

COMUNE DI
VENEZIA



ASSESSORATO ALL'AMBIENTE

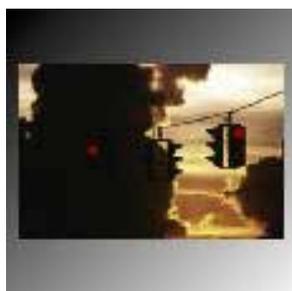


DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI VENEZIA
OSSERVATORIO ARIA

QUALITÀ DELL'ARIA NEL COMUNE DI VENEZIA

RAPPORTO ANNUALE 2001

(DM 21 aprile 1999, n. 163)



GENNAIO 2002

Realizzato a cura di:

A.R.P.A.V.

Area Tecnico-Scientifica
Dipartimento Provinciale di Venezia
Osservatorio Regionale Aria

(direttore: ing. C. Terrabujo)
(direttore: dr. R. Biancotto)
(responsabile: dr. A. Benassi)

COMUNE DI VENEZIA

Assessorato all' Ambiente
Direzione Ambiente e Sicurezza del Territorio
Servizio Ambiente

(assessore: arch. P. Cacciari)
(direttore: dr. G.L. Penzo)
(dirigente: dr.ssa A. Bressan)

Hanno collaborato alla *gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria ed alle analisi chimiche*:

ing. L. De Rossi, p.i. R. Mares, p.i. C. Pettenò, p.i. C. Piranese, p.i. A. Scapin, p.i. E. Tarabotti del Servizio Territoriale del Dipartimento ARPAV Provinciale;
dr.ssa E. Dell'Andrea, p.i. R. De Lorenzo, dr. G. Formenton, dr.ssa N. Rado del Servizio Laboratori del Dipartimento ARPAV Provinciale.

Hanno collaborato all'*analisi dei dati relativi alla pressione ed allo stato, nonché agli approfondimenti specialistici*:

dr.ssa M. Rosa, dr.ssa S. Pistollato del Servizio Sistemi Ambientali del Dipartimento ARPAV Provinciale;
dr. A. Benassi, dr.ssa F. Liguori, dr.ssa K. Lorenzet, dr. G. Maffeis, dr.ssa G. Marson, dr.ssa S. Pillon, dr.ssa L. Susanetti, p.i. P. Tieppo dell'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV;
dr. A. Bortoli responsabile dell'UdP "Microinquinanti" del Dipartimento ARPAV Provinciale;
dr. R. Biancotto direttore del Dipartimento ARPAV Provinciale.

Hanno collaborato alla *valutazione della risposta ed alla descrizione delle linee di intervento*:
prof. G. Moriani dell'Università Cattolica di Roma, dr.ssa A. Zancanaro del Settore Ambiente del Comune di Venezia.

Si ringraziano:

il dr. G. Palma e il p.i. E. Rampado dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera per i dati meteorologici e della rete privata;
il prof. R. Stevanato dell'Università Ca' Foscari di Venezia per la collaborazione nell'analisi della campagna di Torcello;
il dr. M. Bressan del Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova per l'approfondimento sugli effetti degli inquinanti;
l'arch. A. Ciocia e l'ing. S. Grandese del Comune di Venezia Settore Mobilità e Traffico per i dati relativi ai flussi di traffico;
le strutture che hanno ospitato i campionatori passivi.

Redatto da: Dr.ssa M. Rosa e Dr.ssa S. Pistollato

(Tutti i diritti riservati. E' vietata la riproduzione anche parziale non espressamente autorizzata).

Prefazione

1. Un brutto inverno

Nella nostra città le medie dello scorso anno dei principali inquinanti da traffico sono leggermente migliorate, ma questo inverno è bastato un periodo di prolungata siccità ed alta pressione atmosferica per far precipitare l'intera pianura Padana in una nuova emergenza ambientale.

Tutti noi abbiamo dovuto imparare a fare i conti con le polveri totali sospese (PTS) e con le polveri fini inalabili (denominate con la sigla PM_{10} o $PM_{2,5}$ dal diametro del particellato espresso in micron) i cui parametri hanno spesso superato i limiti di attenzione e di allarme. I motori diesel sono i principali responsabili della loro emissione, ma non solo loro. Ciò ha costretto molti sindaci ad emanare provvedimenti d'urgenza, di draconiana limitazione della circolazione automobilistica nelle città per tentare di contenere l'accumulo in aria delle sostanze nocive alla salute. Le polveri, infatti, possono rimanere in sospensione nell'aria per molto tempo: troppo leggere per depositarsi al suolo, troppo fini per essere trasportate dal vento. Se inalate per periodi prolungati di tempo possono provocare danni alle vie respiratorie, specie nei soggetti più deboli, vecchi e bambini.

L'Organizzazione Mondiale della sanità ci avverte che patologie quali asma, allergie, riniti sono in aumento e tendono a cronicizzarsi. Per le amministrazioni pubbliche è quindi un preciso dovere difendere con tutti i mezzi loro consentiti la salute dei cittadini.

A Venezia, fino ad oggi, lo abbiamo fatto sperimentando la chiusura totale del centro abitato di Mestre in una giornata festiva e della circolazione limitata a "targhe alterne" per altre due giornate feriali. Siamo consapevoli dei disagi e delle incomprensioni che tali provvedimenti hanno provocato in molti abitanti della terraferma. E' spesso difficile rendersi conto del contributo generale che può venire anche da una singola, modesta azione individuale. Ma possiamo assicurare che il sacrificio è stato utile, oltre che necessario. I molti dati analitici raccolti dalle centraline di rilevamento dimostrano che per quei giorni siamo riusciti a contenere l'accumulo delle polveri e a limitare di molto altri pericolosi inquinanti chimici. Del resto, il blocco del traffico è una misura d'emergenza prevista (e imposta) dalle leggi nazionali in determinati casi. Un provvedimento che dovremo necessariamente riprendere anche in futuro ogni qual volta si dovesse verificare il superamento dei livelli di attenzione. Ce ne scusiamo in anticipo, ci impegniamo a migliorare l'informazione e le modalità di realizzazione (parcheggi volanti e trasporti navetta), ma sappiamo che decisiva sarà la consapevolezza e la collaborazione dei cittadini.

Vogliamo comunque ricordare che l'efficacia dei provvedimenti è stata dimostrata anche in altre città d'Italia dove si sono prese misure analoghe alle nostre: Milano e in 16 comuni limitrofi, Torino e altri 9 comuni, Firenze, Bologna, solo per citare i capoluoghi. Quasi tutte le Regioni del Nord si sono attivate per tempo: Lombardia con una legge, Piemonte con una delega alle Province, Emilia Romagna firmando un protocollo di intesa con i Comuni. Spiace dover constatare che solo la Giunta regionale del Veneto non ha assunto alcuna iniziativa. Piace invece constatare che anche i comuni di Rovigo, Padova, Vicenza stanno mettendo in atto iniziative straordinarie di limitazione del traffico veicolare. Nel Veneto Venezia è stata la prima ad accorgersi dell'emergenza e la prima ad affrontare il problema.

2. I caratteri strutturali dell'emergenza

Bisogna rendersi conto che le particolari condizioni meteorologiche di questo inverno hanno solo estremizzato una situazione di inquinamento dell'aria, in verità, ormai cronica. D'inverno le polveri, d'estate l'ozono, mediamente gli idrocarburi policiclici aromatici e il benzene sono sopra i limiti che scienziati e medici ritengono tollerabili per l'ambiente e la salute umana. La situazione risulterà ancora più evidente con il prossimo recepimento delle Direttive Europee (99/30 e 00/69) che rendono più stringenti i parametri ammissibili per i più tipici inquinanti prodotti dal traffico automobilistico (Ozono, Biossido di Azoto, Biossido di Zolfo, Piombo, Benzene, Monossido di Carbonio, Particolato).

Vogliamo essere chiari e leali con i nostri cittadini e con noi stessi prima ancora che con le leggi dello Stato e (se le vorrà fare) della Regione. Per le polveri le Direttive europee impongono che venga rispettata entro il 2005, la media annua di 40 microgrammi per metrocubo e la soglia massima di 50 microgrammi per metrocubo per non più di 35 giorni nell'arco di un anno. Entro il 2010 tali limiti si dovranno abbassare ancora.

Il Decreto di applicazione delle Direttive Europee, recentemente concordato con la Conferenza Stato-Regioni, prevede che le Regioni svolgano un ruolo di coordinamento e di programmazione degli interventi attraverso "Piani o programmi per la prevenzione, il mantenimento e il risanamento della qualità dell'aria" da varare entro 12 mesi. Non ci saranno più, ci auguriamo, sistemi diversi di misurazione dei parametri di qualità dell'aria e interventi "arlecchino" tra città e città, che tanto hanno fatto ironizzare i commentatori dei giornali, quasi che i polmoni delle persone siano diversi tra posto e posto.

Ma dobbiamo sapere che nella nostra città siamo fuori i nuovi limiti. Dobbiamo quindi prevedere una fase di emergenza prolungata, con limitazioni del traffico programmate nei periodi durante i quali le serie storiche dei dati raccolti ci indicano più probabile l'accumulo di inquinanti. Tutto ciò per il tempo che sarà necessario per modificare la situazione strutturale del sistema della mobilità urbana ed extraurbana in funzione al risanamento ambientale della città.

Ci dobbiamo insomma attrezzare a contenere gli inquinamenti da traffico a partire da quelli generati dalla Tangenziale autostradale, attraversata da 120 mila automezzi al giorno. Come si evince dai dati elaborati dai modelli dell'Arpav, il contributo all'inquinamento cittadino del traffico extraurbano supera il 50%. E' per questo che il nodo di Mestre va trattato alla stessa stregua dei valichi alpini di frontiera al fine di fluidificare il traffico, eliminare le fermate e le accelerazioni, minimizzare gli impatti.

3. Cambiare le politiche; riequilibrare i pesi tra le diverse modalità di trasporto

Ci rendiamo perfettamente conto che se non si accelerano le progettazioni e le realizzazioni di interventi strutturali del sistema della mobilità, saremo costretti a vivere in emergenza permanente.

Per realizzare una mobilità sostenibile è necessario invertire la tendenza nell'uso dei sistemi di trasporto: dalla gomma al ferro, dall'individuale al collettivo. Mestre è collocata in un nodo strategico della viabilità nazionale ed è perciò direttamente interessata dalle scelte di politica generale dei trasporti; nazionale ed europea. La popolazione di Mestre e l'Amministrazione comunale di Venezia hanno quindi tutto il diritto di far valere il proprio punto di vista sulle politiche nazionali del trasporto.

Va ricordato che in Italia ancora le merci viaggiano per il 72% su camion e solo il 9% su treno, contro il 24 della Francia, il 22 della Germania, il 20 della media europea. Lo sviluppo delle metropolitane urbane in Italia è di 130 chilometri, meno della Spagna, un terzo della Francia, un quinto della Germania. Ciò nonostante con l'ultimo bilancio dello Stato il Governo

ha finanziato la realizzazione di 2 mila chilometri di nuove strade e autostrade, mentre la rete ferroviaria utilizzabile diminuisce. In Italia non mancano le strade. Sono gli indici di motorizzazione ad essere troppo elevati: 490 veicoli a motore ogni 1.000 abitanti. Anche i benefici che si ottengono incentivando le rottamazioni e il rinnovo del parco veicoli in circolazione (marmitte catalitiche, metano, ecc.) rischiano di essere vanificati dall'aumento vertiginoso delle nuove immatricolazioni: quattro per ogni bambino nato!

Le previsioni per il traffico merci sono ancora peggiori. Secondo studi della UE la domanda di mobilità delle merci attraverso i quattordici valichi transalpini, da Ventimiglia a Trieste, è aumentata del 75% negli ultimi 15 anni, aumenterà del 40% nei prossimi cinque anni e del 100% nei prossimi venti anni. Attualmente attraversano la catena alpina 139 milioni di tonnellate di merci, il 63% delle quali su gomma per un totale di 5 milioni di mezzi pesanti. 47 milioni sono invece le automobili all'anno. Solo per il Brennero ogni anno passano 13 milioni di auto e 1.250.000 camion. Di fronte all'enormità di tale "spontanea" tendenza, gli atteggiamenti dei governi dei paesi di frontiera sono opposti al nostro. La Svizzera ha deciso che entro il 2004 dovrà avvenire il trasferimento totale delle merci in transito su mezzi ferroviari.

Già ora sono stati imposti divieti vari ai Tir nel tonnellaggio, nei transiti notturni e nei weekend. I valichi austriaci la scorsa estate sono stati oggetto di un clamoroso e prolungato blocco stradale degli ambientalisti concordato con le autorità governative che da tempo impongono agli autotrasportatori forti limitazioni con l'"accordo di transito" e controlli delle emissioni ("ecopunti") con l'obiettivo di raggiungere entro il 2003 una diminuzione del 60% delle emissioni di ossido di azoto. Anche dalla Slovenia giungono notizie di proteste delle comunità locali per l'eccesso di inquinamento provocato dal traffico pesante. Solo il Governo italiano non sembra interessato a tutelare il proprio territorio dall'invasione dei Tir.

E' del tutto evidente che ciò che manca nel nostro Paese è una politica dei trasporti capace di riequilibrare i pesi tra le diverse modalità e, soprattutto, di modificare la logistica dei trasporti (il 15% dei mezzi viaggiano a vuoto) e delle modalità produttive. Just in time, contoterzismo, delocalizzazione, reti corte e lunghe di aziende coordinate... riescono ad eliminare giacenze e magazzini delle imprese, ma aumentano le necessità di spostamenti di materiali e semilavorati. Per non parlare dei disastrosi impatti sul territorio che comportano le megastrutture commerciali. Per ora, nemmeno le nuove tecnologie informatiche (telelavoro, teleacquisti, ecc.) sembrano avere effetti rilevabili nella riduzione degli spostamenti individuali.

In coerenza con le politiche europee il Comune di Venezia è impegnato nel concretizzare l'idea di una "autostrada viaggiante", ovvero di una "Pedemontana ferroviaria", che colleghi i centri intermodali di Cervignano (Friuli), di Padova, di Bologna e del Quadrante Europa di Verona, che a loro volta sono collegati via ferrovia ai valichi alpini del Brennero e Tarvisio.

Per quanto riguarda la viabilità di interesse nazionale, il Comune di Venezia attende ancora di conoscere quali saranno le effettive scelte di Governo e Regione in merito al "passante autostradale" di Mestre. Le nostre opzioni sono note da tempo e non sono cambiate con il cambiare del Governo. Per noi è prioritario che il traffico di attraversamento che dovesse continuare a transitare all'interno dell'area urbana venga messo in sicurezza.

4. Un piano straordinario per le città sostenibili

A fronte dell'emergenza i Comuni d'Italia tramite l'Anci hanno chiesto al Governo un piano straordinario unico di interventi in ambito urbano, un tavolo permanente di consultazione che comprenda anche il Ministero delle infrastrutture e una conferenza nazionale sulla mobilità sostenibile. Il ministro per l'Ambiente Matteoli ha a sua volta presentato un "Programma di

interventi e di proposte per la lotta all'inquinamento atmosferico", mettendo a disposizione una cifra alquanto modesta di 255 milioni di Euro. L'obiettivo comune è il miglioramento della qualità dell'aria tramite la razionalizzazione del sistema del traffico e dei trasporti.

Le azioni proposte vanno in più direzioni, molte delle quali già praticate dal Comune di Venezia: utilizzo di carburanti più ecologici (incentivi alla trasformazione delle auto non catalizzate in GPL o metano, incentivi alla trasformazioni del parco mezzi pubblici con gasolio emulsionato o biodisel); sperimentazione del car sharing (Venezia sta facendo da apripista con la sperimentazione in atto da parte della ASM); istituzione dei mobility manager che hanno il compito di pianificare gli spostamenti pendolari dei dipendenti delle aziende con più di 300 dipendenti (il Comune ha deciso di unificare le proprie funzioni con quelle della Provincia); incrementare le "domeniche ecologiche" (Venezia accompagna questi eventi con azioni nelle scuole di educazione ambientale); ecc. Ma la vera sfida è nei piani di miglioramento delle infrastrutture di trasporto: treni regionali, metropolitane, tram, viabilità dedicata, parcheggi scambiatori, piste ciclabili. Le risorse necessarie ad implementare i progetti e ad accelerare la loro realizzazione sono insufficienti e le procedure inceppate.

I Comuni chiedono che il progetto di legge delegato ordinamentale alla Finanziaria, recante disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti, contenga e privilegi i progetti finalizzati alla realizzazione delle strutture di mobilità sostenibile di carattere metropolitano per il risanamento ambientale urbano. Più in generale la legislazione nazionale (e regionale) dovrebbe rafforzare e dare piena attuazione ai Piani Urbani della Mobilità, strumento che integra tutti i progetti di mobilità in un unico strumento razionale ed efficace.

5. Il PUT

Il Comune di Venezia giunge quest'anno all'importante appuntamento con l'approvazione del suo primo Piano urbano del traffico. Il PUT ha validità biennale e si configura necessariamente come una razionalizzazione della viabilità interna al centro urbano di Mestre in attesa di poter contare sulle nuove infrastrutture: Servizio Metropolitano Regionale di Superficie (i primi lotti sono stati appaltati), Tram (la realizzazione è stata affidata all'Actv), parcheggi scambiatori (i primi, a Santa Maria dei Battuti per 253 posti auto e in Via Trieste a Marghera per 80 posti, verranno completati entro quest'anno), terminal turistici (Fusina e Tessera), piste ciclabili (è previsto il raddoppio del loro chilometraggio) e, a Venezia, importanti risulteranno essere gli interventi al Tronchetto (monorotaia, nuovo deposito dei mezzi acquei Actv).

Dall'attuazione del Put, che consentirà una gestione più razionale e una fluidificazione del traffico, ci si attendono benefici in termini di qualità dell'aria.

Paolo Costa
Sindaco

Paolo Cacciari
Assessore all'Ambiente

Michele Mognato
Assessore alla Mobilità

INDICE

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | <u>Quadro di riferimento</u> | 3 |
| 1.1. | Inquinamento atmosferico: normativa nazionale e comunitaria..... | 3 |
| 1.1.1. | Limiti e standard di legge | 3 |
| 1.1.2. | Monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano | 8 |
| 1.2. | Inquadramento territoriale | 10 |
| 1.2.1. | Rete ARPAV di monitoraggio | 10 |
| 1.2.2. | Campagne di misura periodiche..... | 13 |
| 1.2.3. | Rete privata di monitoraggio | 13 |
| 1.3. | Caratterizzazione ed effetti degli inquinanti..... | 16 |
| 2. | <u>Caratterizzazione della pressione</u> | 24 |
| 2.1. | L'inventario delle emissioni | 24 |
| 2.2. | Informazioni disponibili per l'ambito territoriale veneziano | 26 |
| 3. | <u>Caratterizzazione dello stato</u> | 29 |
| 3.1. | Analisi dei dati meteorologici..... | 29 |
| 3.1.1. | Serie storica dei dati meteorologici..... | 30 |
| 3.1.2. | Andamento parametri meteorologici anno 2001..... | 31 |
| 3.1.3. | Classi di stabilità atmosferica anno 2001..... | 33 |
| 3.1.4. | Caratterizzazione meteoclimatica semestre caldo e semestre freddo | 34 |
| 3.2. | Analisi della qualità dell'aria per l'anno 2001 | 37 |
| 3.2.1. | Classificazione degli inquinanti..... | 37 |
| 3.2.2. | Criteri di analisi delle serie storiche di concentrazioni inquinanti..... | 38 |
| 3.2.3. | Efficienza della rete di monitoraggio e controllo di qualità dei dati..... | 40 |
| 3.2.4. | Biossido di zolfo (SO ₂)..... | 43 |
| 3.2.5. | Ossidi di azoto (NO _x) | 46 |
| 3.2.6. | Monossido di carbonio (CO) | 50 |
| 3.2.7. | Polveri (PTS e PM ₁₀) | 53 |
| 3.2.8. | Ozono (O ₃)..... | 61 |
| 3.2.9. | Composti Organici Volatili (COV)..... | 66 |
| 3.2.9.1. | Benzene (C ₆ H ₆)..... | 69 |
| 3.2.9.2. | Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)..... | 73 |
| 3.2.10. | Livelli di concentrazione in aria degli inquinanti non convenzionali nelle principali aree urbane del Veneto..... | 79 |
| 3.2.11. | Trend storici: analisi temporali | 82 |
| 3.2.12. | Correlazioni tra stazioni di misura: analisi spaziali | 90 |
| 3.2.12.1. | Parametri convenzionali | 90 |
| 3.2.12.2. | Parametri non convenzionali | 92 |
| 3.3. | Mappatura del benzene mediante campionatori passivi ad integrazione dei rilievi condotti presso le stazioni della rete fissa..... | 94 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.4. | Campagne di misura realizzate mediante laboratorio mobile | 101 |
| 3.4.1. | Campagna realizzata a Torcello nei pressi della Cattedrale S. M. Assunta..... | 101 |
| 3.4.2. | Campagna realizzata a Marghera presso la Banchina dell'Azoto - Area ex Agrimont | 107 |
| 3.4.3. | Campagna realizzata a Marghera in via dell'Elettronica 21 presso il Centro Intermodale Adriatico | 108 |
| 3.4.4. | Campagna realizzata a Mestre in via Castellana, 164 presso le scuole d'infanzia Gori e Melograno | 110 |
| 3.5. | Domeniche ecologiche e giornata europea 22 settembre 2001 "In città senza la mia auto" | 110 |
| 3.6. | Considerazioni conclusive sullo stato e problematiche emergenti | 111 |
| 4. | <u>Caratterizzazione della risposta. Dall'inquinamento al disinquinamento</u> | |

ALLEGATI

Allegato 1: Statistiche descrittive

Allegato 2: Confronto degli indici statistici con i valori guida e limite

Allegato 3: Numero di superamenti dei livelli di attenzione e di allarme

Allegato 4: Tavole cartografiche

BIBLIOGRAFIA

APPENDICI

APPENDICE 1: Stima delle emissioni da traffico veicolare con applicazione della metodologia COPERT III nel Comune di Venezia

APPENDICE 2: Monitoraggio dei metalli presenti nelle polveri aereodisperse nell'atmosfera di Mestre e di Venezia

APPENDICE 3: Stima delle ricadute industriali di acrilonitrile e cloruro di vinile monomero nell'area veneziana

1. Quadro di riferimento

1.1. Inquinamento atmosferico: normativa nazionale e comunitaria

Nel seguito viene proposta una breve rassegna della legislazione nazionale e comunitaria relativamente alla tematica della qualità dell'aria, con particolare riferimento ai parametri utilizzati nel presente Rapporto Annuale, per la descrizione dello stato dell'ambiente atmosferico urbano.

Va ricordato che sono in corso di emanazione i decreti di recepimento delle più recenti direttive europee.

1.1.1. Limiti e standard di legge

Una sostanza inquinante per l'aria può essere identificata in base ai suoi effetti temporanei o irreversibili, immediati o a lungo termine, in funzione del suo impatto sulla salute umana e della sua capacità di produrre sostanze che divengono a loro volta potenzialmente nocive, reagendo con altri componenti naturali e non dell'atmosfera. I composti inquinanti sono classificati in base alla loro pericolosità, valutata dal punto di vista tossicologico, e alla loro aggressività nei confronti dell'ambiente naturale o dei beni materiali. Nell'ambito di tali indicazioni generali, la normativa in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico si è sviluppata definendo alcuni criteri di valutazione illustrati nel seguito.

Tabella 1- Standard di qualità (DPCM 28/03/83; DPR 203/88; DM 16/05/96).

| Inquinante | Specifica dato | Periodo di riferimento | Tempo di mediazione | Valore Guida (DPR 203/88) | Valore Limite (DPCM 28/03/83) |
|--------------------------------------|---|--|---|-----------------------------|-------------------------------|
| Biossido di zolfo SO ₂ | Media aritmetica e mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 01/04 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | 40 – 60 µg/m ³ | 80 µg/m ³ |
| | Valore medio delle 24 ore | giornaliero | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | 100 - 150 µg/m ³ | -- |
| | 98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 01/04 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | -- | 250 µg/m ³ |
| | Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno | 01/10 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | -- | 130 µg/m ³ |
| Biossido di azoto NO ₂ | 98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno | 01/01 - 31/12 | 1 ora | 135 µg/m ³ | 200 µg/m ³ |
| | 50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno | 01/01 - 31/12 | 1 ora | 50 µg/m ³ | -- |
| Ozono O ₃ | Concentrazione media di 1 ora da non raggiungere più di 1 volta al mese | ogni mese | 1 ora | -- | 200 µg/m ³ |
| | Livello per la protezione della salute (DM 16/05/96) | almeno 4 volte al giorno intervalli 0-8;8-16;12-20;16-24 | media mobile "trascinata" su 8 ore | -- | 110 µg/m ³ |
| | Livello per la protezione della vegetazione (DM 16/05/96) | valore medio su 1 ora | 1 ora | -- | 200 µg/m ³ |
| | Livello per la protezione della vegetazione (DM 16/05/96) | valore medio su 24 ore | 24 ore | -- | 65 µg/m ³ |
| Monossido di carbonio CO | Concentrazione media di 8 ore | giornaliero | 8 ore | -- | 10 mg/m ³ |
| | Concentrazione media di 1 ora | giornaliero | 1 ora | -- | 40 mg/m ³ |
| Particelle sospese PTS | Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 01/04 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | 40 - 60 mg/m ³ | 150 µg/m ³ |
| | 95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno | 01/04 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | -- | 300 µg/m ³ |
| | Valore medio delle 24 ore | 01/04 - 31/03 | 24 ore: dalle ore 00 alle ore 24 | 100 – 150 mg/m ³ | -- |
| Idrocarburi non metanici NMHC | Concentrazione media di 3 ore consecutive in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti | giornaliero | 3 ore: dalle ore 8 alle ore 11 e dalle ore 17 alle ore 20 | -- | 200 µg/m ³ |

I. Standard di qualità: riferiti a monitoraggi sul lungo periodo, indicano quali sono le concentrazioni ritenute “sopportabili” e quali invece sono da ritenersi pericolose in relazione al periodo di riferimento, solitamente l'anno solare o l'anno ecologico. Tali limiti sono fissati dal DPCM 28/03/83 come modificato dal DPR 203/88. Per l'ozono valgono anche i limiti riportati nel DM 16/05/96 (Tabella 1).

II. Livelli di attenzione e di allarme: si applicano per le aree urbane a situazioni di inquinamento acuto, e si riferiscono a cicli di monitoraggio di 24 ore consecutive.

I limiti, riferiti a seconda degli inquinanti a medie orarie o giornaliere, si ritengono superati soltanto se il superamento avviene in più di una stazione, secondo i criteri riportati nel DM 15/04/94, successivamente modificato dal DM 25/11/94. Per l'ozono valgono anche i limiti riportati nel DM 16/05/96 (Tabella 2). Per quest'ultimo inquinante lo stato di Attenzione o di Allarme scatta quando vi è un superamento delle medie orarie di una qualsiasi stazione.

Tabella 2 - Limiti di attenzione e di allarme previsti dal DM 25/11/94 per gli inquinanti cosiddetti “convenzionali”.

| Inquinante convenzionale | Livello di attenzione | Livello di allarme | Specifico dato | Situazione di attenzione e di allarme |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------------|
| CO (mg/m ³) | 15 | 30 | Media oraria | Superamento nel 50% staz. A,C |
| SO ₂ (µg/m ³) | 125 | 250 | Media giornaliera | Superamento nel 50% staz. A,B,C |
| NO ₂ (µg/m ³) | 200 | 400 | Media oraria | Superamento nel 50% staz. A,B |
| PTS (µg/m ³) | 150 | 300 | Media giornaliera | Superamento nel 50% staz. A,B,C |
| O ₃ (µg/m ³) | 180 | 360 | Media oraria | Una qualsiasi stazione di tipo A o D |

III. Obiettivi di qualità: previsti dal DM 25/11/94 (Tabella 3), si applicano alle polveri PM₁₀, al benzene e al benzo(a)pirene in aree urbane.

Tabella 3 - Obiettivi di qualità per inquinanti cosiddetti “non convenzionali”.

| Inquinante non convenzionale | Periodo di osservazione | Obiettivo di qualità |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| polveri fini PM ₁₀ | media mobile annuale | 40 µg/m ³ |
| benzene C ₆ H ₆ | media mobile annuale | 10 µg/m ³ |
| idrocarburi policiclici aromatici IPA | media mobile annuale | 1 ng/m ³ |

Gli obiettivi di qualità indicano valori verso i quali tendere progressivamente nel tempo in modo da migliorare la qualità dell'aria. Sono considerati nella pianificazione delle politiche ambientali quando si vogliono ottenere miglioramenti nel medio - lungo periodo su determinati inquinanti e rappresentano in ogni caso il riferimento cui attenersi nella valutazione della qualità dell'aria.

Mentre gli standard e gli obiettivi di qualità rappresentano valori limite da riferire al monitoraggio di lungo periodo, i livelli di attenzione e di allarme sono stati pensati per le situazioni acute di inquinamento. In questi casi, infatti, la normativa ha previsto, per i centri urbani dotati di rete di monitoraggio della qualità dell'aria, uno strumento legislativo in grado di attivare, in tempi brevi, determinati provvedimenti volti a limitare i fattori di emissione. Tra le misure adottate più di

frequente si possono citare la limitazione della circolazione veicolare, eventualmente a targhe alterne o per fasce orarie o giornaliere.

L'approvazione in sede europea della Direttiva Quadro 96/62/CE, ha introdotto rilevanti novità nella valutazione e controllo della qualità dell'aria:

1. allargamento dello spettro di inquinanti da sottoporre a campagne di monitoraggio (piombo, cadmio, arsenico, nichel e mercurio);
2. introduzione di valori limite più restrittivi, sia per gli inquinanti "convenzionali" sopra citati (SO₂, PTS, NO₂, O₃, CO) sia per i "non convenzionali" (PM₁₀, benzene, IPA).

Dal momento che la normativa si evolve sulla scorta di nuove e più approfondite conoscenze, i precedenti concetti di valore limite o di qualità sono stati rivisti o riformulati.

La Direttiva 96/62/CE, recepita a livello italiano dal Decreto Legislativo n. 351/99, sostituisce infatti i limiti alle concentrazioni di inquinanti in aria sopra elencati con i seguenti:

- **valore limite e valore guida:** livello fissato sulla base delle conoscenze scientifiche, allo scopo di evitare, prevenire o ridurre effetti dannosi per la salute umana e/o per l'ambiente nel suo complesso. Questo valore deve essere raggiunto in un dato periodo di tempo e, una volta raggiunto, non deve essere più superato. I valori limite e guida della vigente normativa italiana hanno come obiettivo la tutela igienico - sanitaria delle persone: nella nuova impostazione europea prevedono anche la salvaguardia dell'ambiente nel suo complesso;

- **valore obiettivo:** livello fissato con lo scopo di evitare effetti dannosi a lungo termine per la salute umana e/o per l'ambiente nel suo complesso. L'obiettivo deve essere raggiunto, dove possibile, dopo un dato periodo di tempo;

- **soglia di allarme:** livello oltre il quale c'è il rischio per la salute umana, anche nel caso di breve esposizione. Tale concetto sostituisce quello di livello di attenzione e di allarme di cui al DM 25/11/94;

- **margini di tolleranza:** condizioni entro le quali il valore limite può essere superato per un certo periodo di tempo, consentendo un graduale adeguamento con tempi che variano, a seconda degli inquinanti, da 5 a 10 anni. Le tolleranze sono fissate solo qualora se ne ravvisi la necessità.

Parimenti, sono ridefiniti gli ambiti territoriali che ai sensi del Decreto n. 351/99 sono soggetti alla valutazione della qualità dell'aria. Questi nuovi ambiti sono denominati:

- **"zone"** ovvero porzioni del territorio nazionale delimitate ai sensi del D. Lgs n. 351/99;
- **"agglomerati"** ovvero zone con popolazione superiore a 250.000 abitanti o, se la popolazione è pari o inferiore a 250.000 abitanti, con una densità di popolazione per km² tale da rendere necessaria la valutazione e la gestione della qualità dell'aria.

La successiva Direttiva 99/30/CE del 22/04/99 (denominata "Direttiva figlia") entra in maggiore dettaglio, definendo i nuovi valori limite per biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), polveri PM₁₀ e Piombo (Pb), mentre per il monossido di carbonio (CO) e il benzene (C₆H₆) l'attività di fissazione di nuovi standard di qualità ha trovato espressione nella Direttiva figlia 00/69/CE del 16/11/2000. Entrambe le Direttive figlie sono in via di recepimento con apposito provvedimento normativo.

La Direttiva 99/30/CE attribuisce una nuova valenza al concetto di soglia di allarme per il biossido di zolfo e di azoto, rispettivamente pari a $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $400 \text{mg}/\text{m}^3$ misurati su 3 ore consecutive.

Alcuni limiti previsti dalla Direttiva 99/30/CE (Tabella 4) sarebbero dovuti entrare in vigore a partire dal 01/07/2001 (per SO_2 e NO_x), se recepiti dalla normativa nazionale, altri dal 01/01/2005 (per SO_2 , PM_{10} in fase attuativa 1 e per il Pb), altri ancora dal 01/01/2010 (per NO_2 e PM_{10} in fase attuativa 2).

Per quanto concerne le polveri respirabili $\text{PM}_{2,5}$, parametro ancora piuttosto trascurato, si rimanda ai limiti dell'Agenzia di Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA) che considera ammissibili le seguenti concentrazioni in aria:

- $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come valore medio annuale, avendo a disposizione almeno 3 anni di dati e più di una stazione di misura;
- $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come 98° percentile calcolato per ciascuna stazione di misura sui valori medi delle 24 ore, avendo a disposizione almeno 3 anni di dati.

Tabella 4 - Limiti alle concentrazioni di inquinanti nell'aria indicati dalla Direttiva 99/30/CE.

| Inquinante | Tipo di limite | Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Tempo di mediazione | Entrata in vigore |
|------------------------------------|--|---|----------------------|-------------------|
| Biossido di zolfo SO_2 | Valore limite per la protezione della salute umana | 350 (da non superare più di 24 volte all'anno) | media oraria | 01/01/2005 |
| | Valore limite per la protezione della salute umana | 125 (da non superare più di 3 volte all'anno) | media nelle 24 ore | 01/01/2005 |
| | Valore limite per la protezione degli ecosistemi | 20 | media anno e inverno | 01/07/2001 |
| Biossido di azoto NO_2 | Valore limite per la protezione della salute umana | 200 (da non superare più di 18 volte all'anno) | media oraria | 01/01/2010 |
| | Valore limite per la protezione della salute umana | 40 | media anno | 01/01/2010 |
| Ossidi di azoto NO_x | Valore limite per la protezione degli ecosistemi | 30 | media anno | 01/07/2001 |
| PM_{10} (fase 1) | Valore limite per la protezione della salute umana | 50 (da non superare più di 35 volte all'anno) | media nelle 24 ore | 01/01/2005 |
| | Valore limite per la protezione della salute umana | 40 | media anno | 01/01/2005 |
| PM_{10} (fase 2) | Valore limite per la protezione della salute umana | 50 (da non superare più di 7 volte all'anno) | media nelle 24 ore | 01/01/2010 |
| | Valore limite per la protezione della salute umana | 20 | media anno | 01/01/2010 |
| Piombo Pb | Valore limite per la protezione della salute umana | 0,5 | media anno | 01/01/2005 |

La Direttiva 00/69/CE tratta congiuntamente il monossido di carbonio (CO) e il benzene (C_6H_6) per la somiglianza del loro comportamento in atmosfera. La Direttiva, caratterizzata da una struttura molto simile alla Direttiva 99/30/CE, definisce i nuovi valori limite e le date entro le quali tali valori dovranno essere rispettati (Tabella 5 e Tabella 6).

Tabella 5 - Valore limite indicato per il benzene dalla Direttiva 00/69/CE.

| Tipo di valore | Periodo di mediazione | Valore medio | Decorrenza |
|---|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Valore limite (protezione della salute umana) | Anno civile | 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1° gennaio 2010 ⁽¹⁾ |

⁽¹⁾ ad eccezione degli agglomerati nei quali è stata approvata una proroga limitata nel tempo (art. 3, paragrafo 2)

Tabella 6 - Valore limite indicato per il monossido di carbonio dalla Direttiva 00/69/CE.

| Tipo di valore | Periodo medio | Valore medio | Decorrenza |
|---|------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Valore limite (protezione della salute umana) | Media massima giornaliera su 8 ore | 10 mg/m^3 | 1° gennaio 2005 |

Per quanto riguarda l'ozono esiste attualmente solo una proposta di Direttiva del Parlamento Europeo in cui vengono fissati i valori obiettivo per la protezione della popolazione, da rispettare entro il 2010, e i livelli di riferimento per prevenire il degrado dei materiali, delle colture e delle foreste.

1.1.2. Monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano

Il monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano è attuato attraverso le reti di monitoraggio.

L'attuale architettura di tali reti, in attesa della emanazione dei decreti applicativi del Decreto Legislativo 351/99, si rifà a quanto indicato nel DM 20 maggio 1991 "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria".

Tale provvedimento legislativo fornisce le linee guida per la definizione di una rete di monitoraggio della qualità dell'aria in ambito urbano, tramite l'identificazione:

- degli inquinanti da valutare (inquinanti primari: CO, SO₂, NO_x, idrocarburi, composti organici volatili, PTS, piombo ed altri metalli pesanti nel particolato sospeso ed inquinanti secondari: NO_x, O₃, prodotti di trasformazione degli ossidi di azoto e dell'anidride solforosa);
- del numero e tipologia di stazioni presso le quali effettuare le misure di tali contaminanti.

Per quanto riguarda il secondo punto, la struttura fondamentale di una rete urbana prevede l'individuazione di:

A. una o più stazioni di base o di riferimento (Tipo A), presso le quali misurare tutti gli inquinanti primari e secondari elencati ed i parametri meteorologici di base, nonché gli inquinanti non convenzionali da valutarsi con metodologie analitiche manuali. Tali stazioni debbono essere preferenzialmente localizzate in aree non direttamente interessate dalle sorgenti di emissione urbana (parchi, isole pedonali, ecc.);

B. stazioni situate in zone ad elevata densità abitativa (Tipo B), nelle quali misurare la concentrazione di alcuni inquinanti primari e secondari con particolare riferimento a NO₂, idrocarburi, SO₂, materiale particolato in sospensione, con caratterizzazione, per quest'ultimo parametro, della massa e del contenuto in piombo;

C. stazioni situate in zone a traffico intenso (Tipo C), per la misura degli inquinanti emessi direttamente dagli autoveicoli (CO, idrocarburi volatili), situate in zone ad alto rischio espositivo quali strade ad elevato traffico e bassa ventilazione. Da menzionare il fatto che, in questo caso, i valori di concentrazione rilevati sono caratterizzati da una rappresentatività limitata alle immediate vicinanze del punto di prelievo;

D. stazioni situate in periferia o in aree suburbane (Tipo D), finalizzate alla misura degli inquinanti fotochimici (NO₂, O₃, perossiacetilnitrato PAN), da pianificarsi sulla base di campagne preliminari di valutazione dello smog fotochimico, particolarmente nel corso dei mesi estivi.

Per ciascun centro urbano, il numero delle stazioni delle diverse tipologie indicate dipende dalla densità di popolazione, dalla struttura degli insediamenti abitativi, dalla presenza di sorgenti emissive di varia natura, dall'estensione geografica e dal numero di abitanti (Tabella 7).

Tabella 7 - Struttura delle reti urbane.

| Popolazione (n° abitanti) | Tipo di stazione | | | |
|-------------------------------|------------------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| Inferiore a 500.000 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Da 500.000 a 1.500.000 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| Superiore a 1.500.000 | 2 | 4 | 4 | 2 |

Riconoscendo il peso esercitato dal traffico veicolare nella contaminazione dell'ambiente atmosferico urbano, il DM 21 aprile 1999 n. 163, "*Individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i Sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione*", fissa i criteri in base ai quali il Sindaco può adottare provvedimenti di limitazione del traffico autoveicolare nell'area urbana, qualora tali misure siano ritenute produttive di un concreto beneficio in termini di miglioramento della qualità dell'aria.

I criteri ambientali e sanitari sui quali l'autorità comunale può fondare gli eventuali provvedimenti relativi alla circolazione sono individuati attraverso una valutazione complessiva dell'ambiente atmosferico urbano, che impegna il Comune a redigere un Rapporto annuale sulla qualità dell'aria, avvalendosi del supporto tecnico degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute pubblica.

Il giudizio di qualità è fondato sulla verifica di eventuali superamenti degli obiettivi di qualità per gli inquinanti non convenzionali (benzene, benzo(a)pirene, PM₁₀) e dei livelli di attenzione per gli inquinanti convenzionali (biossido di zolfo - SO₂, particelle sospese totali - PTS, biossido di azoto - NO₂, monossido di carbonio - CO ed ozono - O₃), fissati dal Decreto Ministero Ambiente 25 novembre 1994.

Per adeguarsi alla nuova normativa comunitaria, le reti di monitoraggio della qualità dell'aria dovranno subire, nei prossimi anni, delle radicali modifiche nel loro assetto.

Le reti di monitoraggio andranno ristrutturare, oltre che per renderle rispondenti alla normativa comunitaria, per portare a compimento il processo di costituzione di EUROAIRNET (European Air Network). Questa rete sarà costituita da una selezione di stazioni facenti parte dei diversi paesi della Comunità Europea. Le stazioni scelte dovranno essere situate in siti rappresentativi e dovranno garantire un livello di qualità elevato dei dati forniti.

Secondo quanto esposto nelle Direttive 99/30/CE e 00/69/CE, la misurazione nei siti fissi è richiesta solo in corrispondenza a zone con livelli di inquinamento più critici, mentre per situazioni meno compromesse, le misurazioni possono essere combinate con tecniche di modellizzazione, che possono diventare l'unico strumento valutativo per situazioni rispondenti agli standard di qualità.

1.2. Inquadramento territoriale

Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico nel territorio veneziano è stato oggetto di profondo interesse sin dai primi anni '70; questo in conseguenza della peculiarità dell'area, nella quale coesistono un ecosistema estremamente delicato, un'elevata densità abitativa ed una zona altamente industrializzata.

Per quanto riguarda il controllo delle emissioni, la Provincia di Venezia dispone di un catasto delle fonti fisse di origine industriale, del febbraio '99 (Progetto Multiregionale Monitor, visitabile presso il sito <http://www.provincia.venezia.it/proveco/Ecologia/>), come precisato nel paragrafo 2.2. L'attenzione del progetto è rivolta in particolar modo all'area industriale di Porto Marghera, per la quale si dispone di informazioni sia sulle emissioni a camino, di ciascuna azienda, sia sui quantitativi dichiarati di contaminanti scaricati annualmente in atmosfera. Per maggiori dettagli si consulti il Rapporto Annuale sulla Qualità dell'aria nel Comune di Venezia, anno 1999 e 2000.

Per le emissioni da traffico veicolare e da riscaldamenti civili, non esiste un'analogha base dati informativa che consenta di quantificare il contributo di tali fonti emmissive rispetto al totale.

Il territorio veneziano è stato dotato, nel tempo, di un'ampia rete di monitoraggio descritta nel seguito di questa sezione.

1.2.1. Rete ARPAV di monitoraggio

La rete di monitoraggio presente sul territorio provinciale di Venezia è attiva, nella sua veste attuale, a partire dal 1999; un numero rilevante di stazioni si colloca nel territorio del Comune di Venezia (Figura 1). In quella data la rete urbana del Comune di Venezia e la rete della Provincia di Venezia sono state trasferite sotto la gestione unitaria del Dipartimento Provinciale di Venezia dell'Agenzia regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV).

Nel suo complesso, la rete gestita dall'ARPAV è composta da 15 stazioni di rilevamento fisse e da due laboratori mobili.

In Tabella 8 le stazioni sono classificate per ambito territoriale di competenza:

- **stazioni urbane;**
- **stazioni della cintura urbana.**

Dieci stazioni fisse della rete ARPAV adibite al rilevamento dell'inquinamento atmosferico sono ubicate nell'area urbana di Venezia – Mestre – Marghera; le rimanenti nei Comuni di Mira, Mirano, Spinea, Chioggia, Martellago e San Donà di Piave.

Una parziale ristrutturazione e razionalizzazione della rete di monitoraggio presente in ambito urbano ha comportato la sostituzione della stazione di Piazzetta Matter (tipo B) con quella di via A. Da Mestre (tipo B), l'eliminazione, in passato, della stazione di via Piave (tipo C) e , nel corso dell'anno 2001, della stazione di via Da Verrazzano (tipo C), a seguito di un incidente stradale.

Le **stazioni** della rete ARPAV per il controllo dell'inquinamento atmosferico in Comune di Venezia sono classificate nel seguente modo.

- **2 stazioni di tipo A:** la stazione di Parco Bissuola è ubicata in un'area verde di Mestre; la stazione di via Bottenigo è situata in un'area di Marghera non direttamente influenzata da fonti di emissione significative ed è attrezzata anche per il rilevamento dell'inquinamento di origine industriale;

- **3 stazioni di tipo B:** per la misura dell'inquinamento presente in aree densamente urbanizzate (Venezia: Sacca Fisola; Mestre: viale San Marco; via A. Da Mestre, che funziona a regime a partire dal marzo 2001);

- **4 stazioni di tipo C:** le stazioni per il rilevamento dell'inquinamento da traffico autoveicolare sono situate in prossimità di strade ad elevata percorrenza (Mestre: Corso del Popolo, via Circonvallazione, via Da Verrazzano (solo fino al 16/07/2001); Marghera: via Fratelli Bandiera);

- **1 stazione di tipo D,** per la rilevazione dell'inquinamento fotochimico e degli inquinanti secondari (Maerne di Martellago).

E' inoltre presente un'altra stazione:

- **1 stazione** preposta al controllo dell'inquinamento industriale (Malcontenta, definita di **tipo D**).

La rete fissa è integrata da **2 laboratori mobili**, di volta in volta utilizzati per campagne di rilevamento mirate in posizioni scelte da ARPAV, ovvero richieste da Enti locali, Associazioni, ecc., per il controllo di situazioni locali di inquinamento che, nell'economia della gestione, non richiedono l'installazione di una stazione fissa.

Tutti i dati confluiscono all'Ufficio Reti di Monitoraggio del Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia, dotato di una struttura informatizzata di gestione ed elaborazione dei dati, basata su una rete di unità periferiche gestite da un'unità centrale, con software appositamente studiato per semplificare le operazioni di verifica e validazione dei dati provenienti dalle stazioni fisse e mobili.

Tabella 8 - Struttura della rete per il controllo della qualità dell'aria in Comune di Venezia.

| ID | Stazione | Località | X-Gauss Boaga (E) | Y-Gauss Boaga (E) | Collocazione | Anno attivazione | Classe (DM 20/05/91) | Tipo |
|----|-----------------------|------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------|----------------------|-------------|
| 1 | Via Bottenigo | Marghera | 2301049.89 | 5038550.69 | urbana | 1994 | A | background |
| 2 | Parco Bissuola | Mestre | 2305955.36 | 5042205.94 | urbana | 1994 | A | background |
| 3 | Viale San Marco | Mestre | 2305970.57 | 5040240.59 | urbana | 1985 | B | background |
| 4 | Sacca Fisola | Venezia | 2309785.16 | 5033997.42 | urbana | 1994 | B | background |
| 5 | Via Antonio Da Mestre | Mestre | 2304116.67 | 5041581.02 | urbana | 2001 | B | background |
| 6 | Via Circonvallazione | Mestre | 2304075.72 | 5041843.06 | urbana | 1985 | C | traffico |
| 7 | Corso del Popolo | Mestre | 2304449.44 | 5040664.57 | urbana | 1985 | C | traffico |
| 8 | Via Da Verrazzano | Mestre | 2304719.50 | 5042109.97 | urbana | 1994 | C | traffico |
| 9 | Via F.lli Bandiera | Marghera | 2303395.62 | 5038983.16 | urbana | 1994 | C | traffico |
| 10 | Maerne | Martellago | 2297573.09 | 5045009.13 | cintura urbana | 1987 | D | background |
| 11 | Malcontenta | Marghera | 2301678.80 | 5035072.84 | cintura urbana | 1985 | I/B | industriale |
| - | Unità mobile "bianca" | - | - | - | - | - | - | - |
| - | Unità mobile "verde" | - | - | - | - | - | - | - |

Le sostanze inquinanti ed i parametri meteorologici sottoposti a monitoraggio in continuo presso le stazioni fisse della rete ARPAV e i due laboratori mobili sono brevemente sintetizzati nella Tabella 9. Come illustrato precedentemente solo le stazioni elencate in Tabella 8 fanno parte della rete per il controllo della qualità dell'aria in Comune di Venezia.

Tabella 9 - Strumenti della rete ARPAV.

| Stazione | SO2 | NOX | CO | O3 | PTS | NMHC | H2S | BTEX | IPA | PM10 | R.ATT | DV | VV | TEMP | U REL | PREC | RSOLN | RSOLG | PRESS |
|-----------------------|-----|-----|----|----|-----|------|-----|------|-----|------|-------|----|----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Via Bottenigo | o | o | o | o | o | o | | | | | | o | o | o | o | o | o | o | o |
| Parco Bissuola | o | o | o | o | o | o | | o | o | o | | o | o | o | o | | | o | o |
| Viale San Marco | o | o | | | o | o | | | | | | o | o | o | o | | | | |
| Sacca Fisola | o | o | | o | o | o | o | | | | o | o | o | o | o | | | | |
| Via Antonio Da Mestre | o | o | | | | o | | o | o | o | | | | | | | | | |
| Via Circonvallazione | | | o | | o | o | | o | o | o | | o | o | o | o | | o | o | |
| Corso del Popolo | | | o | | o | o | | | | | o | o | o | o | o | | o | o | |
| Via Da Verrazzano | | | o | | o | | | | | | | | | | | | | | |
| Via F.lli Bandiera | | | o | | o | o | | | | | | o | o | o | o | | o | o | |
| Maerne | o | o | | o | o | | | | | | | | | | | | | | |
| Malcontenta | o | o | | | o | | | | | | | o | o | | | | | | |
| Chioggia | o | | | | o | | o | | | | o | | | o | o | | | | |
| Mira | o | o | | o | | o | | | | | o | o | o | o | o | | | | |
| Mirano | o | o | | | o | o | | | | | | o | o | o | o | | | | |
| San Donà di Piave | o | | | | o | | | | | | o | | | o | o | | | | |
| Spinea | | | o | | o | o | | | | | | o | o | o | o | | o | o | |
| Unità mobile "bianca" | o | o | o | o | o | o | | o | o | o | | o | o | o | o | | | | o |
| Unità mobile "verde" | o | o | o | o | o | o | | | | | | o | o | o | o | | o | o | o |

Figura 1: Localizzazione delle stazioni della rete ARPAV per il controllo dell'inquinamento atmosferico in Comune di Venezia.



1.2.2. Campagne di misura periodiche

Oltre ad acquisire informazioni sull'inquinamento atmosferico mediante la rete di monitoraggio composta dalle stazioni fisse, ARPAV ha effettuato, sul territorio comunale di Venezia, campagne di misura periodiche, avvalendosi dei propri laboratori mobili e dei campionatori passivi radiello (per il monitoraggio del benzene).

I risultati di tali campagne di misura sono descritti alle successive sezioni 3.3 e 3.4.

1.2.3. Rete privata di monitoraggio

Nel territorio del Comune di Venezia oltre alla rete di monitoraggio pubblica, gestita da ARPAV, per il controllo in continuo dell'inquinamento dell'aria in ambito urbano, è operante anche una rete privata (Figura 2) localizzata nell'Area Industriale e finalizzata alla verifica delle ricadute nella zona di Porto Marghera (gestita dall'Ente Zona Industriale di Porto Marghera).

La struttura della rete privata dell'Ente Zona Industriale (Tabella 10 e Figura 2) comprende 13 postazioni fisse ed 1 mobile; delle 13 stazioni fisse, 2 sono predisposte per i rilevamenti dei parametri meteorologici (direzione e velocità del vento, radiazione solare, umidità, pressione, temperatura), 10 per gli inquinanti chimici (SO₂, PTS, NO, NO_x, NO₂, O₃, idrocarburi totali, metanici e non metanici) ed una mista.

Ente Zona Industriale ha comunicato che recentemente la rete privata è stata implementata con un nuovo sistema modellistico denominato S.C.A.I.MAR (Sistema per il Controllo Ambientale di tipo Innovativo, Marghera). Il sistema è costituito da un insieme di programmi, comprendente l'inventario delle emissioni inquinanti ed alcuni modelli matematici, tra cui il modello lagrangiano tridimensionale a particelle "SPRAY". Mediante S.C.A.I.MAR è possibile avere, in continuo ed in automatico, la stima dell'inquinamento prodotto dagli impianti industriali, anche in zone non coperte da strumenti di misura, partendo da dati meteorologici misurati in alcuni punti del dominio, dalle informazioni relative alle sorgenti di emissione e dall'utilizzo degli strumenti di simulazione modellistica.

Grazie alla connessione remota con un S.I.M. (Sistema Informativo Meteorologico che utilizza dati e previsioni del centro meteorologico europeo di Reading), S.C.A.I.MAR. è in grado di effettuare la previsione dell'inquinamento, attivando direttamente i modelli di trasporto e diffusione su scala locale che forniscono mappe di concentrazione al suolo con previsioni a 24 e 48 ore, all'interno di un dominio di calcolo, centrato su Porto Marghera, di 50 km di lato.

Il sistema, fornito all'Ente Zona Industriale dal Centro Ricerche dell'ENEL Area Ambiente (ora confluito nella società CESI del Gruppo ENEL) di Milano, è stato espressamente concepito per integrarsi alle tradizionali funzioni della rete di monitoraggio ed ha la possibilità di poter essere configurato a seconda delle esigenze dell'utente.

L'intera rete privata, oltre a costituire un'entità a sé stante, è stata integrata nel progetto "Nodo Intelligente per il monitoraggio ambientale", ideato e realizzato dall'ENEL presso la Centrale Termoelettrica di Fusina.

Questo progetto ha trovato realizzazione in un centro di acquisizione, validazione e memorizzazione temporanea dei dati chimici (1), dei dati ambientali e dei rilevamenti effettuati dagli apparati SODAR e RASS (2), nonché di elaborazione e previsione, su base modellistica, della diffusione delle emissioni delle Centrali di Fusina e Porto Marghera. Le due postazioni sono collocate ad una latitudine di 45°26'00" N e ad una longitudine di 12°15'05" E.

Tabella 10: Configurazione della rete privata dell'Ente Zona Industriale.

| Numero | Stazione | Località | Lat (N) | Long (E) | Analizzatori |
|--------|------------------|------------------|-----------|-----------|---|
| 3 | Fincantieri | Zona Industriale | 45°28'31" | 12°15'00" | SO ₂ , PTS, NO _x |
| 5 | Agip-Raffineria | Zona Industriale | 45°28'02" | 12°15'59" | METEO |
| 5 | Agip-Raffineria | Zona Industriale | 45°28'02" | 12°15'59" | SO ₂ , PTS |
| 8 | ENEL-Fusina | Zona Industriale | 45°25'58" | 12°15'03" | SO ₂ |
| 10 | S.S.11 | Zona Industriale | 45°27'28" | 12°13'13" | SO ₂ , PTS, NO _x |
| 12 | Montefibre | Zona industriale | 45°27'05" | 12°14'40" | SO ₂ , PTS |
| 15 | Ente Zona Chim. | Zona Industriale | 45°26'49" | 12°14'37" | SO ₂ , NO _x , THC, O ₃ |
| 16 | Sirma | Zona Industriale | 45°26'38" | 12°12'56" | SO ₂ |
| 17 | Piazzale Sirtori | Marghera | 45°28'54" | 12°13'23" | SO ₂ , PTS, NO _x |
| 22 | Pompieri Enichem | Zona Industriale | 45°27'02" | 12°14'15" | METEO |
| 23 | Ente Zona Meteo | Zona Industriale | 45°26'48" | 12°14'39" | METEO |
| 19 | Tronchetto | Venezia | 45°26'37" | 12°18'27" | SO ₂ |
| 20 | Isola S. Michele | Venezia | 45°26'58" | 12°20'55" | SO ₂ |
| 21 | Giudecca | Venezia | 45°25'28" | 12°19'38" | SO ₂ , PTS, NO _x |

⁽¹⁾ I dati chimici sono rilevati nelle due stazioni di Moranzani e Campagna Lupia, situate all'esterno dell'area coperta dalla rete dell'Ente Zona ma localizzate nella direzione dominante dei venti rispetto alle centrali ENEL.

⁽²⁾ Il sistema **SODAR** (Sound Detection And Ranging) è un sistema adatto al rilevamento delle componenti del vettore vento (velocità e direzione) a varie quote. Il sistema **RASS** (Radio Acoustic Sounding System) è un sistema adatto al telerilevamento del profilo di temperatura dell'aria nella bassa atmosfera.

Per completezza si segnala che nel centro storico di Venezia sono presenti due postazioni meteorologiche, una presso l'Istituto Cavanis, che registra i dati relativi a pressione, umidità, precipitazioni, direzione e velocità del vento e nebulosità, a partire dal 1950, l'altra presso l'Istituto CNR di Biologia del mare (coordinate geografiche: lat. 45° 25'83" N, long. 12° 21'25" E) che, a partire dal 12 marzo 1992, registra i dati relativi a pressione barometrica, temperatura dell'aria, velocità del vento, direzione del vento, radiazione solare, precipitazioni.

I dati meteorologici registrati presso le postazioni della rete dell'Ente Zona Industriale, di SODAR e RASS (Nodo Intelligente ENEL) e dell'Istituto Cavanis sono disponibili nel sito: <http://www.ivsla.veneto.it/>. Quelli relativi all'istituto di biologia del Mare si possono osservare presso il sito <http://www.ibm.ve.cnr.it/>.

Figura 2: Localizzazione delle stazioni della rete privata dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera.



Legenda:

- Stazione meteo
- Anidride solforosa (SO₂)
- Anidride solforosa (SO₂), Polveri, Ossidi di azoto (NO_x,NO,NO₂)
- Anidride solforosa, Ossidi di azoto (NO_x,NO,NO₂), Idrocarburi totali, non metanici, metanici (THC,NMHC,MHC), Ozono (O₃)
- Anidride solforosa (SO₂), Polveri
- Stazione mista: Meteo, Anidride solforosa (SO₂)

1.3. Caratterizzazione ed effetti degli inquinanti

In questo paragrafo viene presentato in forma tabellare un riassunto dei livelli medi dei principali inquinanti atmosferici monitorati presso differenti realtà ambientali e le linee guida di esposizione stilate dall'OMS per escludere significativi effetti sulla salute umana (WHO, 1999; <http://www.who.int>; <http://www.who.nl>).

Si tratta di una raccolta eterogenea di dati provenienti da paesi e situazioni differenti, monitorati secondo tempi e metodiche diverse e quindi aggregati e confrontati con un certo grado di arbitrarietà (Tabella 11). Lo scopo principale è di fornire, in mancanza di dati più precisi e attendibili, un quadro sintetico della situazione di massima che è presumibile attendersi in differenti contesti ambientali (livelli naturali, zone rurali, aree di fondo e urbane di differenti realtà socio-economiche).

Le linee guida elencate invece nella Tabella 12 rappresentano le indicazioni di profilassi sanitaria-ambientale stilate dall'OMS per i livelli medi di esposizione (a breve, medio e lungo termine), al di sotto delle quali non sono riscontrabili significativi effetti sulla popolazione. Si tratta di limiti di esposizione definiti in condizioni standard, sulla base di ricerche epidemiologiche e che quindi come tali non sono direttamente confrontabili con i valori ambientali medi registrati dal sistema di monitoraggio di uno specifico contesto ambientale.

Il superamento nel breve periodo dei limiti indicati nelle linee guida OMS non implica che gli effetti negativi ad essi associati vengano necessariamente riscontrati, ma determina solo un incremento del rischio relativo. Si ricorda inoltre che le linee guida non sono limiti per sé, ma rappresentano standard ai quali gli stati fanno riferimento, tenendo conto anche di fattori addizionali quali: il livello prevalente di esposizione, i livelli naturali di fondo, le condizioni ambientali medie e gli aspetti socio-economici (WHO, 1999).

Di seguito si riporta una breve descrizione dei principali effetti sulla salute umana, dovuti all'esposizione agli inquinanti prodotti dal traffico veicolare.

Ossidi di zolfo (SO_x)

Sono costituiti essenzialmente da biossido di zolfo (SO₂) e in minima parte da anidride solforica (SO₃); rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria. Le situazioni più serie sono spesso verificate nei periodi invernali, ove alle normali fonti di combustione si aggiunge il contributo del riscaldamento domestico. E' comunque da notare che, in seguito alla diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento domestici, il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito nel corso degli anni.

Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas dal caratteristico odore pungente. Le emissioni di origine antropica sono dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi e correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli). A causa dell'elevata solubilità in acqua, l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone). L'SO₂ reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: in vitro sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, le proteine, i lipidi e varie altre componenti biologiche. Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti

livelli di SO₂ sono compresi: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito l'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, l'aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine si ricordano le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. È stato accertato un effetto irritativo sinergico in seguito all'esposizione combinata con il particolato, probabilmente dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l'SO₂ nelle zone respiratorie profonde del polmone.

Ossidi di azoto (NO_x)

Comprendono il monossido (NO) e il biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO₂. Il biossido di azoto ha un colore rosso-bruno ed è caratterizzato ad alte concentrazioni da un odore pungente e soffocante. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, comprendono principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche ed il riscaldamento domestico.

L'NO₂ è circa 4 volte più tossico dell'NO. I meccanismi biochimici mediante i quali l'NO₂ induce i suoi effetti tossici non sono del tutto chiari, anche se è noto che provoca gravi danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi. Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare. Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello cellulare e tissutale, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Il gruppo a maggior rischio è costituito dagli asmatici e dai bambini.

Monossido di carbonio (CO)

Gas incolore e inodore, viene prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, soprattutto a benzina, dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e raffinerie di petrolio, dalle fonderie.

Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue, dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. La carbossiemoglobina così formata è circa 250 volte più stabile dell'ossiemoglobina e quindi riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità di concentrazione, turbe della memoria, alterazione del comportamento, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna, accelerazione del battito cardiaco, vasodilatazione e vasopermeabilità con conseguenti emorragie, effetti perinatali. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

Ozono (O₃)

E' un gas bluastro dall'odore leggermente pungente, che non viene emesso come tale dalle attività antropiche. E' infatti un tipico inquinante secondario, che si forma nell'atmosfera in seguito alle reazioni fotochimiche a carico di inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x, idrocarburi, aldeidi). Le concentrazioni ambientali di O₃ tendono pertanto ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno. Nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico), raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare.

A livello cellulare l'O₃ agisce ossidando i gruppi sulfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi interferendo così con alcuni processi metabolici fondamentali e provocando il danneggiamento delle membrane degli organelli cellulari. Il bersaglio principale dell'O₃ è l'apparato respiratorio dove i danni principali sono a carico dei macrofagi e delle pareti delle piccole arterie polmonari. Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa. Le conseguenze a seguito di esposizioni a lungo termine (croniche) sono: fibrosi, effetti teratogeni, effetti sulla paratiroide e sul sistema riproduttivo. Il ruolo dell'O₃ nell'eziologia dei tumori polmonari non è stato ancora completamente chiarito.

Particolato totale sospeso (PTS)

Viene così identificato l'insieme di tutte le particelle solide o liquide che restano in sospensione nell'aria. Il particolato totale sospeso rappresenta un insieme estremamente eterogeneo di sostanze la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o derivata (da una serie di reazioni fisiche e chimiche). Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa, oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte, anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Le particelle di dimensioni maggiori (diametro > 10 µm) hanno un tempo medio di vita nell'atmosfera che varia da pochi minuti ad alcune ore e la possibilità di essere aerotrasportate per una distanza massima di 1-10 Km. Le particelle di dimensioni inferiori hanno invece un tempo medio di vita da pochi giorni fino a diverse settimane e possono venire veicolate dalle correnti atmosferiche per distanze fino a centinaia di Km. La principale conseguenza ambientale per una data regione geografica è che la concentrazione di particelle grossolane è meno uniforme di quelle più fini. La dimensione media delle particelle determina, inoltre, il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana. Il monitoraggio ambientale del particolato con diametro inferiore a 10 µm (PM₁₀) può essere considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare all'interno della cavità toracica (frazione inalabile). La determinazione delle particelle con diametro inferiore a 2,5 µm, frazione respirabile (PM_{2,5}), è inoltre un indice della concentrazione di una serie molto eterogenea di composti chimici primari o derivati, in grado di raggiungere la parte più profonda del polmone. Tra i composti primari, cioè emessi come tali, vi sono le particelle carboniose derivate dalla combustione di legname e dai fumi dei motori diesel; nella seconda categoria, cioè tra i composti prodotti da reazioni secondarie, rientrano le particelle carboniose originate durante la sequenza

fotochimica che porta alla formazione di ozono, di particelle di solfati e nitrati derivanti dall'ossidazione di SO₂ e NO₂ rilasciati in vari processi di combustione.

Le fonti antropiche di particolato sono essenzialmente le attività industriali e il traffico veicolare. Gli inquinanti originati dal traffico veicolare contribuiscono in modo sostanziale alla produzione di particolato, specialmente per quanto riguarda la frazione fine PM₁₀. Nella maggior parte delle città si registra un incremento percentuale significativo della frazione PM₁₀, anche in presenza di una diminuzione della quantità totale di particolato. Nelle città in cui sono monitorate entrambe le frazioni di particolato (PTS e PM₁₀), e in alcuni casi studio specifici, è stato registrato un rapporto percentuale del PM₁₀ sul particolato totale variabile dal 40 all'80%. La concentrazione media della frazione respirabile PM_{2,5} risulta essere generalmente pari al 45-60% della frazione inalabile PM₁₀.

Ai fini degli effetti sulla salute è quindi molto importante la determinazione delle dimensioni e della composizione chimica delle particelle. Le dimensioni determinano il grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio mentre le caratteristiche chimiche determinano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (IPA, metalli pesanti, SO₂). Le particelle che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione; quelle che si depositano nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi e bronchioli) possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio, aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema) ed eventualmente neoplasie. Le particelle con un diametro inferiore a 5-6 µm possono depositarsi nei bronchioli e negli alveoli e causare infiammazioni, fibrosi e neoplasie. Il particolato fine può anche indurre indirettamente effetti sistemici su specifici organi bersaglio, a seguito del rilascio nei fluidi biologici degli inquinanti da esso veicolati. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto sinergico in seguito all'esposizione combinata di particelle sospese e SO₂. Studi più recenti hanno dimostrato che effetti sanitari significativi sono registrabili anche per limitate esposizioni al particolato (< 100 µg/m³ per un breve periodo) ma visto lo stato attuale delle conoscenze l'OMS non ha ritenuto di specificare linee guida univoche a cui attenersi per una efficace prevenzione sanitaria.

Idrocarburi (HC e NMHC)

E' un complesso insieme di composti organici che si trovano nell'aria in fase gassosa e/o particellare. Le fonti antropiche sono costituite soprattutto dagli scarichi degli autoveicoli, dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori di rifiuti. In genere si usa distinguere tra metano (CH₄) e gli altri composti organici, genericamente definiti come idrocarburi non metanici (NMHC). All'interno della grande ed eterogenea classe degli idrocarburi non metanici sono compresi anche gli inquinanti non convenzionali quali il benzene e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Benzene (C₆H₆)

E' un liquido incolore e dotato di un odore caratteristico. Il benzene è un idrocarburo aromatico tipico costituente delle benzine. Gli autoveicoli rappresentano quindi la principale fonte di

emissione: in particolare, circa l'85% viene immesso nell'aria con i gas di scarico e il 15% rimanente per evaporazione del combustibile e durante le operazioni di rifornimento.

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione del benzene sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate i sintomi sono stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace. A livelli più elevati si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e infine a morte. Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionati le interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da International Agency for Research on Cancer (IARC) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Sono costituiti da due o più anelli aromatici condensati e derivano dalla combustione incompleta di numerose sostanze organiche. La fonte più importante di origine antropica è rappresentata dalle emissioni veicolari, seguita dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori.

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. Presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico inferiore a 2 µm e quindi in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue ed i tessuti. Oltre ad essere irritanti per naso, gola ed occhi, gli IPA sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA a carico delle cellule del polmone, e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione IARC). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra BaP e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

Metalli Pesanti

Alla categoria dei metalli pesanti appartengono circa 70 elementi (con densità > 5 g/cm³), anche se quelli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina. Tra i più importanti si ricordano: Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Mo, Ni, Sn, Zn.

Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono principalmente l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; la dimensione delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione. Le concentrazioni in aria di alcuni metalli nelle aree urbane e industriali può raggiungere valori 10-100 volte superiori a quelli delle aree rurali.

Piombo (Pb)

La principale fonte di inquinamento atmosferico è costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Con il definitivo abbandono della benzina “rossa”, i livelli di piombo nell’aria urbana dovrebbero quindi diminuire in modo significativo. Le altre fonti antropiche derivano dalla combustione del carbone e dell’olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono Pb, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti.

Il Pb assorbito attraverso l’epitelio polmonare entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli e nel cervello. L’intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all’ingestione o all’inalazione di notevoli quantità di Pb. La tossicità del Pb può essere spiegata in parte dal fatto che, legandosi ai gruppi sulfidrilici delle proteine o sostituendo ioni metallici essenziali, interferisce con diversi sistemi enzimatici. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti dai bambini e dalle donne in gravidanza. Il livello di piombo nel sangue è l’indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali a questo inquinante e le linee guida dell’OMS propongono un valore critico pari ad una concentrazione di 100 µg/l. Alcuni studi condotti sui bambini indicano che una ricaduta al suolo giornaliera superiore a 250 µg/m² è responsabile di un significativo incremento di piombo nel sangue.

Tabella 11: Livelli ambientali dei principali inquinanti dell'aria registrati in differenti località e condizioni medie (WHO, 1999).

| | SO ₂ μg/m ³ | NO ₂ μg/m ³ | CO mg/m ³ | PTS μg/m ³ | PM ₁₀ μg/m ³ | PM _{2.5} μg/m ³ | O ₃ μg/m ³ | C ₆ H ₆ μg/m ³ | IPA ng/m ³ | Pb μg/m ³ |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| Livelli naturali | | 0.4-9.4 | 0.06-0.14 | | | | 40-70 | | ~ 0 | 6 *10 ⁻⁴ |
| Aree isolate o di fondo | | | | | | | | | | |
| - media 24 h | | | | | | | | 0.51 | | |
| - media anno | < 5 | | | | | | | | < 1 ⁽²⁾ | |
| Aree rurali | | | | | | | | | | |
| - max 1 h | | | | | | | 200-520 | | | |
| - media 7 h | | | | | | | 40-100 | | | |
| - media 24 h | | | | | | | | 1.5 | | |
| - media anno | 5-25 | | | | ⁽¹⁾ | ⁽¹⁾ | | 1-5 | | |
| Aree urbane città europee | | | | | | | | | | |
| - max 1 h | | | < 60 | | | | 300-400 | | | |
| - media 8 h | | | < 20 | | | | | | | |
| - media 24 h | < 500 | | | 200-400 | | | < 120 | 1-10 | | |
| - media anno | < 100 | | | 50-150 | 20-98 | | | | 3-6 ⁽²⁾ | |
| Aree urbane paesi industrializzati | | | | | | | | | | |
| - media 1 h | | 940 | | | | | 60-100 | | | 0.17-0.18 ⁽³⁾ |
| - max 1 h | | 75-1000 | | | | | < 400 | | | |
| - media 24 h | | 400 | | | | | < 120 | 2.8-40 | | |
| - media anno | < 100 | 20-90 | | | 18-47 | 11-30 | | | 1-6 ⁽²⁾ | |
| Aree urbane paesi via di sviluppo | | | | | | | | | | |
| - media 24 h | < 125 | | | | | | | | | |
| - media anno | 20-40 | > 200 | | > 300 | > 100 | | | | | |

Note

(1) a causa della notevole capacità di dispersione delle polveri fini i valori medi registrati nelle aree rurali sono spesso comparabili con i valori minimi delle adiacenti aree urbane (fino a 100 Km di distanza);

(2) la maggior parte delle misurazioni si riferiscono al benzo(a)pirene (BaP) assunto come indicatore del profilo IPA;

(3) si tratta di "misurazioni spot" in differenti città europee e statunitensi e non riferibili con precisione ad un tempo di mediazione di 1 ora.

Tabella 12: Linee guida di esposizione previste dall'OMS per escludere significativi effetti sulla salute umana (WHO, 1999).

| | SO ₂ µg/m ³ | NO ₂ µg/m ³ | CO mg/m ³ | PTS µg/m ³ | PM ₁₀ µg/m ³ | PM _{2.5} µg/m ³ | O ₃ µg/m ³ | C ₆ H ₆ µg/m ³ | IPA ng/m ³ | Pb µg/m ³ |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| Linee guida OMS | | | | | | | | | | |
| - media 10 min | 500 | | | | | | | | | |
| - media 15 min | | | 100 | | | | | | | |
| - media 30 min | | | 60 | | | | | | | |
| - media 1 h | | 200 | 30 | | | | 150-200 ⁽³⁾ | | | |
| - media 8 h | | | 10 | | | | 120 | | | |
| - media 24 h | 125 | | | | | | | | | |
| - media anno | 50 | 40 | | | | | | | | 0.5 ⁽⁵⁾ |
| - altro | | | | (1) | (1) (2) | (2) | | (4) | (4) | |

Note

(1) non esistono indicazioni precise sul tempo minimo di esposizione per evitare significativi effetti sulla salute;

(2) il valore di PM_{2.5} (polveri inalabili) è considerato il miglior indicatore per prevenire eventuali rischi sanitari: non sono state fornite precise linee guida a breve o a lungo termine ma è raccomandata la minor esposizione possibile con elevata presenza di SO₂ e metalli pesanti aerodispersi;

(3) raccomandato nell'edizione del 1987; le più recenti ricerche considerano questa linea guida superflua perché il livello di protezione per la media di 8 h è preventivo anche nei confronti di eventuali esposizioni a breve termine (e quindi comprensivo anche della media di 1 h);

(4) non applicabile: benzene e benzo(a)pirene (BaP) sono stati inseriti da IARC (*International Agency for Research on Cancer*) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze ad accertato potere cancerogeno per cui non è possibile definire linee guida per i livelli minimi accettabili di esposizione;

(5) il livello di Pb nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali; le linee guida indicano un valore critico di concentrazione nel sangue pari a 100 µg/l e quindi su questa base è stata proposta la stima del valore di concentrazione media annuale in aria.

2. Caratterizzazione della pressione

Nelle aree urbane le principali fonti di pressione sull'ambiente atmosferico sono rappresentate da sorgenti di inquinamento quali il traffico veicolare e il riscaldamento degli edifici. A queste sorgenti di tipo diffuso spesso si aggiungono sorgenti puntuali quali industrie, inceneritori di rifiuti, impianti per la produzione di energia, ecc., che per la loro localizzazione, interna o relativamente prossima all'area urbana, contribuiscono all'inquinamento della zona.

In ambiente urbano il traffico veicolare è responsabile della quasi totalità delle emissioni di monossido di carbonio (CO), della maggior parte degli ossidi di azoto (NO_x) e dei composti organici volatili non metanici (COVNM) nonché di buona parte delle particelle sospese con granulometria inferiore ai 2 µm.

A causa di una combustione mai perfetta i motori a combustione interna producono emissioni inquinanti, soprattutto idrocarburi, monossido di carbonio e ossidi di azoto. A questi inquinanti, poi, si aggiungono, per le emissioni delle autovetture a gasolio, ossidi di zolfo (SO₂) e particolato costituito in prevalenza da particelle carboniose (contenenti anche idrocarburi policiclici aromatici - IPA, tra cui il benzo(a)pirene) e solfati, mentre, per le emissioni da motori a benzina, contaminanti tossici come benzene, butadiene, aldeidi, etc.

Il riscaldamento degli edifici nelle aree non servite da gas metano contribuisce in maniera sostanziale alle emissioni di biossido di zolfo ed è comunque responsabile di una parte non trascurabile di ossidi d'azoto. In quartieri in cui è ancora in uso il carbone anche l'inquinamento dovuto al particolato può essere notevole.

2.1. *L'inventario delle emissioni*

L'importanza di disporre di una stima delle emissioni prodotte in aria dalle attività antropiche e da altre sorgenti, anche naturali, riferita al territorio dove si intenda caratterizzare la qualità dell'ambiente atmosferico è già stata sottolineata nel capitolo riguardante gli inventari delle emissioni contenuto nel Rapporto Annuale sulla qualità dell'aria per l'anno 1999 e 2000.

Richiamando alcuni dei concetti fondamentali, si ricorda come un inventario delle emissioni sia un censimento della quantità di inquinanti immessa in atmosfera dalle diverse sorgenti che insistono in una determinata porzione di territorio. Tale documento è suddiviso in diversi livelli informativi relativi a:

- caratterizzazione delle proprietà chimiche degli inquinanti;
- fonti di emissione: attività/tecnologie umane (industria, traffico, riscaldamento ecc.) e sorgenti naturali (vegetazione, vulcani ecc.) responsabili delle emissioni nel territorio considerato;
- localizzazione nello spazio e distribuzione nel tempo delle quantità di inquinanti emesse.

Gli inquinanti generalmente oggetto di interesse per i catasti sono il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), le polveri aerodisperse (PM), i composti organici, il Piombo ed altri metalli pesanti.

La costruzione di un "catasto" delle emissioni inquinanti in atmosfera può seguire due approcci tra loro complementari:

- metodo “top-down”, consistente nella scomposizione dell’informazione sulle emissioni contenuta negli inventari nazionali (quale ad es. il CORINAIR) fino a scendere al dettaglio regionale, provinciale e locale (urbano), utilizzando alcuni indicatori statistici utili alla disaggregazione territoriale del dato (ad es.: superficie del territorio, popolazione, ecc.);
- metodo “bottom-up”, più dettagliato rispetto al precedente, dove i dati relativi alle emissioni sono raccolti direttamente presso le aziende o presso altre fonti informative ed organizzati per livelli territoriali crescenti (dall’ambito locale a quello provinciale e regionale, ecc.).

La stima delle emissioni in aria di gas inquinanti, gas serra, composti organici persistenti e metalli pesanti si basa su una metodologia consolidata, ma su cui la ricerca continua ad affinare strumenti e metodi. Il progetto CORINAIR (COordination-INformation-AIR) ne è l’asse portante dal 1985, anno in cui è stato realizzato il primo inventario italiano armonizzato a livello europeo. Successivamente tale inventario è stato aggiornato per altre due volte: nel 1990 e nel 1994.

La Tabella 13 riporta la classificazione delle fonti di emissione, adottata nell’ambito del Progetto Europeo CORINAIR, in termini di “Macrosettori”. Ciascuna delle 11 voci di questo livello è suddivisa in settori (in tutto 76) che sono a loro volta suddivisi in attività (in tutto 375).

Tabella 13: Classificazione di primo livello delle fonti di emissione adottata nell’ambito dei progetti CORINAIR dell’Agenzia Europea dell’Ambiente.

| Macrosettori | Descrizione |
|--------------|--|
| 1 | Combustione per la produzione e la trasformazione dell’energia |
| 2 | Combustione nei settori commerciale, istituzionale e residenziale e in agricoltura, silvicoltura e pesca |
| 3 | Combustione nell’industria |
| 4 | Processi produttivi |
| 5 | Estrazione e distribuzione di combustibili fossili |
| 6 | Uso di solventi e di altri prodotti |
| 7 | Trasporto su strada |
| 8 | Altre fonti mobili |
| 9 | Trattamento e smaltimento rifiuti |
| 10 | Agricoltura, silvicoltura e cambiamento d’uso del suolo |
| 11 | Natura |

La dimensione temporale delle emissioni viene definita in funzione degli scopi in oggetto: per inventari a macroscale, come quelli adottati nella metodologia CORINAIR, viene utilizzato l’arco temporale annuale.

La suddivisione territoriale utilizzata nel progetto CORINAIR fa riferimento alla Nomenclatura delle Unità Territoriali Statistiche (NUTS - Nomenclature of Territorial Units of Statistics) adottata dal Servizio Statistico della Commissione della Comunità Europea. Questa nomenclatura considera quattro livelli di unità territoriali e individua, Paese per Paese, le entità geografico-amministrative corrispondenti.

Per l’Italia, la classificazione è la seguente:

- LIVELLO 1: gruppi di regioni (Italia settentrionale, centrale, meridionale e insulare);
- LIVELLO 2: regioni;
- LIVELLO 3: province;
- LIVELLO 4: comuni.

Il progetto CORINAIR 90 realizza l'inventario per le unità territoriali di livello 4 (comuni), pubblicato sul sito www.sinanet.anpa.it.

Il livello 3, corrispondente alla stima CORINAIR delle emissioni a livello provinciale, è effettuata per due categorie di fonti inquinanti: diffuse e puntuali, secondo la seguente metodologia:

a) per le sorgenti diffuse (e per le puntuali di minore peso) le emissioni, distinte per inquinante, sono stimate su base territoriale provinciale:

$$E_i/\text{anno} = A_i/\text{anno} * FE_i$$

dove:

- E_i sono le emissioni dovute all'attività i ;
- A_i è un indicatore dell'attività i (ad esempio, il consumo di combustibile, la quantità di energia prodotta, il numero di tonnellate di prodotto);
- FE_i è il fattore di emissione per unità di attività i , espresso in unità di misura appropriata ⁽³⁾.

Il fattore di emissione è un valore medio (su base temporale e spaziale) che lega la quantità di inquinante rilasciato in atmosfera con l'attività responsabile dell'emissione.

b) per le sorgenti puntuali più importanti, denominate LPS (Large Point Sources), le emissioni sono misurate oppure stimate secondo l'approccio precedente, utilizzando fattori specifici per la singola sorgente;

c) la stima complessiva delle emissioni su base territoriale è data dalla somma delle emissioni diffuse e di quelle puntuali, per cui si ha:

$$E_{\text{tot}} = E_{\text{diff}} + E_{\text{punt}}$$

Un sistema informativo associato ad un inventario così costituito è in grado di fornire una stima statisticamente attendibile delle quantità complessive, della ripartizione territoriale, della ripartizione per settore economico e dell'evoluzione temporale degli inquinanti emessi, nonché una caratterizzazione puntuale delle sorgenti più significative.

2.2. Informazioni disponibili per l'ambito territoriale veneziano

Per il territorio veneziano sono disponibili due base dati sulle emissioni inquinanti in atmosfera, con caratteristiche spazio-temporali ed approcci concettuali molto diversi e relative rispettivamente al comparto industriale e alle emissioni diffuse in ambito urbano dai settori residenziale e trasporti.

Il catasto delle fonti industriali di Porto Marghera (Progetto Monitor), elaborato dalla Provincia di Venezia secondo l'approccio "bottom-up", ha concluso la fase di raccolta dei dati "storici" nel marzo '99, ed è destinato a costituire lo strumento per il rilascio delle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera dell'autorità provinciale.

I dati inseriti sono ricavati dalle autorizzazioni rilasciate dalla Provincia o dalle istanze presentate dalle aziende, al fine di ottenere l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera, aggiornate

⁽³⁾ Per una trattazione completa dei Fattori di emissione, si rimanda al sito: www.sinanet.anpa.it.

per lo più al 1997, utilizzando i valori delle concentrazioni relative ai diversi inquinanti, correlati con i dati di flusso e con le ore dichiarate di funzionamento medio durante l'anno. Tutte le informazioni sono georeferenziate e visualizzate tramite un GIS (Geographic Information System). L'Amministrazione Provinciale di Venezia ha intenzione di procedere, nel corso del 2002, all'aggiornamento ed all'ampliamento del catasto delle fonti industriali; con l'occasione verranno aggiornate ed integrate le base dati relative alle Ditte precedentemente considerate e verranno prese in considerazione ulteriori imprese.

I criteri dettati dal decreto ministeriale del 1991 per la realizzazione dei catasti delle emissioni in atmosfera, definiscono la raccolta di informazioni relative esclusivamente ai macro inquinanti, mentre nell'inventario della Provincia sono inserite tutte le sostanze emesse significativamente in aria, anche quelle non dichiaratamente specificate dalla normativa di riferimento.

