

3 DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA – VALUTAZIONI MODELLISTICHE

3.1 Introduzione

Al fine di valutare l'impatto sull'ambiente circostante del traffico veicolare sulle principali strade provinciali e statali della provincia è stato effettuato uno studio modellistico della dispersione dei principali inquinanti in atmosfera. Per questo studio è stato utilizzato il programma ADMS-Urban sviluppato in Gran Bretagna da un consorzio governo-industria, la Cambridge Environmental Research Consultant ed utilizzato diffusamente nel Regno Unito come "regulatory model" ovvero come strumento riconosciuto per valutare l'efficacia delle politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico. Si tratta di un modello gaussiano avanzato che utilizza un preprocessore meteorologico per valutare i principali parametri atmosferici che caratterizzano la dispersione in aria degli inquinanti. È integrato con i sistemi informativi geografici (GIS) come ArcView e permette, quindi, una rappresentazione cartografica della dispersione dei diversi inquinanti. I dati relativi al flusso di traffico sulle strade provinciali, statali e sulle autostrade sono quelli già analizzati nel capitolo precedente. Nel corso dell'anno 2002 sono state effettuate campagne di misura con l'unità mobile in diverse località della provincia, in prossimità di arterie di grande traffico. Nel seguito verranno analizzati i dati delle campagne di misura e verranno confrontati con i risultati della valutazione modellistica di dispersione degli inquinanti in atmosfera effettuata nello stesso periodo in cui sono state condotte le campagne di misura.

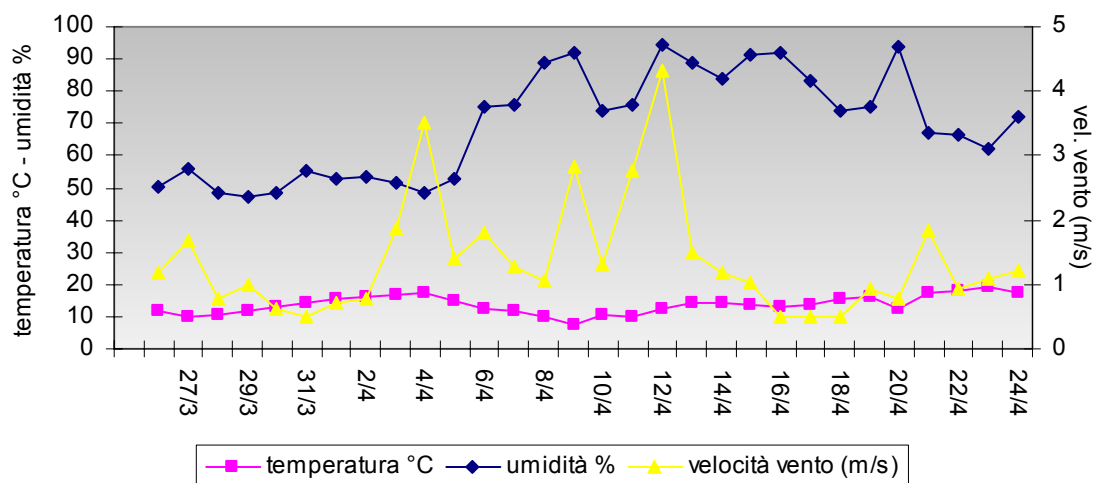
Verrà, inoltre, analizzato il contributo del traffico veicolare all'inquinamento atmosferico rilevato nella città di Verona.

3.2 Caldiero - aprile 2002

Una delle fonti di pressione analizzate è rappresentata dalla statale 11 nel comune di Caldiero, in una zona (località Strà) interessata anche dall'autostrada e dall'imbocco della strada provinciale dell'aVal d'Illasi. Come già in precedenza descritto (capitolo 2) questa arteria stradale sopporta un elevato traffico costituito per la maggior parte da veicoli leggeri (17300 nei giorni feriali) e di veicoli pesanti (3600 nei giorni feriali). Scopo di questa analisi è lo studio di come le emissioni stradali influenzino l'ambiente circostante all'asse viario, la valutazione del contributo all'inquinamento atmosferico del traffico autostradale rispetto a quello della SS11 e della strada provinciale della Val d'Illasi ed infine il confronto fra i dati valutati tramite il modello di dispersione e quelli misurati dall'unità mobile.

Dal 26 marzo al 30 aprile 2002 l'unità mobile di misura del Dipartimento ARPAV Provinciale di Verona è stata posizionata in località Strà, nel comune di Caldiero a poca distanza dalla statale 11.

Figura 3-1: andamento dei principali parametri meteorologici che hanno caratterizzato la campagna di misura condotta in località Strà nel comune di Caldiero nel periodo 26 marzo – 24 aprile



Nella Figura 3-1 è riportato l'andamento dei principali parametri meteorologici nel periodo di misura: che è stato caratterizzato da numerosi giorni con velocità media del vento superiore a 1 m/s, una temperatura media pari a 14°C, assenza di precipitazioni.

In Figura 3-2 è riportato l'andamento giornaliero delle concentrazioni di biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio e ozono misurate durante la campagna di monitoraggio: non è stato rilevato alcun superamento dei parametri di legge.

Figura 3-2: andamento dei principali inquinanti misurati a Caldiero in località Strà nel periodo 26 marzo - 30 aprile

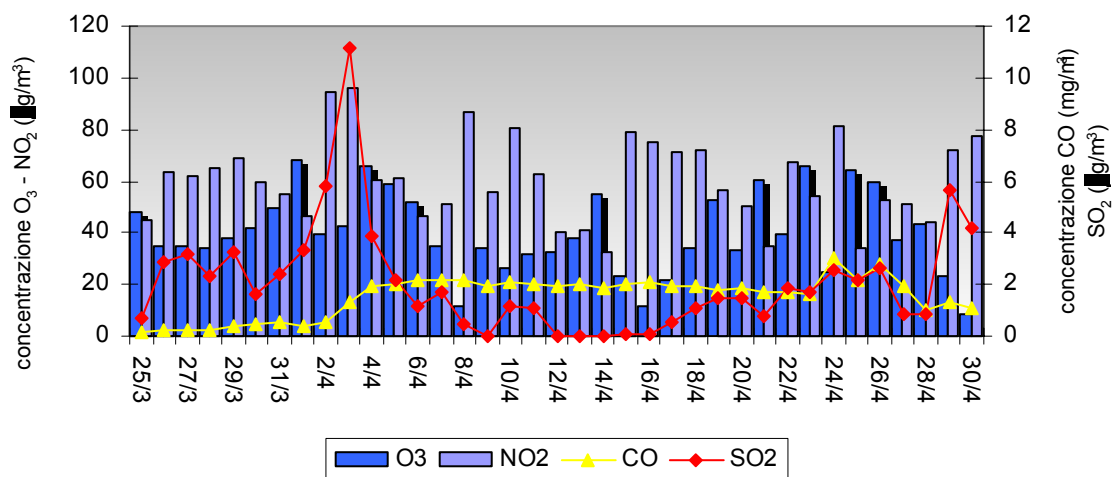
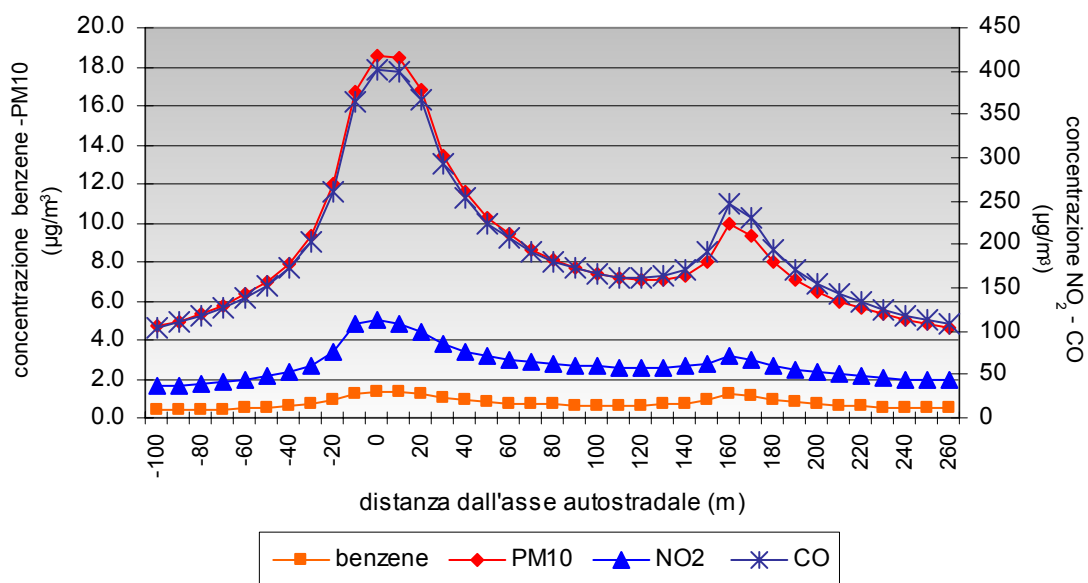


Tabella 3-1: valori medi misurati e calcolati tramite il programma ADMS - Urban delle concentrazioni giornaliere dei principali inquinanti monitorati nel periodo 25 marzo – 30 aprile a Strà – comune di Caldiero. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico

inquinante	Valore medio giornaliero misurato	Valore medio giornaliero calcolato
SO ₂	2 µg/m ³	6 µg/m ³
CO	1.5 mg/m ³	0.2 mg/m ³
NO ₂	62 µg/m ³	62 µg/m ³
PM10	36 µg/m ³	9 µg/m ³
C ₆ H ₆	2 µg/m ³	1.5 µg/m ³

In Tabella 3-1 sono posti a confronto i valori di concentrazione media giornaliera rilevati dall'unità mobile e quelli valutati tramite il programma di dispersione: in generale l'accordo fra dati sperimentali e calcolati è buono, ciò significa che il traffico stradale costituisce in effetti la fonte più significativa di inquinamento nella zona presa in esame. Le concentrazioni di PM10 valutate risultano relativamente basse rispetto a quanto misurato, è necessario però, ricordare che queste simulazioni hanno preso in considerazione solo la parte primaria del PM10 che si stima contribuire per circa il 10% alla composizione totale di PM10. Anche le stime di CO sono più basse rispetto a quanto misurato: il monossido di carbonio è dovuto principalmente al traffico, ma contribuiscono altre fonti quali riscaldamento domestico, emissioni industriali di cui non si è tenuto conto. Per quanto riguarda il benzene, la discrepanza fra valori osservati e calcolati può essere attribuita al fatto che le rilevazioni sperimentali sono state effettuate solo nella settimana 4 – 11 aprile, in un periodo caratterizzato da velocità del vento superiori a 1 m/s, mentre le simulazioni riguardano l'intero periodo di monitoraggio.

Figura 3-3: andamento delle concentrazioni di benzene, PM10, NO₂ e CO in funzione della distanza dall'asse autostradale: valutazioni effettuate con il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera ADMS-Urban - località Strà comune di Caldiero, periodo 26 marzo – 24 aprile



Nel grafico di Figura 3-3 è riportato l'andamento delle concentrazioni dei principali inquinanti a due metri dal suolo, al variare della distanza dall'asse autostradale. La sezione considerata è quella riportata in Figura 3-4, Figura 3-5, Figura 3-6. Le concentrazioni sono massime in corrispondenza dell'autostrada e tendono a diminuire allontanandosi dall'asse autostradale, per poi aumentare di nuovo in corrispondenza della statale 11. Come si può notare anche dall'analisi delle mappe di concentrazione di Figura 3-4, Figura 3-5 e Figura 3-6 le concentrazioni di inquinanti si mantengono elevate anche alla distanza di 100 metri dall'asse stradale: l'NO₂ supera i 50 µg/m³, il benzene 1 µg/m³. Il contributo del traffico autostradale alla concentrazione in aria degli inquinanti è predominante rispetto a quello dovuto alla statale 11 in particolare se si analizza la distribuzione di NO₂ e PM10 maggiormente legati alla presenza al transito di veicoli pesanti.

