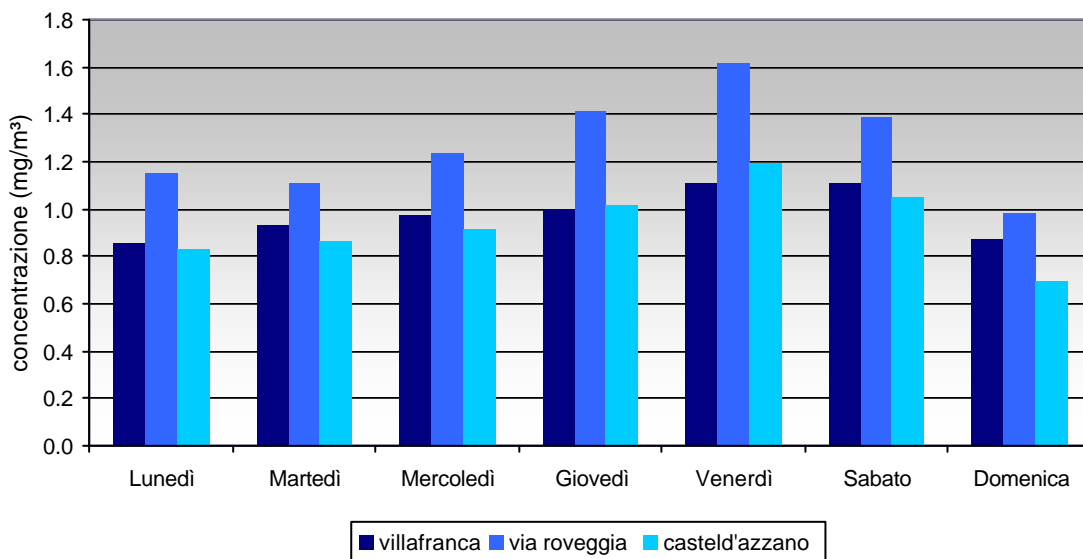


La settimana tipo illustrata in Figura 5-6 mostra invece delle peculiarità: a Villafranca non si hanno differenze significative fra i diversi giorni della settimana, mentre a Castel d’Azzano e in via Roveggia l’andamento sembra collegarsi a quello delle attività produttive e del traffico, con un picco nei giorni centrali della settimana ed una netta diminuzione al sabato e domenica.

**Figura 5-5:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di via Roveggia (Verona), Villafranca e dalla stazione mobile posta a Castel d'Azzano relative al periodo 17 dicembre 2002 – 12 gennaio 2003.



**Figura 5-6:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di via Roveggia (Verona), Villafranca e dalla stazione mobile posta a Castel d'Azzano relative al periodo 17 dicembre 2002 – 12 gennaio 2003.



### 5.4.2 La situazione ad Est – San Martino Buon Albergo, San Bonifacio, Caldiero

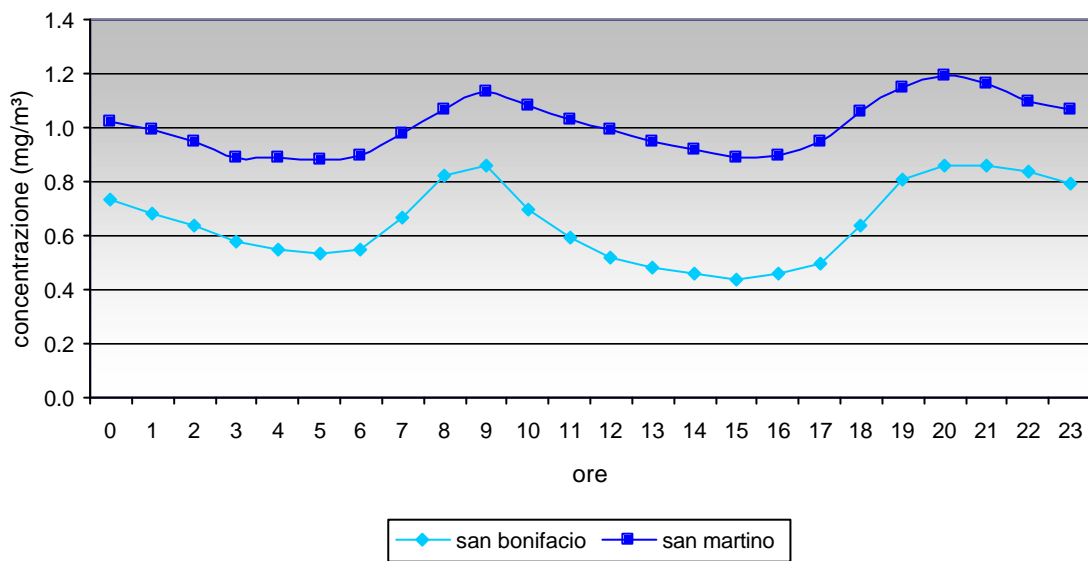
Le stazioni di monitoraggio fisse si trovano nel comune di San Martino in località Case Nuove, in una zona residenziale, non lontana dall'autostrada A4, e nel comune di San Bonifacio in via Fiume in una zona ad alta densità abitativa, nei pressi di una strada con un flusso di veicoli variabile fra i 2000 e 4000 giornalieri. I dati di Caldiero si riferiscono ad una campagna di misura condotta dal 25 marzo al 24 aprile 2002 nei pressi della statale 11.