La seconda base dati di interesse per il presente studio è la valutazione delle emissioni atmosferiche nelle aree urbane con più di 50.000 abitanti, elaborata di recente dall'ANPA.

Le stime sono state effettuate sui dati provinciali CORINAIR 1990 e su 46 indicatori statistici (ISTAT censimento 1991), secondo le linee guida della metodologia "top-down" del European Topic Centre on Air Emission (ETC\AE) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

Nella valutazione ed utilizzo di questi dati bisogna porre particolare cautela al termine "area urbana", di cui non esiste una definizione univocamente accettata. In questo lavoro è stata adottata quella proposta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per la quale il raggio dell'area urbana, espresso in km, è pari a:

$$R = 0,01 \text{ sqr}(N)$$

ovvero proporzionale alla radice quadrata del numero di abitanti.

Entro questo raggio sono stati conteggiati gli impianti cosiddetti puntuali (Large Point Source, LPS), inventariati secondo la classificazione CORINAIR. L'emissione areale, dovuta a fonti non censite come individuali, è stimata a partire dalle corrispondenti emissioni provinciali pesate rispetto ai relativi indicatori statistici. I dati di emissione sono disaggregati per tipologia di attività, la stessa utilizzata nell'inventario CORINAIR del 1990.

Dal momento che tale base dati non individua l'insediamento industriale di Porto Marghera nel perimetro dell'area urbana di Venezia, nel Rapporto Annuale 2000 si è ritenuto utile riportare almeno i dati relativi alle emissioni diffuse dai settori residenziale, trasporti su strada e altri trasporti, rimandando al catasto provinciale la quantificazione delle emissioni di origine industriale.

I vantaggi dell'inventario su Porto Marghera sono: un elevato grado di aggiornamento e la forte aderenza alla situazione reale. Rimane da verificare la concordanza delle stime emmissive, effettuate sulla base delle autorizzazioni rilasciate dalla Provincia, rispetto ai dati reali di emissione.

L'inventario CORINAIR 90 è una metodologia certificata a livello europeo e non presenta errori grossolani di sovrastima o sottostima delle emissioni. Rimane il fatto che è datato, visto che i Fattori di Emissioni per alcuni Macrosettori sono considerevolmente cambiati.

Si rimanda alle elaborazioni presentate nel Rapporto Annuale 2000 e, in particolare per il traffico, ad uno specifico approfondimento nell'Appendice 1 del presente Rapporto "Stima delle emissioni da traffico veicolare con applicazione della metodologia COPERT III nel Comune di Venezia".

3. Caratterizzazione dello stato

3.1. Analisi dei dati meteorologici

Ente Zona Industriale di Porto Marghera ha gentilmente fornito i dati meteorologici rilevati dalla propria rete di monitoraggio (stazioni n. 5, n.22 e n. 23): temperatura, direzione e velocità del vento, radiazione solare globale, umidità relativa, precipitazione, pressione.

Nel seguito vengono elencate le elaborazioni presentate sui dati meteorologici a livello mensile, annuale e di semestre caldo (01/04/2001 - 30/09/2001) e freddo (01/01/01 – 31/03/01 e 01/10/2001 - 31/12/2001).

- Temperatura: valori medi mensili, valore medio annuale, giorno tipo della temperatura nel semestre caldo e freddo.
- Vento: rosa dei venti con suddivisione in classi di velocità nel semestre caldo e freddo, giorno tipo della velocità del vento nel semestre caldo e freddo.
- Radiazione solare: valori medi mensili, valore medio annuale.
- Umidità relativa: valori medi mensili, valore medio annuale.
- Precipitazione: valori totali mensili, valore medio annuale.
- Pressione: valori medi mensili, valore medio annuale.
- Classe di stabilità atmosferica di Pasquill: distribuzione delle frequenze della classe di stabilità atmosferica nell'anno 2001.⁴

Le condizioni meteorologiche medie prevalenti nell'area urbana di Venezia, tra il 1975 e il 2001, sono state caratterizzate mediante i dati storici registrati presso le postazioni meteorologiche di Ente Zona Industriale. Per temperatura e precipitazione sono stati elaborati l'anno – tipo e la serie storica dei valori medi annuali.

Da quanto illustrato nei paragrafi seguenti 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 e dai risultati presentati nel Rapporto Annuale sulla qualità dell'aria 2000, si può dedurre come, nell'area presa in esame, prevalgono le seguenti condizioni meteorologiche medie annuali:

- direzione prevalente del vento da NNE e NE;
- velocità del vento non elevate (in prevalenza 2-4 m/s presso la stazione n. 22 dell'Ente Zona Industriale);
- fortemente prevalente la classe di stabilità debole (E), seguita dalle condizioni di neutralità/adiabaticità (D) e di stabilità moderata (F), nell'intero anno 2001; condizioni che, mediamente, non favoriscono la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera;
- temperatura media dell'anno – tipo a 10 m più elevata nel mese di luglio e minima nel mese di gennaio; l'andamento della temperatura media mensile, durante l'anno 2001, si è discostata significativamente dall'anno – tipo;

⁴ La stabilità atmosferica è connessa alla tendenza di una particella d'aria, spostata verticalmente dalla sua posizione originaria, a tornarvi o ad allontanarsene ulteriormente. La stabilità atmosferica può essere definita in classi.

- precipitazioni piovose medie dell'anno – tipo con due massimi, uno primaverile avanzato (maggio/giugno) ed uno autunnale (ottobre), con un minimo invernale nel mese di febbraio; l'andamento della precipitazione totale mensile, durante l'anno 2001, si è discostata significativamente dall'anno – tipo.

3.1.1. Serie storica dei dati meteorologici

Per quanto riguarda i dati di temperatura dell'aria a 10 m si riportano i grafici dell'anno tipo (Grafico 1) e del valore medio annuale (Grafico 2) su base pluriennale (rilevamenti dal 1975 al 2001 a cura dell'Ente Zona Industriale, stazione n. 23). Per le precipitazioni si presentano analoghe elaborazioni (Grafico 3 e Grafico 4).

Grafico 1

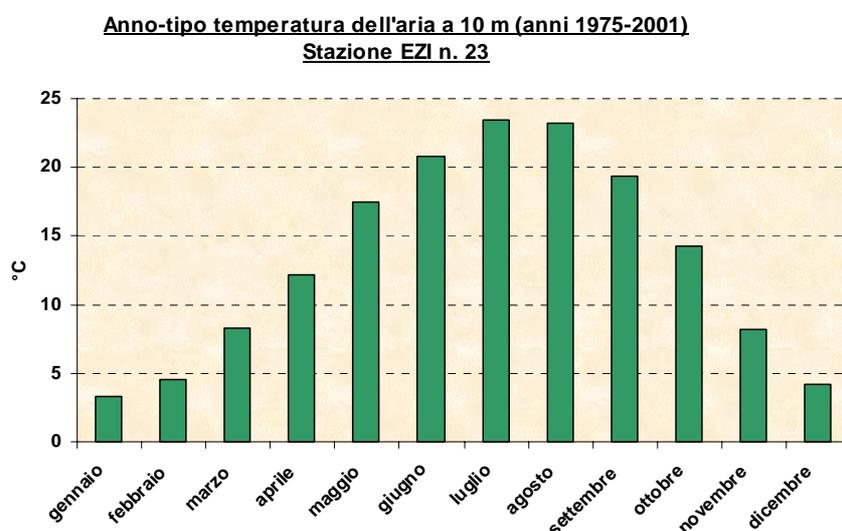


Grafico 2

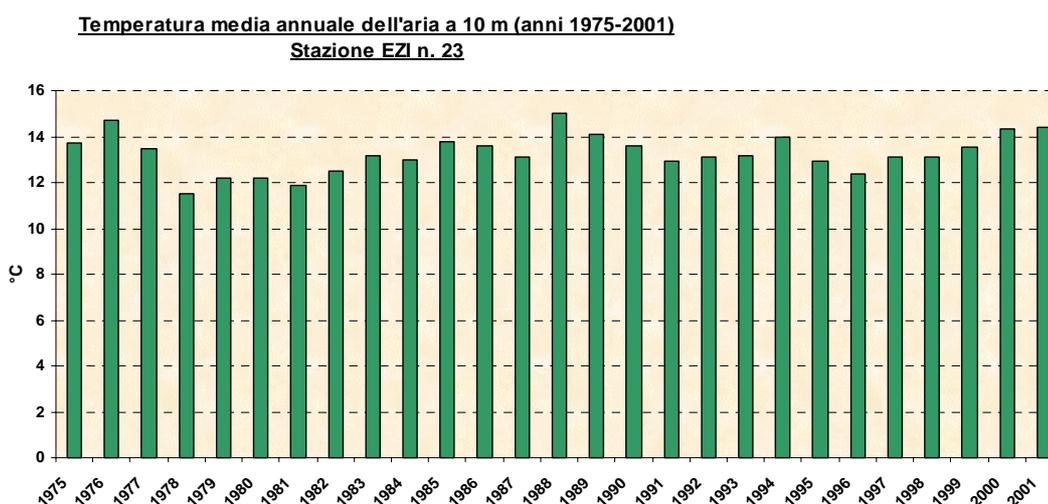


Grafico 3

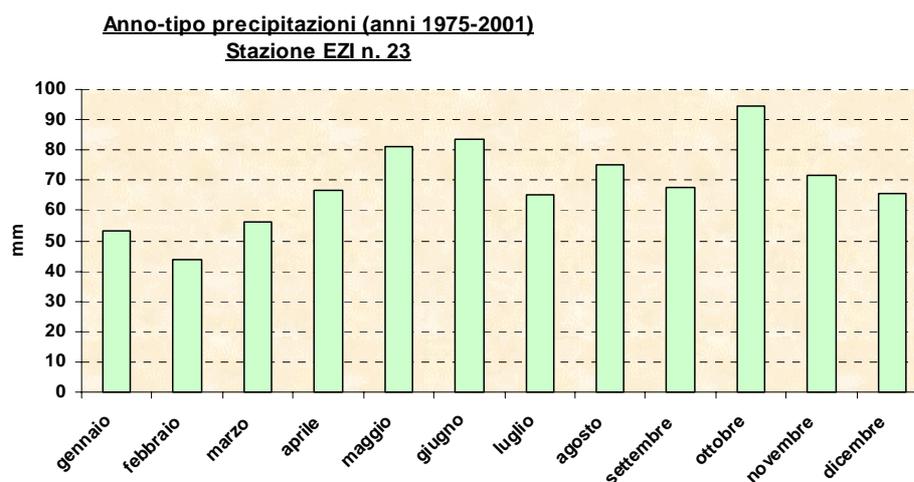
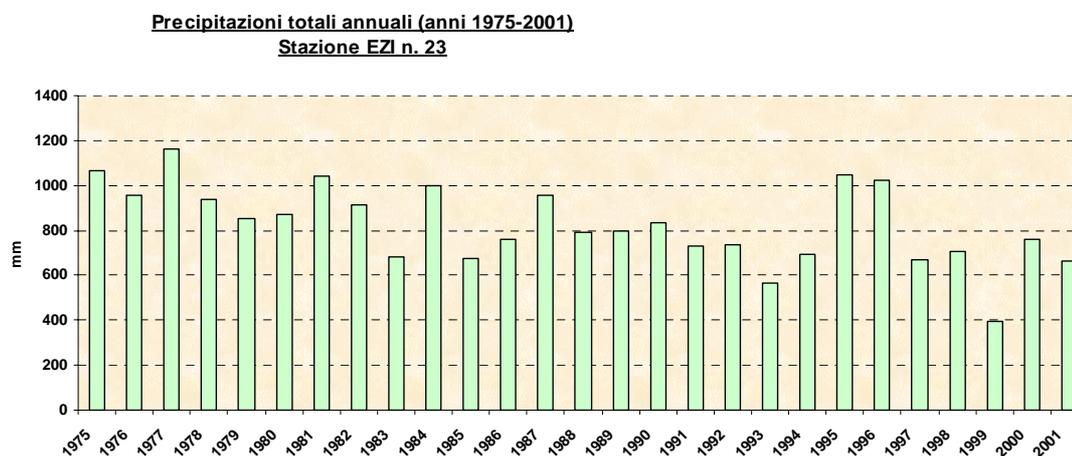


Grafico 4



3.1.2. Andamento parametri meteorologici anno 2001

Nel seguito sono riportate le medie mensili, per l'anno 2001, dei parametri meteorologici temperatura dell'aria, radiazione globale, umidità relativa, e pressione atmosferica (Grafico 5 + Grafico 8) ed i totali mensili per la precipitazione (Grafico 9).

Grafico 5: Temperatura media mensile anno 2001.

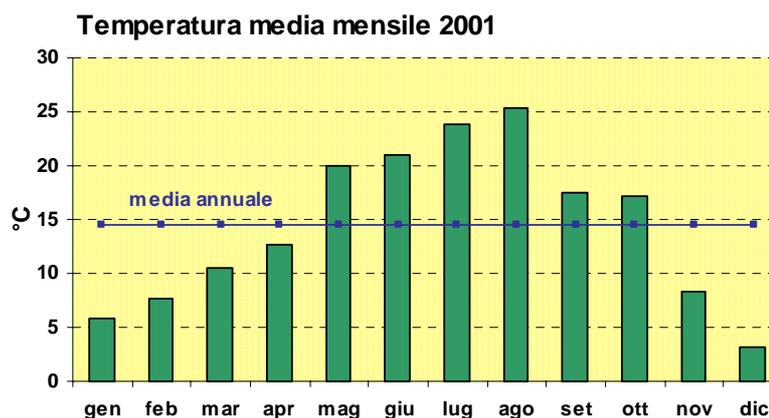


Grafico 6: Radiazione globale media mensile anno 2001.

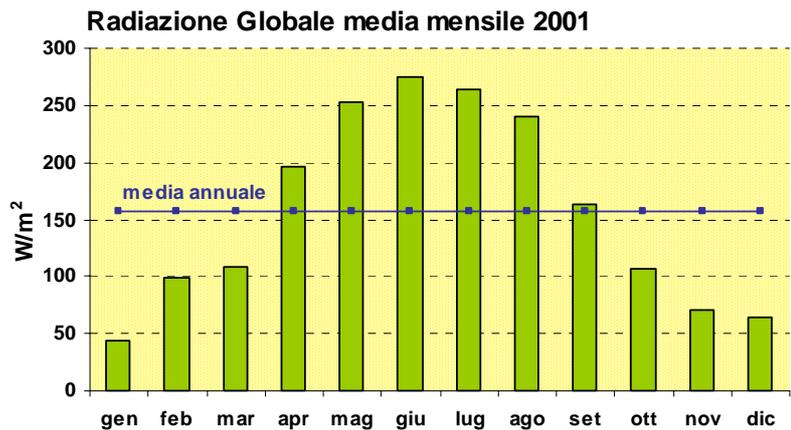


Grafico 7: Umidità relativa media mensile anno 2001.

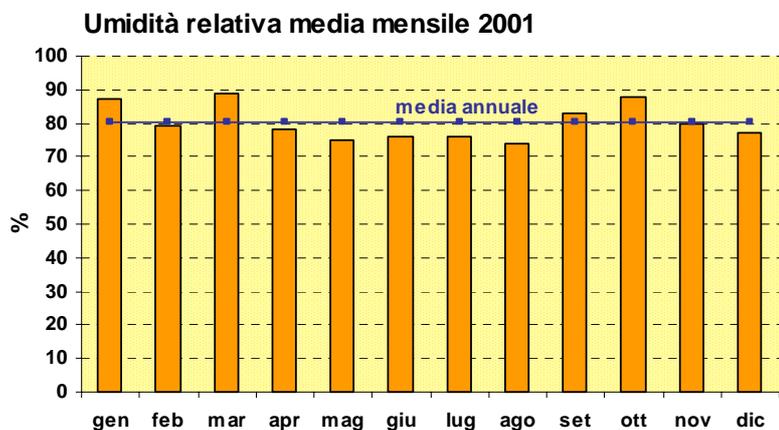


Grafico 8: Pressione media mensile anno 2001.

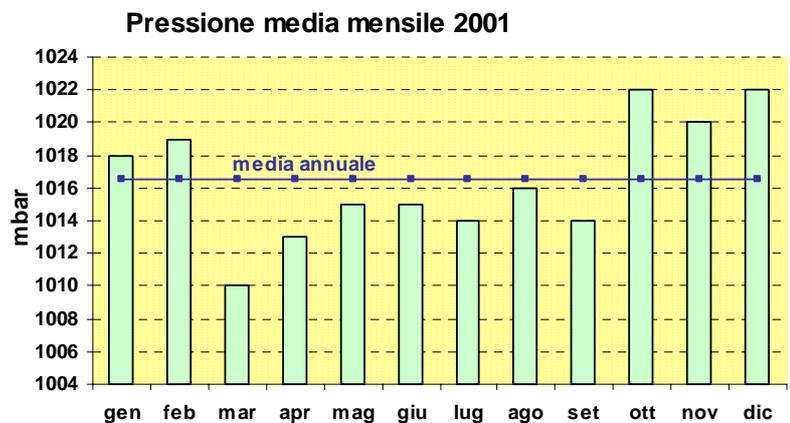
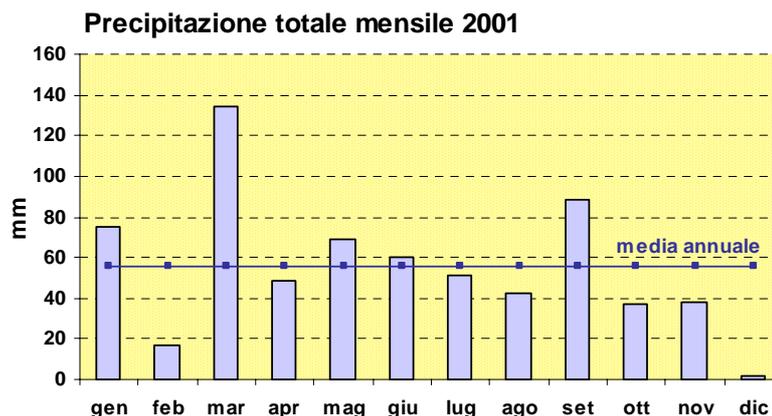


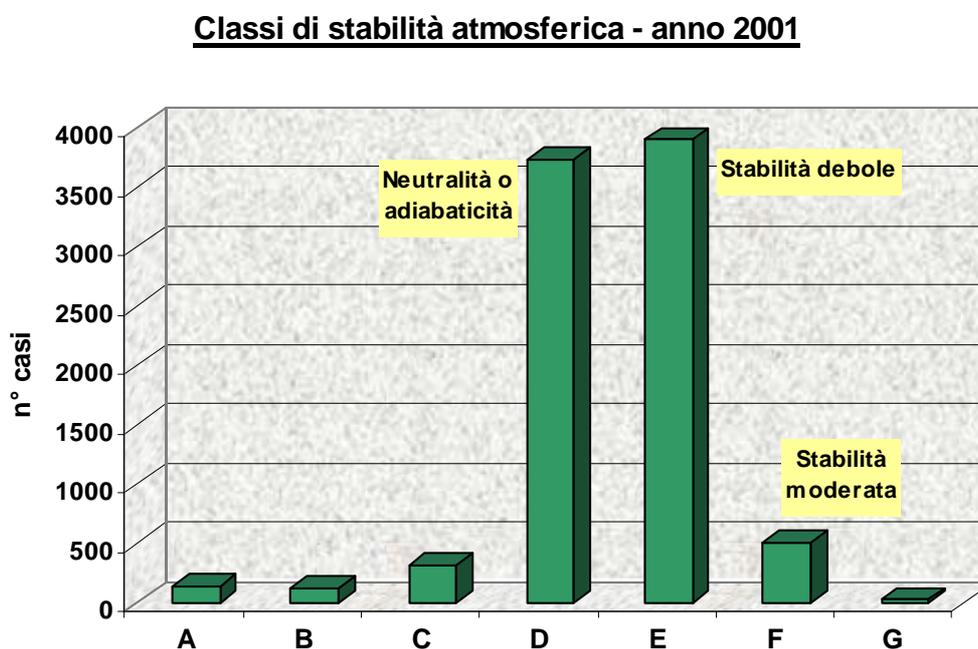
Grafico 9: Precipitazione totale mensile anno 2001.



3.1.3. Classi di stabilità atmosferica anno 2001

La frequenza delle classi di stabilità atmosferica (Grafico 10) è stata calcolata a partire dal gradiente verticale di temperatura ($T_3 - T_1$, temperature registrate presso la stazione n. 23 di Ente Zona Industriale). E' risultata fortemente prevalente la classe di stabilità debole (E), seguita dalle condizioni di neutralità/adiabaticità (D) e di stabilità moderata (F), nell'intero anno 2001.

Grafico 10: Classi di stabilità atmosferica - anno 2001.



3.1.4. Caratterizzazione meteorologica semestre caldo e semestre freddo

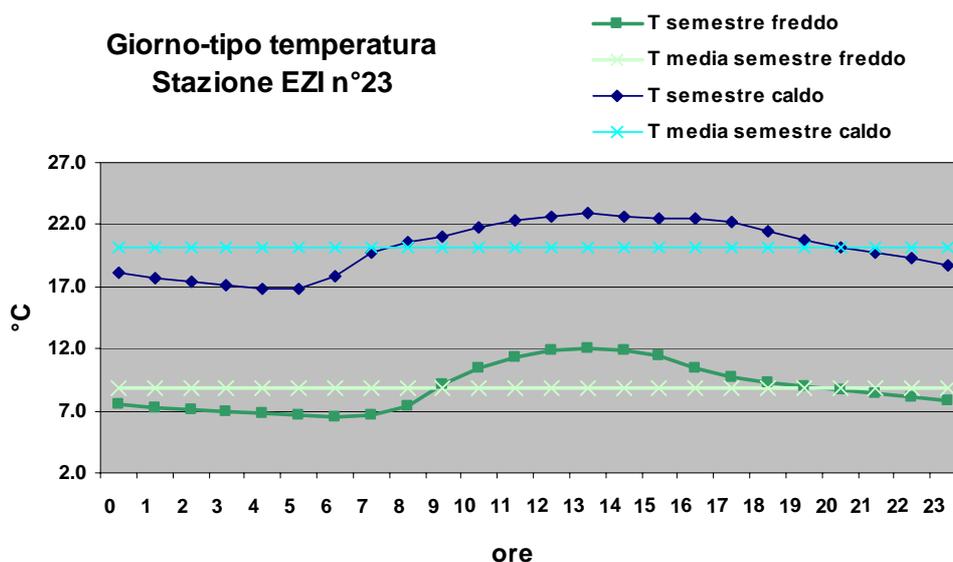
La descrizione dell'ambiente atmosferico su base stagionale, oltre che essere una rappresentazione più prossima (rispetto ad andamenti annuali) ai fenomeni naturali, favorisce anche il confronto e i commenti sul comportamento di quegli inquinanti che risentono delle variazioni stagionali.

L'anno meteorologico, quindi, è stato suddiviso in semestre "caldo" (comprendente i mesi da aprile '01 a settembre '01) e semestre "freddo" (comprendente i mesi da gennaio '01 a marzo '01 e da ottobre '01 a dicembre '01).

Per entrambi i periodi è stato descritto il giorno - tipo di temperatura dell'aria e velocità del vento e la rosa delle direzioni del vento prevalente (Grafico 11, Grafico 12, Grafico 13, Grafico 14).

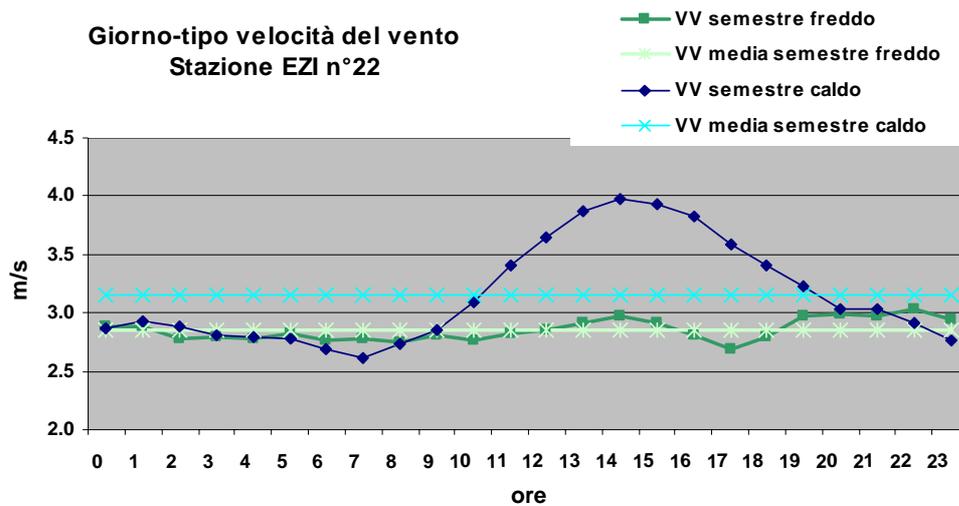
L'andamento della temperatura dell'aria per il giorno tipo risulta quasi completamente sovrapponibile nei due periodi, salvo per l'aumento del valore assoluto nel semestre caldo. Il giorno tipo presenta un trend in crescita in corrispondenza dell'insolazione diurna (che risulta quindi leggermente anticipato e prolungato nella fase estiva).

Grafico 11: Giorno - tipo temperatura dell'aria semestre caldo e freddo.



La velocità del vento nella giornata tipo del semestre caldo è caratterizzata in generale da un incremento nelle ore centrali, durante il quale si verifica un maggiore grado di rimescolamento dell'atmosfera. Questo fenomeno non si osserva nei mesi invernali per i quali la velocità oscilla in modo relativamente contenuto attorno alla media.

Grafico 12: Giorno - tipo velocità del vento semestre caldo e freddo.



Per quanto riguarda la direzione e velocità del vento si riportano i dati riferiti alla stazione n. 22 dell’Ente Zona Industriale relativi ad una quota di 40 m.

Il semestre caldo presenta prevalentemente venti da NE (frequenza 15.6%) e NNE (frequenza 11.4%) con una forte componente da SSE (frequenza 12,4%) e una percentuale superiore al 55% di velocità comprese tra i 2 e 4 m/s.

Anche nel semestre freddo l’intervallo di velocità prevalente è tra i 2 e 4 m/s (nel 46% dei casi) e permane come principale la componente NNE (16.0%) assieme alla direzione NE (14.2%).

Si nota che nel semestre freddo non è presente con la stessa frequenza la componente del vento da SSE, riscontrata nel semestre caldo.

Grafico 13: Rosa dei venti semestre caldo 2001.

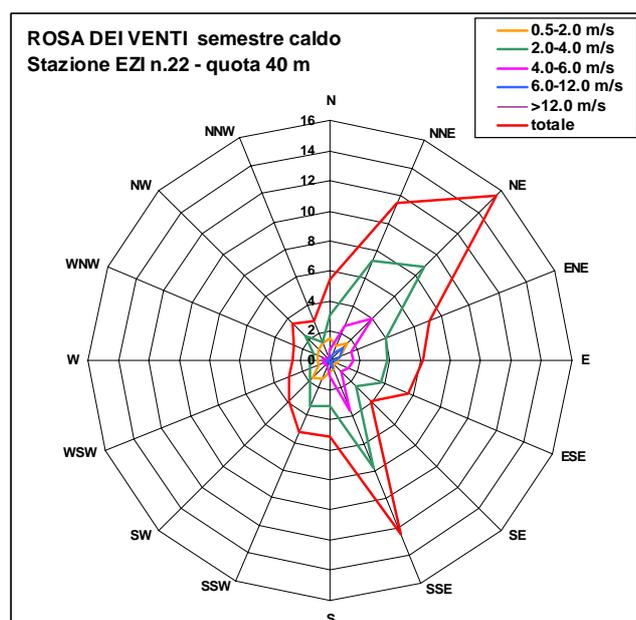
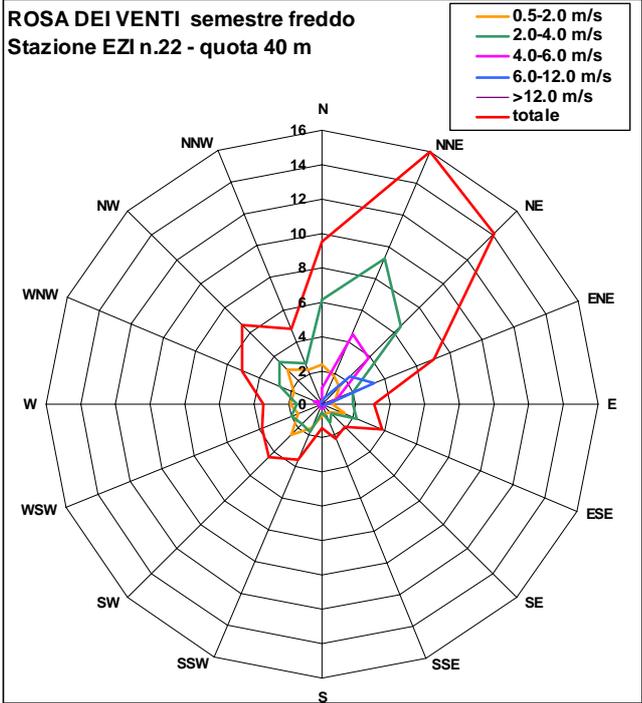


Grafico 14: Rosa dei venti semestre freddo 2001.



3.2. Analisi della qualità dell'aria per l'anno 2001

3.2.1. Classificazione degli inquinanti

I fenomeni di inquinamento sono il risultato di una complessa interazione tra vari fattori; alcuni portano ad un accumulo degli inquinanti, mentre altri determinano la loro rimozione e la loro diluizione in atmosfera. L'entità e le modalità di emissione (sorgenti puntiformi, diffuse, altezza di emissione, ecc.), i tempi di persistenza degli inquinanti, il grado di rimescolamento dell'aria, sono alcuni dei principali fattori che producono variazioni spazio-temporali nella composizione dell'aria.

Le sostanze inquinanti presenti in atmosfera possono dare luogo a reazioni. Gli inquinanti primari sono emessi direttamente in atmosfera, mentre gli inquinanti secondari si originano per trasformazione chimica a seguito dell'emissione in atmosfera.

Gli inquinanti primari possono essere di tipo gassoso o particellare.

Tra i gas si segnalano in particolare:

- composti dello zolfo (SO_2 , H_2S);
- composti dell'azoto (NO , NH_3);
- composti del carbonio (idrocarburi, CO);
- composti alogenati (HCl , HF , HBr , CFC).

Il particolato si classifica in ragione del diametro delle particelle: si considerano grossolane quelle con diametro maggiore di $2\ \mu\text{m}$ e fini quelle con diametro minore di $2\ \mu\text{m}$.

Dal punto di vista sanitario si usa distinguere le particelle inalabili, aventi diametro minore di $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), dalle particelle respirabili, aventi diametro minore di $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$).

Le particelle fini sono generate, principalmente, da processi di combustione naturali ed antropogenici e da processi chimici di conversione (particelle "secondarie"), mentre quelle grossolane si formano per azione meccanica, termine che include processi a bassa temperatura (ad es. risospensione di particelle terrigene da traffico ed attività agricole o produzione di sali marini) e ad elevata temperatura (ad es. produzione di ceneri industriali).

Il particolato è composto anche da una quota di componente inorganica. Questa è costituita da un'ampia gamma di ossidi e sali di metalli pesanti (ad es.: piombo, cadmio, zinco, alluminio, etc.) e da acidi (ad es.: acido cloridrico, nitrico, solforico, etc.) e basi (ad es.: ammoniaca, etc.).

I principali inquinanti secondari di tipo gassoso sono:

- NO_2 derivante da NO primario;
- O_3 prodotto per via fotochimica.

Entrambi i gas intervengono nei complessi meccanismi di reazione che costituiscono il cosiddetto "smog fotochimico".

Il particolato secondario può derivare da reazioni chimiche e chimico-fisiche che coinvolgono inquinanti gassosi sia primari che secondari. I più noti processi sono:

- la trasformazione di SO_2 in solfati, SO_4^- ;
- la trasformazione di NO_2 in nitrati, NO_3^- ;
- la trasformazione di composti organici in particelle organiche.

3.2.2. *Criteria di analisi delle serie storiche di concentrazioni inquinanti*

Nella presentazione dei dati e delle relative analisi, si ritiene più utile verificare il comportamento del singolo inquinante sull'intero territorio comunale, in modo che se ne possa apprezzare l'importanza complessiva, piuttosto che aggregare le informazioni sulla qualità dell'aria per ciascun sito di monitoraggio. Contestualmente vengono evidenziate eventuali criticità locali caratteristiche del particolare sito di misura.

A questo scopo, la descrizione dell'analisi dei dati condotta per ciascuna sostanza inquinante nei successivi paragrafi, si compone dei seguenti punti:

- **Siti di misura**, ove sono evidenziate le posizioni in cui sono situate le stazioni di monitoraggio che hanno contribuito alla costruzione dell'archivio dati per la sostanza in esame. Per riportare sinteticamente i risultati dell'ampia analisi condotta su ciascun inquinante, sono state scelte alcune stazioni di monitoraggio, ritenute maggiormente rappresentative del territorio comunale, con particolare riguardo alle stazioni che hanno registrato concentrazioni di inquinanti significative.

Maggiore attenzione è stata attribuita alle stazioni individuate, per il territorio veneziano, dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV, all'interno dello studio per la riqualificazione delle reti di monitoraggio ("Progetto di riqualificazione e ottimizzazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto"), in linea con la normativa vigente del settore e con le Direttive europee (Direttiva quadro 96/62/CE, Direttive figlie 99/30/CE e 00/69/CE; "Criteria for Euroairnet" designati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente).

- **Caratteristiche generali**, dove vengono ricordate le proprietà principali della sostanza considerata, oltre che le principali fonti di emissione per la stessa.

Per ogni inquinante e per ciascuna stazione, sono stati elaborati una molteplicità di parametri descrittivi illustrati nel seguito.

- **Analisi statistica dei dati**. Sono stati calcolati i principali parametri statistici, relativi agli inquinanti convenzionali, per il periodo annuale compreso tra il 1 gennaio 2001 e il 31 dicembre 2001, quali:

- % dati validi (calcolata su base oraria per NO₂, CO, O₃, NMHC e su base giornaliera per SO₂, PTS);
- media (valore medio della distribuzione dei dati);
- deviazione standard (indice della dispersione dei dati attorno al valore centrale);
- 25° percentile (valore che si posiziona al di sotto del 75% dei dati);
- mediana (valore che si posiziona al 50% dei dati ovvero nella posizione centrale della distribuzione degli stessi);
- 75° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 75% dei dati);
- 98° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 98% dei dati, ovvero indice del massimo).

In Allegato 1 è riportata una tabella delle statistiche descrittive per tutti gli inquinanti misurati in ciascuna stazione, ai sensi della normativa vigente.

▪ **Confronto con valore guida, valore limite e/o livelli di attenzione e di allarme.** Le diverse analisi che contribuiscono a definire lo stato della qualità dell'aria comprendono l'osservazione del comportamento dei diversi inquinanti nel lungo e breve periodo, in funzione delle loro specifiche proprietà chimiche e di diffusione, permettendo di conseguenza di delineare scenari rispettivamente cronici ed acuti.

Lo scenario di inquinamento cronico nell'area veneziana (Allegato 2) è stato descritto mediante alcuni indicatori di qualità identificati nei valori guida e limite fissati dal DPCM 28/03/83 e dal DPR n. 203/88 per il biossido di zolfo (SO₂) il biossido di azoto (NO₂) e le polveri totali sospese (PTS).

Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento:

- dei livelli di attenzione e di allarme per i parametri biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, polveri totali sospese e ozono (ai sensi del DM 25/11/94);
- del limite di 10 mg/m³ mediato sulle 8 ore per il monossido di carbonio (ai sensi del DPCM 28/03/83);
- dei livelli di protezione della salute e della vegetazione per l'ozono (ai sensi del DM 16/05/96).

E' stato, quindi, calcolato il numero di giorni durante i quali sono stati rilevati dei superamenti; in Allegato 3 è riportato il dettaglio del numero di superamenti del livello di attenzione e di allarme per ciascuna stazione della rete.

Va precisato che la stazione di monitoraggio di via Antonio Da Mestre è stata installata nei primi mesi dell'anno 2001 ed è stata attivata per la misura degli inquinanti convenzionali a partire dal 1 aprile 2001. I dati di concentrazione rilevati da aprile a dicembre non sono rappresentativi dell'intero anno 2001, quindi il confronto degli opportuni parametri statistici con i valori guida e limite fissati dalla normativa è stato eseguito a scopo puramente indicativo.

Analoghe considerazioni valgono per la stazione di via Da Verrazzano, distrutta da un incidente automobilistico in data 16/07/2001.

▪ **Persistenza degli inquinanti.** Questo tipo di rappresentazione ha lo scopo di rappresentare graficamente quanto a lungo la concentrazione di una sostanza eccede una determinata soglia, e quante volte ciò accade nell'arco dell'anno. Le soglie considerate sono scelte tra quelle ritenute più significative della Tabella 1 e Tabella 2, rispetto ai relativi periodi di riferimento, indicati con il termine di Tempi di Mediazione (TdM). I TdM scelti sono: ore, giorni o periodi di 3 o di 8 ore.

Gli istogrammi mostrano la distribuzione percentuale delle persistenze nel tempo per tutti quei casi in cui si realizza il superamento della soglia prescelta ed indicano il superamento di un certo numero di tempi di media, indicato sull'asse delle ascisse (1 TdM, 2 TdM, 3 TdM, fino a 5 TdM, fino a 10 TdM, etc.).

I grafici a torta illustrano quanto pesano i casi in cui si riscontra il superamento della soglia sul computo totale dei dati monitorati, indicando la percentuale di dati oltre la soglia, la percentuale di dati validi e la percentuale di dati invalidi rispetto al totale.

▪ **Giorno - tipo**, ossia la media dei valori riscontrati durante tutto l'anno, per ciascuna ora del giorno. E' stata fatta un'ulteriore distinzione tra giorni feriali e fine settimana (dalle 00.00 del

sabato alle 24.00 della domenica). In genere, tali grafici presentano un dato mancante in corrispondenza dell'orario di taratura di ciascun inquinante.

Anche per il giorno – tipo, per le stazioni di via A. Da Mestre e di via Da Verrazzano valgono le avvertenze precedentemente espresse per il confronto con i valori guida e limite.

- **Media mobile per gli inquinanti non convenzionali.** Il monitoraggio estensivo per l'anno 2001 dei parametri non convenzionali (benzene, benzo(a)pirene e PM₁₀) presso le due postazioni di misura fisse di Parco Bissuola e via Circonvallazione ha consentito il calcolo della media mobile annuale da raffrontare con gli obiettivi di qualità fissati dal DM 25/11/94 (Tabella 3). Come già sottolineato, la stazione di via A. Da Mestre, predisposta per il monitoraggio degli inquinanti non convenzionali, è entrata invece definitivamente a regime a partire dal marzo 2001.

- **Trend storico.** Per ciascuna stazione di monitoraggio è stato rappresentato graficamente l'andamento di tutti gli inquinanti negli ultimi anni (1994 – 2001) attraverso la mediana ed il 98° percentile. Disponendo di un archivio storico significativo, è importante porre a confronto tra di loro le concentrazioni di inquinanti rilevati negli ultimi anni. In particolare, è interessante conoscere la variazione della presenza media di una sostanza nell'aria, indicata dalla mediana, e qual è stato il comportamento dei valori massimi negli stessi periodi, indicati dal 98° percentile. La situazione più confortante è quella in cui entrambi gli indicatori sono decrescenti col trascorrere del tempo.

- **Analisi spaziale.** Per un'analisi di tipo spaziale dei dati relativi ad una singola sostanza rilevata presso varie stazioni di monitoraggio, si rimanda alle matrici di correlazione presentate nel Rapporto Annuale 1999 e 2000. Anche nella presente relazione si è approfondito lo studio delle correlazioni esistenti tra le serie storiche dei vari inquinanti; si è posta particolare attenzione alle correlazioni tra le serie rilevate nelle stazioni di via Circonvallazione e via A. Da Mestre.

3.2.3. Efficienza della rete di monitoraggio e controllo di qualità dei dati

La rete ARPAV di monitoraggio fornisce, nel corso dell'anno, le informazioni in base alle quali è possibile valutare il rispetto degli standard di riferimento per la qualità dell'aria (paragrafo 1.1) nel territorio del Comune di Venezia.

Alcuni analizzatori rendono disponibile un dato ogni ora, ottenuto come media delle analisi di campionamenti molto più frequenti eseguiti nel corso dell'ora precedente; per altri tipi di inquinanti, invece, il dato può essere fornito ogni due ore, ogni otto ore oppure una volta al giorno.

Di volta in volta la serie storica dei dati viene elaborata in modo da consentire il confronto con il valore di riferimento appropriato, come descritto nel paragrafo 3.2.2.

Nelle tabelle riportate in Allegato 1 è possibile verificare l'efficienza della rete di monitoraggio considerando l'informazione sulla percentuale di dati validi disponibili, per tutti gli inquinanti, nelle varie stazioni. La situazione di “fuori servizio”, che implica la non disponibilità del dato, può essere attribuita generalmente ad un malfunzionamento della strumentazione di misura o alla mancata acquisizione del dato; l'Ufficio Reti di Monitoraggio del Servizio Territoriale del Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia, che gestisce la rete di monitoraggio, controlla scrupolosamente il corretto funzionamento della rete attivando tempestivamente la Ditta responsabile della manutenzione degli analizzatori, laddove se ne ravvisi la necessità.

Osservando la percentuale dei dati validi, si può constatare che l'efficienza della rete si è mantenuta, nel corso di tutto il 2001, su valori generalmente superiori all' 80 %.

Si rammenta che la stazione di via Da Verrazzano, come è noto, è stata completamente distrutta da un incidente automobilistico avvenuto il 16 luglio 2001; per sopperire provvisoriamente alla mancanza della stazione di rilevamento in questa zona della città, sono stati successivamente pianificati appositi monitoraggi del benzene mediante campionatori passivi, descritti nel paragrafo 3.3, e una campagna con laboratorio mobile a partire dai primi mesi del 2002.

Per la stazione di via A. Da Mestre le serie storiche per i vari inquinanti non hanno estensione annuale poiché la centralina è stata messa in funzione nel corso del marzo 2001.

Da segnalare, in poche situazioni isolate, alcuni analizzatori che hanno avuto un funzionamento meno efficiente (CO in Parco Bissuola e PTS a Sacca Fisola).

Al fine di mantenere alta l'efficienza della rete di monitoraggio e di fornire dati di buona qualità sull'inquinamento atmosferico, all'interno del contratto di manutenzione della rete sono previsti molteplici controlli (Tabella 14) con cadenza giornaliera, mensile, trimestrale, semestrale o annuale.

Tabella 14: Controlli programmati sulla strumentazione installata presso tutte le stazioni della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria.

| Manutenzione strumentazione analitica | Frequenza |
|---|-----------------------|
| Sostituzione filtri depolveratori | mensile |
| Controllo flussi e regolazione | Ordinaria/trimestrale |
| Pulizia capillari | Ordinaria/trimestrale |
| Calibrazione automatica (esclusi BTEX) | giornaliera |
| Taratura chimica | trimestrale |
| Taratura elettrica | trimestrale |
| Manutenzione programmata | trimestrale |
| Controllo e pulizia circuito pneumatico | semestrale |
| Controllo sorgenti a permeazione | trimestrale |
| Verifica sorgenti emissive interne (U.V., I.R., Raggi Beta) | trimestrale |
| Sostituzione elementi catalizzanti | annuale |
| Sostituzione elementi selettivi | annuale |

Sono inoltre previsti ulteriori controlli eseguiti o assistiti da personale ARPAV; per il 2002, ad esempio, sono programmati quelli riportati in Tabella 15.

Tabella 15: Verifiche funzionali a campo della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria.

| Verifiche funzionali a campo | Periodo |
|--|------------------------|
| Allineamento degli analizzatori di ozono con calibratore portatile | primavera |
| Verifica taratura BTEX | su necessità |
| Verifiche O ₃ nel periodo estivo | a campione |
| Intercalibrazione stazioni di monitoraggio con Laboratorio Mobile della ditta manutentrice | n° 2 verifiche annuali |

Va segnalato che nel corso del 2002 è prevista l'estensione anche alla misura delle polveri inalabili (PM₁₀) dell'accreditamento del Servizio Laboratori del Dipartimento ARPAV Provinciale, già certificato dal SINAL per molte altre attività analitiche.

Per il 2002 sono già state inoltre programmate alcune campagne di taratura e di intercalibrazione per gli analizzatori dei vari Dipartimenti ARPAV Provinciali, coordinate dal Laboratorio Controllo Qualità dell'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV (ORAR).

L'obiettivo è quello di inserire le reti di rilevamento dell'inquinamento atmosferico (RRQA) in un Sistema Qualità, al fine di aumentare il grado di intercomparabilità dei dati a livello locale, nazionale e comunitario. Le RRQA saranno gradualmente inserite nei processi di accreditamento attuati dai singoli Dipartimenti ARPAV Provinciali, in un'ottica che prevede la "migrazione" di tutte le prestazioni in un Sistema Qualità complessivo dell'Agenzia.

Per il 2002, le campagne di taratura che saranno realizzate per prime si riferiscono al monossido di carbonio (CO) e all'ozono (O₃), insieme alle campagne di interconfronto dei dati di qualità dell'aria prodotti dai laboratori mobili dei Dipartimenti ARPAV Provinciali. Progressivamente tutti gli analizzatori prenderanno parte a campagne analoghe.

Per i controlli di qualità sui campionatori passivi radiello si veda il paragrafo 3.3.

3.2.4. Biossido di zolfo (SO₂)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di biossido di zolfo (SO₂) sono 7:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); viale S. Marco (B); via Antonio Da Mestre (B); Maerne (D); Malcontenta (I/B).

Caratteristiche generali. Gli **ossidi di zolfo**, costituiti da biossido di zolfo (SO₂) ed in piccole quantità da triossido di zolfo o anidride solforica (SO₃), sono composti originati da processi di combustione di combustibili contenenti zolfo che si svolgono nell'ambito della produzione di elettricità e di calore (centrali termoelettriche e produzione di calore anche a fini domestici). Attualmente, stante la normativa in vigore nella maggior parte dei centri urbani, la presenza di questo inquinante in atmosfera è da attribuire essenzialmente alla combustione del gasolio negli impianti di riscaldamento e nei motori diesel.

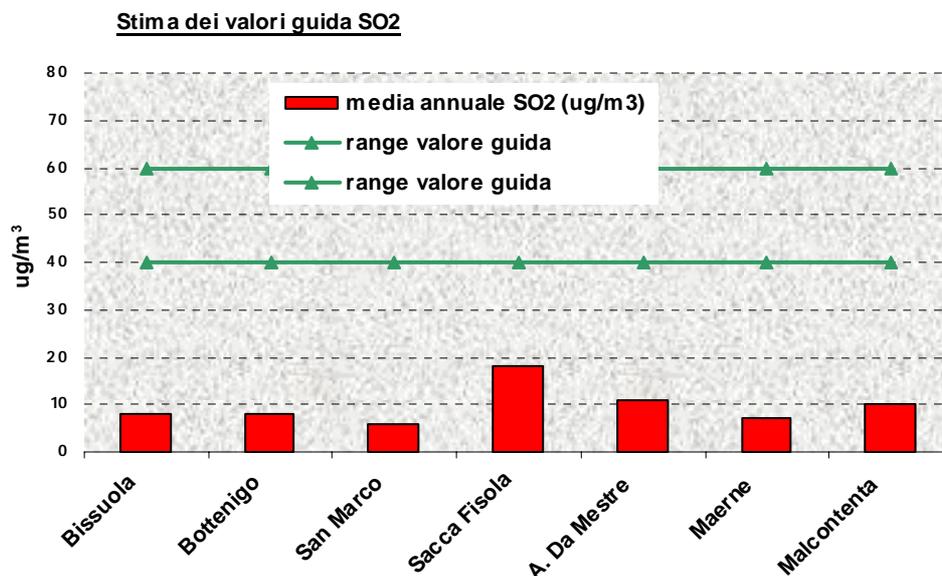
Nella provincia di Venezia, in particolare, si può stimare che una percentuale assai rilevante delle emissioni di biossido di zolfo sia imputabile alla zona industriale di Porto Marghera, vista l'alta metanizzazione degli impianti di riscaldamento civili. Negli anni passati, la concentrazione di questo inquinante è stata molto superiore ai livelli attuali, in quanto nei centri urbani venivano impiegati combustibili ad elevato tenore di zolfo. Il controllo dello zolfo alla sorgente, ossia nel combustibile, unitamente all'estensivo uso di gas naturale pressoché privo di zolfo, hanno contribuito a ridurre le emissioni di questo gas a livelli accettabili.

Il biossido di zolfo nell'anno 2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio comunale sono via Bottenigo (A), Parco Bissuola (A), Sacca Fisola (B), via Antonio Da Mestre (B), Maerne (D) e Malcontenta (I/B).

Considerando le stazioni dell'intera rete di monitoraggio (Grafico 15) si osserva che il biossido di zolfo non presenta superamenti dei valori guida di 40-60 µg/m³ (media annuale delle medie su 24 ore) e del valore limite di 80 µg/m³ (mediana annuale delle medie sulle 24 ore).

Grafico 15: Calcolo dell'indice statistico (media annuale delle concentrazioni giornaliere) per confronto con il valore guida e limite per SO₂ anno 2001.



Le situazioni meno positive sono quelle di Sacca Fisola (media annuale pari a 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), di via Antonio Da Mestre (11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), considerata a scopo puramente indicativo, e di Malcontenta (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

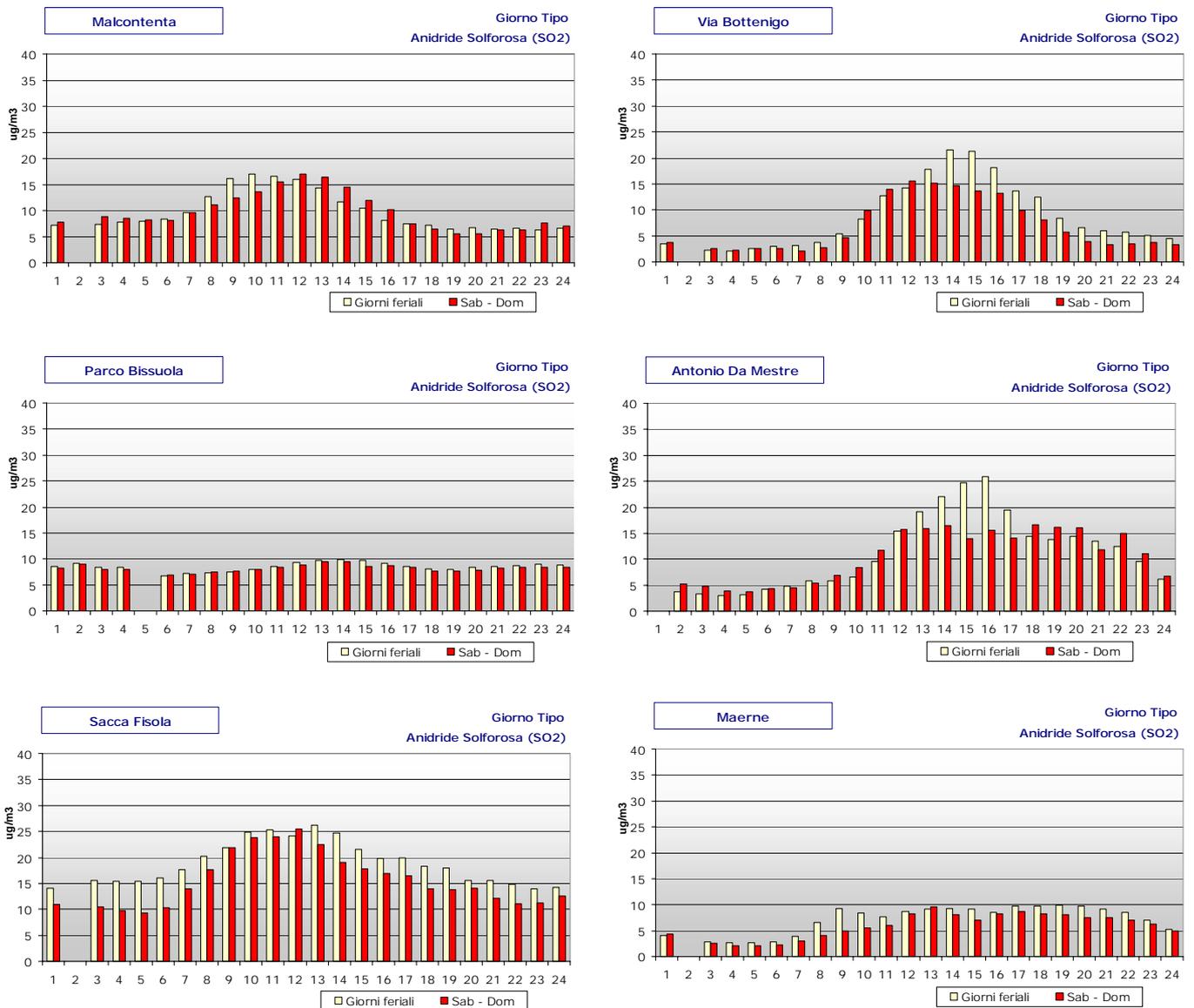
Si fa notare inoltre come nella stazione di Sacca Fisola, prendendo a riferimento il valore di 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di SO₂ nelle 24 ore (valore guida inferiore indicato dal DPR 203/88), questo sia stato oltrepassato in due giorni nell'anno 2001 e, precisamente, il 29 ottobre 2001 (media giornaliera pari a 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il 22 novembre 2001 (media giornaliera pari a 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

In tutte le altre stazioni considerate non sono stati riscontrati superamenti della stessa soglia e sono presenti valori generalmente bassi per questo parametro.

Dai grafici del giorno tipo (Grafico 16) si evidenzia che i valori maggiori delle concentrazioni di SO₂, mediate nell'intero anno 2001, sono state raggiunte dalle ore 11.00 alle ore 13.00 a Sacca Fisola e alle ore 16.00 in via Antonio Da Mestre.

Complessivamente si misura un aumento di SO₂ nelle ore centrali della giornata, mentre nelle stazioni di Maerne e di Parco Bissuola l'escursione diurna è meno marcata.

Grafico 16: Giorno - tipo anno 2001.



In via Bottenigo ed in via Antonio Da Mestre si trova la maggior differenza tra i valori di SO₂ relativi ai giorni feriali e quelli relativi al sabato e domenica; in particolare nei giorni lavorativi dalle ore 13.00 alle ore 17.00 la concentrazione di SO₂ è molto più alta di quella misurabile nelle stesse ore del sabato e domenica.

3.2.5. Ossidi di azoto (NO_x)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di ossidi di azoto (NO_x) sono 7:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); viale S. Marco (B); via Antonio Da Mestre (B); Maerne (D); Malcontenta (I/B).

Caratteristiche generali. Esistono numerose specie chimiche di ossidi di azoto, classificate in funzione dello stato di ossidazione dell'azoto:

- ossido di diazoto: N_2O
- ossido di azoto: NO
- triossido di diazoto (anidride nitrosa): N_2O_3
- biossido di azoto: NO_2
- tetrossido di diazoto: N_2O_4
- pentossido di diazoto (anidride nitrica): N_2O_5

Le emissioni naturali di NO comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo; le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore e, in misura minore, alle attività industriali. Negli ultimi anni le emissioni antropogeniche di ossidi di azoto sono aumentate notevolmente e questa è la causa principale dell'incremento della concentrazione atmosferica delle specie ossidanti. Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata temperatura; l'ulteriore ossidazione dell' NO produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NO_x totali emessi. La formazione di biossido di azoto, la specie di prevalente interesse per i possibili effetti sulla salute umana e che svolge un importante ruolo nel processo di formazione dell'ozono, avviene per ossidazione in atmosfera del monossido di azoto.

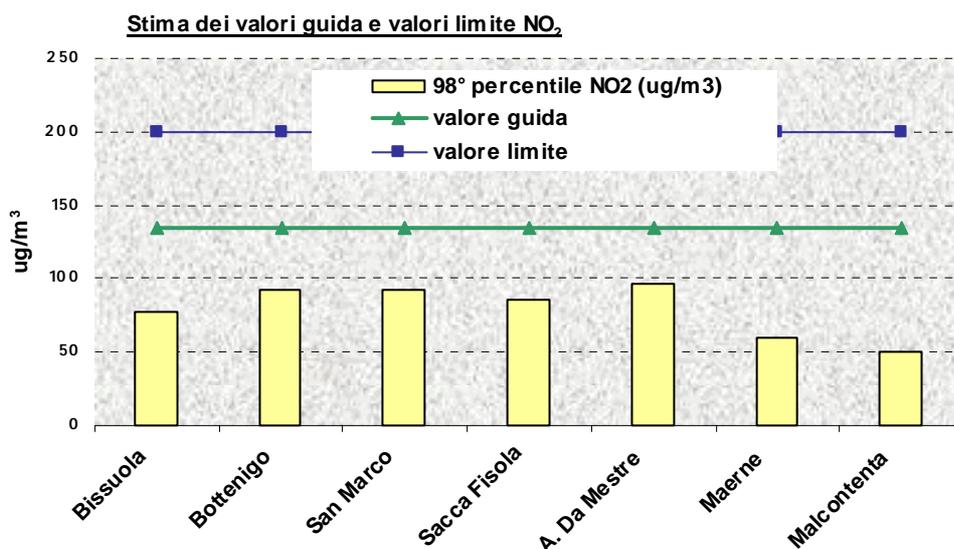
La concentrazione in aria di NO_2 , oltre ad essere funzione della componente meteorologica, dipende dalla velocità di emissione di NO , dalla velocità di trasformazione di NO in NO_2 e dalla velocità di conversione di NO_2 in altre specie ossidate (nitrati).

Il biossido di azoto nell'anno 2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio comunale sono via Bottenigo (A), Parco Bissuola (A), Sacca Fisola (B), via Antonio Da Mestre (B) e viale San Marco (B).

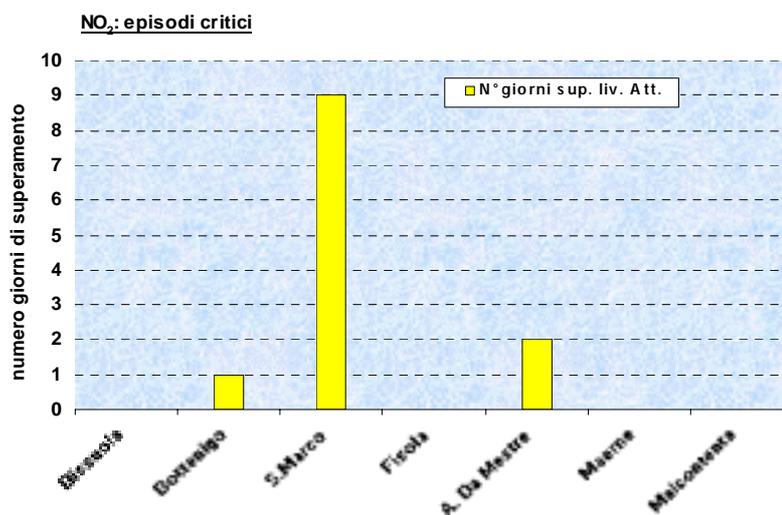
Il parametro biossido di azoto richiede una sorveglianza maggiore rispetto al precedente SO_2 . Infatti, i valori di concentrazione sono relativamente più prossimi al valore guida (Grafico 17), tuttavia il biossido di azoto non mostra superamento del valore guida ($135 \mu g/m^3$), calcolato come 98° percentile delle medie orarie, presso nessuna delle stazioni della rete.

Grafico 17: Calcolo dell'indice statistico (98° percentile delle concentrazioni orarie rilevate per l'intero anno) per confronto con il valore guida e limite per NO₂ anno 2001.



Il biossido di azoto è una sostanza spesso responsabile di fenomeni di inquinamento acuto, cioè relativi al breve periodo. Tali episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme. Tale inquinante presenta superamenti del livello di attenzione (200 µg/m³) presso le stazioni di viale S. Marco (9 giorni con almeno un superamento nell'intero anno 2001), via Antonio Da Mestre (2 giorni) e via Bottenigo (1 giorno) (Grafico 18).

Grafico 18: Numero di giorni in cui si è verificato almeno 1 superamento del livello di attenzione di NO₂ nell'anno 2001.

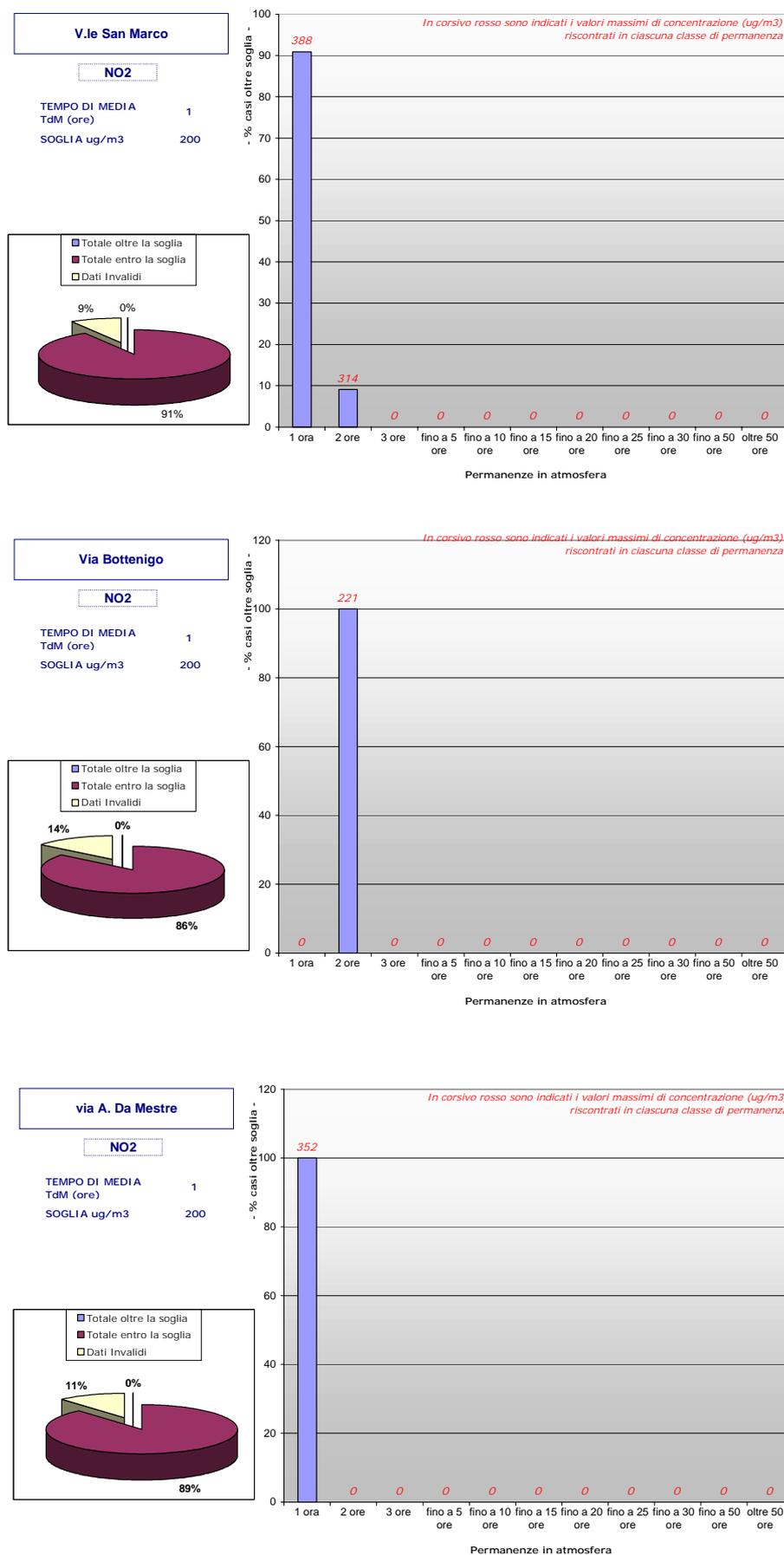


I casi di superamento orari del livello di attenzione (pari a 200 µg/m³) in viale S. Marco (Grafico 19) hanno avuto una permanenza massima di 2 ore consecutive (ore 15.00 e 16.00), durante il 7 agosto 2001. Anche in via Bottenigo il superamento ha avuto una permanenza massima di 2 ore consecutive (ore 21.00 e 22.00) nel giorno 17 dicembre 2001 (Grafico 19).

In via Antonio Da Mestre il superamento si è verificato solo per 1 ora nei giorni 13 maggio 2001 e 16 settembre 2001.

Per tutte le altre stazioni si è verificato il sostanziale rispetto dei valori guida, dei valori limite, nonché dei livelli di attenzione.

Grafico 19: Permanenza in atmosfera delle concentrazioni di NO₂ mediate su 1 ora superiori ai 200 µg/m³.



I coefficienti di correlazione tra i valori orari del giorno tipo (Tabella 20) indicano che, molto probabilmente, la presenza di questo inquinante è comunque generalizzata in ambito urbano, anche in zone di verde come Parco Bissuola (analogamente a quanto accade per l'ozono).

Infatti l'andamento tipo giornaliero con due picchi di concentrazione (tra i 40 e 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), uno intorno alle ore 7.00 - 8.00 e l'altro maggiore nel periodo serale-notturno, è comune a quasi tutte le stazioni (Grafico 20). In accordo con quanto evidenziato dall'analisi delle correlazioni spaziali (Tabella 20), la situazione riscontrata a Sacca Fisola è leggermente diversa, poiché, per la posizione particolare che la stazione occupa in una delle isole di Venezia, l'evoluzione dei fenomeni inquinanti ha effettivamente un diverso andamento, con il picco più pronunciato al mattino piuttosto che alla sera, ma comunque intorno ai 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grafico 20).

Come si può notare, le concentrazioni di NO_2 misurate nei giorni lavorativi sono generalmente superiori a quelle misurate durante il fine settimana.

Grafico 20: Giorno - tipo anno 2001.



3.2.6. Monossido di carbonio (CO)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di monossido di carbonio (CO) sono 6:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del popolo (C); via Da Verrazzano (C).

Caratteristiche generali. Il monossido di carbonio è un composto gassoso intermedio delle reazioni di combustione e si forma in grandi quantità nel caso queste avvengano in difetto d'aria. Le condizioni di combustione ottimale non si realizzano nei motori a combustione interna che costituiscono quindi la principale fonte di questo inquinante. Nelle città dove il traffico procede lento e dove le fermate ai semafori sono frequenti, la concentrazione di CO può raggiungere punte particolarmente elevate nelle ore di traffico intenso.

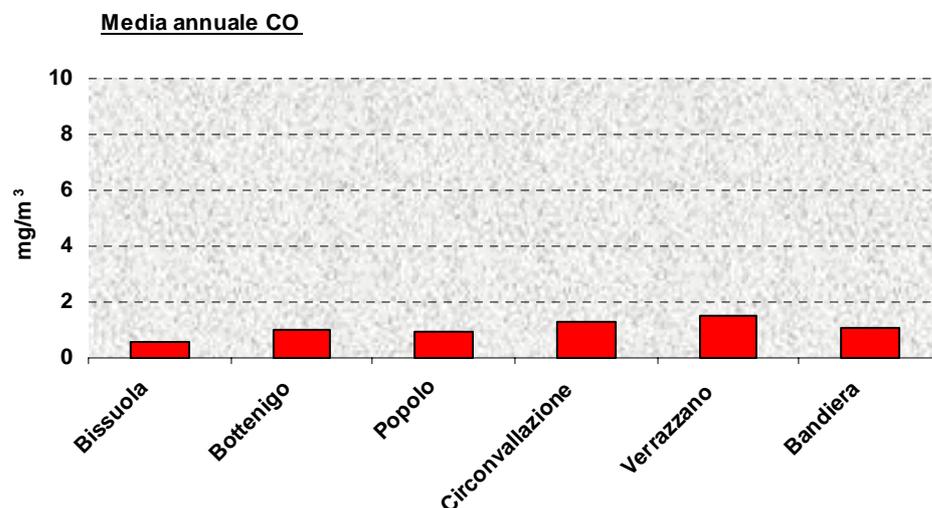
In condizioni sfavorevoli (ad esempio bassa ventilazione), la concentrazione di monossido di carbonio può arrivare a diverse decine di mg/m^3 . Normalmente essa si mantiene nell'intorno di qualche mg/m^3 .

Il monossido di carbonio nell'anno 2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio comunale sono via Bottenigo (A), Parco Bissuola (A), via Circonvallazione (C), via F.lli Bandiera (C) e via Da Verrazzano (C).

A titolo puramente indicativo si rappresenta nel Grafico 21 il valore medio annuale per il monossido di carbonio.

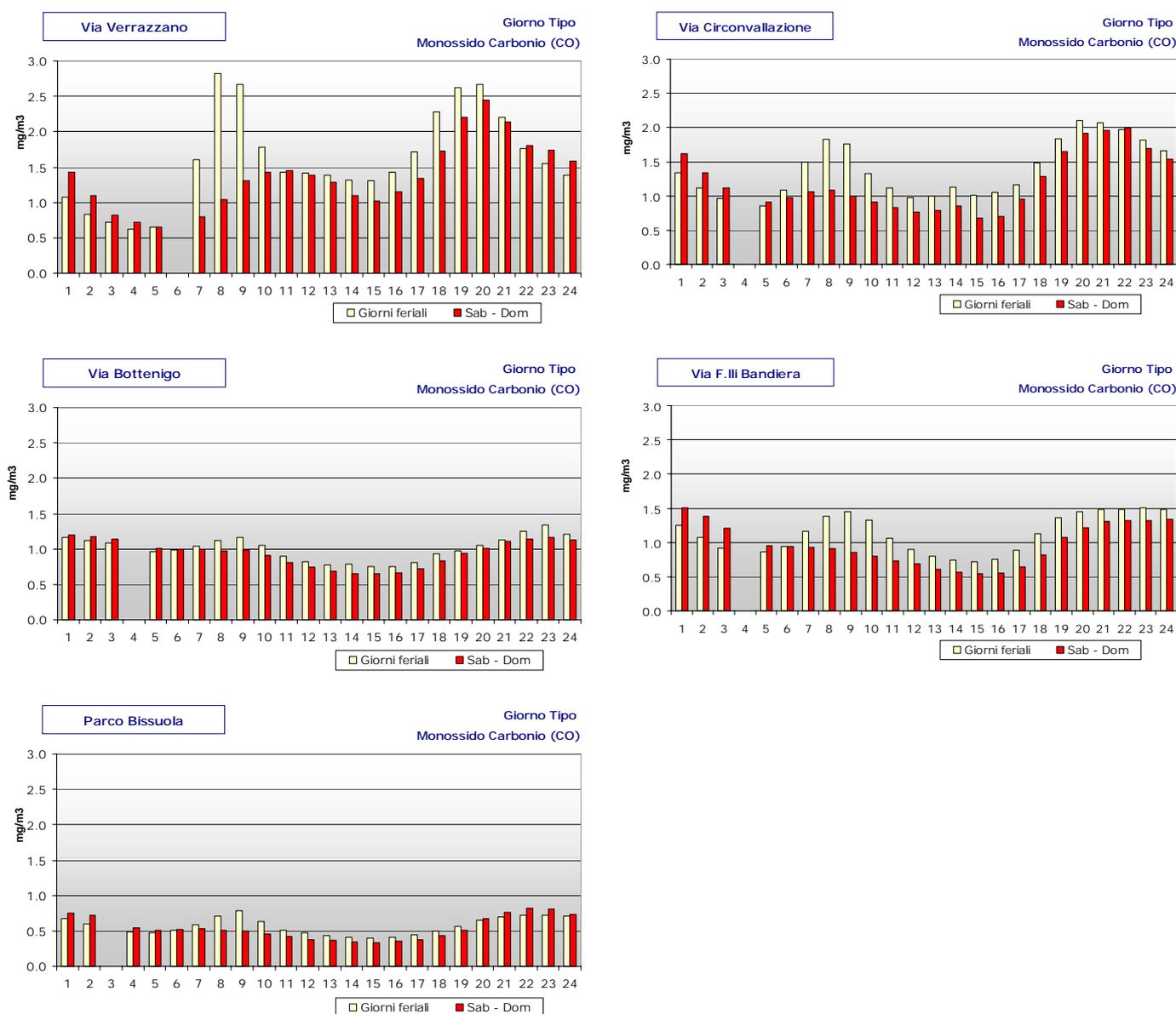
Grafico 21: Media annuale CO in tutte le stazioni della rete, anno 2001.



Il monossido di carbonio durante l'anno 2001 non ha evidenziato superamenti del limite di legge alla concentrazione media su otto ore, pari a 10 mg/m^3 , né del livello di attenzione di 15 mg/m^3 su base oraria. Dunque non si sono verificati episodi di inquinamento acuto causati da questo inquinante.

La situazione riscontrata nel giorno - tipo delle stazioni cittadine dimostra come le arterie di traffico siano tutte caratterizzate da concentrazioni significative, fino a raggiungere punte oltre i 2 mg/m^3 in via Da Verrazzano ed in via Circonvallazione intorno alle ore 20.00 (Grafico 22).

Grafico 22: Giorno - tipo anno 2001.



E' interessante sottolineare che lo studio del giorno tipo delle varie stazioni evidenzia picchi di concentrazione nelle medesime ore; questo dimostra come, nonostante le emissioni di CO abbiano carattere locale, questo inquinante risulti diffuso in tutte le strade della città a causa dell'ubiquità delle fonti emissive. Ancora una volta si nota come i giorni feriali, specie nelle ore diurne e soprattutto alle ore 8.00 del mattino, risultino caratterizzati da concentrazioni di monossido di

carbonio più elevate rispetto ai fine settimana; si veda ad esempio il giorno - tipo calcolato in corrispondenza delle strade ad intenso traffico, quali via Da Verrazzano, via Circonvallazione e via F.lli Bandiera (Grafico 22).

3.2.7. *Polveri (PTS e PM₁₀)*

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di polveri totali sospese (PTS) sono 10:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); viale San Marco (B); Sacca Fisola (B); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del popolo (C); via Da Verrazzano (C); Malcontenta (I/B); Maerne (D).

Le stazioni della rete dotate di campionatori di polveri inalabili (PM₁₀) sono 3: Parco Bissuola (A), via Antonio Da Mestre (B) e via Circonvallazione (C).

Caratteristiche generali. Gli inquinanti atmosferici detti "particolato" o "materiale particolato" includono polvere, fumo, microgocce di liquido emesse direttamente in atmosfera da sorgenti quali industrie, centrali termoelettriche, autoveicoli, cantieri, e polveri di risospensione trasportate dal vento. Il particolato può anche formarsi in modo indiretto in atmosfera tramite la condensazione in microgocce di gas inquinanti quali l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, ed alcuni composti organici volatili.

Il materiale particolato sospeso è dunque una miscela di particelle a composizione chimica variabile di componenti organiche ed inorganiche in fase solida e liquida.

Il particolato atmosferico viene emesso in atmosfera da una grande varietà di sorgenti; le sorgenti naturali sono:

- residui di spray marino;
- polvere minerale trasportata dal vento;
- emissioni vulcaniche;
- materiali biologici;
- fumi da combustione di biota (ad es. in agricoltura).

Le sorgenti antropogeniche (prevalentemente combustioni) sono invece:

- polveri prodotte dai veicoli diesel;
- polvere sollevata dalle strade;
- fumi e fuliggine.

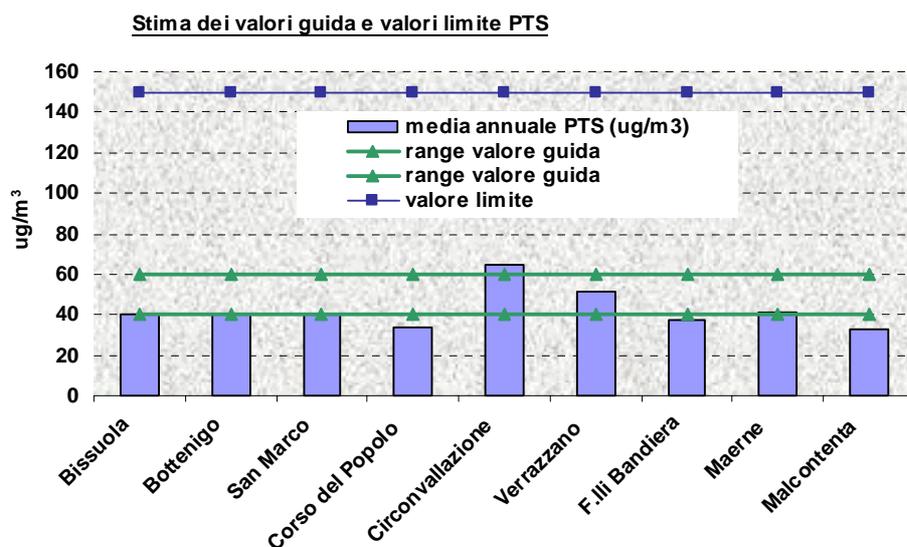
Le polveri totali sospese nell'anno 2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio comunale sono Parco Bissuola (A), via Bottenigo (A), viale S. Marco (B), via Circonvallazione (C), via F.lli Bandiera (C), via Da Verrazzano (C), Maerne (D).

Relativamente alle polveri totali sospese si conferma che questo parametro va tenuto sotto osservazione.

Le polveri totali sospese presentano raggiungimento diffuso del livello inferiore del valore guida ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calcolato come media annuale delle medie sulle 24 ore giornaliere), con un superamento anche del livello superiore del valore guida ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) presso la stazione di via Circonvallazione (media annuale pari a $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$); la concentrazione media in via Da Verrazzano (presentata a scopo puramente indicativo) è di poco inferiore ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il valore limite di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale delle medie sulle 24 ore) non è mai superato (Grafico 23).

Grafico 23: Calcolo dell'indice statistico (media annuale delle concentrazioni giornaliere) per confronto con valore guida e valore limite per le PTS, anno 2001.



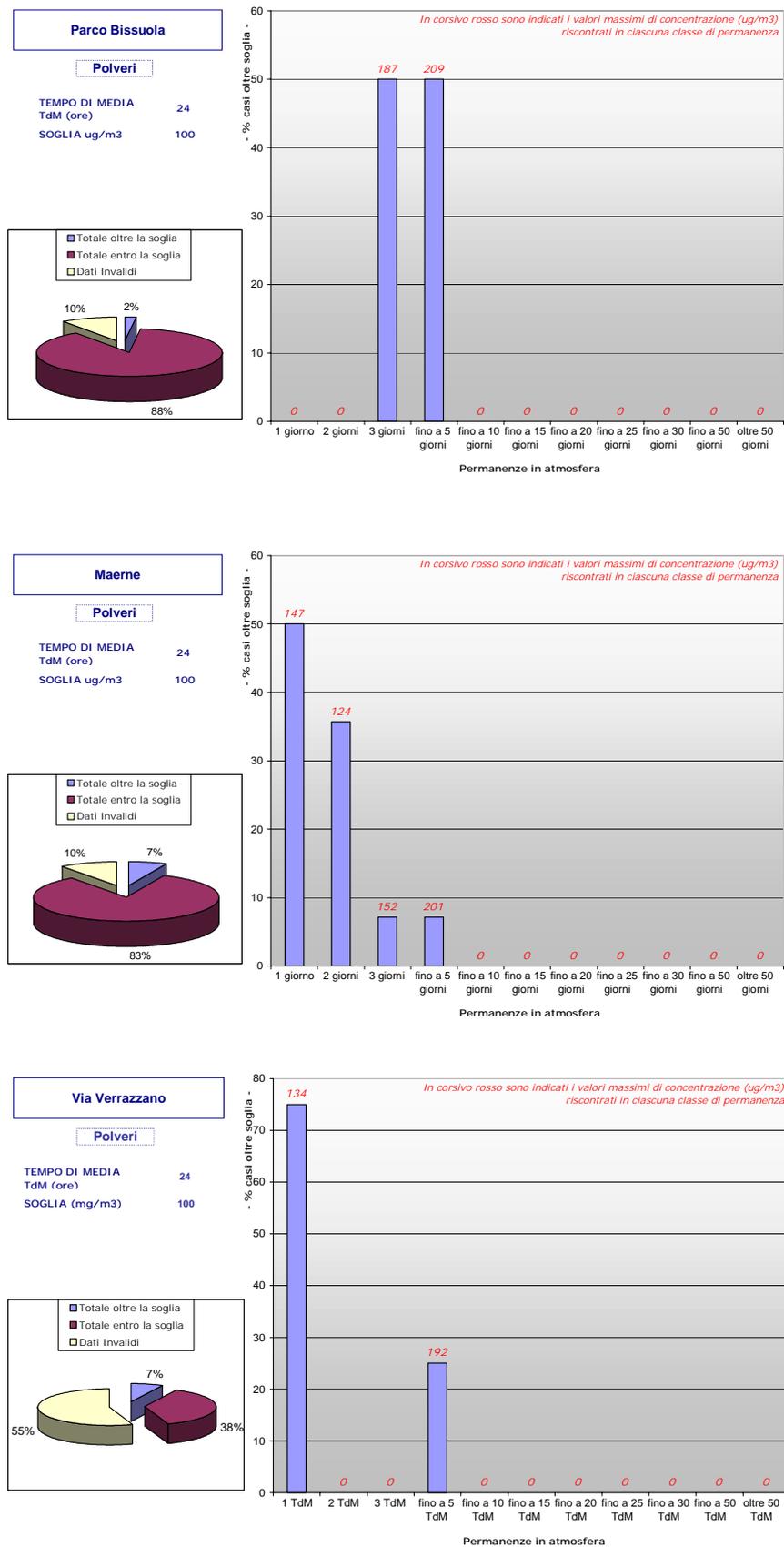
E' dall'esame delle permanenze in atmosfera delle concentrazioni di polveri che si sono riscontrate le situazioni più preoccupanti.

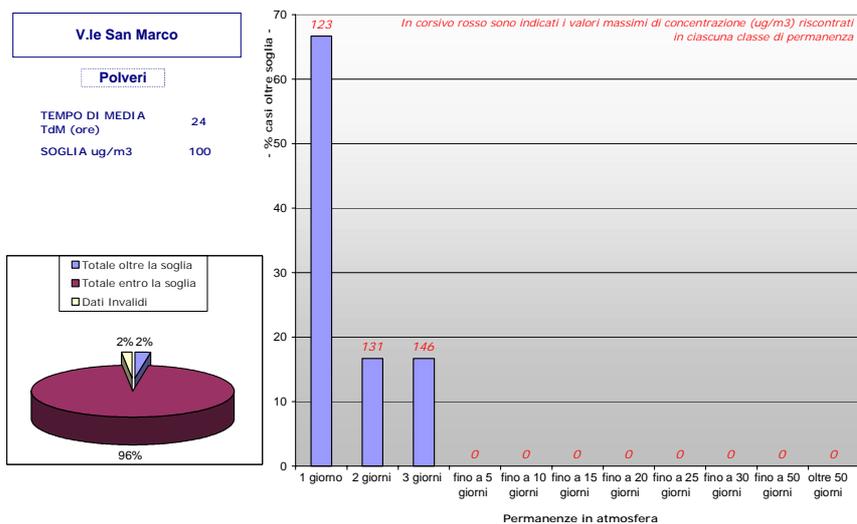
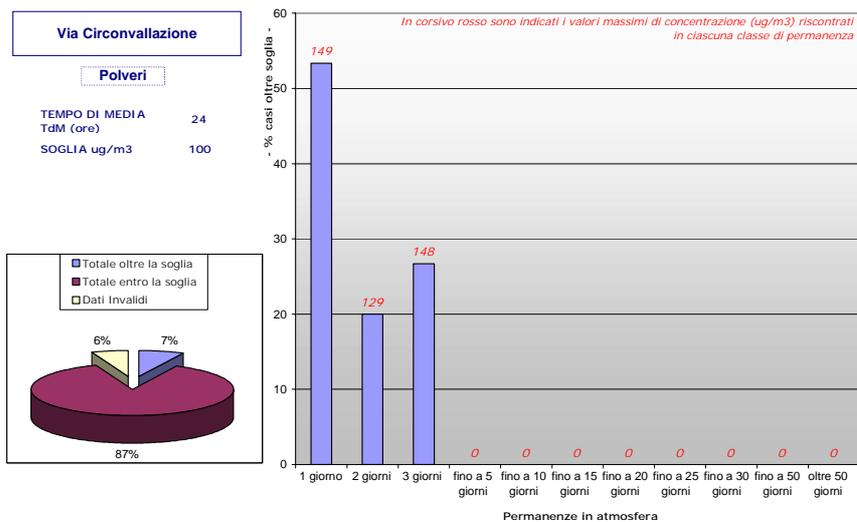
La media giornaliera della concentrazione di PTS supera la soglia di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore guida inferiore indicato dal DPR 203/88) nel 7% dei casi in via Circonvallazione, con permanenze fino a 3 giorni consecutivi (a partire dall'11 e dal 16 febbraio 2001 ed anche dal 6 e dal 28 ottobre 2001) e con un valore massimo, raggiunto il 23 febbraio 2001, di $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In via Da Verrazzano la stessa soglia di $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stata superata sempre nel 7% dei casi (Grafico 24), spesso con permanenze fino a 4 giorni consecutivi (a partire dal 4 e dal 13 febbraio 2001) e con un valore massimo, raggiunto il 7 febbraio 2001, di $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si ricorda che questa stazione è stata danneggiata il 16 luglio 2001 e successivamente smantellata, perciò tutte le percentuali riportate si riferiscono ai soli 6 mesi di effettivo funzionamento della stazione.