Figura 3-4: mappa della concentrazione media giornaliera di benzene a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 1 nei pressi di Caldiero in località Strà ed alla strada provinciale della Val d'Illasi

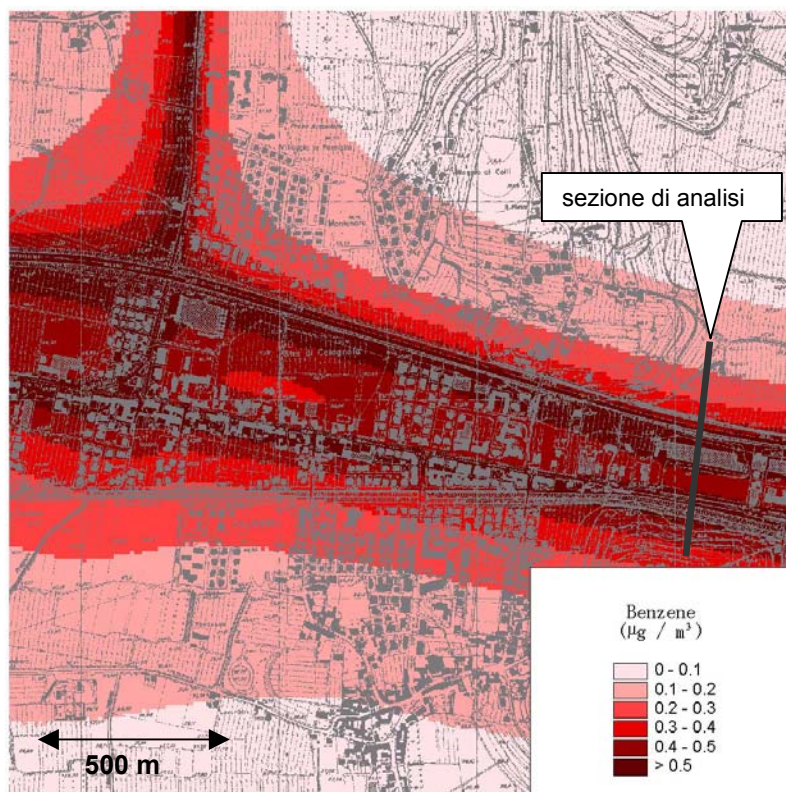


Figura 3-5: mappa della concentrazione media giornaliera di NO_2 a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 1 nei pressi di Caldiero in località Strà ed alla strada provinciale della Val d'Illasi

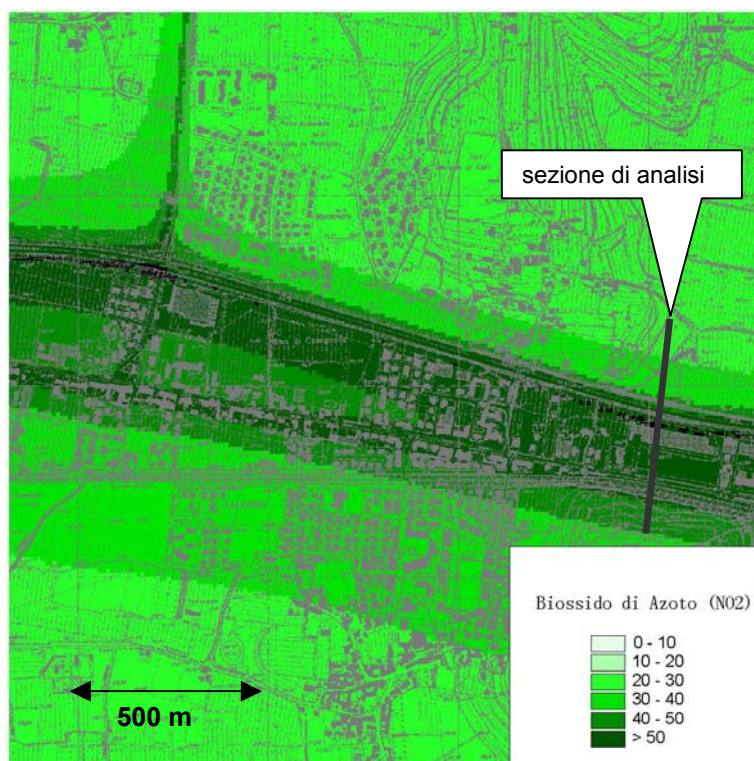
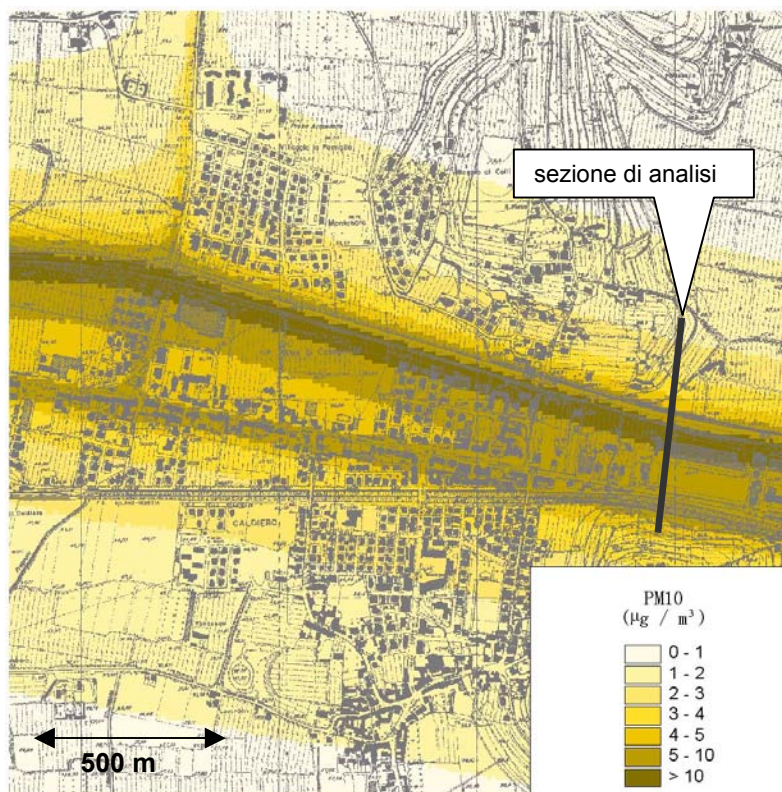


Figura 3-6: mappa della concentrazione media giornaliera di PM10 a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 1 nei pressi di Caldiero in località Strà ed alla strada provinciale della Val d'Illasi



3.3 Cavalcaselle – maggio 2002

L'influenza del traffico veicolare sulla statale 11 è stato analizzato anche in prossimità del Comune di Castelnuovo, in località Cavalcaselle nel periodo compreso fra il 1 maggio e il 19 maggio 2002. Anche in questo caso i dati di partenza sono stati forniti dal censimento dei flussi di traffico effettuato dal Servizio Viabilità della Provincia di Verona, i dati meteorologici provengono dalla rete di rilevamento ARPAV e dalle misure effettuate dall'unità mobile. La stima della dispersione degli inquinanti ha permesso di valutare l'influenza del traffico viario sul territorio circostante l'asse stradale, e il peso relativo dell'inquinamento dovuto al traffico autostradale, rispetto a quello dovuto al traffico sulla statale. I dati stimati sono stati confrontati con quelli misurati dall'unità mobile, posizionata in via XXV Aprile, località Cavalcaselle, nel periodo considerato.

Nella Figura 3-7 sono evidenziati gli andamenti dei principali parametri meteorologici nel periodo considerato. Confrontando l'andamento della velocità del vento con l'andamento dei principali inquinanti misurati, Figura 3-8, si nota che nel periodo compreso tra il 7 e il 10 maggio, in cui vi sono alcune precipitazioni, si ha un abbattimento sia del biossido di zolfo che del biossido di azoto.

Figura 3-7: andamento dei principali parametri meteorologici che hanno caratterizzato la campagna di misura condotta in località Cavalcaselle, via XXV Aprile, nel comune di Castelnuovo nel periodo 1 maggio – 19 maggio

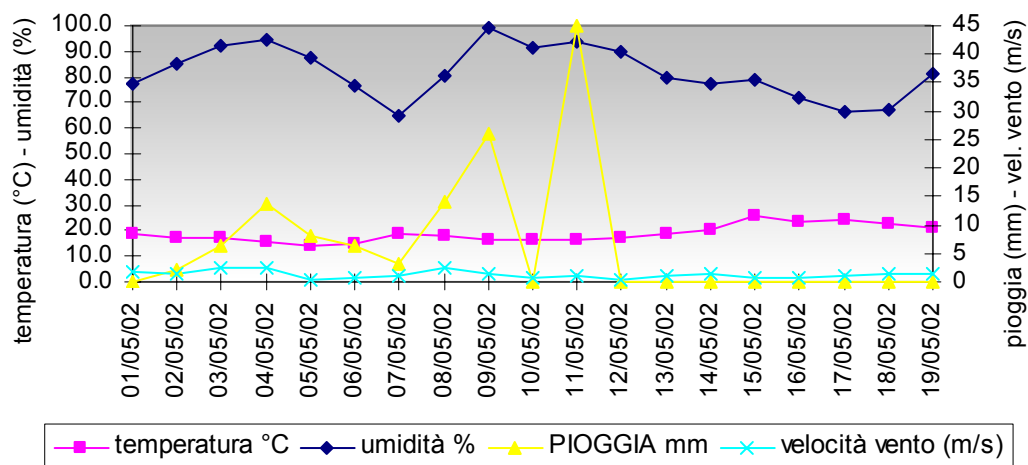
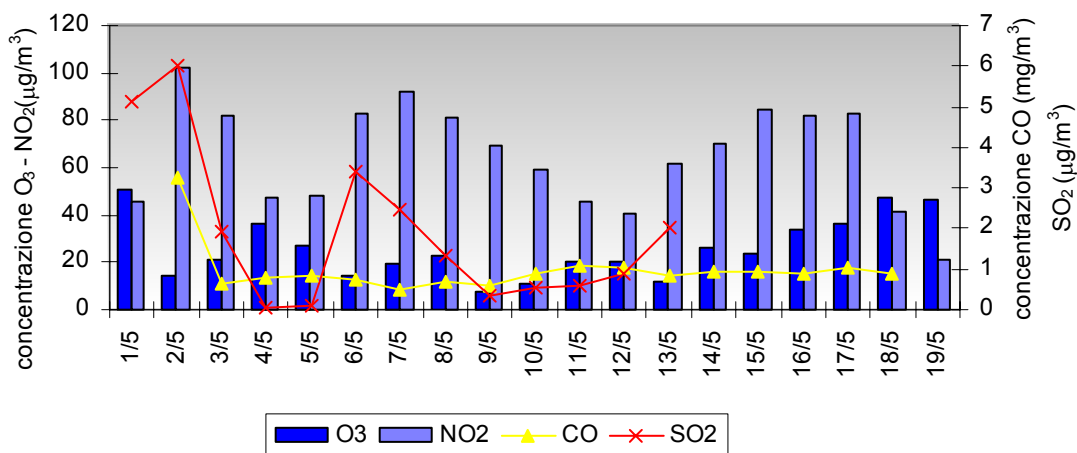


Figura 3-8: andamento dei principali inquinanti misurati nel comune di Castelnuovo in località Cavalcaselle, via XXV Aprile nel periodo 1 maggio – 19 maggio



In Tabella 3-2 sono confrontati i valori di concentrazione media giornaliera registrati dalla stazione automatica mobile e quelli valutati tramite la simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti. Anche in questo caso, come si era verificato a Caldiero le concentrazioni di PM10 valutate risultano essere circa il 20 % di quelle misurate: ciò concorda con il fatto che le simulazioni modellistiche considerano solo la componente primaria di tale inquinante.

In Figura 3-9 sono confrontati gli andamenti di benzene, PM10, NO₂ e CO in funzione della distanza dall'asse stradale calcolati sulla sezione di analisi evidenziata in Figura 3-10, Figura 3-11 e Figura 3-12 tramite il modello ADMS-Urban. Le concentrazioni sono massime in corrispondenza della strada e tendono a diminuire allontanandosi dall'asse stradale: tale diminuzione è molto evidente per il benzene, il PM10 e il CO, mentre la concentrazione di NO₂ subisce una variazione molto lieve e il valore risulta pressoché costante fino a 100 m di distanza dall'asse autostradale.

Nelle Figura 3-10, Figura 3-11 e Figura 3-12 sono riportate le mappe che evidenziano le concentrazioni di benzene, PM10, NO₂ e CO calcolate con il modello a 2 metri dal suolo considerando sia il contributo dell'autostrada sia quello della statale 11. Dall'analisi delle mappe si nota come il modello di dispersione utilizzato permetta di mettere ben in evidenza il contributo relativo delle due sorgenti di traffico.