I risultati delle misure effettuate riflettono, quindi, in modo diverso, a seconda dell'ubicazione della stazione, le condizioni del traffico veicolare.

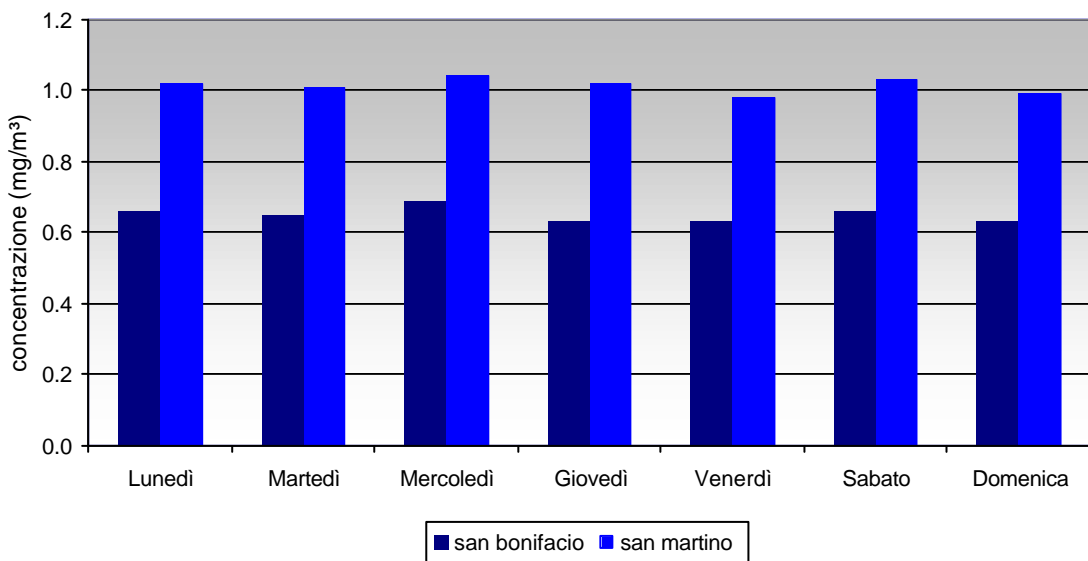
L'andamento del giorno tipo a San Bonifacio (Figura 5-7) presenta l'andamento già analizzato in precedenza e valori di concentrazione inferiori a quelli che si rilevano nelle zone urbane di Verona, non superando 1 mg/m<sup>3</sup>.

La postazione di San Martino risente della vicinanza dell'autostrada, infatti si registrano valori più elevati di quelli di San Bonifacio, nonostante il traffico locale sia ridotto, le concentrazioni non variano molto durante le diverse ore della giornata e nei diversi giorni della settimana (Figura 5-8). I dati di Caldiero (Figura 5-9) si riferiscono ad un periodo primaverile, quindi non particolarmente critico per quanto riguarda la concentrazione degli inquinanti, eppure le concentrazioni sono paragonabili a quelle rilevate in ambiente urbano (confronto tra Figura 5-9 Figura 5-3 e Figura 5-5): la statale 11 sopporta infatti giornalmente un flusso di traffico pari a circa 21000 veicoli.