Anche nelle stazioni di Parco Bissuola, Maerne e viale San Marco si sono verificati nell'arco dell'anno 2001 fino a 3 o 4 giorni consecutivi di superamento della suddetta soglia, raggiunta rispettivamente nel 2%, 7% e 2% dei casi.

Grafico 24: Permanenza in atmosfera di concentrazioni di PTS mediate su 24 ore superiori ai 100 µg/m³.

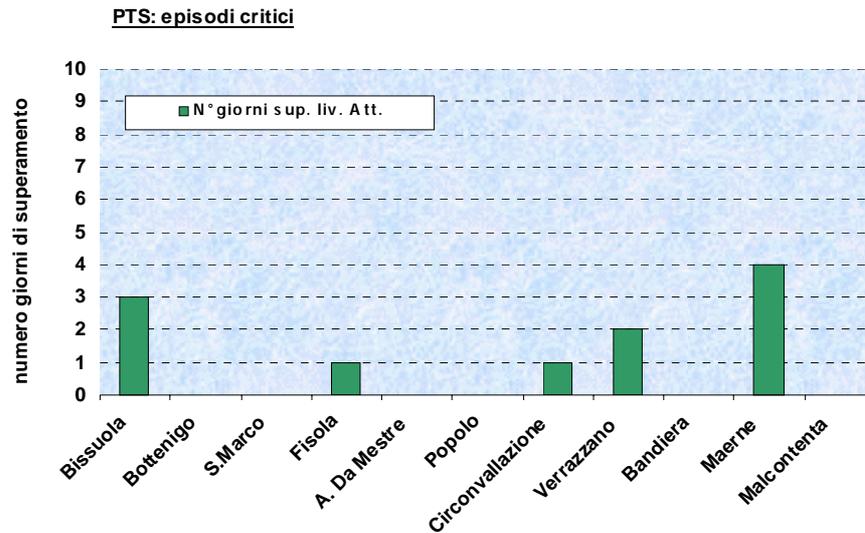




In via Bottenigo (4 giorni di superamento in tutto l'anno 2001), Sacca Fisola (4 giorni), via F.lli Bandiera (2 giorni) e Malcontenta tale soglia non è stata superata per più di un giorno consecutivo.

Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme, ai sensi del DM 25/11/94. Le polveri totali sospese presentano superamenti del livello di attenzione in numero non molto elevato, ma piuttosto diffusi nel territorio comunale. Il numero più elevato di giorni di superamento, pari a 4, si riferisce alla stazione di Maerne, seguita da Parco Bissuola con 3, via Da Verrazzano con 2 e Sacca Fisola e Circonvallazione, entrambe con 1 superamento (Grafico 25).

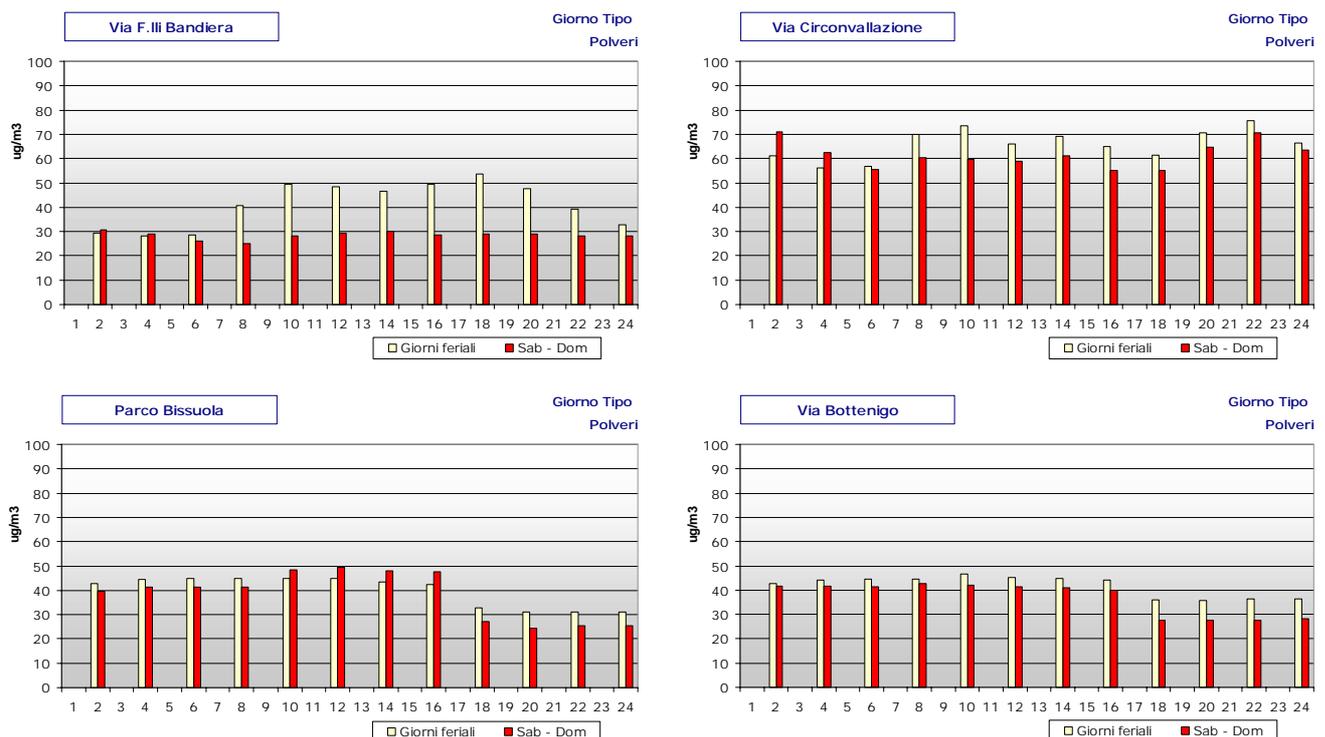
Grafico 25: Numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione di PTS, anno 2001.



In tutte le località, vicine o lontane ad arterie di traffico, il giorno - tipo mostra valori costantemente compresi tra 40 e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, senza picchi di concentrazione degni di nota (Grafico 26).

Nella maggior parte delle stazioni esiste una differenza minima negli andamenti giornalieri dei giorni feriali e festivi. La stazione in via F.lli Bandiera rappresenta un'eccezione, in quanto nei giorni lavorativi si registrano concentrazioni anche doppie (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nei giorni festivi e 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in quelli feriali) rispetto al fine settimana, specie nelle ore comprese tra le 8.00 e le 22.00 (Grafico 26), in accordo con quanto rilevato anche negli anni precedenti. Quest'asse viario è infatti caratterizzato da un notevole passaggio di mezzi pesanti, essendo una via di comunicazione per i traffici industriali.

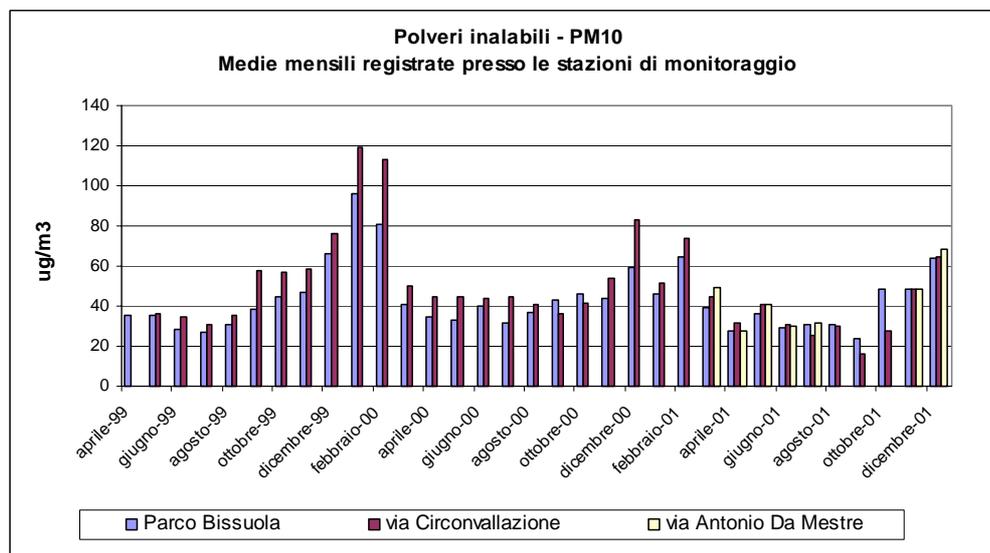
Grafico 26: Giorno - tipo anno 2001.



Le polveri inalabili PM₁₀: analisi spaziali e temporali

Le polveri inalabili PM₁₀ sono state oggetto di monitoraggio per l'intero anno 2001 presso le stazioni della rete urbana: Parco Bissuola (A) e via Circonvallazione (C); a partire dal marzo 2001 sono disponibili anche i dati registrati in via Antonio Da Mestre (B).

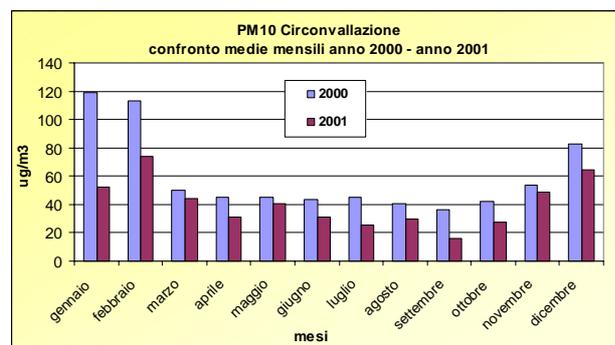
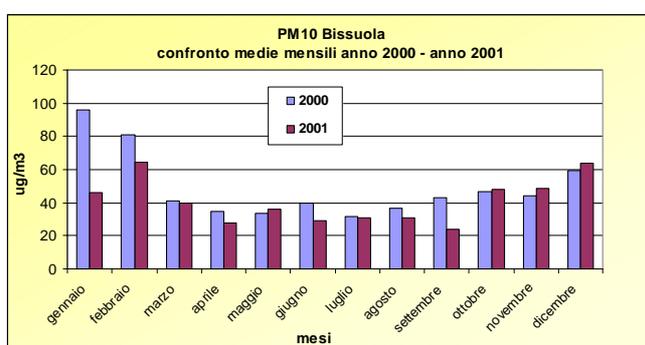
Grafico 27: Medie mensili PM₁₀ registrate presso le stazioni di monitoraggio da aprile 1999 a dicembre 2001.



L'andamento delle medie mensili, rappresentate nel Grafico 27 a partire dal 1999, evidenzia un picco di concentrazione nei mesi autunnali ed invernali, con una netta tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità pari a 40 µg/m³, definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

Nel 2001 è possibile notare una diminuzione delle concentrazioni medie mensili rispetto al precedente anno 2000, come evidenziato nel Grafico 28.

Grafico 28: Confronto delle medie mensili di PM₁₀ registrate durante l'anno 2000 e 2001 presso le stazioni di monitoraggio che hanno misurato la concentrazione di PM₁₀ in modo continuativo durante tutto l'anno 2001.



Il Grafico 29 riporta la serie dei dati giornalieri e la media mobile calcolata per le due stazioni.

Le medie mobili assumono i valori di 41 µg/m³ per la stazione di Parco Bissuola e di 40 µg/m³ per la stazione di via Circonvallazione, concentrazioni al di sopra dell'obiettivo di qualità indicato precedentemente. Tali valori indicano un inquinamento "di area" per le polveri inalabili (PM₁₀), che presentano una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

La media di area dell'anno 2001 è di $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nettamente inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17).

Nella stazione di via Antonio Da Mestre è possibile misurare la concentrazione di polveri PM_{10} da marzo 2001, di conseguenza non è possibile il calcolo della media mobile ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi prossima alla media di area. Le medie mensili di PM_{10} relative a questa stazione sono riportate nel Grafico 30.

Grafico 29: Confronto media mobile PM_{10} – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.

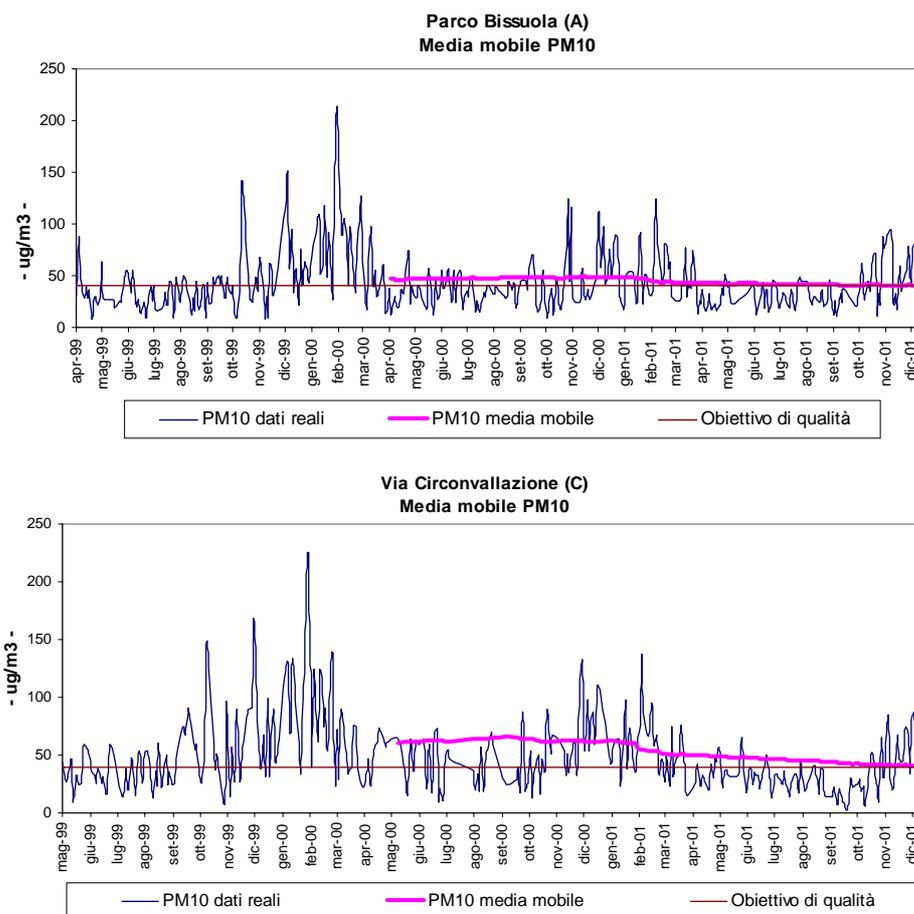
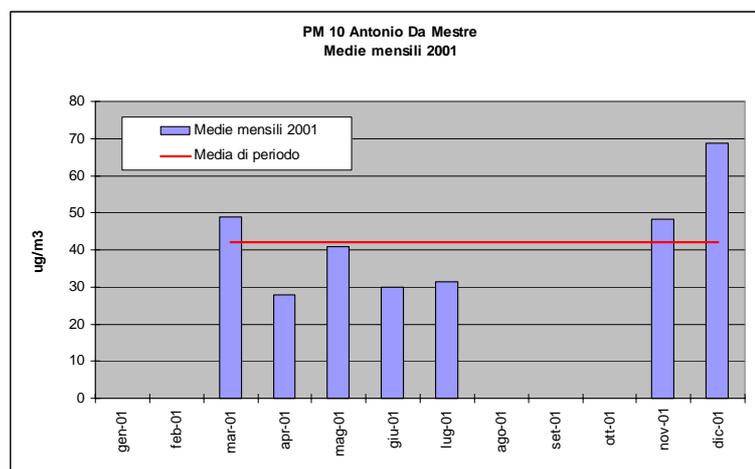
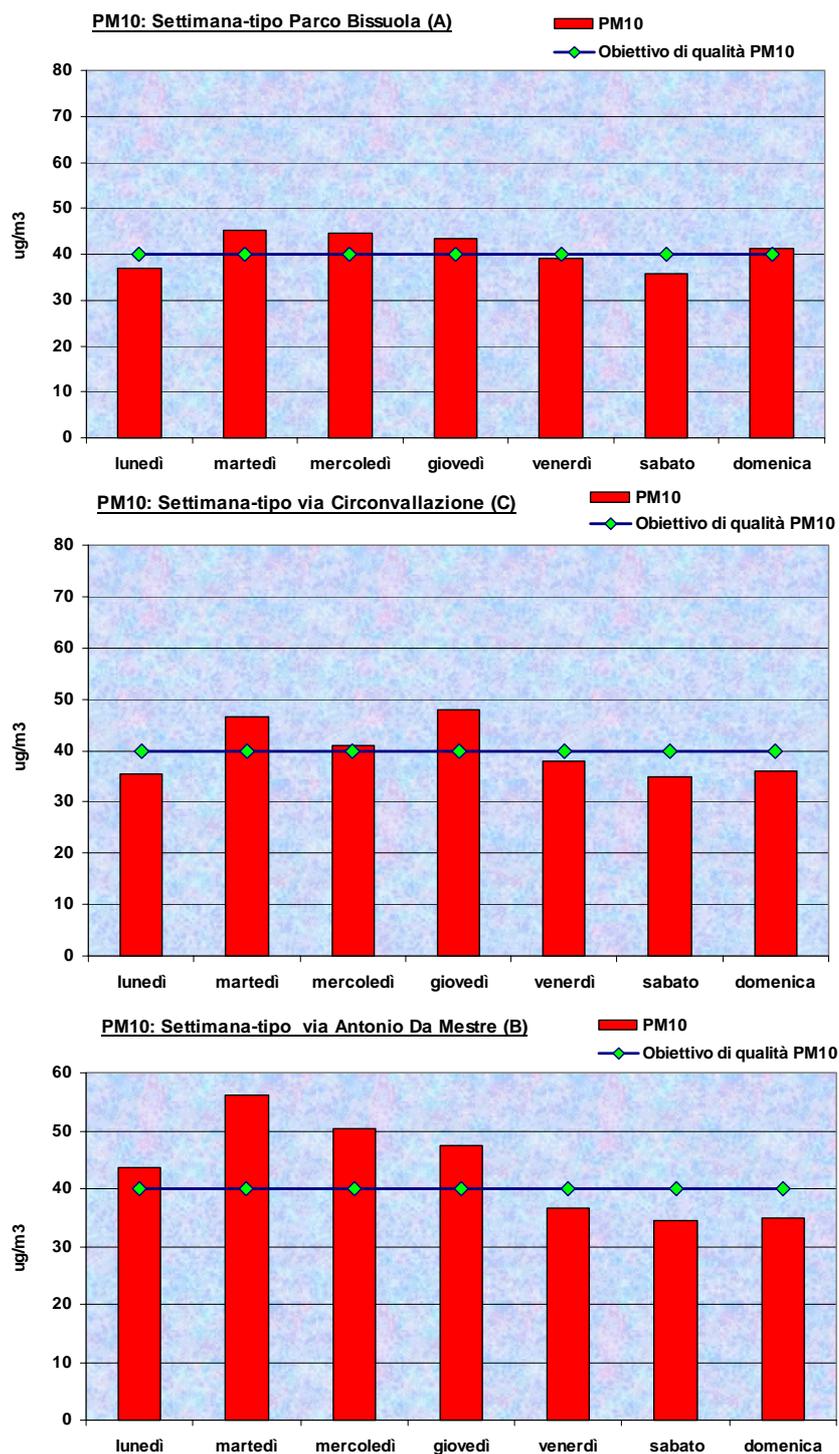


Grafico 30: Medie mensili di PM_{10} misurato in via Antonio Da Mestre nell'anno 2001 e media di periodo.



I grafici che raffigurano la settimana - tipo per PM₁₀ a Parco Bissuola, via Antonio Da Mestre e via Circonvallazione (Grafico 31) sembrano indicare come il giorno della settimana non influenzi particolarmente i valori medi di questi inquinanti. Tuttavia si osserva che le concentrazioni dei martedì, mercoledì e giovedì - tipo sono in tutte le stazioni al di sopra dell'obiettivo di qualità da calcolare come media mobile annuale, mentre il fine settimana è sempre minore o uguale al predetto obiettivo.

Grafico 31: Settimana – tipo della concentrazione di polveri inalabili PM₁₀ misurate nelle stazioni di Parco Bissuola, via Circonvallazione e via Antonio Da Mestre (quest'ultima da marzo 2001).



3.2.8. Ozono (O₃)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di ozono (O₃) sono 4:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); Maerne (D).

Caratteristiche generali. L'ozono presente nella bassa atmosfera (troposfera) è sia di origine naturale che legato alle attività antropiche. Quando le concentrazioni presenti nell'aria che respiriamo aumentano, l'ozono diventa un'inquinante pericoloso per la nostra salute. L'ozono troposferico è un inquinante secondario, ossia non viene emesso direttamente da una sorgente, ma si produce per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari (prodotti dal traffico automobilistico, dai processi di combustione, dai solventi delle vernici, dall'evaporazione di carburanti, etc.). Infatti, le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare (tra le 12.00 e le 17.00) mentre nelle ore serali l'ozono diminuisce. Negli ambienti interni la sua concentrazione è molto più bassa rispetto alla sua concentrazione all'aria aperta. Nei pressi delle aree urbane, dove è più forte l'inquinamento atmosferico, l'ozono si forma e si trasforma con grande rapidità, con un comportamento molto diverso da quello osservato per gli altri inquinanti. Gli inquinanti primari, che costituiscono la base di formazione dell'ozono, sono gli stessi che possono provocarne la rapida distruzione. Per questa ragione, quando si verifica un aumento dell'ozono nell'aria, il blocco della circolazione non risulta essere molto efficace. Il particolare comportamento dell'ozono determina anche il diverso modo di monitorarlo rispetto agli altri inquinanti. Il vento trasporta l'ozono dalle aree urbane alle zone suburbane e rurali, dove il minore inquinamento rende la sostanza più stabile. Il monitoraggio corretto di questo inquinante va fatto quindi nelle località più periferiche della città e nei parchi, dove l'ozono raggiunge i valori più alti.

L'ozono nell'anno 2001: analisi spaziali e temporali

Le stazioni della rete ritenute maggiormente descrittive delle diverse realtà presenti nel territorio comunale sono Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); Sacca Fisola (B); Maerne (D).

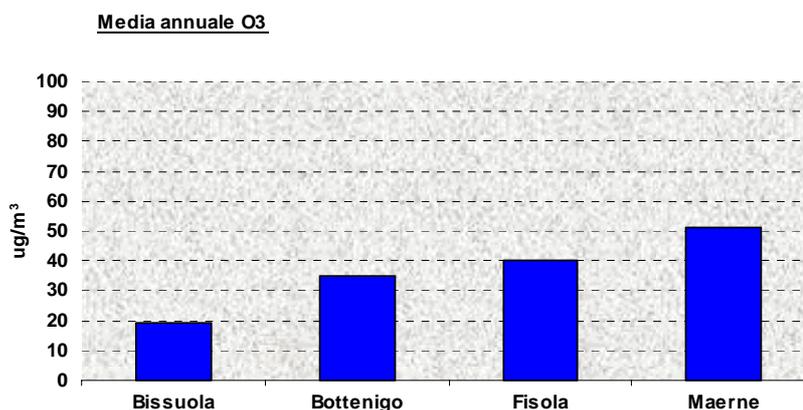
Il “fenomeno ozono” è ormai comunemente noto alla popolazione, soprattutto in estate. Negli ultimi anni il fenomeno è stato infatti affrontato con la dovuta attenzione anche in relazione al fatto che le alte concentrazioni non sono certamente confinate nell'intorno dei punti di monitoraggio, ma interessano zone molto vaste del territorio.

In riferimento alla Tabella 23 delle correlazioni, si ricorda che esiste un'alta uniformità di comportamento di questa sostanza anche in siti non molto vicini, né omogenei fra loro, quali le stazioni di Maerne (stazione di riferimento di tipo D per la rete urbana di Mestre), Parco Bissuola (nel centro di Mestre), ma anche di via Bottenigo (area semirurale più caratterizzata dalla vicinanza alla zona industriale di Marghera e all'autostrada che a centri urbani) e Sacca Fisola (isola di

Venezia). Addirittura si può notare una stretta correlazione spaziale con la stazione di Mira (Tabella 23).

A titolo puramente indicativo il Grafico 32 illustra il valore medio annuale rilevato dalle stazioni della rete di monitoraggio.

Grafico 32: Media annuale ozono anno 2001.



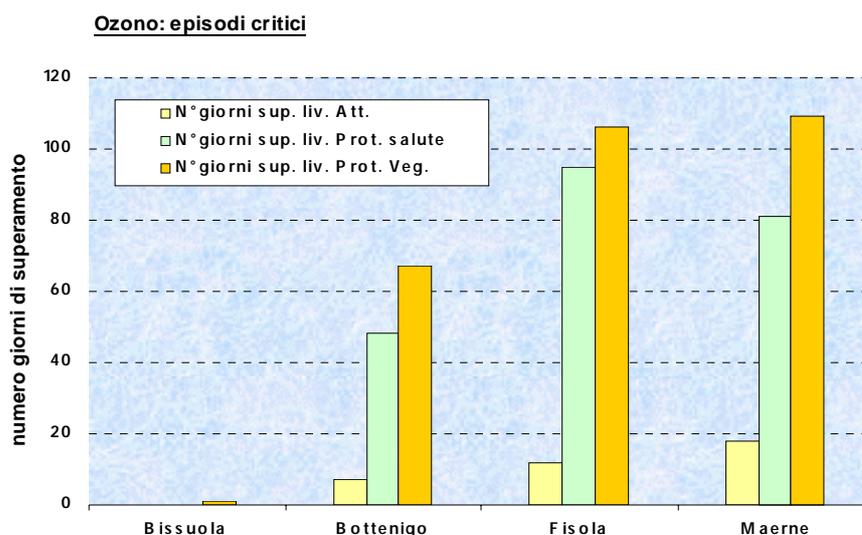
Gli episodi di inquinamento acuto sono stati delineati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento dei livelli di attenzione e di allarme, ai sensi del DM 25/11/94 (Grafico 33). Il grafico raffigura il numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione di O₃ (media oraria pari a 180 µg/m³), del livello di protezione della salute (media dalle 0 alle 8, dalle 8 alle 16, dalle 12 alle 20, dalle 16 alle 24 pari a 110 µg/m³) e del livello di protezione della vegetazione (media “trascinata” sulle 24 ore confrontata con il valore di 65 µg/m³) nell’anno 2001.

L’ozono ha presentato generalmente un numero di superamenti del livello di attenzione (media oraria pari a 180 µg/m³) minore o uguale a quello rilevato durante l’anno 2000, ad eccezione della stazione di Maerne.

A Maerne, durante l’anno 2001, il numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione è pari a 18, contro i 10 giorni dell’anno 2000. Anche il livello di protezione della salute umana e della vegetazione sono stati superati più spesso durante il 2001 soltanto nella stazione di Maerne.

Il livello di allarme (media oraria pari a 360 µg/m³) non è mai stato superato (Allegato 3).

Grafico 33: Numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento del livello di attenzione di O₃, del livello di protezione della salute e del livello di protezione della vegetazione nell'anno 2001.



La normativa non specifica quale intervallo di 24 ore si debba considerare per il confronto con il livello di protezione della vegetazione, pari a 65 µg/m³; di conseguenza, invece che la media giornaliera, è stata calcolata la media su 24 ore “trascinando” tale intervallo temporale per tutto l’anno 2001.

Nella valutazione delle persistenze dell’ozono in atmosfera, spicca la situazione di Maerne e Sacca Fisola.

A Maerne si sono verificati un numero rilevante di superamenti del livello di protezione della vegetazione, pari a 65 µg/m³ nelle 24 ore, che si è verificato nel 30% dei giorni dell’anno, con persistenza oltre la soglia fino a 86 giorni consecutivi (dal 7 giugno al 31 agosto 2001) ed un picco di concentrazione raggiunto il 12 agosto 2001 di 150 µg/m³.

Per la stazione di via Bottenigo è stato frequente anche il superamento del livello di protezione della salute umana, pari a 110 µg/m³ nelle 8 ore (corrispondente ad un tempo di media, TdM). E’ stata presa in considerazione la permanenza al di sopra della soglia dei 110 µg/m³ della concentrazione media di ozono sulle 8 ore per tre tempi di media (TdM) successivi: dalle ore 0 alle 8, dalle 8 alle 16 e dalle 16 alle 24. Tali medie superano la soglia nel 4% dei casi (Grafico 34) con permanenze fino a 2 tempi di media (16 ore) consecutivi (in 8 diverse occasioni nei mesi di maggio, luglio ed agosto) e con un valore massimo raggiunto il 30 maggio 2001, nelle ore centrali della giornata, di 163 µg/m³.

A Sacca Fisola il valore di 110 µg/m³ è stato oltrepassato nell’8% dei casi, con permanenze fino a 2 TdM consecutivi (in particolare da gennaio a giugno) e con un valore massimo raggiunto l’11 marzo 2001 di 170 µg/m³ (Grafico 34).

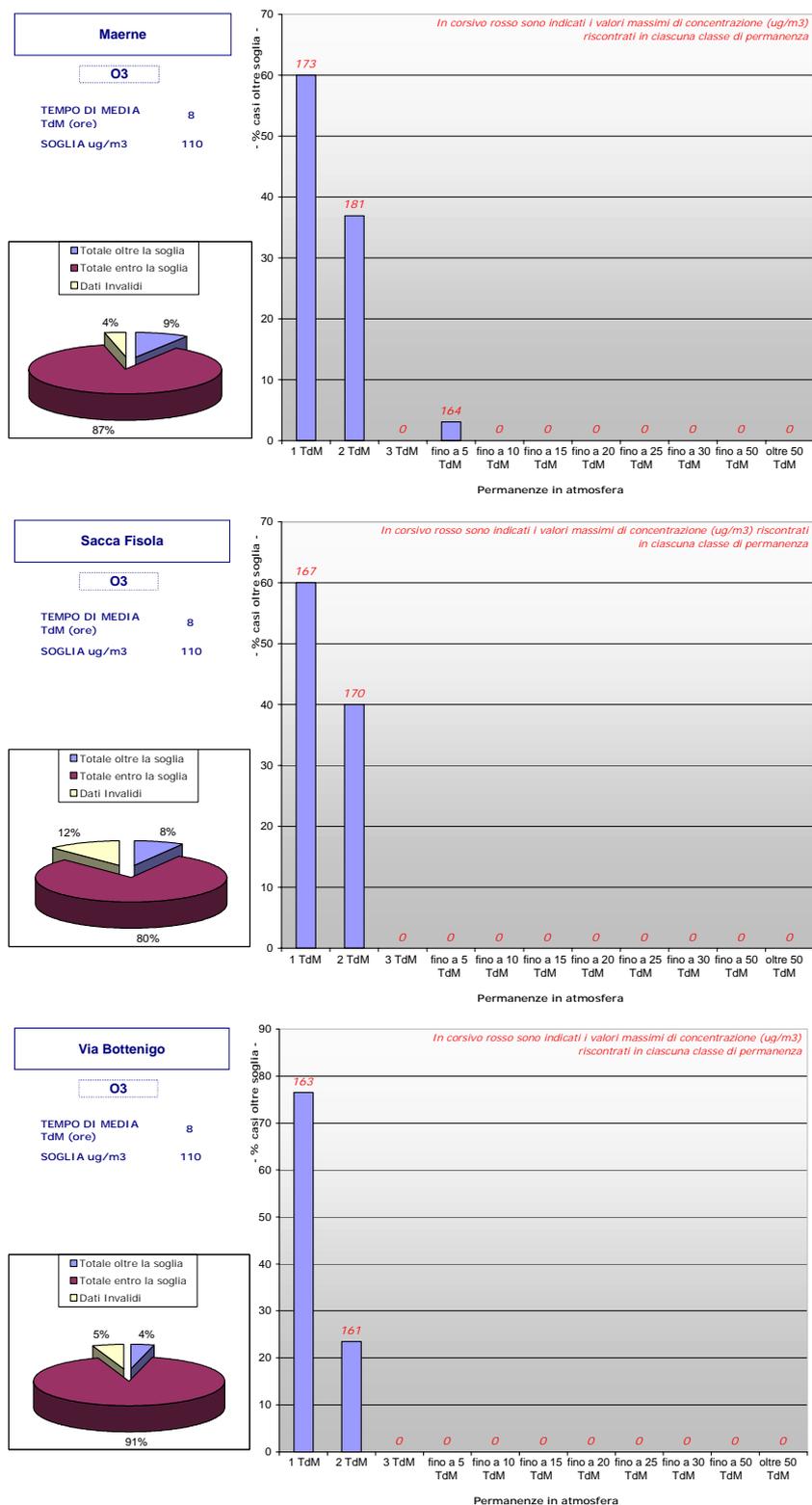
Al Parco Bissuola non sono stati rilevati nell’arco dell’anno 2001 superamenti di questa soglia (Allegato 3).

Complessivamente, la concentrazione di ozono ha superato il livello di protezione della salute umana per un numero di giorni minore rispetto all’anno precedente nelle stazioni di Parco Bissuola (nessun giorno nel 2001 contro gli 8 giorni nel 2000) e di via Bottenigo (48 giorni con almeno un superamento contro i 111 giorni nel 2000); mentre la tendenza opposta è stata osservata a Sacca

Fisola (95 giorni con almeno un superamento contro i 92 giorni nel 2000) e soprattutto a Maerne (81 giorni nel 2001 contro i 38 nel 2000) (Allegato 3 e Grafico 33).

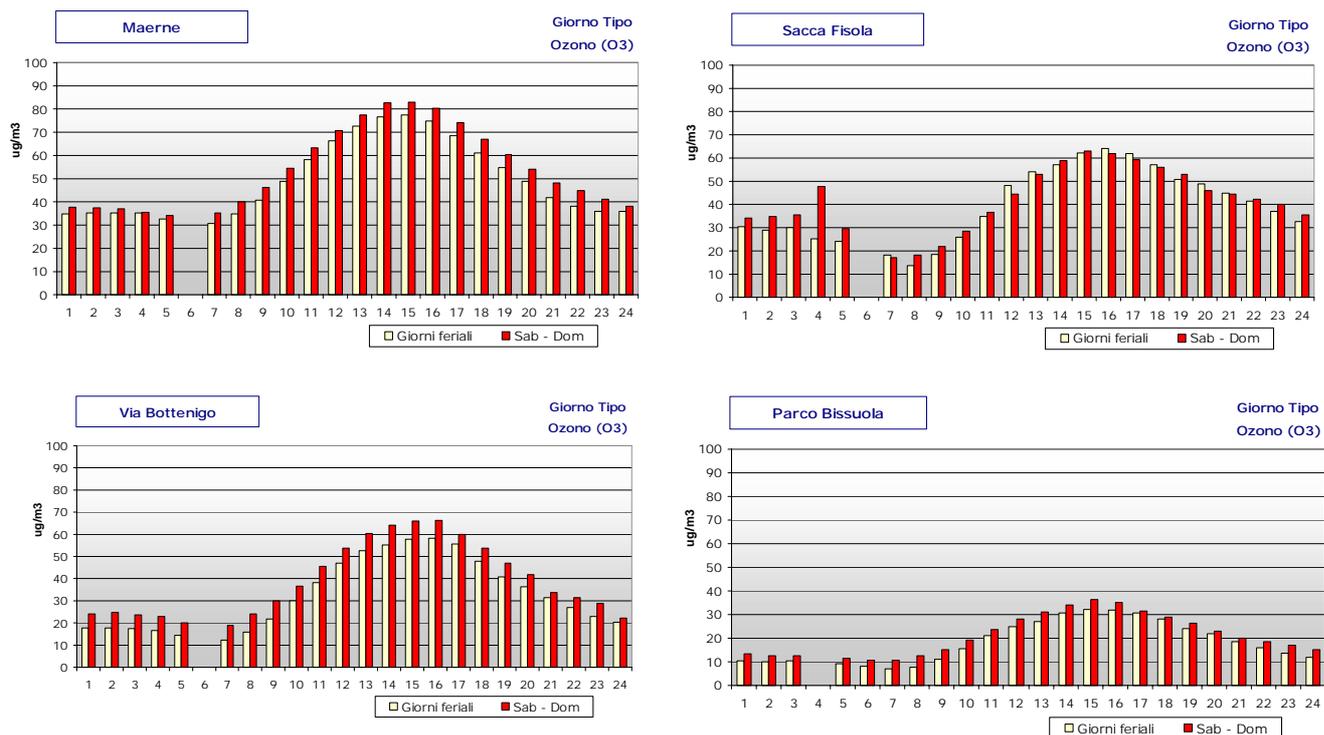
Dal confronto con le persistenze in atmosfera dei valori di concentrazione di ozono oltre la soglia prescelta si conferma l'osservazione che il semestre estivo è il periodo nel quale la qualità dell'aria rispetto all'ozono è meno buona; inoltre si osserva che valori elevati della concentrazione di ozono si verificano anche nei mesi autunnali e soprattutto primaverili.

Grafico 34: Permanenze del superamento del livello di protezione della salute (media dalle 0 alle 8, dalle 8 alle 16, dalle 16 alle 24 pari a $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle stazioni di Maerne, Sacca Fisola e via Bottenigo nell'anno 2001.



L'analisi dei giorni-tipo (Grafico 35) elaborati sull'anno 2001 conferma l'elevata analogia fra le stazioni, anche relativamente al valore delle concentrazioni massime che si attestano tutte intorno a 60 - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; fa eccezione Parco Bissuola che presenta valori massimi inferiori a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ma l'andamento della concentrazione nell'arco del giorno - tipo mostra, anche in questa stazione, l'escursione diurna tipica dell'ozono, con il picco massimo alle ore 15.00 circa e valori minimi notturni.

Grafico 35: Giorno - tipo anno 2001.



3.2.9. Composti Organici Volatili (COV)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di idrocarburi (THC/CH₄/NMHC) sono 8:

Parco Bissuola (A); via Bottenigo (A); viale San Marco (B); Sacca Fisola (B); via Antonio Da Mestre (B); via F.lli Bandiera (C); via Circonvallazione (C); Corso del Popolo (C).

Caratteristiche generali. I composti organici volatili (COV) comprendono una vasta classe di sostanze quali: idrocarburi (saturi, insaturi ed aromatici), derivati alogenati e ossidrilici (trielina, alcoli) e derivati carbonilici (aldeidi, chetoni).

In genere si usa distinguerli tra metano (CH₄) e altri composti organici, tra i quali l'insieme più numeroso è quello costituito dagli idrocarburi non metanici (NMHC). La concentrazione di metano in atmosfera è dell'ordine della parte per milione, mentre la concentrazione di COV escluso il metano (NMHC = idrocarburi non metanici) varia da poche decine a molte centinaia di µg/m³, particolarmente nei pressi di strade ad alta densità di traffico.

Le sorgenti di COV in atmosfera sono molteplici. Oltre alle attività inerenti la chimica (produzione di gomma e plastica, verniciature) hanno notevole rilievo le sorgenti di combustione quali il traffico autoveicolare e l'evaporazione di prodotti che contengono COV. Molti COV sono prodotti anche da processi naturali.

La loro tossicità è funzione della quantità e della qualità dei componenti individuali, mentre l'importanza ambientale è ascrivibile al fatto che essi partecipano alle reazioni che portano alla formazione di ossidanti fotochimici.

All'interno di questa classe di composti sono compresi anche gli inquinanti non convenzionali benzene ed idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Le concentrazioni tipiche sopra delineate sono effettivamente riscontrate presso le stazioni di monitoraggio di Mestre - via F.lli Bandiera, via Circonvallazione, via Antonio Da Mestre, Parco Bissuola - in contrapposizione al sito posto a Sacca Fisola dove il valore medio annuale è effettivamente molto più basso (Allegato 1). In ogni caso si tratta di un fenomeno alquanto diffuso.

Nonostante gli NMHC stiano perdendo significatività a vantaggio di altri inquinanti quali il benzene e gli IPA, sono stati comunque individuati i superamenti della concentrazione in atmosfera degli NMHC oltre l'unica soglia che sia stata fissata per questo parametro: 200 µg/m³ nella media di 3 ore (corrispondente ad un tempo di media, TdM). In realtà il superamento del valore limite di 200 µg/m³ per NMHC viene segnalato solo qualora si siano verificati superamenti dello standard per l'ozono, fissato in 200 µg/m³ dal DPCM 28/03/83, contemporaneamente nelle stazioni di Parco Bissuola e Maerne. Durante tutto l'anno 2001, a Maerne si sono verificati 16 superamenti di tale limite e nessun superamento a Parco Bissuola; conseguentemente non sarebbe necessario analizzare i superamenti del valore limite per gli NMHC; è stata calcolata comunque la percentuale di dati oltre la soglia per ciascuna stazione.

A Sacca Fisola la soglia è stata superata nel 3% dei casi, con basse permanenze e concentrazioni di picco contenute (mai più di una volta al giorno e picco massimo della media trioraria pari a $354 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mentre nelle stazioni urbane si è avuto superamento nel 57% dei casi in via F.lli Bandiera, 44% in via Circonvallazione, 41% in Parco Bissuola, 38% in via A. Da Mestre ed in meno del 20% dei casi nelle rimanenti stazioni; in via Circonvallazione il picco massimo della media trioraria ha superato i $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11/10/01).

Grafico 36: NMHC – Soglia: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – Tempo di media: 3 ore.

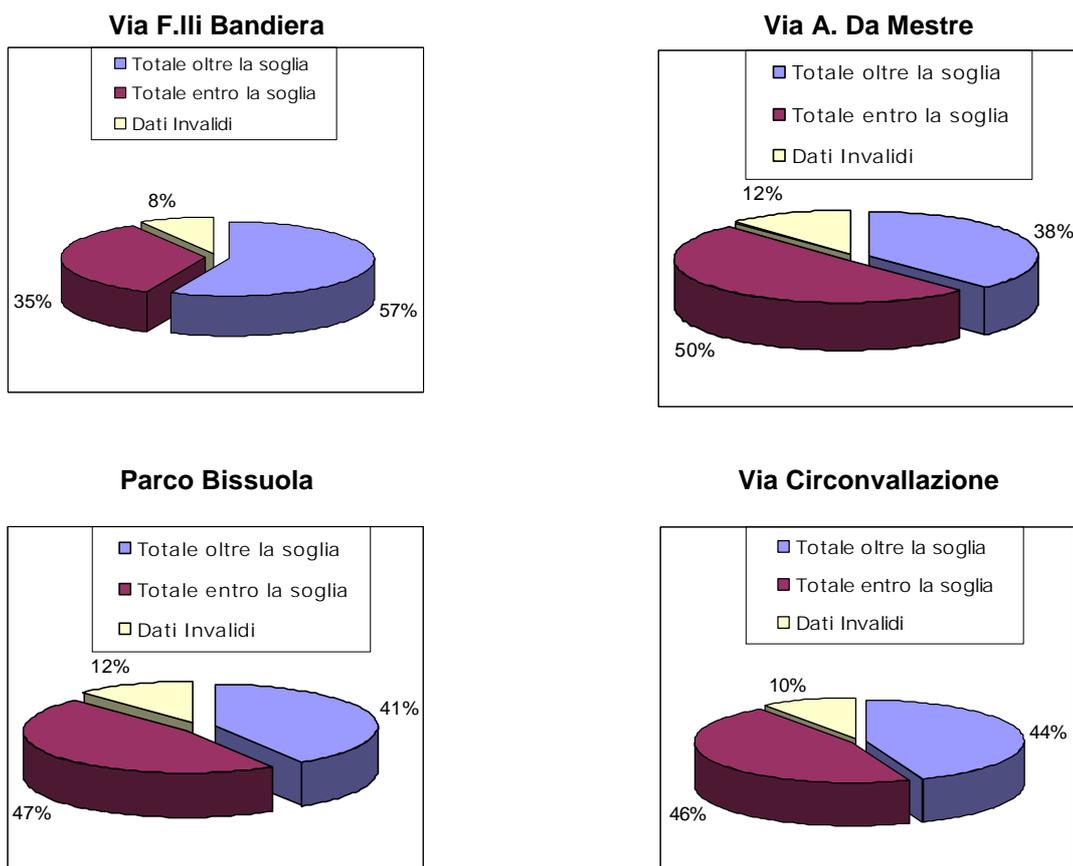
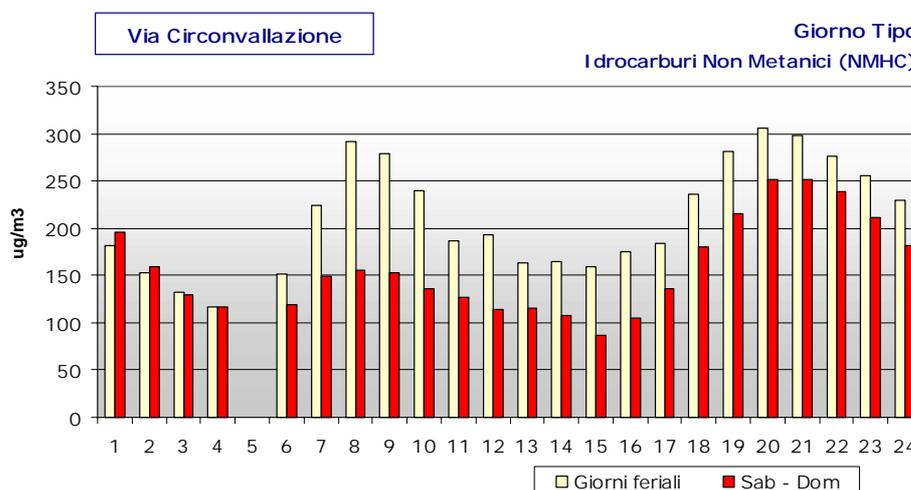
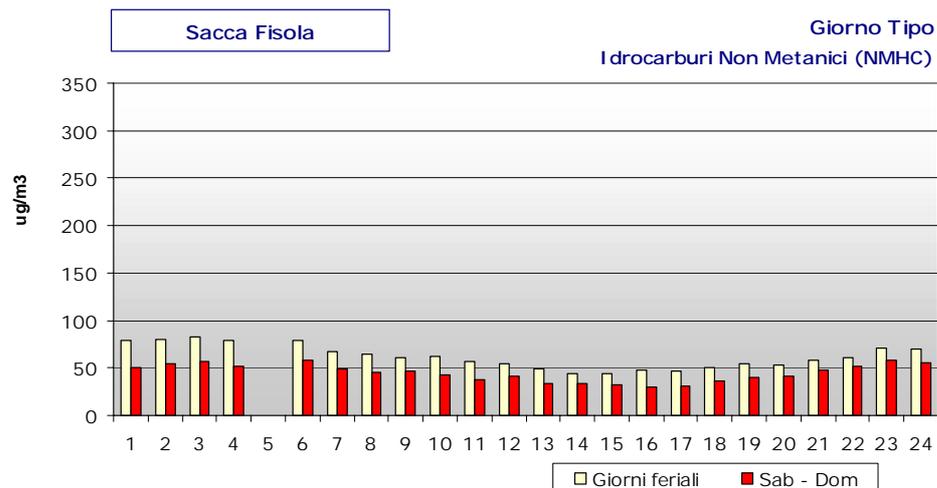


Grafico 37: Giorno - tipo anno 2001.





I grafici del giorno tipo per le stazioni dell'area urbana hanno andamenti simili: presentano massimi intorno alle ore 8.00 e alle ore 20.00, in corrispondenza di un incremento dei flussi di traffico urbano. Inoltre in tutte le stazioni dell'area urbana le concentrazioni - tipo di NMHC nei giorni lavorativi sono molto maggiori rispetto a quelle misurate nel fine settimana; questa differenza è massima in via Circonvallazione, dove si riscontrano concentrazioni di NMHC nei giorni feriali anche doppie in corrispondenza degli orari di intenso traffico (vedi ore 8.00 Grafico 37).

3.2.9.1. Benzene (C₆H₆)

Siti di misura. Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di benzene (C₆H₆) nell'anno 2001 sono: Parco Bissuola (A) e via Circonvallazione (C); a partire dal marzo 2001 sono disponibili anche i dati registrati in via Antonio Da Mestre (B).

Caratteristiche generali. Il benzene è un composto aromatico presente nella benzina in concentrazioni percentuali che, dal 1 luglio 1998, non possono superare il valore dell'1%.

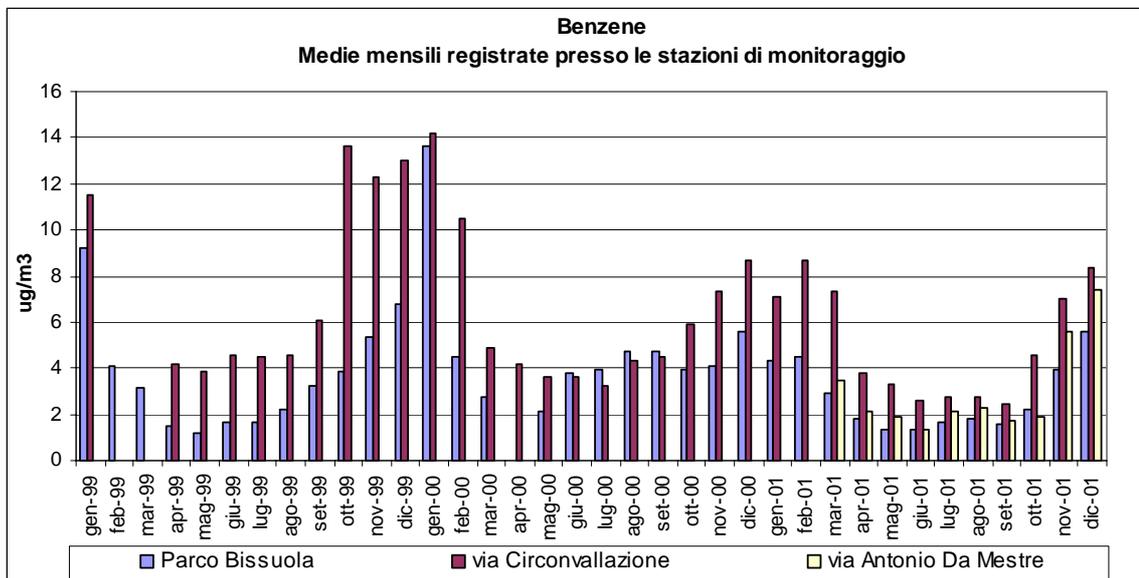
La concentrazione di benzene nell'atmosfera delle aree urbane deriva per il 95% dalle emissioni autoveicolari.

La sua misura è di grande rilevanza, poiché fornisce un dato molto importante sul contributo del traffico autoveicolare all'inquinamento atmosferico nei centri urbani, in particolare se caratterizzato in continuo assieme ai suoi analoghi superiori (BTEX, ovvero benzene, toluene, etilbenzene e xileni).

Il benzene è un composto altamente volatile: per questo motivo, l'emissione in atmosfera associata all'evaporazione da serbatoi degli autoveicoli e dei distributori di carburante può essere notevole. Tuttavia, le emissioni autoveicolari derivano solo per una frazione dal processo evaporativo; la maggior parte del benzene emesso dagli autoveicoli proviene dall'incompleta combustione di questa molecola nel motore, nonché dal riarrangiamento molecolare degli altri composti organici presenti nella benzina durante la combustione. Non basta, quindi, impiegare benzina a basso tenore di benzene per ridurre le emissioni di benzene, ma occorre promuovere simultaneamente l'impiego di motori dotati di sistemi di abbattimento catalitico. Le emissioni di benzene degli autoveicoli dotati di convertitore catalitico sono sensibilmente inferiori alle emissioni degli autoveicoli non catalizzati.

Il benzene nel 2001: analisi spaziali e temporali

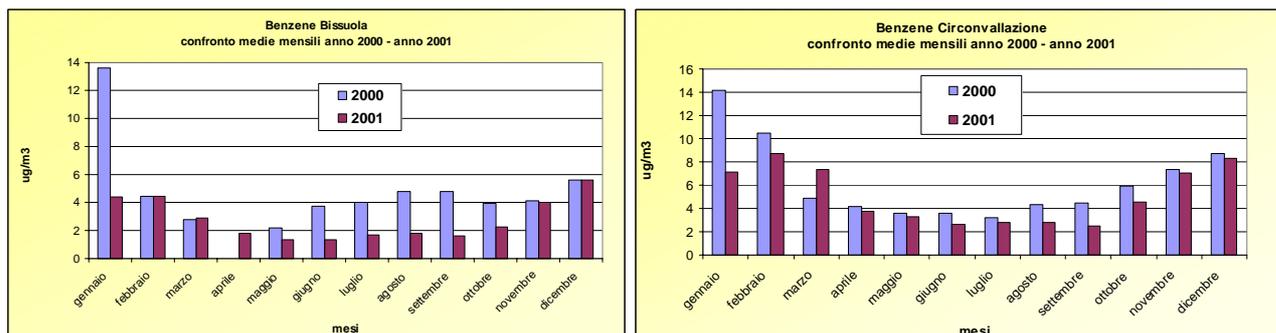
Grafico 38: Medie mensili benzene registrate presso le stazioni di monitoraggio da gennaio 1999 a dicembre 2001.



L'andamento delle medie mensili, rappresentate nel Grafico 38 a partire dal 1999, evidenzia un picco di concentrazione nei mesi autunnali ed invernali, nei quali si osserva una certa tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

Nel 2001 è possibile notare una diminuzione delle concentrazioni medie mensili rispetto al precedente anno, come evidenziato nel Grafico 39.

Grafico 39: Confronto delle medie mensili di benzene registrate durante l'anno 2000 e 2001 presso le stazioni di monitoraggio che hanno misurato la concentrazione di benzene in modo continuativo durante tutto l'anno 2001.

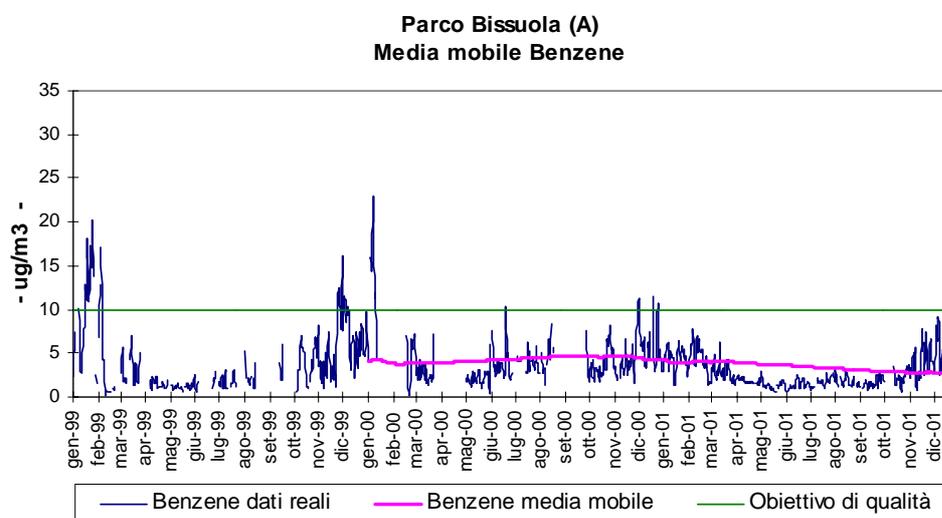


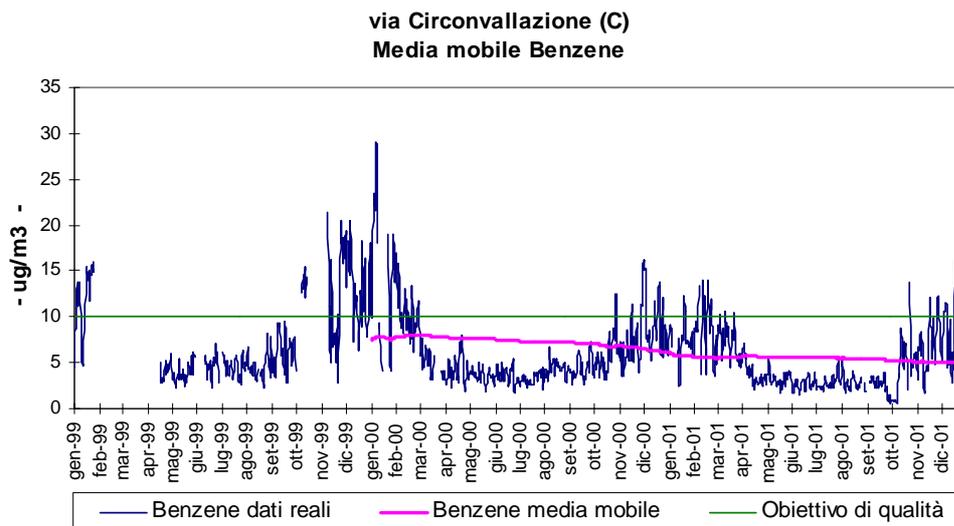
La media mobile annuale non mostra per nessuna delle due stazioni il superamento dell'obiettivo di qualità, come illustrato dal Grafico 40 riportante la serie storica dei dati medi giornalieri e la media mobile annuale.

Le medie mobili assumono i valori di $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di Parco Bissuola e di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la stazione di via Circonvallazione, quindi al di sotto dell'obiettivo di qualità indicato precedentemente.

Tali valori indicano, in qualche misura, una certa differenziazione dell'inquinamento a seconda dell'area di monitoraggio, con una maggiore incidenza nell'area di traffico (via Circonvallazione).

Grafico 40: Confronto media mobile benzene – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.

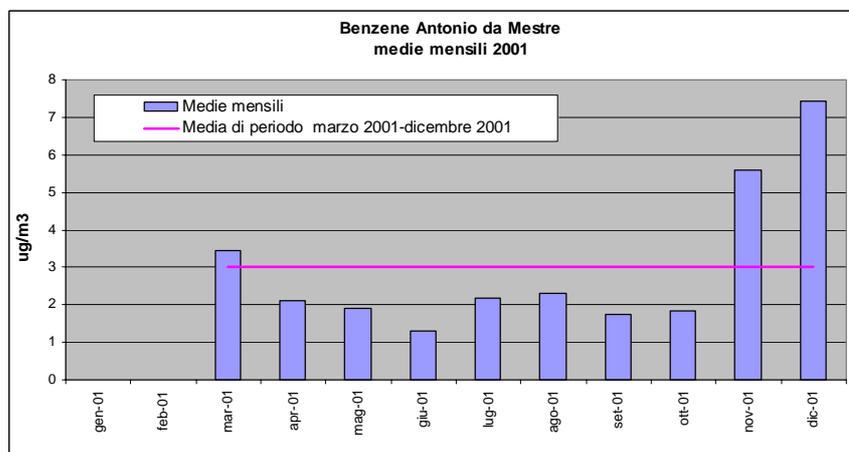




La media di area dell'anno 2001 per il benzene è di $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabella 17).

Nella stazione di via Antonio Da Mestre è possibile misurare la concentrazione di benzene da marzo 2001, di conseguenza non è possibile il calcolo della media mobile ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi prossima alla media di area. Le medie mensili di benzene relative a questa stazione sono riportate nel Grafico 41.

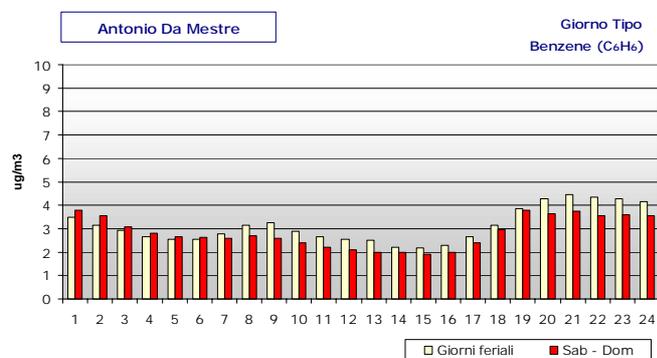
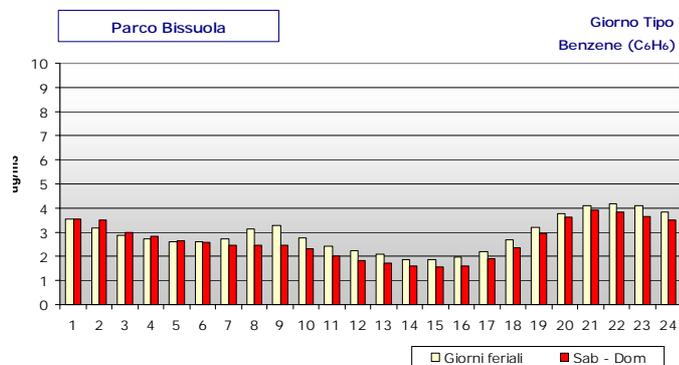
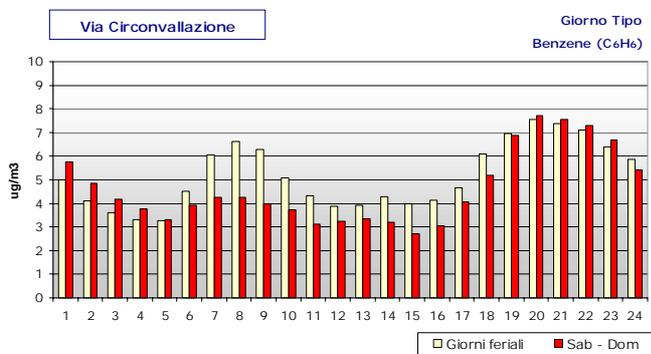
Grafico 41: Medie mensili di benzene misurato in via Antonio Da Mestre nell'anno 2001 e media di periodo.



L'analisi dei giorni-tipo (Grafico 42) del benzene elaborati sull'anno 2001 dimostra che la stazione di via Circonvallazione, situata presso un'importante arteria urbana, è caratterizzata tutto l'anno da concentrazioni maggiori rispetto a quelle che si riscontrano in via Antonio Da Mestre ed al Parco Bissuola, con picchi prossimi a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alle ore 8.00 ed alle ore 20.00. Queste due punte di concentrazione nettamente visibili coincidono con gli orari di traffico intenso e sono evidenti in tutte le stazioni.

Le concentrazioni del benzene del giorno - tipo lavorativo sono molto superiori a quelle del fine settimana soprattutto alle 8.00 del mattino ed in particolare in via Circonvallazione, come osservato precedentemente per gli idrocarburi non metanici in genere (paragrafo 3.2.9).

Grafico 42: Giorno - tipo anno 2001.



3.2.9.2. Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Siti di misura. Le stazioni della rete urbana presso le quali è stato effettuato il monitoraggio degli IPA, per l'anno 2001, sono: Parco Bissuola (A), via Circonvallazione (C) e via Antonio Da Mestre (B) a partire da marzo 2001.

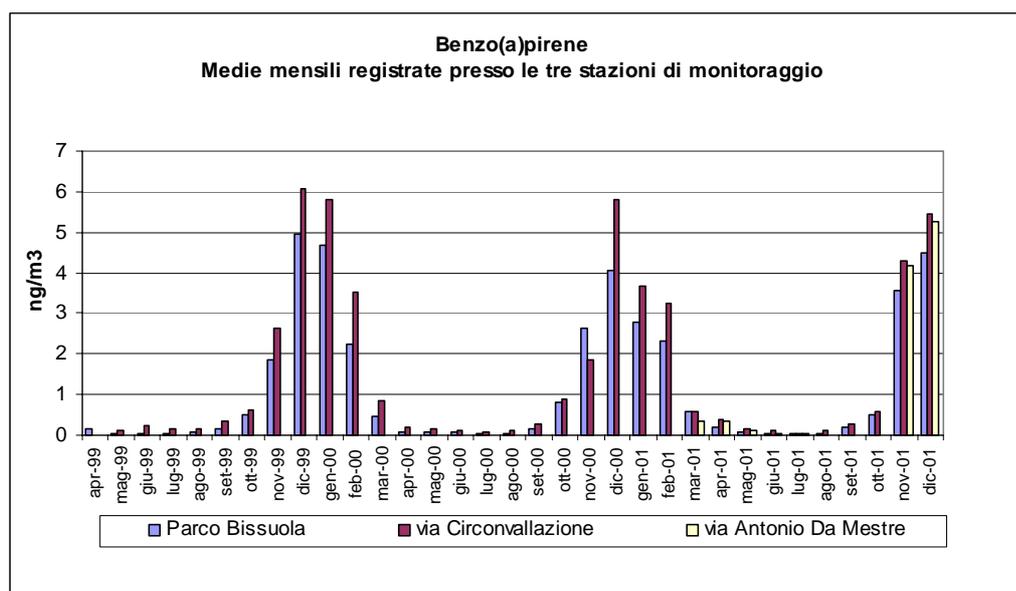
Caratteristiche generali. Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono una classe di idrocarburi la cui composizione è data da due o più anelli benzenici condensati. La classe degli IPA è perciò costituita da un insieme piuttosto eterogeneo di sostanze, caratterizzate da differenti proprietà tossicologiche. L'Agenzia di Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA) ha stilato un elenco di IPA di maggiore tossicità tra i quali il benzo(a)pirene è caratterizzato dalla più elevata potenza cancerogena.

Gli IPA sono composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico; derivano principalmente dai processi di combustione incompleta dei combustibili fossili, e si ritrovano quindi nei gas di scarico degli autoveicoli e nelle emissioni degli impianti termici.

La concentrazione di IPA nell'atmosfera urbana può raggiungere qualche ng/m^3 , mentre le concentrazioni dei componenti specifici assume rapporti più o meno stabili in funzione della specifica fonte emissiva.

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nel 2001: analisi spaziali e temporali

Grafico 43: Medie mensili benzo(a)pirene registrate presso le stazioni di monitoraggio da aprile 1999 a dicembre 2001.

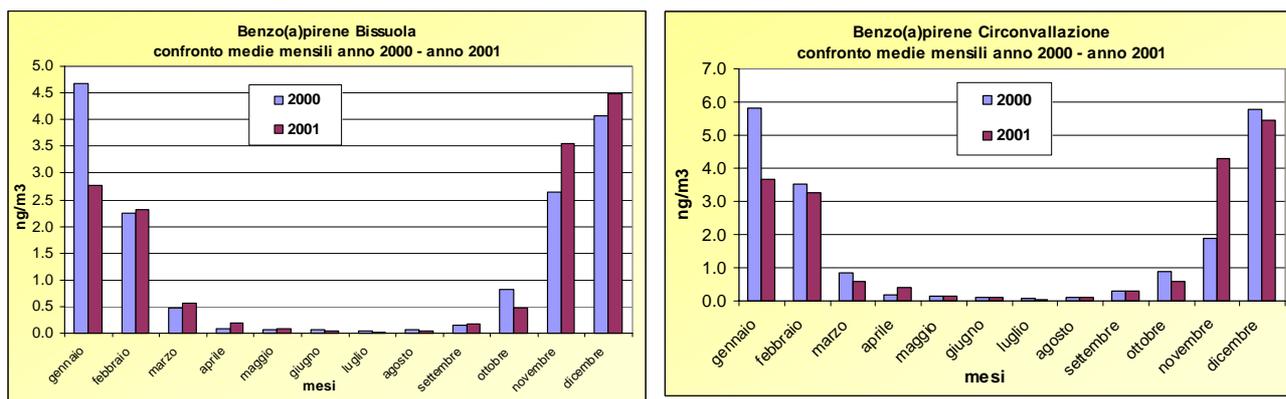


Osservando l'andamento delle medie mensili del benzo(a)pirene, rappresentate nel Grafico 43, si evidenziano i picchi di concentrazione nella stagione fredda, con una netta tendenza al

superamento dell'obiettivo di qualità pari a 1 ng/m^3 , definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

A differenza di quanto osservato per gli altri inquinanti, cosiddetti non convenzionali, quali il benzene e le polveri inalabili PM_{10} , non è possibile notare una diminuzione generalizzata delle concentrazioni medie mensili rispetto al precedente anno; nel Grafico 44 sono messe a confronto tali medie mensili.

Grafico 44: Confronto delle medie mensili di benzo(a)pirene registrate durante l'anno 2000 e 2001 presso le stazioni di monitoraggio.

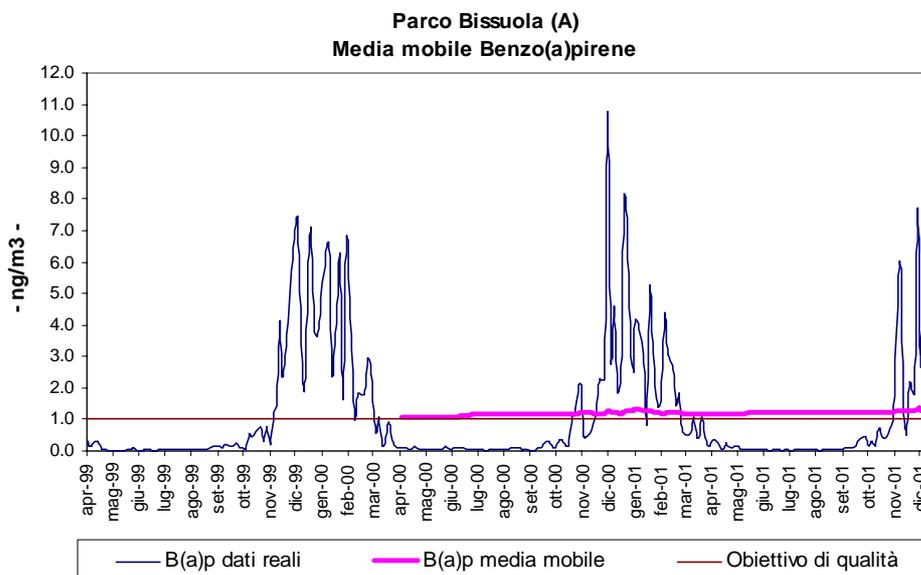


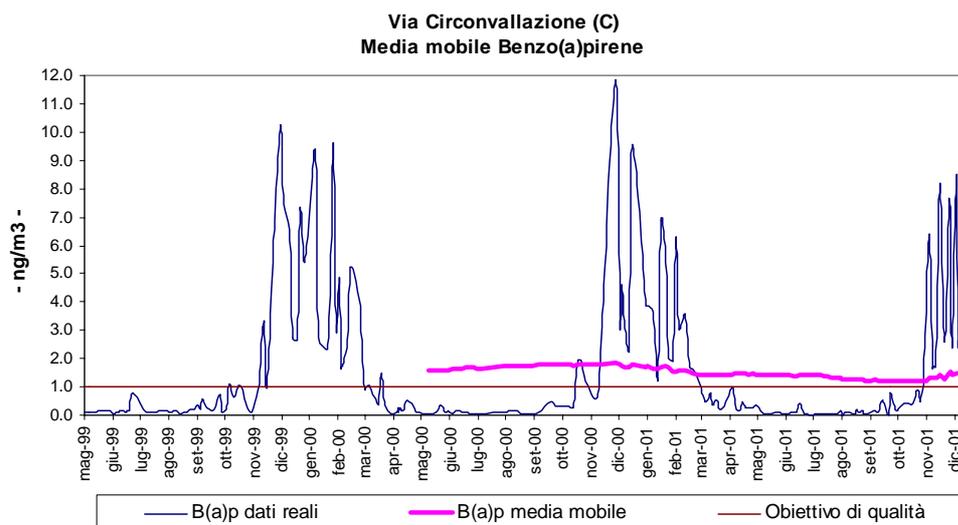
Il Grafico 45 riporta la serie dei dati giornalieri e la media mobile per le stazioni di Parco Bissuola e di via Circonvallazione.

Le medie mobili aggiornate a dicembre 2001 assumono il valore di $1,4 \text{ ng/m}^3$ per la stazione di Parco Bissuola e di $1,5 \text{ ng/m}^3$ per la stazione di via Circonvallazione, superiori quindi all'obiettivo di qualità indicato precedentemente.

Tali valori stanno ad indicare un inquinamento "di area" per il benzo(a)pirene, che presenta una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

Grafico 45: Confronto media mobile benzo(a)pirene – obiettivo di qualità nelle stazioni di monitoraggio.

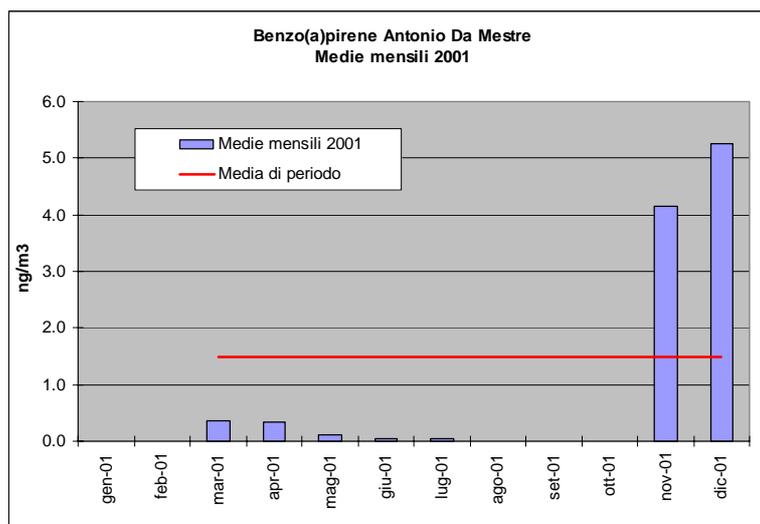




La media di area dell'anno 2001 è di $1,5 \text{ ng/m}^3$, leggermente inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a $1,8 \text{ ng/m}^3$ (Tabella 17).

Nella stazione di via Antonio Da Mestre è possibile misurare la concentrazione di benzo(a)pirene da marzo 2001, di conseguenza non è possibile il calcolo della media mobile ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a $1,5 \text{ ng/m}^3$, quindi pari alla media di area. Le medie mensili di benzo(a)pirene relative a questa stazione sono riportate nel Grafico 46.

Grafico 46: Medie mensili di benzo(a)pirene misurato in via Antonio Da Mestre nell'anno 2001 e media di periodo.



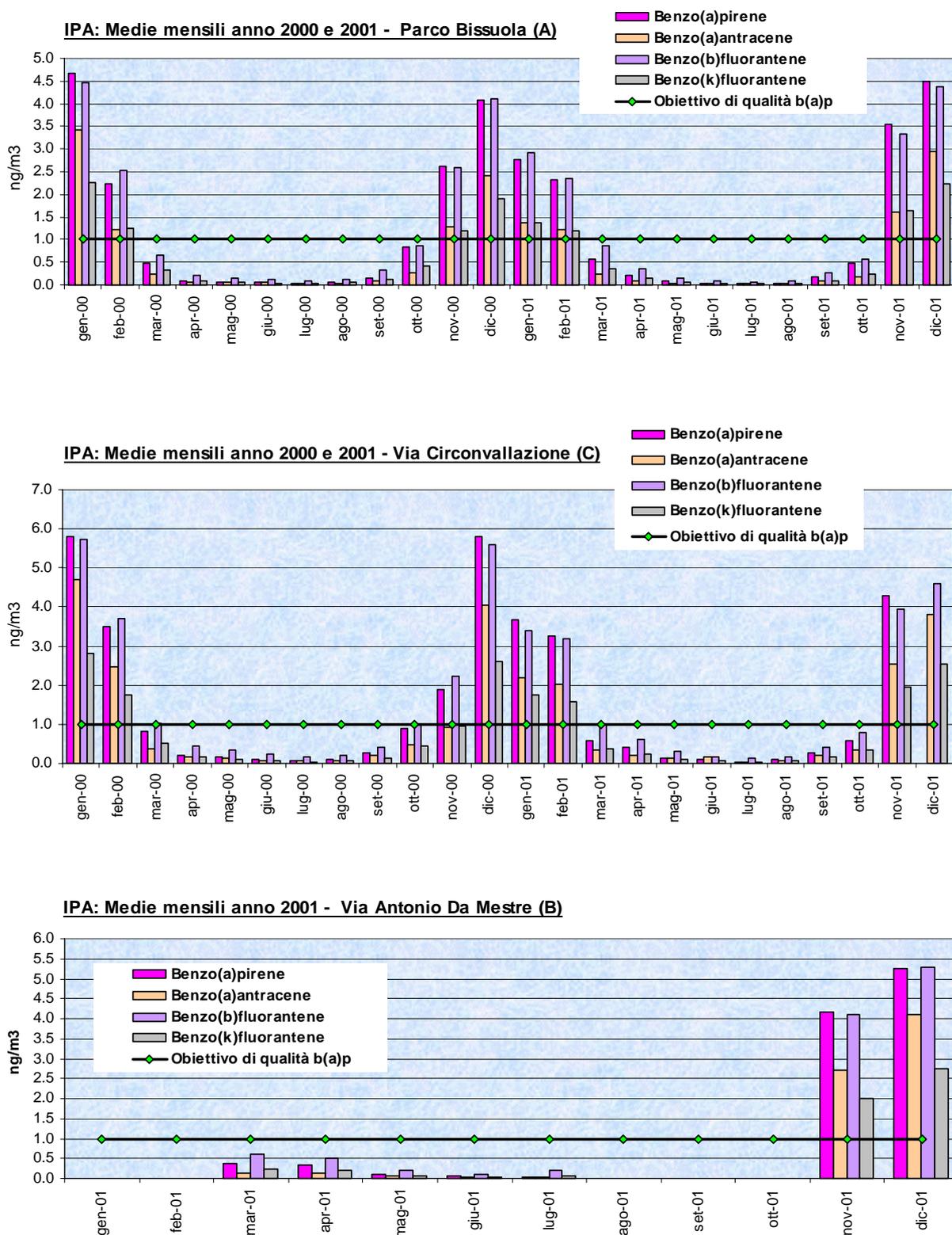
L'importanza ambientale degli idrocarburi policiclici aromatici deriva dall'accertata azione cancerogena di alcuni di essi, con maggiore riguardo a quelli condensati nel particolato atmosferico.

Per ricondurre le concentrazioni ambientali di IPA a valori di riferimento sanitario, è stato introdotto (Rapporto ISTISAN 91/27) il concetto di benzo(a)pirene equivalente, che consente di determinare il rischio complessivo derivante dall'esposizione a IPA, dalla somma del rischio attribuibile al benzo(a)pirene (potenza cancerogena = 1), più quello degli altri sei IPA attivi:

- benzo(a)antracene (potenza cancerogena = 0,006);
- dibenzo(a,h)antracene (potenza cancerogena = 0,6);
- indeno(1,2,3-c,d)pirene (potenza cancerogena = 0,08);
- benzo(b)fluorantene (potenza cancerogena = 0,11);
- benzo(j)fluorantene (potenza cancerogena = 0,03);
- benzo(k)fluorantene (potenza cancerogena = 0,03).

L'andamento delle medie mensili del benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene e benzo(k)fluorantene, rappresentate nel Grafico 47, evidenzia un picco di concentrazione nei mesi autunnali ed invernali, e, come già osservato, una netta tendenza al superamento dell'obiettivo di qualità per il benzo(a)pirene pari a 1 ng/m^3 , definito dal DM 25/11/94 come media mobile annuale.

Grafico 47: Medie mensili dei diversi Idrocarburi Policiclici Aromatici misurati nelle stazioni di Parco Bissuola, via Circonvallazione e via Antonio Da Mestre (quest'ultima da marzo 2001).

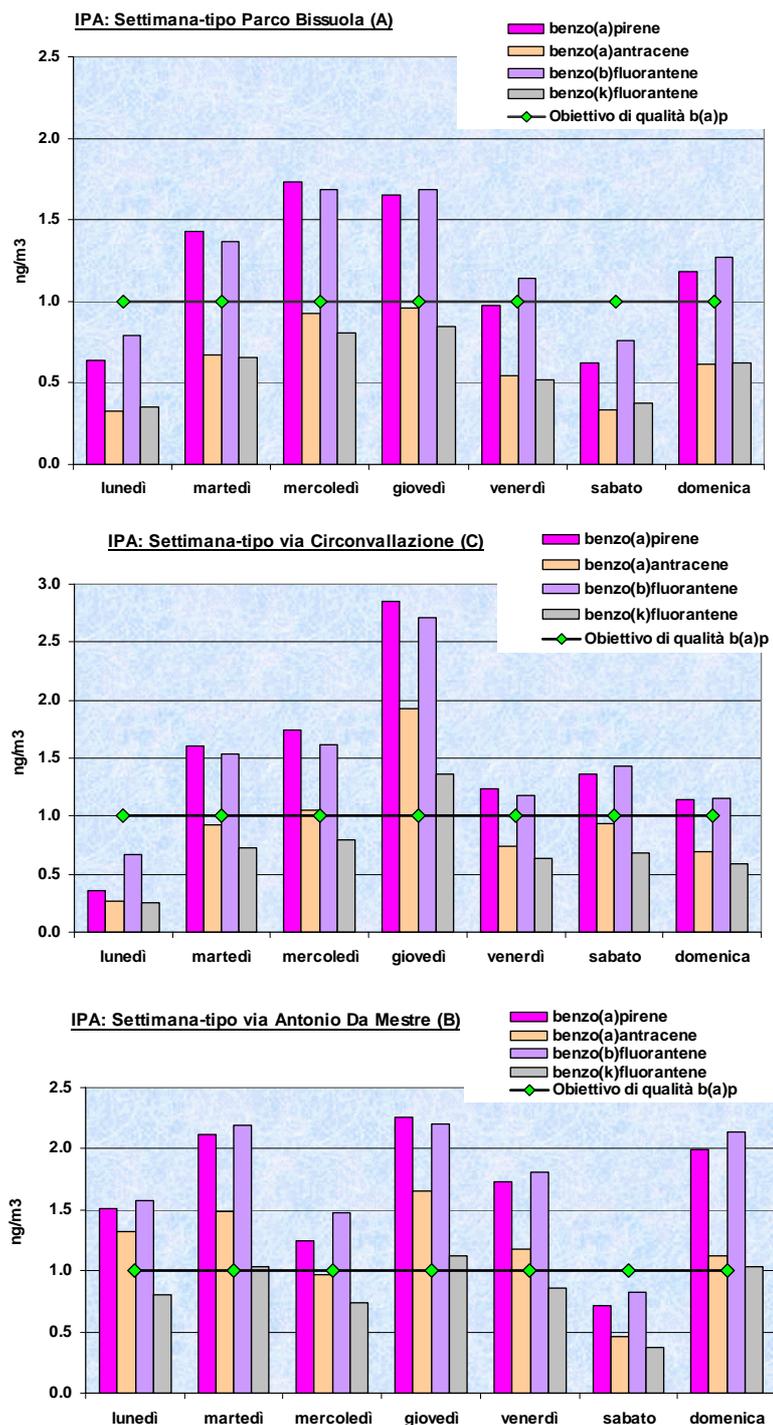


I grafici che raffigurano la settimana - tipo per benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene e benzo(k)fluorantene a Parco Bissuola, via Antonio Da Mestre e via Circonvallazione (Grafico 48) sembrano indicare come il giorno della settimana non influenzi

particolarmente i valori medi di questi inquinanti. Tuttavia si osservano le maggiori concentrazioni il martedì, mercoledì e giovedì - tipo, spesso al di sopra del valore di 1 ng/m^3 , mentre il fine settimana si misurano concentrazioni lievemente minori. Le concentrazioni maggiori in assoluto si misurano il giovedì in via Circonvallazione ed il martedì e giovedì in via Antonio Da Mestre.

Un comportamento analogo era stato osservato nella settimana – tipo della concentrazione di PM_{10} (Grafico 31).