Tabella 3-2: valori medi misurati e calcolati tramite il programma ADMS - Urban delle concentrazioni giornaliere dei principali inquinanti monitorati nel periodo 1 maggio – 19 maggio in località Cavalcaselle, via XXV Aprile nel comune di Castelnuovo. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico

inquinante	Valore medio giornaliero misurato	Valore medio giornaliero calcolato
SO ₂	2 µg/m ³	4 µg/m ³
CO	1 mg/m ³	0.3 mg/m ³
NO ₂	65 µg/m ³	73 µg/m ³
PM10	37 µg/m ³	6 µg/m ³
C ₆ H ₆	2 µg/m ³	1 µg/m ³

Figura 3-9: andamento delle concentrazioni di benzene, PM10, NO₂ e CO in funzione della distanza dall'asse stradale: valutazioni effettuate con il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera ADMS-Urban - località Cavalcaselle, comune di Castelnuovo.

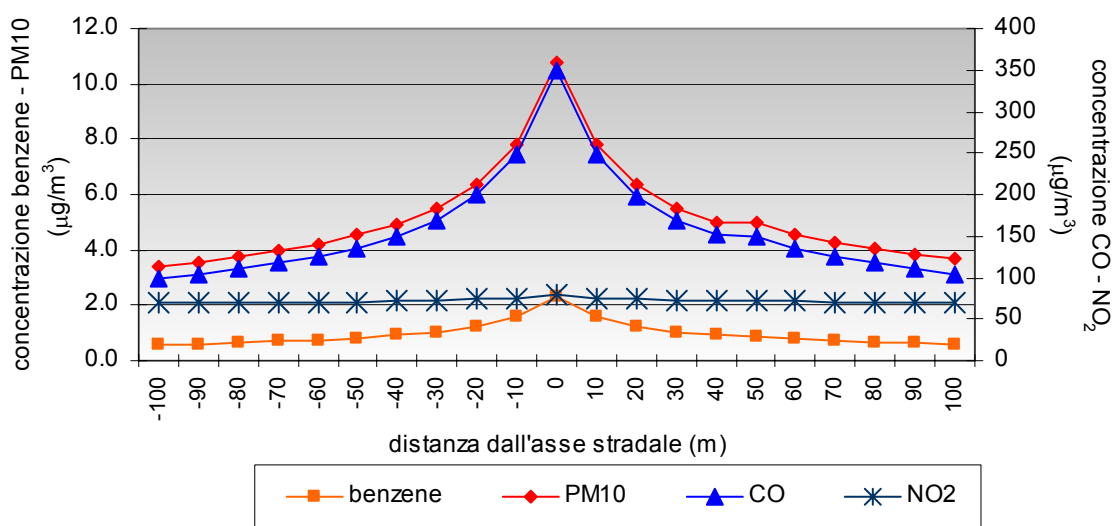


Figura 3-10: mappa della concentrazione media giornaliera di benzene a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 11 in località Cavalcaselle nel comune di Castelnuovo

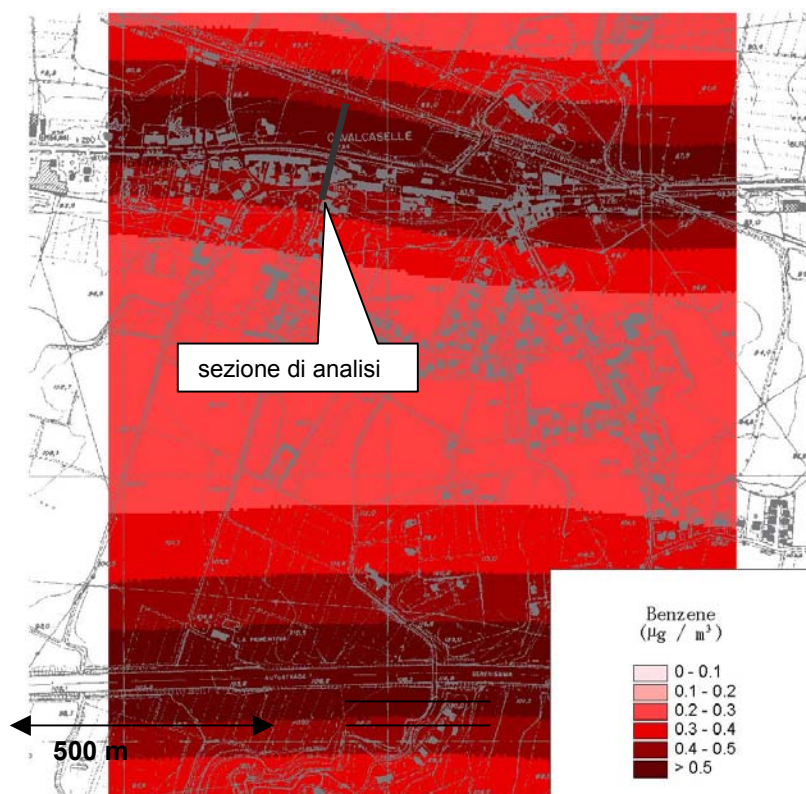


Figura 3-11: mappa della concentrazione media giornaliera di NO_2 a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 11 in località Cavalcaselle nel comune di Castelnuovo

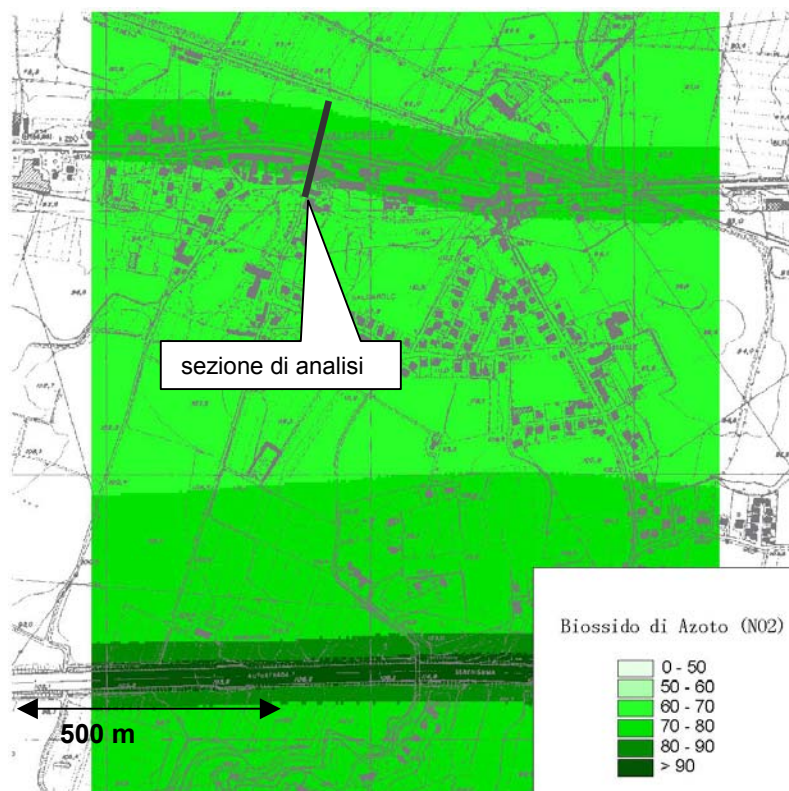
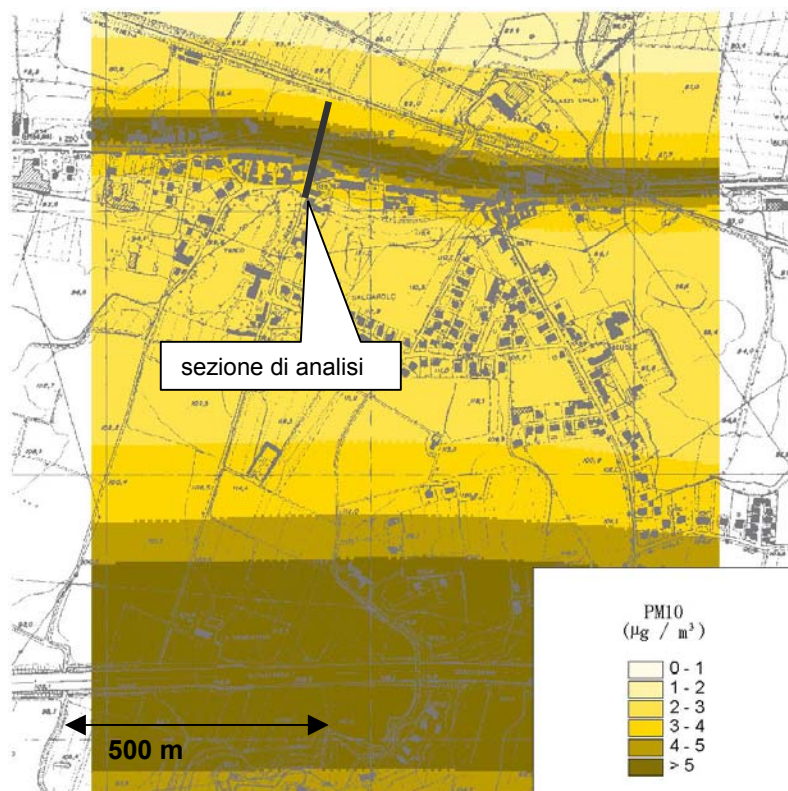


Figura 3-12: mappa della concentrazione media giornaliera di PM10 primario a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SS 11 in località Cavalcaselle nel comune di Castelnuovo



3.4 San Pietro Incaricano -

È stato anche analizzata la dispersione degli inquinanti da traffico in prossimità di una strada provinciale, quella della Valpolicella nel tratto che interessa il comune di San Pietro in Cariano. Dai dati del censimento effettuato dalla provincia il traffico che insiste su questa arteria è composto in prevalenza da veicoli leggeri (17300 nei giorni feriali) e da un numero consistente di veicoli pesanti (1700 sempre nei giorni feriali).

Dal 4 luglio all' 8 agosto la centralina mobile di rilevamento della qualità dell'aria è stata posizionata in via Ingelheim nel comune di San Pietro Incaricano. Dall'analisi della Figura 3-13 e della Figura 3-14 che mettono in evidenza, rispettivamente, gli andamenti dei parametri meteo e dei principali inquinanti nel periodo considerato si nota che si ha una diminuzione di tutti gli inquinanti in corrispondenza gli episodi di precipitazione. Purtroppo in alcuni giorni non sono stati rilevati i valori di concentrazione del biossido di zolfo a causa di una rottura dell'analizzatore.

Tramite il modello di dispersione degli inquinanti, ADMS – Urban è stata valutata la distribuzione della concentrazione di PM10, CO, NO₂ e SO₂ nello stesso periodo in cui si è svolta l'indagine con l'unità mobile: in Tabella 3-3 sono posti a confronto i valori medi giornalieri misurati dall'unità mobile e valutati dal programma di dispersione. I valori sono in buon accordo a testimonianza del fatto che in quella località la principale fonte di inquinamento è il traffico stradale.

In Figura 3-15 è riportato l'andamento della concentrazione dei principali inquinanti in funzione della distanza dall'asse stradale: le concentrazioni si dimezzano entro primi 50 metri.

Il mese di agosto non è in genere un periodo critico per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico con l'eccezione naturalmente del parametro ozono: nonostante ciò nei pressi della strada provinciale le concentrazioni di NO₂ rilevate sono abbastanza elevate con picchi di 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione giornaliera. L'analisi delle mappe di concentrazione media giornaliera di benzene, NO₂ e PM10 rappresentate in Figura 3-16, Figura 3-17 e Figura 3-18 mostra chiaramente l'influenza dell'inquinamento da traffico sul territorio circostante la strada provinciale.