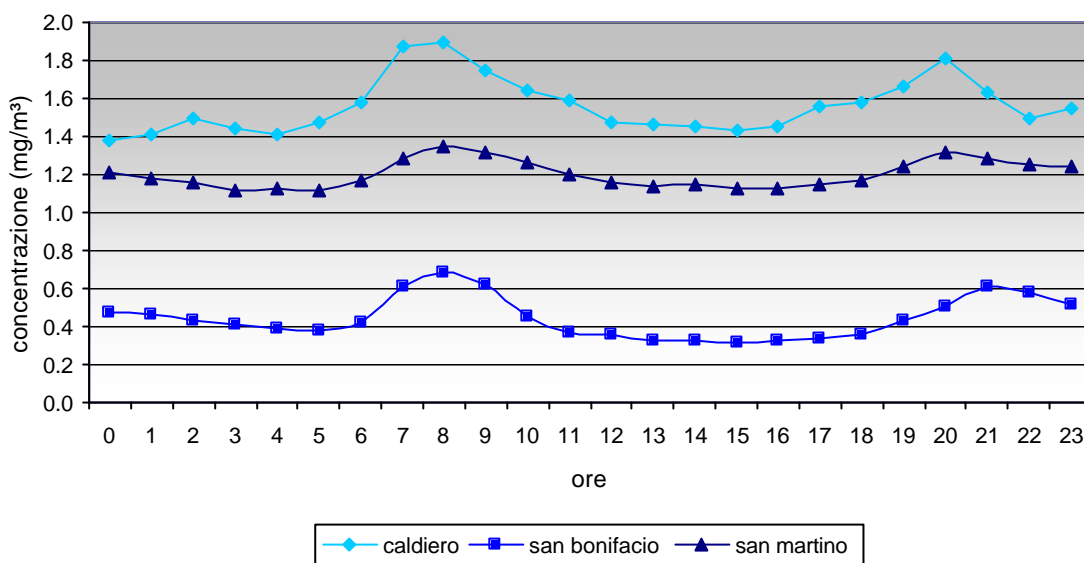
**Figura 5-7:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di San Martino Buon Albergo (loc. Case Nuove), San Bonifacio (via Fiume) nell'anno 2002.



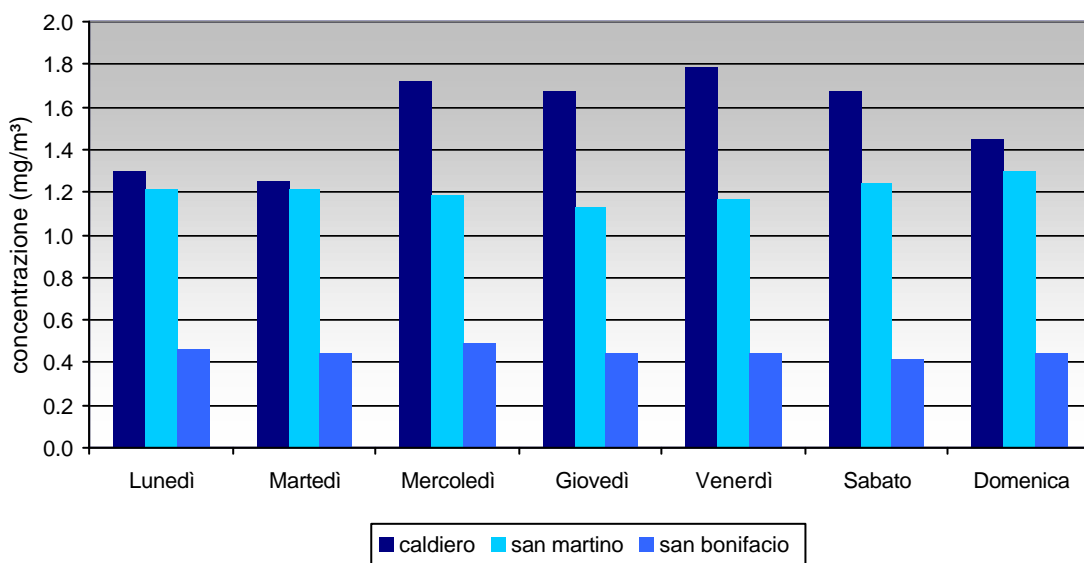
**Figura 5-8:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di San Martino Buon Albergo (loc. Case Nuove), San Bonifacio (via Fiume) nell'anno 2002.



**Figura 5-9:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di San Martino Buon Albergo (loc. Case Nuove), San Bonifacio (in via Fiume) e Caldiero (mezzo mobile) relative al periodo 25 marzo 2002 – 24 aprile 2002.