Grafico 48: Settimana – tipo dei diversi Idrocarburi Policiclici Aromatici misurati nelle stazioni di Parco Bissuola, via Circonvallazione e via Antonio Da Mestre (quest’ultima da marzo 2001).



3.2.10. Livelli di concentrazione in aria degli inquinanti non convenzionali nelle principali aree urbane del Veneto

Al fine di descrivere lo stato dell'inquinamento atmosferico urbano nella realtà regionale, relativamente agli inquinanti non convenzionali (*benzene*, *benzo(a)pirene* e *PM₁₀*) e ai soli comuni capoluogo, si è operata una raccolta dei valori medi annuali, relativi agli anni 1999, 2000 e 2001, riportata nella successiva tabella.

Sottolineando la dovuta cautela nel raffrontare dati provenienti da fonti diverse (sia in termini di fornitore del dato, sia in termini di localizzazione dei siti di misura), si è cercato di mediare nel tempo (periodo delle campagne) e nello spazio (stazioni oggetto del monitoraggio) al fine di rappresentare realtà sufficientemente omogenee e paragonabili. Ai valori tabellari (Tabella 16) occorre associare un'incertezza assoluta di circa il 30%, così come previsto dai dettami comunitari.

In particolare:

- Belluno, Treviso e Vicenza non rientrano nell'elenco delle aree urbane per le quali vige l'obbligo di monitorare questi inquinanti, tuttavia da tempo i Dipartimenti Provinciali hanno avviato il monitoraggio del *benzene* attraverso l'impiego di campionatori passivi. Per *benzo(a)pirene* e *polveri PM₁₀* sono state realizzate alcune campagne periodiche di monitoraggio, la cui durata non può essere ritenuta rappresentativa dell'intero anno solare, ragione per la quale non sono riportate le relative medie.
- Recentemente Rovigo ha avviato i primi monitoraggi degli inquinanti non convenzionali, andando a costituire un primo data base che non garantisce una copertura temporale adeguata ai fini del presente raffronto.
- Padova realizza il monitoraggio annuale del *benzene* tramite campionatori passivi. Per le *polveri PM₁₀* il monitoraggio in continuo ha avuto inizio a partire dal mese di aprile 2001.
- Il dato di *benzene* di Verona si riferisce ad una sola stazione di traffico. Per *benzo(a)pirene* e *PM₁₀* valgono le medesime considerazioni fatte per Padova.
- Venezia presenta la serie storica più completa, con il monitoraggio in continuo (tramite analizzatore BTEX) del *benzene* e la determinazione del *benzo(a)pirene* sulle *polveri PM₁₀*.

Tabella 16: Confronto dei valori di benzene, benzo(a)pirene e polveri PM₁₀ in varie città del Veneto.

| | Benzene (ug/m ³) | | | Benzo(a)pirene (ng/m ³) | | | PM ₁₀ (ug/m ³) | | |
|----------------|------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|------|------|---------------------------------------|------|-------------------|
| | 1999 | 2000 | 2001 | 1999 | 2000 | 2001 | 1999 | 2000 | 2001 |
| Belluno | 8 | 5 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| Padova | 8 | 5 | 5 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | - | - | 55 ⁽⁴⁾ |
| Venezia | 5.5 | 6 | 4 | 1.0 | 1.8 | 1.5 | 50 | 56 | 41 |
| Verona | 8 | 7 ⁽²⁾ | 6 ⁽²⁾ | 1.5 | 1.5 | 1.5 | - | - | 44 ⁽³⁾ |
| Vicenza | - | 6 ⁽¹⁾ | 3 | - | - | - | - | - | - |
| Treviso | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - |

⁽¹⁾ anni 1999-2000 (parziale)

⁽²⁾ stazione di tipo traffico

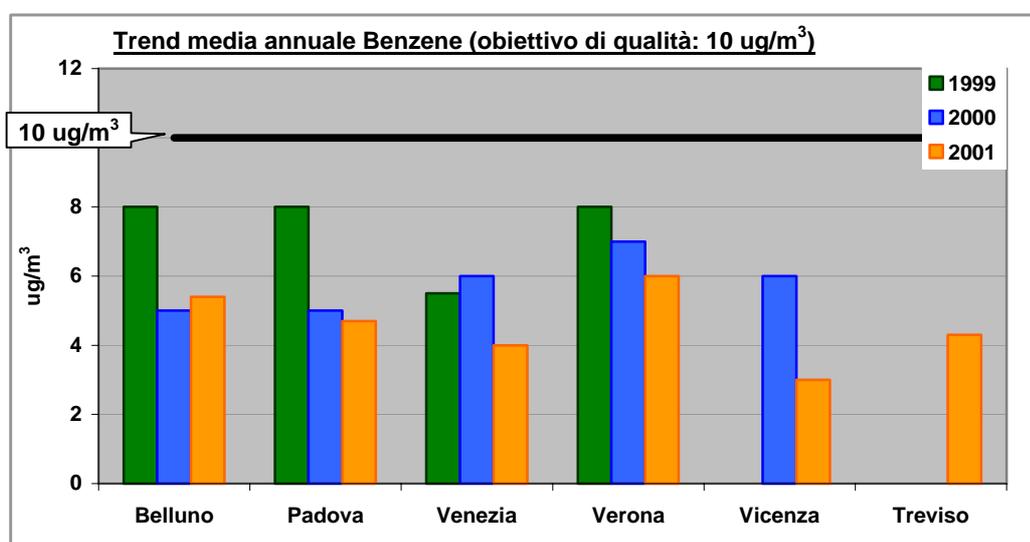
⁽³⁾ serie aprile-dicembre 2001

⁽⁴⁾ serie non completa

Fatte queste doverose premesse, il panorama che si evince dai dati è tale per cui non emergono sostanziali differenze fra i siti urbani, tanto per il *benzene*, quanto per *benzo(a)pirene* e le *polveri fini PM₁₀*.

Per il *benzene* si osserva (Grafico 49) una marcata tendenza in diminuzione (con valori pressoché dimezzati nel 2001 rispetto al 1999), in parte attribuibile al rinnovamento del parco veicolare ed alla riformulazione dei carburanti. Anche alla luce della nuova normativa europea sulla qualità dell'aria, che prevede la riduzione dell'attuale limite di concentrazione annuale di *benzene* da 10 a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (termine ultimo di recepimento: anno 2010), l'inquinamento derivante da questo contaminante primario appare in larga misura sotto controllo.

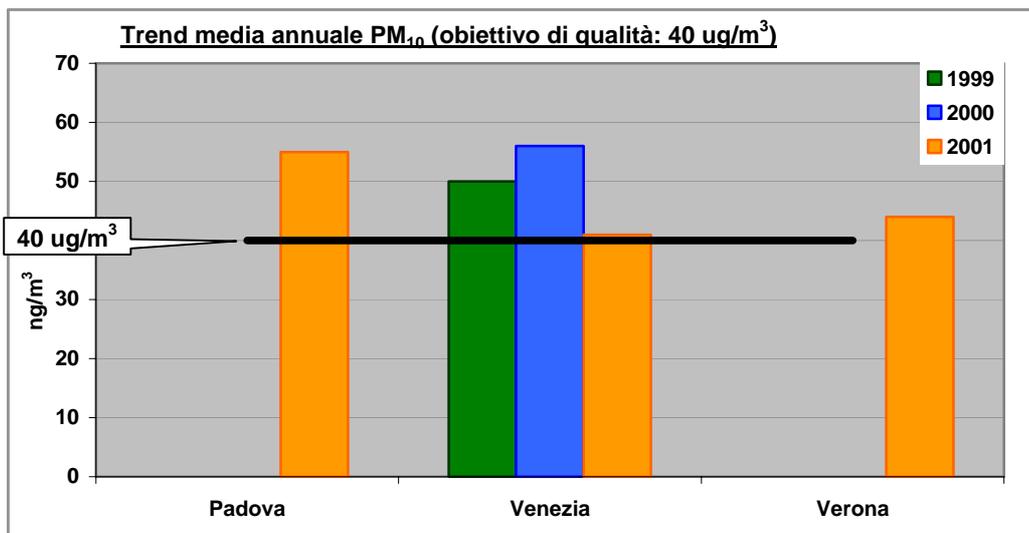
Grafico 49: Trend della media annuale del benzene in varie città del Veneto.



Le *polveri fini PM₁₀* mostrano ovunque (Grafico 50) il superamento dell'obiettivo di qualità di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con l'unica nota positiva dell'area urbana veneziana, per la quale nell'anno 2001 è stata registrata la media mobile di 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La verifica di una effettiva tendenza al miglioramento per questo parametro potrà essere verificata solo nel corso degli anni a venire.

La nuova normativa europea prevede (Fase I) l'introduzione del valore limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come media sulle 24 ore, da non superare più di 35 volte all'anno e di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore medio annuale con margini di tolleranza che vanno decrescendo anno per anno, fino a scomparire entro il 01/01/2005. Analogamente, nella Fase II (entro il 2010), il numero di superamenti del valore limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ non dovrà essere superiore a 7 volte all'anno ed il valore medio annuale sarà ridotto a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

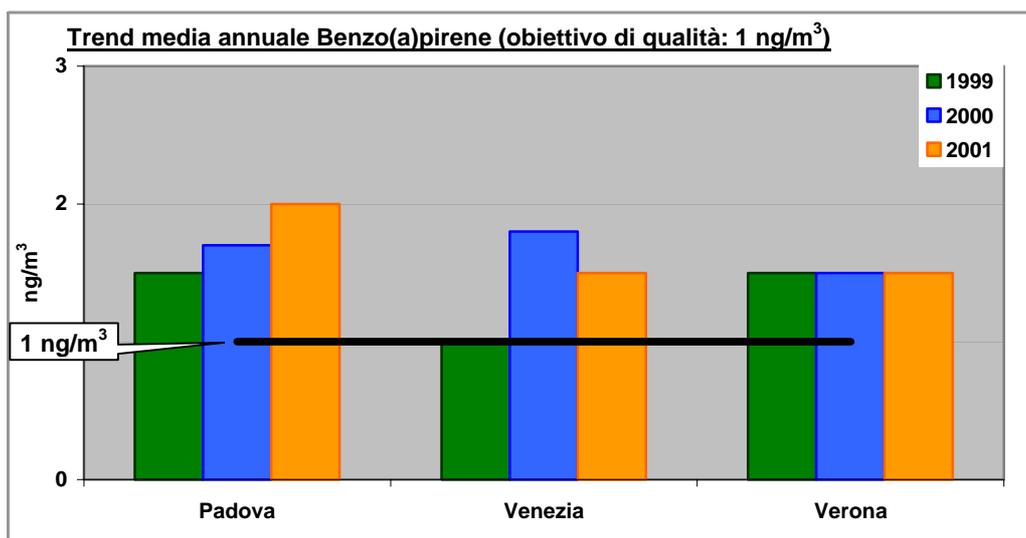
Grafico 50: Trend della media annuale delle polveri PM₁₀ in varie città del Veneto.



Analogamente alle polveri fini, anche il *benzo(a)pirene* (Grafico 51), le cui emissioni sono imputabili principalmente al traffico autoveicolare e alla produzione di energia, mostra il superamento dell'obiettivo di qualità (1 ng/m³).

Le recenti direttive europee non fanno esplicito riferimento a nuovi valori limite per tale inquinante, per il quale si ritiene rimarrà in vigore quanto previsto fino ad oggi.

Grafico 51: Trend della media annuale del benzo(a)pirene in varie città del Veneto.



3.2.11. *Trend storici: analisi temporali*

Al fine di raffigurare l'andamento storico dei parametri convenzionali misurati presso le stazioni della rete ARPAV della qualità dell'aria, si è scelto di riportare la mediana ed il 98° percentile, rispettivamente quali indici dell'andamento del valore medio e del massimo annuale, a partire dal 1996 (per alcune stazioni dal 1994).

La situazione più confortante è quella in cui entrambi gli indicatori (mediana e 98° percentile) sono decrescenti col trascorrere del tempo e solo in questo caso si può ipotizzare un reale miglioramento; anche per poter definire un peggioramento è necessario che esista accordo tra i due indici.

L'elaborazione è stata estesa alle stazioni di misura che compaiono nella tabella quotidiana sulla qualità dell'aria, ed in particolare:

- Parco Bissuola (A): parametri SO₂, PTS, NO₂, CO, O₃ (anni 1996 – 2001);
- viale San Marco (B): parametri SO₂, PTS, NO₂ (anni 1994 – 2001);
- via Circonvallazione (C): parametri PTS, CO (anni 1994 – 2001);
- Corso del Popolo (C): parametri PTS, CO (anni 1994 – 2001);
- via Da Verrazzano (C): parametri PTS, NO₂, CO (anni 1996 – 2001);
- Maerne (D): parametri SO₂, PTS, NO₂, O₃ (anni 1994 – 2001).

Nel Grafico 52, Grafico 53 e Grafico 54 sono rappresentati la mediana ed il 98° percentile.

In sintesi, considerando che per poter definire un peggioramento è necessario che esista accordo tra i due indici (mediana e 98% percentile), nell'anno 2001 le situazioni degne di nota sono:

- aumento della concentrazione di NO₂ in viale San Marco;
- aumento della concentrazione di PTS in via Circonvallazione;
- aumento della concentrazione di O₃ a Maerne.

Negli altri casi si ha un miglioramento o una situazione complessivamente stazionaria.

Per gli inquinanti non convenzionali benzene, PM₁₀ e benzo(a)pirene, invece, sono stati confrontati vari aggiornamenti del valore della media mobile annuale (Tabella 17).

Grafico 52: Serie storica parametri convenzionali di Parco Bissuola e viale San Marco.

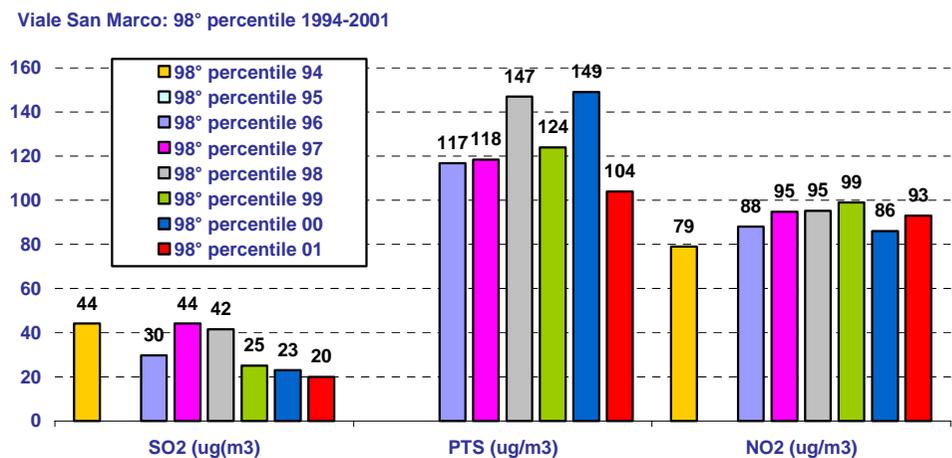
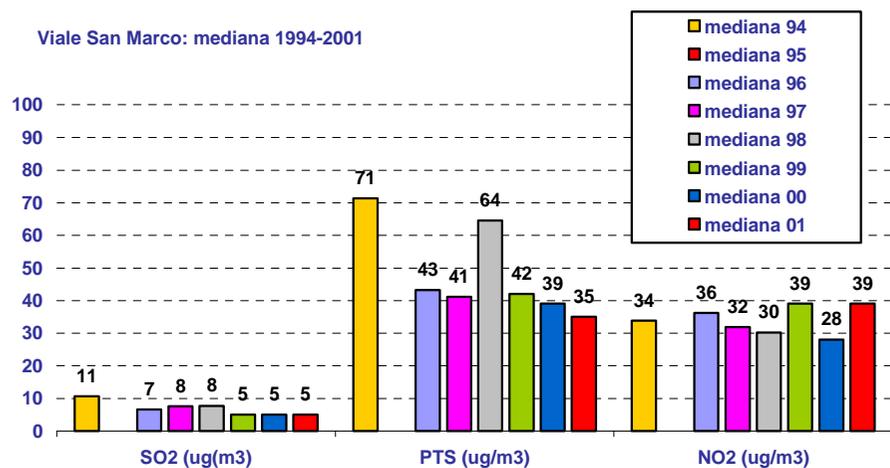
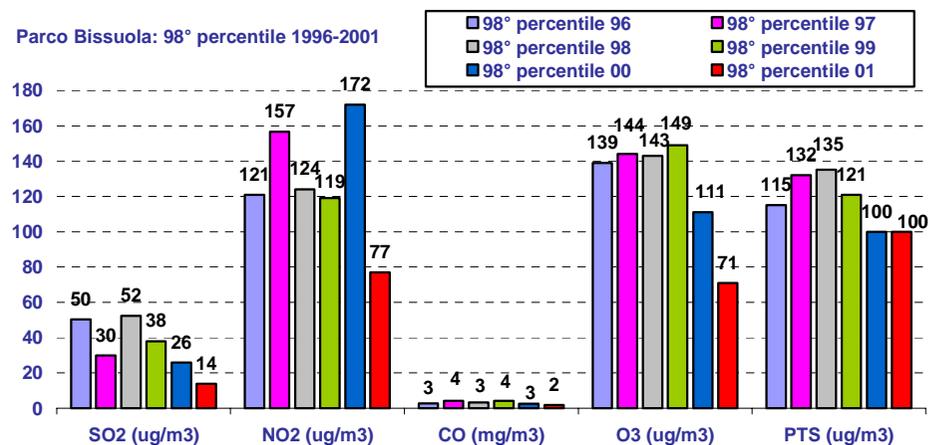
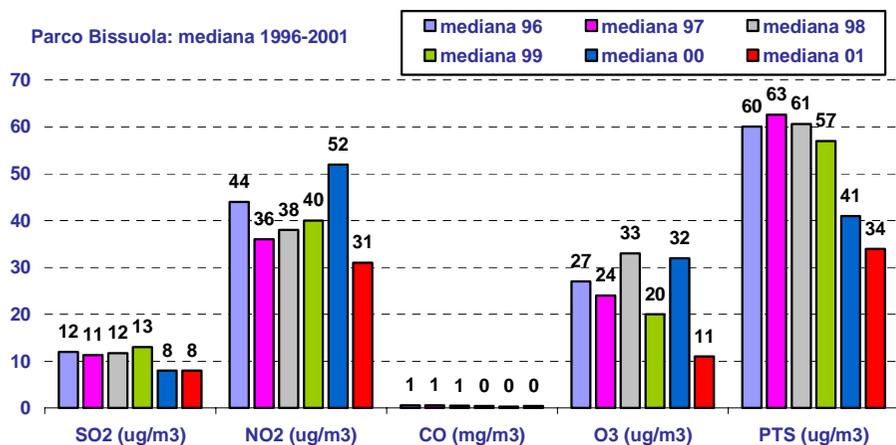
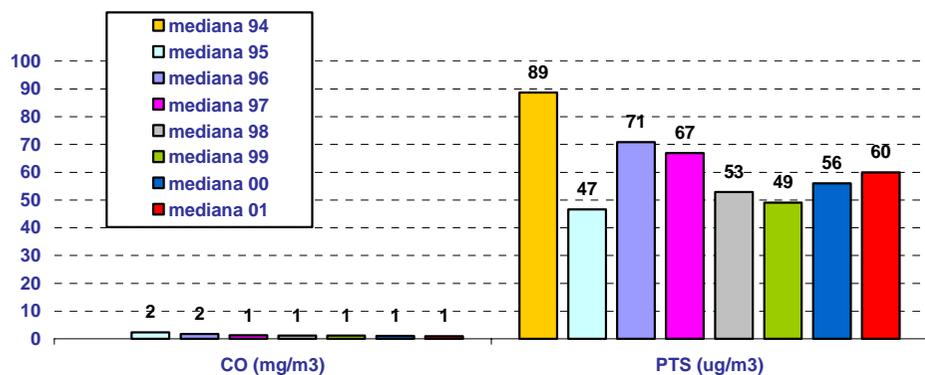
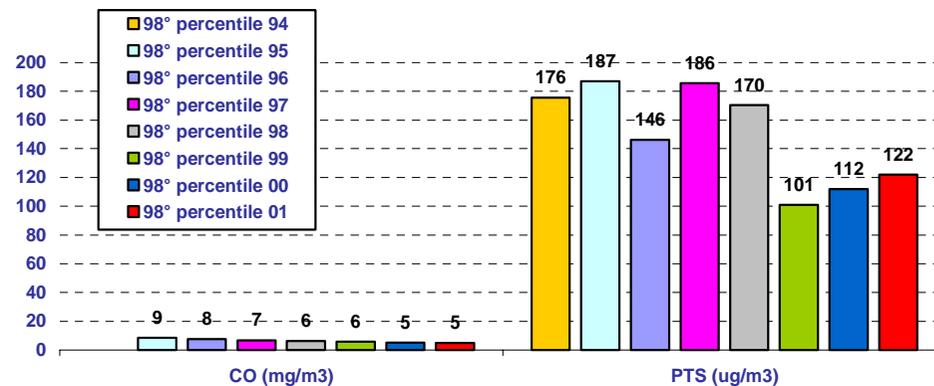


Grafico 53: Serie storica parametri convenzionali di via Circonvallazione e Corso del Popolo.

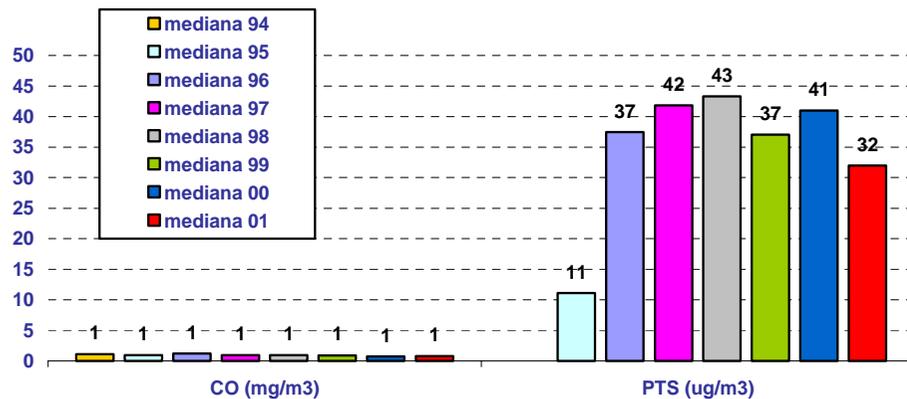
Via Circonvallazione: mediana 1994-2001



Via Circonvallazione: 98° percentile 1994-2001



Corso del Popolo: mediana 1994-2001



Corso del Popolo: 98° percentile 1994-2001

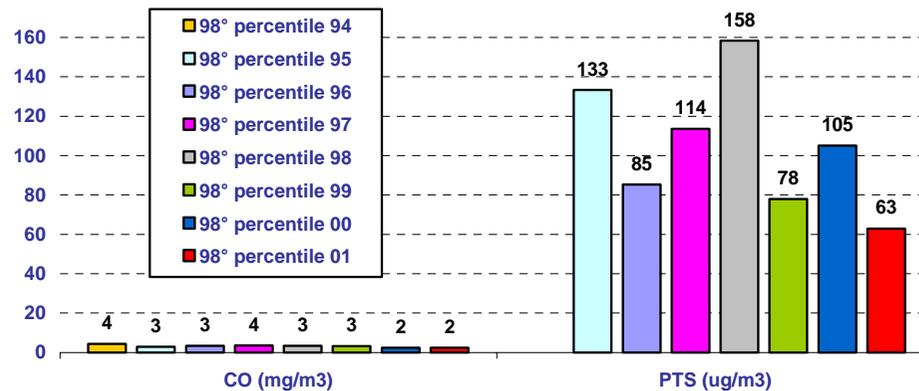
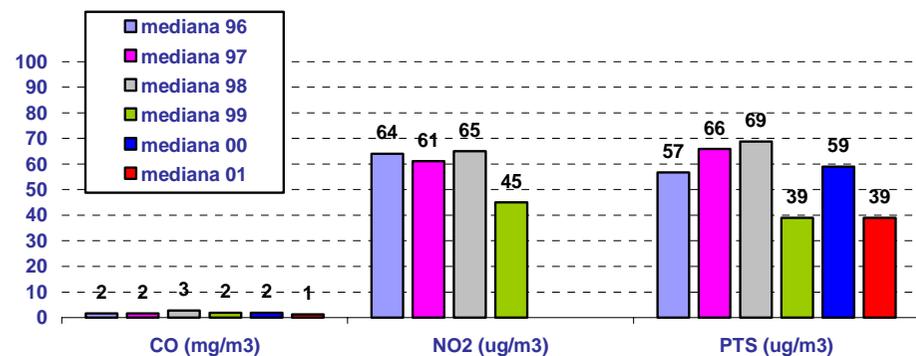
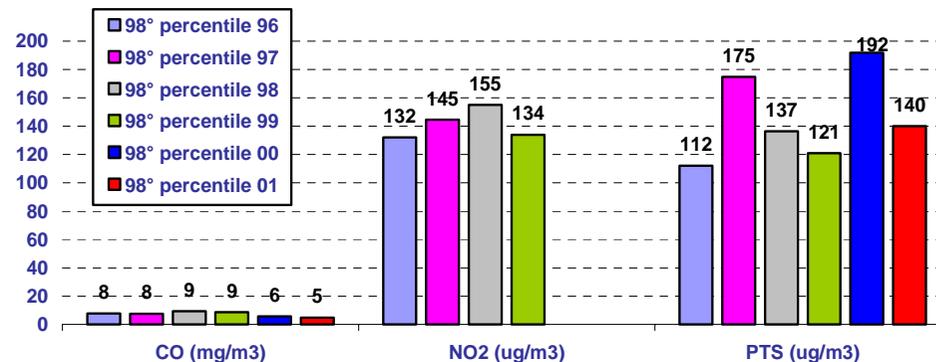


Grafico 54: Serie storica parametri convenzionali di via Da Verrazzano e Maerne. Per la stazione di via Da Verrazzano la mediana ed il 98° percentile relativi all'anno 2001 sono calcolati a partire dai dati del periodo 01/01/01 – 16/07/01.

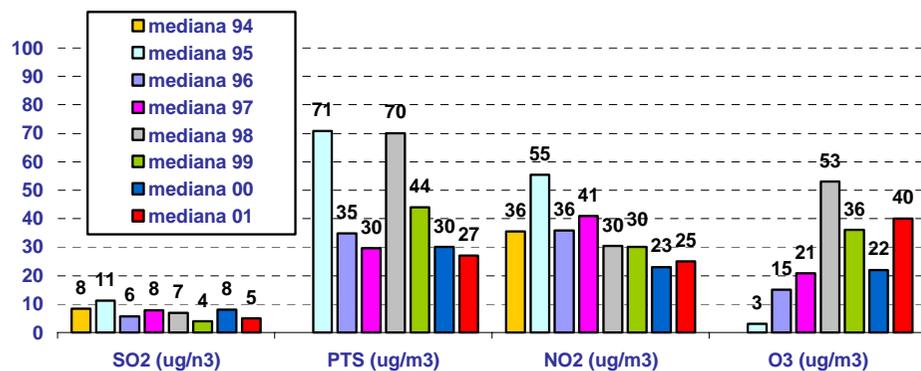
Via Da Verrazzano: mediana 1996-2001



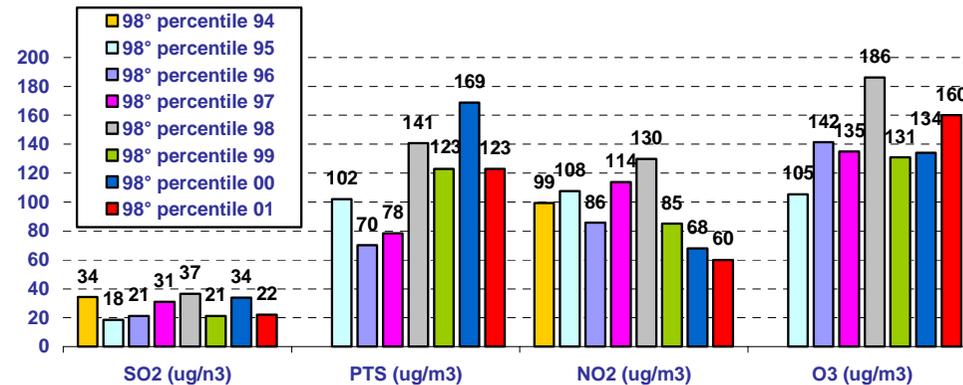
Via Da Verrazzano: 98° percentile 1996-2001



Maerne: mediana 1994-2001



Maerne: 98° percentile 1994-2001



Trend storico del biossido di zolfo

Per le stazioni di Parco Bissuola (ambito urbano, A), viale San Marco (ambito urbano, B) e di Maerne (cintura urbana, D) è stato analizzato l'andamento di mediana (indice del valore medio) e 98° percentile (indice del valore massimo) calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

Per il biossido di zolfo si può parlare di un complessivo miglioramento presso tutte le stazioni sia in termini di mediana che di 98° percentile fino al 1999; nell'ultimo anno questo miglioramento è stato più evidente a Maerne, mentre altrove la situazione è risultata stazionaria.

Trend storico del biossido di azoto

Per le stazioni di Parco Bissuola, viale San Marco, via Da Verrazzano (ambito urbano, rispettivamente A, B e C) e di Maerne (cintura urbana, D), l'andamento di mediana e 98° percentile anche del biossido di azoto sono stati calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

Gli istogrammi evidenziano negli anni scorsi un miglioramento complessivo solo per la stazione di Maerne, mentre per le altre stazioni si sono presentate condizioni di sostanziale stazionarietà. Limitatamente all'ultimo anno, si osserva un sostanziale miglioramento per la stazione di Parco Bissuola, mentre in viale San Marco e a Maerne nel 2001 si è verificato un peggioramento in contro tendenza rispetto a quanto si era verificato dal 1999 al 2000.

Trend storico del monossido di carbonio

Per le stazioni di Parco Bissuola, via Da Verrazzano, Corso del Popolo e via Circonvallazione (ambito urbano, rispettivamente A, e tre C) è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

L'istogramma evidenzia un andamento decrescente sia della mediana che del 98° percentile della concentrazione in aria di CO per le stazioni di Corso del Popolo e via Circonvallazione, mentre mostra condizioni di stabilità o di lieve e più recente miglioramento per le stazioni di Parco Bissuola e via Da Verrazzano.

Trend storico delle polveri totali sospese

Per le stazioni di Parco Bissuola, viale San Marco, via Da Verrazzano, Corso del Popolo, via Circonvallazione e Maerne è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile calcolati sui dati rilevati nel corso di 8 anni di misure (1994 – 2001).

L'istogramma evidenzia un andamento complessivamente decrescente sia della mediana sia del 98° percentile della concentrazione in aria di PTS per la stazione di Parco Bissuola e di via Circonvallazione fino al 1999, successivamente il miglioramento è proseguito in modo costante e sostanziale al Parco Bissuola, ma si è arrestato in via Circonvallazione, dove negli ultimi tre anni la mediana della concentrazione di polveri totali sospese è progressivamente aumentata.

Negli ultimi quattro anni nella stazione di Maerne si osserva un miglioramento continuo delle condizioni, mentre si trovano situazioni altalenanti in Corso del Popolo, via Da Verrazzano e viale San Marco.

Trend storico dell'ozono

Per le stazioni di Parco Bissuola (ambito urbano, A) e di Maerne (cintura urbana, D) è stato analizzato l'andamento di mediana e 98° percentile dell'O₃, calcolati sui dati rilevati nel corso di 7 anni di misure (1995 – 2001).

L'istogramma evidenzia un picco evidente della concentrazione in aria di ozono in corrispondenza dell'anno 1998 ed una successiva diminuzione nel 1999 sia per la stazione di Parco Bissuola, che per quella di Maerne. Successivamente, nell'anno 2000, il miglioramento ha riguardato solo la stazione di Maerne e nell'anno 2001 la tendenza si è invertita, facendo misurare un miglioramento al Parco Bissuola ed un peggioramento a Maerne.

Trend storico degli inquinanti non convenzionali: benzene, PM₁₀ e benzo(a)pirene

La Tabella 17 riporta la media mobile annuale calcolata per le stazioni di Parco Bissuola e via Circonvallazione, che a differenza della stazione di via Antonio da Mestre sono attive da più di due anni.

Nel 2001, le medie mobili annuali per le *polveri inalabili PM₁₀* assumono i valori di 41 µg/m³ per la stazione di Parco Bissuola e di 40 µg/m³ per la stazione di via Circonvallazione, concentrazioni al di sopra dell'obiettivo di qualità stabilito dal DM 25/11/94. Tali valori indicano un inquinamento "di area" per le polveri inalabili (PM₁₀), che presentano una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano. La media di area dell'anno 2001 è di 41 µg/m³, nettamente inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a 56 µg/m³. La media mobile è diminuita nel corso dell'anno 2001, assumendo valori progressivamente minori negli aggiornamenti di marzo e giugno 2001.

Nella stazione di via Antonio Da Mestre i dati di polveri PM₁₀ sono disponibili da marzo 2001, di conseguenza non è possibile eseguire il calcolo della media mobile annuale ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a 42 µg/m³, quindi prossima alla media di area.

Nel 2001, la media mobile annuale del *benzene* non mostra per nessuna delle due stazioni il superamento dell'obiettivo di qualità (Tabella 17). Le medie mobili assumono i valori di 3 µg/m³ per la stazione di Parco Bissuola e di 5 µg/m³ per la stazione di via Circonvallazione. Tali valori indicano, in qualche misura, una certa differenziazione dell'inquinamento a seconda dell'area di monitoraggio, con una maggiore incidenza nell'area di traffico (via Circonvallazione).

La media di area dell'anno 2001 per il benzene è di 4 µg/m³, inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a 6 µg/m³. La media mobile è diminuita nel corso dell'anno 2001, assumendo valori progressivamente minori negli aggiornamenti di marzo e giugno 2001.

Nella stazione di via Antonio Da Mestre i dati di benzene sono disponibili da marzo 2001, di conseguenza non è possibile eseguire il calcolo della media mobile annuale ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a 3 µg/m³, quindi prossima alla media di area.

Le medie mobili annuali della concentrazione di *benzo(a)pirene* aggiornate a dicembre 2001 assumono il valore di 1,4 ng/m³ per la stazione di Parco Bissuola e di 1,5 ng/m³ per la stazione di via Circonvallazione, superiori quindi all'obiettivo di qualità (Tabella 17).

Tali valori stanno ad indicare un inquinamento "di area" per il benzo(a)pirene, che presenta una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano. La media di area dell'anno 2001 è di 1,5 ng/m³, leggermente inferiore a quella calcolata nel precedente anno 2000, pari a 1,8 ng/m³. La media mobile è diminuita progressivamente all'inizio dell'anno 2001, assumendo valori minori nell'aggiornamento di marzo 2001 ed è successivamente aumentata.

Nella stazione di via Antonio Da Mestre i dati di benzo(a)pirene sono disponibili da marzo 2001, di conseguenza non è possibile eseguire il calcolo della media mobile annuale ed il confronto con il corrispondente obiettivo di qualità. La media di periodo calcolata da marzo 2001 a dicembre 2001 è pari a 1,5 ng/m³, quindi pari alla media di area.

Tabella 17: Confronto con gli obiettivi di qualità delle medie mobili annuali di PM₁₀, benzo(a)pirene e benzene aggiornate a 6 date successive durante l'anno 2000 e 2001.

| media mobile | Mese aggiornamento | | | | | | | Obiettivi di qualità (DM 25/1/94) |
|--------------------------------------|--------------------|-----------|-------------|----------|-----------|-------------|----|-----------------------------------|
| | marzo-00 | agosto-00 | dicembre-00 | marzo-01 | giugno-01 | dicembre-01 | | |
| Parco Bissuola (Tipo A) | | | | | | | | |
| PM10 (ug/m3) | 49 | 49 | 51 | 43 | 42 | 41 | 40 | 1 |
| Benzo(a)pirene (ng/m3) | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 1 | 1 |
| Benzene (ug/m3) | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 10 | |
| Via Circonvallazione (Tipo C) | | | | | | | | |
| PM10 (ug/m3) | 60* | 63 | 61 | 50 | 48 | 40 | 40 | 1 |
| Benzo(a)pirene (ng/m3) | 1.6* | 1.7 | 2.0 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1 | 1 |
| Benzene (ug/m3) | 8 | 8 | 7 | 6 | 6 | 5 | 10 | |

| Media di area (A + C) | marzo-00 | agosto-00 | dicembre-00 | marzo-01 | giugno-01 | dicembre-01 |
|------------------------|----------|-----------|-------------|----------|-----------|-------------|
| PM10 (ug/m3) | 55 | 56 | 56 | 47 | 45 | 41 |
| Benzo(a)pirene (ng/m3) | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | 1.5 |
| Benzene (ug/m3) | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 |

* Presso la stazione di via Circonvallazione le misurazioni di IPA e PM10 sono iniziate a maggio 1999, perciò è stato possibile calcolare solo una media di periodo (periodo di mediazione: maggio 1999 - aprile 2000).

Trend storico del benzene misurato con campionatori passivi radiello

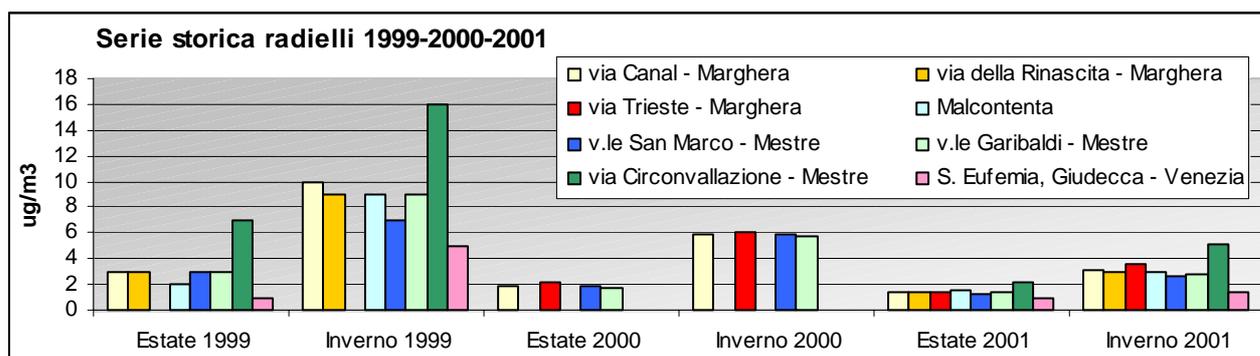
Nella Tavola 2 allegata al presente Rapporto Annuale (Allegato 4) sono indicati alcuni siti “storici” di campionamento con radiello che sono stati controllati negli anni 1999, 2000 e 2001.

Nel Grafico 55 sono riportate le concentrazioni medie di benzene misurate nelle campagne estive ed invernali con campionatori passivi nei tre anni successivi 1999, 2000 e 2001.

In accordo con quanto osservato precedentemente nei trend storici del benzene misurato con analizzatore in continuo (BTEX), l’analisi evidenzia che in tutti i siti la concentrazione di benzene diminuisce progressivamente nel tempo, fino ai valori minimi misurati nell’anno 2001.

Sempre in accordo con quanto riscontrato con la metodica automatica di misura, tutti gli anni si sono misurati i valori maggiori nelle campagne invernali.

Grafico 55: Serie storica delle concentrazioni medie di benzene ottenute dalle campagne con campionatori passivi nei siti ripetuti negli anni 1999-2000-2001.



3.2.12. Correlazioni tra stazioni di misura: analisi spaziali

L'analisi degli andamenti temporali degli inquinanti, monitorati nelle postazioni della rete ARPAV, evidenzia l'esistenza di diversi tipi di correlazioni attribuibili, per esempio, a seconda dei casi, all'insistenza sul territorio di fonti inquinanti di varia origine e alle condizioni meteorologiche prevalenti, che influenzano la dispersione degli inquinanti in atmosfera. L'analisi delle correlazioni permette di confermare alcune ipotesi sulla distribuzione spaziale di alcuni inquinanti convenzionali e non convenzionali; in particolare consente di parlare per le polveri di inquinamento di tipo diffuso, e conferma, per l'ozono, la dipendenza dalle condizioni meteorologiche.

3.2.12.1. Parametri convenzionali

Nel presente Rapporto è stata analizzata la correlazione spaziale delle polveri totali sospese, del biossido di zolfo, del biossido di azoto, del monossido di carbonio, degli idrocarburi non metanici e dell'ozono, confrontando i dati orari del giorno – tipo.

Tabella 18: PTS – correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull'anno 2001.

| PTS | Bandiera | Verrazzano | Circonvallazione | Popolo | Bottenigo | Bissuola | San Marco | Maerne | Malcontenta |
|---------------------------|----------|------------|------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------|-------------|
| Bandiera | 1.00 | 0.69 | 0.31 | 0.46 | 0.14 | 0.07 | 0.48 | 0.02 | 0.40 |
| Verrazzano | | 1.00 | 0.43 | 0.63 | 0.05 | 0.01 | 0.11 | 0.01 | 0.63 |
| Circonvallazione | | | 1.00 | 0.38 | 0.28 | 0.33 | 0.37 | 0.56 | 0.03 |
| Popolo | | | | 1.00 | 0.10 | 0.13 | 0.21 | 0.25 | 0.74 |
| Bottenigo | | | | | 1.00 | 0.99 | 0.51 | 0.79 | 0.05 |
| Bissuola | | | | | | 1.00 | 0.57 | 0.83 | 0.12 |
| San Marco | | | | | | | 1.00 | 0.67 | 0.21 |
| Maerne | | | | | | | | 1.00 | 0.42 |
| Malcontenta | | | | | | | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | | | | | | | 0.36 |

Tabella 19: SO₂ – correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull'anno 2001.

| SO₂ | Bottenigo | Maerne | Bissuola | San Marco | Sacca Fisola | Malcontenta | A. Da Mestre |
|---------------------------|-----------|--------|----------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| Bottenigo | 1.00 | 0.70 | 0.73 | 0.91 | 0.73 | 0.46 | 0.87 |
| Maerne | | 1.00 | 0.49 | 0.86 | 0.53 | 0.21 | 0.83 |
| Bissuola | | | 1.00 | 0.82 | 0.32 | 0.16 | 0.64 |
| San Marco | | | | 1.00 | 0.61 | 0.33 | 0.93 |
| Sacca | | | | | 1.00 | 0.91 | 0.40 |
| Malcontenta | | | | | | 1.00 | 0.05 |
| A. Da Mestre | | | | | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | | | | | 0.59 |

Tabella 20: NO₂ - correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2001.

| NO2 | Bottenigo | Maerne | Bissuola | San Marco | Sacca Fisola | Malcontenta | A. Da Mestre |
|---------------------------|-----------|--------|----------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| Bottenigo | 1.00 | 0.80 | 0.97 | 0.84 | 0.52 | 0.54 | 0.94 |
| Maerne | | 1.00 | 0.82 | 0.96 | 0.04 | 0.03 | 0.85 |
| Bissuola | | | 1.00 | 0.86 | 0.46 | 0.50 | 0.96 |
| San Marco | | | | 1.00 | 0.01 | 0.03 | 0.90 |
| Sacca | | | | | 1.00 | 0.89 | 0.32 |
| Malcontenta | | | | | | 1.00 | 0.35 |
| A. Da Mestre | | | | | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | | | | | 0.60 |

Tabella 21: CO - correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2001.

| CO | Bandiera | Verrazzano | Circonvallazione | Popolo | Bottenigo | Bissuola |
|---------------------------|----------|------------|------------------|--------|-----------|-------------|
| Bandiera | 1.00 | 0.49 | 0.89 | 0.66 | 0.90 | 0.97 |
| Verrazzano | | 1.00 | 0.74 | 0.85 | 0.15 | 0.39 |
| Circonvallazione | | | 1.00 | 0.72 | 0.68 | 0.82 |
| Popolo | | | | 1.00 | 0.34 | 0.57 |
| Bottenigo | | | | | 1.00 | 0.97 |
| Bissuola | | | | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | | | | 0.68 |

Tabella 22: NMHC - correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2001.

| NMHC | Circonvallazione | Bissuola | A. Da Mestre |
|---------------------------|------------------|----------|--------------|
| Circonvallazione | 1.00 | 0.54 | 0.81 |
| Bissuola | | 1.00 | 0.70 |
| A. Da Mestre | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | 0.68 |

Tabella 23: O₃ - correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2001.

| O3 | Maerne | Bottenigo | Bissuola | Mira | Sacca Fisola |
|---------------------------|--------|-----------|----------|------|--------------|
| Maerne | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.98 | 0.85 |
| Bottenigo | | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 0.91 |
| Bissuola | | | 1.00 | 0.99 | 0.94 |
| Mira | | | | 1.00 | 0.89 |
| Sacca | | | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | | | 0.95 |

Nelle tabelle precedenti sono stati evidenziati i coefficienti di correlazione più significativi, cioè maggiori, in valore assoluto, di 0,80 ed è stata calcolata la media di tutti i coefficienti di correlazione di ciascuna tabella per avere un dato medio sulla correlazione spaziale tipica di ciascun inquinante.

Si evidenzia che le polveri totali sospese non presentano marcata correlazione spaziale ad eccezione della stazione di Parco Bissuola con quelle di via Bottenigo e Maerne (Tabella 18).

L'ozono presenta la correlazione spaziale maggiore, infatti la correlazione media è pari a 0,95 e tutte le stazioni della rete appaiono ben correlate tra loro (Tabella 23). Ciò dimostra ancora una volta che l'ozono, essendo un inquinante di tipo fotochimico, con diffusione su scala regionale, manifesta una correlazione elevata all'interno del Comune in tutte le postazioni in cui viene monitorato.

L'analisi per il biossido di azoto ha evidenziato una elevata correlazione spaziale tra tutte le stazioni della rete urbana e valori molto bassi tra queste stazioni e quelle più lontane, quali Sacca Fisola e Malcontenta. Ciò influenza la correlazione spaziale media dell' NO₂, che risulta quindi non particolarmente elevata (Tabella 20).

L'analisi per il biossido di zolfo non ha evidenziato una elevata correlazione spaziale tra le stazioni della rete urbana. Solo viale San Marco e via Antonio Da Mestre risultano correlate con la maggior parte delle altre stazioni, ad eccezione di Sacca Fisola e Malcontenta, le quali risultano ben correlate tra loro (Tabella 19).

Dall'analisi per il monossido di carbonio non si osservano correlazioni spaziali particolarmente marcate, infatti questo parametro risulta fortemente dipendente dalla situazione di traffico locale; la stazione della rete maggiormente correlata alle altre è Parco Bissuola (Tabella 21).

L'analisi sugli idrocarburi non metanici (NMHC) è stata svolta per le stazioni della rete che presentano anche gli analizzatori per gli IPA, quali Parco Bissuola, via Antonio Da Mestre e via Circonvallazione. La correlazione spaziale maggiore è stata individuata tra via Circonvallazione e quella, estremamente prossima, di via Antonio Da Mestre (Tabella 22).

3.2.12.2. Parametri non convenzionali

Sono stati confrontati i giorni – tipo di benzene (Tabella 24), calcolati nel 2001, per le stazioni di Parco Bissuola (Tipo A), via Antonio Da Mestre (Tipo B) e via Circonvallazione (Tipo C); correlazioni particolarmente elevate si riscontrano soprattutto tra via Antonio Da Mestre e le altre due stazioni.

Per avere maggiore significatività statistica, sono state confrontate le serie storiche 2000 e 2001 di polveri inalabili PM₁₀ e benzo(a)pirene nelle stazioni di Parco Bissuola (Tipo A), via Antonio Da Mestre (Tipo B) e via Circonvallazione (Tipo C), rilevando correlazioni particolarmente elevate tra via Circonvallazione e via Antonio Da Mestre soprattutto per il benzo(a)pirene (Tabella 26), ma anche per le PM₁₀ (Tabella 25).

Tabella 24: Benzene – correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull'anno 2001.

| Benzene | Circonvallazione | Bissuola | A. Da Mestre |
|---------------------------|------------------|----------|--------------|
| Circonvallazione | 1.00 | 0.78 | 0.87 |
| Bissuola | | 1.00 | 0.96 |
| A. Da Mestre | | | 1.00 |
| Correlazione media | 0.87 | | |

Tabella 25: PM₁₀ – correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2000 e 2001.

| PM 10 | Circonvallazione | Bissuola | A. Da Mestre |
|---------------------------|------------------|----------|--------------|
| Circonvallazione | 1.00 | 0.92 | 0.95 |
| Bissuola | | 1.00 | 0.93 |
| A. Da Mestre | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | 0.94 |

Tabella 26: Benzo(a)pirene – correlazioni spaziali tra tutte le stazioni della rete ARPAV basate sul giorno – tipo calcolato sull’anno 2000 e 2001.

| Benzo(a)pirene | Circonvallazione | Bissuola | A. Da Mestre |
|---------------------------|------------------|----------|--------------|
| Circonvallazione | 1.00 | 0.98 | 0.99 |
| Bissuola | | 1.00 | 0.99 |
| A. Da Mestre | | | 1.00 |
| Correlazione media | | | 0.99 |

L’ottima correlazione per il PM₁₀ e per il benzo(a)pirene rilevata in posizioni tanto differenti (area verde –Parco Bissuola- e via ad alto traffico –Via Circonvallazione-) dimostra come questi inquinanti siano distribuiti omogeneamente in tutto il tessuto urbano.

Alla luce della possibilità di spostare, in funzione del nuovo P.U.T., la stazione di via Circonvallazione verso un sito di tipo C significativo, è stato approfondito lo studio della correlazione spaziale tra questa stazione e la vicinissima stazione di via Antonio Da Mestre (di tipo B), ricercando una relazione analitica che consenta di stimare le concentrazioni degli inquinanti in via Circonvallazione a partire dai dati misurati in via Antonio Da Mestre.

La Tabella 27 mostra le rette di regressione lineare per il benzene, sui dati del 2001, e per le polveri inalabili PM₁₀ ed il benzo(a)pirene, sui dati del 2000 e 2001; “x” rappresenta i valori rilevati in via A. Da Mestre e “y” quelli di via Circonvallazione.

Tabella 27: Rette di regressione lineare per benzene, polveri inalabili PM₁₀ e benzo(a)pirene tra le stazioni Circonvallazione e A. Da Mestre.

| Regressione lineare tra i valori rilevati in via A. Da Mestre (“x”) e in via Circonvallazione (“y”) | | |
|--|--|-----------------------|
| Benzene | Polveri inalabili PM₁₀ | Benzo(a)pirene |
| $y = 1,7 x$ | $y = 1,0 x$ | $y = 1,2 x$ |

Si rammenta che la migliore correlazione per gli idrocarburi non metanici (NMHC) è risultata proprio quella tra le stazioni di via Circonvallazione e via A. Da Mestre.

3.3. Mappatura del benzene mediante campionatori passivi ad integrazione dei rilievi condotti presso le stazioni della rete fissa

Il “Guidance Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives” è stato assunto quale riferimento per la pianificazione della campagna di mappatura del benzene in Comune di Venezia, realizzata con campionatori passivi, in posizioni diverse da quelle controllate dagli analizzatori della rete fissa. Tale documento tecnico fa riferimento alla Direttiva 96/62/CE recepita a livello italiano dal D.Lgs. 351/99; per maggiori dettagli si veda anche il Rapporto Annuale 2000 (paragrafo 3-3.2).

Il “campionamento passivo” è una tecnica di monitoraggio così definita in quanto la cattura dell’inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore; non richiede quindi l’impiego di un dispositivo per l’aspirazione dell’aria. Il tipo di campionatore adottato, denominato radiello®, raffigurato nella Figura 3, è un sistema dotato di simmetria radiale al cui interno viene inserita una cartuccia adsorbente specifica a seconda dell’inquinante di interesse.

Per i dettagli su tale metodica si rimanda all’analogo paragrafo contenuto nel Rapporto Annuale 1999 sulla qualità dell’aria nel Comune di Venezia.

Figura 3: Campionatore passivo radiello della Fondazione Salvatore Maugeri di PD utilizzato per la mappatura nel Comune di Venezia.



All’interno delle linee guida citate viene suggerito di eseguire una mappatura delle posizioni prescelte per un tempo corrispondente a circa il 20% del periodo annuale, programmando l’esecuzione di campagne, a scelta, come segue:

- n° 2 campagne della durata di 5 settimane da eseguire rispettivamente nel semestre estivo e nel semestre invernale;
- n° 5 campagne della durata di 2 settimane ciascuna, equidistribuite nell’arco dell’anno.

I siti di campionamento devono corrispondere a posizioni realisticamente di vita e vanno quindi evitate le posizioni immediatamente a ridosso delle vie di circolazione stradale o di parcheggi (cosiddetti “hot spots”). Gli eventuali “hot spots” non devono essere utilizzati nel calcolo dell’esposizione media ma solo come indicazione di valori di punta.

Il numero complessivo dei siti che sono stati controllati, con campionatori passivi, sia nel semestre estivo che in quello invernale dell’anno 2001, è pari a 15.

E’ stato valutato di eseguire 2 campagne della durata di 5 settimane per ciascuna posizione, nei seguenti periodi:

- 18 maggio 2001 – 25 giugno (semestre estivo);
- 15 ottobre 2001 – 19 novembre (semestre invernale).

Le posizioni prescelte sono situate a Marghera, Mestre e Venezia e sono riportate nelle tabelle successive.

Alcune sono posizioni “storiche”, altre sono nuove; questo al fine di poter eseguire un confronto con il passato, rilevando eventuali trend, e di estendere la mappatura anche a nuove zone della città.

Nella seconda parte dell’anno sono stati controllati tre ulteriori siti (via Cecchini, via Da Verrazzano, per sopperire parzialmente alla distruzione della stazione di rilevamento, e via Stuparich).

Al fine di condurre un *controllo di qualità* sulle misure di benzene è stato pianificato di posizionare un radiello presso la stazione fissa di via Circonvallazione, in modo da potere confrontare i risultati con l’analizzatore in continuo BTEX; si è ritenuto opportuno effettuare controlli sulla ripetibilità e accuratezza dei dati prodotti, posizionando, anche in molte altre posizioni, due radielli prossimi l’uno all’altro.

Nel seguito si riportano i risultati ottenuti per i campionamenti eseguiti nei due periodi stagionali.

Tabella 28: Posizionamento dei campionatori passivi nelle due campagne del 2001, estiva ed invernale.

| Area | Sito | Località | Posizione |
|----------|------|--|----------------------------|
| Marghera | A | via Canal | scuola Grimani |
| | B | via della Rinascita | sede Provincia |
| | C | via Trieste, Catene - Marghera | scuola Baseggio |
| | D | Malcontenta | scuola F.lli Bandiera |
| Mestre | E | viale San Marco | scuola Leopardi |
| | F | viale Garibaldi | villa Franchin |
| | G | via Circonvallazione | stazione fissa ARPAV |
| | H | via Penello, laterale Terraglio | scuola Fusinato, Fermi |
| | I | via Napoli, laterale Corso del Popolo | abitazione privata |
| | L | p.le Donatori di Sangue | fronte sede Poste centrali |
| | M | via Fradeletto | abitazione privata |
| | N | via Buoizzi (incrocio via Martiri della Libertà - via S. Donà) | abitazione privata |
| | O | via Cecchini | pressi via Fradeletto |
| | P | via Da Verrazzano | ex stazione fissa ARPAV |
| | Q | via Stuparich | vicinanze chiesa |
| Venezia | R | S. Eufemia, Giudecca | abitazione privata |
| | S | campo S. Stefano | abitazione privata |
| | T | p.le Roma | agenzia 9 Ca.Ri.Ve. |

Tabella 29: Campagna estiva 2001 con campionatori passivi: ordinamento crescente delle concentrazioni medie di 5 settimane successive.

Campagna estiva radiello benzene di 5 settimane: 18 maggio - 25 giugno 2001

| Sito | Località | INIZIO | FINE | Concentrazione media C6H6 (ug/m3) |
|------|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|
| H | Scuola Fusinato | 25-mag-01 | 01-giu-01 | 0 |
| S | Campo S. Stefano | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| R | S. Eufemia | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| T | P.zale Roma Carive | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| E | Scuola Leopardi | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| F | Villa Franchin | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| B | Sede Provincia | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| A | Scuola Grimani | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| C | Scuola Baseggio | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 1 |
| D | Scuola F.lli Bandiera | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 2 |
| I | Corso del Popolo | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 2 |
| G | Via Circonvallazione | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 2 |
| N | Via Buozzi | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 3 |
| L | P.le Donat.di Sanguè | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 3 |
| M | Via Fradeletto | 18-mag-01 | 25-giu-01 | 3 |

Grafico 56: Campagna estiva 2001 con campionatori passivi: ordinamento crescente delle concentrazioni medie di 5 settimane successive.



Tabella 30: Campagna invernale 2001 con campionatori passivi: ordinamento crescente delle concentrazioni medie di 5 settimane successive.

Campagna invernale radiello benzene di 5 settimane: 15 ottobre - 19 novembre 2001

| Sito | Località | INIZIO | FINE | Concentrazione media C6H6 (ug/m3) |
|------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| R | S. Eufemia | 15/10/01 | 20/11/01 | 1 |
| T | P.zale Roma Carive | 15/10/01 | 19/11/01 | 2 |
| S | Campo S. Stefano | 10/10/01-23/10/01 | 30/10/01-13/11/01 | 2 |
| H | Scuola Fusinato | 15/10/01 | 19/11/01 | 2 |
| E | Scuola Leopardi | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| F | Villa Franchin | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| B | Sede Provincia | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| D | Scuola F.lli Bandiera | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| A | Scuola Grimani | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| I | Corso del Popolo | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| Q | Via Stuparich | 15/10/01 | 19/11/01 | 3 |
| C | Scuola Baseggio | 15/10/01 | 19/11/01 | 4 |
| O | Via Cecchini | 15/10/01 | 19/11/01 | 4 |
| L | P.le Donat.di Sanguè | 15/10/01 | 19/11/01 | 5 |
| N | Via Buozzi | 15/10/01 | 19/11/01 | 5 |
| G | Via Circonvallazione | 15/10/01 | 19/11/01 | 5 |
| P | Via Da Verrazzano | 15/10/01 | 19/11/01 | 8 |
| M | Via Fradeletto | 15/10/01 | 19/11/01 | 9 |

Grafico 57: Campagna invernale 2001 con campionatori passivi: ordinamento crescente delle concentrazioni medie di 5 settimane successive.



Dalla campagna estiva con campionatori passivi è emerso che in via Fradeletto, p.le Donatori di Sangue e via Buozzi (laterale di via S Donà, prossima all'incrocio con via Martiri della Libertà) si trovano le concentrazioni maggiori di benzene.

La campagna invernale ha portato alla stessa conclusione. Inoltre ha evidenziato alte concentrazioni anche in via Da Verrazzano (non indagata nella campagna estiva) ed in via Circonvallazione.

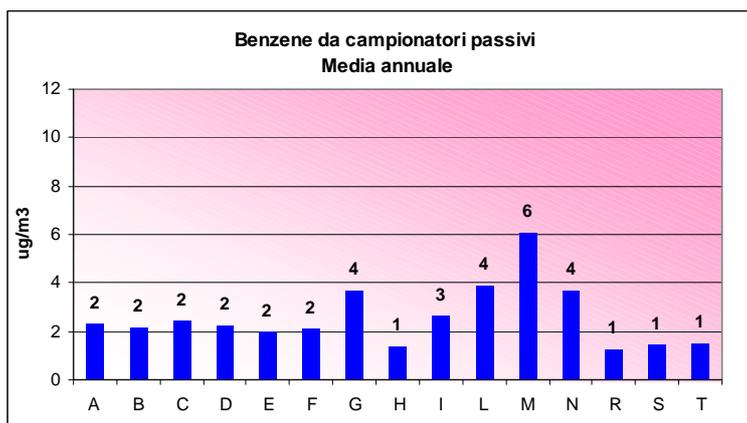
A partire dai valori rilevati, è stata calcolata anche la media annuale.

Tabella 31: Media annuale 2001 di benzene da campionatori passivi.⁵

| Sito | Località | Concentrazione media annuale C ₆ H ₆ (ug/m ³) |
|------|-----------------------|---|
| A | Scuola Grimani | 2 |
| B | Sede Provincia | 2 |
| C | Scuola Baseggio | 2 |
| D | Scuola F.lli Bandiera | 2 |
| E | Scuola Leopardi | 2 |
| F | Villa Franchin | 2 |
| G | Via Circonvallazione | 4 |
| H | Scuola Fusinato | 1 |
| I | Corso del Popolo | 3 |
| L | P.le Donat.di Sangue | 4 |
| M | Via Fradeletto | 6 |
| N | Via Buozzi | 4 |
| O | Via Cecchini | - |
| P | Via da Verrazzano | - |
| Q | Via Stuparich | - |
| R | S. Eufemia | 1 |
| S | Campo S. Stefano | 1 |
| T | P.le Roma Carive | 1 |

⁵ Per i siti O, P e Q la media annuale non è rappresentativa, in quanto sono stati campionati esclusivamente nella campagna invernale.

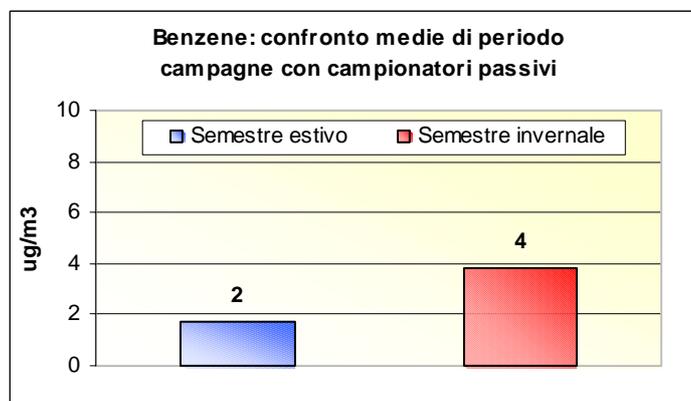
Grafico 58: Media annuale 2001 di benzene da campionatori passivi.



Il Grafico 58 presenta i valori medi annuali di benzene nel 2001 per i siti controllati con campionatori passivi. Dal grafico sono state escluse le misure di concentrazione fatte in via Da Verrazzano, via Stuparich e via Cecchini, in quanto eseguite nella campagna invernale, ma non in quella estiva.

Il sito che nell'anno 2001 ha presentato mediamente concentrazioni maggiori di benzene è via Fradeletto con 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguito da via Circonvallazione, via Buoizzi e P.le Donatori di Sangue con 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Grafico 59: Confronto tra semestre estivo e semestre invernale.



Nel Grafico 59 si riporta il confronto tra la media di periodo, di 5 settimane, calcolata su tutti i siti di campionamento relativamente alla campagna estiva ed invernale.

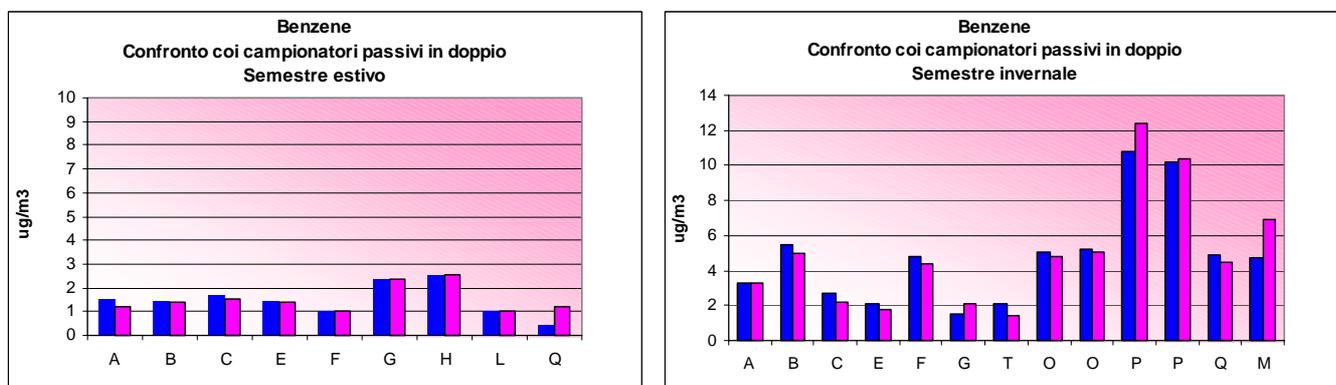
Si osserva come la media del periodo estivo (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sia minore rispetto alla media del periodo invernale (4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), in accordo con quanto osservato anche nell'analisi in continuo del benzene effettuata dalle stazioni della rete fissa (paragrafo 3.2.9.1).

Nella media del periodo invernale sono stati presi in considerazione anche i siti O, P e Q, che non sono stati campionati nel periodo estivo ed hanno fatto registrare concentrazioni abbastanza elevate di benzene; escludendo tali siti la media della campagna invernale è pari a 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A rigore, secondo le linee guida citate, i siti di campionamento “hot spots” non dovrebbero essere utilizzati nel calcolo, per dare un’indicazione dell’esposizione media, ma solo come indicatori dei valori di punta. I valori medi annuali e stagionali effettivamente più rappresentativi di un’esposizione media della popolazione risulterebbero quindi inferiori a quelli presentati nel Grafico 58 e Grafico 59.

Al fine di condurre un controllo della qualità delle misure con i campionatori passivi, in molti siti di campionamento sono stati posti radielli “in doppio”, per una o due settimane. Nel Grafico 60 sono riportate le concentrazioni misurate dai radielli in doppio e si osserva come le concentrazioni siano effettivamente confrontabili. In alcuni siti la prova è stata fatta più volte, in periodi diversi. Lo scarto quadratico medio tra le concentrazioni di benzene misurate dai radielli in doppio è pari a 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella campagna estiva e 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella campagna invernale.

Grafico 60: Concentrazione di benzene per i radielli collocati “in doppio” per almeno una settimana nei diversi siti.

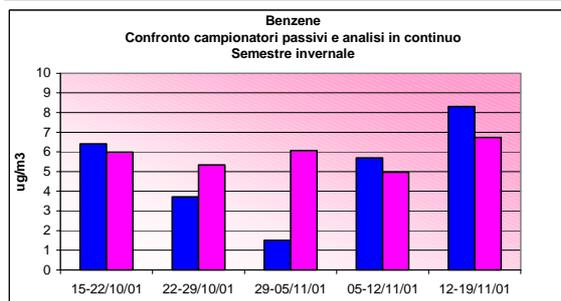
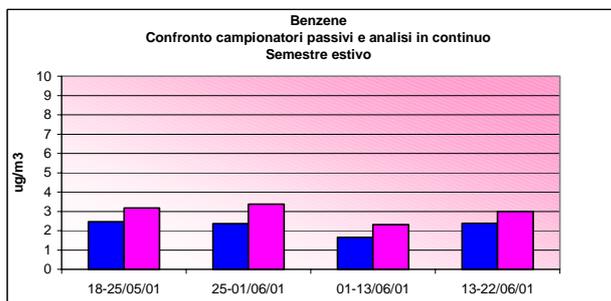


In via Circonvallazione è stato possibile confrontare i dati di concentrazione di benzene ottenuti con campionatori passivi, con la media di periodo dei dati orari misurati dall’analizzatore in continuo BTEX, posto nella stazione fissa della rete.

Grafico 61: Confronto tra concentrazioni di benzene ottenute con campionatori passivi e quelle misurate dalla stazione fissa di via Circonvallazione. Semestre estivo e semestre invernale.

| Benzene - Semestre estivo | | | | |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Via Circonvallazione | | Radiello | Radiello in doppio | BTEX |
| inizio | fine | $\mu\text{g}/\text{mc}$ | $\mu\text{g}/\text{mc}$ | $\mu\text{g}/\text{mc}$ |
| 18/05/01 h 11:15 | 25/05/01 h 13:30 | 2 | | 3 |
| 25/05/01 h 13:30 | 01/06/01 h 12:10 | 2 | 2 | 3 |
| 01/06/01 h 12:10 | 13/06/01 h 12:40 | 2 | | 2 |
| 13/06/01 h 12:40 | 22/06/01 h 09:30 | 2 | | 3 |
| Media di periodo | | 2 | | 3 |
| Scarto quadratico medio | | | 1 | |

| Benzene - Semestre invernale | | | | |
|--------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Via Circonvallazione | | Radiello | Radiello in doppio | BTEX |
| inizio | fine | $\mu\text{g}/\text{mc}$ | $\mu\text{g}/\text{mc}$ | $\mu\text{g}/\text{mc}$ |
| 15/10/01 h 16.25 | 22/10/01 h 13.50 | 6 | | 6 |
| 22/10/01 h 13.50 | 29/10/01 h 14.25 | 4 | | 5 |
| 29/10/01 h 14.25 | 05/11/01 h 13.20 | 2 | 2 | 6 |
| 05/11/01 h 13.20 | 12/11/01 h 9.00 | 6 | | 5 |
| 12/11/01 h 9.00 | 19/11/01 h 11.45 | 8 | | 7 |
| Media di periodo | | 5 | | 6 |
| Scarto quadratico medio | | | 2 | |



Nel periodo estivo, la media di periodo della concentrazione di benzene misurata dalla stazione della rete fissa risulta pari a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, contro il valore di $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato con i campionatori passivi; lo scarto quadratico medio dei valori è pari a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel periodo invernale, la media di periodo della concentrazione di benzene misurata dalla stazione della rete fissa è pari a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, contro il valore di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato con i campionatori passivi; lo scarto quadratico medio dei valori è pari a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.4. Campagne di misura realizzate mediante laboratorio mobile

Nel corso del 2001, in Comune di Venezia, sono state realizzate alcune campagne di monitoraggio mediante laboratori mobili dislocati in diversi punti del territorio comunale non interessati dalla presenza di stazioni fisse di misura. Tali campagne, insieme alla mappatura per il benzene condotta con i campionatori passivi, hanno avuto lo scopo di valutare la qualità dell'aria nell'area non interessata dalla presenza di stazioni fisse della rete.

3.4.1. Campagna realizzata a Torcello nei pressi della Cattedrale S. M. Assunta

Nel 2001 si è conclusa una campagna di approfondimento per l'inquinamento da ozono, presso l'isola di Torcello. Nei bassi strati dell'atmosfera l'ozono è, di norma, presente in basse concentrazioni tranne che sottovento ad estese aree urbane e suburbane dove la presenza di altri inquinanti chimici può indurre la formazione, con conseguente aumento della concentrazione.

Le reazioni chimiche che producono ozono danno luogo anche a diverse altre sostanze ossidanti, come perossiacilnitrato (PAN), acido nitrico e nitroso, oltre alle aldeidi. Si assume che per tale miscela (smog fotochimico) l'ozono si possa individuare come tracciante.

La caratteristica più rilevante dell'ozono nella bassa atmosfera è che si presenta come un inquinante secondario, cioè non ha sorgenti di emissione dirette. Si forma infatti principalmente dalle reazioni fotochimiche che coinvolgono altre sostanze (precursori), ovvero i composti organici volatili (COV) e gli ossidi di azoto (NO_x) emessi dalle diverse sorgenti antropogeniche (specie il traffico autoveicolare).

Proprio a causa della sua natura secondaria le variazioni spaziali di O₃ tendono ad essere più graduali rispetto a quelle di altri inquinanti (ad es.: CO): se la concentrazione di O₃ è elevata in una certa stazione di rilevamento, allora è assai probabile che, in assenza di intense emissioni "fresche" (ovvero temporalmente recenti) di precursori, valori molto simili si verifichino anche in una vasta area intorno a quella stazione (decine di chilometri quadrati). La formazione di O₃ avviene in intervalli di tempo che variano da diverse ore ad alcuni giorni: il movimento delle masse d'aria che si verifica in quest'intervallo di tempo provoca il rimescolamento delle sostanze emesse dalle diverse sorgenti di COV e NO_x presenti sul territorio. Ne consegue che raramente elevate concentrazioni di O₃ possono essere attribuite a singole e ben individuate sorgenti, mentre sono piuttosto prodotte dalla combinazione dei precursori emessi da parte di tutte le sorgenti incontrate dalla massa d'aria nel suo movimento.

Le concentrazioni di ozono sono influenzate da diverse variabili meteorologiche, tra cui la direzione e la velocità del vento, la stabilità atmosferica, l'altezza dello spessore di rimescolamento, e, soprattutto, la temperatura e l'intensità della radiazione solare.

Il rimescolamento dell'atmosfera e i movimenti delle masse d'aria che avvengono mentre l'ozono è in corso di formazione danno luogo ad elevate concentrazioni a grandi distanze dalle sorgenti dei precursori. L'O₃ può venire, inoltre, intrappolato negli strati superiori dell'atmosfera e

trasportato lontano dalle sorgenti, dove non sono presenti sostanze che ne contrastano la formazione.

Tali considerazioni hanno portato a valutare l'opportunità di un approfondimento conoscitivo dei livelli di ozono presenti nel centro storico di Venezia, anche in considerazione del fatto che tale inquinante può sortire effetti negativi oltre che sulla salute umana anche sull'ambiente, determinando un rapido deterioramento dei materiali e riducendo la produttività delle piante.

Al fine di integrare l'informazione su questo importante inquinante ottenuta sulla base dei rilevamenti condotti presso le stazioni fisse della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria, nel corso del 2001 è stato completato l'approfondimento conoscitivo dei livelli di ozono presenti nel centro storico di Venezia, iniziato nel 1999 e proseguito nel 2000.

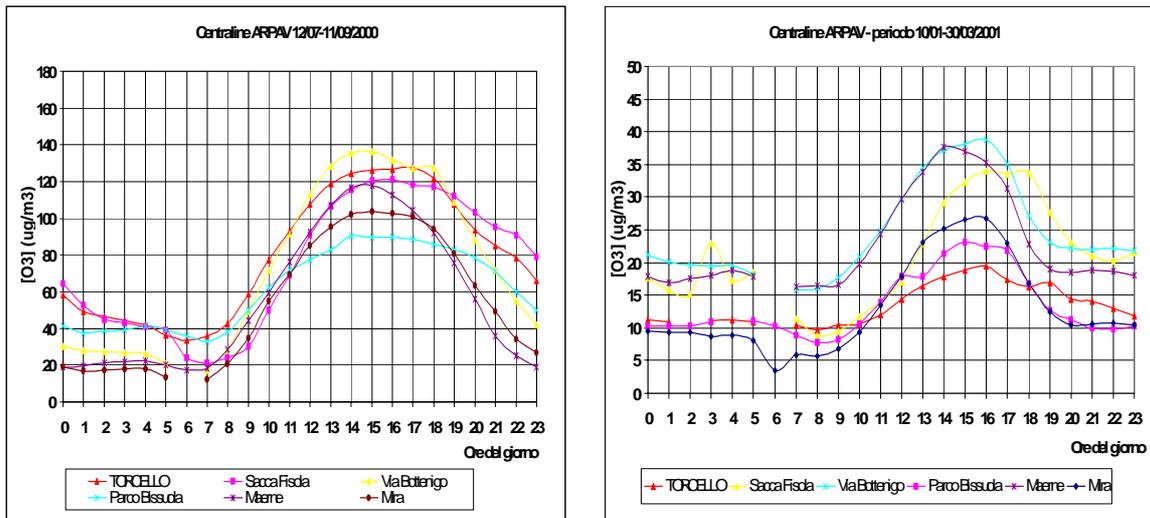
Nel seguito vengono presentati i risultati del monitoraggio compiuto a Torcello dal laboratorio mobile di ARPAV, in un periodo appartenente al semestre caldo (12 luglio - 11 settembre 2000) caratterizzato da valori rilevanti di ozono, e a quello freddo (10 gennaio - 30 marzo 2001); oltre a presentare i risultati relativi all'ozono, vengono riportate anche le concentrazioni di altri inquinanti; tutti i valori misurati a Torcello vengono comparati con le concentrazioni registrate da altre stazioni fisse della rete ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria nei medesimi periodi.

Tutti i dati e le elaborazioni fanno parte anche della Relazione finale del Modulo 2.2.c del Progetto let's Care Method - INTERREG II C-CADSES con il cui Responsabile, professor R. Stevanato del Dipartimento di Chimica Fisica dell'Università Cà Foscari di Venezia, il Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia sta collaborando.

Nel seguito, per gli inquinanti ritenuti maggiormente rappresentativi (oltre all'ozono) tra quelli monitorati a Torcello (SO₂, NO₂, PTS, CO), sono riportati gli andamenti del giorno – tipo suddivisi per periodo di misura (invernale: 10 gennaio - 30 marzo 2001 ed estivo: 12 luglio - 11 settembre 2000).

Per l'analisi comparata tra le varie stazioni sui superamenti del livello di attenzione per l'ozono previsto dal DPR n. 203 del 24 maggio 1988, avvenuti, come di consueto per questo inquinante, solamente nel periodo estivo, si rimanda al paragrafo 3-6.1 del Rapporto Annuale 2000 sulla qualità dell'aria nel Comune di Venezia.

Grafico 62: Giorno – tipo per l’ozono (O₃) nei periodi di monitoraggio estivo ed invernale.



Gli andamenti dell'ozono sono molto più pronunciati, ovviamente, nel periodo estivo in tutte le stazioni, superando abbondantemente, per alcune di esse, nelle ore centrali della giornata, la soglia di protezione della salute di 110 µg/m³, mediata su 8 ore, prevista dalla direttiva 92/72/CE, pubblicata nella G.U. n. 14 del 18/2/93.

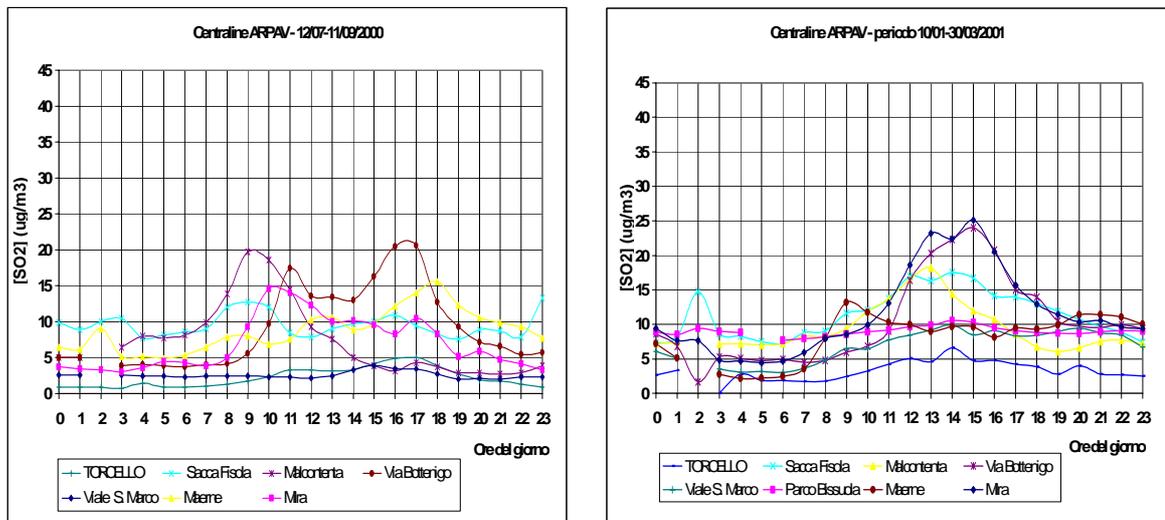
Nel periodo invernale, tutte le stazioni di monitoraggio non superano mai il valore di 40 µg/m³, che corrisponde a circa un terzo dei valori registrati nel periodo estivo, che possono superare abbondantemente i 130 µg/m³ nelle prime ore del pomeriggio.

In questa situazione, Torcello si pone fra le stazioni che registrano le concentrazioni più elevate, confermando come l'ozono, inquinante secondario, assuma valori significativi di concentrazione soprattutto nelle zone adiacenti ai luoghi di emissione degli inquinanti primari.

Gli andamenti molto simili del giorno - tipo nel periodo estivo delle varie stazioni confermano la correlazione esistente tra esse e l'estensione spaziale del fenomeno (come indagato nel dettaglio nell'ambito della Rapporto annuale sulla qualità dell'aria del 1999 paragrafo 3-2.3.3 Approfondimento della tematica inquinamento da ozono e nel paragrafo 3.2.12.1 del presente Rapporto).

Le concentrazioni di ozono maggiori vengono misurate ovviamente nella parte della giornata caratterizzata dal maggiore irraggiamento solare. La variabilità tra le varie stazioni risulta molto limitata, attorno ai 30-40 µg/m³.

Grafico 63: Giorno – tipo per l’anidride solforosa (SO₂) nei periodi di monitoraggio estivo ed invernale.

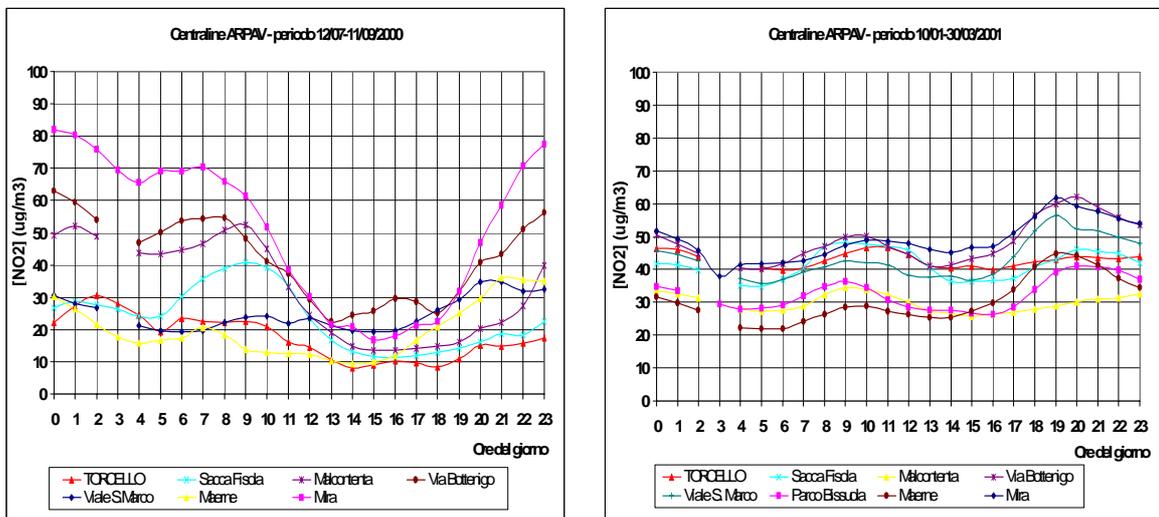


Le stazioni di rilevamento ARPAV registrano valori generalmente inferiori a 25 µg/m³ e l’andamento del giorno – tipo presenta valori minori nelle ore notturne rispetto a quelle diurne. Si osserva una differenza modesta tra periodo estivo e periodo invernale, con concentrazioni maggiori per Bottenigo, Mira e Malcontenta.

Nel periodo invernale si osservano valori più elevati di concentrazione nelle ore centrali della giornata (12.00-15.00), mentre nel periodo estivo le punte di concentrazione si osservano al mattino (09.00-11.00) e nel pomeriggio (16.00-18.00).

L’andamento giornaliero delle medie orarie a Torcello nei due periodi di monitoraggio si pone ai livelli più bassi di concentrazione rispetto a tutte le altre stazioni, con valori che solo raramente superano i 5 µg/m³, dimostrando con ciò che questo inquinante non costituisce un particolare problema per l’isola lagunare.