Figura 3-13: andamento dei principali parametri meteorologici che hanno caratterizzato la campagna di misura condotta in via Ingelheim, nel comune di San Pietro Incariano nel periodo 4 luglio – 8 agosto

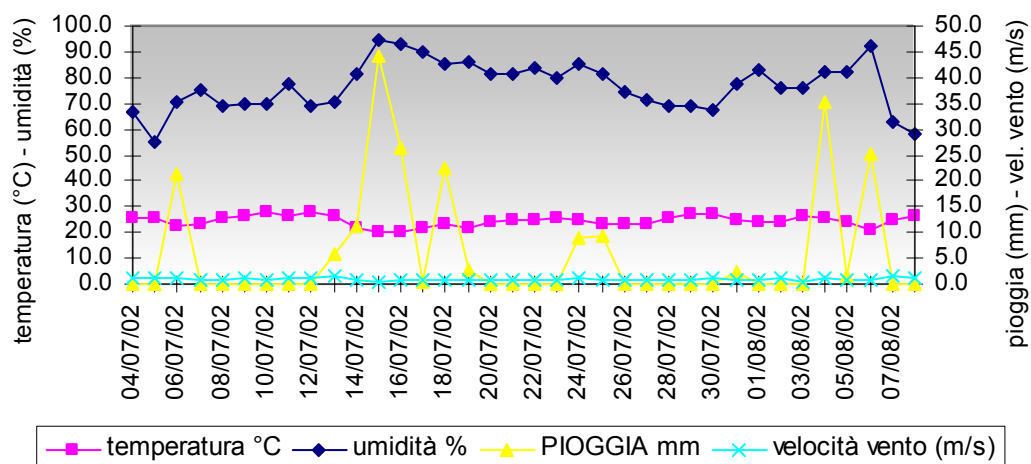


Figura 3-14: andamento dei principali inquinanti misurati nel comune di San Pietro Incariano in via Ingelheim nel periodo 4 luglio – 8 agosto

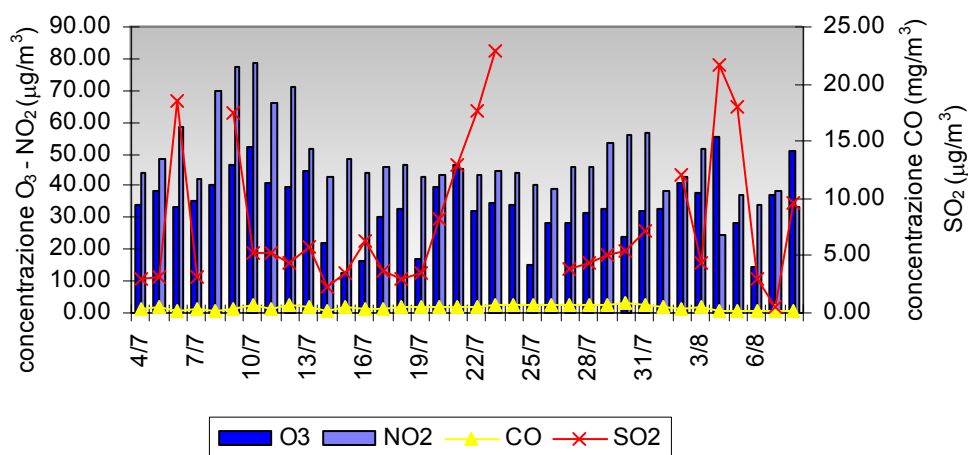


Tabella 3-3: valori medi misurati e calcolati tramite il programma ADMS - Urban delle concentrazioni giornaliere dei principali inquinanti monitorati nel periodo 4 luglio – 8 agosto via Ingelheim nel comune di San Pietro Incariano. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico.

inquinante	Valore medio giornaliero misurato	Valore medio giornaliero calcolato
SO ₂	8 µg/m ³	4 µg/m ³
CO	0.5 mg/m ³	0.2 mg/m ³
NO ₂	48 µg/m ³	44 µg/m ³
C ₆ H ₆	2 µg/m ³	1.3 µg/m ³

Figura 3-15: andamento delle concentrazioni di benzene, PM10, NO₂ e CO in funzione della distanza dall'asse autostradale: valutazioni effettuate con il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera ADMS-Urban - comune di San Pietro Incariano

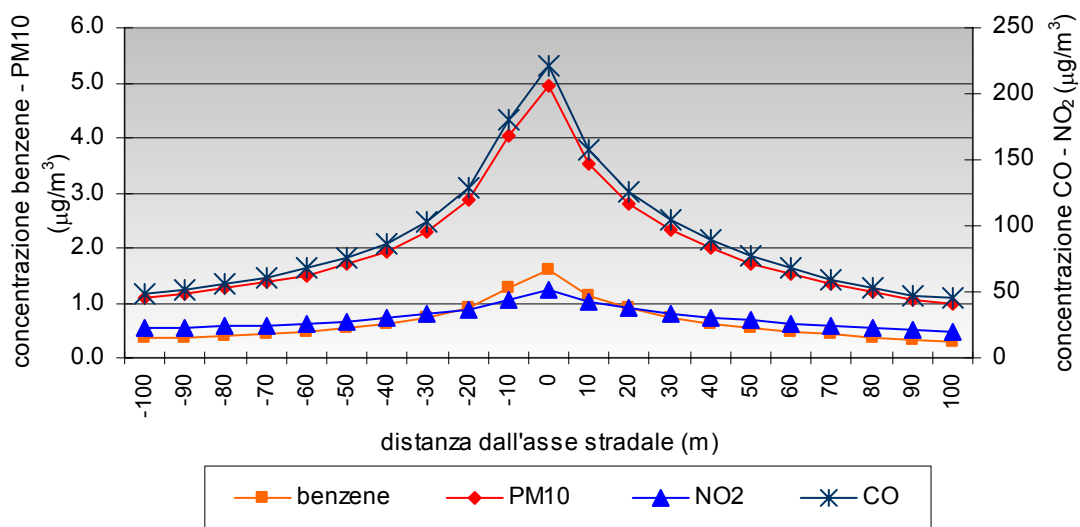


Figura 3-16: mappa della concentrazione media giornaliera di benzene a 2 m dal suolo in µg/m³ dovuta al traffico stradale sulla SP della Valpolicella nel comune di San Pietro Incariano

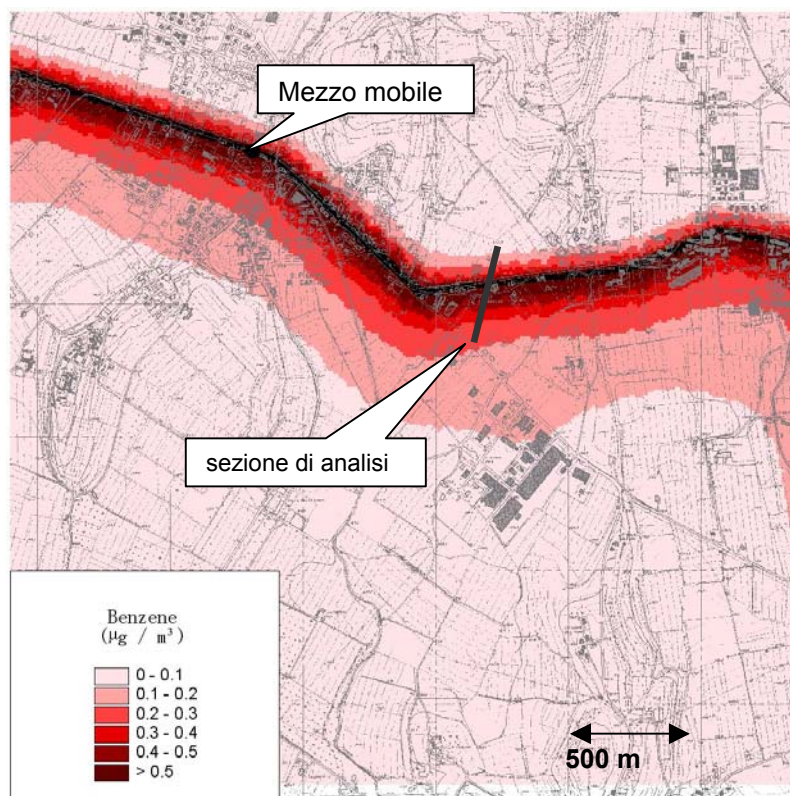


Figura 3-17: mappa della concentrazione media giornaliera di NO_2 a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico stradale sulla SP della Valpolicella nel comune di San Pietro Incariano

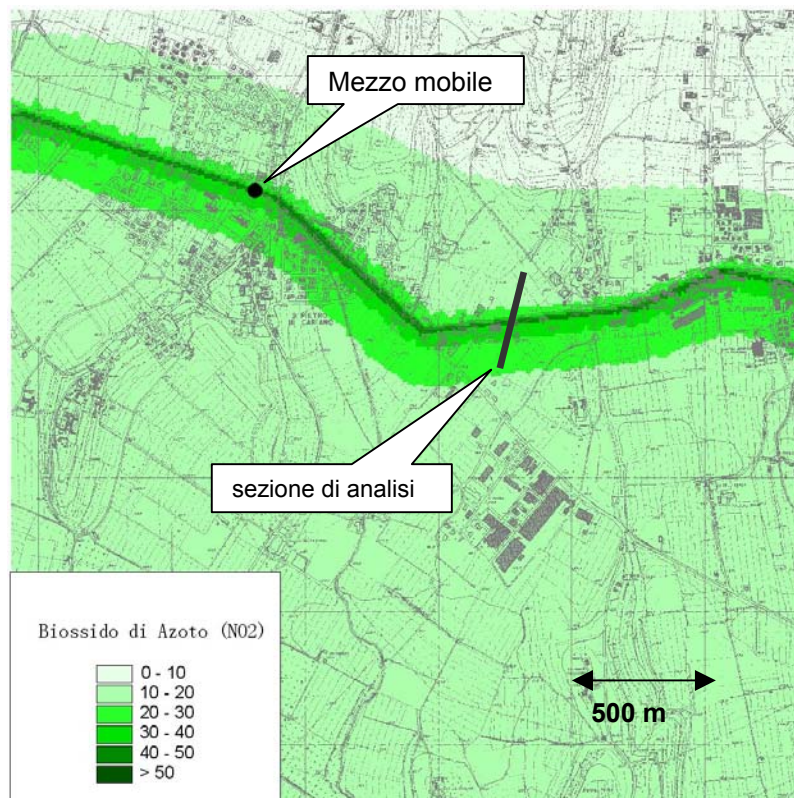
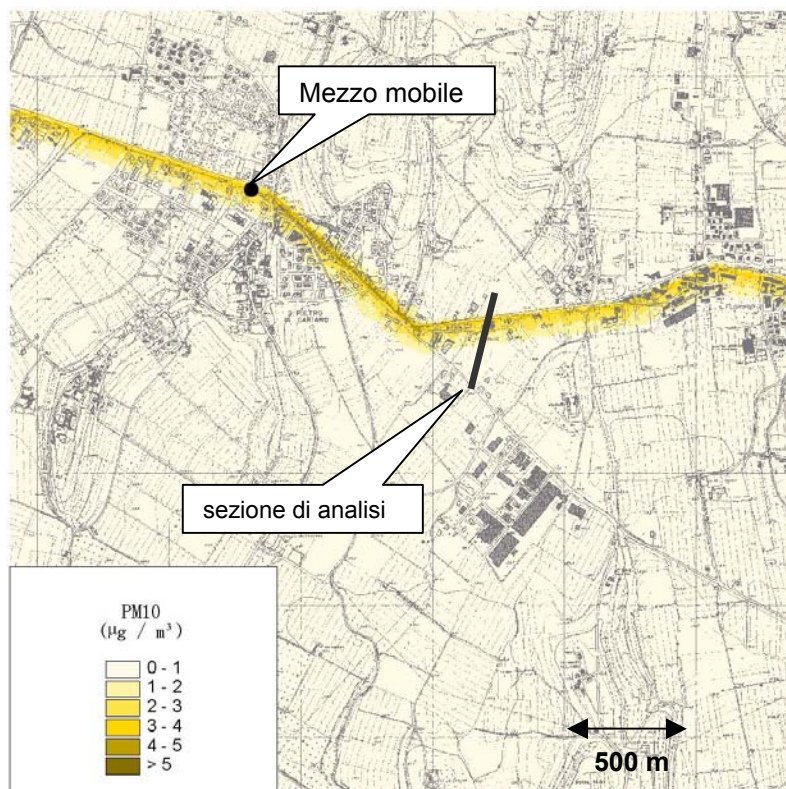


Figura 3-18: concentrazione media giornaliera di PM_{10} primario a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale sulla SP della Valpolicella nel comune di San Pietro Incariano



3.5 Isola della Scala

L'ultimo caso studiato riguarda la strada statale 12 nei pressi di Isola della Scala. Su questa arteria transitano circa 8000 veicoli leggeri al giorno (feriale) e 1700 mezzi pesanti. Nel mese di settembre 2002 è stata condotta una campagna di misura con l'unità mobile a Isola della Scala in via Cavour, in prossimità della strada di accesso principale al paese.