**Figura 5-10:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di San Martino Buon Albergo (loc. Case Nuove), San Bonifacio (in via Fiume) e Caldiero (mezzo mobile) relative al periodo 25 marzo 2002 – 24 aprile 2002.



#### 4.4.3. La situazione a Sud – Bovolone, Isola della Scala, Gazzo, Legnago

Nella zona Sud della provincia sono posizionate due centraline fisse una a Bovolone ed una a Legnago. Nel corso del 2002 sono state, inoltre, effettuate delle campagne di misura con il mezzo mobile a Gazzo Veronese.

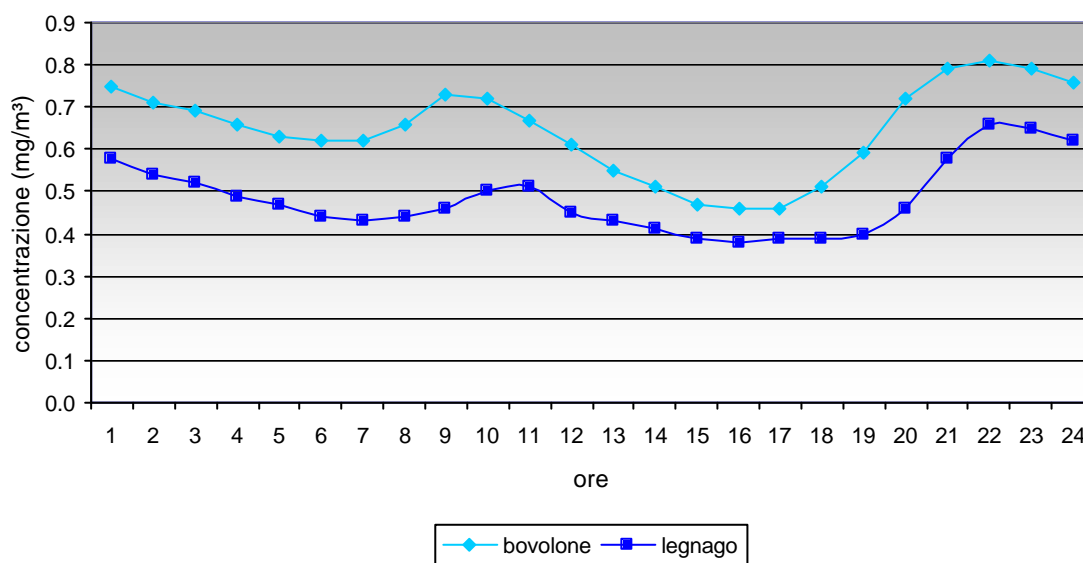
La stazione di misura di Bovolone si trova in una zona suburbana, presso una strada larga, caratterizzata da un traffico veicolare inferiore a 2000 veicoli giorno: può essere considerata una stazione di classe B analogamente alla stazione di Piazza Bernardi a Verona.

L'andamento del giorno tipo presenta valori massimi inferiori a  $0.8 \text{ mg/m}^3$  (Figura 5-11). Durante la settimana non si notano variazioni significative nella concentrazione degli inquinanti (Figura 5-12).

La stazione fissa di Legnago si trova in via Togliatti, in una zona residenziale, ed è anch'essa classificabile in classe B: le concentrazioni rilevate sono inferiori a quelle riscontrate nelle altre zone della provincia.