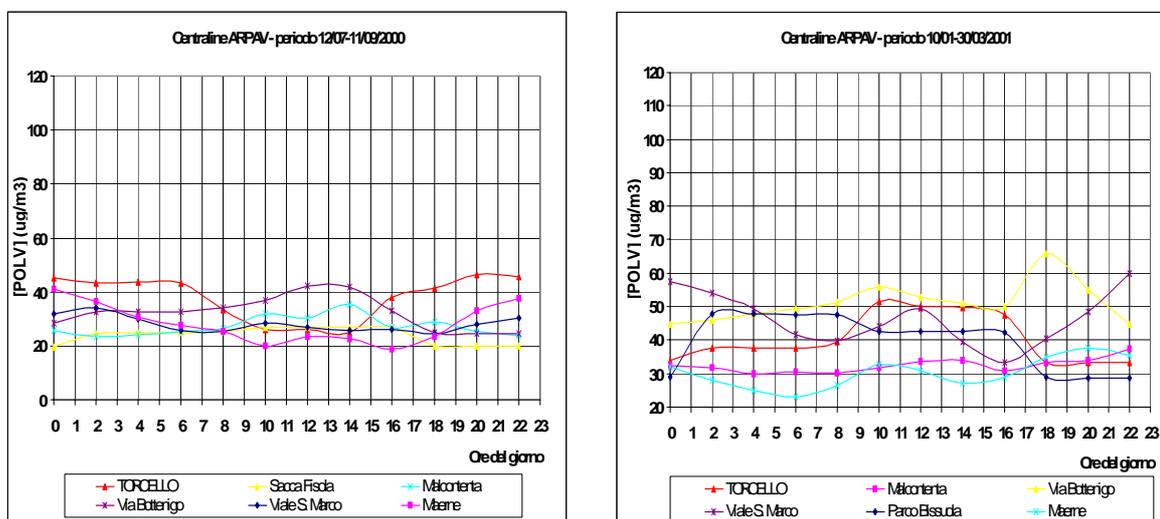
Grafico 64: Giorno – tipo per il biossido di azoto (NO₂) nei periodi di monitoraggio estivo ed invernale.



Gli andamenti del giorno – tipo per il biossido di azoto (NO₂) delle stazioni ARPAV nel periodo invernale presentano valori molto simili, con la nota variabilità nel corso della giornata (massimo relativo al mattino tra le ore 8.00 e le 11.00 e massimo assoluto di sera tra le 18.00 e le 21.00). In inverno i valori massimi superano appena i 60 µg/m³ a Mira e Bottenigo, mentre la differenza di concentrazione con le stazioni che hanno registrato i valori più bassi (Malcontenta e Maerne) è di circa 20-25 µg/m³. Torcello si pone in un intervallo compreso fra i 40 ed i 50 µg/m³ che rappresenta una situazione intermedia rispetto a quella registrata dalle altre stazioni ma di attenzione, in considerazione dell'importanza storico - artistica del sito.

Decisamente maggiore è la variabilità per il periodo estivo con differenze anche di quattro volte fra le concentrazioni registrate a Mira e Maerne. Nel periodo estivo Torcello si pone verso i limiti inferiori, non superando i 30 µg/m³.

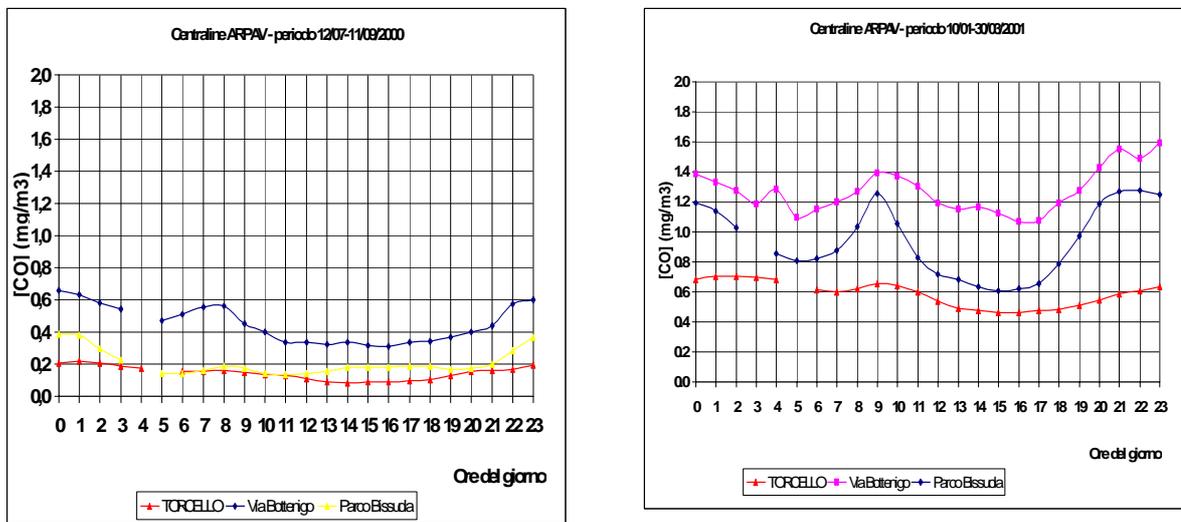
Grafico 65: Giorno – tipo per le polveri totali sospese (PTS) nei periodi di monitoraggio estivo ed invernale.



I valori del giorno – tipo per le polveri totali sospese (PTS) sono compresi tra i 20 e i 50 µg/m³ per il periodo estivo ed anche per il periodo invernale, ad eccezione della stazione di via Bottenigo e, in parte, di quella di viale S. Marco.

Torcello in questa situazione si pone nella fascia alta delle concentrazioni (per lo più vicino ai 50 µg/m³). Non si può escludere che questi valori relativamente elevati possano essere dovuti alla polvere sollevata dal suolo ad opera del vento dato che, a differenza degli altri siti, Torcello presenta estese aree non lastricate destinate a prato e orto.

Grafico 66: Giorno – tipo per il monossido di carbonio (CO) nei periodi di monitoraggio estivo ed invernale.



I valori del giorno - tipo registrati per il monossido di carbonio (CO) nel periodo invernale sono almeno il doppio di quelli del periodo estivo in tutte le stazioni di rilevamento, compreso Torcello.

A conclusione delle elaborazioni sopra presentate è possibile esprimere alcune considerazioni.

I valori rilevati a Torcello, per tutti gli inquinanti, dal laboratorio mobile ARPAV, non destano preoccupazione se confrontati con gli standard di riferimento vigenti per il breve periodo, ad eccezione dell'ozono in periodo estivo.

Ciò non di meno, le concentrazioni rilevate a Torcello per alcuni inquinanti tra quelli sopra presentati devono essere considerate con una certa attenzione per quanto attiene alla conservazione dei beni culturali dell'isola, come viene ribadito nelle conclusioni della Relazione finale del Modulo 2.2.c del Progetto let's Care Method - INTERREG II C-CADSES precedentemente citato, di cui si riporta, nel seguito, uno stralcio (su gentile concessione del Prof. R. Stevanato del Dipartimento di Chimica Fisica dell'Università Cà Foscari di Venezia).

omissis

- Anche se situata sopravvento rispetto alle principali fonti inquinanti, Torcello, come tutta l'area veneziana, è interessata da sensibili livelli di inquinamento che col tempo potrebbero rivelare i loro effetti degradativi sui materiali dell'arte in quanto irreversibile e cumulativa è la loro azione.
- Risulta preoccupante il tasso di ozono, un inquinante secondario a forte azione ossidante che, oltre ad agire sulle cellule degli organismi animali e vegetali, può provocare l'ossidazione dei materiali organici (dipinti, paramenti, pergamene, beni archivistici, statue lignee, etc.) e manufatti metallici. Il grafico della distribuzione dei superamenti del limite di attenzione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ evidenzia un numero elevato di episodi concentrati soprattutto nelle prime due delle nove settimane estive di osservazione.

- *Gli ossidi di azoto, inquinanti acidi ad azione aggressiva, risultano presenti in sensibili concentrazioni ed hanno oramai sostituito l'anidride solforosa, presente in quantità molto inferiori, nella scala di pericolosità dei deteriogeni acidi.*
- *Il livello di polveri è sostenuto e probabilmente causato dall'azione del vento sul suolo piuttosto che da ricadute di emissioni antropiche. La deposizione delle polveri sulle superfici, favorita dai fenomeni di condensa, provoca effetti di natura estetica e contribuisce all'aggressione chimica degli inquinanti gassosi. Inoltre incrementa l'azione abrasiva del calpestio dei visitatori sul pavimento musivo.*
- *Il monossido di carbonio, per la sua natura chimica e per le basse concentrazioni riscontrate, non sembra costituire un rischio conservativo per i beni di Torcello.*

omissis

3.4.2. Campagna realizzata a Marghera presso la Banchina dell'Azoto - Area ex Agrimont

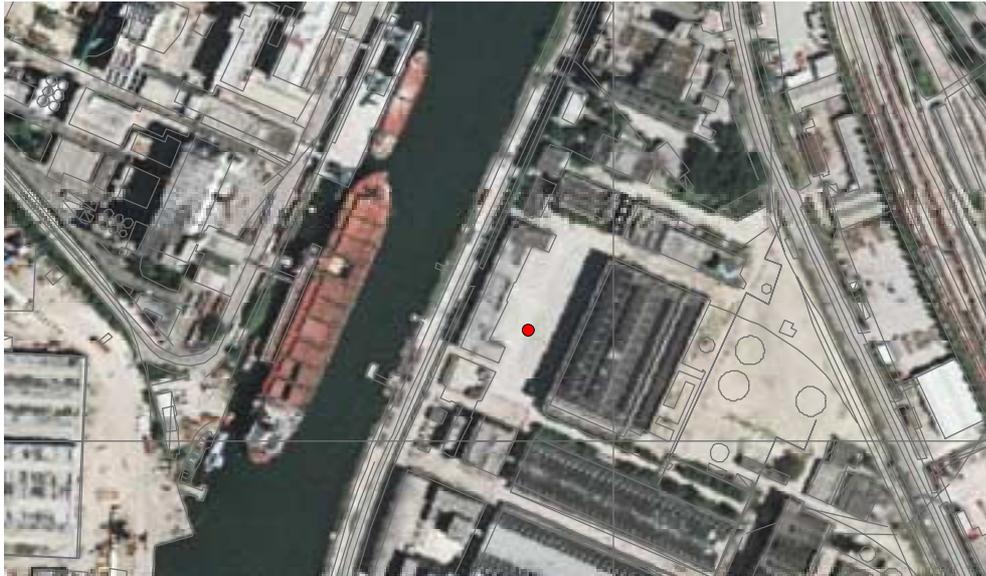
E' stata effettuata dal 2 al 23 maggio 2001 una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Marghera – Banchina dell'Azoto presso l'area ex Agrimont ove è stato pianificato il trasferimento della Direzione della Circostrizione Doganale di Venezia, degli Uffici Doganali di Marghera Porto Commerciale e di Intrastat-Svad. A tale scopo è stato posizionato un laboratorio mobile nell'area esterna e precisamente nel piazzale retrostante l'ingresso principale dell'edificio presente di proprietà della ditta Immobiliare Veneziana S.r.l.. Per la corretta individuazione del sito si veda l'allegata foto aerea della zona.

Il mezzo è abilitato alla misura in continuo dei parametri meteorologici quali: temperatura, umidità relativa, pressione, direzione e velocità vento, e dei parametri chimici cosiddetti "convenzionali" quali: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x – NO₂), ozono (O₃), idrocarburi non metanici (NMHC), polveri sospese totali (PTS).

Relativamente ai parametri chimici convenzionali, i valori riscontrati con la strumentazione in automatico ed in continuo si sono mantenuti al di sotto dei limiti di riferimento normativo, di cui al D.P.C.M. 28/03/1983, D.P.R. 24/05/1988 e D.M. 25/11/1994.

Vale comunque la pena di evidenziare che il parametro anidride solforosa (SO₂), nonostante si sia mantenuto ampiamente al di sotto dei limiti di riferimento previsti (valori guida di cui al D.P.R. 24/05/1998, livelli di attenzione e di allarme di cui al D.M. 25/11/1994), ha registrato concentrazioni medie orarie non indifferenti con punte massime attorno ai 350 µg/m³ nelle giornate del 12/05/2001 e 13/05/2001.

Per quanto riguarda il parametro ozono (O₃), i valori riscontrati si sono mantenuti ampiamente al di sotto dei livelli di cui al D.M. 16 maggio 1996 per quanto riguarda il valore di soglia per la protezione della salute (pari a 110 µg/m³ come valore medio sulle 8 ore) ed il valore soglia orario per la protezione della vegetazione (pari a 200 µg/m³ come valore medio su 1 ora). L'unica eccezione si è verificata il giorno 19/05/2001 durante il quale si è rilevato un valore medio giornaliero pari a 68 µg/m³ superiore al livello per la protezione della vegetazione (pari a 65 µg/m³ come valore medio sulle 24 ore).



Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria
Agenzia delle Dogane - Marghera - Banchina dell'Azoto (Area ex Agrimont)



3.4.3. Campagna realizzata a Marghera in via dell'Elettronica 21 presso il Centro Intermodale Adriatico

E' stata effettuata dal 7 al 28 maggio 2001 una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona di Marghera – via dell'Elettricità, 21 – presso la Sezione Interporto (C.I.A.) della Dogana di Venezia. A tale scopo è stato posizionato un laboratorio mobile nell'area esterna e precisamente presso l'angolo ovest dell'ingresso del recinto doganale, nel tratto di piazzale asfaltato, inutilizzato, tra le rotaie ed il recinto stesso. Per la corretta individuazione del sito si veda l'allegata foto aerea della zona.

Il mezzo è abilitato alla misura in continuo dei parametri meteorologici quali: temperatura, umidità relativa, pressione, direzione e velocità vento, dei parametri chimici convenzionali quali: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO₂), ossidi di azoto (NO_x – NO₂), ozono (O₃), idrocarburi non metanici (NMHC), polveri sospese totali (PTS) e dei parametri non convenzionali quali: benzene, toluene, etilbenzene, o-xilene, m-xilene, p-xilene.

Sono stati anche effettuati campionamenti di polveri finalizzati alla successiva determinazione, per via analitica in laboratorio, delle particelle sospese respirabili (PM₁₀, con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) e degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA, con riferimento al benzo(a)pirene), utilizzando una linea sequenziale posta all'interno del mezzo mobile, con prelievi di 24 ore utilizzando filtri in fibra vetrosa.

Sono stati inoltre posizionati alcuni campionatori passivi (Radiello®), per la determinazione del benzene, toluene, xileni (o+m+p), in alcuni siti ritenuti significativi nonchè di confronto e precisamente:

- Radiello® n° 1 e n° 2: lato ovest accesso recinto dogane su parete mezzo mobile;
- Radiello® n° 3: lato est accesso recinto dogane.

Relativamente ai parametri chimici convenzionali, i valori riscontrati con la strumentazione in automatico ed in continuo, si sono mantenuti ampiamente al di sotto dei limiti di riferimento normativo, fatta eccezione per le polveri totali sospese (PTS) che hanno raggiunto il livello d'attenzione di cui al D.M. 25/11/1994 nella giornata del 09/05/2001 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre lo hanno superato il giorno 18/05/2001 ($193 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per quanto riguarda il parametro ozono (O_3), i valori riscontrati si sono mantenuti sempre al di sotto dei rispettivi livelli fissati dal D.M. 16 maggio 1996, ed in particolare al di sotto dei $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quale valore soglia per la protezione della salute (come valore medio sulle 8 ore), ed al di sotto dei $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quali valori soglia per la protezione della vegetazione (rispettivamente come valori medi sulle 24 ore e su 1 ora).

Relativamente ai parametri chimici non convenzionali, emerge che i valori si sono mantenuti nettamente al di sotto dei relativi obiettivi di qualità di cui al D.M. 25/11/1994, sia per quanto riguarda il benzene (determinato con la strumentazione in automatico/continuo e mediante campionatori passivi), sia per quanto riguarda le particelle sospese respirabili (PM_{10}) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), quest'ultimi espressi come benzo(a)pirene (determinati con campionatore sequenziale con testa di prelievo PM_{10} e successiva analisi in laboratorio). E' da evidenziare comunque che il confronto dei dati acquisiti con le soglie previste dalla normativa è puramente indicativo, in quanto il rispetto o meno degli obiettivi di qualità dovrebbe essere valutato sulla base di una serie annua di dati storici.



Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria
Agenzia delle Dogane - Marghera – Via dell'Elettricità n° 15 (Area C.I.A.)



3.4.4. Campagna realizzata a Mestre in via Castellana, 164 presso le scuole d'infanzia Gori e Melograno

Dal 6 ottobre al 1 novembre 2001 è stata effettuata una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria in via Castellana, 164 a Mestre. I risultati del monitoraggio eseguito per inquinanti quali CO, NO₂, SO₂, PTS, O₃, PM₁₀, benzene, benzo(a)pirene saranno inviati all'Amministrazione Comunale di Venezia non appena concluse tutte le elaborazioni da parte dell'Ufficio Reti di Monitoraggio del Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia. Relativamente agli inquinanti convenzionali è già possibile anticipare, comunque, che tutti rientrano entro gli standard di riferimento imposti dalla normativa per il breve periodo.

3.5. Domeniche ecologiche e giornata europea 22 settembre 2001 "In città senza la mia auto"

Nel corso del 2001 il Comune di Venezia ha aderito a tutte le iniziative sperimentali di riduzione del traffico, promosse per le maggiori città italiane dal Ministero dell'Ambiente; oltre alla giornata europea del 22 settembre 2001 (realizzata nella medesima data rispetto al 1999 e al 2000) si sono svolte varie domeniche ecologiche (in data 11/2, 11/3, 8/4, 6/5, 10/6, 4/11, 2/12). In corrispondenza a tali iniziative il Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia ha provveduto a trasmettere all'Amministrazione Comunale, entro la giornata successiva, le elaborazioni sui dati di qualità dell'aria registrati dalla propria rete di monitoraggio.

Come per il 1999 e il 2000 l'obiettivo principale delle manifestazioni è stato quello di sensibilizzare i cittadini sui problemi connessi all'inquinamento atmosferico, prodotto in ambito urbano dal traffico veicolare, stimolando le amministrazioni comunali ad elaborare soluzioni alternative alla mobilità privata, a vantaggio del trasporto pubblico. L'esperienza di analisi dei dati sulla qualità dell'aria dimostra che la chiusura del traffico, limitatamente a brevi periodi e per aree della città poco estese, non può certamente determinare una significativa riduzione nei livelli di inquinamento atmosferico.

Va messo in evidenza, comunque, come talvolta alcuni inquinanti primari come il benzene e il monossido di carbonio abbiano registrato una riduzione, in corrispondenza al periodo di chiusura del traffico.

3.6. Considerazioni conclusive sullo stato e problematiche emergenti

L'analisi dei dati raccolti nel 2001 dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia ed il raffronto con i dati degli ultimi anni, porta ad alcune valutazioni di tendenza. Nel seguito, queste vengono illustrate con particolare riferimento sia agli inquinanti cosiddetti convenzionali che ai non convenzionali, il cui controllo è entrato oramai a regime, per il territorio veneziano, da alcuni anni.

Relativamente al **biossido di zolfo (SO₂)**, si può confermare come la sua concentrazione nell'aria urbana sia in tendenziale diminuzione, risultando sempre significativamente inferiore ai valori guida. Nel 2001 il miglioramento è stato più evidente a Maerne (stazione di tipo D), mentre la stazione che ha fatto registrare i valori più elevati è quella di Sacca Fisola (stazione di tipo B).

Per il **biossido di azoto (NO₂)** si conferma la sua presenza diffusa nel territorio, nel rispetto dei valori guida e limite, con un sostanziale miglioramento, in particolare, per la stazione di Parco Bissuola (di tipo A), che nel 2000 aveva fatto registrare il superamento del valore guida.

L'**ossido di carbonio (CO)** presenta valori in tendenziale diminuzione, sempre inferiori ai valori limite e di attenzione in tutte le stazioni, risultando ovviamente più elevato in quelle di tipo C (via Da Verrazzano e via Circonvallazione) immediatamente esposte al traffico veicolare.

Dopo le concentrazioni particolarmente elevate del 1998, l'**ozono (O₃)** ha fatto registrare negli anni successivi valori inferiori; rispetto all'anno precedente, nel 2001 si riscontra un miglioramento al Parco Bissuola (di tipo A) ed un peggioramento a Maerne (di tipo D). La dipendenza di questo inquinante da alcune variabili meteorologiche, temperatura e radiazione solare in particolare, ne giustifica la variabilità da un anno all'altro, pur in un quadro di vasto inquinamento diffuso.

Le **polveri totali sospese (PTS)** mostrano un andamento complessivamente decrescente in alcune stazioni e altalenante in altre. In qualche caso si evidenzia un netto miglioramento rispetto all'anno precedente, come per la stazione di via F.lli Bandiera (di tipo C) che scende sotto il valore guida inferiore, laddove superava anche quello superiore, nel 2000; le polveri totali complessivamente presentano comunque valori molto prossimi al livello inferiore del valore guida, con lievi superamenti dello stesso e, talvolta, anche del livello guida superiore (via Circonvallazione).

Significativa la situazione per quanto concerne la **frazione inalabile delle polveri PM₁₀**. La media di area dell'anno 2001 è di 41 µg/m³ (superiore all'obiettivo di qualità pari a 40 µg/m³), nettamente inferiore a quella calcolata nel 2000, pari a 56 µg/m³; la media mobile è diminuita nel corso dell'anno 2001, assumendo valori progressivamente minori negli aggiornamenti di marzo e giugno 2001. I valori indicano comunque un inquinamento "di area" per le polveri inalabili (PM₁₀), che presentano una diffusione pressoché omogenea nel centro urbano.

Il **benzo(a)pirene**, sostanza guida di maggior tossicità degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), determinata analiticamente sulla frazione inalabile delle polveri, presenta una media di area dell'anno 2001 di 1,5 ng/m³ (superiore all'obiettivo di qualità pari a 1 ng/m³), leggermente inferiore a quella calcolata nel 2000, pari a 1,8 ng/m³; la media mobile è diminuita all'inizio dell'anno 2001,

assumendo valori minori nell'aggiornamento di marzo e giugno 2001, ma è successivamente aumentata.

Il **benzene** (C_6H_6), pur confermandosi più elevato nelle stazioni immediatamente prospicienti le vie ad elevato traffico (via Circonvallazione), presenta valori di media mobile annuale sempre inferiori all'obiettivo di qualità (pari a $10 \mu g/m^3$). La media di area dell'anno 2001 per il benzene è di $4 \mu g/m^3$, inferiore a quella calcolata nel 2000, pari a $6 \mu g/m^3$; la media mobile è diminuita nel corso dell'anno 2001, assumendo valori minori negli aggiornamenti di marzo e giugno 2001.

Come programmato lo scorso anno, nel 2001 il Dipartimento ARPAV Provinciale ha proceduto alla razionalizzazione della rete di monitoraggio, attivando completamente la stazione fissa di tipo B in via Antonio Da Mestre (in sostituzione del mezzo mobile non più utilizzabile in Piazzetta Matter) e avviando sperimentalmente, in alcune stazioni, la determinazione sulla polvere inalabile di alcuni dei metalli più significativi per l'esposizione della popolazione, in accordo con la recente Direttiva Europea. Per il piombo la concentrazione è risultata ben al di sotto del valore limite ($0.5 \mu g/m^3$) e per gli elementi Cd, Hg e Ni i valori ottenuti sono al di sotto dei criteri di qualità indicati dall'OMS.

Dall'insieme dei dati sulla qualità dell'aria urbana in Comune di Venezia presentati nella relazione e qui sopra brevemente sintetizzati, emerge un quadro piuttosto critico specialmente per ciò che riguarda le polveri inalabili e gli IPA, anche se i valori medi annuali sono confrontabili con quelli riscontrati in altre grandi città venete.

Non possono quindi che essere confermate tutte le strategie e le iniziative per il contenimento dell'inquinamento atmosferico, già suggerite nella relazione dello scorso anno.

Assai rilevante, ai fini del miglioramento della qualità dell'aria urbana, sarebbe la velocizzazione della realizzazione della metropolitana regionale, per modificare sensibilmente i criteri di spostamento del pendolarismo verso la terraferma Veneziana (dai comuni dell'area tra Padova, Treviso e Veneto Orientale) e l'adozione delle soluzioni più rapide ed efficaci per eliminare il traffico autostradale, specie quello pesante, dal percorso della tangenziale.

Sulla base della valutazione della pressione emissiva del traffico urbano rispetto a quello extraurbano (tangenziale, S.S. Romea, etc.) si è evidenziato come il contributo in CO, benzene e COV degli archi stradali urbani sia prevalente su quello degli archi extraurbani e che, per contro, nella produzione di PTS, PM_{10} e NO_x , il comparto extraurbano sia leggermente prevalente su quello urbano.

Proseguendo lungo il percorso intrapreso, si prevede di potenziare la stima delle emissioni da traffico, a partire da informazioni "calibrate", derivanti dal modello di traffico EMME/2 utilizzato dall'Amministrazione Comunale; l'analisi delle emissioni dovrebbe essere condotta non più solo sull'ora di punta ma sull'intero arco giornaliero, in quanto tale scenario temporale è più idoneo per valutazioni sull'impatto ambientale e sanitario.

In funzione della recente adozione del Piano Generale del Traffico Urbano (P.G.T.U.) per le aree di Mestre e Marghera e delle evoluzioni dei flussi di traffico nelle diverse vie cittadine da questo indotte, è possibile prevedere una stima delle emissioni negli archi stradali soggetti a particolari trasformazioni e quindi valutare l'efficacia degli interventi progettati.

Un ulteriore elemento da approfondire è la caratterizzazione dei flussi di traffico acqueo, originati dalle diverse tipologie di veicoli a motore circolanti nella Laguna di Venezia, e la conseguente stima delle emissioni da questi prodotte.

CARATTERIZZAZIONE DELLA RISPOSTA. DALL'INQUINAMENTO AL DISINQUINAMENTO

Gianni Moriani¹

1. Premessa

Le città europee hanno iniziato a conoscere il fenomeno dell'inquinamento atmosferico da quando, con la rivoluzione industriale, il carbone ha fatto irruzione nei processi produttivi e poi nel riscaldamento delle abitazioni.

Dalla prima metà del XX secolo, idrocarburi estratti dal petrolio hanno progressivamente sostituito il carbone nell'industria, nel riscaldamento domestico e hanno sostenuto l'espansione del traffico automobilistico individuale e per il trasporto di merci su gomma.

La città, nasce come punto dove convergono differenti percorsi. Dallo stretto rapporto tra infrastruttura lineare, dove ci si sposta, e luogo puntuale, dove ci si insedia o si sosta, ha preso origine e si è sviluppata una struttura edificata connessa al territorio circostante per il tramite di una rete viaria.

Tra Ottocento e Novecento, le città si sono dilatate nella circostante campagna e, in alcuni casi, si sono espanse fino a diventare metropoli. Contemporaneamente, il viaggio di trasferimento per recarsi in fabbrica, in ufficio e, recentemente, anche per fare acquisti nei supermercati, assume un fenomeno emblematico del moderno modo di vivere urbano.

La mobilità, linfa vitale della città, si trasforma così nel secondo dopoguerra, con la pervasiva diffusione dei veicoli a motore, in minaccia della qualità insediativa e, in numerosi casi, in mortale crisi urbana.

La crescita incontrollata dell'auto, simbolo di libertà di movimento, sta facendo collassare il sistema della mobilità (posto alla base della quotidiana frequentazione tra gli uomini) proprio nei luoghi dove essa è più intensa: le città, in cui hanno preso origine le più avanzate forme di vita collettiva. Infatti, le aree urbane sono oggi contrassegnate da un traffico infestante, inquinante e pericoloso. Il centro urbano, un tempo vissuto e animato, ha perso molti dei suoi abitanti e con essi la peculiarità di essere luogo di incontro e di socializzazione. Strade e piazze, nate come spazi di esperienza sociale, sono state trasformate dal traffico autoveicolare in una inestricabile rete ordita dalle perverse interrelazioni tra denaro, tempo e spazio nella quale il cittadino finisce quotidianamente per impigliarsi.

¹ Consulente dell'Amministrazione comunale di Venezia

Congestione del traffico, inquinamento, prezzi elevati di terreni e case hanno sospinto fuori delle città prima molte attività economiche, poi gli abitanti e infine anche parte delle attività di servizio: siamo di fronte a un'esplosione che ha proiettato in ogni direzione le schegge di quella che è stata la città moderna. I vantaggi urbani che avevano favorito la concentrazione delle residenze e delle attività economiche si sono spesso trasformati in svantaggi localizzativi.

In particolare, l'Italia si segnala per le trasformazioni insediative che, non governate con la necessaria adeguatezza, hanno dato luogo a modelli di organizzazione spaziale frantumati e discordanti. Condizione che contrasta con quanto altri Paesi europei hanno realizzato, riuscendo ad attuare intenti progettuali ben definiti. Tuttavia, sul piano della mobilità veicolare, cresciuta ovunque a dismisura, le forme urbane concepite su modelli razionalisti, e puntualmente realizzati nei Paesi dotati di maggiore capacità di intervento, appaiono oggi spesso anche esse di problematica gestione. Quello che fa la differenza nelle due situazioni è, da un lato, la presenza di un efficiente sistema di trasporti pubblici, dall'altro, come nel caso italiano, l'affermazione di modelli insediativi diffusi, a bassa densità, che rendono assai complicato il governo dei flussi di traffico. Infatti, nelle aree metropolitane italiane (contrassegnate da una pluralità di insediamenti sparsi su un vasto territorio in cui i tradizionali luoghi centrali sono assenti o comunque hanno perso la loro funzione gerarchica) la suburbanizzazione continua a mantenere relazioni con la città. Tutto ciò ha avuto come conseguenza un aumento della mobilità, poiché meno la città è compatta e più aumenta il ricorso all'automobile. A conferma di quanto poco sopra segnalato, va notato che mentre l'Italia, con 0,577 autoveicoli per abitante, ha la più alta concentrazione del mondo contro lo 0,506 degli USA, 0,505 della Germania, 0,478 della Francia, 0,398 della Gran Bretagna, 0,390 della Spagna e 0,375 del Giappone (0,454 della media UE), contemporaneamente il Bel Paese con i suoi circa 130 km è all'ultimo posto tra i grandi Paesi europei per i chilometri di metropolitana essendo sopravanzato da Spagna con 241 km, Francia con 330, Gran Bretagna con 531 e Germania con 717.

Quanto agli effetti della suburbanizzazione valga l'esempio di Milano, dove il 46% dei suoi residenti usa il mezzo pubblico e il 43% l'auto, mentre nell'hinterland il 70% usa l'auto e solo il 16% si serve del mezzo pubblico.

Nel contesto dell'UE la mobilità è passata in media dai 17 km al giorno per persona del 1970 ai 35 km del 1998. Tanto che nel "Libro Bianco" sui trasporti dell'UE si afferma che i fenomeni di congestione concentrati inizialmente nelle zone urbane si sono ormai estesi e cronicizzati nell'intera rete transeuropea dei trasporti: "il traffico è quotidianamente soggetto a ingorghi su oltre 7.500 km di strada, pari al 10% della rete complessiva, mentre 16.000 km di strada ferrata, pari al 25% della rete, possono essere considerati vere e proprie strozzature". La crescita del traffico prevista entro il

2010 comporterà presumibilmente, in assenza di interventi correttivi, un significativo aumento della congestione stradale e un parallelo aumento del 142% dei costi legati a tale congestione.

In particolare, il favore accordato da oltre 50 anni al trasporto merci su gomma ha reso del tutto marginale il trasporto merci su ferrovia (8%), che vanta in Europa una velocità media di 18 km/h (in Italia il trasporto merci è così suddiviso: 77% su strada, 14,9 su mare, 8,1 su ferrovia). Eppure tale declino non può essere considerato inevitabile, dal momento che in Austria e negli USA rispettivamente il 44% e il 40% delle merci vengono trasportate su ferro.

A fronte della già critica situazione dei trasporti, si stima entro il 2010 un aumento delle esigenze di mobilità attorno al 38% per le merci (rispetto al 1998 il traffico degli autoveicoli pesanti aumenterà del 50%) e al 24% per i viaggiatori. Ne consegue che, senza interventi correttivi, il sistema dei trasporti contribuirà con il suo inquinamento ad aggravare ulteriormente i problemi ambientali e a danneggiare ancor di più la salute dei cittadini.

Relativamente ai mutamenti climatici, dal settore dei trasporti derivava nel 1998 il 28% delle emissioni di anidride carbonica, il principale gas ad effetto serra. In mancanza di interventi diretti a invertire la crescita tendenziale del traffico, le emissioni di anidride carbonica potrebbero aumentare di circa il 50% tra il 1990 e il 2010, per toccare gli 1,113 miliardi di tonnellate, contro i 739 milioni del 1990.

2. Stato dell'aria nel Comune di Venezia

Dai dati acquisiti nel 2001 per mezzo della rete di rilevamento dell'inquinamento atmosferico gestita dall'ARPAV emerge la seguente situazione della qualità dell'aria.

2.1. *Inquinanti convenzionali*

Le **polveri totali sospese** presentano diffusi superamenti del livello inferiore del valore guida (40 µg/mc, calcolato come media annuale delle medie sulle 24 ore giornaliere). Ci sono stati anche superamenti del livello superiore del livello guida (60 µg/mc) presso la stazione di via Circonvallazione.

L'**ozono**, ad eccezione della stazione di Maerne, ha presentato generalmente un numero di superamenti del livelli di attenzione (media oraria di 180 µg/mc) minore o uguale a quello rilevato nel 2000.

L'**anidride solforosa** non ha superato, sull'intera rete di monitoraggio, i valori guida e il valore limite. Una situazione particolare è stata segnalata dalla stazione di rilevamento di Sacca Fisola, che ha messo in evidenza concentrazioni sotto i limiti di legge, ma doppie della media di quelle registrate nel resto del territorio comunale. Sono già state attivate delle indagini per individuare l'origine del fenomeno, onde eliminarne le cause.

Il **biossido di azoto** e l'**ossido di carbonio** nel corso del 2001 non hanno superato i limiti di legge.

2.2. *Inquinanti non convenzionali*

Nel corso del 2001, le stazioni di via Circonvallazione e di Bissuola hanno segnalato, rispetto al 2000, una tendenziale diminuzione delle concentrazioni di **PM₁₀**, che tuttavia hanno continuato a restare leggermente sopra l'obiettivo di qualità di 40 µg/mc (media mobile annuale). Va sottolineato che l'instaurarsi di situazioni meteorologiche di alta pressione possono provocare significativi aumenti della concentrazione nell'aria di PM₁₀, come si è verificato nei mesi di dicembre 2001 e di gennaio 2002 nella terraferma veneziana, quando le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ hanno raggiunto anche i 244 µg/mc.

Quanto al **benzo(a)pirene**, questo cancerogeno anche nel 2001 si è mantenuto sempre al di sopra dell'obiettivo di qualità di 1 ng/mc, senza mostrare alcuna tendenza alla diminuzione rispetto alle concentrazioni rilevate nel 2000.

Le concentrazioni di **benzene** rilevate dalle due stazioni di via Circonvallazione e di Bissuola sono state al di sotto dell'obiettivo di qualità di 10 µg/mc.

La mappatura del benzene condotta con campionatori passivi, ad integrazione dei rilievi condotti dalla rete fissa, ha evidenziato che le più alte concentrazioni di benzene nell'aria si raggiungono nelle vie Fradeletto e da Verrazzano con livelli rispettivamente di 8,9 e 8,3 µg/mc rilevati nella campagna eseguita nel periodo 15 ottobre – 19 novembre 2001.

3. Le fonti di inquinamento

3.1. Il traffico

La principale causa di inquinamento urbano è il traffico veicolare. Nel caso specifico della terraferma veneziana esso è costituito sia dalla componente urbana che da quella extraurbana.

Sui 400 km delle principali strade, nell'ora di punta (7,30 – 8,30), i motoveicoli e gli autoveicoli in circolazione percorrono 401.565 km; nelle 24 ore si può stimare che la percorrenza di tutti i veicoli a motore, sulla rete considerata, raggiunga i 4.015.650 km.

In particolare sulla Tangenziale di Mestre transitano ogni giorno circa 150.000 veicoli, di questi circa 45.000 sono automezzi pesanti. Tanto che nell'ora di punta (7,30 – 8,30) sulla Tangenziale i veicoli a motore percorrono 59.531 km con frequenti stop and go, aumentando e peggiorando così ulteriormente le emissioni dai tubi di scappamento, con il risultato di aggravare ancora di più l'inquinamento dell'aria. Senza interventi correttivi, la situazione in futuro non potrà che peggiorare, in quanto ogni anno il volume di traffico sulla tangenziale aumenta, con tassi che negli anni scorsi hanno toccato il 4,5%.

3.1.1 Il PM₁₀ e gli idrocarburi policiclici aromatici

Approfondiamo qui le caratteristiche chimico-fisiche di questi due inquinanti, che nel corso del 2001 hanno dato le maggiori preoccupazioni, avendo frequentemente superato i limiti fissati dalla legge.

PM₁₀.

La scelta di monitorare la concentrazioni di polveri PM₁₀ (ossia delle polveri aventi un diametro aerodinamico inferiore a 10 micron) si spiega con la loro capacità di insinuarsi fin nelle basse vie respiratorie; le polveri inferiori a 2,5 micron riescono ad arrivare fino agli alveoli. Non è

casuale che l'Agenzia per la protezione dell'ambiente USA (US EPA) abbia posto notevole attenzione proprio sulla frazione delle polveri respirabili $PM_{2,5}$, considerando ammissibile la concentrazione in aria di $15 \mu\text{g}/\text{mc}$.

Sulla terraferma veneziana, nell'originare l'inquinamento da PM_{10} prevale (sulla base delle stime relative all'ora di punta 7,30-8,30) la componente del traffico extraurbano su quella urbana, a causa del forte contributo apportato dalla Tangenziale di Mestre.

Le polveri generate dai veicoli a motore, alla loro emissione, sono caratterizzate da diametri assai ridotti, circa 0,1 micron, ma una volta disperse nell'atmosfera possono aggregarsi e aumentare di diametro. I motori diesel sono responsabili della produzione (espressa in g/km) della maggior quantità di polveri. Con una certa approssimazione, per la nostra provincia, si può affermare che i veicoli commerciali leggeri mediamente emettano $0,25 \text{ g}/\text{km}$ di PM_{10} , i commerciali pesanti (TIR) $0,45$ e gli autobus $0,48$.

Le polveri, originate dall'abrasione della pavimentazione e dei pneumatici o da fenomeni di risospensione, hanno diametri granulometrici differenti: da pochi micron ad alcune decine di micron: si stima che il 50% abbia un diametro superiore ai 10 micron e il 5% misuri meno di 1 micron.

Le polveri rimangono allo stato di sospensione con tempi di permanenza varianti da pochi secondi a qualche mese. Il tempo di permanenza nell'atmosfera delle polveri dipende dalla velocità di sedimentazione che è correlata alla dimensione e alla densità delle particelle e della turbolenza dell'aria: ad esempio (in condizioni di aria calma a 0°C , 760 mm di pressione, densità delle particelle $1 \text{ g}/\text{cmc}$) una particella del diametro di 0,1 micron sedimenta alla impercettibile velocità di $0,00008 \text{ cm}/\text{sec}$, mentre una con diametro di 1.000 micron sedimenta alla velocità di $390 \text{ cm}/\text{sec}$. Quindi, più le polveri sono sottili, tanto più a lungo rimangono sospese nell'aria e tanto più facilmente raggiungono le basse vie respiratorie veicolando anche gli inquinati che esse hanno catturato data la loro alta capacità di agire da centri di assorbimento: in queste caratteristiche si riassume la pericolosità delle polveri sottili.

In prossimità di strade a traffico elevato, a $100 \mu\text{g}/\text{mc}$ di PM_{10} corrispondono in media $40 \mu\text{g}/\text{mc}$ di $PM_{2,5}$ (40%) e $2 \mu\text{g}/\text{mc}$ di $PM_{0,1}$ (2%). Si può stimare una concentrazione di particelle pari a $100.000/\text{cmc}$ (tipica in aree urbane con elevata densità di traffico). Per quanto riguarda le dimensioni, queste particelle apparterranno selettivamente alla frazione submicronica. Cioché, meno di un alveolo su mille entrerà in contatto con una particella $PM_{10-2,5}$ al giorno, mentre un tipico alveolo entrerà quotidianamente in contatto con centinaia di particelle ultrafini ($0,01-0,1 \mu\text{m}$).

Negli studi di serie temporali condotti nelle maggiori città degli USA, la fluttuazione nelle concentrazioni atmosferiche di particolato, in particolare di PM_{2,5}, sembra il principale determinante delle variazioni giornaliere della mortalità e dei ricoveri ospedalieri per malattie cardiorespiratorie, mentre nelle aree urbane del Canada, del Cile e dell'Europa sono stati evidenziati effetti anche in relazione alle concentrazioni di anidride solforosa, biossido di azoto, ossido di carbonio. Invece, le evidenze relative ai ricoveri per asma depongono per un ruolo dell'ozono, del biossido di azoto e della frazione PM_{10-2,5} del particolato, piuttosto che per il PM_{2,5}.

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Nelle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria si misura la concentrazione di *benzo(a)pirene* come indicatore degli idrocarburi policiclici aromatici. Gli IPA derivano prevalentemente dal benzo(a)antracene, che è un debole cancerogeno. L'aggiunta di ulteriori anelli benzenici, se in posizioni più stabili, dà origine a potenti agenti cancerogeni, quali il benzo(a)pirene che nella terraferma veneziana, come abbiamo visto, è l'inquinante che nel corso del 2001 si è mantenuto sempre al di sopra dell'obiettivo di qualità di 1 ng/mc, senza mostrare alcuna tendenza alla diminuzione rispetto all'anno precedente.

La polvere delle nostre città contiene oltre agli IPA anche dei loro nitroderivati (nitroareni). Quest'ultimi vanno annoverati tra i composti con più elevata attività genotossica nel test di mutazione genica sui batteri (test di Ames). Essi sono contenuti in alta concentrazione nel particolato fine (con diametro inferiore a 1,1 micron) emesso dai motori diesel, prevalentemente dei veicoli pesanti.

3.2. *La zona industriale di Porto Marghera*

Le emissioni prodotte dall'area industriale di Porto Marghera e qui riportate, fanno riferimento alle autodichiarazioni e si riferiscono all'anno 1998.

In particolare le emissioni totali dalla zona industriale di *ossidi di zolfo* ammontavano a circa 26.917 ton/anno.

Le emissioni di *ossidi di azoto* da Porto Marghera si attestavano intorno a 25.442 ton/anno.

Le emissioni di *polveri* erano pari a 1.753 ton/anno; quelle di ossido di carbonio 5.000 ton/anno; i composti organici volatili 2.500 ton/anno.

Quanto alla responsabilità della zona industriale nella emissione di diossine e di furani (PCDD-Fs), ricercatori del Dipartimento di scienze ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia e dell'Istituto di geologia marina del CNR di Bologna hanno rilevato, durante una campagna durata 13 mesi (luglio 1998-luglio 1999), che i carichi di PCDD-Fs sull'intera laguna

sono risultati abbastanza omogenei, essendo compresi fra circa 10 e 20 ng/mq/anno, mentre nella stazione posta in prossimità della zona industriale di P. Marghera il valore è di circa 50 ng/mq/anno.

4. I possibili rimedi

4.1. *Traffico urbano*

Dopo essersi illusi che le automobili potessero correre senza avere strade e parcheggi adeguati a un parco veicoli cresciuto in modo smisurato, tutte le città del mondo amministrare in modo avveduto, per diventare più umane, si sono accorte che il traffico autoveicolare deve essere limitato: il *London Planning Advisory Council*, dopo uno studio, concluse che questo è “ l’unico modo per migliorare l’ambiente delle strade centrali di Londra ” ed è l’indicazione che deve seguire ogni politica della mobilità che concretamente si ponga l’obiettivo di ridurre l’inquinamento da traffico. A tal fine il 2005 dovrebbe costituire l’anno di svolta per un radicale riordino della mobilità nella terraferma veneziana. In quell’anno, infatti, dovrebbero entrare in funzione:

a) il **Sistema ferroviario metropolitano regionale** (SFMR) del Veneto, che costituisce una iniziativa strategica per il rilancio del trasporto collettivo di massa a scala regionale. Nel territorio comunale, il progetto prevede il rinnovo delle stazioni di S. Lucia, Porto Marghera, Mestre centrale e la realizzazione di 6 nuove fermate;

b) il **Sistema tranviario** finalizzato a soddisfare la mobilità collettiva in terraferma.

Il Comune di Venezia ha affidato all’Azienda Consorzio Trasporti Veneziana (ACTV) la realizzazione del sistema tranviario di Mestre-Venezia, composto dalle linee Favaro-Venezia e Mestre-Marghera. Lo sviluppo complessivo dell’intera rete sarà di circa 20 km.

E’ necessario che il tram, sull’intera rete, possa correre su corsie preferenziali: obiettivo indispensabile, per garantire efficienza ed efficacia del nuovo sistema di mobilità urbana a basso impatto ambientale/acustico, e che al momento non risulta progettualmente garantito.

La realizzazione dei sistemi SFMR e tranviario comporterà una profonda revisione della rete di trasporto pubblico, che si incentrerà su i seguenti interventi :

- eliminazione delle linee bus il cui percorso si sovrappone a quello tranviario ;
- limitazione delle linee extraurbane a Mestre e interscambio per Venezia con il tram ;
- centro urbano servito mediante linee bus circolari.

In vista del 2005, si tratta di accelerare la realizzazione dei parcheggi scambiatori (per 3.600 posti macchina, di cui 2.800 esterni e 800 interni) già progettati, finanziati e appaltati. Quelli collocati nella periferia urbana, per intercettare il pendolarismo, dovranno essere interconnessi al centro urbano sia da un efficiente sistema di bus pubblici e taxi collettivi che possibilmente da piste ciclabili, su cui i pendolari che lo vorranno potranno correre con biciclette prese a noleggio.

Il completamento dei parcheggi scambiatori dovrà essere assecondato da una gestione globale della sosta che, se sapientemente pianificata, costituisce un imprescindibile strumento per il controllo del traffico. La tariffazione estesa e differenziata (con opportune agevolazioni per i residenti) dei parcheggi sul suolo pubblico permette di orientare la domanda di mobilità con mezzi privati, decongestionare le aree urbane, attuare una politica di riordino degli spazi pubblici, indurre modificazioni nella ripartizione modale e nelle destinazioni del suolo. I benefici sul piano ambientale sono rilevanti, perché vengono interessati i cardini della mobilità: aumenta l'uso del trasporto pubblico e dei mezzi non motorizzati, si riduce il traffico parassita di coloro che sperano di infilare l'auto in qualche strada a parcheggio gratuito. Inoltre, la gestione della sosta non deve arrestarsi al confine delle aree centrali, ma va estesa a tutto il territorio comunale, in modo da evitare, da un lato, che si creino zone di sovraccarico e di degrado, dall'altro, carenza di aree sosta per i residenti.

Andranno anche progressivamente eliminati i parcheggi liberi per dipendenti pubblici e privati che utilizzano la propria auto per raggiungere il posto di lavoro, applicando le stesse tariffe in vigore nei parcheggi pubblici; significative agevolazioni dovranno godere i lavoratori che si serviranno di *car polling*, di cui dovrà farsi promotore il *mobility manager* previsto in ogni azienda con più di 300 addetti: Stessa sorte dovrebbero subire anche i parcheggi dei supermercati.

Contemporaneamente è urgente attuare interventi di moderazione del traffico in via Fradeletto: la strada mestrina attualmente più inquinata da benzene.

Questi interventi sul traffico urbano dovranno essere assecondati da un sempre più efficiente servizio di bus, integrato da taxi collettivi per ramificare il più possibile il sistema di mobilità pubblica. A tal fine, sarà utile favorire e potenziare anche la positiva decisione del Comune di Venezia, tra i primi in Italia, di attivare il *car sharing*, gestito dall'Azienda Servizi Mobilità (ASM).

Potenziare il servizio di mezzi pubblici gestito da ACTV significa anche che i bus dovranno in ambito urbano percorrere ancora più chilometri dei 10.416.257 totalizzati nel 2001. Sapendo che il bus è il veicolo in circolazione che attualmente emette mediamente più g/km di PM₁₀, diventa necessario prendere delle adeguate contromisure. Dopo anni e anni di inerzia sul fronte dell'inquinamento, l'ACTV dal mese di gennaio 2002 ha finalmente iniziato ad alimentare alcuni bus con gasolio bianco, che comporta nelle emissioni una significativa riduzione di ossidi di azoto, ossido di carbonio e polveri. E' necessario che l'alimentazione a gasolio bianco venga estesa a tutti i bus e anche ai natanti a motore della flotta di navigazione lagunare. E' qui utile segnalare che anche la Venezia Servizi Territoriali Ambientali (VESTA) sta attrezzandosi per sperimentare, entro il primo semestre 2002, l'alimentazione con biodiesel dei suoi automezzi adibiti alla raccolta dei rifiuti solidi urbani (RSU). Inoltre, sempre entro lo stesso periodo, VESTA prevede di alimentare a gasolio bianco le sue nuove 10 imbarcazioni per la raccolta dei RSU in laguna.

Nel secondo semestre 2002, sei nuovi bus ibridi a basse emissioni arricchiranno il parco automezzi dell'ACTV e saranno impiegati sulle strade urbane di Mestre. Si tratta di un segnale positivo, ma lo stato dell'aria di Mestre richiede di compiere uno sforzo maggiore per potenziare la flotta di bus a basse emissioni di inquinanti. A tal fine, completati i parcheggi scambiatori, sarà utile che gli introiti ottenuti dal pagamento dei pedaggi della sosta vengano riversati sul servizio della mobilità pubblica per migliorarne efficacia ed efficienza.

Gli stessi autobus turistici, che attraversano il centro urbano di Mestre è necessario parcheggiarli nella periferia urbana. Un primo provvedimento che va in questa direzione è costituito dall'istituzione in via sperimentale (nell'area urbana di Mestre) della zona a traffico limitato per i pullman turistici.

Sarà inoltre utile intervenire sulla viabilità:

- estendendo il numero di strade con corsie riservate ai mezzi pubblici;
- istituendo e/o allargando le aree pedonali;
- istituendo e/o allargando le zone a traffico limitato.

In questo ambito il progettato potenziamento, nell'immediato, della rete delle piste ciclabili per portarla dagli attuali 23 km a oltre 46 è sicuramente positivo. Ma si può fare da subito ancora di più, ad esempio, sfruttando abilmente le opportunità offerte dal redigendo progetto – ad opera del Consorzio Dese-Sile – di riqualificazione del fiume Marzenego/Osellino è possibile ricavare una pista ciclabile “protetta”, che da Mestre permetterebbe di raggiungere il costruendo Parco di S. Giuliano, Campalto e giù giù fino all'aeroporto di Tessera, consentendo ai mestrini anche di recuperare il perduto rapporto con la splendida laguna. Questo è solo un esempio delle possibilità offerte dai “corridoi” verdi che costeggiano fiumi, canali o i binari di ferrovie dismesse per inserirvi piste ciclabili, viottoli per passeggiare o fare jogging, percorsi per l'equitazione.

Quanto alle auto degli abitanti nel Comune di Venezia, oltre all'adozione dei provvedimenti volti a dissuaderne l'uso, è utile favore l'estensione del Bollino Blu per migliorare l'efficienza dei motori, riducendone così l'emissione degli inquinanti.

Lo stesso trasporto delle merci in città, oltre a venire rigorosamente regolamentato, dovrà essere eseguito con automezzi leggeri dotati alimentati con gasolio bianco o biodiesel; meglio ancora sarebbe se si andasse verso l'adozione di veicoli a bassa emissione di inquinanti (elettrico, ibrido, a gpl o metano): scelta da favorire assicurando una significativa riduzione del “bollo-auto”, provvedimento sul quale la Regione ha ampio spazio di manovra.

Per favorire la diffusione delle auto a bassa emissione di inquinanti, il Comune di Venezia ha aderito alla *Convenzione tra comuni*, allo scopo di dare attuazione DM 22/12/2000 che prevede lo sviluppo di gpl e metano. Gli incentivi, nella misura di 309,87 €(600.000 £), sono rivolti ai privati cittadini (residenti nei Comuni che hanno aderito al Decreto) per la trasformazione a gas delle auto non catalizzate immatricolate tra il 1988 e il 1992.

Sempre nella direzione della riduzione dell'inquinamento atmosferico, il Comune ha compiuto la significativa scelta di aderire alla "*Campagna città italiane per la protezione del clima*" che, tra le sue 10 azioni concrete per ridurre in modo significativo le emissioni di gas serra, ha indicato la necessità di attuare:

- una serie di provvedimenti per connotare in senso sostenibile i piani della mobilità urbana; il miglioramento del parco auto comunale (con l'introduzione di veicoli elettrici, ibridi, a gas naturale) e dei mezzi pubblici (bus elettrici di piccole dimensioni, bus a metano e in futuro bus a celle a combustibile).

Va aggiunto, che il Comune di Venezia, superando una forte concorrenza a livello europeo, si è aggiudicato un finanziamento della UE relativo alla creazione di un'agenzia urbana per il risparmio energetico, tecnologie innovative e lo sviluppo della fonti di energia rinnovabile. La costituita *Associazione per la gestione delle iniziative finalizzate al risparmio energetico* (AGIRE), destinata a trasformarsi in Agenzia, si sta impegnando in progetti di produzione di energie rinnovabili e di risparmio energetico, dalla cui implementazione non potranno che discendere effetti positivi sulla qualità dell'aria urbana e sulla riduzione delle emissioni di gas serra.

In questo ambito acquista rilevante importanza ogni qualificata iniziativa di educazione incentrata sul tema del disinquinamento dell'aria, come quella che, in occasione della giornata europea "*In città senza la mia auto*" ha visto il 22 settembre 2001, su invito del Comune, il coinvolgimento di circa 2.000 studenti di 19 scuole elementari, medie e superiori.

4.2. *Traffico extraurbano*

Parlare di traffico extraurbano a Mestre significa concentrare l'attenzione sulla Tangenziale. E poiché gli inquinanti che maggiormente preoccupano lo stato della qualità dell'aria sono il PM₁₀ e gli IPA, che si misurano nelle polveri, diventa urgente intervenire sugli autoveicoli pesanti (TIR) che mediamente in numero di 45.000 quotidianamente percorrono la Tangenziale. Ebbene, questa enorme flotta di automezzi, con tutto il suo carico di inquinanti gassosi che libera nell'aria di Mestre, è incompatibile con il rispetto degli standard fissati per la salvaguardia della qualità dell'aria e della salute dei cittadini.

La situazione è diventata a tal punto insostenibile, che la Tangenziale va trattata come un “valico alpino”, di conseguenza il numero di TIR che possono attraversare Mestre va contingentato, privilegiando i mezzi che sono in regola con le normative europee, mettendo così a disposizione degli autotrasportatori un numero di ecopunti compatibile con la salvaguardia della qualità dell’aria nel territorio comunale. Contemporaneamente andrà aumentata la vigilanza stradale con l’obiettivo di far rigorosamente rispettare i divieti di transito ai TIR sulla viabilità comunale, per evitare un aggiramento delle limitazioni. Cosicché, il numero di TIR che potrà transitare sulla Tangenziale sarà quello determinato dal numero di ecopunti che potranno essere consumati: secondo il principio che meno il veicolo inquina, meno punti consuma. Gli esclusi non potranno far altro che superare il “valico di Mestre” su appositi carri ferroviari utilizzando gli interporti di Cervignano e di Verona, facendo il percorso Cervignano, Portogruaro, Treviso, Vicenza, Verona e viceversa, bypassando così il nodo ferroviario di Mestre e la satura tratta Mestre-Padova.

Un qualche alleggerimento del traffico sulla tangenziale potrebbe derivare anche dall’opportuna attivazione di linee di traghetti con partenza e arrivo a Trieste.

4.3. *La zona industriale di P. Marghera*

Sicuramente una delle principali fonti di inquinamento atmosferico localizzate nella zona industriale di P. Marghera va individuata nelle centrali termoelettriche a carbone ENEL di Fusina (976 MW) e Marghera (140 MW) che nel 2000 hanno emesso nell’atmosfera 16.900 tonnellate di anidride solforosa, 7.889 tonnellate di ossidi di azoto, 218 tonnellate di polveri. Con il semplice passaggio dal carbone al metano si azzererebbero immediatamente le emissioni di anidride solforosa e di polveri (si ridurrebbero anche le emissioni di anidride carbonica), con benefici per la salute dei cittadini e dei monumenti. E’ utile ricordare che nelle due centrali termoelettriche Edison di P. Marghera si usa come combustibile il metano.

Quanto alle produzioni chimiche, l’obsolescenza di numerosi cicli produttivi associata all’incertezza sulle proprietà sta mettendo l’intera comunità veneziana di fronte alla scelta se mantenere questa industria a P. Marghera o se non convenga avviare un processo strategico di riconversione produttiva dell’area, facendo ruotare il futuro sviluppo attorno all’innovazione tecnologica (vedi Vega) e all’attività portuale.

5. I Sistemi di rilevamento della qualità dell'aria e della salute dei cittadini

5.1. La rete di rilevamento dell'ARPAV

La rete di monitoraggio gestita dall'ARPAV nel territorio del Comune di Venezia è costituita da 9 stazioni (Parco Bissuola, via Bottenigo, via Antonio da Mestre, viale San Marco, Sacca Fisola, via da Verrazzano, via Circonvallazione, Corso del Popolo, via Fratelli Bandiera) e due nella cintura urbana a Maerne e Malcontenta. Da questo quadro emerge con evidenza che la critica zona urbana di Mestre, posta a ovest della Tangenziale (Cipressina, Gazzera e Chirignago), risulta priva di stazione di monitoraggio: una lacuna da sanare rapidamente. Inoltre, data la verificata pericolosità delle polveri fini, appare obiettivamente necessario iniziare a rilevare anche la frazione $PM_{2,5}$.

Ancora, il territorio del Comune di Venezia, subendo le emissioni da traffico e industriali, abbisogna di un sistema di rilevamento dell'inquinamento atmosferico che non può essere la copia degli schemi adottati nelle semplici aree urbane. A questa obiettiva necessità si sta iniziando a sopperire con le reti di *biomonitoraggio* e di *deposimetri*.

Un'ausilio alla conoscenza della qualità dell'ambiente sull'intero territorio comunale deriverà anche dall'impiego dell'Ecoexplorer (un progetto europeo sviluppato da Ecosistema in collaborazione con VESTA, Arpav, il Comune di Venezia e altri soggetti privati), che data la sua flessibilità d'utilizzo potrà essere montato su una bicicletta, un'auto o un mezzo pubblico e rilevare così, nel territorio attraversato, qualità dell'aria, rumore e inquinamento elettromagnetico.

5.2. Rete di biomonitoraggio

La rete di biocampionatori suddivisi in biosensori passivi (licheni, foglie di tiglio) e biosensori attivi (lolium e moss-bags) per la caratterizzazione della qualità dell'aria rispetto ai macroinquinanti (NO_x e SO_2) e metalli.

Si estende su circa 450 Kq con un totale di 67 punti di prelievo di licheni per biondicazione, 32 di licheni per bioaccumulo, 65 per bioaccumulo fogliare, 13 biosensori lolium e 19 biosensori moss-bags. Naturalmente in molti casi i punti di campionamento risultano sovrapposti

I Decreti autorizzativi del Ministero dell'Industria del 1999, relativi alle due centrali termoelettriche Enel di Fusina e Marghera e al ripotenziamento dell'impianto Edison Termoelettrica di Marghera Levante, prevedevano, sentito il parere della Regione Veneto, la realizzazione entro un anno di una rete sperimentale di biomonitoraggio da realizzarsi nel territorio di Fusina. La Provincia

di Venezia ha promosso l'integrazione di tali reti, che altrimenti si sarebbero rivelate uguali e sovrapposte.

La distribuzione delle stazioni di biomonitoraggio è stata ottenuta utilizzando una griglia di riferimento a maglia regolare di 2x2 km nel territorio attorno a Fusina, basandosi sulle risultanze dei modelli di ricaduta applicati ai camini delle centrali per SO₂ e gli NO_x.

Il progetto è iniziato nell'estate del 2001 e dovrebbe prolungarsi per tre anni almeno. L'intenzione è di promuoverne l'estensione, anche in vista dell'avvio dell'attività di monitoraggio con i *deposimetri*.

Sarebbe utile estendere la rete anche al biomonitoraggio dell'ozono troposferico, dove ha trovato diffusione l'impiego di una varietà di tabacco americana per gli effetti macroscopici che questo inquinante vi produce. Infatti, sulla succitata varietà di tabacco i danni causati dall'esposizione a ozono risultano molto caratteristici e correlabili alla concentrazione dell'inquinante nell'atmosfera.

5.3. Progetto rete dei deposimetri

La rete di campionatori delle deposizioni secche ed umide in terraferma, promossa dalla Provincia di Venezia in collaborazione di CNR-Venezia, ARPAV e Comune di Venezia, per caratterizzare le concentrazioni di inquinanti inorganici (pH, conducibilità, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Zn, Mn, Ni, Pb, V, Hg, Sb, Se, Co, Ag, Be, P totale, N totale, Cl⁻, SO₄⁻⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄⁻⁻⁻) e organici (Policlorobifenili (PCB), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e Esaclorobenzene (HCB), Policlorodibenzodiossine (PCDD) e Policlorodibenzofurani (PCDF)).

Nel territorio veneziano saranno probabilmente almeno tre i punti di campionamento: uno tipicamente da traffico, uno da ricadute industriali, uno in area extraurbana, tutti in coincidenza con un sito di biomonitoraggio.

Questa rete dovrebbe entrare in funzione a partire dalla primavera 2002, per almeno un anno con l'intenzione di consolidare ed allargare l'iniziativa in numero e qualità di stazioni.

Contemporaneamente il Magistrato alle Acque sta collocando tre analoghi deposimetri in laguna, in corrispondenza delle sue installande stazioni permanenti di monitoraggio, che dovrebbero progressivamente diventare dieci.

5.4. L'indagine epidemiologica

"... Nella zona industriale di Porto Marghera troveranno posto prevalentemente quegli impianti che diffondono nell'aria fumo, polvere o esalazioni dannose alla vita umana, che

scaricano nell'acqua sostanze velenose, che producono vibrazioni o rumori.” (art. 15, III comma, Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore di Venezia, 1962).

Nei trent'anni in cui è rimasta in vigore questa norma, Porto Marghera è diventato uno dei più grandi e inquinati poli industriali del nostro Paese per la petrolchimica, la metallurgia non ferrosa, la produzione di energia elettrica.

Studi epidemiologici svolti in diversi paesi negli anni Ottanta e Novanta hanno segnalato delle associazioni significative fra rischio di cancro polmonare e la residenza in prossimità di fonderie, di aree industriali complesse e di altre fonti localizzate di emissioni di agenti inquinanti; altri studi hanno, invece, fornito un certo supporto all'ipotesi di un ruolo eziologico delle emissioni industriali nell'insorgenza di leucemia e linfomi. Alla luce di tali studi, l'ipotesi di un nesso causale fra la residenza in prossimità di determinati siti industriali e l'insorgenza di neoplasie respiratorie e linfomopoietiche si sta lentamente consolidando.

In Italia la situazione è la seguente. A Mantova si dispone di un primo studio epidemiologico caso-controllo che ha portato a stimare un incremento di rischio di sarcoma dei tessuti molli pari a circa 25 nella popolazione che risiede a meno di 2 km dall'inceneritore dei rifiuti industriali. A Gela, Brindisi e Taranto sono in corso studi caso-controllo condotti dall'OMS e dall'Istituto Superiore di Sanità basati sull'utilizzo dei dati di mortalità per diverse cause neoplastiche e che usano la georeferenziazione delle abitazioni per valutare la distanza dalle fonti di emissioni. In altre aree, come Marghera e Ferrara, sono invece state svolte indagini sulla componente professionale del rischio cancerogeno con riferimento alla produzione di PVC e alla lavorazione del CVM.

Descrizione del progetto d'indagine

Per le evidenze emerse negli studi effettuati a Mantova e per le affinità che le produzioni imputate hanno con quelle in essere fino al recente passato nell'area industriale di Porto Marghera, la Provincia di Venezia ha inserito fra i propri indirizzi di governo la promozione di una seria indagine epidemiologica nell'area del Comune di Venezia e limitrofi, per rilevare l'eventuale rischio nella popolazione, data la presenza anomala di fattori tumorali.

A questo riguardo, in seguito a un incontro promosso dalla Provincia di Venezia, gli enti preposti (Regione Veneto, l'AULSS 12, l'ARPAV Dipartimento Provinciale) ed il Comune di Venezia hanno convenuto di procedere come segue:

L'AULSS 12 cura l'acquisizione di informazioni relative all'incidenza di neoplasie nell'area veneziana e ne trasferisce i risultati ai partecipanti al programma.

La Provincia-Settore Politiche Ambientali, ha provveduto a richiedere a coloro i quali possono esserne in possesso, i dati sulla qualità dei suoli e delle acque della zona relativamente alla presenza di contaminanti di origine industriale. Essa, inoltre, sta provvedendo a ricostruire e

quantificare le possibili fonti emissive industriali di 10 contaminanti da metà anni '70 ad oggi, mediante i dati tecnici in possesso, ad esempio, degli enti preposti alle autorizzazioni nello stesso periodo. Gli inquinanti indagati sono indicati in Tabella. Tutti dati raccolti saranno georeferenziati su SIT anche per configurare delle mappe che rappresentino le ricadute al suolo delle emissioni a partire dagli anni '70 circa (emissioni originate dagli impianti della zona Industriale).

L'ARPAV partecipa allo sviluppo degli studi ambientali con particolare riferimento alle indagini sui suoli e sulle emissioni, e alla individuazione delle aree più probabilmente interessate dalla presenza di diossine ed altri inquinanti diffusi da fonti emissive di origine industriale.

| Sostanza indagata | sigla |
|----------------------------|-------------------------------|
| Particolato totale sospeso | PST |
| Biossido di zolfo | SO ₂ |
| Ossidi di azoto | NO _x |
| Piombo | Pb |
| Cadmio | Cd |
| Mercurio | Hg |
| Benzene | C ₆ H ₆ |
| PCDD PCDF | I-TEQ |
| Acido cloridrico | HCl |
| Cloruro di vinile monomero | CVM |

Tabella: Elenco degli inquinanti indagati nel progetto di indagine ambientale

Obiettivo del progetto di indagine epidemiologica è quello di comprendere e valutare, con un primo esame, quali possono essere effettivamente state nel corso degli anni le emissioni originate dalle produzioni avviate con il Piano Regolatore di Venezia del 1962 e che molte delle quali ancora oggi – attraverso una serie di cambiamenti produttivi e tecnologici - sono attive.

Altro aspetto importante che rientra negli obiettivi operativi di questa parte del progetto è quello di indagare se e come queste emissioni dannose possono avere interessato le aree circostanti (e quindi la salute della popolazione ivi residente) agli insediamenti industriali di Porto Marghera.

Bibliografia

Anderson H. R. et al., 1997, Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project, *Eur Respir J*; 10: 1064-71.

Apostoli P., 2000, Effetti irritativi e tossici deterministici sull'uomo dei principali inquinanti da traffico, in Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Traffico e ambiente*, Padova, Progetto Trento Ambiente.

Beevers S. D. et al., 2001, London's air quality: nitrogen dioxide and particles (PM₁₀) in London's air – present and future, *Area*; 33 (1): 97-102.

Clonfero E., Bartolucci G. B., 2000, Azione mutagena e cancerogena sull'uomo degli inquinanti da traffico: monitoraggio biologico delle popolazioni esposte, in Peretti A., Simonetti P. (a cura di), *Traffico e ambiente*, Padova, Progetto Trento Ambiente.

Commissione delle Comunità Europee, 2001, Libro Bianco. La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte, Bruxelles.

Environmental Protection Agency, 1996, Air quality criteria for particulate matter, "US EPA".

Graldi I., 1999, Qualità dell'aria: serve un indice sintetico globale, *ARPA*; 2: 22-23.

Greene D. L., Wegener M., 1997, Sustainable transport, *Journal of Transport Geography*; 5: 177-190.

Katsouyanni K. et al., 1997, Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA study, *Br Med J*; 314: 1658-63.

Katsouyanni K. et al., 2001, Confounding and effect modification in the short – term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA 2 project, *Epidemiology*; 12 (5): 521-31.

Lagorio S., 2001, Problemi interpretativi delle analisi di serie temporali su inquinamento e salute, *Epidemiol Prev*; 25: 181-90.

Lighty J. S. et al., 2000, Combustion aerosols: factors governing their size and composition and implications to human health, *J Air Waste Manage Assoc*; 50: 1565-618.

Moriani G., 2000, *L'aria rubata*, Venezia, Marsilio.

Samet J. M. et al., 2000, Fine particulate air pollution and mortality in 20 U. S. cities 1987-1994, *N Eng J Med*; 343: 1742-49.

Schwartz J., 1999, Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight U. S. counties, *Epidemiology*; 10: 17-22.

Schwartz J. et al., 1996, Is daily mortality associated specifically with fine particles? *J Air Waste Manage Assoc*; 46: 927-39.

Wilson W. E., Suh H. H., 1997, Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies, *J Air Waste Manage Assoc*; 47: 1238-49.

ALLEGATI

STATISTICHE DESCRITTIVE

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VIA BOTTENIGO | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 90 | 73 | 86 | 88 | 88 | 84 |
| | Media | 8 | 40 | 43 | 1 | 35 | 129 |
| | Deviazione Standard | 9 | 19 | 22 | 1 | 35 | 117 |
| | 25° percentile | 3 | 28 | 27 | 1 | 10 | 57 |
| | mediana | 5 | 39 | 42 | 1 | 21 | 102 |
| | 75° percentile | 10 | 50 | 56 | 1 | 52 | 167 |
| | 98° percentile | 37 | 87 | 93 | 3 | 141 | 441 |
| | Mediana semestre freddo | 5 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 24 | 75 | 79 | 2 | 106 | 330 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| BISSUOLA | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 95 | 90 | 92 | 55 | 89 | 87 |
| | Media | 8 | 40 | 33 | 1 | 19 | 215 |
| | Deviazione Standard | 2 | 25 | 17 | 1 | 19 | 307 |
| | 25° percentile | 7 | 25 | 20 | 0 | 5 | 109 |
| | mediana | 8 | 34 | 31 | 0 | 11 | 189 |
| | 75° percentile | 10 | 47 | 42 | 1 | 29 | 283 |
| | 98° percentile | 14 | 100 | 77 | 2 | 71 | 571 |
| | Mediana semestre freddo | 8 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 13 | 80 | 64 | 2 | 60 | 453 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VIALE SAN MARCO | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 98 | 98 | 91 | n.m. | n.m. | 88 |
| | Media | 6 | 40 | 41 | n.m. | n.m. | 131 |
| | Deviazione Standard | 4 | 23 | 23 | n.m. | n.m. | 127 |
| | 25° percentile | 3 | 24 | 26 | n.m. | n.m. | 48 |
| | mediana | 5 | 35 | 39 | n.m. | n.m. | 96 |
| | 75° percentile | 8 | 48 | 53 | n.m. | n.m. | 169 |
| | 98° percentile | 20 | 104 | 93 | n.m. | n.m. | 504 |
| | Mediana semestre freddo | 6 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 15 | 85 | 77 | n.m. | n.m. | 371 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VENEZIA - SACCA FISOLA | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 90 | * | 87 | n.m. | 87 | 69 |
| | Media | 18 | - | 37 | n.m. | 40 | 57 |
| | Deviazione Standard | 17 | - | 22 | n.m. | 50 | 68 |
| | 25° percentile | 7 | - | 20 | n.m. | 5 | 14 |
| | mediana | 15 | - | 37 | n.m. | 26 | 34 |
| | 75° percentile | 23 | - | 51 | n.m. | 65 | 75 |
| | 98° percentile | 61 | - | 85 | n.m. | 130 | 259 |
| | Mediana semestre freddo | 17 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 41 | - | 75 | n.m. | 114 | 195 |

*La percentuale di dati validi per le PTS non è sufficiente per poter considerare rappresentative le corrispondenti statistiche descrittive.

n.m. = non misurato

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VIA CIRCONVALLAZIONE | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | n.m. | 94 | n.m. | 92 | n.m. | 88 |
| | Media | n.m. | 65 | n.m. | 1 | n.m. | 195 |
| | Deviazione Standard | n.m. | 22 | n.m. | 1 | n.m. | 166 |
| | 25° percentile | n.m. | 50 | n.m. | 1 | n.m. | 87 |
| | mediana | n.m. | 60 | n.m. | 1 | n.m. | 160 |
| | 75° percentile | n.m. | 76 | n.m. | 2 | n.m. | 256 |
| | 98° percentile | n.m. | 122 | n.m. | 5 | n.m. | 669 |
| | Mediana semestre freddo | n.m. | - | n.m. | - | n.m. | - |
| | 95° percentile | n.m. | 109 | n.m. | 4 | n.m. | 481 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| CORSO DEL POPOLO | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | n.m. | 92 | n.m. | 95 | n.m. | 94 |
| | Media | n.m. | 34 | n.m. | 1 | n.m. | 100 |
| | Deviazione Standard | n.m. | 10 | n.m. | 1 | n.m. | 93 |
| | 25° percentile | n.m. | 27 | n.m. | 1 | n.m. | 46 |
| | mediana | n.m. | 32 | n.m. | 1 | n.m. | 78 |
| | 75° percentile | n.m. | 39 | n.m. | 1 | n.m. | 129 |
| | 98° percentile | n.m. | 63 | n.m. | 2 | n.m. | 348 |
| | Mediana semestre freddo | n.m. | - | n.m. | - | n.m. | - |
| | 95° percentile | n.m. | 54 | n.m. | 2 | n.m. | 257 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VIA VERRAZZANO | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi fino al 16/07/01 | n.m. | 45* | n.m. | 92* | n.m. | n.m. |
| | Media | n.m. | 51 | n.m. | 2 | n.m. | n.m. |
| | Deviazione Standard | n.m. | 38 | n.m. | 1 | n.m. | n.m. |
| | 25° percentile | n.m. | 24 | n.m. | 1 | n.m. | n.m. |
| | mediana | n.m. | 39 | n.m. | 1 | n.m. | n.m. |
| | 75° percentile | n.m. | 72 | n.m. | 2 | n.m. | n.m. |
| | 98° percentile | n.m. | 140 | n.m. | 5 | n.m. | n.m. |
| | Mediana semestre freddo | n.m. | - | n.m. | - | n.m. | n.m. |
| | 95° percentile | n.m. | 110 | n.m. | 4 | n.m. | n.m. |

* La stazione di via Da Verrazzano è stata danneggiata il 16/07/01 e successivamente smantellata; tutte le statistiche descrittive si riferiscono al periodo 01/01/2001 – 16/07/2001, compresa la percentuale di dati validi.

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| VIA F.LLI BANDIERA | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | n.m. | 94 | n.m. | 92 | n.m. | 88 |
| | Media | n.m. | 37 | n.m. | 1 | n.m. | 241 |
| | Deviazione Standard | n.m. | 15 | n.m. | 1 | n.m. | 176 |
| | 25° percentile | n.m. | 27 | n.m. | 0 | n.m. | 104 |
| | mediana | n.m. | 35 | n.m. | 1 | n.m. | 235 |
| | 75° percentile | n.m. | 44 | n.m. | 1 | n.m. | 341 |
| | 98° percentile | n.m. | 73 | n.m. | 4 | n.m. | 648 |
| | Mediana semestre freddo | n.m. | - | n.m. | - | n.m. | - |
| | 95° percentile | n.m. | 63 | n.m. | 3 | n.m. | 515 |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| MAERNE | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 96 | 90 | 91 | n.m. | 91 | n.m. |
| | Media | 7 | 41 | 26 | n.m. | 51 | n.m. |
| | Deviazione Standard | 6 | 31 | 14 | n.m. | 41 | n.m. |
| | 25° percentile | 3 | 21 | 17 | n.m. | 19 | n.m. |
| | mediana | 5 | 27 | 25 | n.m. | 40 | n.m. |
| | 75° percentile | 8 | 52 | 34 | n.m. | 73 | n.m. |
| | 98° percentile | 22 | 123 | 60 | n.m. | 160 | n.m. |
| | Mediana semestre freddo | 5 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 17 | 107 | 51 | n.m. | 134 | n.m. |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| MALCONTENTA | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi | 99 | 87 | 91 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | Media | 10 | 33 | 24 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | Deviazione Standard | 8 | 10 | 13 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | 25° percentile | 5 | 27 | 13 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | mediana | 8 | 32 | 24 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | 75° percentile | 12 | 38 | 33 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | 98° percentile | 29 | 49 | 50 | n.m. | n.m. | n.m. |
| | Mediana semestre freddo | 9 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 24 | 47 | 44 | n.m. | n.m. | n.m. |

| Statistiche descrittive | | SO₂ | PTS | NO₂ | CO | O₃ | NMHC |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| ANTONIO DA MESTRE | | ug/m3 | ug/m3 | ug/m3 | mg/m3 | ug/m3 | ug/m3 |
| | % dati validi dal 01/04/01* | 79 | n.m. | 89 | n.m. | n.m. | 84 |
| | Media | 11 | n.m. | 40 | n.m. | n.m. | 223 |
| | Deviazione Standard | 10 | n.m. | 22 | n.m. | n.m. | 144 |
| | 25° percentile | 4 | n.m. | 24 | n.m. | n.m. | 127 |
| | mediana | 8 | n.m. | 36 | n.m. | n.m. | 177 |
| | 75° percentile | 16 | n.m. | 51 | n.m. | n.m. | 300 |
| | 98° percentile | 45 | n.m. | 96 | n.m. | n.m. | 591 |
| | Mediana trimestre freddo* | 5 | - | - | - | - | - |
| | 95° percentile | 30 | n.m. | 81 | n.m. | n.m. | 484 |

* La stazione di via Antonio Da Mestre è stata messa in funzione dal 01/04/01, quindi la percentuale di dati validi si riferisce al periodo 01/04/01 - 31/12/01 e la mediana del semestre freddo corrisponde alla mediana del trimestre 01/10/01 - 31/12/01.

CONFRONTO DEGLI INDICI STATISTICI CON I VALORI GUIDA E LIMITE

| | | Indici statistici | | Valore guida | Valore limite |
|--|-----------------|-------------------|----|--------------|---------------|
| Parco Bissuola - Mestre (Tipo A) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 8 | 8 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 40 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 77 | | 135 | 200 |
| Via Bottenigo - Marghera (Tipo A) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 8 | 5 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 40 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 93 | | 135 | 200 |
| Viale San Marco - Mestre (Tipo B) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 6 | 5 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 40 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 93 | | 135 | 200 |
| Sacca Fisola - Venezia C.S. (Tipo B) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 18 | 15 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | - | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 85 | | 135 | 200 |
| Via Antonio Da Mestre (Tipo B) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 11* | 8* | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | - | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 96* | | 135 | 200 |
| Corso del Popolo - Mestre (Tipo C) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | - | - | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 34 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | - | | 135 | 200 |
| Via Circonvallazione - Mestre (Tipo C) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | - | - | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 65 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | - | | 135 | 200 |
| Via Da Verrazzano - Mestre (Tipo C) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | - | - | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 51* | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | - | | 135 | 200 |
| Via F.lli Bandiera - Marghera (Tipo C) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | - | - | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 37 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | - | | 135 | 200 |
| Maerne (Tipo D) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 7 | 5 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 41 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 60 | | 135 | 200 |
| Malcontenta (zona a ricaduta industriale) | | | | | |
| SO ₂ (ug/m ³) | media e mediana | 10 | 8 | 40-60 | 80 |
| PTS (ug/m ³) | media | 33 | | 40-60 | 150 |
| NO ₂ (ug/m ³) | 98° percentile | 50 | | 135 | 200 |

*La stazione di misura di via Antonio Da Mestre è attiva dal 01/04/01, dunque i valori medi annuali non possono essere considerati rappresentativi dell'intero anno 2001 e sono riportati a scopo puramente indicativo; non possono essere confrontati direttamente coi valori guida e limite riportati nella tabella.

* Le stesse considerazioni valgono per la stazione di misura di via Da Verrazzano che è stata danneggiata il 16/07/01 e successivamente smantellata.

NUMERO DI SUPERAMENTI DEI LIVELLI DI ATTENZIONE E DI ALLARME

| | | Livello di attenzione | | Livello di allarme | |
|--|------------------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------|
| Parco Bissuola - Mestre (Tipo A) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | 0 | 0 | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | 4 | 1 | | |
| Via Bottenigo - Marghera (Tipo A) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | 21 | 7 | 0 | 0 |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | 82 | 48 | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | 1011 | 67 | | |
| Viale San Marco - Mestre (Tipo B) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 12 | 9 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | - | - | - | - |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | - | - | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |
| Sacca Fisola - Venezia C.S. (Tipo B) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | - | - | - | - |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | 41 | 12 | 0 | 0 |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | - | - | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | 175 | 95 | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | 1763 | 106 | | |
| Via Antonio Da Mestre - Mestre (Tipo B) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | - | - | - | - |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | - | - | - | - |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | - | - | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |
| Corso del Popolo - Mestre (Tipo C) | | DM 25/11/94 | | | |
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | - | - | - | - |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO ₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | - | - | - | - |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O ₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O ₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |

| Via Circonvallazione - Mestre (Tipo C) | | DM 25/11/94 | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | - | - | - | - |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| NO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | - | - | - | - |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |

| Via Da Verrazzano - Mestre (Tipo C) | | DM 25/11/94 | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | - | - | - | - |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| NO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | - | - | - | - |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |

| Via F.lli Bandiera - Marghera (Tipo C) | | DM 25/11/94 | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | - | - | - | - |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | - | - | - | - |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| O₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | 0 | 0 | DPCM 28/03/83 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |

| Maerne (Tipo D) | | DM 25/11/94 | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| NO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | - | - | - | - |
| O₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | 57 | 18 | 0 | 0 |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | - | - | DPCM 28/03/83 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | 174 | 81 | DM 16/05/96 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | 2662 | 109 | | |

| Malcontenta (zona a ricaduta industriale) | | DM 25/11/94 | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------|
| | | N eventi | N giorni | N eventi | N giorni |
| SO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 125 - 250 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PTS (ug/m ³) | livelli att./all.: 150 - 300 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO₂ (ug/m ³) | livelli att./all.: 200- 400 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO (mg/m ³) | livelli att./all.: 15 - 30 | - | - | - | - |
| O₃ (ug/m ³) | livelli att./all.: 180 - 360 | - | - | - | - |
| | | N eventi | N giorni | | |
| CO (mg/m ³) | limite media 8 ore: 10 | - | - | DPCM 28/03/83 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 8 ore: 110 | - | - | DM 16/05/96 | |
| O₃ (ug/m ³) | limite media 24 ore: 65 | - | - | | |

NOTA

Il DM 16/05/96 non specifica l'intervallo al quale applicare la media di 24 ore da confrontare con il limite di protezione della vegetazione fissato per l'ozono a 65 µg/m³, di conseguenza è stata calcolata la media "trascinata" di 24 ore sui dati orari di tutto l'anno 2001. Il numero di dati da confrontare col livello di protezione della vegetazione è 8760 (ore in un anno). Si riporta, inoltre, il numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento al giorno di tale limite.

BIBLIOGRAFIA

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 1985. Particle size-selective sampling in the workplace. Report of the ACGIH Technical Committee on Air Sampling Procedures, Cincinnati, Ohio.
2. ANCMA, Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori, sito internet: <http://ancma.mall.it/ancma/>
3. ANPA, sito internet: <http://www.sinanet.anpa.it/>
4. ANPA, 1999. Emissioni in atmosfera e Qualità dell'Aria in Italia. Primo Rapporto sugli indicatori di pressione e di stato dell'ambiente atmosferico. Serie *Stato dell'Ambiente n.6/1999*.
5. ANPA, 2000. Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale. I fattori di emissione medi per il parco circolante. A cura di S. Saija, M. Contaldi, R. De Lauretis, M. Ilacqua e R. Liburdi. Serie *Stato dell'Ambiente n.12/2000*.
6. ARPAV Osservatorio Regionale Aria, 2001. Progetto di riqualificazione e ottimizzazione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto
7. Avella, F., Rolla, A., 1996. Caratteristiche delle emissioni degli autoveicoli in relazione alle condizioni di circolazione nei centri urbani. Atti del Convegno AIDII "Traffico e Ambiente" a cura di R. Vistocco, Corvara, Marzo 1996,
8. Bassanino, M., Castrofino, G., Tamponi, M., 1992. Parametri Meteorologici per il Controllo della Qualità dell'Aria, *Aria* (3):35-42.
9. Belluco, U., Saia, B., Boschi, G., 1991. Inquinamento dell'aria da processi industriali e da impianti di riscaldamento. In: *Inquinamento Ambientale e Rischi per la Salute* a cura di M. Crepet, B. Saia., Editoriale Programma, Padova, pp 169-190.
10. Cirillo, M.C., De Lauretis, R., Del Ciello, R., 1996. Review Study on European Urban Emission Inventories, EEA Topic Report 30/1996. EEA, Copenhagen.
11. Clonfero, E., 1996. Tossicologia del particolato urbano. Atti del Convegno AIDII "Traffico e Ambiente" a cura di R. Vistocco, Corvara, Marzo 1996, pp 61-70.
12. Comune di Venezia, ARPAV, 2000. Qualità dell'aria nel Comune di Venezia. Rapporto Annuale 1999 (DM 21 aprile 1999, n. 163).
13. Comune di Venezia, ARPAV, 2001. Qualità dell'aria nel Comune di Venezia. Rapporto Annuale 2000 (DM 21 aprile 1999, n. 163).
14. Formenton, W., 1988. *L'aria e l'azienda*. Associazione Artigiani della Provincia di Vicenza, Vicenza, 702 pp.
15. EEA, 2000. COPERT III v2.1 – Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport. User's Manual (Version 2.1). Ed. by C. Kouridis, L. Ntziachristos and Z. Samaras.
16. EMEP/CORINAIR, 1996. Atmospheric Emission Inventory Guidebook (2 volumes). EEA, Copenhagen. Sito internet: <http://www.eea.eu.int/>.
17. Ente Zona Industriale di Porto Marghera, aprile 1999. Rete di controllo della qualità dell'aria. Presentazione dei rilevamenti dell'Anno Ecologico 1998-1999.