L'andamento dei principali parametri meteorologici è riportato in Figura 3-19: l'ultimo periodo di misura è stato caratterizzato da alcuni giorni di pioggia che hanno portato ad una diminuzione di tutti gli inquinanti (Figura 3-20).

In **Tabella 3-4** sono riportati i valori misurati e quelli valutati dal modello ADMS – Urban di alcuni inquinanti: la sottostima da parte della valutazione modellistica è dovuta al fatto che nella posizione in cui si trovava l'unità mobile erano presenti anche altre fonti di inquinamento. In particolare nell'effettuare le valutazioni si è tenuto conto solo del traffico della strada statale, mentre l'unità mobile ha registrato anche l'influenza di altre componenti di traffico.

In Figura 3-22, Figura 3-23 e Figura 3-24 è rappresentata la diffusione di alcuni inquinanti da traffico veicolare nel territorio circostante la strada statale: le concentrazioni più elevate si riscontrano entro i primi 30 metri dall'asse stradale.

Figura 3-19: andamento dei principali parametri meteorologici che hanno caratterizzato la campagna di misura condotta in via Cavour, nel comune di Isola della Scala nel periodo 4 settembre – 24 settembre

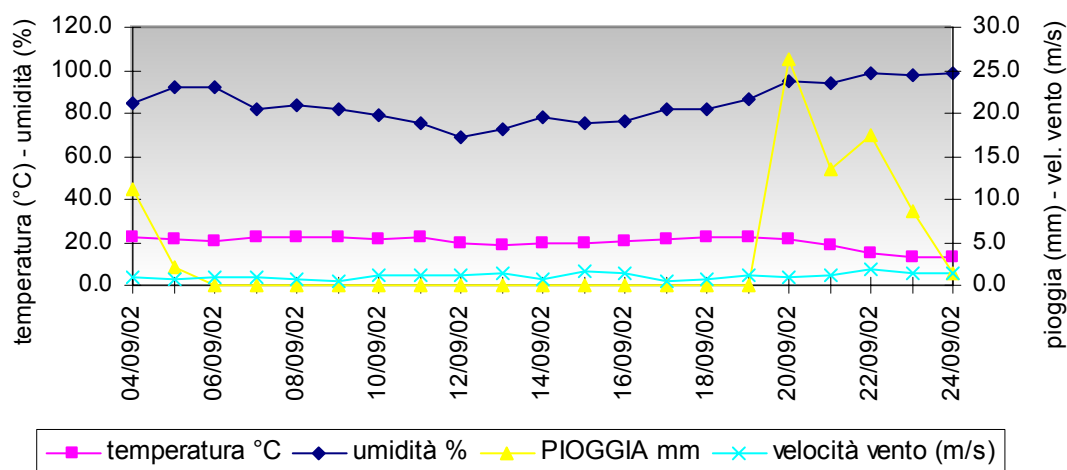


Figura 3-20: andamento dei principali inquinanti misurati nel comune di Isola della Scala in via Cavour nel periodo 4 settembre – 24 settembre

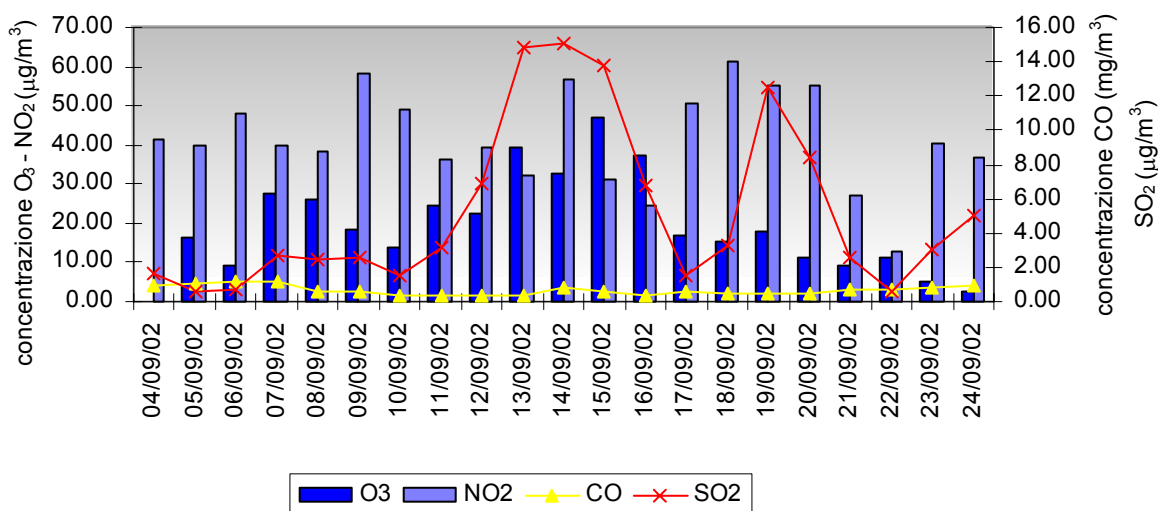


Tabella 3-4: valori medi misurati e calcolati tramite il programma ADMS - Urban delle concentrazioni giornaliere dei principali inquinanti monitorati nel periodo 4 settembre – 24 settembre in via Cavour nel comune di Isola della Scala. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico.

inquinante	Valore medio giornaliero misurato	Valore medio giornaliero calcolato
SO ₂	5 µg/m ³	3 µg/m ³
CO	0.7 mg/m ³	0.04 mg/m ³
NO ₂	42 µg/m ³	25 µg/m ³
PM10	34 µg/m ³	1.3 µg/m ³
C ₆ H ₆	2 µg/m ³	0.2 µg/m ³

Figura 3-21: andamento delle concentrazioni di benzene, PM10, NO₂ e CO in funzione della distanza dall'asse stradale: valutazioni effettuate con il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera ADMS-Urban

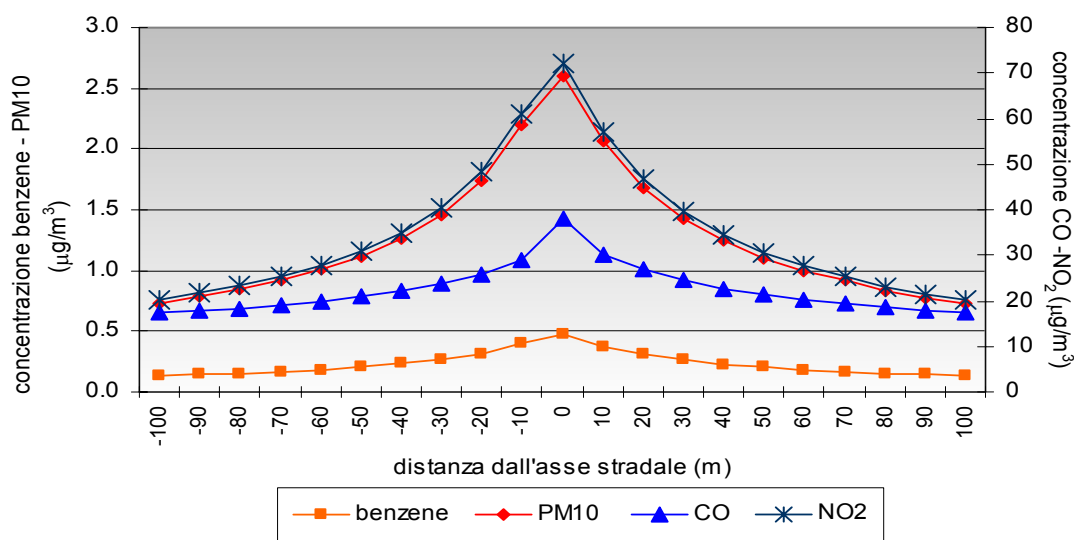


Figura 3-22: mappa della concentrazione media giornaliera di benzene a 2 m dal suolo in µg/m³ dovuta al traffico stradale sulla SS 12 nel comune di Isola della Scala

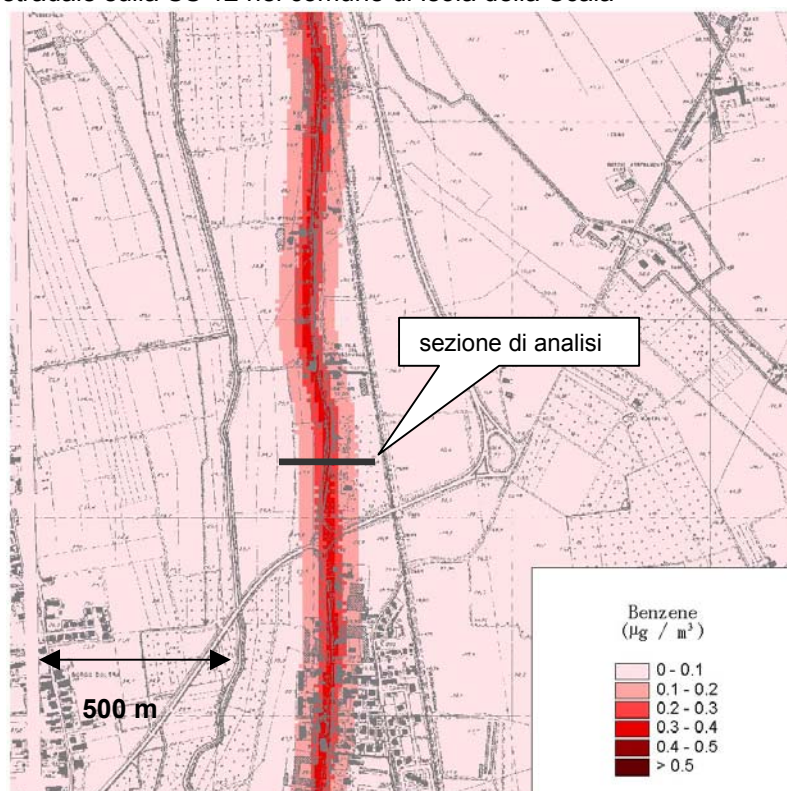


Figura 3-23: mappa della concentrazione media giornaliera di NO_2 a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico stradale SS12 nel comune di Isola della Scala

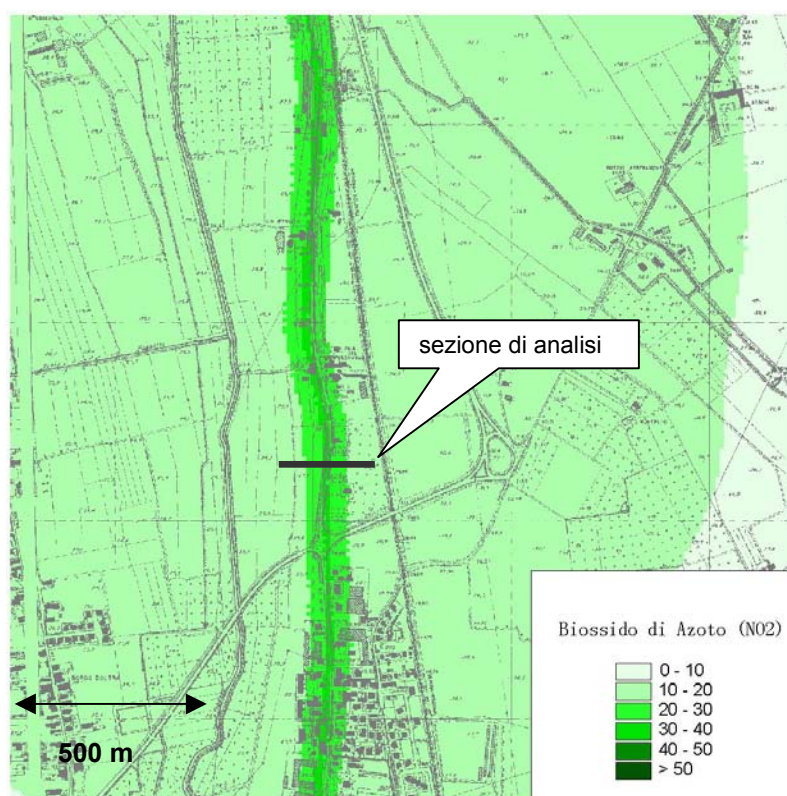
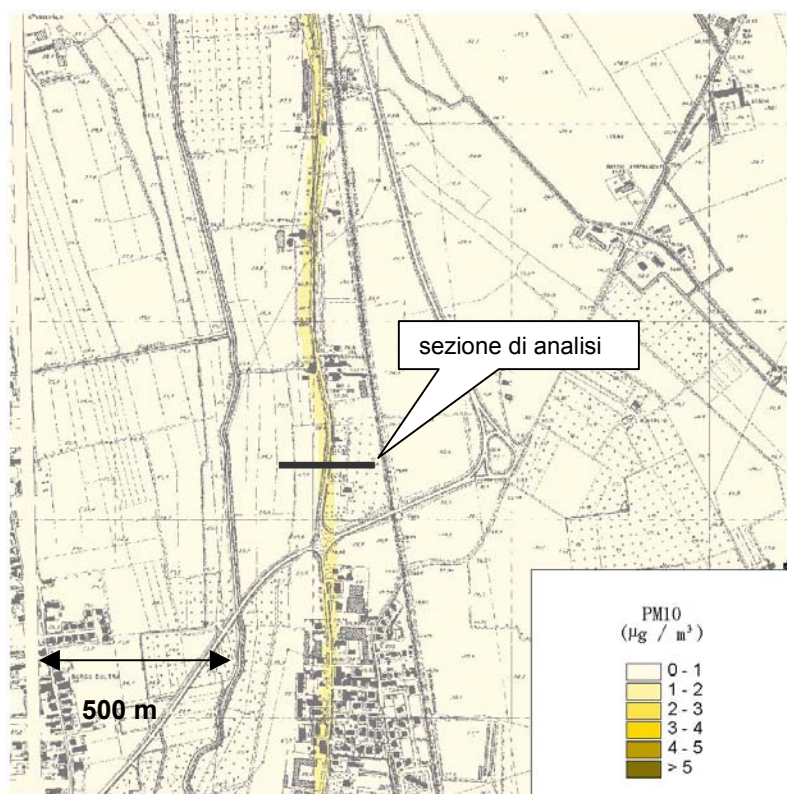