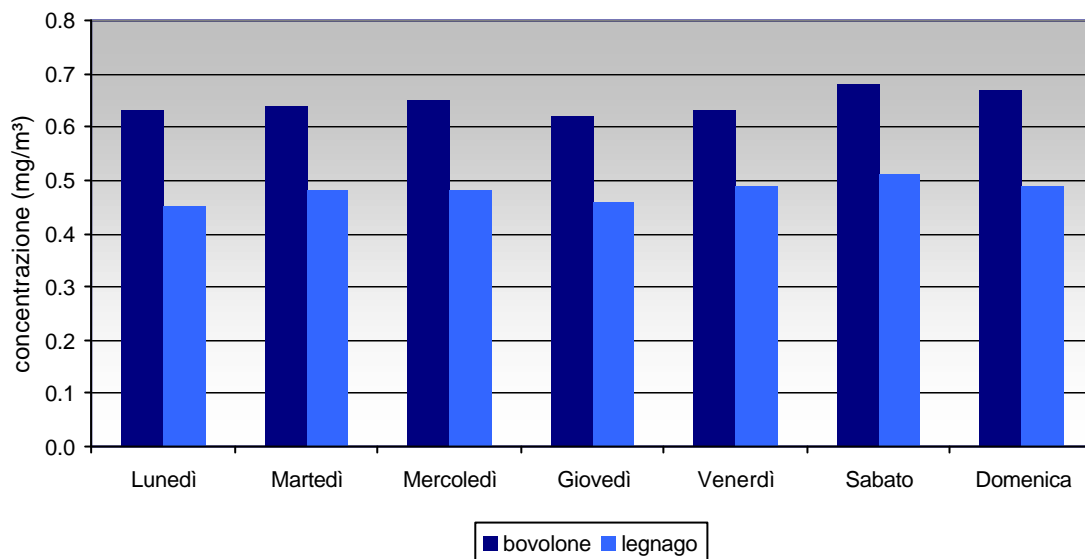
I dati di Gazzo Veronese (Figura 5-13 e Figura 5-14) si riferiscono a campagne di misura eseguite con la stazione mobile dal 10 agosto al 3 settembre: la stazione mobile è stata posizionata a Gazzo Veronese, in zona rurale-artigianale. La scarsa vicinanza di fonti di inquinamento spiega i valori bassi riscontrati, inoltre il periodo di misura è stato caratterizzato da alcune precipitazioni piovose e da venti di moderata intensità che hanno contribuito ad una più efficace dispersione dell'inquinante.

**Figura 5-11:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in  $\text{mg/m}^3$ ) misurate presso le stazioni di rilevamento di Bovolone e Legnago nell'anno 2002.

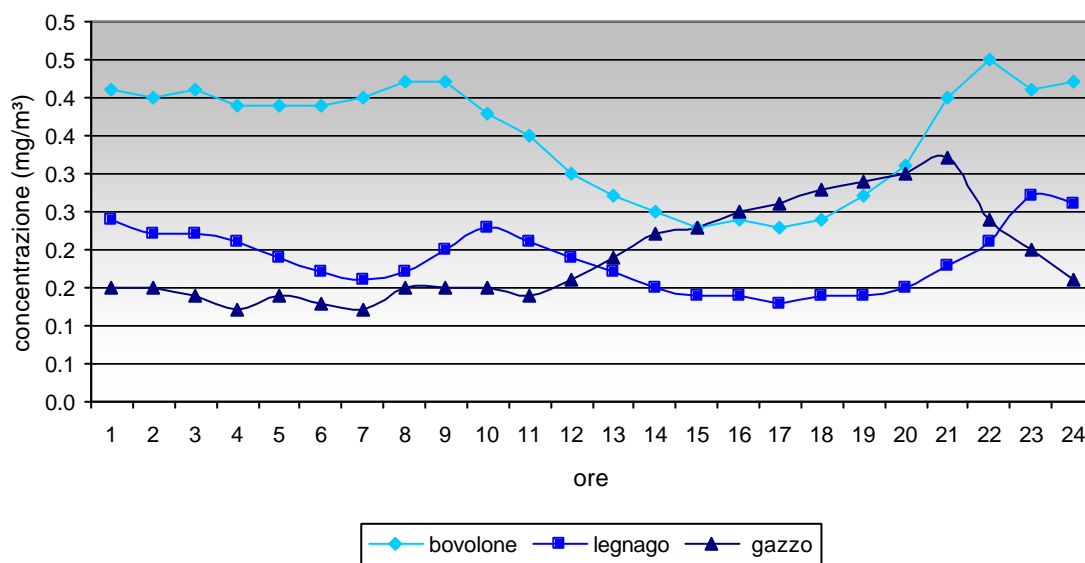




**Figura 5-12:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di Bovolone e Legnago.



**Figura 5-13:** giorno tipo delle concentrazioni di CO (in mg/m<sup>3</sup>) misurate presso le stazioni di rilevamento di Bovolone, Legnago e Gazzo (mobile) relative al periodo 10 agosto 2002 – 3 settembre 2002.



**Figura 5-14:** settimana tipo delle concentrazioni di CO (in  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) misurate presso le stazioni di rilevamento di Bovolone, Legnago e Gazzo (mobile) relative al periodo 10 agosto 2002 – 3 settembre 2002.