18. Ente Zona Industriale di Porto Marghera, aprile 2000. Rete di controllo della qualità dell'aria. Presentazione dei rilevamenti dell'Anno Ecologico 1999-2000.
19. Ente Zona Industriale di Porto Marghera, aprile 2001. Rete di controllo della qualità dell'aria. Presentazione dei rilevamenti dell'Anno Ecologico 2000-2001.
20. EPA. Sito: <http://www.epa.gov/airnow/publications.html/> Air Quality Index. "A guide to Air quality and your Health".
21. EPA, 1995. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models (Volume I-II, User Instructions). Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring and Analysis Division.
22. Gruppo di Lavoro IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), 1989. *Aggiornamento delle Monografie IARC (Vol. 1-42) sulla Valutazione dei Rischi Cancerogeni per l'uomo - Valutazioni complessive di cancerogenicità*. EDIESSE, Roma, 393 pp.
23. Gruppo di lavoro Istituto Superiore di Sanità "Reti di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria", 1989. *Progettazione e gestione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria*, ISTISAN 89/10.
24. Laboratorio di Igiene e Tossicologia Industriale AULSS 12 Veneziana, 1998. Monitoraggio in ambiente urbano di benzene, particolato PM₁₀ ed Idrocarburi Policiclici Aromatici. Campagna di primavera aprile-maggio 1998.
25. Presidio Multizonale di Prevenzione – ULSS 12, Sezione di Fisica Ambientale, 1996. Ricerca sulle variabili meteorologiche per la previsione dell'inquinamento atmosferico (Convenzione tra Comune di Venezia e Sezione Fisica Ambientale – PMP – ULSS12). Rapporto Finale – Parte 1 e 2.
26. Provincia di Venezia, 1999. Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia – Anno 1998/1999.
27. Provincia di Venezia, ARPAV, 2000. Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia – Anno 1999/2000.
28. Provincia di Venezia, ARPAV, 2001. Relazione annuale sulla qualità dell'aria nella Provincia di Venezia – Anno 2000/2001.
29. Rapporto ISTISAN 91/27, "Idrocarburi policiclici aromatici: basi scientifiche per la proposta di linee guida", Istituto Superiore di Sanità, 1991.
30. W.H.O., 1999 Air quality guidelines for Europe W.H.O Regional publications, European series, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen (in Press). Sito internet: <http://www.who.org/>
31. DPCM 28 marzo 1983 n. 30. *Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno*. SUPPL. ORD. G.U. 28.5.1983 n. 145.
32. DPR 24 maggio 1988 n. 203. *Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'articolo 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183*. SUPPL. ORD. G.U. 16.6.1988 n. 53.

33. Decreto Ministeriale 20 maggio 1991. *Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria*. G.U. 31.5.1991 n. 126.
34. Decreto Ministeriale 6 maggio 1992. *Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio*. G.U. 14.5.1992 n. 111.
35. Decreto Ministeriale 12 novembre 1992. *Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria*. G.U. 8.11.1992 n. 272.
36. Decreto Ministeriale 15 aprile 1994. *Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'articolo 9 del Decreto Ministeriale 20 maggio 1991*. G.U. 10.5.1994 n. 107.
37. Decreto Ministeriale 25 novembre 1994. *Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al Decreto Ministeriale 15 aprile 1994*. SUPPL. ORD. G.U. 13.12.1994 n. 290.
38. Decreto Ministeriale 27 marzo 1998. *Mobilità sostenibile nelle aree urbane*. G.U. 03.8.1998 n. 179.
39. Decreto Ministeriale 21 aprile 1999. *Individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione*.
40. Decreto Legislativo 04 agosto 1999 n. 351. *Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*.
41. Direttiva CEE 27 settembre 1996 n. 62. *Direttiva in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente*.
42. Direttiva CEE 22 aprile 1999 n. 30.
43. Direttiva CEE 16 novembre 2000 n. 69. *Direttiva concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente*.

APPENDICE 1: Stima delle emissioni da traffico veicolare con applicazione della metodologia COPERT III nel Comune di Venezia

STIMA DELLE EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE CON APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA COPERT III NEL COMUNE DI VENEZIA.

A cura dell' Osservatorio Regionale Aria

A. Benassi, F. Liguori, K. Lorenzet, G. Maffeis, S. Pillon, L. Susanetti

Premessa

La presente appendice è strutturata nel modo seguente:

- 1.1** Metodologia COPERT III per la stima delle emissioni da traffico veicolare (programma di calcolo proposto dall'EEA)
- 1.2** Costruzione base dati di traffico per l'applicazione della metodologia COPERT III:
 - 1.2.1* *Analisi dati di traffico in Comune di Venezia (fonte del dato: Comune di Venezia, Direzione Centrale Sviluppo del Territorio e Mobilità, Ufficio Mobilità)*
 - 1.2.2* *Analisi del parco veicolare immatricolato in Provincia di Venezia (fonte del dato: ACI – ANCMA)*
- 1.3** Le emissioni stimate per l'area urbana di Venezia
- 1.4** Individuazione delle aree sensibili
- 1.5** Considerazioni finali

Bibliografia

1.1. Metodologia COPERT III per la stima delle emissioni da traffico veicolare

Per la stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporto stradale è stata utilizzata la metodologia COPERT (*COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic*) versione III, applicata con esito positivo nelle Relazioni Annuali sulla Qualità dell'Aria dei Comuni di Padova e Venezia, relative agli anni 1999 e 2000. Tale attività è finalizzata ad individuare gli archi stradali che presentano il maggiore carico emissivo, al fine di supportare le Amministrazioni Comunali nell'individuazione di politiche di intervento orientate a ridurre l'inquinamento atmosferico mediante interventi sulla circolazione stradale, così come previsto dal DM 163/99.

La metodologia COPERT III è proposta e consigliata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente come strumento per la valutazione delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR (CORINAIR, 1998; EMEP/CORINAIR, 1999), che prevede la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni prodotte da 11 Macrosettori, di cui uno relativo ai trasporti stradali. La versione COPERT III (Ntziachristos & Samaras, 1999) aggiorna ed integra la precedente versione COPERT II.

La metodologia parte dal concetto che il *fattore di emissione* di un veicolo, ovvero la quantità di inquinante emesso, dipenda da una serie di variabili:

- categoria del veicolo (autovetture passeggeri, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, ciclomotori e motoveicoli, bus e pullman)
- tipo di combustibile utilizzato (benzina, gasolio, GPL);
- anno di immatricolazione (in relazione alle normative europee che introducono dispositivi di riduzione delle emissioni);
- cilindrata (per auto e veicoli a 2 ruote) e peso complessivo (per i veicoli commerciali);
- regime medio di conduzione del veicolo (in area urbana, in ambito rurale, in autostrade o strade a grande velocità);
- velocità media di percorrenza;
- consumi di combustibile;
- condizioni climatiche (temperatura ambiente).

La metodologia COPERT distingue le *emissioni totali* prodotte da veicoli stradali considerando due principali componenti emissive:

1) *emissioni da combustione*:

- emissioni a caldo (*hot emission*) prodotte dai veicoli in marcia con funzionamento del motore a regime normale (temperatura = 90°C circa);
- emissioni a freddo (*cold over-emission*) originate dai veicoli in marcia durante la fase di riscaldamento del veicolo;

2) *emissioni evaporative*, che si verificano soli per i COV, da cui si derivano quelle per il Benzene, distinte in:

- diurne, da veicolo spento a motore freddo;
- *hot soak*, da veicolo caldo appena spento;
- *running losses*, da veicolo in marcia.

Rispetto alla versione precedente la metodologia COPERT III introduce un'ulteriore componente che contribuisce all'emissione totale:

- *emissioni a caldo degradate*, calcolate dalle emissioni a caldo moltiplicate per un coefficiente di degradazione, determinato dall'età del veicolo e dalla percorrenza media; tale componente considera la degradazione della marmitta catalitica (e quindi l'incremento delle emissioni dovute all'invecchiamento dei veicoli catalizzati).

Ulteriori variazioni sono:

- la definizione di fattori di emissioni a freddo dipendenti da intervalli di velocità di marcia, come per le emissioni da combustione a caldo;
- il perfezionamento delle formule di calcolo dei fattori di emissione;
- la classificazione dei veicoli in 105 classi COPERT (rispetto alle 85 della versione precedente) per l'introduzione delle specifiche classi veicolari soggette a Regolamento Legislativo Europeo Euro IV (da immatricolarsi dopo il 2005) ed Euro V (da immatricolarsi dopo il 2008).

Nella seguente tabella sono riassunti: le 105 classi della metodologia COPERT III, la suddivisione delle categorie veicolari in funzione dell'alimentazione, della cilindrata o del peso nel caso di veicoli commerciali, i corrispondenti Regolamenti Europei di riduzione delle emissioni (dipendenti dall'anno di immatricolazione del veicolo).

| CLASSE COPERT III | CATEGORIA VEICOLARE | ALIMENTAZIONE- CILINDRATA- PESO | RIFERIMENTO LEGISLATIVO EUROPEO | IMMATRICOLAZIONE | |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|--------|
| | | | | da | a |
| 1 | AUTOVETTURE | Benzina <1,4 l | PRE ECE | 1900 | 1971 |
| 2 | | Benzina <1,4 l | ECE 15/00-01 | 1972 | 1977 |
| 3 | | Benzina <1,4 l | ECE 15/02 | 1978 | 1980 |
| 4 | | Benzina <1,4 l | ECE 15/03 | 1981 | 1984 |
| 5 | | Benzina <1,4 l | ECE 15/04 | 1985 | 1992 |
| 6 | | Benzina <1,4 l | Improved Conventional | - | - |
| 7 | | Benzina <1,4 l | Open Loop | - | - |
| 8 | | Benzina <1,4 l | Euro I - 91/441/EEC | 1993 | 1996 |
| 9 | | Benzina <1,4 l | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 |
| 10 | | Benzina <1,4 l | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 |
| 11 | | Benzina <1,4 l | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi |
| 12 | | Benzina 1,4 - 2,0l | PRE ECE | 1900 | 1971 |
| 13 | | Benzina 1,4 - 2,0l | ECE 15/00-01 | 1972 | 1977 |
| 14 | | Benzina 1,4 - 2,0l | ECE 15/02 | 1978 | 1980 |
| 15 | | Benzina 1,4 - 2,0l | ECE 15/03 | 1981 | 1984 |
| 16 | | Benzina 1,4 - 2,0l | ECE 15/04 | 1985 | 1992 |
| 17 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Improved Conventional | - | - |
| 18 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Open Loop | - | - |
| 19 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Euro I - 91/441/EEC | 1993 | 1996 |
| 20 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 |
| 21 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 |
| 22 | | Benzina 1,4 - 2,0l | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi |

| CLASSE COPERT III | CATEGORIA VEICOLARE | ALIMENTAZIONE CILINDRATA-PESO | RIFERIMENTO LEGISLATIVO EUROPEO | IMMATRICOLAZIONE | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------|------|
| | | | | da | a | |
| 23 | AUTOVETTURE | Benzina >2,0l | PRE ECE | 1900 | 1971 | |
| 24 | | Benzina >2,0l | ECE 15/00-01 | 1972 | 1977 | |
| 25 | | Benzina >2,0l | ECE 15/02 | 1978 | 1980 | |
| 26 | | Benzina >2,0l | ECE 15/03 | 1981 | 1984 | |
| 27 | | Benzina >2,0l | ECE 15/04 | 1985 | 1992 | |
| 28 | | Benzina >2,0l | Euro I - 91/441/EEC | 1993 | 1996 | |
| 29 | | Benzina >2,0l | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 | |
| 30 | | Benzina >2,0l | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 | |
| 31 | | Benzina >2,0l | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi | |
| 32 | | Diesel <2,0l | Conventional + ECE 15/04 | 1900 | 1992 | |
| 33 | | Diesel <2,0l | Euro I - 91/441/EEC | 1992 | 1996 | |
| 34 | | Diesel <2,0l | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 | |
| 35 | | Diesel <2,0l | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 | |
| 36 | | Diesel >2,0l | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi | |
| 37 | | Diesel >2,0l | Conventional + ECE 15/04 | 1900 | 1992 | |
| 38 | | Diesel >2,0l | Euro I - 91/441/EEC | 1993 | 1996 | |
| 39 | | Diesel >2,0l | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 | |
| 40 | | Diesel >2,0l | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 | |
| 41 | | Diesel >2,0l | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi | |
| 42 | | GPL | Conventional | 1900 | 1992 | |
| 43 | | GPL | Euro I - 91/441/EEC | 1993 | 1996 | |
| 44 | | GPL | Euro II - 94/12/EC | 1997 | 2000 | |
| 45 | | GPL | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2004 | |
| 46 | | GPL | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2005 | in poi | |
| 47 | | 2-Stoke | Conventional | 1900 | in poi | |
| 48 | | VEICOLI COMMERCIALI LEGGERI | Benzina <3,5t | Conventional | 1900 | 1992 |
| 49 | | | Benzina <3,5t | Euro I - 93/59/EEC | 1993 | 1996 |
| 50 | Benzina <3,5t | | Euro II - 96/69/EC | 1997 | 2000 | |
| 51 | Benzina <3,5t | | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2005 | |
| 52 | Benzina <3,5t | | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2006 | in poi | |
| 53 | Diesel <3,5t | | Conventional | 1900 | 1992 | |
| 54 | Diesel <3,5t | | Euro I - 93/59/EEC | 1993 | 1996 | |
| 55 | Diesel <3,5t | | Euro II - 96/69/EC | 1997 | 2000 | |
| 56 | Diesel <3,5t | | Euro III - 98/69/EC Stage 2000 | 2001 | 2005 | |
| 57 | Diesel <3,5t | | Euro IV - 98/69/EC Stage 2005 | 2006 | in poi | |
| 58 | VEICOLI COMMERCIALI PESANTI | Benzina >3,5t | Conventional | 1900 | in poi | |
| 59 | | Diesel <7,5t | Conventional (ECE 49) | 1900 | 1991 | |
| 60 | | Diesel <7,5t | Euro I - 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 | |
| 61 | | Diesel <7,5t | Euro II - 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 | |
| 62 | | Diesel <7,5t | Euro III - COM (97) 627 | 2001 | 2005 | |
| 63 | | Diesel <7,5t | Euro IV - COM (1998) 776 | 2006 | 2008 | |
| 64 | | Diesel <7,5t | Euro V - COM (1998) 776 | 2008 | in poi | |
| 65 | | Diesel 7,5 - 16t | Conventional | 1900 | 1991 | |
| 66 | | Diesel 7,5 - 16t | 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 | |
| 67 | | Diesel 7,5 - 16t | 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 | |
| 68 | | Diesel 7,5 - 16t | Euro III - COM (97) 627 | 2001 | 2005 | |
| 69 | | Diesel 7,5 - 16t | Euro IV - COM (1998) 776 | 2006 | 2008 | |
| 70 | | Diesel 7,5 - 16t | Euro V - COM (1998) 776 | 2008 | in poi | |

| CLASSE COPERT III | CATEGORIA VEICOLARE | ALIMENTAZIONE- CILINDRATA- PESO | RIFERIMENTO LEGISLATIVO EUROPEO | IMMATRICOLAZIONE | |
|-------------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|--------|
| | | | | da | a |
| 71 | VEICOLI COMMERCIALI AUTO- ARTICOLATI | Diesel 16-32t | Conventional | 1900 | 1991 |
| 72 | | Diesel 16-32t | 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 |
| 73 | | Diesel 16-32t | 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 |
| 74 | | Diesel 16-32t | Euro III – COM (97) 627 | 2001 | 2005 |
| 75 | | Diesel 16-32t | Euro IV – COM (1998) 776 | 2006 | 2008 |
| 76 | | Diesel 16-32t | Euro V – COM (1998) 776 | 2008 | in poi |
| 77 | | Diesel >32t | Conventional | 1900 | 1991 |
| 78 | | Diesel >32t | 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 |
| 79 | | Diesel >32t | 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 |
| 80 | | Diesel >32t | Euro III – COM (97) 627 | 2001 | 2005 |
| 81 | | Diesel >32t | Euro IV – COM (1998) 776 | 2006 | 2008 |
| 82 | | Diesel >32t | Euro V – COM (1998) 776 | 2008 | in poi |
| 83 | BUS URBANI | Diesel | Conventional | 1900 | 1991 |
| 84 | | Diesel | 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 |
| 85 | | Diesel | 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 |
| 86 | | Diesel | Euro III – COM (97) 627 | 2001 | 2005 |
| 87 | | Diesel | Euro IV – COM (1998) 776 | 2006 | 2008 |
| 88 | | Diesel | Euro V – COM (1998) 776 | 2008 | in poi |
| 89 | PULLMAN | Diesel | Conventional | 1900 | 1991 |
| 90 | | Diesel | 91/542/EEC Stage I | 1992 | 1995 |
| 91 | | Diesel | 91/542/EEC Stage II | 1996 | 2000 |
| 92 | | Diesel | Euro III – COM (97) 627 | 2001 | 2005 |
| 93 | | Diesel | Euro IV – COM (1998) 776 | 2006 | 2008 |
| 94 | | Diesel | Euro V – COM (1998) 776 | 2008 | in poi |
| 95 | CICLOMOTORI | <50cm ³ | Conventional | 1900 | 1998 |
| 96 | | <50cm ³ | 97/24/EC Stage I | 1999 | 2000 |
| 97 | | <50cm ³ | 97/24/EC Stage II | 2001 | in poi |
| 98 | MOTOVEICOLI | 2 Tempi >50cm ³ | Conventional | 1900 | 1998 |
| 99 | | 2 Tempi >50cm ³ | 97/24/EC | 1999 | in poi |
| 100 | | 4 Tempi 50 - 250cm ³ | Conventional | 1900 | 1998 |
| 101 | | 4 Tempi 50 - 250cm ³ | 97/24/EC | 1999 | in poi |
| 102 | | 4 Tempi 250 - 750cm ³ | Conventional | 1900 | 1998 |
| 103 | | 4 Tempi 250 - 750cm ³ | 97/24/EC | 1999 | in poi |
| 104 | | 4 Tempi >750cm ³ | Conventional | 1900 | 1998 |
| 105 | | 4 Tempi >750cm ³ | 97/24/EC | 1999 | in poi |

L'Osservatorio Regionale Aria dell'ARPAV ha tradotto la metodologia COPERT III in un apposito programma sviluppato in codice FORTRAN, che calcola le emissioni per i seguenti inquinanti: CO, COV, NO_x, Benzene, PTS, PM₁₀.

La metodologia COPERT III stima solo le polveri totali (PTS). Si ricorda, inoltre, come la metodologia COPERT III non consideri le emissioni di polveri PTS dai veicoli a benzina¹.

Vista la rilevanza sanitaria delle polveri fini (PM₁₀) il codice FORTRAN è stato implementato per il calcolo di tale componente. Si è assunto da dati di letteratura che circa il 96% delle polveri emesse dal traffico veicolare siano polveri fini.

¹ Le ultime linee di ricerca in materia sembrerebbero voler quantificare questo contributo alle emissioni di polveri, probabilmente non trascurabile.

Il dettaglio sui dati di emissione è dato per categoria veicolare, per intervallo orario e per arco stradale.

I *dati in input* al programma sono:

- identificativo degli archi della rete stradale urbana e corrispondenti lunghezze (in metri);
- numero di categorie veicolari considerate;
- assegnazione delle 105 classi Copert alle categorie veicolari considerate;
- volumi e velocità di marcia (orari) per categoria veicolare, per arco stradale;
- parco veicolare circolante (fonte ACI) a livello provinciale per il calcolo delle emissioni totali, e a livello comunale per il calcolo delle emissioni evaporative;
- temperatura minima, media e massima giornaliera;

i *dati di output* sono i seguenti:

- emissioni di ciascun inquinante per categoria veicolare, espresse come densità lineare (g/Km) o come totale (grammi), per ogni arco della rete stradale considerata;
- emissioni di ciascun inquinante e di ogni categoria veicolare per intervallo temporale orario (di cui è stato fornito il dato di flusso e velocità), e di conseguenza come totale giornaliero;
- emissioni di ciascun inquinante e di ogni categoria veicolare per intervallo temporale orario, specifico per contributo emissivo: emissione totale, emissione da combustione a caldo (comprensiva dell'emissione a caldo degradata), emissione da combustione a freddo, emissioni evaporative in marcia (running losses);
- emissioni evaporative da veicolo fermo (diurnal e hot soak) per COV e benzene, per ogni categoria veicolare (Kg/giorno).

I risultati dell'applicazione all'area urbana di Venezia sono descritti al paragrafo 1.3.

1.2. Costruzione base dati di traffico per l'applicazione della metodologia COPERT III

1.2.1 Analisi dati di traffico in Comune di Venezia

I *dati di origine* per la ricostruzione del traffico veicolare nell'intero territorio comunale sono stati forniti dal Comune di Venezia, Direzione Centrale Sviluppo del Territorio e Mobilità, Ufficio Mobilità, relativamente all'output del *modello di traffico* utilizzato.

Si accenna brevemente ai *modelli di assegnazione o di simulazione*, in quanto costituiscono l'origine del dato utilizzato nella presente applicazione.

Si tratta di strumenti diversi dalle apparecchiature fisse o mobili, che contano automaticamente i volumi di traffico in un determinato arco stradale, in quanto non sono in grado di fornire conteggi reali ma *dati simulati*.

Un modello utilizza i seguenti *dati di input*:

- grafo stradale;
- matrice origine/destinazione degli spostamenti (detta O/D), ricavata dagli spostamenti dichiarati dalla popolazione residente nel Censimento Generale della Popolazione (fonte ISTAT);
- valori di flussi di traffico noti, per le sezioni in cui si sono effettuati i rilievi;
- procedure di assegnazione delle entità veicolari, come valore percentuale, a tutti gli archi del grafo, estendendo l'informazione alla rete stradale complessiva.

Un modello si dice "*calibrato*" quando i valori di flusso noti permettono di ottenere, come output dell'assegnazione, dati simulati ma comunque in grado di determinare valori che si discostano minimamente da quelli reali (in valore percentuale).

Quando questo non è possibile, ed il modello si dice "*non calibrato*", si ottiene un valore in difetto o in eccesso rispetto al valore reale, dovuto ad un margine di errore attribuito a tutti gli archi del grafo.

Per questo motivo un corretto uso dello strumento prevede che regolarmente venga verificata la "calibratura" del modello e che la matrice origine/destinazione (realizzata a cadenza decennale) sia aggiornata con i flussi veicolari realmente conteggiati.

Per *grafo stradale* si intende il supporto grafico-spaziale di riferimento per l'organizzazione dei dati di traffico. Il termine esprime la rappresentazione grafica della viabilità totale del contesto di riferimento; molte volte è un disegno fedele che ricalca il profilo geometrico delle strade, altre volte è una semplificazione della rete viaria ottenuta collegando in linea retta punti rappresentativi dello spazio di riferimento, corrispondenti a elementi caratteristici della rete (ad esempio un incrocio stradale).

Il grafo stradale è definito dall'insieme di due elementi: *nodi* e *archi*. I nodi sono i punti posti in corrispondenza dell'intersezione di due o più strade o alle estremità delle stesse, gli archi sono i segmenti che collegano due nodi (si parla di arco "x" che va dal nodo "A" al nodo "B").

Gli elementi (archi o vie) che costituiscono il grafo stradale vengono analizzati e corredati di una serie di informazioni (attributi), che concorrono a formare il supporto informativo (o la banca dati).

L'Ufficio Mobilità del Comune di Venezia utilizza il modello di traffico EMME/2.

EMME/2 (*Transportation Planning Software: Modelling and Analysis Features*, di INRO Consultants Inc., Canada) è un sistema di pianificazione multimodale di trasporto che fornisce gli strumenti per la modellizzazione della domanda di trasporto, dell'offerta di trasporto e della loro interazione (modelli di assegnazione). La caratteristica saliente del modello è la capacità di giungere ad una assegnazione in condizioni di equilibrio multimodale, cioè simulando una situazione reale comprendente la totalità dei servizi di trasporto esistente sul territorio in esame (trasporto pubblico e privato, traffico commerciale pesante, etc., fino a 30 diverse modalità di trasporto).

Il modello EMME/2 utilizzato dal Comune di Venezia si avvale dei flussi di traffico della matrice Origine/Destinazione (matrice da Censimento Generale ISTAT 1991) integrata e completata negli archi vuoti (senza misure) con dati rilevati e conoscenze d'ufficio.

Il modello è detto *modello di "equilibrio"*, in quanto normalizzato sulle distanze (non sui costi), prevede cioè di impiegare lo stesso tempo "x" nel percorrere un arco di qualsiasi lunghezza.

Lo scenario fornito per la stima delle emissioni è l'ora di punta mattutina (ore 7.30-8.30); le classi veicolari considerate sono 2: leggeri (automobili e veicoli commerciali leggeri) e pesanti (compresi gli autoarticolati); non sono, invece, conteggiati moto e autobus; sono compresi i dati relativi alle velocità medie di percorrenza per arco stradale e non suddivise per tipologia veicolare.

Al fine dell'applicazione della metodologia COPERT III sono stati estratti dal modello *esclusivamente i dati richiesti in input al programma di calcolo delle emissioni*, quindi non è stato necessario svolgere un'analisi sulla situazione della mobilità e sui problemi del traffico.

Per approfondire tali aspetti, nonché le analisi delle componenti e modalità di trasporto, la distribuzione dei flussi di traffico, la definizione dei livelli di congestione o dei livelli di incidentalità stradale, si rimanda allo strumento proprio della pianificazione urbana: il Piano Generale del Traffico Urbano (P.G.T.U.) tutt'ora vigente.²

Riassumendo i dati di origine, forniti dal Comune di Venezia per questa specifica elaborazione, sono i seguenti:

- Grafo della rete stradale (983 archi stradali, per un totale di 420 Km circa) rappresentante la viabilità urbana ed extraurbana;
- Caratteristiche del "grafo orientato" (o "direzionale"), cioè insieme di archi orientati (caratterizzati da coppie di nodi con coordinate metriche "x,y" detti per questo "nodo iniziale" e "nodo finale"), rappresentanti le due direzioni di marcia o una singola direzione per i sensi unici;

² Vedi bibliografia.

- Flussi di traffico in ora di punta (ore 7.30-8.30) suddivisi in: auto, moto, furgoni, (disaggregati dalla classe “leggeri” del modello) e pesanti (corrispondenti alla classe “pesanti” del modello);
- Percentuale di suddivisione dei flussi della categoria “Pesanti” in: “Pesanti” e “Bus”;
- Percentuale di attribuzione dei flussi della categoria “moto” e “Bus” su alcuni archi di scorrimento (Tangenziale, Autostrada A4);
- Percentuale di attribuzione dei flussi della categoria “Pesanti” in archi di elevata concentrazione (SS. Romea);
- Percentuale di attribuzione dei flussi della categoria “Bus” in archi di elevata concentrazione (Piazza Barche e Ponte della Libertà);
- Velocità medie di percorrenza per arco stradale, indifferenziate per tutte le categorie.

L’obiettivo dell’elaborazione è stato la creazione di una base dati di traffico adeguata all’applicazione della metodologia COPERT III per la stima delle emissioni da traffico veicolare nell’area urbana di Venezia. Tale metodologia, descritta al paragrafo precedente, richiede in input una serie di informazioni tra le quali è fondamentale la definizione del concetto di *PERCORRENZA*, definita come il *prodotto tra numero di veicoli conteggiati in un arco stradale per la lunghezza dell’arco* medesimo:

$$\text{Percorrenza} = \text{veicoli} * \text{Km}$$

Le emissioni di inquinanti emesse dal traffico veicolare sono calcolate come prodotto tra le Percorrenze delle diverse categorie veicolari e gli specifici fattori di emissione (unità di misura g/Km), a loro volta definiti come l’emissione media di un veicolo che percorre un Km:

$$\text{Emissione (g)} = \text{Percorrenza (Km)} * \text{fattore di emissione (g/Km)}$$

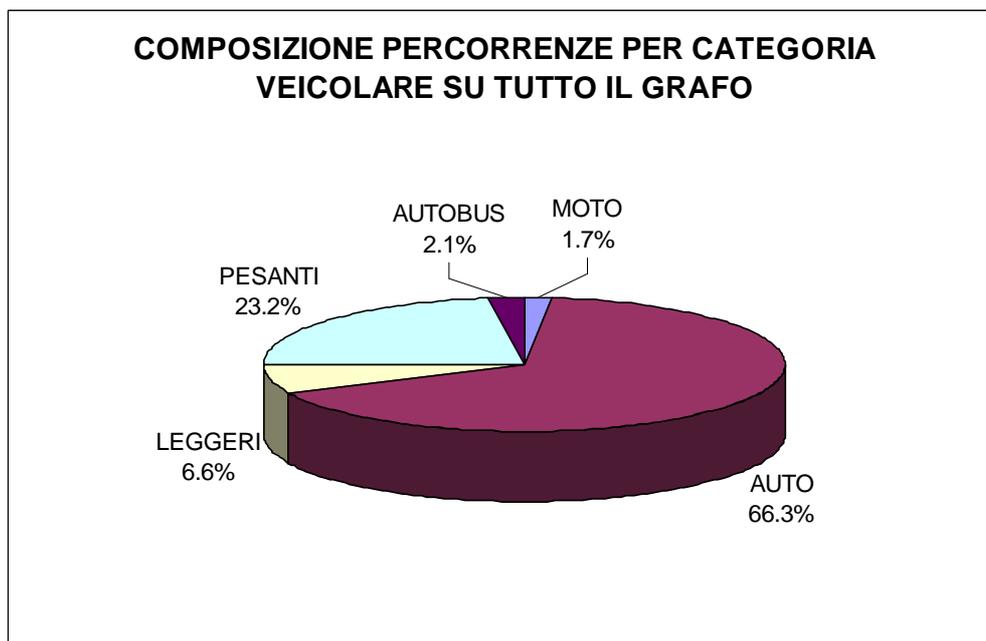
I *risultati* dell’elaborazione sono i seguenti:

- Scenario di riferimento: ora di punta 7.30-8.30;
- Suddivisione di tutti gli archi del grafo stradale nelle 2 direzioni di marcia;
- Percorrenze per categoria veicolare su tutto il grafo;
- Flussi di traffico, calcolati a partire dalle percorrenze, per arco stradale e per categoria veicolare: moto, auto, leggeri, pesanti, autobus.

Nella tabella seguente si riassumono le *Percorrenze per ogni categoria veicolare*, calcolate nella lunghezza totale del grafo (circa 420 Km).

| PERCORRENZE PER CATEGORIA VEICOLARE SU TUTTO IL GRAFO (esprese in Km) | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|---------------|
| in ora di punta 7.30-8.30 | | | | | |
| MOTO | AUTO | LEGGERI | PESANTI | AUTOBUS | TOTALE |
| 6916 | 266290 | 26532 | 93206 | 8619 | 401565 |
| <i>suddivisione percentuale</i> | | | | | |
| MOTO | AUTO | LEGGERI | PESANTI | AUTOBUS | TOTALE |
| 1.7 | 66.3 | 6.6 | 23.2 | 2.1 | 100 |

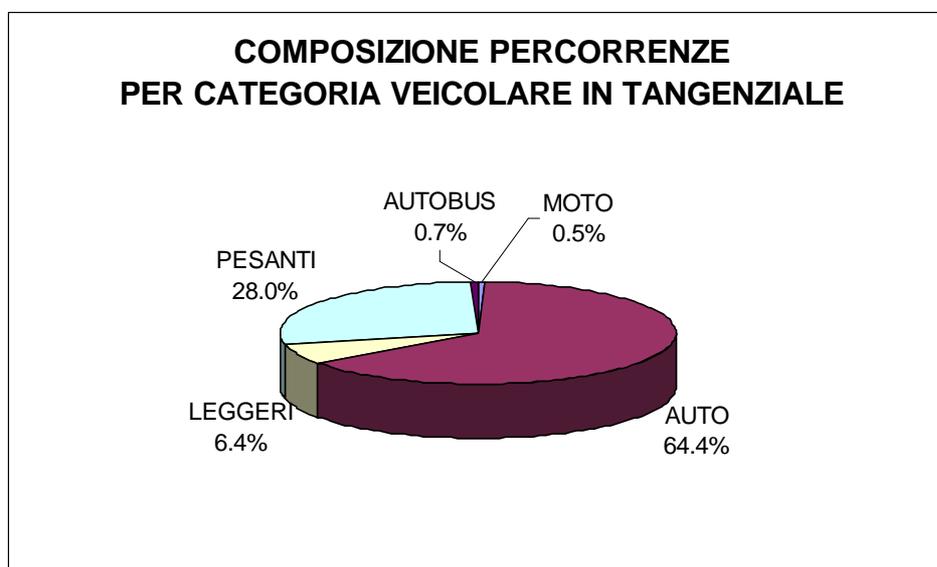
Nell'ora di punta mattutina, sulla viabilità urbana ed extraurbana del grafo, vengono percorsi da tutti i veicoli in totale 400.000 Km. La suddivisione percentuale delle *percorrenze per categorie veicolari* è rappresentata nel grafico seguente.



Visto il consistente peso della TANGENZIALE di Mestre nell'intera viabilità comunale, sono state eseguite analoghe elaborazioni relative ai soli archi della Tangenziale.

In questo caso le Percorrenze sono calcolate sulla lunghezza degli archi del grafo che la rappresentano (circa 16 Km in quanto somma degli archi nelle 2 direzioni di marcia, pari a circa 8 Km ciascuna) e non sulla lunghezza reale della Tangenziale (circa 8 Km).

| PERCORRENZE PER CATEGORIA VEICOLARE NELLA TANGENZIALE (esprese in Km) | | | | | |
|--|-------|---------|---------|---------|--------------|
| in ora di punta 7.30-8.30 | | | | | |
| MOTO | AUTO | LEGGERI | PESANTI | AUTOBUS | TOTALE |
| 297 | 38360 | 3822 | 16642 | 411 | 59531 |
| <i>suddivisione percentuale</i> | | | | | |
| MOTO | AUTO | LEGGERI | PESANTI | AUTOBUS | TOTALE |
| 0.5 | 64.4 | 6.4 | 28.0 | 0.7 | 100 |



I risultati delle elaborazioni relative ai *flussi di traffico calcolati a partire dalle percorrenze*, per arco stradale ed espressi come totale delle singole categorie veicolari (moto, auto, leggeri, pesanti, autobus) sono proposti anche in specifiche tavole tematiche in allegato:

- Tav.3: Grafo della rete stradale urbana;
- Tav.4: Flussi di traffico - direzione 1- in ora di punta 7.30-8.30;
- Tav.5: Flussi di traffico - direzione 2- in ora di punta 7.30-8.30.

La disponibilità del dato di traffico nelle due direzioni di marcia (o in una singola direzione per i sensi unici) ha portato alle rappresentazioni distinte della “direzione 1” e della “direzione 2”.

I flussi di traffico relativi alla “direzione 1” vedono le percorrenze maggiori in corrispondenza di tutta la Tangenziale, del tratto Autostradale A4 Venezia-Padova (verso il casello di Mestre), di Via della Libertà (nel tratto della Rampa Rizzardi), come rappresentato graficamente in Tav.4.

I flussi di traffico relativi alla “direzione 2” vedono le percorrenze maggiori in corrispondenza del tratto di Tangenziale tra l’incrocio con la S.S. 14 bis (Via Martiri della Libertà) e il casello di Venezia Est (del tratto Autostradale A4 Venezia-Trieste), come rappresentato graficamente in Tav.5.

1.2.2 Il Parco veicolare immatricolato in Provincia di Venezia

Il parco veicolare immatricolato è utilizzato ai fini di assegnare i veicoli circolanti nell’area urbana alle 105 categorie emissive definite nell’ambito della metodologia COPERT III.

Per la tipologia dei veicoli circolanti nel territorio urbano di Venezia si considera il parco veicolare immatricolato fornito dall’ACI (*Automobile Club Italia*) a livello provinciale (dato 1999).

L’ACI può fornire tali dati in riferimento a due entità territoriali distinte: Comune o Provincia, consentendo in tal modo di ricostruire l’entità e la tipologia dei veicoli immatricolati rispetto a queste due scale spaziali.

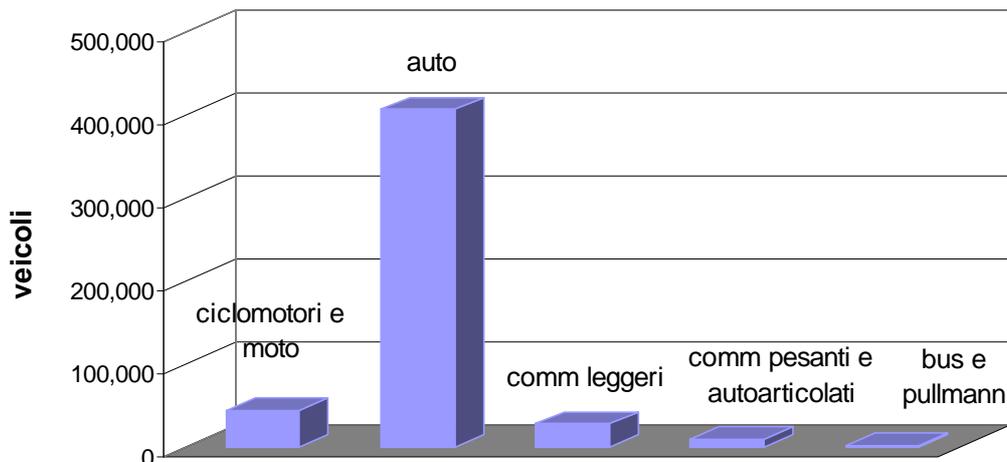
Dall’analisi della conformazione urbanistico-territoriale, viabilistica e socio-economica dell’area di studio, emerge una realtà di interscambi commerciali ed occupazionali che sconfinava l’ambito comunale giungendo a comprendere buona parte del territorio provinciale. Sulla base di queste considerazioni il dato di riferimento utilizzato è il Parco veicolare immatricolato nella Provincia di Venezia.

Il dato registrato dall’ACI non comprende il numero di ciclomotori in circolazione (in quanto di competenza delle Motorizzazioni Provinciali), è stato quindi elaborato il dato estratto dalla banca dati dell’ANCMA (*Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori*).

Il totale veicoli immatricolati in Provincia di Venezia al 1999 è di 489.368 mezzi, con la seguente suddivisione in categorie veicolari:

- ciclomotori e moto 9%;
- auto 83%;
- commerciali leggeri 5.6%;
- commerciali pesanti e autoarticolati 2%;
- bus e pullman 0.4%.

Parco Circolante ACI 1999

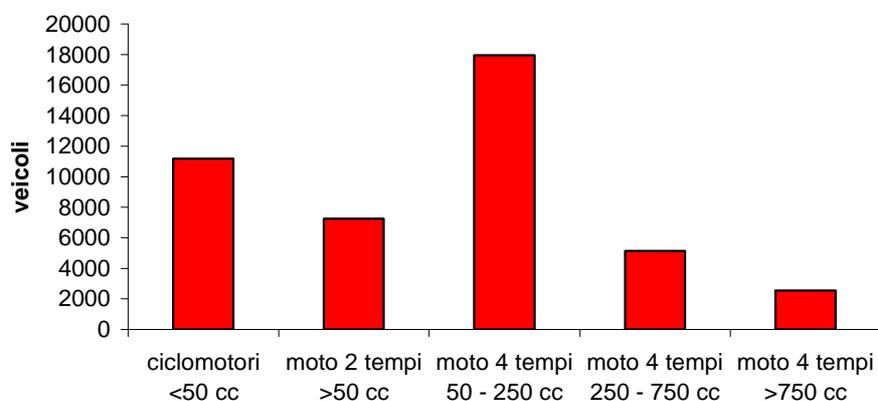


Per la definizione dei fattori di emissione secondo la metodologia COPERT, i veicoli immatricolati (suddivisi per tipologie veicolari) sono classificati in funzione delle caratteristiche del veicolo quali alimentazione, anno di immatricolazione, cilindrata.

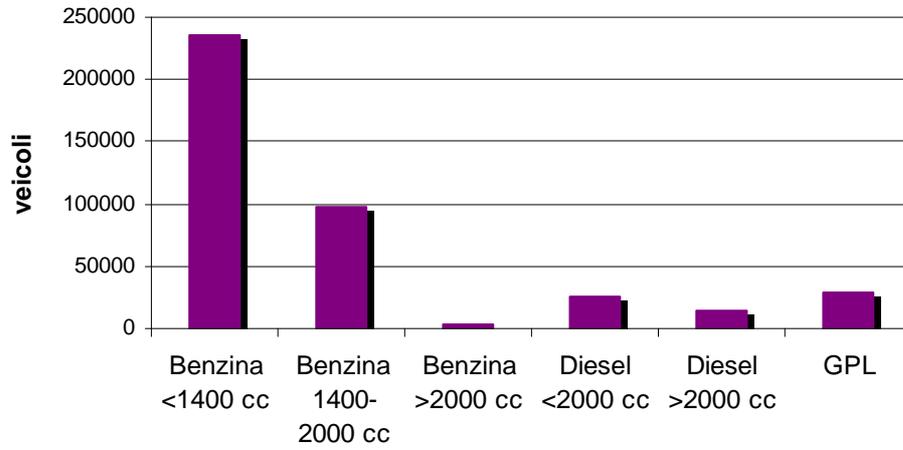
Il quadro della provincia di Venezia, derivante dalla classificazione sopra esposta è riassunto nei grafici seguenti, suddiviso in:

- parco ciclomotori e moto;
- parco autovetture;
- parco veicoli commerciali leggeri;
- parco veicoli commerciali pesanti-autoarticolati, bus e pullman.

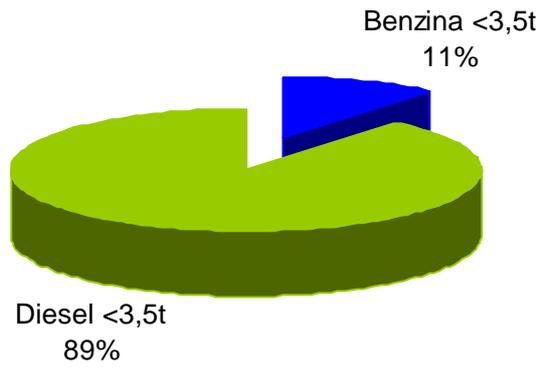
Parco ciclomotori e moto



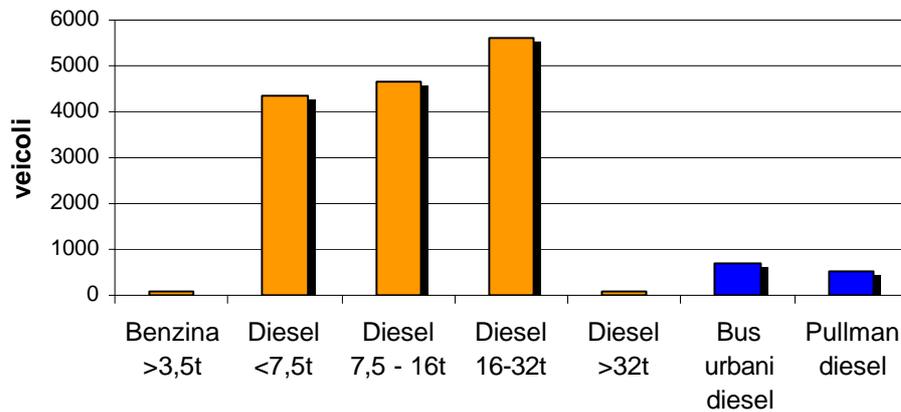
Parco autovetture



Parco veicoli commerciali leggeri



Parco veicoli commerciali pesanti-autoarticolati, bus e pullmann



Il parco veicolare immatricolato viene successivamente analizzato in funzione dell'anno di immatricolazione dei veicoli, al fine di definire lo stato di anzianità dei mezzi (ricavato dall'anno di immatricolazione) e stabilire l'ammontare dei mezzi conformi ai regolamenti legislativi europei di riduzione delle emissioni (Euro I-Euro II).

La tabella seguente riassume la suddivisione dei veicoli totali in: convenzionali (non catalizzati) e catalizzati.

| Classe veicolare | Convenzionali | | Catalizzati | | totale |
|---|---------------|-----------|---------------|-----------|------------|
| | n° veicoli | % | n° veicoli | % | % |
| <i>Ciclomotori e moto</i> | 35282 | 80 | 8809 | 20 | 100 |
| <i>Auto</i> | 194431 | 48 | 212377 | 52 | 100 |
| <i>Commerciali leggeri</i> | 18222 | 66 | 9391 | 34 | 100 |
| <i>Commerciali pesanti e Autoarticolati</i> | 7205 | 76 | 2322 | 24 | 100 |
| <i>Bus e pullmann</i> | 1100 | 83 | 229 | 17 | 100 |
| Totale | 256240 | 52 | 233128 | 48 | 100 |

La situazione complessiva del parco veicolare relativo alla Provincia di Venezia è la seguente:

- 52% convenzionale (o non catalizzato);
- 48% catalizzato (o non convenzionale).

Infine la tabella riporta i veicoli totali suddivisi esclusivamente per tipo di combustibile usato come alimentazione:

- benzina;
- diesel;
- GPL.

| Tipo di alimentazione | Conventional % | Catalizzati % | Totale % |
|-----------------------|----------------|---------------|----------|
| benzina | 57 | 43 | 100 |
| diesel | 51 | 49 | 100 |
| GPL | 0 | 100 | 100 |

Complessivamente si osserva che i veicoli convenzionali sono, in valore percentuale, maggiori dei veicoli catalizzati.

1.3. Le emissioni stimate per l'area urbana di Venezia;

Come prima analisi dei risultati dell'applicazione della metodologia all'area urbana del Comune di Venezia, vengono presentati alcuni grafici relativi all'andamento dei *fattori medi di emissione* delle seguenti categorie veicolari:

- ciclomotori e moto³,
- autovetture,
- veicoli commerciali leggeri,
- veicoli commerciali pesanti e autoarticolati⁴,
- autobus.

Per *fattore medio di emissione* si intende il quantitativo di inquinante emesso per un Km percorso da un singolo veicolo della categoria veicolare considerata. Tale valore medio viene ottenuto dividendo l'emissione totale della categoria veicolare considerata (sommata sugli archi) per la percorrenza totale (sommata sugli archi) di quella stessa categoria. Esso quindi rappresenta il fattore di emissione (in g/Km) di un "veicolo medio" di quella categoria, su di un percorso con condizioni di velocità medie.

Come componenti emissive vengono considerate le emissioni: da combustione, a caldo (comprese le degradate) e a freddo, e delle emissioni evaporative di tipo *running*.

I grafici si riferiscono al parco veicolare immatricolato nella Provincia di Venezia, avente le seguenti caratteristiche:

- 52% veicoli convenzionali (non catalizzati), dei quali
 - il 40% autovetture
 - il 12% altri veicoli;
- 48% veicoli catalizzati, dei quali
 - il 43% autovetture
 - il 5% altri veicoli.

Le temperature considerate per il giorno di scenario (giorno tipo del semestre freddo) per cui sono state stimate le emissioni, sono le seguenti:

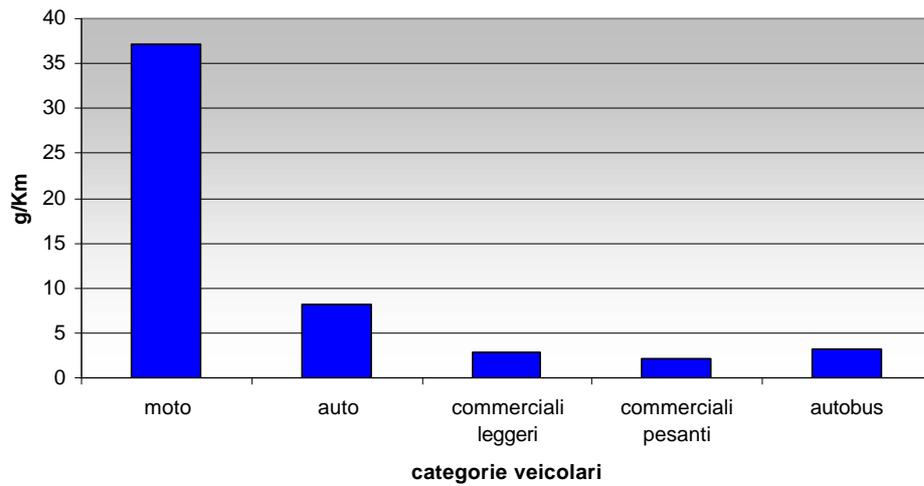
- minima: 7.6°C;
- media: 8.2°C;
- massima: 11.6°C.

Seguono i grafici relativi ai fattori medi di emissione (espressi in g/Km) di CO, COV, NO_x, Benzene, PTS, PM₁₀, per categorie veicolari. Si sottolinea che tali fattori sono specifici dei veicoli circolanti nell'area urbana veneziana.

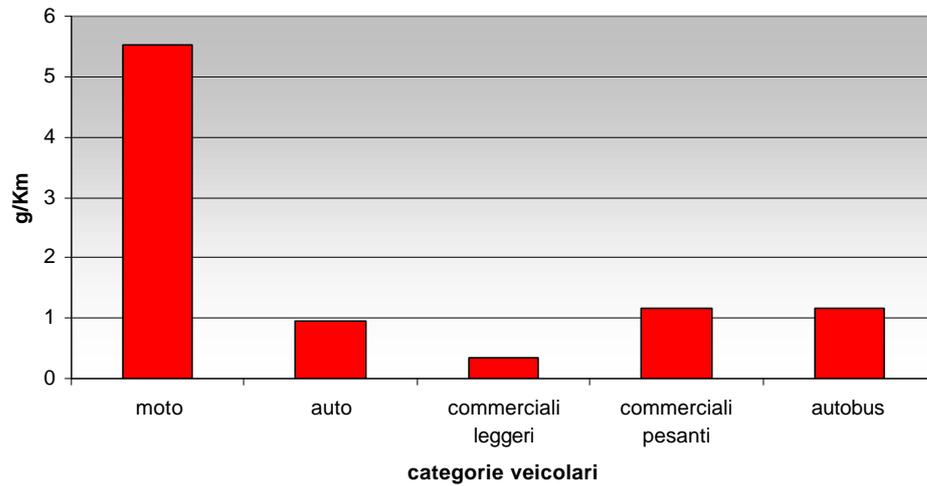
³ Di seguito "moto".

⁴ Di seguito "pesanti".

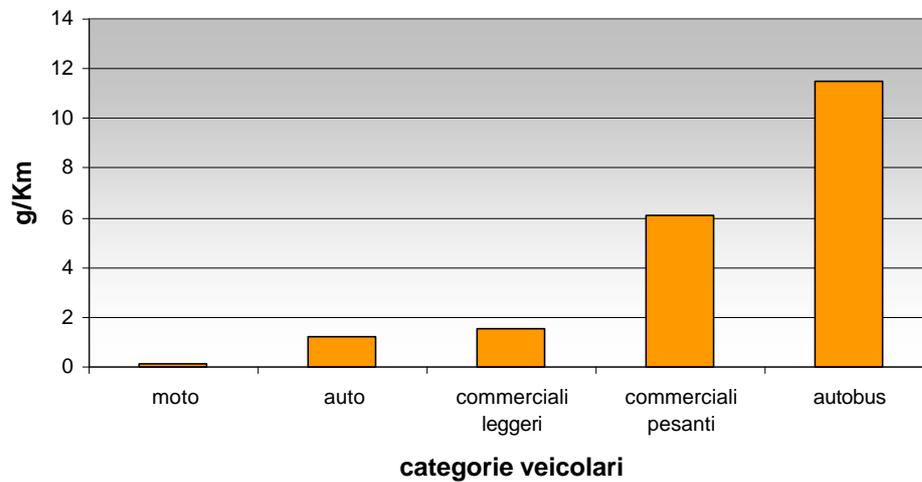
CO Fattori medi di emissione per categoria veicolare



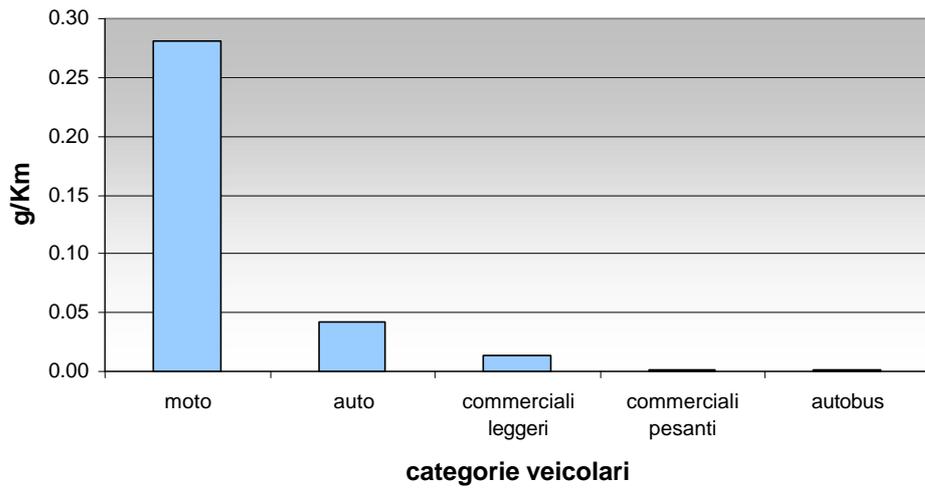
COV Fattori medi di emissione per categoria veicolare



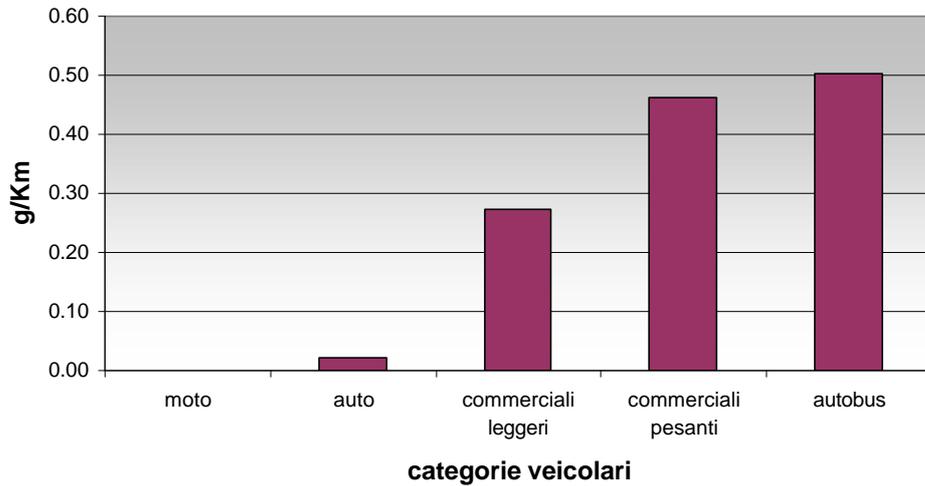
NO_x Fattori medi di emissione per categoria veicolare



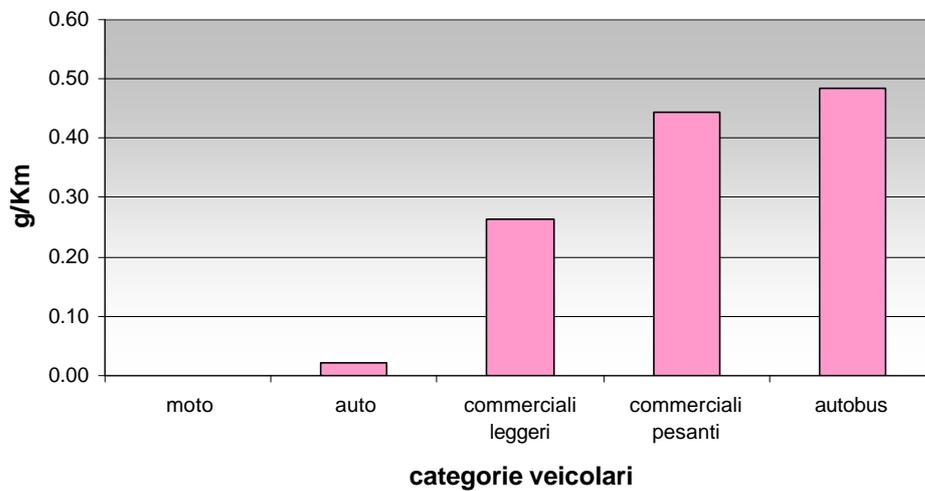
Benzene Fattori medi di emissione per categoria veicolare



PTS Fattori medi di emissione per categoria veicolare



PM10 Fattori medi di emissione per categoria veicolare



I grafici evidenziano come le diverse categorie veicolari abbiano fattori medi di emissione molto diversificati:

- per il **CO** i valori maggiori sono relativi a moto e auto (le moto con fattore medio di emissione pari al quadruplo di quello delle auto), veicoli commerciali leggeri e pesanti e autobus presentano fattori medi di emissione simili tra loro, pari a meno della metà di quello delle auto;
- per i **COV** moto, veicoli commerciali pesanti e autobus presentano fattori medi di emissione più elevati. Tra questi le moto hanno fattore di emissione cinque volte più grande di quello dei veicoli commerciali pesanti e degli autobus. Il fattore medio di emissione delle moto è, inoltre, pari a 6 volte il fattore medio di emissione delle auto;
- per gli **NO_x** i valori maggiori si hanno in corrispondenza dei veicoli commerciali pesanti e degli autobus (si nota un incremento di circa il doppio nel passaggio dal fattore medio di emissione dei pesanti a quello degli autobus), seguono i veicoli commerciali leggeri (con fattori pari a circa 1/4 di quello dei pesanti) e le auto. Le moto hanno fattori molto piccoli;
- per il **Benzene** moto e auto presentano fattori medi di emissione più elevati rispetto agli altri veicoli (rilevante il dato relativo alle moto con un fattore quasi 6 volte superiore rispetto a quello delle auto), mentre un fattore di emissione piccolo è associato ai veicoli commerciali leggeri. Sono irrilevanti i fattori medi di emissione delle categorie pesanti e autobus;
- per **PTS** e **PM₁₀** i fattori medi di emissione più elevati sono relativi ai veicoli commerciali pesanti e agli autobus (stesso ordine di grandezza), seguono i veicoli commerciali leggeri (con fattori pari a circa la metà dei precedenti), moto e auto hanno invece fattori trascurabili.

A conclusione delle considerazioni sopra esposte si riportano nella tabella seguente i contributi percentuali delle categorie veicolari ai fattori medi di emissione: i valori evidenziati in grassetto corrispondono alle percentuali maggiori.

| Fattori medi di emissione totali per i veicoli circolanti nel Comune di Venezia | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|------------------|
| contributo % per categoria veicolare e inquinante | | | | | | |
| categoria veicolare | CO | COV | NO _x | BENZENE | PTS | PM ₁₀ |
| moto | 70 | 60 | 1 | 83 | 0 | 0 |
| auto | 15 | 10 | 6 | 12 | 2 | 2 |
| commerciali leggeri | 5 | 4 | 7 | 4 | 22 | 22 |
| commerciali pesanti | 4 | 13 | 30 | 0 | 37 | 37 |
| autobus | 10 | 13 | 56 | 0 | 40 | 40 |
| totale | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Il dati discussi sui fattori medi di emissione forniscono l'informazione, per ogni singolo inquinante, di quale categoria veicolare abbia una maggiore potenzialità emissiva, a parità di Km percorsi.

Per valutare l'effettivo quantitativo di inquinante emesso, nell'area urbana, dalle diverse categorie è necessario tenere presente anche le percorrenze che sono state stimate per ciascuna categoria veicolare. Categorie veicolari con fattori emissivi molto piccoli possono, infatti, dare un contributo significativo al totale emesso nel caso in cui ad esse siano associati un numero elevato di Km percorsi nell'intervallo temporale considerato; viceversa categorie con elevati fattori di emissione possono dare contributi scarsi qualora abbiano percorrenze ridotte.

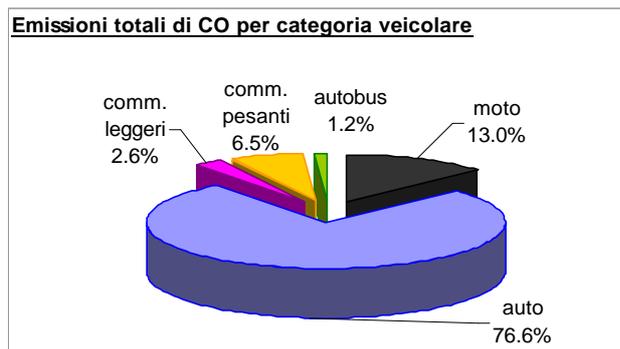
Di seguito vengono presentati i risultati delle stime dell'*emissione totale* (espressa in Kg/ora), calcolate sulle percorrenze stimate nell'ora di punta (7.30-8.30) e suddivise per categoria veicolare.

Si ricorda che l'emissione è stimata considerando le due componenti:

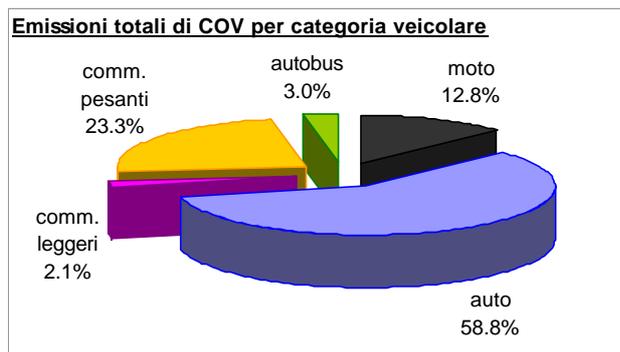
- da combustione: a caldo (comprese le degradate) e a freddo,
- evaporative da veicolo in marcia: *running* (calcolate solo per COV e Benzene).

I grafici a torta evidenziano il contributo emissivo, di ogni categoria veicolare, all'emissione totale.

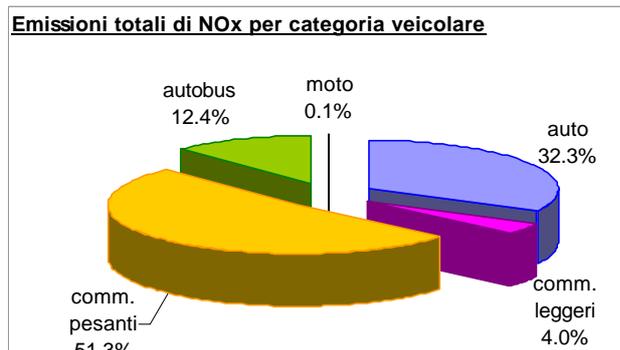
| Emissioni totali di CO (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|--|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 478.3 | 13.0 |
| auto | 2808.4 | 76.6 |
| comm. leggeri | 95.5 | 2.6 |
| comm. pesanti | 238.9 | 6.5 |
| autobus | 45.3 | 1.2 |
| Totale | 3666.4 | 100.0 |



| Emissioni totali di COV (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|---|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 70.9 | 12.8 |
| auto | 325.5 | 58.8 |
| comm. leggeri | 11.3 | 2.1 |
| comm. pesanti | 128.9 | 23.3 |
| autobus | 16.5 | 3.0 |
| Totale | 553.2 | 100.0 |

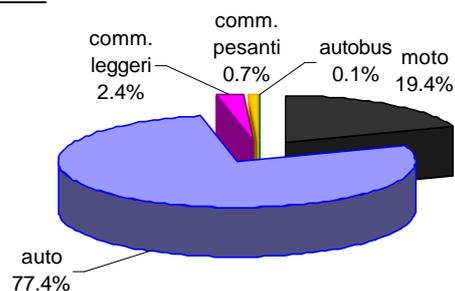


| Emissioni totali di NOx (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|---|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 1.7 | 0.1 |
| auto | 424.0 | 32.3 |
| comm. leggeri | 52.4 | 4.0 |
| comm. pesanti | 674.0 | 51.3 |
| autobus | 162.3 | 12.4 |
| Totale | 1314.5 | 100.0 |



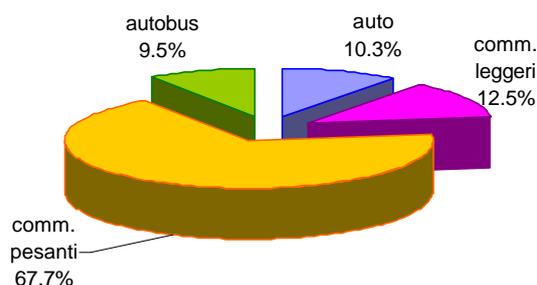
| Emissioni totali di Benzene (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|---|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 3.6 | 19.4 |
| auto | 14.5 | 77.4 |
| comm. leggeri | 0.5 | 2.4 |
| comm. pesanti | 0.1 | 0.7 |
| autobus | 0.0 | 0.1 |
| Totale | 18.7 | 100.0 |

Emissioni totali di Benzene per categoria veicolare



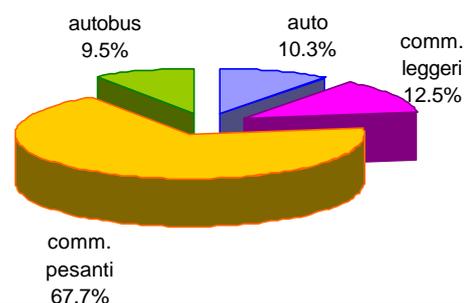
| Emissioni totali di PTS (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|---|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 0.0 | 0.0 |
| auto | 7.7 | 10.3 |
| comm. leggeri | 9.4 | 12.5 |
| comm. pesanti | 50.8 | 67.7 |
| autobus | 7.1 | 9.5 |
| Totale | 75.0 | 100.0 |

Emissioni totali di PTS per categoria veicolare



| Emissioni totali di PM10 (kg emessi nell'ora di punta) | | |
|--|---------------|--------------|
| categoria veicolare | ore 7:30-8:30 | % sul totale |
| moto | 0.0 | 0.0 |
| auto | 7.4 | 10.3 |
| comm. leggeri | 9.1 | 12.5 |
| comm. pesanti | 49.0 | 67.7 |
| autobus | 6.8 | 9.5 |
| Totale | 72.3 | 100.0 |

Emissioni totali di PM10 per categoria veicolare



Per COV e Benzene viene anche stimata l'emissione evaporativa da veicolo fermo. Tale stima viene calcolata solo per lo scenario temporale delle 24 ore.

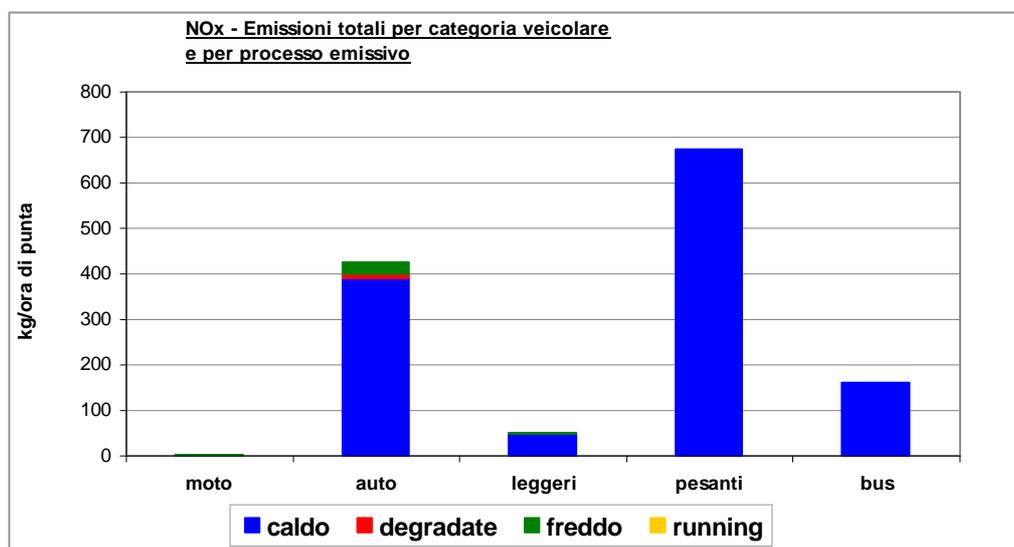
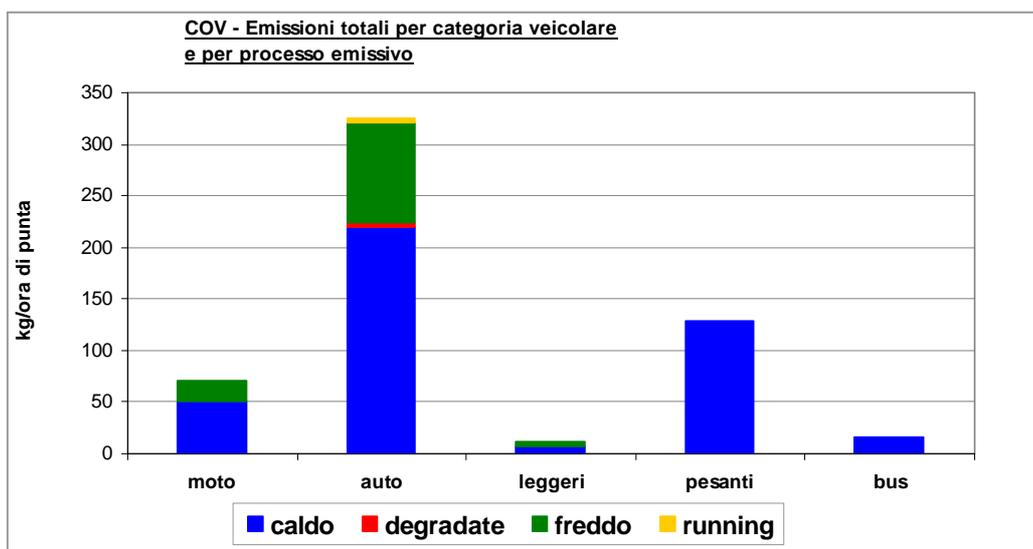
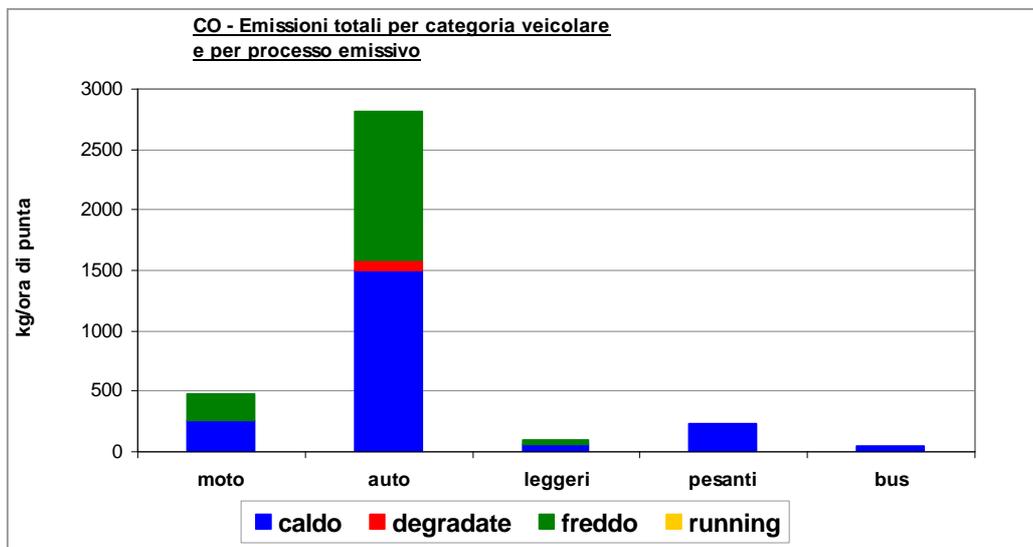
Si ricorda che tale tipologia di emissioni è composta nel modo seguente:

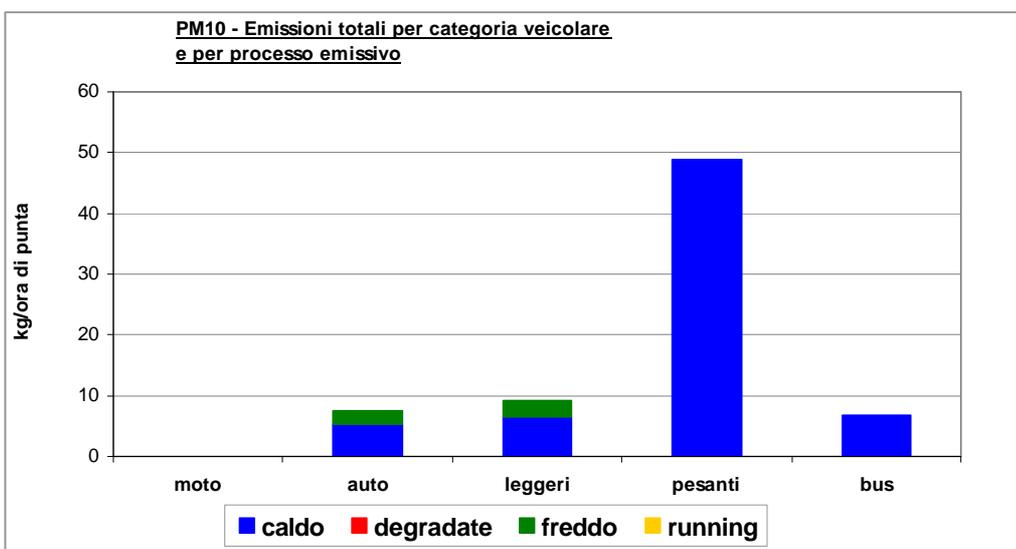
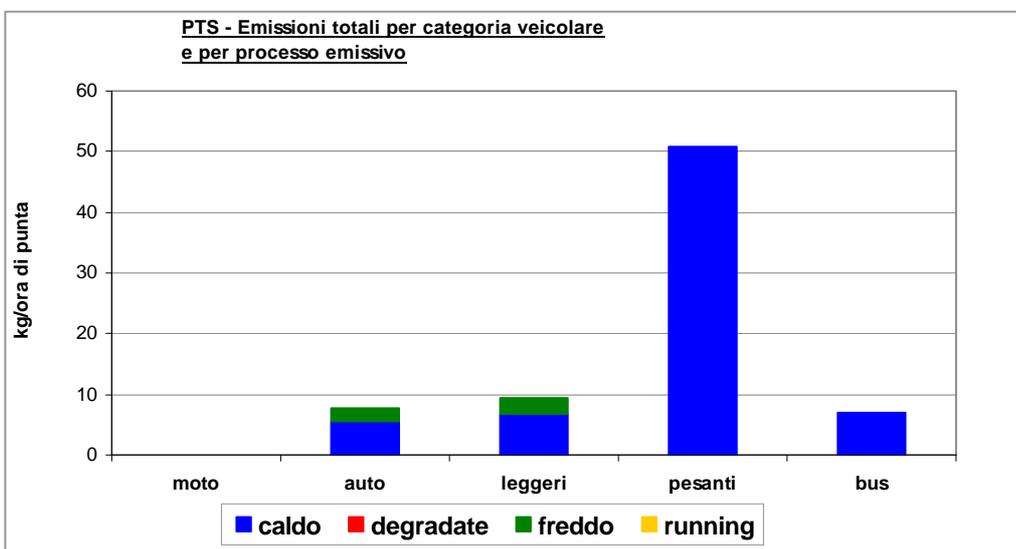
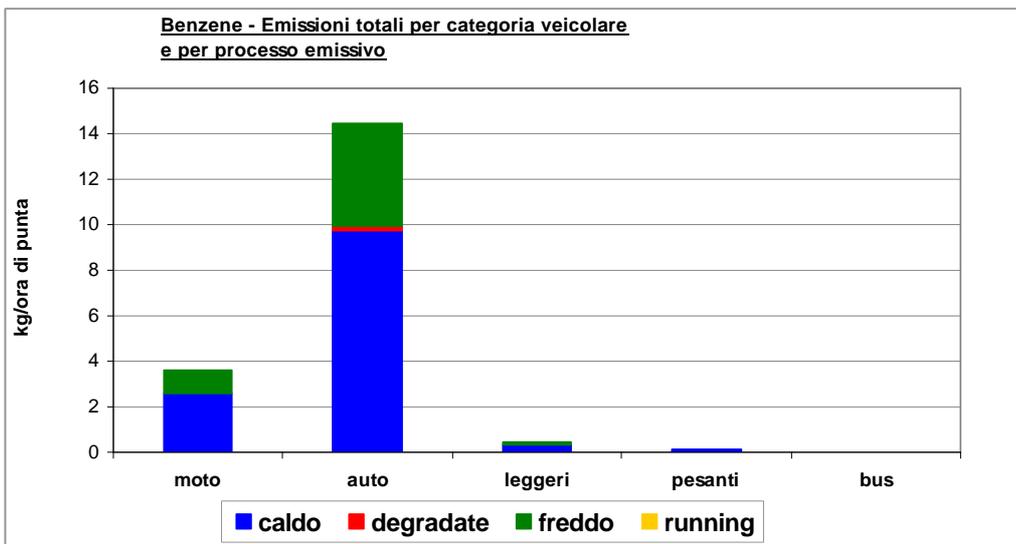
- evaporative da veicolo fermo: *diurnal* (giornaliere) e *Hot Soak* (con veicolo caldo appena spento).

La tabella che segue riporta il valore delle emissioni evaporative totali giornaliere (*diurnal* e *Hot Soak*), calcolate per COV e Benzene, stimate sul numero totale dei veicoli del parco veicolare del Comune di Venezia (pari al 40% circa del parco veicolare provinciale).

| Emissioni evaporative giornaliere (Kg/giorno) | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| categoria veicolare | COV | | | Benzene | | |
| | <i>Diurnal</i> | <i>Hot soak</i> | Totale | <i>Diurnal</i> | <i>Hot soak</i> | Totale |
| moto | 16.09 | 61.69 | 77.78 | 0.16 | 0.62 | 0.78 |
| auto | 220.81 | 1479.50 | 1700.31 | 2.21 | 14.79 | 17.00 |
| leggeri | 2.53 | 27.52 | 30.06 | 0.03 | 0.28 | 0.30 |
| pesanti | 0.06 | 0.22 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| autobus | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Totale | 239.49 | 1568.93 | 1808.42 | 2.39 | 15.69 | 18.08 |

Nei grafici che seguono si evidenziano le emissioni totali, nell'ora di punta considerata, distinte per categoria veicolare e per tipo di processo (emissioni a caldo, emissioni a caldo degradate, emissioni a freddo, emissioni evaporative *running*), espresse in Kg/ora.





Nelle tavole n° 6-11 vengono rappresentate le densità di emissione (espresse in Kg/Km o in g/Km) per arco stradale e per inquinante. La rappresentazione grafica avviene mediante intervalli (classi di densità di emissione).

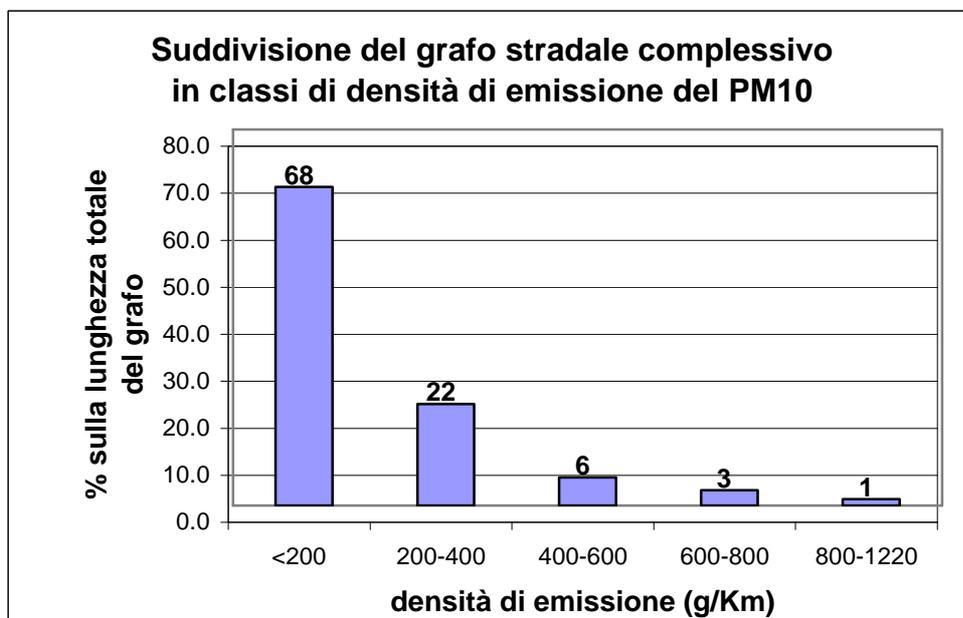
La *densità di emissione* è il quantitativo di inquinante emesso per unità di lunghezza.

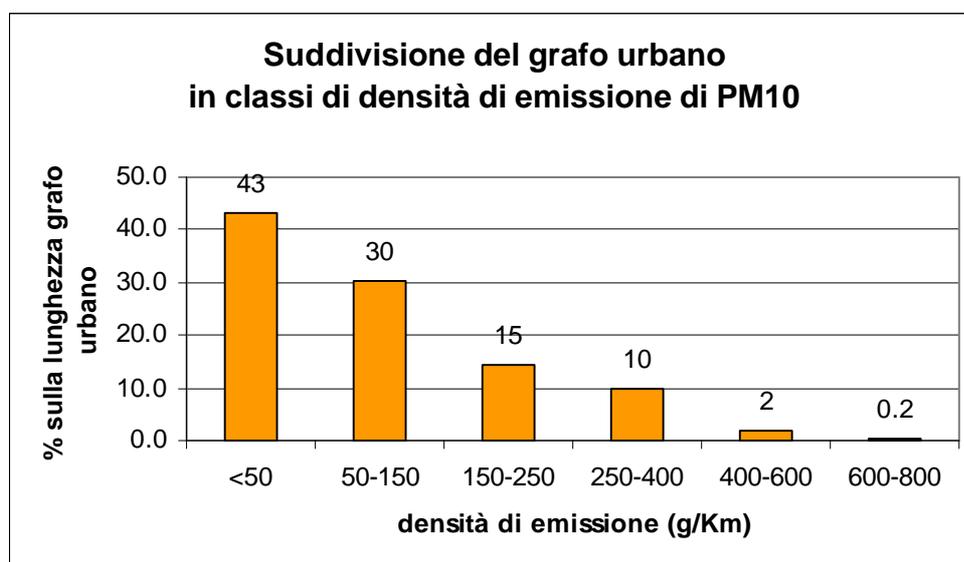
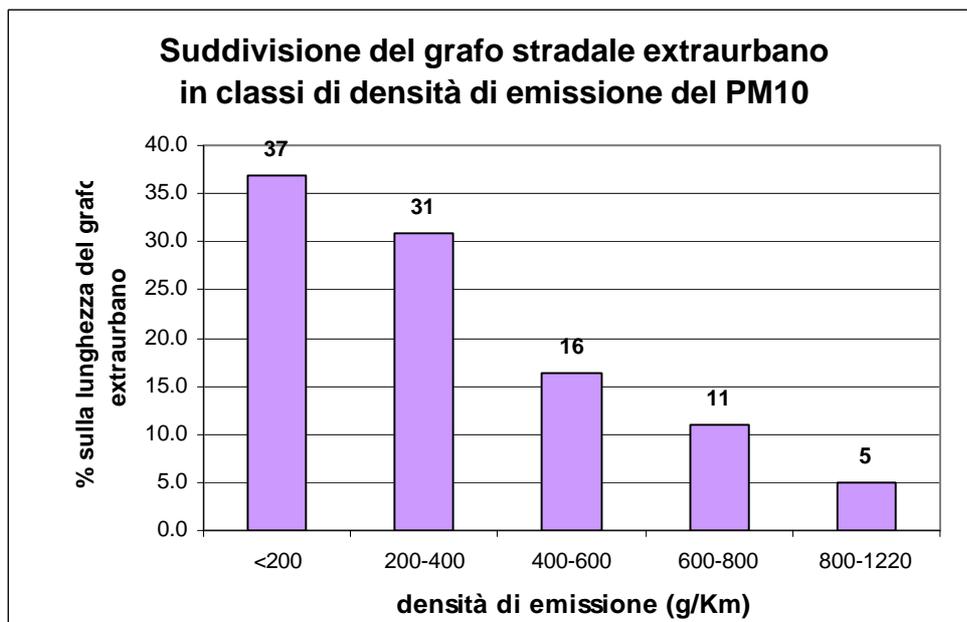
Per Benzene e PM₁₀, gli inquinanti di maggiore interesse, sono stati elaborati gli istogrammi che suddividono percentualmente la lunghezza totale del grafo stradale nelle classi di densità di emissione stabilite per le rappresentazioni grafiche.