Figura 3-24: mappa della concentrazione media giornaliera di PM_{10} primario a 2 m dal suolo in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dovuta al traffico autostradale e stradale SS12 nel comune di Isola della Scala



3.6 Verona

Nell'ambiente urbano il traffico veicolare rappresenta una delle maggiori fonti di inquinamento, in particolare i livelli di concentrazione di alcuni inquinanti quali il benzene si possono attribuire in toto al flusso veicolare. In questo rapporto abbiamo voluto riportare i risultati di uno studio preliminare del contributo del traffico, lungo le autostrade (tratto urbano) e le direttrici cittadine principali, all'inquinamento atmosferico. Gli inquinanti presi in considerazione sono il benzene, gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio e la componente primaria del particolato fine (PM₁₀).

I dati sul flusso di traffico lungo le autostrade sono stati forniti dalla Società Autostrada Brescia – Padova e dalla Autostrada del Brennero. Per quanto riguarda le arterie cittadine, strade principali e cordonali, i dati giornalieri di traffico sono stati forniti dal Centro Responsabilità Mobilità e Traffico del Comune di Verona sulla base del censimento effettuato nell'anno 2002. I dati di traffico sono stati rilevati nei mesi di maggio, novembre e dicembre 2002, in alcuni giorni feriali della settimana, ed il sabato. Per questo studio sono stati elaborati da ARPAV i dati relativi ai soli giorni feriali, in modo da calcolare il traffico medio giornaliero diurno (TGM diurno feriale). In Figura 3-25 è riportata la composizione del flusso veicolare sulle strade oggetto di questo studio: le arterie che sopportano il maggior flusso di veicoli pesanti sono la Strada dell'Alpo, via Sommacampagna, via Golino e –Vr Est. Il flusso maggiore di veicoli leggeri si registra su viale Colonnello Galliano, la tangenziale Nord, la Strada per Arbizzano.

Il contributo del traffico all'inquinamento atmosferico dipende non solo dal numero di veicoli e dalla loro velocità di marcia, ma anche dalla tipologia e dalla data di immatricolazione: mezzi pesanti o leggeri, a gasolio o a benzina, immatricolati dopo l'entrata in vigore delle norme Euro I, II o III o precedentemente. Per questo motivo è importante conoscere la composizione del parco macchine di Verona: i dati utilizzati sono stati forniti dall'ACI e sono relativi all'anno 2000.

Nei grafici di Figura 3-26 e Figura 3-27 sono riportate le emissioni annuali dei principali inquinanti dovute al traffico veicolare sulle principali arterie cittadine, calcolate sulla utilizzando il programma EMIT della CERC, che utilizza fattori di emissioni basati sulla metodologia EMEP – CORINAIR.

Le emissioni maggiori di particolato fine (Figura 3-26) si hanno su quelle arterie che sopportano un forte flusso di veicoli pesanti (camion, autoarticolati e bus) quali la Strada dell'Alpo, tangenziale Nord, via Sommacampagna, VR Est, via Golino e via Vigasio: in questi casi è maggiore l'emissione di polveri sottili rispetto a quella di benzene a differenza di strade cittadine quali Corso Milano o viale Galliano in cui il traffico è costituito in prevalenza da mezzi leggeri.

Figura 3-25: composizione del traffico veicolare sulle principali strade di Verona (veicoli/giorno) (fonte: Centro di Responsabilità Mobilità e Traffico Comune di Verona)

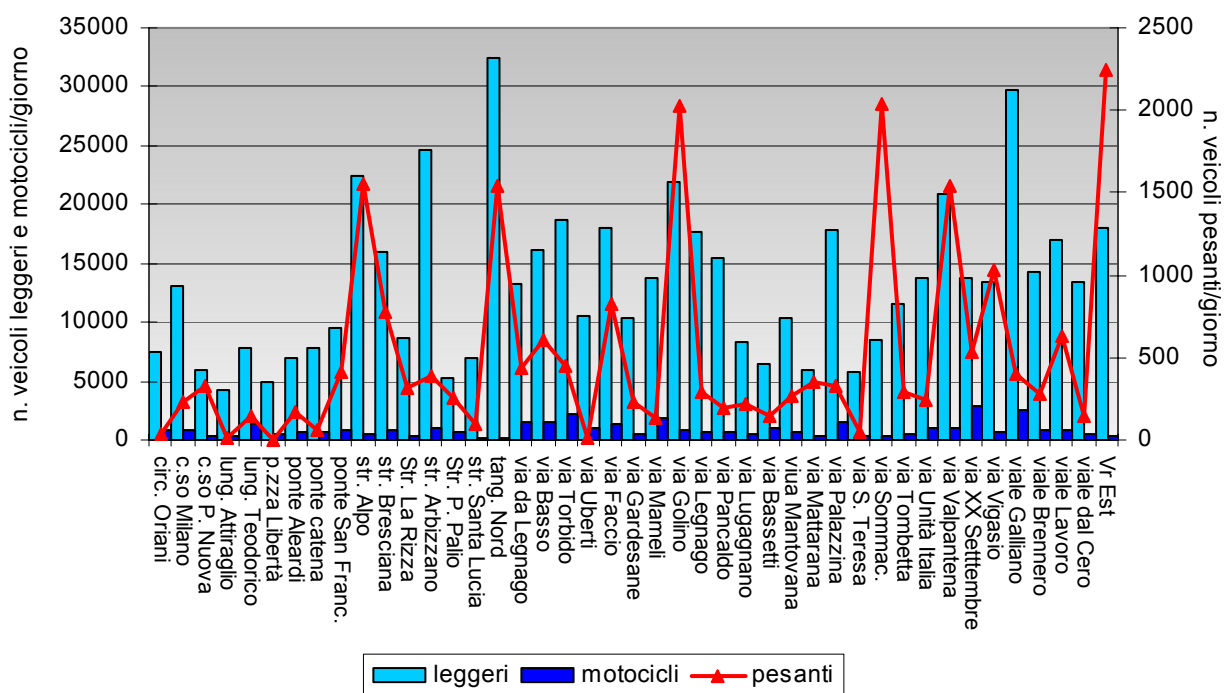


Figura 3-26: stima delle emissioni annuali di benzene e PM10 primario (in Kg/anno/Km) dovute al traffico veicolare sulle principali arterie cittadine, calcolate col modello matematico EMIT (fonte dei dati di traffico: Centro di Responsabilità Mobilità e Traffico Comune di Verona)

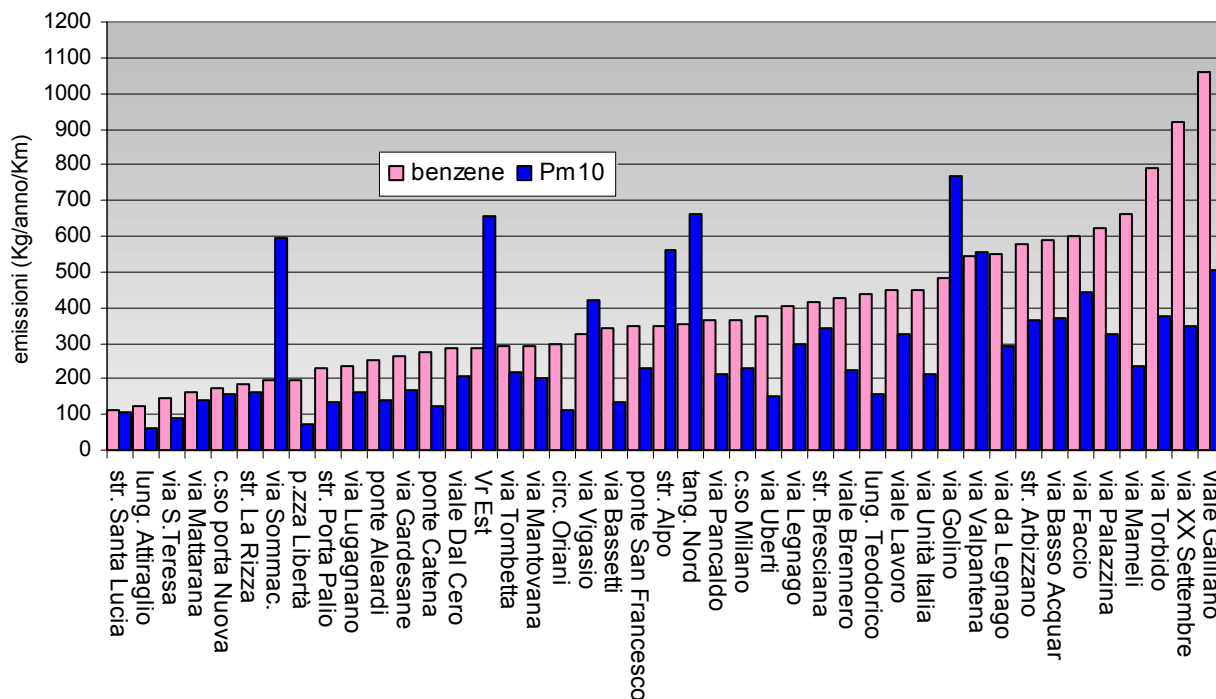
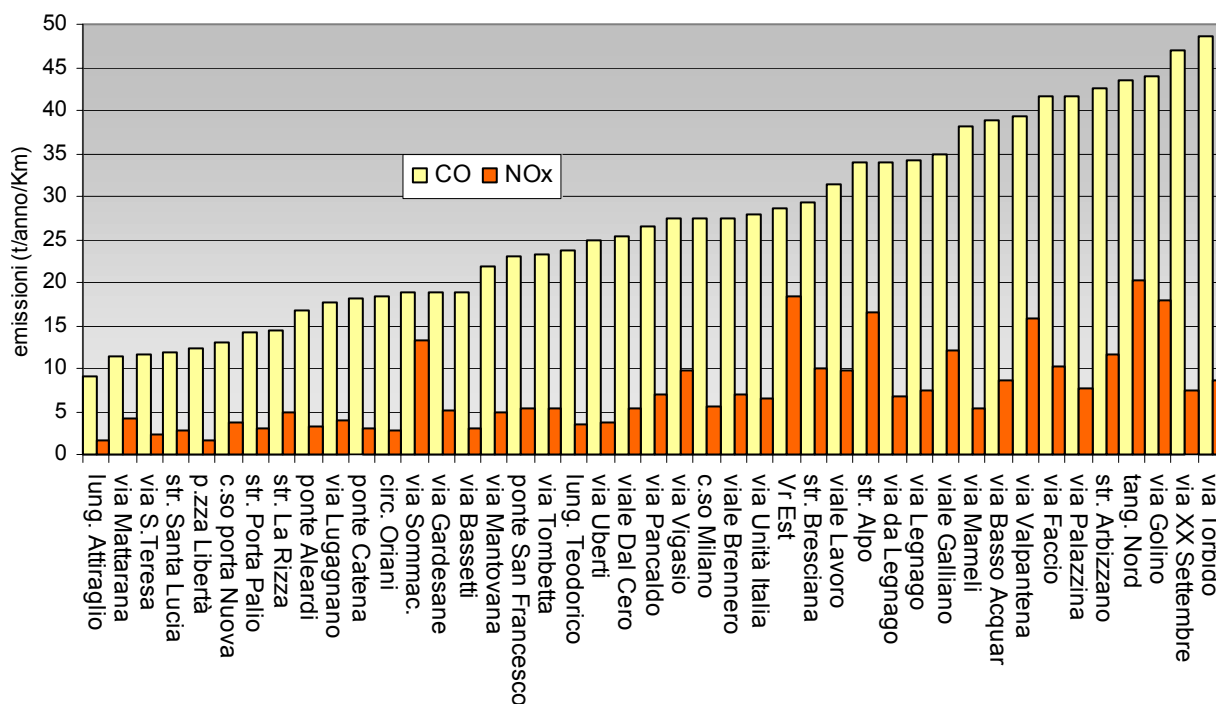