L'elaborazione è stata ripetuta per gli archi urbani ed extraurbani, appartenenti alle diverse classi di densità emissive, calcolati rispettivamente sulla percentuale della lunghezza del grafo urbano e di quello extraurbano.

In particolare per il PM₁₀ si osserva:

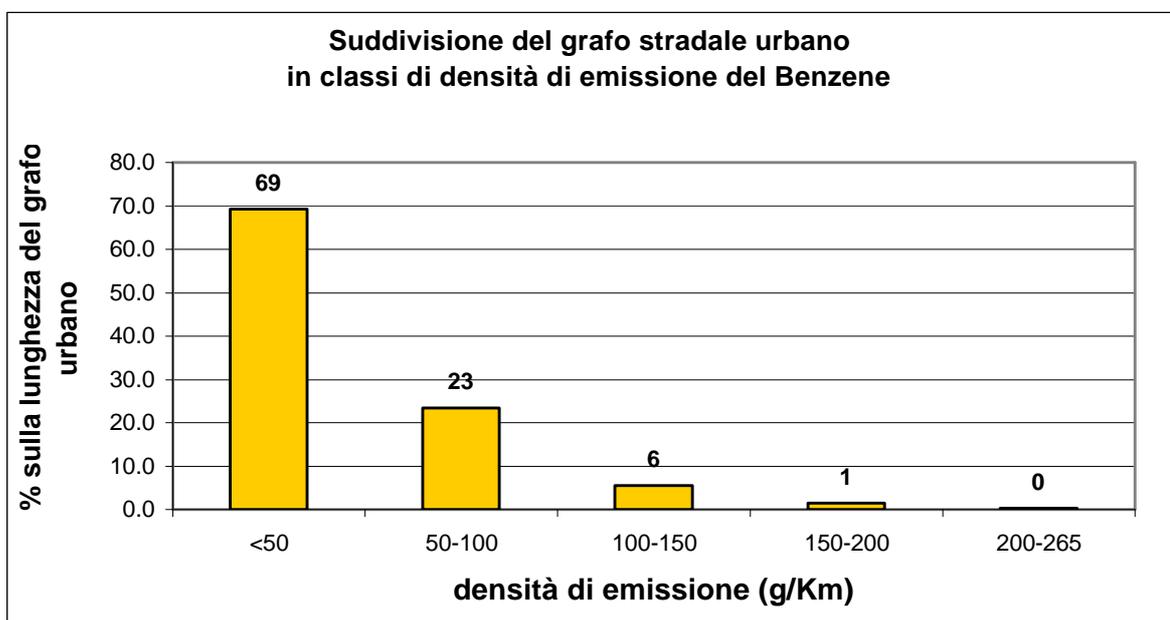
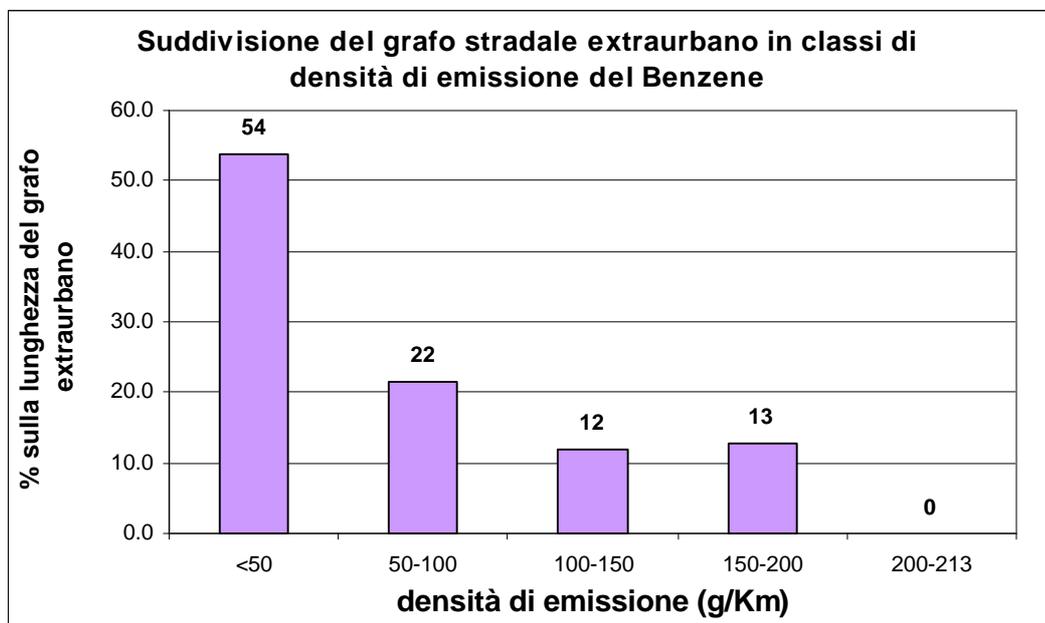
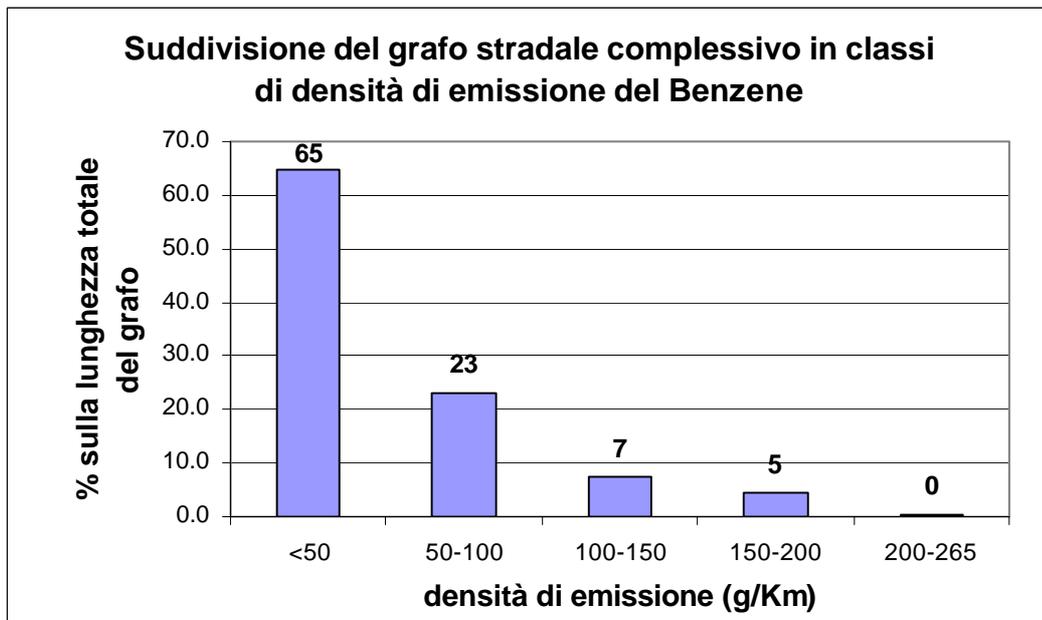
- il 68% della *lunghezza totale del grafo* è relativo ad archi stradali appartenenti alla classe di densità di emissione minore (< 200 g/Km), solo l'1% della lunghezza totale del grafo ha emissioni comprese nella classe di densità maggiore (800-1220 g/Km);
- buona parte degli archi del *grafo stradale extraurbano* ricadono nelle classi a minore densità di emissione: 37% nella classe < 200 g/Km, 31% nella classe 200-400 g/Km (per un totale del 68% sulla lunghezza del grafo stradale extraurbano). Il 5% del grafo ricade invece nelle classi a maggiore densità di emissione (800-1220 g/Km);
- il 73% degli archi del *grafo stradale urbano* ricadono nelle classi a minore densità di emissione (43% nella classe < 50 g/Km, 30% nella classe 50-150 g/Km) ma solo lo 0.2% del grafo ricade nella classe a maggiore densità di emissione (600-800 g/Km).





Per il Benzene si osserva:

- il 65% della *lunghezza totale del grafo* è relativo ad archi stradali appartenenti alla classe di densità di emissione minima (< 50 g/Km) e solo una piccolissima parte (0%) della lunghezza totale del grafo ha emissioni comprese nella classe di densità maggiore (200-265 g/Km);
- più della metà degli archi del *grafo stradale extraurbano* ricadono nella classe a minore densità di emissione (54% appartenente alla classe < 50 g/Km, 76% se si considerano gli archi delle classi fino a 100 g/Km) ed una piccolissima parte (0.1%) della lunghezza del grafo extraurbano ha emissioni comprese nella classe di densità maggiore (200-213 g/Km);
- il 69% degli archi del *grafo stradale urbano* ricadono nella classe a minore densità di emissione (< 50 g/Km) e solo lo 0.3% circa degli archi del grafo urbano ricade nella classe a maggiore densità di emissione (200-265 g/Km).



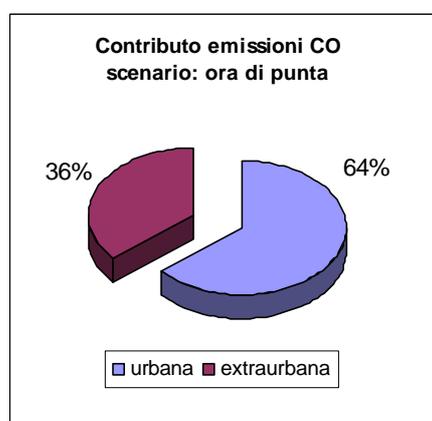
A conclusione dell'applicazione della Metodologia COPERT per la stima delle emissioni da traffico veicolare, sono stati individuati gli *archi stradali soggetti ad una maggiore densità di emissione* (espressa in Kg/Km o in g/Km, a seconda dell'inquinante), nell'ora di punta.

Tale dato è presentato nelle tabelle che seguono, in cui gli archi sono ordinati in senso decrescente per densità di emissione, evidenziando in grassetto i valori corrispondenti alla classe di densità di emissione maggiore.

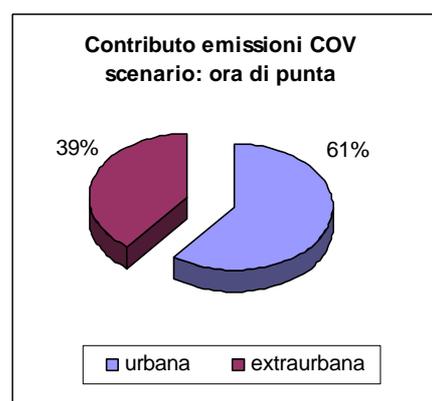
La rete viaria è stata suddivisa in viabilità "extraurbana" ed "urbana", comprendendo nella prima gli archi del grafo stradale corrispondenti alle seguenti vie: Statale Triestina, Tangenziale, Autostrada A4 VE-PD, Autostrada A4 VE-TS, SS. Romea, Bretella per Aeroporto Marco Polo; i rimanenti archi del grafo ricadono nella viabilità urbana.

Per ogni inquinante è stato quindi stimato il contributo della viabilità extraurbana all'emissione totale (rappresentato nei grafici a torta).

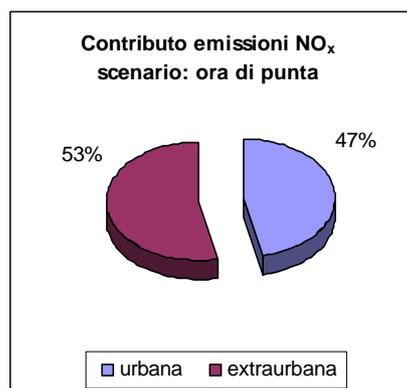
| CO: archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|---|--------------|
| Arco stradale | Kg/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Tangenziale (tra via Miranese e S.S. Castellana) | 47.4 |
| Rotonda S.S. Romea | 40.9 |
| Tangenziale (<i>valore medio</i>) | 34.8 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 56.2 |
| Via della Libertà (Rampa Rizzardi) | 45.3 |
| Via Miranese (uscita Tangenziale) | 45.1 |
| F.lli Bandiera (altezza Rampa Rizzardi) | 40.7 |
| Rampa Rizzardi | 40.7 |
| Terraglio (uscita Tangenziale) | 39.3 |
| Forte Marghera (tra P.zza XVII Ottobre e via Sansovino) | 38.2 |
| S.S. Castellana (altezza Cipressina) | 38.1 |
| Corso del Popolo (tra via Torino e Rampa Cavalcavia) | 37.4 |
| Via S.Donà (Favaro) | 36.0 |



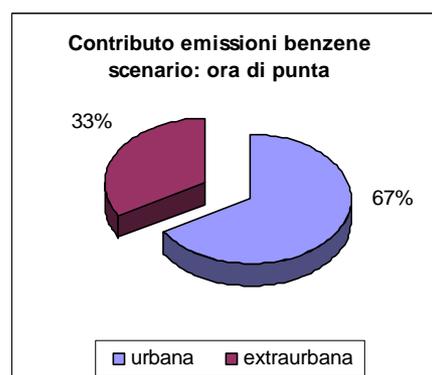
| COV: archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|--|--------------|
| Arco stradale | Kg/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Tangenziale (tra Via Giustizia e S.S. Castellana) | 7.2 |
| Rotonda S.S. Romea | 6.7 |
| Tangenziale (<i>valore medio</i>) | 5.0 |
| S.S. Romea (in prossimità rotonda) | 3.6 |
| Autostrada A4 PD-VE | 3.1 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 7.7 |
| Via della Libertà (Rampa Rizzardi) | 6.4 |
| F.lli Bandiera (altezza Rampa Rizzardi) | 5.8 |
| Rampa Rizzardi | 5.8 |
| Via Miranese (uscita Tangenziale) | 5.5 |
| S.S. Castellana (altezza Cipressina) | 5.2 |
| Forte Marghera (tra P.zza XVII Ottobre e via Sansovino) | 5.0 |
| S.S. Castellana (prossimità Quattro Cantoni) | 4.9 |
| Corso del Popolo (tra via Torino e Rampa Cavalcavia) | 4.9 |



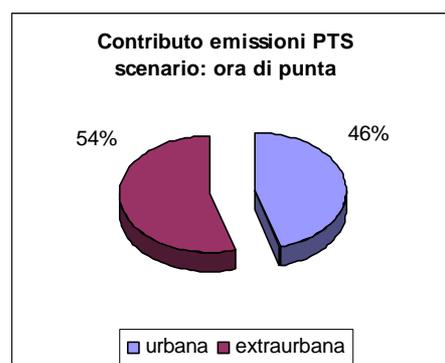
| NO_x : archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|--|--------------|
| Arco stradale | Kg/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Tangenziale (tra Via Giustizia e S.S. Castellana) | 15.0 |
| Rotonda S.S. Romea | 14.4 |
| Tangenziale (<i>valore medio</i>) | 11.5 |
| Autostrada A4 PD-VE | 10.6 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| Via della Libertà (Rampa Rizzardi) | 10.0 |
| Via Orlanda | 9.5 |
| S.S. Padana | 9.4 |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 9.1 |



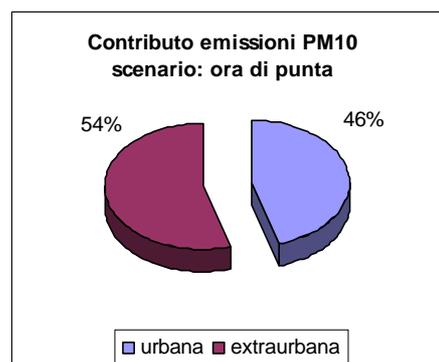
| Benzene: archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|--|-------------|
| Arco stradale | g/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Tangenziale (tra via Miranese e S.S.Castellana) | 214 |
| Tangenziale (tra via Miranese e via Giustizia) | 191 |
| rotonda S.S. Romea | 186 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| <i>Via della Libertà (Nuovo Raccordo)</i> | |
| Via della Libertà (Rampa Rizzardi) | 240 |
| Via Miranese (uscita Tangenziale) | 221 |
| Forte Marghera (tra P.zza XVII Ottobre e via Sansovino) | 204 |
| Corso del Popolo (tra via Torino e Rampa Cavalcavia) | 195 |
| Terraglio (uscita Tangenziale) | 193 |
| Rampa Rizzardi | 189 |
| F.lli Bandiera (altezza Rampa Rizzardi) | 189 |
| S.S. Castellana (altezza Cipressina) | 184 |
| Via S.Donà (Favaro) | 182 |



| PTS: archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|--|-------------|
| Arco stradale | g/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Rotonda S.S. Romea | 1256 |
| Tangenziale (tra Via Giustizia e S.S. Castellana) | 1091 |
| Tangenziale (<i>valore medio</i>) | 862 |
| Autostrada A4 PD-VE (tratto verso casello di Mestre) | 670 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| S.S. Padana | 739 |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 687 |
| S.S. Castellana (prossimità Quattro Cantoni) | 632 |



| PM10: archi stradali con densità di emissione maggiore nell'ora di punta | |
|---|-------------|
| Arco stradale | g/Km |
| <i>viabilità extraurbana</i> | |
| Rotonda S.S. Romea | 1212 |
| Tangenziale (tra Via Giustizia e S.S. Castellana) | 1052 |
| Tangenziale (<i>valore medio</i>) | 832 |
| Autostrada A4 PD-VE (tratto verso casello di Mestre) | 646 |
| <i>viabilità urbana</i> | |
| S.S. Padana | 713 |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 662 |
| S.S. Castellana (prossimità Quattro Cantoni) | 610 |



1.4. Individuazione delle aree sensibili

Per Benzene e PM₁₀, due inquinanti di notevole rilevanza sanitaria, gli archi stradali con densità di emissione maggiore (in g/Km) sono stati incrociati con la densità di popolazione (in ab/ha), calcolata sulla base delle sezioni di Censimento Istat 1991 aggiornate con la popolazione all'anno 2001 (fonte: Comune di Venezia, Ufficio SIT).

L'obiettivo dell'elaborazione è la definizione di un indice di vulnerabilità della popolazione residente nell'intorno delle strade a maggiore intensità di traffico, considerando rappresentativo un raggio d'azione di 50 metri dall'asse stradale in oggetto.

L'indice è espresso come prodotto tra la densità di emissione e la densità di popolazione residente nelle sezioni di censimento intersecate dall'arco stradale oggetto di interesse, tale indice è espresso in $ab/ha * g/Km$.

Le *aree sensibili* così individuate sono state successivamente *gerarchizzate* pesando sia l'inquinamento da traffico (approssimato alla densità di emissione espressa in g/Km) sia la presenza di popolazione (approssimata alla densità abitativa espressa in ab/ha).

L'utilizzo della *densità di popolazione* rappresenta un limite nel calcolo dell'indice: laddove infatti la densità risulti nulla, anche la vulnerabilità è pari a zero.

Per superare la disomogeneità di alcune sezioni di censimento (molto estese e con poca popolazione residente, o al contrario di superficie ridotta ed elevata concentrazione di popolazione) sono state considerate le densità abitative medie e massime (tra tutte le sezioni interessate), e quindi derivati i corrispondenti indici di vulnerabilità medio e massimo.

Nella tabella seguente si riporta il valore dell'indice di vulnerabilità sulla popolazione residente, calcolato per Benzene e PM₁₀, nel seguente modo:

- Indice di vulnerabilità medio = densità di emissione di benzene * densità di popolazione media;
- Indice di vulnerabilità massimo = densità di emissione di benzene * densità di popolazione massima;

gli archi stradali sono gerarchizzati sull'indice di vulnerabilità massimo.

Gli archi stradali urbani ed extraurbani, con densità di emissione di *Benzene* superiore a 182 g/Km, presentano un *indice di vulnerabilità massimo* gerarchizzato nel modo seguente:

- Valore *più elevato* in Corso del Popolo (nel tratto tra Via Torino e Rampa Cavalcavia), dovuto ad una elevata densità di emissione (pari a 195 g/Km) sviluppata in un arco stradale di soli 230 metri di lunghezza, con una densità di popolazione massima di 320 ab/ha nelle 14 sezioni interessate.
- Valori *elevati* in Via Forte Marghera, Via S. Donà, nella Tangenziale tra Via Miranese e S.S. Castellana, in Via Miranese presso l'uscita della Tangenziale. Gli archi Forte Marghera e Via Miranese hanno densità di emissione di 204-221 g/Km e interessano 10-18 sezioni,

aggravate dal fatto di avere lunghezze ridotte di soli 200-400 metri. In Via S. Donà pesa molto il coinvolgimento di ben 32 sezioni di censimento con elevata densità abitativa (262 ab/ha), in quanto l'arco stradale non è molto lungo (800 metri) ed ha la densità di emissione minore (182 g/Km). Il tratto di Tangenziale interessato presenta una serie di condizioni sfavorevoli: densità di emissione elevata (214 g/Km), una lunghezza pari a 1300 metri, una densità abitativa massima di 198 ab/ha nelle 32 sezioni intersecate.

- Valori *medi* si riscontrano in Via F.lli Bandiera e Rampa Rizzardi, nella S.S. Castellana nei pressi della Cipressina, nel Terraglio all'uscita della Tangenziale, nella Tangenziale tra Via Miranese e Via Giustizia. Via F.lli Bandiera e Rampa Rizzardi presentano moderate densità di emissione (189 g/Km) e pur essendo di lunghezza ridotta (100-200 metri) interessando 10 sezioni ad elevata densità abitativa (112 ab/ha). Nella S.S. Castellana (zona Cipressina) e nel Terraglio (uscita Tangenziale) la densità di emissione (184-193 g/Km) è concentrata in tratti stradali molto brevi (circa 100 metri) e non densamente popolati (78-93 ab/ha). La Tangenziale tra Via Miranese e Via Giustizia ha una elevata densità di emissione (191 g/Km) in una lunghezza di soli 400 metri, ma fortunatamente interseca sezioni censuarie con bassa densità di popolazione (86 ab/ha).
- Valori *minori* si riscontrano in un breve tratto di Via della Libertà e nella rotonda sulla S.S. Romea. Via della Libertà (presso il nuovo raccordo e la Rampa Rizzardi) ha elevata densità di emissione di Benzene (240-263 g/Km) in un tratto stradale di soli 200 metri ma fortunatamente si trova nella corrispondenza di 5 sezioni censuarie a bassissima densità abitativa (solo 1 ab/ha). Lo stesso dicasi per la rotonda sulla S.S. Romea, con densità di emissione di 186 g/Km in un arco di 150 metri, intersecante 6 sezioni censuarie con densità quasi nulla (0.7 ab/ha).

| BENZENE | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| INDICE DI VULNERABILITA' SULLA POPOLAZIONE RESIDENTE | | | | | | |
| Strada | Sezioni di censimento interessate | Densità di emissione | Densità di popolazione media | Densità di popolazione massima | Indice di vulnerabilità medio | Indice di vulnerabilità massimo |
| | <i>n°</i> | <i>g/Km</i> | <i>ab/ha</i> | <i>ab/ha</i> | <i>ab/ha · g/Km</i> | <i>ab/ha · g/Km</i> |
| Corso del Popolo (tra via Torino e Rampa Cavalcavia) | 14 | 195 | 173.2 | 320.9 | 33774.0 | 62575.5 |
| Forte Marghera (tra P.zza XVII Ottobre e via Sansovino) | 18 | 204 | 103.2 | 234.2 | 21052.8 | 47776.8 |
| Via S. Donà (Favaro) | 32 | 182 | 118.4 | 262.3 | 21548.8 | 47738.6 |
| Tangenziale (tra via Miranese e S.S. Castellana) | 32 | 214 | 74.0 | 198.3 | 15836.0 | 42436.2 |
| Via Miranese (uscita Tangenziale) | 10 | 221 | 100.1 | 155.9 | 22122.1 | 34453.9 |
| Rampa Rizzardi | 7 | 189 | 69.5 | 111.8 | 13135.5 | 21130.2 |
| F.lli Bandiera (altezza Rampa Rizzardi) | 10 | 189 | 62.1 | 111.8 | 11736.9 | 21130.2 |
| S.S. Castellana (altezza Cipressina) | 15 | 184 | 29.8 | 93.1 | 5483.2 | 17130.4 |
| Tangenziale (tra via Miranese e via Giustizia) | 15 | 191 | 32.4 | 85.6 | 6188.4 | 16349.6 |
| Terraglio (uscita Tangenziale) | 9 | 193 | 52.7 | 77.8 | 10171.1 | 15015.4 |
| Via della Libertà (nuovo raccordo) | 5 | 263 | 1.0 | 1.0 | 263.0 | 263.0 |
| Via della Libertà (Rampa Rizzardi) | 5 | 240 | 1.0 | 1.0 | 240.0 | 240.0 |
| S.S. Romea (rotonda) | 6 | 186 | 0.3 | 0.7 | 55.8 | 130.2 |

Considerando simultaneamente gli archi stradali con elevata densità di emissione di benzene localizzati a Marghera a ridosso della stazione ferroviaria di Mestre (Via della Libertà e Via F.lli Bandiera presso il nuovo raccordo e la Rampa Rizzardi) si delinea un quadro particolarmente critico:

- Densità di emissione complessiva: 881 g/Km;
- Lunghezza complessiva: 620 metri;
- Sezioni di censimento attraversate: 14;
- Densità abitativa massima: 112 ab/ha.

Nella tabella seguente si riporta il valore dell'indice di vulnerabilità sulla popolazione residente, calcolato per il PM₁₀, gerarchizzando gli archi stradali sull'indice di vulnerabilità massimo.

| PM10 INDICE DI VULNERABILITA' SULLA POPOLAZIONE RESIDENTE | | | | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Strada | Sezioni di censimento interessate | Densità di emissione | Densità di popolazione media | Densità di popolazione massima | Indice di vulnerabilità medio | Indice di vulnerabilità massimo |
| | <i>n°</i> | <i>g/Km</i> | <i>ab/ha</i> | <i>ab/ha</i> | <i>ab/ha · g/Km</i> | <i>ab/ha · g/Km</i> |
| Tangenziale (tra Via Giustizia e S.S. Castellana) | 32 | 1052 | 74.0 | 198.3 | 77848.0 | 208611.6 |
| Tangenziale (valore medio) | 102 | 832 | 35.5 | 198.3 | 29536.0 | 164985.6 |
| S.S. Castellana (prossimità Quattro Cantoni) | 6 | 610 | 61.4 | 103.4 | 37454.0 | 63074.0 |
| S.S. Padana | 7 | 713 | 2.4 | 4.5 | 1711.2 | 3208.5 |
| Autostrada A4 PD-VE (tratto verso casello di Mestre) | 3 | 646 | 1.4 | 1.4 | 904.4 | 904.4 |
| S.S. Romea (rotonda) | 7 | 1212 | 0.3 | 0.7 | 363.6 | 848.4 |
| Via della Libertà (Nuovo Raccordo) | 5 | 662 | 1.0 | 1.0 | 662.0 | 662.0 |

Gli archi stradali urbani ed extraurbani, con densità di emissione di PM₁₀ superiore a 610 g/Km, presentano un *indice di vulnerabilità massimo* gerarchizzato nel modo seguente:

- Valore *massimo* nel tratto di Tangenziale tra Via Giustizia e S.S. Castellana, con densità di emissione di 1052 g/km, 32 sezioni interessate dal tratto stradale di 1.700 metri per una densità abitativa massima di 198 ab/ha.
- Valore *molto elevato* in tutta la lunghezza della Tangenziale (8.600 metri) con densità di emissione di 832 g/km, 102 sezioni censuarie intersecate dall'arteria stradale per una densità abitativa massima di 198 ab/ha.
- Valore *elevato* nella S.S. Castellana in prossimità Quattro Cantoni, con densità di emissione minore tra tutti gli archi considerati (610 g/km) relativa ad una porzione stradale estremamente ridotta (meno di 100 metri) ma che interseca 6 sezioni censuarie con una elevata densità di popolazione (103 ab/ha).
- Valore *medio* nella S.S. Padana, con densità di emissione di 713 g/km in un arco di circa 600 metri, intersecante 7 sezioni censuarie caratterizzate da una bassa densità abitativa (4.5 ab/ha).
- Valori *minori* si riscontrano nel tratto dell'Autostrada A4 Ve-Pd in prossimità del casello di Mestre, con densità di emissione di 646 g/km in un arco molto lungo (quasi 10 km) ma

intersecante solamente 3 sezioni censuarie con densità abitativa molto bassa (1.4 ab/ha). Lo stesso dicasi per la rotonda sulla S.S. Romea, con densità di emissione maggiore tra tutti gli archi considerati (1212 g/km) in un arco estremamente ridotto (150 metri), intersecante 6 sezioni censuarie con densità quasi nulla (0.7 ab/ha). Infine Via della Libertà (presso il nuovo raccordo) ha densità di emissione di 662 g/km in un tratto stradale di lunghezza inferiore a 100 metri, fortunatamente posto in corrispondenza di 5 sezioni censuarie a bassissima densità abitativa (solo 1 ab/ha).

Le *aree sensibili* individuate attraverso l'indice di vulnerabilità appena descritto sono rappresentate nelle Tavole 12 e 13 allegate alla relazione.

In particolare la Tavola 12 rappresenta gli *archi critici* per il Benzene, sovrapposti alla densità di popolazione per le sezioni censuarie dell'area urbana.

La Tavola 13 rappresenta la medesima elaborazione con gli indici di vulnerabilità sulla popolazione residente risultati più critici per l'inquinante PM₁₀.

1.5. Considerazioni finali

La presente appendice ha presentato la stima delle emissioni da traffico veicolare, con applicazione della metodologia COPERT III, sulla base dei dati ricevuti dal Comune di Venezia, Uff. Mobilità, relativi allo scenario ora di punta 7.30-8.30 del modello di traffico EMME/2.

Si precisa che una stima delle emissioni giornaliere non è stata possibile per la mancanza dei dati relativi ai flussi veicolari e alle velocità medie di percorrenza per ogni arco stradale e per ogni ora della giornata.

Le elaborazioni svolte hanno fornito i seguenti elementi valutativi, utili al fine di pianificare gli interventi sul traffico e sulle sue componenti:

- definizione delle tipologie veicolari a maggiore potenzialità emissiva, per ognuno degli inquinanti considerati (si vedano i fattori medi di emissione per categoria veicolare);
- individuazione delle categorie veicolari maggiormente responsabili dell'emissione totale di ogni inquinante (si vedano le tabelle relative alle emissioni totali di inquinante -Kg emessi nell'ora di punta-);
- gerarchizzazione della rete stradale urbana in funzione della classe di densità di emissione;
- definizione degli archi stradali soggetti a maggiore densità di emissione, nella viabilità urbana ed in quella extraurbana (archi critici);
- gerarchizzazione degli archi critici per Benzene e PM₁₀ in funzione di un indice di vulnerabilità che considera la densità abitativa delle aree contigue alla sede stradale, e quindi l'impatto sulla popolazione residente, e conseguente individuazione delle aree sensibili.

Bibliografia

ACI-Automobile Club d'Italia: <http://www.aci.it/studiericerche/datiestatistiche/index.asp>

ARPAV - Osservatorio Regionale Aria, 2000. La stima delle emissioni da traffico veicolare: aspetti propedeutici. *A cura di*: K. Lorenzet. Atti del corso di formazione “Giornata sulla modellistica diffusionale degli inquinanti aerodispersi”, Vallorch 11 ottobre 2000.

ANCMA-Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori: http://www.ancma.it/mondo_ancma.asp

Comune di Venezia, Assessorato ai Lavori Pubblici di Mestre - Piano Generale del Traffico Urbano (P.G.T.U.) di Mestre e Marghera, approvato in Giunta Comunale il 16.12.1999.

CORINAIR, 1988. European Inventory of emissions of pollutants into the atmosphere, Commission of the European Communities – CORINAIR project, DG XI, 30/3/1988.

EMEP/CORINAIR, 1999. Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd edition, September 1999.

Ntziachristos L & Samaras Z, 1999. COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport – Methodology and Emission Factors, Final Draft Report, European Environment Agency, European Topic Centre on Air Emissions.

APPENDICE 2: Monitoraggio dei metalli presenti nelle polveri aereodisperse nell'atmosfera di Mestre e di Venezia

MONITORAGGIO DEI METALLI PRESENTI NELLE POLVERI AEREODISPERSE NELL'ATMOSFERA DI MESTRE E DI VENEZIA.

**Dott. Angelo Bortoli, prof. Giancarlo Rampazzo, dott.ssa Nadia Rado,
laureanda Ilaria Mantovan.**

INTRODUZIONE

L'indagine iniziata nel settembre 2000 congiuntamente da Personale dell'ARPAV e dell'Università di Venezia Dipartimento di Scienze Ambientali Sezione di Geo-Mineralogia, si proponeva l'analisi dei metalli nel particolato atmosferico (PM₁₀) in tre zone distinte: via Circonvallazione e Parco Bissuola a Mestre, Sacca Fisola a Venezia.

Attualmente a livello normativo, solo per il piombo esiste un valore limite (0.5 µg/m³) mentre per altri metalli tra cui arsenico, cadmio, mercurio, nichel definiti dal D.Lgs. n° 351 del 04/08/99 come agenti inquinanti non esiste ancora un limite di riferimento. Quindi per questi elementi sono stati presi in considerazione i criteri di qualità dell'aria indicati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.).

Gli obiettivi del presente lavoro sono stati:

- ◆ confrontare "l'aria" di Mestre con quella di Venezia (considerata quasi sempre come background per l'assenza di traffico autoveicolare) in modo da poter osservare la dispersione degli inquinanti;
- ◆ monitorare un elevato numero di elementi per poter verificare in seguito una loro possibile correlazione;
- ◆ confrontare l'andamento delle concentrazioni dei metalli, per la zona di Parco Bissuola, paragonando i risultati attuali con quelli ottenuti cinque anni fa dall'Università di Venezia Dipartimento di Scienze Ambientali Sezione di Geo-Mineralogia con l'allora PMP Sezione Chimica.

I metalli presenti nella frazione PM₁₀ ed oggetto di studio sono stati:

Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Zn, tali elementi sono stati analizzati mediante Spettrometria di massa con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-MS).

IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO

I provvedimenti normativi di riferimento per il controllo dell'inquinamento atmosferico sono: DM 20/05/91, DM 25/10/94 e D.Lgs. 04/08/99.

I punti di campionamento sono stati scelti seguendo le linee indicate dal DM 20/05/91 che classifica tali punti in tre tipologie (A, B, C). I punti di monitoraggio scelti sono: Parco Bissuola e via Circonvallazione a Mestre, Sacca Fisola a Venezia.

La scelta delle stazioni di monitoraggio:

La stazione di **Parco Bissuola** è di tipo A, definita stazione "di base o di riferimento" per la qualità dell'aria urbana. È localizzata in un'area verde di Mestre di circa 38 ha. Il sito di

campionamento non è interessato direttamente dalle sorgenti di emissioni inquinanti, ma è da esse influenzato come zona di ricaduta.

La stazione fissa di **Sacca Fisola**, nell'isola della Giudecca a Venezia, è di tipo B definita ad "elevata densità abitativa". Sacca Fisola dovrebbe avere come sua caratteristica una componente marina tale da diluire il segnale degli inquinanti.

La stazione di via **Circonvallazione** è di tipo C, situata "in zona ad elevato traffico" veicolare, associata a condizioni di scarsa ventilazione per l'effetto schermante degli edifici ed elevato rischio espositivo per le persone.

La scelta delle suddette centraline consegue l'obiettivo di distinguere il contributo della sorgente traffico (Circonvallazione) nell'aerosol urbano di fondo (Parco Bissuola) e di individuare gli effetti di mitigazione dovuti all'ambiente naturale (Sacca Fisola).

Nel presente studio per descrivere la capacità diffusiva dell'atmosfera, è stata utilizzata la **classificazione di stabilità di Pasquill-Gifford**, ampiamente diffusa e che richiede solamente dati giornalieri. Descrive lo stato di turbolenza dell'atmosfera attraverso sette classi (v. tabella 1), associando ad ognuna un intervallo di valori del gradiente termico verticale (dt/dz) espresso nella forma $^{\circ}C/100 m$.

| Tab. 1: Classi di stabilità | | |
|------------------------------------|---------------------------|--|
| <i>Classe</i> | Descrizione | <i>Gradiente dt/dz $^{\circ}C/100 m$</i> |
| A | Instabilità forte | < -1,9 |
| B | Instabilità moderata | - 1,9; -1,7 |
| C | Instabilità debole | -1,7; -1,5 |
| D | Neutralità o adiabaticità | -1,5; -0,5; |
| E | Stabilità debole | -0,5; +1,5 |
| F | Stabilità moderata | +1,5; + 4 |
| G | Stabilità forte | > +4 |

Condizioni meteorologiche tipiche di Mestre-Venezia:

Per la descrizione delle condizioni meteorologiche prevalenti a Mestre e zona limitrofa, si sono utilizzati i dati delle stazioni 22 e 23 della Rete di Monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera. Dalla postazione n.22, ad una quota di 40 metri di altezza, si sono utilizzati i valori della direzione del vento prevalente (in gradi) e della velocità del vento nel settore prevalente (in m/s); dalla n.23 i dati relativi alla pioggia (in mm) e alla temperatura dell'aria (in $^{\circ}C$) misurata a 10 m e 140 m. Mensilmente sono state elaborate le rose dei venti e giornalmente le classi di stabilità atmosferiche secondo la schematizzazione di Pasquill-Gifford.

Dati storici evidenziano che le condizioni prevalenti sono:

- vento con provenienza N-NE, e frequenza significativa del regime di calma;
- velocità del vento bassa (< 4 m/s);
- classe di stabilità (E+F) di Pasquill-Gifford in leggera prevalenza rispetto alla classe di instabilità (A+B+C) per l'Area Industriale.

Criteri di scelta dei campioni:

I fattori che più influenzano la concentrazione degli elementi in aria sono la direzione e la velocità del vento, la pioggia, le condizioni di stabilità atmosferica. La direzione del vento è significativa per formulare ipotesi sulle possibili sorgenti degli elementi, in particolare per le particelle più grossolane in quanto la frazione più fine non risente di tali variazioni. La velocità del vento si pone in relazione inversa con la concentrazione degli inquinanti per gli effetti di diluizione e la pioggia ha l'effetto, almeno per alcuni elementi, di diminuirne la quantità in aria per il fenomeno noto di "washout". La condizione di stabilità atmosferica impedisce la fuoriuscita degli inquinanti verso gli strati più alti.

Le condizioni meteo scelte sono state:

- bassa velocità del vento;
- assenza di precipitazioni;
- condizioni di stabilità atmosferica.

I campioni sottoposti ad analisi sono stati solo una percentuale di quelli campionati, proprio perché si dovevano rispettare le condizioni meteo sopra esposte.

Per ogni mese sono stati scelti, per la determinazione dei metalli, di media 5 filtri campionati in ogni stazione.

Si riporta in modo schematico il numero di campioni totali raccolti nel corso dell'anno ed il numero di campioni analizzati per ogni stazione di campionamento.

| STAZIONE | Campioni totali | Campioni analizzati |
|------------------|------------------------|----------------------------|
| Parco Bissuola | 116 | 43 |
| Circonvallazione | 145 | 52 |
| Sacca Fisola | 113 | 28 |

NORMATIVA

Il nuovo Decreto Legge N° 351 del 4 Agosto 1999 (Attuazione delle direttive 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente) e la "bozza" del Ministro dell'Ambiente di recepimento della Direttiva 99/30/CE definiscono:

1. Allegato IV; i valori limite per il piombo, i margini di tolleranza, le modalità di riduzione di tali margini e la data alla quale i valori limite devono essere rispettati, i metodi di riferimento per il campionamento e per l'analisi del piombo.

| Tab. 3: Valori limite per il Piombo | | | | |
|---|------------------------------|---|---|---|
| | Periodo di mediazione | Valore limite | Margine di tolleranza | Data alla quale il valore limite deve essere rispettato. |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 0.5 µg/m³ (500 ng/m³)* | 0.5 µg/m ³ (100%) all'entrata del presente decreto tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% il 1° gennaio 2005 | 1° gennaio 2005 |
| * il valore è stato espresso anche in ng/m ³ perché i risultati ottenuti in questo lavoro sono espressi in ng/m ³ . | | | | |

2. Allegato III: nuovi limiti del PM₁₀, inoltre vengono fissati anche altri inquinanti senza definire i valori limite quali: Cd, As, Ni e Hg.

| Tab. 4: Valori limite per le Particelle PM₁₀ | | | | |
|--|------------------------------|--|--|---|
| | Periodo di mediazione | Valore limite | Margine di tolleranza | Data alla quale il valore limite deve essere rispettato. |
| Fase 1 | | | | |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 40 µg/m³ PM₁₀ | 20% all'entrata in vigore della presente direttiva, con riduzione il 1° gennaio 2001 ed ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere 0% entro il gennaio 2005. | 1° gennaio 2005 |
| Fase 2(1) | | | | |
| Valore limite annuale per la protezione della salute umana | Anno civile | 20 µg/m³ PM₁₀ | 50% al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere 0% entro il 1° gennaio 2010. | 1° gennaio 2010 |
| (1) Valori limite che vanno riveduti alla luce delle ulteriori informazioni relative agli effetti sulla salute e sull'ambiente, alla tecnica e all'esperienza acquisita nell'applicazione dei valori limite della fase 1 negli Stati membri. | | | | |

3. Si riassumono i valori dati dall'O.M.S. relativi ai seguenti metalli:

| Tab.5: Criteri di qualità dell'aria O.M.S. (Sostanze inorganiche) | |
|--|---|
| a) Ad evidenza cancerogena (non dotate di soglia) | Rischio aggiuntivo di tumore per una esposizione di tutta la vita(*) |
| Arsenico | 3.0E-03 per 1 µg/m ³ |
| Nichel | 4.0E-04 per 1 µg/m ³ |
| b) Dotate di soglia | Valori guida e tempi medi |
| Cadmio | 1 ng/m ³ aree rurali 10-20 ng/m ³ aree urbane |
| Piombo | 0.5 µg/ m ³ media annuale |
| Manganese | 1 µg/ m ³ media annuale |
| Mercurio | 1 µg/ m ³ media annuale per ambiente "indoor" |
| Vanadio | 1 µg/m ³ 24 ore |
| (*) Non c'è nessun riferimento che definisca i tempi di esposizione (tutta la vita), inoltre non c'è distinzione tra maschi e femmine. | |

RISULTATI E DISCUSSIONI

Nel periodo fra settembre 2000 e settembre 2001 sono stati analizzati un totale di **123** campioni, **52** si riferiscono alla stazione di via Circonvallazione, **43** a quella di Parco Bissuola e **28** si riferiscono alla stazione di Sacca Fisola. Tutti i campioni derivano da un campionamento effettuato nell'arco delle 24 ore.

Le concentrazioni finali degli elementi chimici sono state espresse in **ng/m³**.

Per una corretta validazione dei dati sono state effettuate alcune determinazioni analitiche del materiale di riferimento S.R.M. 1648 (Urban Particulate Matter) utilizzato come campione di controllo della precisione ed accuratezza dell'analisi eseguita con ICP-MS.

Nelle tabelle 6-7-8, sono raggruppate le concentrazioni giornaliere nel periodo dell'anno fra settembre 2000 e settembre 2001, rispettivamente per via Circonvallazione (Tab 6), Parco Bissuola (Tab 7) e Sacca Fisola (Tab 8), espressi in ng/m³. In esse si evidenziano: **media, mediana, deviazione standard ed intervallo dei dati (min-max)**. Mentre nelle tabelle 9-10-11 si evidenziano i risultati (sempre in ng/m³) a seconda delle stagioni:

- **Autunno:** settembre, ottobre, novembre;
- **Inverno:** dicembre, gennaio, febbraio;
- **Primavera:** marzo, aprile, maggio;
- **Estate:** giugno, luglio, agosto.

E' importante sottolineare che quando il valore dei risultati ottenuti è inferiore al limite di rilevabilità, è stato inserito in tutte le tabelle dei risultati, secondo una prassi statistica, il valore del limite di rilevabilità calcolato diviso due.

Tali tabelle sono consultabili alla fine **nell'allegato**.

Le tabelle che seguono evidenziano i valori medi annuali (Tab.12) e stagionali (Tab.13) nelle diverse stazioni, espressi in ng/m^3 . La media annuale è relativa al numero di campioni analizzati nell'arco dell'anno.

| ANALITA | CIRCONVALLAZIONE | BISSUOLA | SACCA FISOLA |
|---------------------|------------------|-------------|--------------|
| N° di misure | 52 | 43 | 28 |
| Al | 306,8 | 319,8 | 77,9 |
| Ba | 16,0 | 10,0 | 4,6 |
| Cd | 2,5 | 2,7 | 9,0 |
| Co | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Cr | 6,3 | 4,1 | 4,6 |
| Cu | 40,2 | 23,7 | 11,8 |
| Fe | 918,9 | 522,2 | 242,1 |
| Hg | 0,4 | 0,3 | 0,5 |
| Mg | 345,6 | 324,2 | 126,4 |
| Mn | 23,1 | 18,5 | 12,9 |
| Mo | 3,3 | 1,8 | 1,9 |
| Ni | 7,0 | 6,3 | 3,5 |
| Pb | 78,6 | 53,0 | 45,1 |
| Sb | 12,7 | 9,5 | 8,9 |
| Sn | 12,9 | 14,8 | 9,5 |
| Sr | 2,8 | 2,9 | 1,3 |
| Zn | 100,3 | 79,9 | 64,2 |

Per quanto riguarda il Pb, la concentrazione media annuale per tutte e tre le stazioni considerate è nettamente inferiore al valore limite $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (la bozza di recepimento stabilisce un limite solo per il Pb).

| ANALITA | CIRCONVALLAZIONE | | | | BISSUOLA | | | | SACCA FISOLA | | |
|---------------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | Aut | Inv | Prim | Est | Aut | Inv | Prim | Est | Aut | Inv | Prim |
| N° di misure | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 2 | 13 | 14 | 12 | 8 | 8 |
| Al | 152,0 | 342,3 | 349,9 | 366,6 | 236,2 | 424,4 | 372,0 | 340,1 | 66,1 | 59,7 | 113,7 |
| Ba | 15,0 | 26,3 | 13,1 | 9,9 | 12,1 | 15,0 | 7,1 | 9,9 | 4,5 | 5,8 | 3,4 |
| Cd | 1,3 | 3,0 | 4,0 | 1,8 | 2,5 | 2,6 | 3,6 | 2,0 | 12,0 | 9,7 | 3,9 |
| Co | 0,4 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Cr | 1,3 | 12,0 | 4,5 | 6,8 | 2,8 | 2,4 | 4,4 | 6,4 | 0,8 | 2,5 | 12,4 |
| Cu | 34,5 | 56,8 | 37,4 | 32,3 | 25,4 | 29,1 | 18,8 | 25,6 | 16,0 | 15,9 | 1,6 |
| Fe | 744,9 | 1343,0 | 844,3 | 743,4 | 545,0 | 797,4 | 475,1 | 503,7 | 197,4 | 331,7 | 219,3 |
| Hg | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 1,0 | 0,2 |
| Mg | 157,5 | 389,1 | 356,6 | 388,9 | 260,8 | 394,2 | 338,4 | 328,1 | 79,0 | 155,6 | 126,8 |
| Mn | 15,8 | 34,2 | 19,7 | 22,0 | 20,6 | 29,3 | 16,9 | 16,3 | 12,2 | 17,9 | 9,1 |
| Mo | 3,2 | 5,8 | 2,5 | 1,8 | 2,3 | 3,4 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | 3,2 | 1,4 |
| Ni | 5,2 | 8,8 | 7,4 | 6,6 | 6,8 | 8,3 | 6,4 | 5,3 | 4,1 | 3,4 | 2,8 |
| Pb | 78,1 | 123,0 | 74,3 | 41,8 | 68,2 | 90,4 | 48,4 | 36,8 | 42,3 | 64,6 | 29,8 |
| Sb | 12,6 | 20,8 | 10,4 | 7,3 | 13,8 | 14,0 | 7,1 | 6,9 | 10,3 | 10,4 | 5,3 |
| Sn | 7,9 | 15,3 | 11,7 | 15,9 | 13,3 | 15,1 | 11,0 | 19,7 | 8,7 | 11,3 | 8,9 |
| Sr | 1,6 | 3,4 | 3,0 | 3,2 | 2,3 | 4,4 | 2,6 | 3,5 | 1,0 | 1,5 | 1,3 |
| Zn | 84,2 | 128,2 | 121,2 | 68,7 | 89,8 | 157,4 | 73,9 | 64,6 | 69,9 | 90,3 | 29,4 |

Per tutte e tre le stazioni considerate si può osservare un aumento di concentrazione in autunno ed in inverno per la maggior parte dei metalli, ad eccezione del cadmio che in via Circonvallazione e a Parco Bissuola ha una concentrazione maggiore in primavera.

Nei grafici che seguono (Fig. 1-2-3-4) sono rappresentate le concentrazioni medie stagionali di quelli elementi (Cd, Hg, Ni, Pb) che hanno un riscontro nella vigente normativa per le tre stazioni considerate. I dati relativi all'As saranno disponibili al più presto.

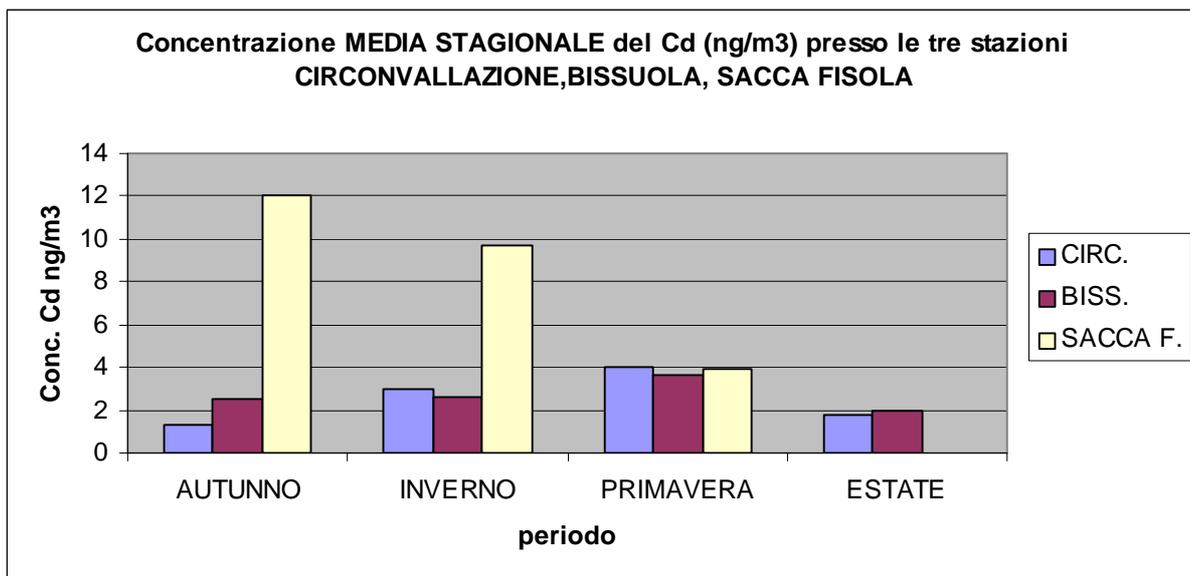


Fig. 1: Concentrazione MEDIA STAGIONALE del Cd (ng/m³).

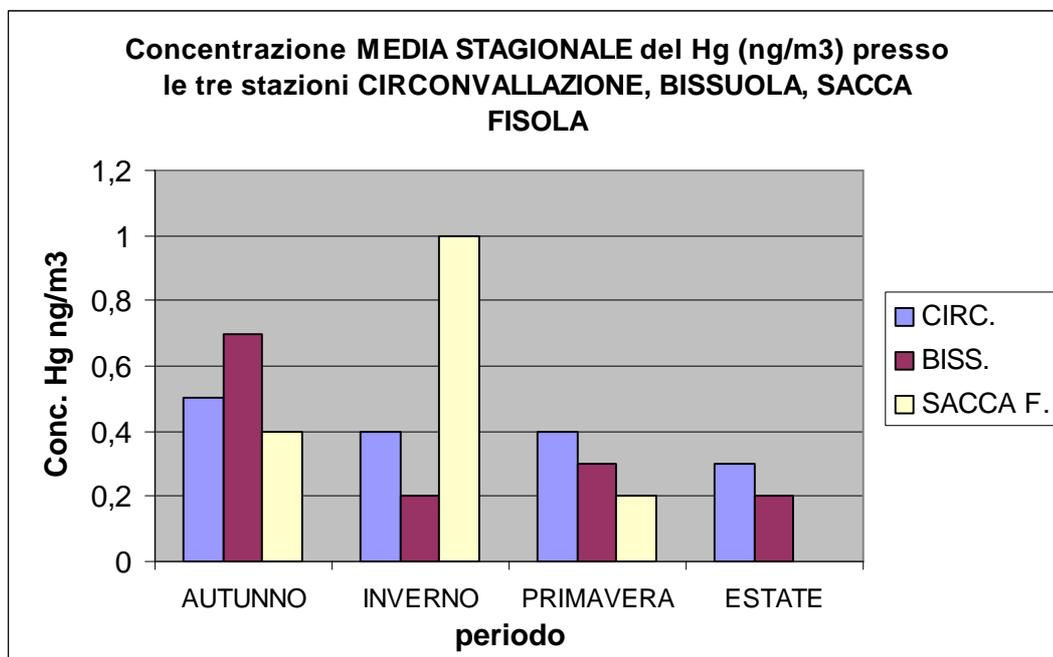


Fig. 2: concentrazione MEDIA STAGIONALE del Hg (ng/m³).

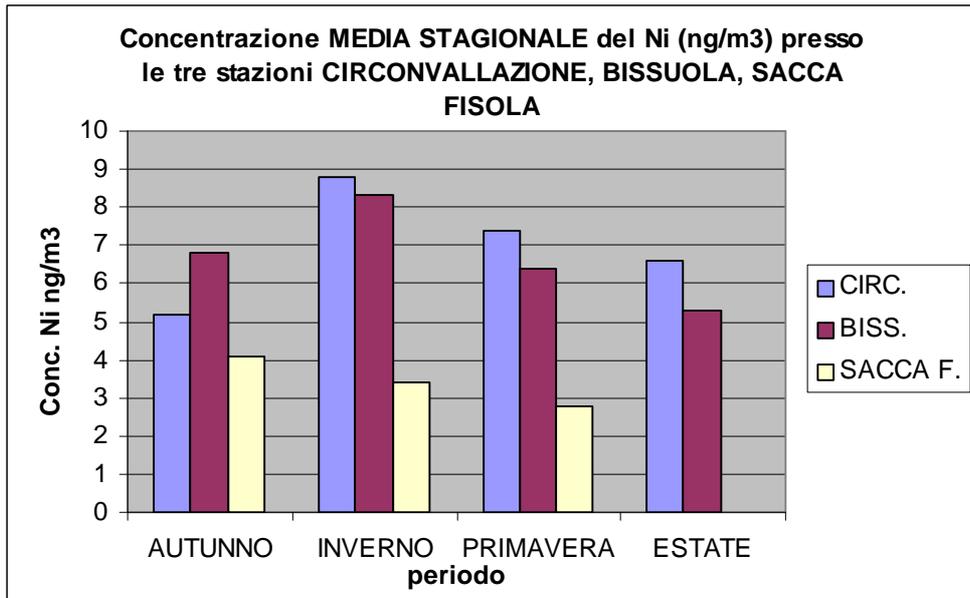


Fig. 3: concentrazione MEDIA STAGIONALE del Ni (ng/m³).

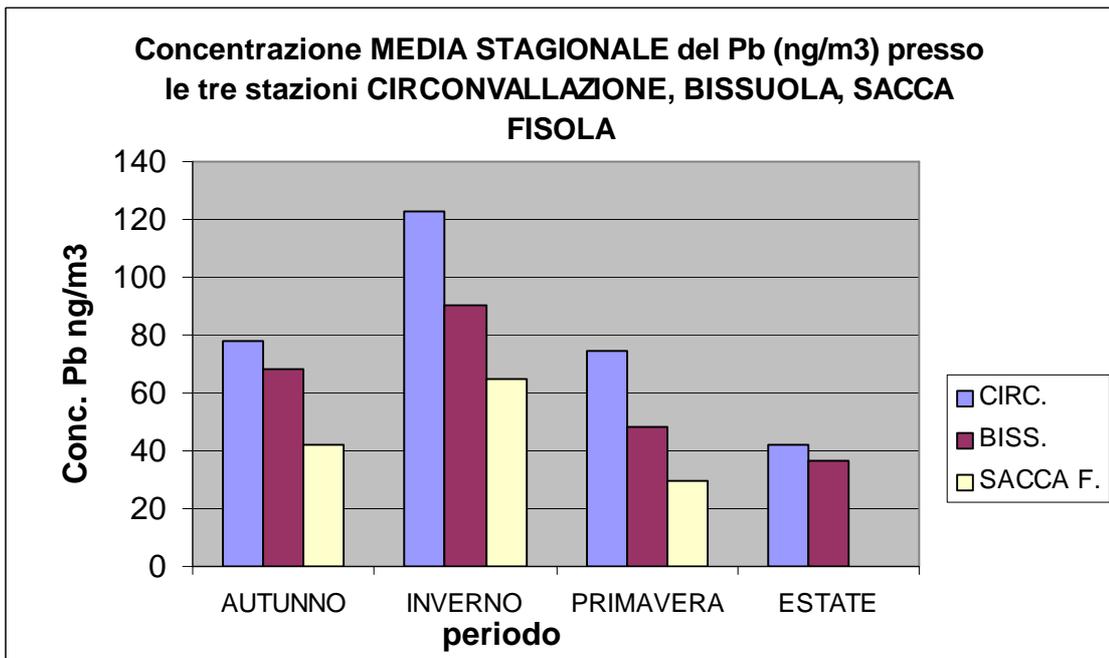


Fig. 4: concentrazione MEDIA STAGIONALE del Pb (ng/m³).

C'è solitamente una concentrazione maggiore per tutti i metalli nella stazione di via Circonvallazione rispetto a quella di Parco Bissuola e quella di Sacca Fisola a Venezia. Tuttavia, è da notare che nella stazione di Sacca Fisola c'è una concentrazione maggiore rispetto le altre due stazioni per quanto riguarda il Cd ed il Hg espressi in ng/m³.

Sempre per la stazione di Sacca Fisola, per i mesi di maggio-giugno-luglio-agosto, non ci sono dati poiché si sono verificati degli inconvenienti tecnici allo strumento di campionamento APM-1.

Nei seguenti grafici (figure da 5 a 16) sono rappresentati distintamente per ogni stazione considerata, gli andamenti delle concentrazioni giornaliere relative al periodo di campionamento (settembre 2000-settembre 2001) per i metalli Cd, Hg, Ni e Pb.

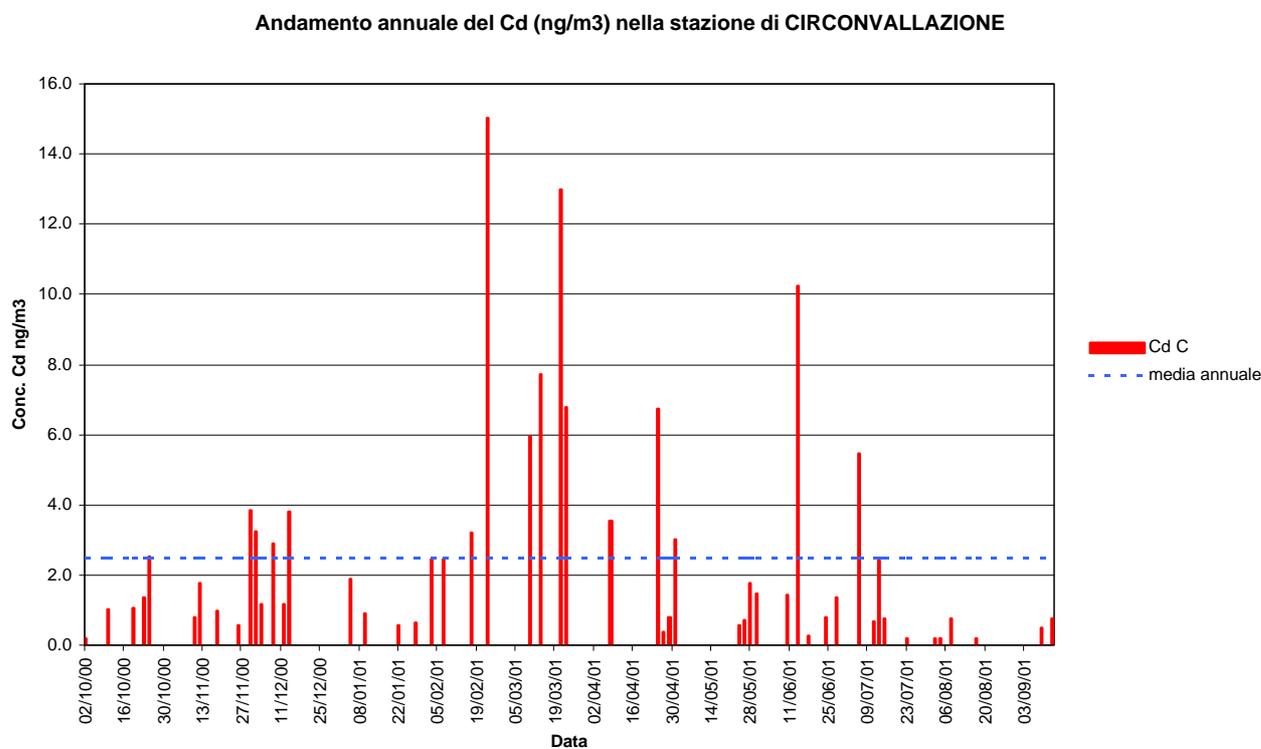


Fig. 5: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Cd nella stazione di CIRCONVALLAZIONE.

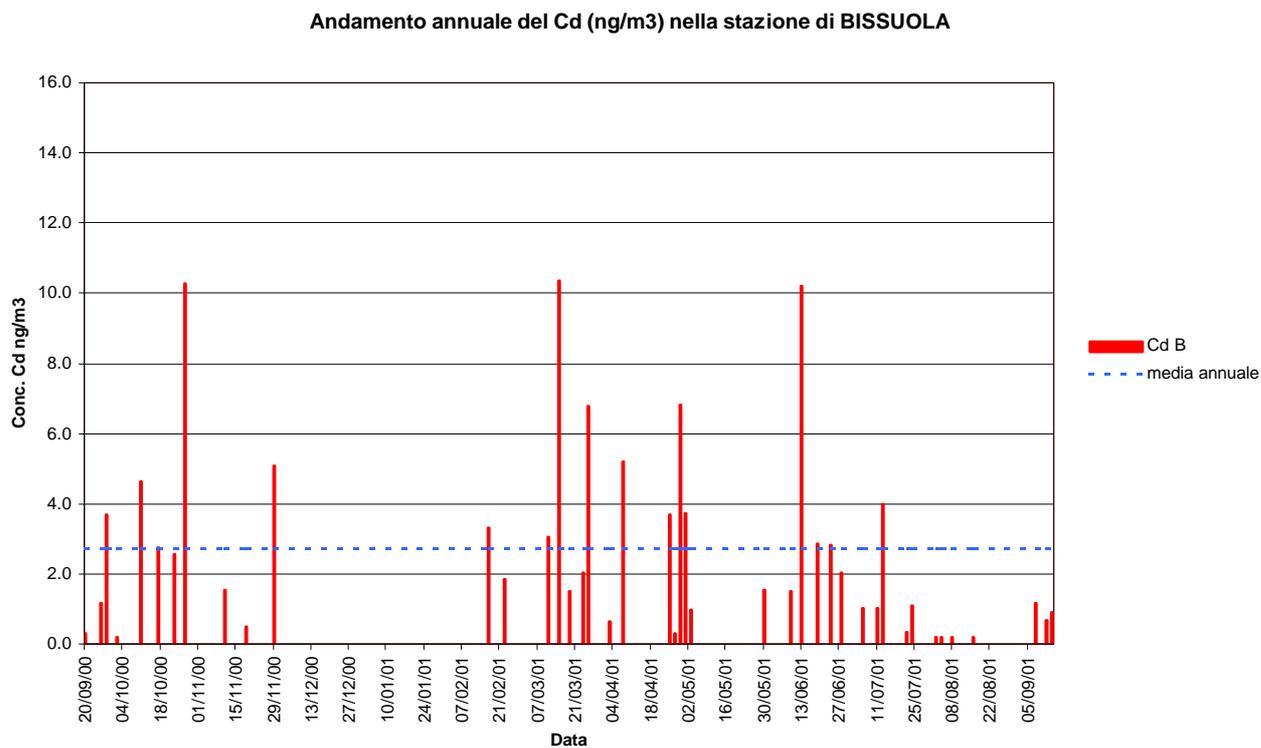


Fig. 6: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Cd nella stazione di BISSUOLA.

Andamento annuale del Cd (ng/m³) nella stazione di SACCA FISOLA

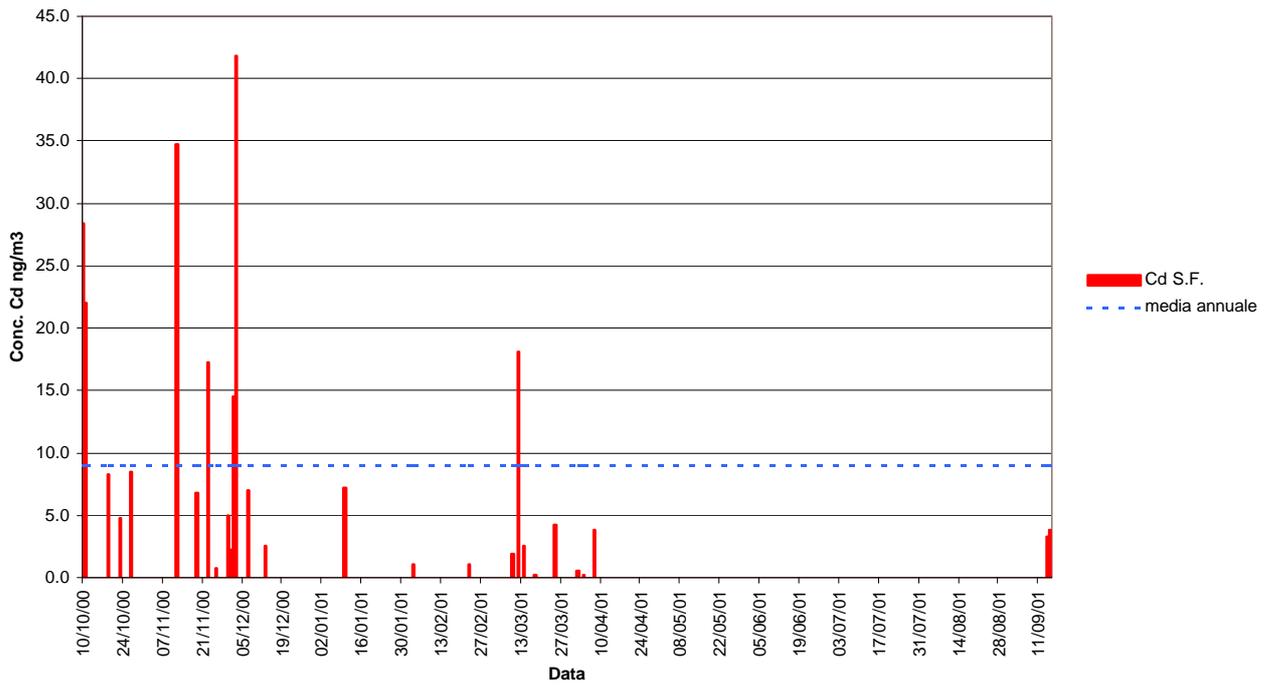


Fig. 7: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Cd nella stazione di SACCA FISOLA.

Andamento annuale del Hg (ng/m³) nella stazione di CIRCONVALLAZIONE

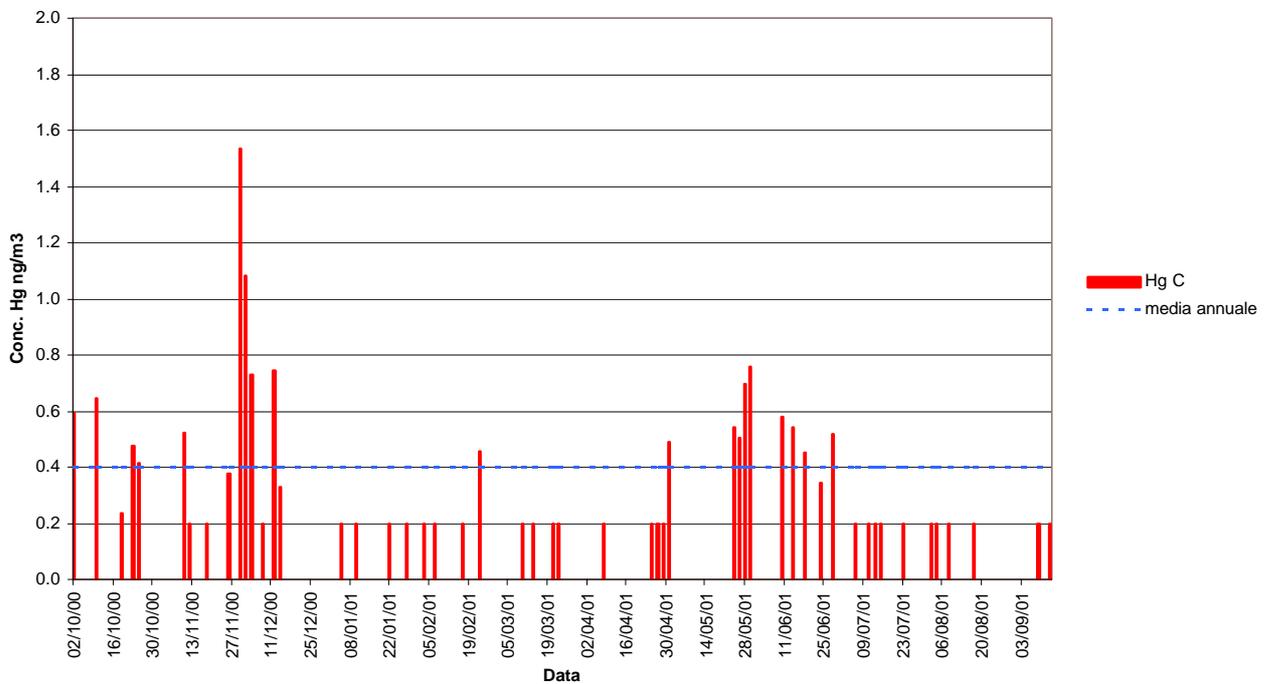


Fig. 8: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Hg nella stazione di CIRCONVALLAZIONE.

Andamento annuale del Hg (ng/m3) nella stazione di BISSUOLA

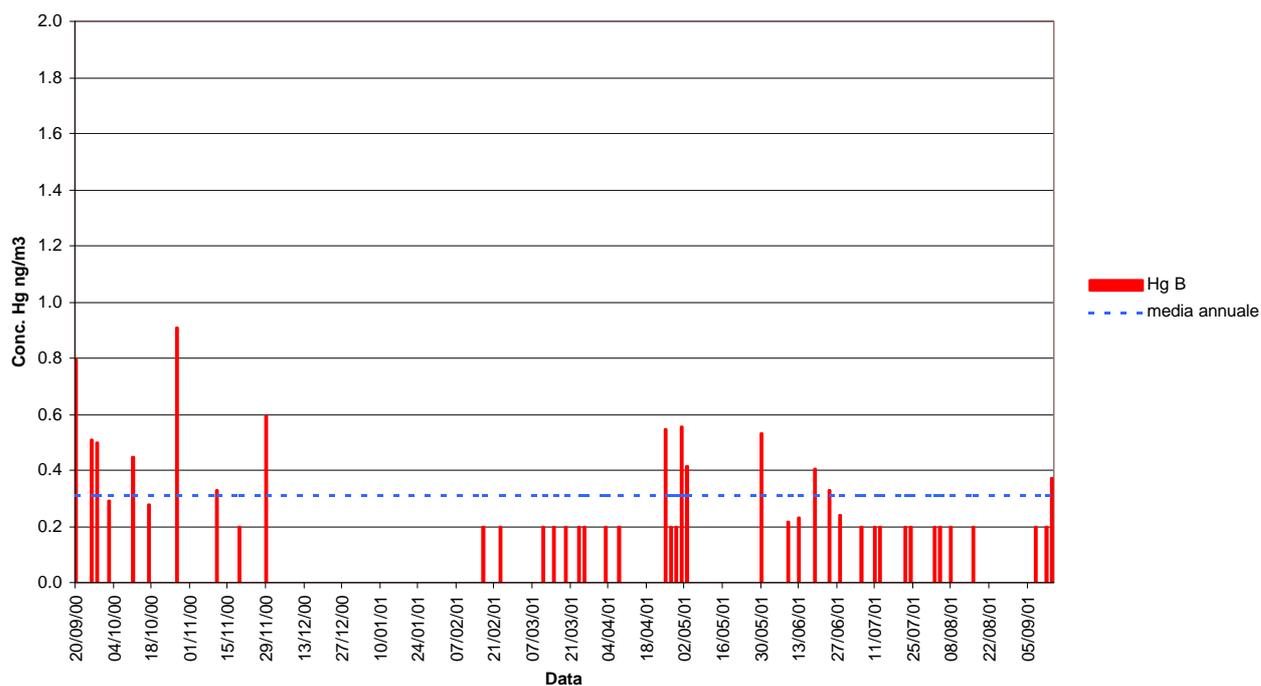


Fig. 9: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Hg nella stazione di BISSUOLA.

Andamento annuale del Hg (ng/m3) nella stazione di SACCA FISOLA

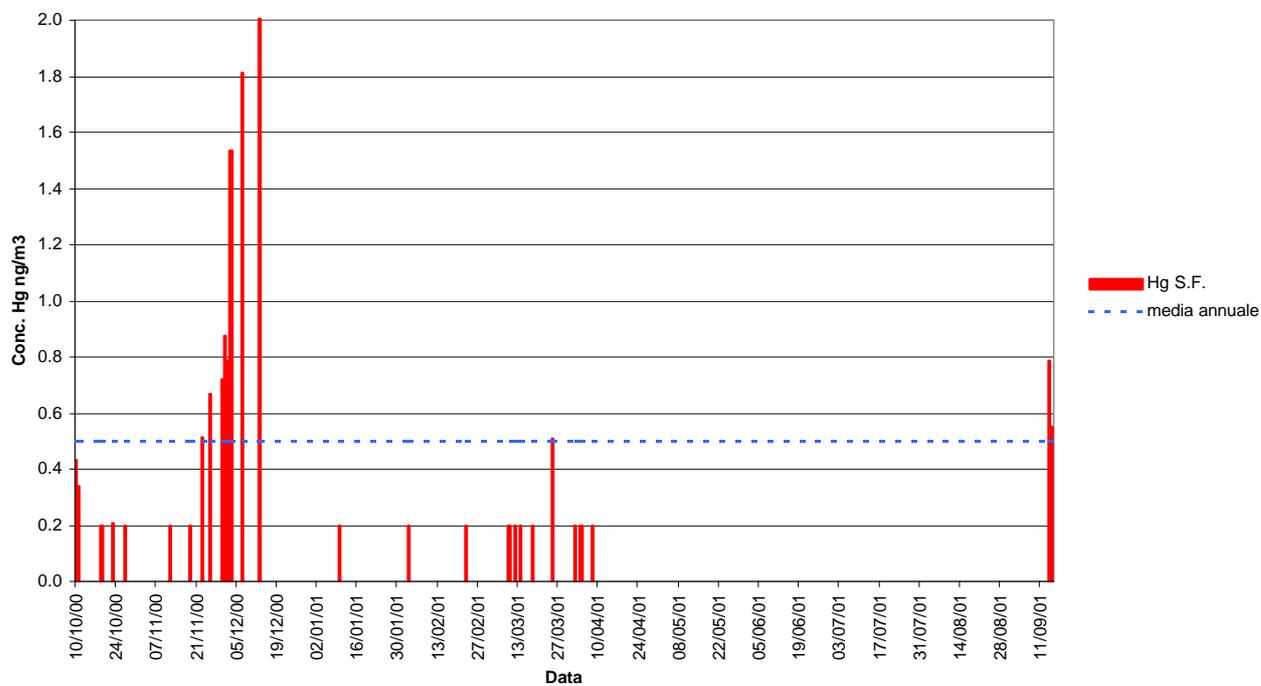


Fig. 10: Andamento della concentrazione giornaliera in ng/m³ del Hg nella stazione di SACCA FISOLA.

Andamento annuale del Ni (ng/m³) nella stazione di CIRCONVALLAZIONE

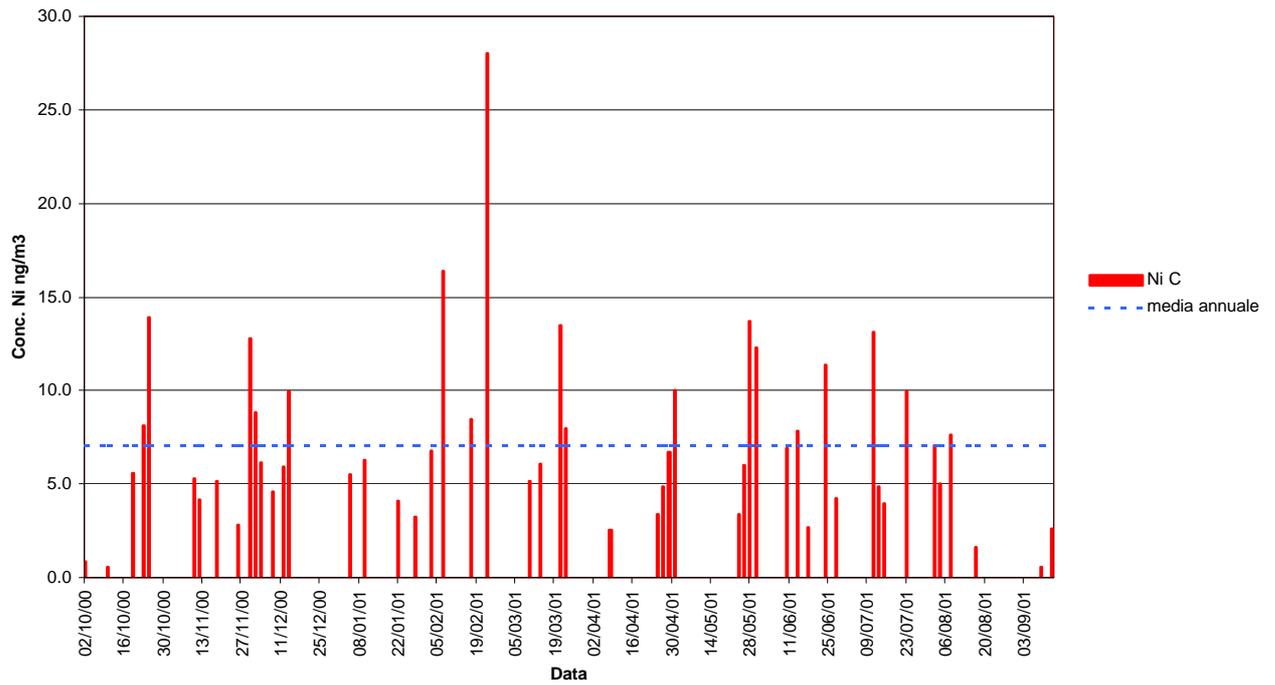


Fig. 11: Andamento dalla concentrazione giornaliera del Ni (ng/m³) nella stazione di CIRCONVALLAZIONE.

Andamento annuale del Ni (ng/m³) nella stazione di BISSUOLA

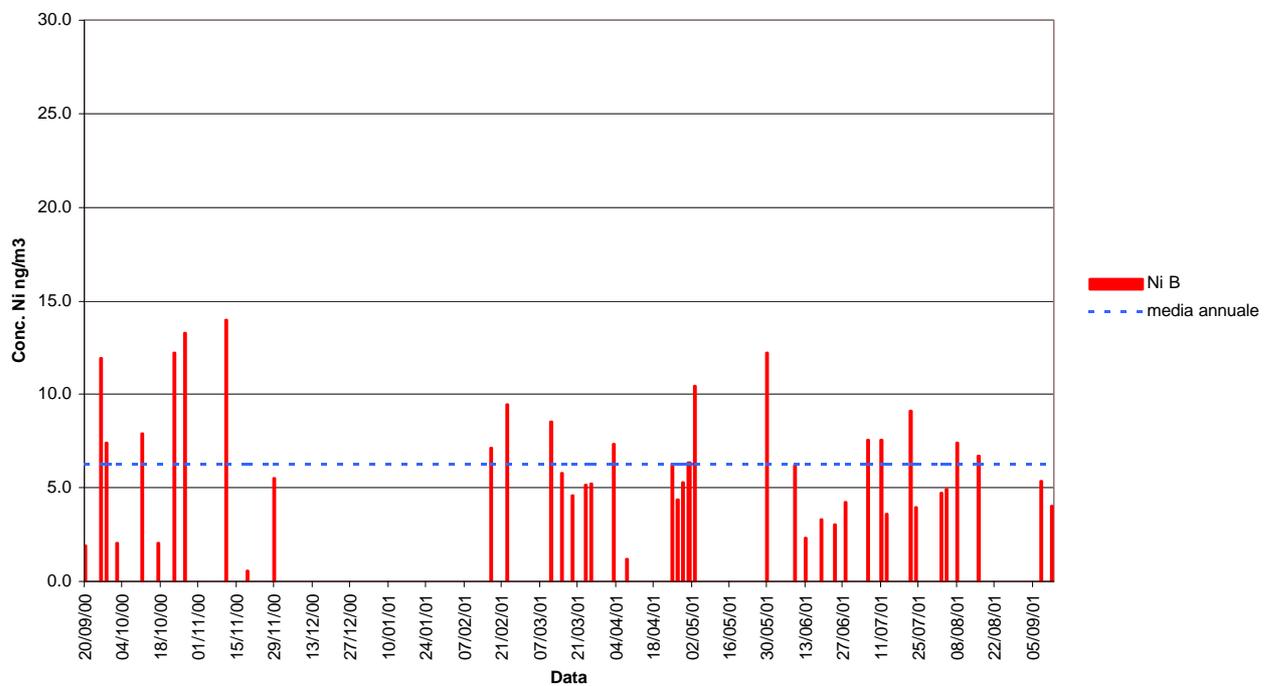


Fig. 12 Andamento dalla concentrazione giornaliera del Ni (ng/m³) nella stazione di BISSUOLA.