Figura 3-27: stima delle emissioni annuali di monossido di carbonio (CO) e ossidi di azoto (NOx) (in tonnellate/anno/Km) dovute al traffico veicolare sulle principali arterie cittadine, calcolate col modello matematico EMIT (fonte dei dati di traffico: Centro di Responsabilità Mobilità e Traffico Comune di Verona)



Il periodo oggetto di studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera va da novembre 2002 a marzo 2003. La scelta di questo periodo è stata dettata dalle anomalie meteorologiche che hanno fatto dell'inverno 2002-2003 uno dei più critici dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico.

In Figura 3-28, Figura 3-29 e Figura 3-30 sono riportate le mappe di concentrazione di benzene, NO₂ e PM10 nel periodo in oggetto. Come si vede il contributo del traffico cittadino alla concentrazione in aria di benzene è confrontabile con quello dell'autostrada. In particolare i punti critici sono Corso Milano, Barriera Borgo Roma, via Mameli.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti oggetto di studio, monossido di carbonio, ossidi di azoto e PM10 il contributo delle autostrade è dominante rispetto a quello delle strade cittadine prese in considerazione.

In Tabella 3-5 sono posti a confronto i risultati delle rilevazioni delle concentrazioni di benzene effettuate con i campionatori passivi (radielli) e le stime effettuate con il programma di dispersione degli inquinanti ADMS – Urban.

Tabella 3-5: confronto delle concentrazioni medie giornaliere di benzene (in µg/m³) misurate con rivelatori passivi e calcolate con il modello di dispersione ADMS – Urban nel periodo novembre 2002 – marzo 2003. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico.

	concentrazione di benzene misurato (µg/m ³)	concentrazione di benzene calcolato(µg/m ³)
Via Mameli	7	4
Via Mantovana	8	2
C.so Milano	7	5
Barriera B.go Roma	10	3
Porta Vescovo	7	6
Via San Giacomo	4	2

Tabella 3-6: confronto delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂, CO e SO₂ misurate con rivelatori passivi e calcolate con il modello di dispersione ADMS – Urban nel periodo novembre 2002 – marzo 2003. I valori calcolati si riferiscono alla sola componente traffico.

	NO ₂ misurato	NO ₂ calcolato	CO misurato	CO calcolato	SO ₂ misurato	SO ₂ calcolato
Corso Milano	54 µg/m ³	55 µg/m ³	2 mg/m ³	0.3 mg/m ³	2.6 µg/m ³	0.7 µg/m ³

Figura 3-28: mappa della concentrazione media giornaliera del benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuto ai flussi veicolari sulle principali arterie cittadine e autostrade a Verona nell'inverno 2002 - 2003

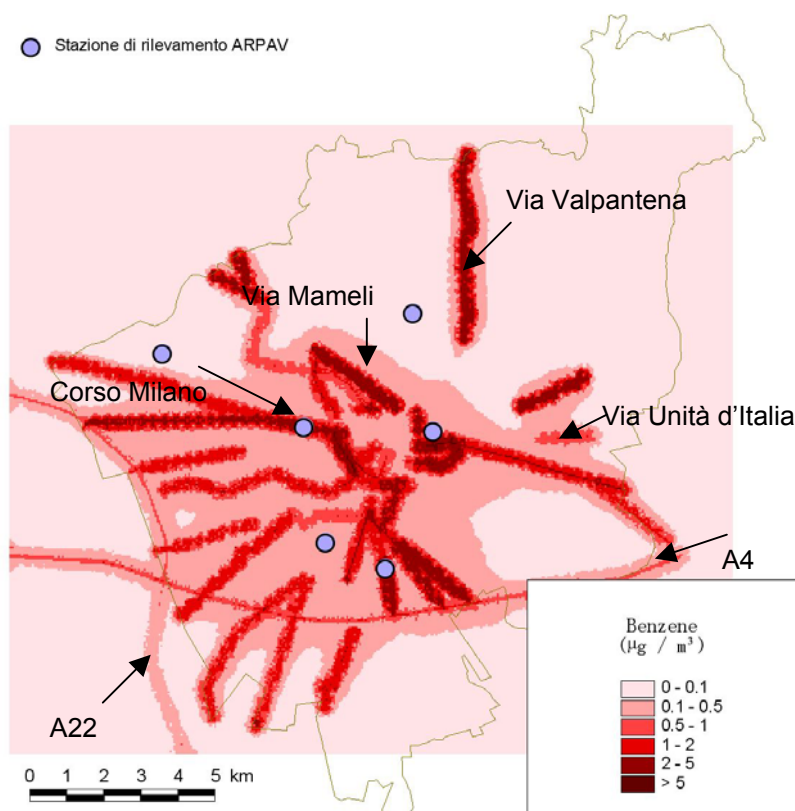


Figura 3-29: mappa della concentrazione media giornaliera di NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuto ai flussi veicolari sulle principali arterie cittadine e autostrade a Verona nell'inverno 2002 - 2003

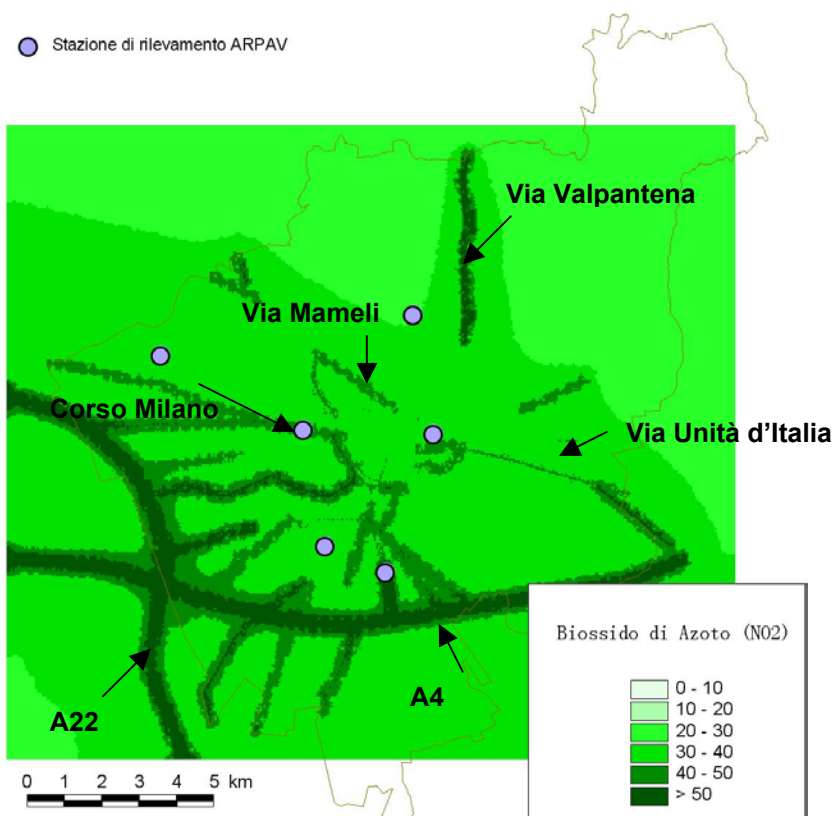
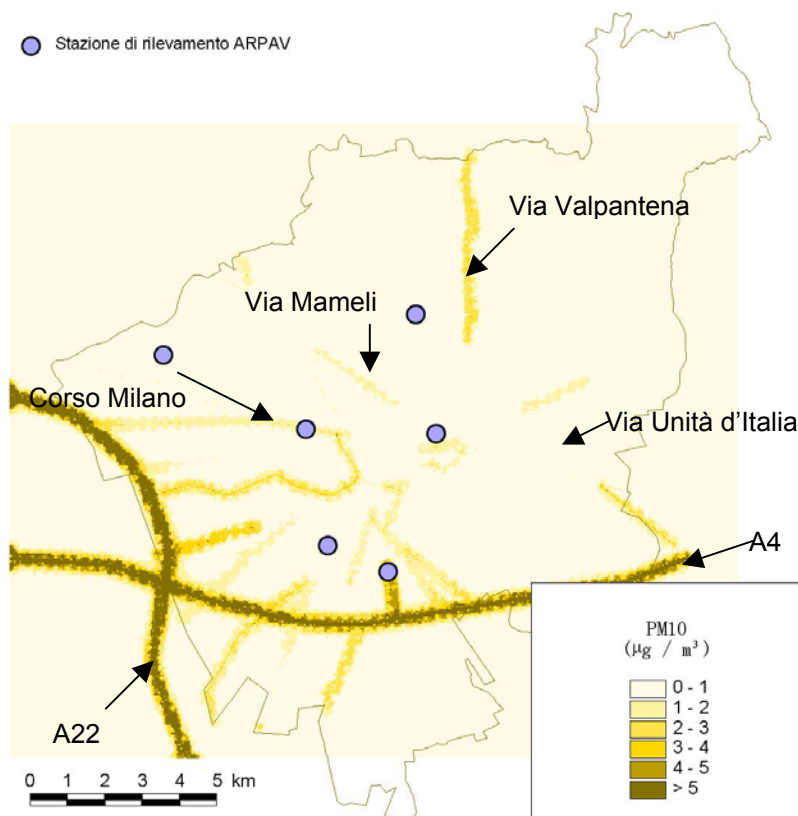


Figura 3-30: mappa della concentrazione media giornaliera di PM10 primario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuto ai flussi veicolari sulle principali arterie cittadine e autostrade a Verona nell'inverno 2002 - 2003



In Figura 3-30 è rappresentata la mappa della concentrazione media giornaliera di polveri sottili. I valori relativamente bassi sono dovuti al fatto che si è considerata solo la componente primaria dovuta alla combustione nei motori degli autoveicoli. Non è stata considerata la componente dovuta al risollevarimento, all'usura dei freni e pneumatici ed ai fenomeni di condensazione gas-particella che avvengono in atmosfera dando origine a PM10 secondario. Si stima che la componente primaria, derivante dal traffico sia pari a circa il 10 – 15 % del totale del PM10. La concentrazione locale di PM10 è inoltre, influenzata da fenomeni di trasporto a macroscale, particolarmente importanti in periodi caratterizzati dalla persistenza di condizioni anticicloniche come il periodo preso in esame.

Al fine di evidenziare il contributo del traffico veicolare è stata studiata la dispersione degli inquinanti nell'ora di punta (8 del mattino). Le condizioni meteorologiche considerate sono quelle che hanno caratterizzato un giorno particolarmente critico, il 15 febbraio 2003 in cui le concentrazioni giornaliere di PM10 a Corso Milano hanno raggiunto il valore di $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed il benzene la concentrazione giornaliera di $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I risultati sono riportati in Figura 3-31, Figura 3-32 e Figura 3-33.

Le arterie che contribuiscono maggiormente ai livelli di inquinamento in atmosfera sono Corso Milano, via Mantovana, via Mameli, via Faccio, via Valpantena ed il collegamento con Verona Est

Figura 3-31: mappa della concentrazione oraria di benzene (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuta al traffico veicolare sulle principali arterie della città di Verona nell'ora di punta (8 del mattino)

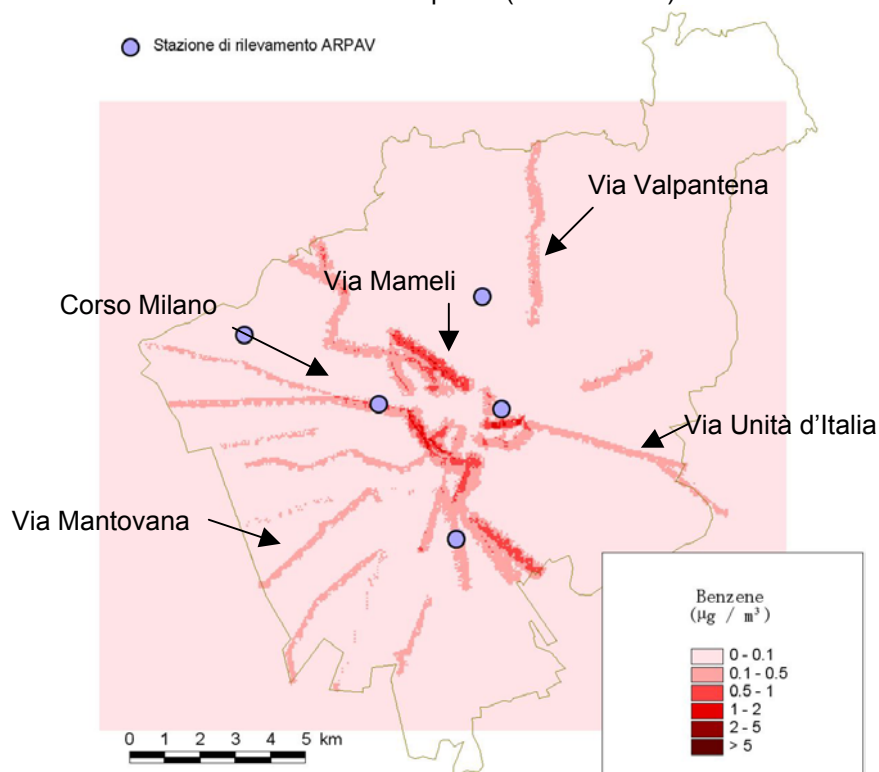


Figura 3-32: mappa della concentrazione oraria di NO_2 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuta al traffico veicolare sulle principali arterie della città di Verona nell'ora di punta (8 del mattino)

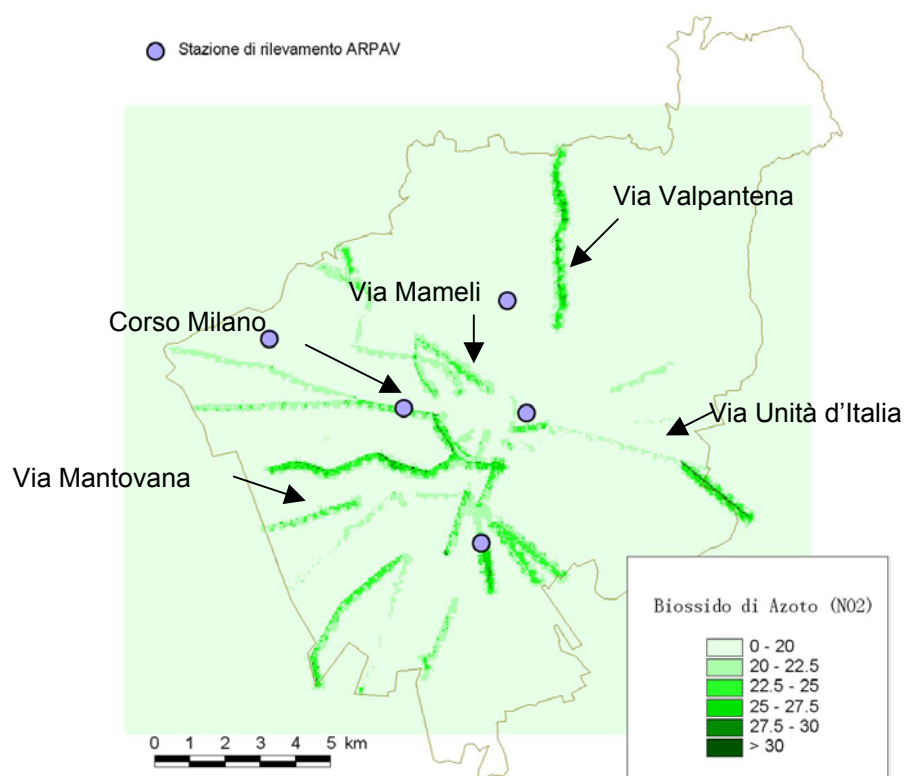
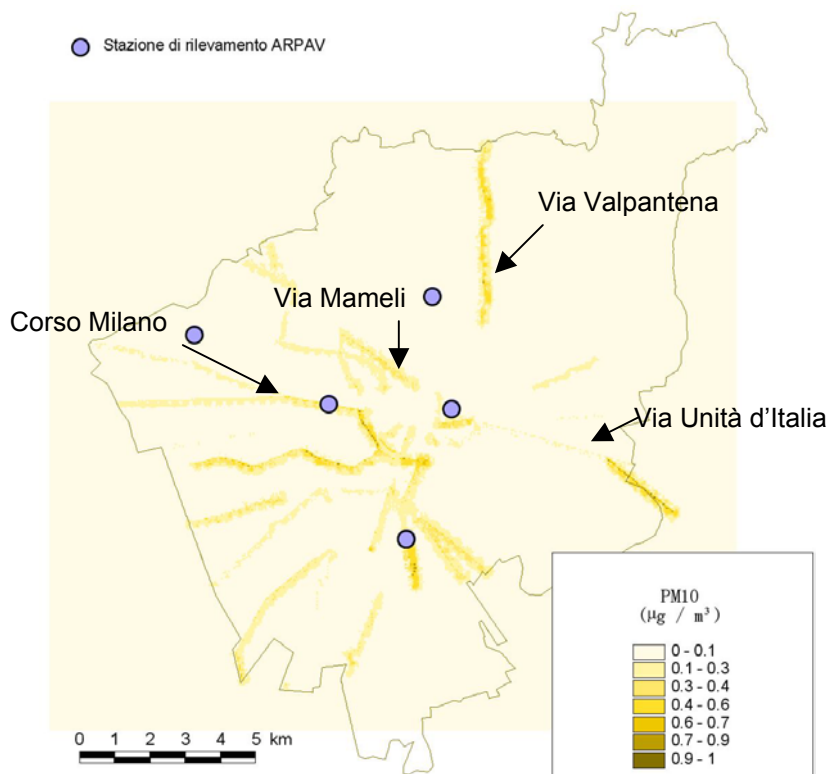


Figura 3-33: mappa della concentrazione oraria di PM10 primario (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dovuta al traffico veicolare sulle principali arterie della città di Verona nell'ora di punta (8 del mattino).



3.6.1 La valutazione della dispersione degli inquinanti: le fonderie Riva

Gli stabilimenti delle ex officine e fonderie Galtarossa, divenuti parte del gruppo Riva Acciaio, si possono annoverare fra le ditte produttive "storiche" della città di Verona. Un tempo sorgevano in un'area periferica della città, in una zona adibita a produzione agricola. La città si è sviluppata con il passare degli anni inglobando anche l'area delle officine Galtarossa che occupano una zona compresa fra il fiume Adige e la ferrovia, adiacente al cimitero monumentale, non lontana dal centro cittadino. La presenza di un'attività produttiva "pesante" nell'ambito urbano da origine ad un notevole impatto ambientale sia a causa dell'aumento del traffico di autocarri in arrivo ed in partenza dalla ditta Riva, sia a causa delle emissioni da parte degli impianti produttivi. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto si devono sottolineare gli sforzi effettuati per aggiornare gli impianti e diminuire l'impatto emissivo.

L'istogramma (Figura 3-34) che rappresenta l'andamento delle emissioni di polveri dai camini della ditta Riva evidenzia la diminuzione dovuta all'introduzione di sistemi di abbattimento più efficaci.

Fino al 1991 i forni di fusione erano dotati di un poco efficiente impianto di abbattimento ad umido, inoltre c'erano elevate emissioni secondarie (cioè non dai camini) dovute alla fuoriuscita di polveri dalla finestratura durante il caricamento dei forni. Nel 1990 sono state misurate emissioni di 17,3 kg/h di polveri. Nel 1991 è entrato in funzione un sistema di abbattimento a secco (cappe di aspirazione) che ha ridotto notevolmente le emissioni secondarie, ed anche quelle dai forni di fusione, portando le emissioni totali a valori dell'ordine di 5-10 kg/h.

Nel 1998 è entrato in funzione un secondo sistema di abbattimento a secco, che ha sostituito quello a umido ed ha permesso una riduzione ulteriore delle emissioni, portandole a valori dell'ordine di 1,5-3 kg/h.

È stata, inoltre, valutata tramite il modello ADMS – Urban la dispersione delle polveri totali sospese, emesse dai camini dei forni di fusione della ditta Riva, sul territorio urbano di Verona nel periodo novembre 2002 – marzo 2003.

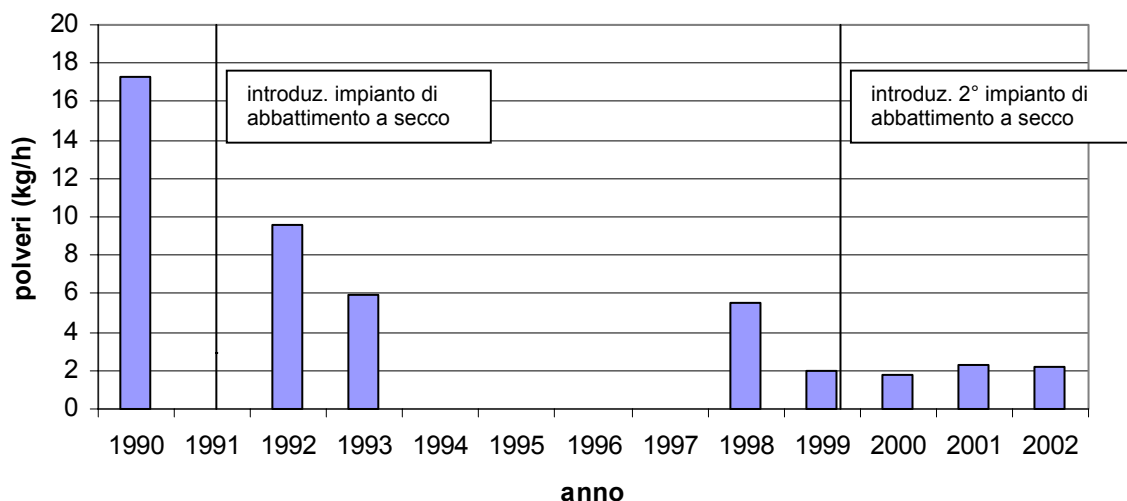
Le caratteristiche dei due camini sono le seguenti:

altezza	30 m	Temperatura dei fumi	70 °C
Diametro	5.2 m	Velocità dei fumi	11 m/s
sezione	21 m ²	portata	6669000 Nm ³ /h

Le emissioni dei due camini sono state misurate nell'ambito del programma annuale di verifica delle emissioni industriali dal personale del Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona, le emissioni misurate sono le seguenti:

camino n. 19 – reparto fonderia	2.0 mg/Nm ³
camino n. 22 – reparto fonderia	1.4 mg/Nm ³

Figura 3-34: emissioni di polveri dovute all'attività di fonderia della ditta Riva Acciaio



Come si vede dalla Figura 3-35 in condizione dell'atmosfera poco dispersive come quelle che hanno caratterizzato il periodo in oggetto il punto di maggior ricaduta si situa nelle vicinanze della sorgente. Le altre aree maggiormente interessate dalle emissioni di polveri sono il centro storico di Verona e la zona a Sud-Est.

Figura 3-35: mappa della concentrazione media giornaliera delle polveri totali sospese dovute alle emissioni della ditta Riva Acciaio (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$): periodo novembre 2002 – marzo 2003