Andamento annuale del Ni (ng/m3) nella stazione di SACCA FISOLA

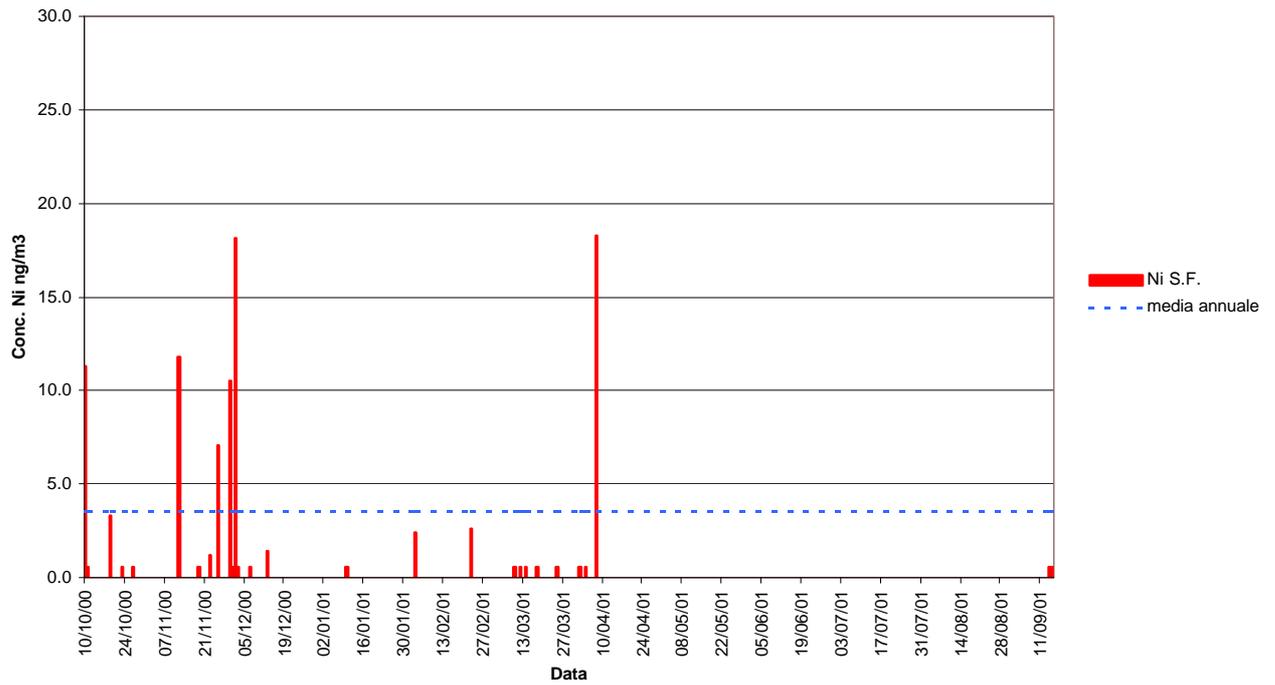


Fig. 13: Andamento dalla concentrazione giornaliera del Ni (ng/m3) nella stazione di SACCA FISOLA.

Andamento annuale del Pb (ng/m3) nella stazione di CIRCONVALLAZIONE

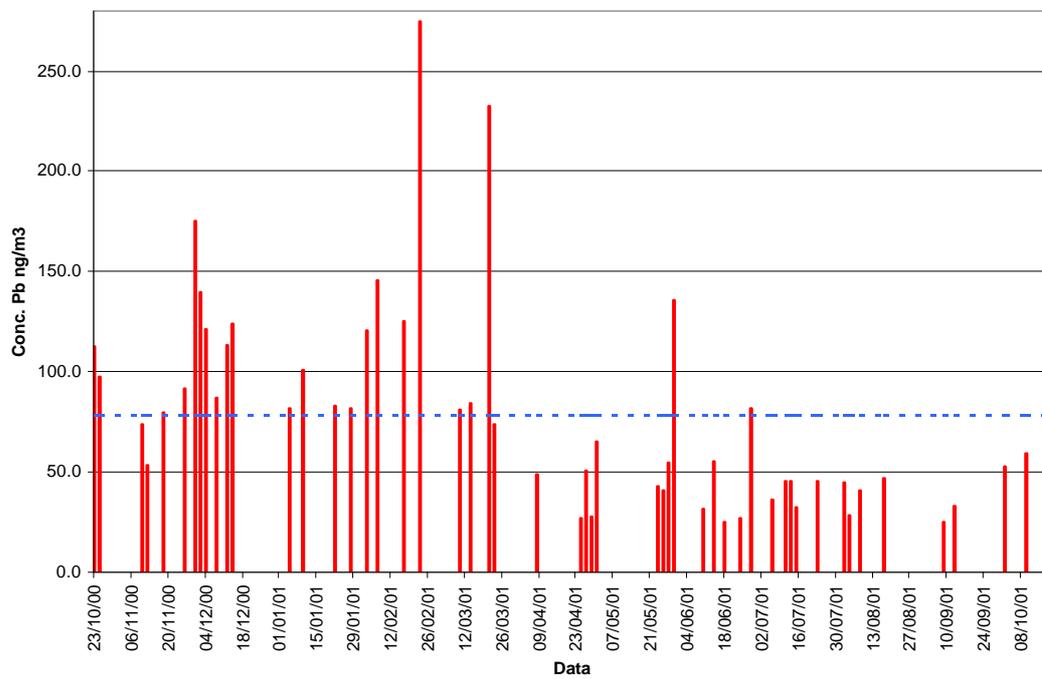


Fig. 14: Andamento dalla concentrazione giornaliera del Pb (ng/m3) nella stazione di CIRCONVALLAZIONE.

poterne definire i limiti. Per tale motivo nella tabella 16 sono confrontate le concentrazioni di origine naturale¹ rispetto quelle ottenute nelle tre stazioni considerate.

| Tab.16: Confronto della concentrazione in µg/g degli elementi Cd, Hg, Ni, Pb di origine naturale con le concentrazioni trovate nelle tre stazioni considerate | | |
|--|-----------------------|-------------------------|
| ANALITA | STATO NATURALE | CIRCONVALLAZIONE |
| Cd | 0,2 | 377,9 |
| Hg | 0,08 | 10,3 |
| Ni | 75 | 80,6 |
| Pb | 12,5 | 244,1 |
| ANALITA | STATO NATURALE | BISSUOLA |
| Cd | 0,2 | 309,9 |
| Hg | 0,08 | 7,1 |
| Ni | 75 | 52,3 |
| Pb | 12,5 | 186,4 |
| ANALITA | STATO NATURALE | SACCA FISOLA |
| Cd | 0,2 | 267,0 |
| Hg | 0,08 | 17,6 |
| Ni | 75 | 124,2 |
| Pb | 12,5 | 177,9 |

Osservando i risultati si può dire che per gli elementi considerati (Cd, Hg e Pb) le concentrazioni attualmente presenti nell'atmosfera sono prevalentemente di origine antropogenica, mentre per il Ni ha una rilevante influenza la fonte naturale.

Per la stazione di Parco Bissuola è possibile fare un confronto fra i dati ottenuti, sempre mediante analisi con ICP-MS, nel periodo 1994/95 e i dati attuali 2000/01. La tabella 17 evidenzia tali risultati, per gli stessi elementi determinati:

| Tab.17: Concentrazioni MEDIANE in µg/g presso la stazione di PARCO BISSUOLA nei periodi 1994/95 e 2000/01 | | |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| ANALITA | MEDIANA(*) (1994/95) | MEDIANA (2000/01) |
| Ba | 292 | 239 |
| Cd | 58,1 | 38,5 |
| Co | 7,26 | 11,7 |
| Cr | 262 | 41,6 |
| Cu | 500 | 622 |
| Mo | 37,6 | 42,7 |
| Ni | 264 | 164 |
| Pb | 3680 | 1415 |
| Sb | 210 | 218 |
| Sr | 66,8 | 73,1 |
| Zn | 3144 | 2034 |
| (*) i dati relativi al periodo 1994/95 erano disponibili come mediana. | | |

¹Sono le concentrazioni presenti nella litosfera (fonte: Fornasieri, M., 1994. *Lezioni di Geochimica*. Editore Veschi, Milano).

Ad una prima osservazione dei parametri effettuati nella stessa stazione e con la medesima tecnica analitica c'è una generale tendenza di riduzione dei metalli, in particolare per il Pb.

CONCLUSIONI

Le concentrazioni attuali in tutte e tre le stazioni sono ben al disotto del valore limite per quanto riguarda il Pb ($0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e per gli elementi Cd, Hg e Ni si è al disotto dei criteri di qualità indicati dall'O.M.S.

E' da tenere in considerazione che, i campioni analizzati si riferiscono a giornate di campionamento aventi delle condizioni atmosferiche sfavorevoli. Infatti l'assenza di precipitazioni e la stabilità atmosferica impediscono l'abbattimento degli inquinanti e/o una loro possibile dispersione negli strati più alti.

In particolare per il piombo si vede un dimezzamento della sua concentrazione negli ultimi cinque anni, questo è giustificato dall'utilizzo della benzina verde (non addizionata con piombo).

L'analisi dei dati delle tre stazioni considerate evidenzia come il traffico veicolare incida sulla distribuzione dei metalli, infatti la stazione di via Circonvallazione ad intenso traffico presenta i valori più elevati.

ALLEGATO: Tabelle delle concentrazioni giornaliere e stagionali in ng/m³ presso le tre stazioni: via Circonvallazione, Parco Bissuola, Sacca Fisola.

| Tab. 6: Concentrazione in ng/m3 degli elementi nel PM10 presso la STAZIONE di VIA CIRCONVALLAZIONE (52 filtri campionati in 24 ore) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|-----------------------|----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | |
| 2-ott-00 | 89.3 | 10.5 | 0.2 | 0.2 | 0.8 | 27.5 | 492.7 | 0.6 | non fatto | 8.3 | 2.0 | 0.9 | 52.9 | 7.6 | 3.2 | 1.2 | 45.5 |
| 10-ott-00 | 65.6 | 10.8 | 1.0 | 0.2 | 0.8 | 21.7 | 401.4 | 0.6 | non fatto | 9.5 | 1.8 | 0.6 | 59.0 | 13.2 | 8.0 | 1.0 | 52.8 |
| 19-ott-00 | 186.5 | 20.2 | 1.1 | 0.2 | 0.8 | 44.0 | 980.0 | 0.2 | non fatto | 20.2 | 3.8 | 5.6 | 83.4 | 16.0 | 5.4 | 1.9 | 60.1 |
| 23-ott-00 | 234.3 | 20.5 | 1.4 | 0.3 | 0.8 | 48.9 | 1083.0 | 0.5 | non fatto | 27.5 | 3.5 | 8.1 | 113.0 | 16.9 | 8.8 | 2.6 | 126.5 |
| 25-ott-00 | 244.9 | 18.9 | 2.5 | 0.9 | 0.8 | 52.5 | 892.1 | 0.4 | non fatto | 26.4 | 4.0 | 13.9 | 97.6 | 19.3 | 9.5 | 2.6 | 125.4 |
| 10-nov-00 | 65.8 | 11.9 | 0.8 | 0.3 | 0.8 | 18.0 | 407.4 | 0.5 | 50.8 | 22.9 | 3.8 | 5.3 | 73.8 | 9.0 | 7.5 | 0.6 | 106.7 |
| 12-nov-00 | 90.7 | 5.8 | 1.8 | 0.2 | 0.8 | 17.2 | 287.9 | 0.2 | 47.4 | 7.8 | 1.5 | 4.1 | 53.4 | 6.7 | 4.6 | 0.8 | 46.5 |
| 18-nov-00 | 187.9 | 14.8 | 1.0 | 0.4 | 0.8 | 38.8 | 850.6 | 0.2 | 243.9 | 15.0 | 3.4 | 5.1 | 79.7 | 13.3 | 5.4 | 1.9 | 38.3 |
| 26-nov-00 | 83.8 | 8.0 | 0.6 | 0.3 | 0.8 | 28.8 | 510.3 | 0.4 | 80.2 | 16.8 | 2.1 | 2.8 | 91.4 | 8.6 | 7.3 | 0.8 | 144.1 |
| 30-nov-00 | 474.4 | 53.2 | 3.8 | 1.3 | 0.8 | 99.0 | 2721.6 | 1.5 | 641.1 | 23.3 | 9.2 | 12.8 | 175.0 | 31.5 | 15.2 | 4.8 | 185.0 |
| 2-dic-00 | 287.4 | 27.8 | 3.2 | 0.8 | 0.8 | 59.1 | 1352.3 | 1.1 | 353.0 | 30.4 | 4.5 | 8.8 | 139.7 | 22.3 | 13.5 | 2.6 | 109.6 |
| 4-dic-00 | 248.7 | 19.8 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 53.2 | 1236.4 | 0.7 | 282.6 | 24.6 | 3.9 | 6.1 | 121.5 | 13.4 | 12.7 | 1.9 | 126.5 |
| 8-dic-00 | 135.6 | 9.4 | 2.9 | 0.3 | 0.8 | 27.9 | 561.5 | 0.2 | 173.5 | 19.0 | 2.4 | 4.6 | 87.3 | 10.7 | 12.5 | 1.1 | 75.6 |
| 12-dic-00 | 273.3 | 27.3 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 60.4 | 1268.7 | 0.7 | 323.2 | 34.8 | 5.1 | 5.9 | 113.1 | 25.2 | 7.7 | 2.2 | 129.9 |
| 14-dic-00 | 426.2 | 40.4 | 3.8 | 0.9 | 0.8 | 71.9 | 1779.1 | 0.3 | 550.5 | 49.3 | 5.7 | 9.9 | 123.9 | 26.1 | 11.2 | 3.6 | 188.5 |
| 5-gen-01 | 91.3 | 10.2 | 1.9 | 0.5 | 0.8 | 25.1 | 532.7 | 0.2 | 84.5 | 25.8 | 2.5 | 5.5 | 81.5 | 9.4 | 6.8 | 2.9 | 62.1 |
| 10-gen-01 | 269.6 | 21.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 37.7 | 1002.1 | 0.2 | 347.1 | 28.4 | 14.1 | 6.3 | 100.5 | 11.9 | 21.2 | 2.6 | 75.9 |
| 22-gen-01 | 248.9 | 14.5 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 29.4 | 693.4 | 0.2 | 288.8 | 22.1 | 3.3 | 4.1 | 83.1 | 8.2 | 13.2 | 2.0 | 80.8 |
| 28-gen-01 | 142.4 | 14.8 | 0.6 | 0.5 | 2.9 | 39.7 | 934.1 | 0.2 | 188.8 | 15.0 | 3.3 | 3.3 | 81.6 | 12.4 | 6.0 | 1.5 | 53.7 |
| 3-feb-01 | 407.7 | 25.9 | 2.4 | 1.1 | 6.7 | 53.6 | 1395.1 | 0.2 | 469.3 | 33.5 | 5.0 | 6.8 | 120.4 | 21.3 | 15.2 | 4.2 | 137.1 |
| 7-feb-01 | 432.4 | 36.3 | 2.4 | 1.4 | 11.0 | 69.8 | 1677.0 | 0.2 | 507.0 | 44.4 | 6.8 | 16.4 | 145.6 | 22.9 | 22.8 | 4.9 | 184.3 |
| 17-feb-01 | 418.1 | 25.9 | 3.2 | 1.1 | 6.8 | 68.8 | 1561.3 | 0.2 | 400.3 | 33.2 | 5.9 | 8.5 | 125.5 | 23.8 | 12.9 | 3.6 | 131.2 |
| 23-feb-01 | 1068.6 | 68.7 | 15.0 | 2.6 | 122.4 | 141.4 | 3465.2 | 0.5 | 1089.6 | 84.0 | 13.4 | 28.0 | 274.9 | 62.7 | 43.6 | 11.2 | 311.6 |
| 10-mar-01 | 105.3 | 13.4 | 5.9 | 0.5 | 21.5 | 39.4 | 1019.2 | 0.2 | 110.4 | 18.0 | 3.6 | 5.1 | 81.2 | 13.1 | 8.2 | 1.5 | 48.9 |
| 14-mar-01 | 268.4 | 22.4 | 7.7 | 0.7 | 3.0 | 53.0 | 1277.6 | 0.2 | 323.8 | 23.7 | 4.5 | 6.1 | 84.3 | 18.3 | 8.3 | 2.8 | 71.6 |
| 21-mar-01 | 527.1 | 28.7 | 13.0 | 2.2 | 0.8 | 62.7 | 1373.9 | 0.2 | 739.1 | 33.2 | 4.9 | 13.5 | 232.6 | 20.1 | 15.4 | 6.1 | 608.7 |
| 23-mar-01 | 163.6 | 11.2 | 6.8 | 0.7 | 0.8 | 26.5 | 592.6 | 0.2 | 201.7 | 15.3 | 3.5 | 7.9 | 73.8 | 11.9 | 12.3 | 2.0 | 76.2 |
| 8-apr-01 | 43.0 | 8.9 | 3.5 | 0.4 | 0.8 | 23.3 | 517.7 | 0.2 | 59.6 | 10.5 | 2.4 | 2.6 | 48.7 | 6.8 | 4.6 | 0.8 | 49.1 |
| 25-apr-01 | 125.0 | 5.6 | 6.7 | 0.4 | 0.8 | 14.9 | 299.6 | 0.2 | 140.7 | 5.6 | 1.5 | 3.4 | 26.8 | 8.5 | 3.6 | 1.5 | 14.9 |
| 27-apr-01 | 281.0 | 13.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 30.2 | 687.7 | 0.2 | 258.3 | 13.9 | 2.8 | 4.9 | 50.9 | 8.2 | 5.7 | 2.8 | 72.3 |
| 29-apr-01 | 360.7 | 7.1 | 0.8 | 0.4 | 12.9 | 22.7 | 474.8 | 0.2 | 341.3 | 10.3 | 0.8 | 6.7 | 27.5 | 4.9 | 5.9 | 2.5 | 40.1 |
| 1-mag-01 | 451.4 | 10.7 | 3.0 | 1.0 | 3.2 | 40.2 | 987.4 | 0.5 | 487.0 | 19.3 | 1.6 | 10.0 | 65.5 | 11.0 | 19.7 | 4.2 | 132.8 |
| 24-mag-01 | 460.2 | 11.9 | 0.6 | 0.5 | 3.4 | 37.3 | 880.4 | 0.5 | 466.7 | 21.8 | 2.0 | 3.4 | 42.7 | 9.1 | 11.5 | 3.3 | 45.5 |
| 26-mag-01 | 395.2 | 9.1 | 0.7 | 0.6 | 0.8 | 38.3 | 781.4 | 0.5 | 321.6 | 17.3 | 1.7 | 6.0 | 40.6 | 6.9 | 16.0 | 2.4 | 79.9 |
| 28-mag-01 | 689.6 | 15.0 | 1.8 | 1.5 | 7.7 | 39.0 | 1184.5 | 0.7 | 622.0 | 35.4 | 1.8 | 13.7 | 54.6 | 8.1 | 17.0 | 4.8 | 110.6 |
| 30-mag-01 | 678.1 | 12.5 | 1.5 | 0.9 | 2.3 | 58.0 | 899.7 | 0.8 | 563.2 | 32.4 | 2.0 | 12.3 | 136.0 | 8.1 | 24.2 | 4.2 | 225.5 |
| 10-giu-01 | 352.9 | 4.5 | 1.4 | 0.5 | 6.4 | 18.9 | 373.6 | 0.6 | 809.5 | 13.9 | 1.0 | 6.9 | 31.3 | 3.2 | 8.1 | 5.3 | 54.2 |
| 14-giu-01 | 507.3 | 14.4 | 10.2 | 0.7 | 9.8 | 45.7 | 1130.7 | 0.5 | 589.0 | 33.2 | 2.3 | 7.8 | 55.4 | 12.2 | 19.4 | 3.9 | 128.2 |
| 18-giu-01 | 210.9 | 7.8 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 29.0 | 724.3 | 0.5 | 205.2 | 80.7 | 1.5 | 2.7 | 25.2 | 6.1 | 5.9 | 1.7 | 45.6 |
| 24-giu-01 | 334.0 | 6.5 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 22.4 | 394.7 | 0.3 | 373.1 | 11.0 | 1.1 | 11.4 | 27.2 | 3.8 | 17.5 | 2.6 | 70.5 |
| 28-giu-01 | 418.2 | 12.2 | 1.4 | 0.6 | 4.1 | 42.7 | 948.1 | 0.5 | 549.6 | 32.6 | 3.2 | 4.2 | 81.5 | 17.3 | 19.0 | 3.1 | 167.5 |
| 6-lug-01 | 387.3 | 8.4 | 5.4 | 5.3 | 8.3 | 24.8 | 583.4 | 0.2 | 384.0 | 14.4 | 1.3 | 151.4* | 36.4 | 13.2 | 16.0 | 5.4 | 47.3 |
| 11-lug-01 | 348.8 | 12.4 | 0.7 | 0.5 | 5.7 | 41.1 | 930.7 | 0.2 | 309.7 | 19.4 | 1.9 | 13.1 | 45.4 | 7.6 | 15.6 | 5.1 | 80.7 |
| 13-lug-01 | 328.8 | 8.5 | 2.4 | 0.3 | 2.3 | 31.9 | 626.7 | 0.2 | 244.7 | 15.1 | 1.7 | 4.8 | 45.4 | 4.8 | 16.1 | 1.8 | 65.1 |
| 15-lug-01 | 388.2 | 10.4 | 0.8 | 0.4 | 8.0 | 23.2 | 638.2 | 0.2 | 323.9 | 12.1 | 1.3 | 4.0 | 32.1 | 4.6 | 9.8 | 3.6 | 29.8 |
| 23-lug-01 | 317.2 | 11.7 | 0.2 | 0.4 | 12.7 | 37.3 | 875.6 | 0.2 | 297.4 | 20.4 | 2.0 | 10.0 | 45.6 | 7.5 | 26.1 | 2.1 | 74.1 |
| 2-ago-01 | 497.7 | 13.7 | 0.2 | 0.8 | 13.0 | 50.9 | 1099.0 | 0.2 | 478.7 | 19.3 | 2.5 | 7.1 | 44.7 | 7.0 | 27.5 | 3.3 | 124.1 |
| 4-ago-01 | 406.6 | 7.5 | 0.2 | 0.4 | 3.0 | 17.3 | 592.8 | 0.2 | 297.6 | 12.3 | 1.5 | 5.0 | 28.0 | 4.5 | 9.3 | 3.0 | 23.4 |
| 8-ago-01 | 332.8 | 10.6 | 0.8 | 0.5 | 11.6 | 37.4 | 685.0 | 0.2 | 303.5 | 12.3 | 1.8 | 7.7 | 40.7 | 4.8 | 16.9 | 2.2 | 32.8 |
| 17-ago-01 | 302.1 | 10.5 | 0.2 | 0.3 | 8.3 | 29.5 | 804.4 | 0.2 | 279.1 | 11.5 | 1.8 | 1.6 | 46.5 | 6.2 | 16.1 | 1.9 | 19.0 |
| 9-set-01 | 9.8 | 2.8 | 0.5 | 0.2 | 7.4 | 3.8 | 105.9 | 0.2 | 10.9 | 2.9 | 1.2 | 0.6 | 25.0 | 2.3 | 5.7 | 0.5 | 33.0 |
| 13-set-01 | 90.9 | 2.8 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 13.9 | 205.4 | 0.2 | 28.0 | 8.6 | 1.9 | 2.6 | 33.1 | 6.8 | 13.7 | 0.5 | 46.2 |
| media | 306.8 | 16.0 | 2.5 | 0.7 | 6.3 | 40.2 | 918.9 | 0.4 | 345.6 | 23.1 | 3.3 | 7.0 | 78.6 | 12.7 | 12.9 | 2.8 | 100.3 |
| mediana | 294.8 | 12.1 | 1.3 | 0.5 | 0.8 | 37.6 | 863.1 | 0.2 | 321.6 | 19.4 | 2.4 | 6.0 | 69.6 | 9.3 | 12.4 | 2.6 | 74.8 |
| dev std | 192.4 | 12.2 | 3.2 | 0.8 | 17.0 | 22.9 | 584.1 | 0.3 | 220.0 | 15.6 | 2.7 | 4.8 | 51.1 | 9.8 | 7.4 | 1.8 | 92.5 |
| Min-Max | 9.82-1068.61 | 2.78-68.67 | 0.2-15.02 | 0.2-5.26 | 0.8-122.41 | 3.78-141.39 | 105.86-3465.17 | 0.2-1.5 | 10.91-1089.57 | 2.9-84.0 | 0.8-14.1 | 0.6-28.0 | 25.0-274.9 | 2.3-62.7 | 3.2-43.55 | 0.5-11.23 | 14.98-608.68 |
| *dato anomalo non considerato nella media annuale | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Tab. 8: Concentrazione in ng/m3 degli elementi nel PM10 presso la STAZIONE di SACCA FISOLA (strumento APM1, 28 filtri campionati in 24 ore) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | Media | 202 | | 55 | Media | 60 | 208 | | | 88 | |
| 14/09/00 | 1.1 | 3.3 | 3.3 | 0.2 | 0.8 | 0.9 | 115.4 | 0.8 | n | 4.1 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 7.8 | 2.6 | 1.2 | 17.1 |
| 15/09/00 | 1.1 | 2.3 | 3.8 | 0.2 | 0.8 | 2.7 | 105.0 | 0.6 | n | 5.4 | 0.6 | 0.6 | 33.1 | 7.9 | 2.9 | 1.0 | 32.9 |
| 10/10/00 | 1.1 | 1.9 | 28.4 | 0.2 | 0.8 | 11.9 | 77.4 | 0.4 | n | 6.4 | 0.8 | 11.3 | 44.4 | 12.3 | 7.8 | 0.5 | 79.5 |
| 11/10/00 | 27.7 | 1.6 | 22.0 | 0.2 | 0.8 | 7.2 | 42.5 | 0.3 | n | 3.6 | 0.7 | 0.6 | 33.3 | 10.1 | 10.7 | 1.0 | 50.8 |
| 19/10/00 | 148.3 | 6.8 | 8.3 | 0.2 | 0.8 | 24.6 | 295.9 | 0.2 | n | 16.3 | 2.1 | 3.3 | 62.3 | 10.9 | 10.9 | 1.5 | 83.8 |
| 23-ott-00 | 99.0 | 5.0 | 4.7 | 0.2 | 0.8 | 21.0 | 253.5 | 0.2 | n | 16.5 | 1.3 | 0.6 | 0.7 | 13.5 | 18.7 | 1.2 | 102.7 |
| 27-ott-00 | 37.9 | 10.6 | 8.4 | 1.1 | 0.8 | 20.2 | 377.2 | 0.2 | n | 22.3 | 2.9 | 0.6 | 88.5 | 21.3 | 20.4 | 1.8 | 122.2 |
| 12-nov-00 | 111.9 | 2.7 | 34.7 | 0.1 | 0.8 | 11.7 | 111.9 | 0.2 | 23.0 | 8.0 | 0.9 | 11.8 | 41.4 | 4.9 | 4.4 | 0.9 | 50.2 |
| 19-nov-00 | 1.1 | 1.4 | 6.8 | 0.2 | 0.8 | 4.2 | 55.8 | 0.2 | 43.3 | 2.5 | 0.5 | 0.6 | 21.4 | 3.2 | 1.7 | 0.5 | 26.3 |
| 23-nov-00 | 23.6 | 4.1 | 17.3 | 0.2 | 0.8 | 20.6 | 279.5 | 0.5 | 44.4 | 20.7 | 3.9 | 1.2 | 56.9 | 16.0 | 7.3 | 0.5 | 87.9 |
| 26-nov-00 | 1.1 | 3.0 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 13.5 | 114.9 | 0.7 | 34.6 | 9.1 | 0.8 | 7.1 | 38.4 | 2.1 | 5.2 | 0.5 | 67.0 |
| 30-nov-00 | 339.3 | 11.6 | 4.9 | 0.5 | 0.8 | 52.8 | 539.9 | 0.7 | 249.6 | 31.6 | 3.2 | 10.5 | 87.5 | 14.1 | 11.2 | 1.9 | 118.6 |
| 1-dic-00 | 220.6 | 8.9 | 2.2 | 0.2 | 0.8 | 18.6 | 394.1 | 0.9 | 168.0 | 20.8 | 1.4 | 0.6 | 68.0 | 11.2 | 19.4 | 0.6 | 110.4 |
| 2-dic-00 | 97.0 | 0.4 | 14.6 | 0.5 | 0.8 | 26.0 | 530.0 | 0.8 | 386.8 | 25.0 | 2.4 | 18.1 | 109.7 | 26.3 | 20.0 | 3.3 | 126.2 |
| 3-dic-00 | 1.1 | 5.2 | 41.8 | 0.2 | 0.8 | 13.8 | 254.7 | 1.5 | 82.3 | 11.5 | 1.1 | 0.6 | 69.1 | 9.5 | 7.6 | 0.9 | 79.5 |
| 7-dic-00 | 1.1 | 7.7 | 6.9 | 0.2 | 0.8 | 31.1 | 292.6 | 1.8 | 107.1 | 19.4 | 2.0 | 0.6 | 75.8 | 10.2 | 8.6 | 1.0 | 108.1 |
| 13-dic-00 | 32.2 | 9.2 | 2.5 | 0.4 | 0.8 | 18.0 | 407.1 | 2.0 | 140.2 | 29.8 | 2.3 | 1.4 | 73.1 | 7.8 | 7.8 | 1.3 | 146.3 |
| 10-gen-01 | 1.1 | 6.3 | 7.2 | 0.3 | 7.9 | 9.0 | 285.1 | 0.2 | 117.0 | 16.1 | 13.8 | 0.6 | 59.9 | 9.4 | 17.0 | 1.6 | 75.1 |
| 3-feb-01 | 108.2 | 3.4 | 1.0 | 0.3 | 2.8 | 4.3 | 181.9 | 0.2 | 109.9 | 7.8 | 1.0 | 2.4 | 29.0 | 4.1 | 4.1 | 1.2 | 32.6 |
| 23-feb-01 | 16.0 | 5.2 | 1.1 | 0.3 | 5.4 | 6.3 | 308.3 | 0.2 | 134.0 | 12.6 | 1.4 | 2.6 | 32.3 | 4.9 | 6.0 | 2.1 | 44.3 |
| 10-mar-01 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 0.2 | 3.6 | 2.2 | 93.3 | 0.2 | 14.2 | 5.2 | 0.8 | 0.6 | 16.0 | 4.6 | 3.5 | 0.5 | 6.8 |
| 12-mar-01 | 1.1 | 14.4 | 18.1 | 1.3 | 7.3 | 0.2 | 947.2 | 0.2 | 313.1 | 36.1 | 7.2 | 0.6 | 142.1 | 27.9 | 45.3 | 4.9 | 98.0 |
| 14-mar-01 | 1.1 | 4.2 | 2.5 | 0.2 | 4.4 | 0.2 | 84.0 | 0.2 | 47.0 | 4.2 | 0.7 | 0.6 | 13.7 | 3.1 | 2.8 | 0.5 | 6.5 |
| 18-mar-01 | 1.1 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 8.5 | 97.7 | 0.2 | 10.9 | 10.2 | 0.7 | 0.6 | 14.9 | 1.1 | 2.8 | 0.5 | 25.7 |
| 25-mar-01 | 487.5 | 3.2 | 4.2 | 0.2 | 20.0 | 0.2 | 272.0 | 0.5 | 386.1 | 7.5 | 0.5 | 0.6 | 24.7 | 2.8 | 9.5 | 2.6 | 47.9 |
| 2-apr-01 | 12.3 | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 23.8 | 0.2 | 59.5 | 0.2 | 60.4 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 5.4 | 0.9 | 3.3 | 0.5 | 6.9 |
| 4-apr-01 | 1.1 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 20.7 | 1.1 | 75.1 | 0.2 | 47.8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 4.6 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 1.8 |
| 8-apr-01 | 404.1 | 1.2 | 3.8 | 0.2 | 17.5 | 0.2 | 125.7 | 0.2 | 134.6 | 8.3 | 0.5 | 18.3 | 16.6 | 1.2 | 3.9 | 0.5 | 41.9 |
| media | 77.9 | 4.6 | 9.0 | 0.3 | 4.6 | 11.8 | 242.1 | 0.5 | 126.4 | 12.9 | 1.9 | 3.5 | 45.1 | 8.9 | 9.5 | 1.3 | 64.2 |
| mediana | 14.1 | 3.4 | 4.5 | 0.2 | 0.8 | 8.7 | 217.7 | 0.2 | 107.1 | 9.7 | 1.0 | 0.6 | 35.8 | 7.9 | 7.4 | 1.0 | 32.6 |
| dev std | 131.2 | 3.7 | 10.9 | 0.3 | 7.0 | 12.2 | 198.9 | 0.5 | 115.2 | 9.7 | 2.8 | 5.4 | 35.1 | 7.3 | 9.2 | 1.0 | 42.0 |
| max-min | 1,1-487.52 | 0.4-14.41 | 0.2-41.81 | 0.2-1.27 | 0,8-23.83 | 0.2-52.83 | 42.48-947.19 | 0.2-2.00 | 10.93-386.78 | 0.56-36.07 | 0.5-13.81 | 0,6-18.31 | 0.4-142.07 | 0.70-27.92 | 0.54-45.34 | 0.5-4.93 | 1.81-146.26 |

| Tab.10 : Concentrazione in ng/m3 degli elementi nel PM10 presso la STAZIONE di BISSUOLA valori stagionali | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|--|
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn | |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | | |
| 20-set-00 | 471.2 | 6.8 | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 5.4 | 410.5 | 0.8 | non fatto | 13.2 | 1.2 | 1.9 | 26.6 | 7.5 | 2.8 | 5.4 | 32.2 | |
| 26-set-00 | 261.4 | 17.7 | 1.2 | 0.3 | 0.8 | 24.3 | 632.1 | 0.5 | non fatto | 20.5 | 2.7 | 12.0 | 72.3 | 11.2 | 8.5 | 2.9 | 100.6 | |
| 28-set-00 | 230.3 | 10.5 | 3.7 | 0.3 | 0.8 | 16.8 | 487.3 | 0.5 | non fatto | 17.9 | 2.2 | 7.4 | 61.6 | 12.5 | 5.8 | 2.2 | 57.9 | |
| 2-ott-00 | 91.6 | 8.9 | 0.2 | 0.2 | 0.8 | 11.9 | 249.5 | 0.3 | non fatto | 7.8 | 1.2 | 2.0 | 39.6 | 4.9 | 3.0 | 1.3 | 34.2 | |
| 11-ott-00 | 63.4 | 4.3 | 4.6 | 0.2 | 0.8 | 10.9 | 190.9 | 0.4 | non fatto | 14.1 | 1.4 | 7.9 | 37.2 | 10.6 | 8.6 | 1.1 | 48.4 | |
| 17-ott-00 | 114.7 | 9.2 | 2.7 | 0.2 | 0.8 | 7.0 | 194.3 | 0.3 | non fatto | 7.3 | 1.1 | 2.1 | 31.0 | 5.5 | 7.6 | 1.6 | 29.0 | |
| 23-ott-00 | 274.2 | 18.6 | 2.5 | 0.4 | 0.8 | 72.7 | 871.8 | 3.9* | non fatto | 35.4 | 3.3 | 12.2 | 127.4 | 16.4 | 17.9 | 2.8 | 171.9 | |
| 27-ott-00 | 273.0 | 25.3 | 10.3 | 0.6 | 0.8 | 48.5 | 1038.7 | 0.9 | non fatto | 37.7 | 6.4 | 13.2 | 169.4 | 67.3 | 30.2 | 3.2 | 161.6 | |
| 11-nov-00 | 182.5 | 8.5 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 32.6 | 363.1 | 0.3 | 72.3 | 24.0 | 2.6 | 14.0 | 73.0 | 5.1 | 7.9 | 1.8 | 139.5 | |
| 19-nov-00 | 83.1 | 5.1 | 0.5 | 0.2 | 0.8 | 10.7 | 270.2 | 0.2 | 120.4 | 7.3 | 0.8 | 0.6 | 63.4 | 4.4 | 5.1 | 0.8 | 49.3 | |
| 29-nov-00 | 366.8 | 27.7 | 5.1 | 0.9 | 0.8 | 43.5 | 1065.3 | 0.6 | 503.5 | 33.2 | 3.5 | 5.5 | 110.9 | 23.4 | 15.8 | 3.9 | 161.4 | |
| 8-set-01 | 219.7 | 9.7 | 1.1 | 0.4 | 14.1 | 28.8 | 676.6 | 0.2 | 210.3 | 21.2 | 2.3 | 5.3 | 71.8 | 12.3 | 39.3 | 1.4 | 142.1 | |
| 12-set-01 | 258.2 | 6.7 | 0.7 | 0.3 | 10.9 | 11.8 | 456.3 | 0.2 | 234.7 | 23.1 | 1.4 | 4.0 | 27.2 | 4.9 | 14.3 | 1.6 | 52.3 | |
| 14-set-01 | 416.3 | 10.3 | 0.9 | 0.5 | 5.8 | 30.7 | 722.8 | 0.4 | 423.5 | 26.3 | 1.9 | 6.9 | 43.9 | 7.3 | 19.7 | 2.7 | 77.2 | |
| media | 236.2 | 12.1 | 2.5 | 0.4 | 2.8 | 25.4 | 545.0 | 0.4 | 260.8 | 20.6 | 2.3 | 6.8 | 68.2 | 13.8 | 13.3 | 2.3 | 89.8 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn | |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | | |
| 17-feb-01 | 343.1 | 12.3 | 3.3 | 0.8 | 4.1 | 28.5 | 743.2 | 0.2 | 321.7 | 28.2 | 3.5 | 7.1 | 92.3 | 14.9 | 11.1 | 2.8 | 136.9 | |
| 23-feb-01 | 505.6 | 17.7 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 29.6 | 851.6 | 0.2 | 466.7 | 30.5 | 3.3 | 9.5 | 88.4 | 13.0 | 19.1 | 5.9 | 177.9 | |
| media | 424.4 | 15.0 | 2.6 | 1.0 | 2.4 | 29.1 | 797.4 | 0.2 | 394.2 | 29.3 | 3.4 | 8.3 | 90.4 | 14.0 | 15.1 | 4.4 | 157.4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn | |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | | |
| 11-mar-01 | 178.3 | 3.8 | 3.0 | 0.6 | 3.6 | 15.1 | 300.5 | 0.2 | 51.7 | 13.7 | 2.2 | 8.6 | 113.3 | 8.0 | 14.3 | 1.5 | 141.1 | |
| 15-mar-01 | 182.5 | 10.3 | 10.4 | 0.6 | 1.8 | 19.3 | 509.6 | 0.2 | 259.5 | 14.8 | 2.4 | 5.8 | 64.7 | 18.6 | 9.6 | 2.1 | 59.5 | |
| 19-mar-01 | 255.5 | 9.1 | 1.5 | 0.6 | 0.8 | 19.8 | 433.7 | 0.2 | 288.3 | 21.0 | 2.2 | 4.6 | 48.2 | 7.8 | 5.4 | 2.1 | 66.0 | |
| 24-mar-01 | 183.9 | 4.6 | 2.0 | 0.5 | 0.8 | 8.0 | 291.1 | 0.2 | 302.1 | 10.9 | 1.7 | 5.1 | 40.3 | 5.2 | 10.0 | 2.4 | 45.2 | |
| 26-mar-01 | 310.5 | 6.9 | 6.8 | 0.7 | 0.8 | 8.4 | 370.3 | 0.2 | 275.7 | 14.1 | 1.6 | 5.2 | 42.1 | 6.0 | 9.8 | 3.1 | 86.5 | |
| 3-apr-01 | 331.7 | 10.0 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 13.8 | 497.8 | 0.2 | 240.2 | 16.5 | 1.9 | 7.3 | 44.0 | 6.5 | 4.3 | 2.4 | 61.4 | |
| 8-apr-01 | 75.4 | 3.1 | 5.2 | 0.4 | 0.8 | 6.5 | 209.9 | 0.2 | 80.6 | 9.4 | 1.2 | 1.2 | 30.5 | 3.0 | 3.9 | 0.8 | 52.3 | |
| 25-apr-01 | 520.7 | 6.9 | 3.7 | 0.8 | 9.5 | 24.8 | 555.9 | 0.5 | 535.7 | 16.3 | 1.3 | 6.3 | 54.7 | 7.8 | 20.7 | 3.3 | 65.7 | |
| 27-apr-01 | 336.3 | 6.1 | 0.3 | 0.4 | 6.6 | 11.1 | 563.3 | 0.2 | 369.3 | 18.4 | 1.3 | 4.4 | 41.0 | 5.8 | 8.3 | 2.2 | 96.7 | |
| 29-apr-01 | 339.1 | 4.5 | 6.8 | 0.3 | 0.8 | 11.0 | 387.8 | 0.2 | 266.6 | 7.9 | 0.5 | 5.3 | 21.5 | 3.8 | 4.4 | 1.9 | 23.4 | |
| 1-mag-01 | 528.5 | 7.0 | 3.7 | 0.8 | 9.7 | 25.1 | 564.2 | 0.6 | 543.7 | 16.5 | 1.3 | 6.4 | 55.5 | 7.9 | 21.1 | 3.4 | 66.7 | |
| 3-mag-01 | 880.9 | 10.6 | 1.0 | 0.9 | 17.5 | 64.0 | 817.6 | 0.4 | 632.6 | 29.6 | 1.4 | 10.4 | 37.0 | 6.1 | 14.7 | 4.8 | 112.6 | |
| 30-mag-01 | 712.4 | 9.5 | 1.5 | 0.9 | 4.1 | 18.0 | 675.0 | 0.5 | 552.5 | 30.0 | 2.0 | 12.2 | 36.0 | 6.2 | 16.1 | 4.1 | 83.7 | |
| media | 372.0 | 7.1 | 3.6 | 0.6 | 4.4 | 18.8 | 475.1 | 0.3 | 338.4 | 16.9 | 1.6 | 6.4 | 48.4 | 7.1 | 11.0 | 2.6 | 73.9 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn | |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | | |
| 9-giu-01 | 252.4 | 3.1 | 1.5 | 0.6 | 5.3 | 56.6 | 239.6 | 0.2 | 491.6 | 9.5 | 0.7 | 6.2 | 21.3 | 6.2 | 14.4 | 2.8 | 53.1 | |
| 13-giu-01 | 379.8 | 7.0 | 10.2 | 0.6 | 0.8 | 19.2 | 492.8 | 0.2 | 460.6 | 21.0 | 1.5 | 2.4 | 30.5 | 7.0 | 11.6 | 2.8 | 96.8 | |
| 19-giu-01 | 220.5 | 6.5 | 2.9 | 0.4 | 6.5 | 23.0 | 395.3 | 0.4 | 259.0 | 19.3 | 1.3 | 3.3 | 30.5 | 11.4 | 16.6 | 1.8 | 59.8 | |
| 24-giu-01 | 203.9 | 6.2 | 2.8 | 0.3 | 3.8 | 22.3 | 373.5 | 0.3 | 244.7 | 18.5 | 1.3 | 3.0 | 29.0 | 11.0 | 16.0 | 1.7 | 56.6 | |
| 28-giu-01 | 418.6 | 8.6 | 2.0 | 0.6 | 3.4 | 33.2 | 659.6 | 0.2 | 488.9 | 35.9 | 3.5 | 4.2 | 57.1 | 13.7 | 18.9 | 2.9 | 168.7 | |
| 6-lug-01 | 421.5 | 9.5 | 1.0 | 0.4 | 13.4 | 23.3 | 624.8 | 0.2 | 306.7 | 16.6 | 1.1 | 7.6 | 42.0 | 6.0 | 14.6 | 10.1 | 68.6 | |
| 11-lug-01 | 420.5 | 9.5 | 1.0 | 0.4 | 13.4 | 23.2 | 623.4 | 0.2 | 306.0 | 16.6 | 1.1 | 7.5 | 41.9 | 6.0 | 14.6 | 10.1 | 68.5 | |
| 13-lug-01 | 355.9 | 6.2 | 4.0 | 0.3 | 9.4 | 24.7 | 517.4 | 0.2 | 267.9 | 14.5 | 1.2 | 3.6 | 39.4 | 4.4 | 19.0 | 2.3 | 82.3 | |
| 22-lug-01 | 98.6 | 4.8 | 0.3 | 0.2 | 7.8 | 24.4 | 327.0 | 0.2 | 114.8 | 10.2 | 0.9 | 9.1 | 43.4 | 3.8 | 41.9 | 1.0 | 92.7 | |
| 24-lug-01 | 237.8 | 8.1 | 1.1 | 0.3 | 4.6 | 31.3 | 460.9 | 0.2 | 190.8 | 13.8 | 1.3 | 3.9 | 39.6 | 11.2 | 26.8 | 1.8 | 71.8 | |
| 2-ago-01 | 490.9 | 10.7 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 23.1 | 750.5 | 0.2 | 456.3 | 16.2 | 1.1 | 4.7 | 38.1 | 4.9 | 28.8 | 2.6 | 26.5 | |
| 4-ago-01 | 477.1 | 6.6 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 11.7 | 532.8 | 0.2 | 322.7 | 12.9 | 0.5 | 5.0 | 25.9 | 3.9 | 9.8 | 3.1 | 14.7 | |
| 8-ago-01 | 459.5 | 22.2 | 0.2 | 0.5 | 8.2 | 25.8 | 545.0 | 0.2 | 372.7 | 11.3 | 0.7 | 7.4 | 30.2 | 3.1 | 18.3 | 2.7 | 18.2 | |
| 16-ago-01 | 324.7 | 29.0 | 0.2 | 0.3 | 10.6 | 16.8 | 509.2 | 0.2 | 310.9 | 11.5 | 0.9 | 6.7 | 46.5 | 4.1 | 24.5 | 3.2 | 25.5 | |
| media | 340.1 | 9.9 | 2.0 | 0.4 | 6.4 | 25.6 | 503.7 | 0.2 | 328.1 | 16.3 | 1.2 | 5.3 | 36.8 | 6.9 | 19.7 | 3.5 | 64.6 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *dato anomalo non considerato nella media annuale | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Tab.11 : Concentrazione in ng/m3 degli elementi nel PM10 presso la STAZIONE di SACCA FISOLA (strumento APM1) valori stagionali | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | |
| 14/09/00 | 1.1 | 3.3 | 3.3 | 0.2 | 0.8 | 0.9 | 115.4 | 0.8 | n | 4.1 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 7.8 | 2.6 | 1.2 | 17.1 |
| 15/09/00 | 1.1 | 2.3 | 3.8 | 0.2 | 0.8 | 2.7 | 105.0 | 0.6 | n | 5.4 | 0.6 | 0.6 | 33.1 | 7.9 | 2.9 | 1.0 | 32.9 |
| 10/10/00 | 1.1 | 1.9 | 28.4 | 0.2 | 0.8 | 11.9 | 77.4 | 0.4 | n | 6.4 | 0.8 | 11.3 | 44.4 | 12.3 | 7.8 | 0.5 | 79.5 |
| 11/10/00 | 27.7 | 1.6 | 22.0 | 0.2 | 0.8 | 7.2 | 42.5 | 0.3 | n | 3.6 | 0.7 | 0.6 | 33.3 | 10.1 | 10.7 | 1.0 | 50.8 |
| 19/10/00 | 148.3 | 6.8 | 8.3 | 0.2 | 0.8 | 24.6 | 295.9 | 0.2 | n | 16.3 | 2.1 | 3.3 | 62.3 | 10.9 | 10.9 | 1.5 | 83.8 |
| 23-ott-00 | 99.0 | 5.0 | 4.7 | 0.2 | 0.8 | 21.0 | 253.5 | 0.2 | n | 16.5 | 1.3 | 0.6 | 0.7 | 13.5 | 18.7 | 1.2 | 102.7 |
| 27-ott-00 | 37.9 | 10.6 | 8.4 | 1.1 | 0.8 | 20.2 | 377.2 | 0.2 | n | 22.3 | 2.9 | 0.6 | 88.5 | 21.3 | 20.4 | 1.8 | 122.2 |
| 12-nov-00 | 111.9 | 2.7 | 34.7 | 0.2 | 0.8 | 11.7 | 111.9 | 0.2 | 23.0 | 8.0 | 0.9 | 11.8 | 41.4 | 4.9 | 4.4 | 0.9 | 50.2 |
| 19-nov-00 | 1.1 | 1.4 | 6.8 | 0.2 | 0.8 | 4.2 | 55.8 | 0.2 | 43.3 | 2.5 | 0.5 | 0.6 | 21.4 | 3.2 | 1.7 | 0.5 | 26.3 |
| 23-nov-00 | 23.6 | 4.1 | 17.3 | 0.2 | 0.8 | 20.6 | 279.5 | 0.5 | 44.4 | 20.7 | 3.9 | 1.2 | 56.9 | 16.0 | 7.3 | 0.5 | 87.9 |
| 26-nov-00 | 1.1 | 3.0 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 13.5 | 114.9 | 0.7 | 34.6 | 9.1 | 0.8 | 7.1 | 38.4 | 2.1 | 5.2 | 0.5 | 67.0 |
| 30-nov-00 | 339.3 | 11.6 | 4.9 | 0.5 | 0.8 | 52.8 | 539.9 | 0.7 | 249.6 | 31.6 | 3.2 | 10.5 | 87.5 | 14.1 | 11.2 | 1.9 | 118.6 |
| media | 66.1 | 4.5 | 12.0 | 0.3 | 0.8 | 16.0 | 197.4 | 0.4 | 79.0 | 12.2 | 1.5 | 4.1 | 42.3 | 10.3 | 8.7 | 1.0 | 69.9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | |
| 1-dic-00 | 220.6 | 8.9 | 2.2 | 0.2 | 0.8 | 18.6 | 394.1 | 0.9 | 168.0 | 20.8 | 1.4 | 0.6 | 68.0 | 11.2 | 19.4 | 0.6 | 110.4 |
| 2-dic-00 | 97.0 | 0.4 | 14.6 | 0.5 | 0.8 | 26.0 | 530.0 | 0.8 | 386.8 | 25.0 | 2.4 | 18.1 | 109.7 | 26.3 | 20.0 | 3.3 | 126.2 |
| 3-dic-00 | 1.1 | 5.2 | 41.8 | 0.2 | 0.8 | 13.8 | 254.7 | 1.5 | 82.3 | 11.5 | 1.1 | 0.6 | 69.1 | 9.5 | 7.6 | 0.9 | 79.5 |
| 7-dic-00 | 1.1 | 7.7 | 6.9 | 0.2 | 0.8 | 31.1 | 292.6 | 1.8 | 107.1 | 19.4 | 2.0 | 0.6 | 75.8 | 10.2 | 8.6 | 1.0 | 108.1 |
| 13-dic-00 | 32.2 | 9.2 | 2.5 | 0.4 | 0.8 | 18.0 | 407.1 | 2.0 | 140.2 | 29.8 | 2.3 | 1.4 | 73.1 | 7.8 | 7.8 | 1.3 | 146.3 |
| 10-gen-01 | 1.1 | 6.3 | 7.2 | 0.3 | 7.9 | 9.0 | 285.1 | 0.2 | 117.0 | 16.1 | 13.8 | 0.6 | 59.9 | 9.4 | 17.0 | 1.6 | 75.1 |
| 3-feb-01 | 108.2 | 3.4 | 1.0 | 0.3 | 2.8 | 4.3 | 181.9 | 0.2 | 109.9 | 7.8 | 1.0 | 2.4 | 29.0 | 4.1 | 4.1 | 1.2 | 32.6 |
| 23-feb-01 | 16.0 | 5.2 | 1.1 | 0.3 | 5.4 | 6.3 | 308.3 | 0.2 | 134.0 | 12.6 | 1.4 | 2.6 | 32.3 | 4.9 | 6.0 | 2.1 | 44.3 |
| media | 59.7 | 5.8 | 9.7 | 0.3 | 2.5 | 15.9 | 331.7 | 1.0 | 155.6 | 17.9 | 3.2 | 3.4 | 64.6 | 10.4 | 11.3 | 1.5 | 90.3 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Giorno | Al | Ba | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Hg | Mg | Mn | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | Sr | Zn |
| | 27 | 138 | 114 | 59 | 52 | | | 202 | | 55 | | 60 | 208 | | | 88 | |
| 10-mar-01 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 0.2 | 3.6 | 2.2 | 93.3 | 0.2 | 14.2 | 5.2 | 0.8 | 0.6 | 16.0 | 4.6 | 3.5 | 0.5 | 6.8 |
| 12-mar-01 | 1.1 | 14.4 | 18.1 | 1.3 | 7.3 | 0.2 | 947.2 | 0.2 | 313.1 | 36.1 | 7.2 | 0.6 | 142.1 | 27.9 | 45.3 | 4.9 | 98.0 |
| 14-mar-01 | 1.1 | 4.2 | 2.5 | 0.2 | 4.4 | 0.2 | 84.0 | 0.2 | 47.0 | 4.2 | 0.7 | 0.6 | 13.7 | 3.1 | 2.8 | 0.5 | 6.5 |
| 18-mar-01 | 1.1 | 1.0 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 8.5 | 97.7 | 0.2 | 10.9 | 10.2 | 0.7 | 0.6 | 14.9 | 1.1 | 2.8 | 0.5 | 25.7 |
| 25-mar-01 | 487.5 | 3.2 | 4.2 | 0.2 | 20.0 | 0.2 | 272.0 | 0.5 | 386.1 | 7.5 | 0.5 | 0.6 | 24.7 | 2.8 | 9.5 | 2.6 | 47.9 |
| 2-apr-01 | 12.3 | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 23.8 | 0.2 | 59.5 | 0.2 | 60.4 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 5.4 | 0.9 | 3.3 | 0.5 | 6.9 |
| 4-apr-01 | 1.1 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 20.7 | 1.1 | 75.1 | 0.2 | 47.8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 4.6 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 1.8 |
| 8-apr-01 | 404.1 | 1.2 | 3.8 | 0.2 | 17.5 | 0.2 | 125.7 | 0.2 | 134.6 | 8.3 | 0.5 | 18.3 | 16.6 | 1.2 | 3.9 | 0.5 | 41.9 |
| media | 113.7 | 3.4 | 3.9 | 0.3 | 12.4 | 1.6 | 219.3 | 0.2 | 126.8 | 9.1 | 1.4 | 2.8 | 29.8 | 5.3 | 8.9 | 1.3 | 29.4 |

APPENDICE 3: Stima delle ricadute industriali di acrilonitrile e cloruro di vinile monomero nell'area veneziana

STIMA DELLE RICADUTE INDUSTRIALI DI ACRILONITRILE E CLORURO DI VINILE MONOMERO NELL'AREA VENEZIANA.

A cura dell' Osservatorio Regionale Aria

A. Benassi, F. Liguori, K. Lorenzet, G. Maffeis, S. Pillon, L. Susanetti

Premessa

La presente appendice è strutturata nel modo seguente:

- 3.1** Introduzione
- 3.2** Stima delle ricadute
 - 3.2.1** *I traccianti*
- 3.3** Simulazioni Long Term per acrilonitrile e CVM
 - 3.3.1** *Sorgenti*
 - 3.3.2** *Meteorologia*
 - 3.3.3** *Risultati*
- 3.4** Mappatura della vulnerabilità
- 3.5** Conclusioni

RIFERIMENTI

3.1. Introduzione

Con il *Progetto Bilancio d'Area di Porto Marghera*, è stata intrapresa un'attività di studio dell'impatto ambientale provocato dall'emissione in atmosfera di sostanze tossiche da parte delle industrie aderenti all'Accordo di Programma per la Chimica di Porto Marghera. Lo studio prevede l'individuazione delle relazioni esistenti tra *pressione industriale e stato dell'ambiente* mediante la simulazione, con opportuni strumenti modellistici, dei livelli di concentrazione di alcuni composti considerati *traccianti* delle specifiche attività produttive presenti nel territorio.

Nel *Rapporto Ambientale d'Area della Zona Industriale di Porto Marghera* (ARPAV, 2000), è stato delineato l'approccio metodologico per la valutazione degli scenari cronici e acuti di esposizione della popolazione. In particolare, sulla base della massimizzazione del rapporto tra *rischio sanitario* e *quantità* annualmente immesse nell'atmosfera, gli indicatori di impatto individuati sono: cloro e biossido di zolfo, considerati particolarmente significativi nella valutazione dell'esposizione acuta e cronica della popolazione ad agenti *irritanti*; **acrilonitrile** e **cloruro di vinile monomero (CVM)**, che tra le sostanze potenzialmente *cancerogene*, sono, secondo il metodo di valutazione adottato, gli indicatori più critici della pressione esercitata dall'attività industriale.

In Allegato al Rapporto Annuale sulla qualità dell'aria nel Comune di Venezia del 2000, sono stati presentati i risultati della stima delle ricadute, nel breve e nel lungo periodo, di cloro e biossido di zolfo. Per entrambi gli inquinanti i livelli di concentrazione ottenuti sono stati confrontati con i valori di REL (Reference Exposure Level) - specifici per il rischio di tossicità acuta e cronica - che costituiscono i livelli di concentrazione al di sotto dei quali gli effetti sanitari sono trascurabili.

Nel presente approfondimento vengono presentati i risultati delle stime delle ricadute di acrilonitrile e CVM, nello scenario temporale di un anno. Poiché per le sostanze cancerogene non è possibile indicare un livello di concentrazione al di sotto del quale non sia associabile un rischio sanitario, per entrambi gli inquinanti sono state elaborate delle mappe di vulnerabilità, ottenute come prodotto tra i valori di concentrazione stimati per gli inquinanti e la popolazione potenzialmente esposta a tali agenti cancerogeni.

Lo studio è stato condotto sui quantitativi di emissioni dichiarate volontariamente dalle aziende per l'anno 1998, in occasione della prima rilevazione dei dati presso le aziende aderenti al *Progetto*.

Si ritiene opportuno sottolineare che – secondo il protocollo di rilevazione concordato – le emissioni dichiarate dalle aziende sono quelle derivanti da operazioni di routine, inclusi rilasci continui o intermittenti, nonché da perdite prevedibili e da anomalie di processo, mentre non vengono conteggiati i rilasci associati ad eventuali episodi incidentali.

L'aggiornamento dei dati al 1999 e 2000 – in corso di pubblicazione – dimostra un decremento dei quantitativi totali annui emessi in atmosfera per entrambi gli inquinanti in esame.

3.2. Stima delle ricadute

Sulla base dell'attuale disponibilità di input, il modello di dispersione utilizzato per la stima delle ricadute industriali è il gaussiano Industrial Source Complex Model, la cui terza versione, denominata ISC3, è stata sviluppata dall'Environmental Protection Agency (EPA) nel 1995.

ISC3 è uno dei modelli raccomandati dall'agenzia federale americana EPA e dall'Istituto Superiore di Sanità per la valutazione dell'inquinamento atmosferico da sorgenti industriali.

La scelta di un modello di tipo stazionario è stata dettata, oltre che dalla relativa semplicità di implementazione (disponibilità di input e velocità di calcolo), dall'applicabilità nel dominio di indagine.

L'algoritmo gaussiano di ISC3 stima la dispersione degli inquinanti in prossimità delle sorgenti di emissione, sulla base di alcune assunzioni. All'interno del dominio viene ipotizzata l'omogeneità delle condizioni meteorologiche: direzione del vento e condizioni di turbolenza sono considerati costanti in ogni punto della griglia di calcolo. Questa ipotesi è verosimile per aree di ampiezza relativamente ridotta (distanze comprese entro i 10-20 km), caratterizzate da assenza di orografia complessa. Il modello inoltre non è in grado di simulare condizioni di calma di vento e, in presenza di venti deboli, associati generalmente ad elevate deviazioni standard della direzione del vento, l'output può non essere sufficientemente rappresentativo. L'ampiezza dell'area di indagine (il territorio complessivo del Comune di Venezia è di circa 460 km², di cui più della metà sono occupati dalla laguna), e la scarsa incidenza di venti deboli per la presenza del regime di brezza¹, permettono di effettuare simulazioni in condizioni che rispettano le ipotesi di base per la validità dell'algoritmo.

Per il calcolo delle ricadute degli inquinanti, il modello richiede la ricostruzione della capacità di dispersione dell'atmosfera sulla base delle classi di stabilità di Pasquill-Gifford. La discretizzazione delle condizioni di turbolenza in un numero definito di classi costituisce un approccio semplificato ma consente di ottenere una stima dell'ordine di grandezza delle concentrazioni a partire da input meteorologici di limitata complessità. I dati micrometeorologici richiesti dal modello sono sia relativi a misurazioni dirette (nel caso in cui le ricadute al suolo siano valutate in termini di concentrazione, l'input minimo è costituito dai dati di direzione, velocità del vento e temperatura), sia a parametri derivati (classi di stabilità e altezza dello strato di rimescolamento).

ISC3 permette di ottenere due diversi tipi di output modellistici, a seconda dello scenario meteorologico impostato. In particolare, il modulo Short Term (ISC3ST) simula la dispersione dell'inquinante sulla base dei dati orari di direzione e velocità del vento e stabilità, fornendo output relativi alle condizioni meteorologiche orarie verificatesi².

Il modulo Long Term (ISC3LT) si basa invece sulla frequenza congiunta delle diverse condizioni meteorologiche tipiche dell'arco temporale considerato. In questo caso, l'intervallo di variabilità dei diversi parametri meteorologici viene suddiviso in classi (16 settori di direzioni del vento, 6 classi di velocità del vento, 6 classi di stabilità) e viene ricostruita la cosiddetta Joint Frequency Function (JFF): la tabella del numero di casi in cui, nel periodo di mediazione

¹ Si precisa che il modello utilizzato non descrive effetti tridimensionali di circolazione della brezza.

² ISC3ST può essere utilizzato anche per applicazioni climatologiche: in questo caso, il valore di concentrazione annuale, ad esempio, è ottenuto dalla media dei singoli output orari calcolati per l'intero anno.

considerato, si è verificata la concomitanza delle diverse condizioni selezionate (es.: numero di casi in cui il vento proviene da N-E, con velocità tra 2 e 3 m/s, in condizioni atmosferiche neutre).

L'applicazione di ISC3 è stata tarata confrontando gli output medi di biossido di zolfo relativi all'anno 1998 con le concentrazioni medie registrate nello stesso periodo nelle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria gestite dall'ARPAV e dall'Ente Zona Industriale. Il modello ha dimostrato un buon accordo tra concentrazioni simulate e osservate.

Per la simulazione dello scenario cronico di esposizione agli agenti cancerogeni è stato preferito l'utilizzo del modulo LT, che richiede la caratterizzazione del domino di indagine in base all'incidenza delle diverse condizioni di dispersione.

3.2.1 I traccianti

Secondo l'approccio metodologico adottato, per essere considerati *traccianti* gli inquinanti devono essere direttamente emessi dai processi produttivi ed avere caratteristiche di stabilità in aria; essere il più possibile correlabili direttamente alle attività produttive in esame; non avere quindi altre fonti significative di emissione nel territorio in esame.

L'emissione di **acrilonitrile** è tipica del ciclo di produzione delle fibre acriliche. In particolare, i maggiori rilasci dal Polo Industriale di Porto Marghera sono relativi agli scarichi degli essiccatoi dei polimeri acrilici.

I processi di degradazione dell'acrilonitrile in aria sono principalmente legati alle reazioni con i radicali liberi e il tempo di vita medio stimato varia dalle 9 alle 32 ore. La dispersione in atmosfera è strettamente legata al campo di vento medio: i livelli più elevati si ritrovano generalmente in prossimità delle fonti di emissione e tendono a diminuire velocemente con la distanza (deposizione secca e umida giocano un ruolo trascurabile).

Studi condotti sulle emissioni di acrilonitrile da industrie olandesi (WHO, 2000) dimostrano che le concentrazioni medie annuali in diretta prossimità dei centri di produzione si aggirano attorno ai $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre nel territorio circostante si rilevano livelli annuali variabili tra 1 e $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentrazione in aree non inquinate è dell'ordine di $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'acrilonitrile, assorbito preferenzialmente per inalazione, è stato categorizzato nel gruppo 2B dall'International Agency of Research on Cancer (IARC, 1999), sulla base della *sufficiente* evidenza della sua cancerogenicità in esperimenti condotti su animali e sulla *limitata* evidenza di cancerogenicità sull'uomo (in particolare per quanto riguarda il cancro ai polmoni).

Il **cloruro di vinile** monomero è invece caratteristico del ciclo di produzione del polivinilcloruro (PVC), e a Porto Marghera viene emesso principalmente dai camini dei reattori di produzione e dalle linee di essiccamento del PVC. In aria si decompone in pochi giorni (tempo di semivita: 20 ore) per ossidazione fotochimica.

I livelli di background in Europa stimati dai modelli di dispersione (WHO, 2000) variano tra 0.1 e $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a distanze di 1-5 km dalle sorgenti, il range di concentrazione atteso è tra 1 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (concentrazioni superiori possono rilevarsi per distanze inferiori a 1 km dalla fonte di emissione).

Il CVM è un cancerogeno *accertato e probabile* mutageno per l'uomo, classificato nel gruppo 1 dallo IARC (1987). Gli organi preferenzialmente colpiti sono fegato, cervello, polmoni e sistema emolinfopoietico.

Il modello di dispersione implementato non permette di tener conto della trasformazione chimica degli inquinanti in atmosfera, se non in modo semplificato. L'applicabilità per CVM e acrilonitrile è legata al fatto che il tempo di vita medio per entrambi gli inquinanti è superiore al tempo di permanenza nel domino di indagine (di ampiezza pari a 300 km²).

3.3. Simulazioni Long Term per acrilonitrile e CVM

Le ricadute di acrilonitrile e CVM sono state simulate mantenendo l'impostazione adottata nella modellizzazione di biossido di zolfo e cloro, sia per quanto riguarda il domino spaziale sia per l'input meteorologico. Il dominio di simulazione è un rettangolo di 20x15 km², centrato sulla Zona Industriale; l'area indagata comprende gli agglomerati urbani di Mestre e Marghera, il centro storico di Venezia ed alcuni centri minori. Gli output del modello sono calcolati ai nodi di una griglia con maglia di 200 m di lato, per un totale di 100x75 celle.

3.3.1 Sorgenti

Secondo il protocollo di rilevazione concordato dal tavolo di lavoro per il *Bilancio d'Area*, le emissioni censite presso le aziende sono quelle derivanti da operazioni di routine, inclusi rilasci continui o intermittenti, nonché prevedibili perdite ed anomalie di processo. Non vengono invece conteggiati i rilasci associati a episodi incidentali, che tra l'altro richiedono trattazioni modellistiche specifiche.

L'emissione dell'acrilonitrile è associata al ciclo di produzione delle fibre acriliche: a Porto Marghera l'unica azienda che opera in tale settore è la Montefibre S.p.A.

L'emissione totale annua del 1998, dichiarata dall'azienda, è di poco più di 4 tonnellate. Si osserva che tale quantitativo è ampiamente inferiore alle 23 tonnellate annue circa per cui la Montefibre S.p.A. è autorizzata all'emissione, ai sensi del DPR 203/88.

Come si legge in Tabella 3.3.1.1, le emissioni considerate sono relative a 28 camini con altezza variabile tra i 12 e i 24 metri circa. Il contributo di ciascuna sorgente al totale emesso è anch'esso molto diversificato, variando dal valore minimo di 1 Kg/anno al massimo valore di quasi 2 tonnellate/anno.

Tabella 3.3.1.1: Emissioni di acrilonitrile - anno 1998 [Fonte: Rapporto Ambientale d'Area di Porto Marghera]

| Camino | Altezza (m) | Sezione (m ²) | Portata (Nm ³ /h) | Acrilonitrile (Kg/anno) | Ore di lavoro |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------|
| Mon_C201 | 18.3 | 0.008 | 60 | 1 | 2920 |
| Mon_MK200 | 14.2 | 0.053 | 1150 | 1 | 100 |
| Mon_17 | 23.6 | 0.018 | 600 | 9 | 8160 |
| Mon_15 | 15.3 | 0.181 | 5800 | 150 | 8160 |
| Mon_FP37/A1 | 13.6 | 1.561 | 71000 | 162 | 8160 |
| Mon_FP37/A2 | 13 | 4.524 | 66000 | 94 | 8160 |
| Mon_FP37/A3 | 13 | 4.524 | 55000 | 217 | 8160 |
| Mon_FP37/A4 | 13 | 4.524 | 55000 | 250 | 8160 |
| Mon_FP37/A5 | 12.8 | 2.545 | 12000 | 106 | 8160 |
| Mon_FP37/B1 | 15 | 1.651 | 76000 | 476 | 8160 |
| Mon_FP37/B2 | 13.3 | 1.961 | 55000 | 282 | 8160 |
| Mon_FP37/B3 | 13.3 | 1.961 | 55000 | 217 | 8160 |
| Mon_FP37/B4 | 13.3 | 1.791 | 55000 | 217 | 8160 |
| Mon_FP37/B5 | 12.9 | 0.882 | 15000 | 59 | 8160 |
| Mon_137 | 14.7 | 3.142 | 110000 | 1921 | 3600 |
| Mon_EG3 | 15 | 0.038 | 2000 | 6 | 8760 |
| Mon_AG3 | 15 | 0.038 | 1300 | 3 | 8760 |
| Mon_EG4 | 15 | 0.038 | 2000 | 6 | 8760 |
| Mon_AG4 | 15 | 0.038 | 1300 | 3 | 8760 |
| Mon_EG5 | 15 | 0.038 | 2000 | 6 | 8760 |
| Mon_AG5 | 14 | 0.038 | 2000 | 6 | 8760 |
| Mon_EG6 | 14 | 0.038 | 1300 | 3 | 8760 |
| Mon_EG7 | 17 | 0.038 | 2500 | 9 | 8760 |
| Mon_AG7 | 17 | 0.023 | 1500 | 6 | 8760 |
| Mon_AL01 | 12.4 | 0.049 | 3250 | 13 | 8760 |
| Mon_AL02 | 12.4 | 0.049 | 3250 | 13 | 8760 |
| Mon_AL03 | 12.4 | 0.049 | 3250 | 13 | 8760 |
| Mon_AL04 | 12.4 | 0.049 | 3250 | 13 | 8760 |
| emissione totale acrilonitrile | | | | 4262 | |

L'emissione di CVM è invece caratteristica del ciclo di produzione del PVC, ed anche in questo caso a Porto Marghera vi è un'unica azienda a cui è attribuibile il quantitativo totale emesso: l'E.V.C. Italia S.p.A.

In Tabella 3.3.1.2 sono riportati i quantitativi dichiarati per l'emissione al 1998, distinti in emissioni convogliate ed emissioni di tipo fuggitivo. Le emissioni convogliate derivano da due camini di 40 metri di altezza che si suddividono quasi equamente il quantitativo totale emesso nell'arco dell'anno e pari a circa 1 tonnellata. La quota più considerevole di emissioni di CVM, pari a circa 5 tonnellate, è comunque dovuta ad emissioni di tipo fuggitivo, che nella simulazione modellistica tramite ISC3 vengono trattate come emissioni di tipo volumetrico, utilizzando come area emissiva la superficie degli impianti del ciclo produttivo del CVM e del PVC rispettivamente; tali impianti si trovano in due zone distinte del Petrolchimico (Zona PVC e Zona CVM), distanti tra loro circa 2 Km.

Anche nel caso dell'E.V.C. Italia S.p.A., le emissioni dichiarate per l'anno 1998 e utilizzate nel presente studio sono inferiori ai quantitativi annui autorizzati ai sensi del DPR 203/88: quasi 6 tonnellate dichiarate contro le circa 8 autorizzate.

Tabella 3.3.1.2 emissioni di CVM [Fonte: Rapporto Ambientale d'Area di Porto Marghera]

| Camino | Altezza (m) | Sezione (m ²) | Portata (Nm ³ /h) | CVM (Kg/anno) | Ore di lavoro |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| E24 | 40 | 2.011 | 115000 | 508 | 8400 |
| E25 | 40 | 2.011 | 115000 | 478 | 8400 |
| Impianti | Area (m ²) | Altezza (m) | Tipologia | CVM (Kg/anno) | |
| zona CVM | 53724 | 6 | emiss. fuggitive | 3280 | |
| zona PVC | 99628 | 6 | emiss. fuggitive | 1728 | |
| emissione totale CVM | | | | 5994 | |

3.3.2 Meteorologia

La JFF utilizzata per i run modellistici è stata ricavata sulla base dei dati di direzione e velocità del vento monitorati nel 1998 presso la stazione n°22 della rete dell'Ente Zona Industriale, e sulla base dei profili verticali di temperatura registrati nello stesso anno dal Radio Acoustic Sounding System (RASS) situato presso la Centrale ENEL di Fusina.

L'analisi della serie di dati ha evidenziato come l'area veneziana sia tipicamente interessata da condizioni diurne prevalentemente ventose (la classe di intensità del vento più numerosa è quella compresa tra 2 e 3 m/s) associate alla brezza di mare (direzione di provenienza: E / E-N-E), alla bora (N-E) e allo scirocco (S-S-E); mentre le ore notturne registrano generalmente intensità del vento più basse, tipiche della brezza di terra (O-N-O / N-O).

La presenza di venti con velocità relativamente sostenuta comporta una maggior prevalenza di condizioni atmosferiche neutre (caratterizzate da turbolenza meccanica) rispetto a quelle instabili (turbolenza termica), mentre frequente è la classe E di stabilità moderata in presenza della brezza di terra.

Per una più approfondita caratterizzazione delle condizioni meteorologiche tipiche dell'area veneziana, si rimanda al *Rapporto Ambientale d'Area della Zona Industriale di Porto Marghera* (ARPAV, 2000) e al Rapporto Annuale sulla qualità dell'aria nel Comune di Venezia, anno 2000.

3.3.3 Risultati

In Figura 3.3.3.1 e 3.3.3.2 sono riportate le mappe di concentrazione di acrilonitrile e CVM. Si ricorda che, trattandosi di simulazioni long term effettuate con JFF relativa ad un anno di dati, in tali mappe sono rappresentati i valori medi annuali.

L'intervallo di variabilità spaziale per i due inquinanti differisce di almeno un ordine di grandezza: il modello simula una ricaduta di acrilonitrile variabile tra 10^{-3} e 10^{-1} $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il CVM è presente nel dominio con concentrazioni tra 10^{-2} e ~ 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per entrambi gli inquinanti, le ricadute interessano una buona parte del dominio di simulazione: nonostante l'area caratterizzata da maggior impatto sia quella più prossima alle sorgenti di emissione (soprattutto nel caso del CVM), l'elevata incidenza di condizioni stabili e neutre comporta una maggiore dispersione spaziale degli inquinanti.

Le curve di isoconcentrazione di acrilonitrile indicano come gli andamenti prevalenti dei pennacchi di emissione siano verso S-O e verso N, in relazione alle componenti più significative del vento (bora e scirocco rispettivamente). L'area interessata da concentrazioni dell'ordine di 10^{-1} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ha un'estensione compresa tra 2 e 3 km, e copre quasi esclusivamente la Zona Industriale in oggetto. Gli agglomerati di Marghera e Malcontenta, pur non essendo esposti ai livelli di concentrazione più elevati, sono parzialmente soggetti a ricadute di entità maggiore rispetto agli altri centri urbani.

Figura 3.3.3.1: Mappa delle curve di isoconcentrazione di acrilonitrile – anno 1998

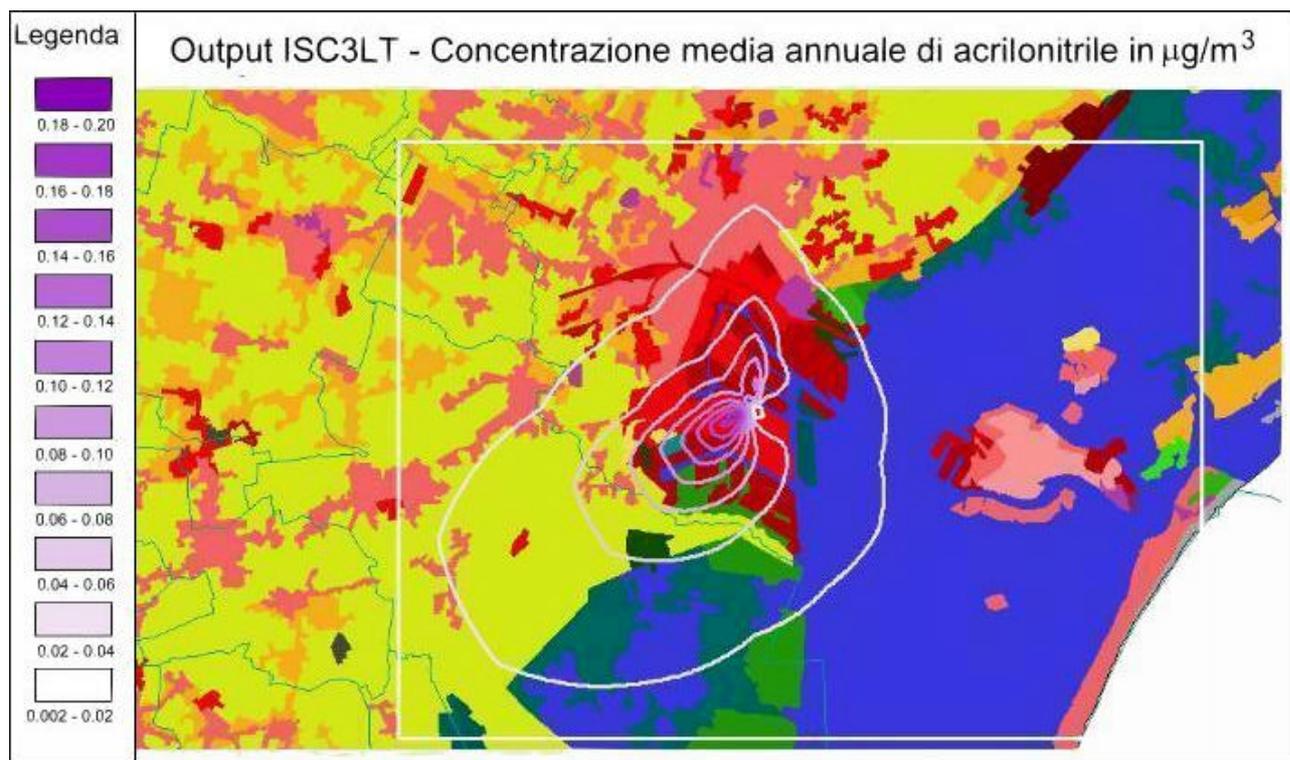
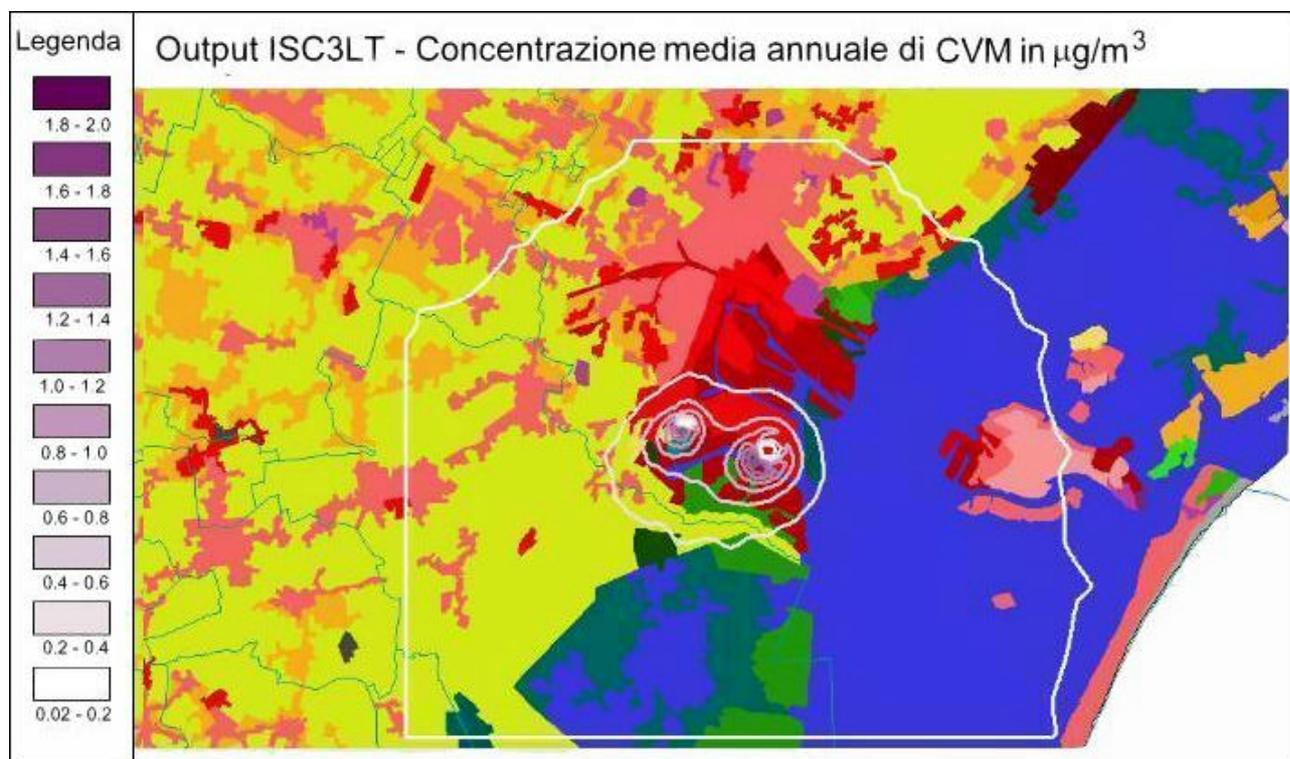


Figura 3.3.3.2: Mappa delle curve di isoconcentrazione di CVM- anno 1998.



Le curve di livello del cloruro di vinile monomero manifestano l'effetto *bull's-eyes*, formando cerchi quasi concentrici attorno ai due impianti del CVM e del PVC da cui è stata modellizzata la fuoriuscita delle emissioni di tipo fuggitivo. Si sottraggono a tale effetto le zone immediatamente a N-E degli impianti, che si trovano prevalentemente sopravvento. Le zone di

massima concentrazione corrispondono ad un raggio di 500 – 600 m attorno agli impianti. Si ritiene però opportuno sottolineare che i livelli di concentrazione stimati nell'immediato intorno degli impianti sono da considerarsi del tutto indicativi, in quanto il metodo di simulazione attribuisce le emissioni fuggitive agli impianti nel loro complesso, senza scendere nel dettaglio delle linee impiantistiche. Un dettaglio così spinto, d'altronde, esula dagli scopi del presente studio, rivolto alla valutazione dell'esposizione della popolazione e non degli ambienti di lavoro. Livelli di concentrazione superiori a $10^{-1} \mu\text{g}/\text{m}^3$ riguardano un cerchio di raggio pari a ~ 2.5 km, che copre la Zona Industriale e l'agglomerato di Malcontenta.

In Tabella 3.3.3.1 sono presentati i risultati dell'elaborazione statistica, calcolati a partire dalle concentrazioni medie annue simulate dal modello in ogni cella del dominio: i valori riportati devono dunque essere interpretati come indici della distribuzione *spaziale* e non dell'andamento *temporale*. Sia per l'acrilonitrile che per il CVM, il valore medio nel dominio e il 95° percentile sono dello stesso ordine di grandezza, mentre la concentrazione nel punto di massima ricaduta differisce di un ordine di grandezza; analoga differenza si registra confrontando la media con il 5° percentile. I valori assunti dalla mediana, infine, indicano che per entrambi gli inquinanti nella maggior parte delle celle del dominio la concentrazione di CVM e acrilonitrile si attesta su valori inferiori alla media.

Tabella 3.3.3.1: Indici statistici della distribuzione spaziale di acrilonitrile e CVM

| Concentrazioni ISC3 Long Term | | |
|--------------------------------------|--|--|
| | Acrilonitrile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | CVM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| media | 0.022 | 0.082 |
| 05° percentile | 0.006 | 0.014 |
| 95° percentile | 0.057 | 0.303 |
| minimo | 0.003 | 0.010 |
| massimo | 0.170 | 1.525 |
| mediana | 0.017 | 0.045 |

L'incertezza della stima fornita dal modello può essere valutata sulla base del confronto, tra concentrazioni di SO₂ simulate e monitorate, già presentato in dettaglio nel Rapporto Annuale del 2000. Come indice di errore è stato calcolato lo scarto quadratico medio tra valore stimato e valore osservato; il risultato ottenuto è stato normalizzato sulla concentrazione media misurata. In termini percentuali l'errore trovato è pari al 58%. In mancanza di punti di monitoraggio al suolo di acrilonitrile e CVM, si attribuisce la medesima incertezza anche alle presenti simulazioni, condotte con la stessa base dati meteorologica.

3.4. Mappatura della vulnerabilità

Per valutare l'impatto di una determinata fonte di pressione è necessario quantificare la probabilità che essa provochi un danno sull'ambiente. Nel caso di agenti cancerogeni, il danno - definito nei termini di verificarsi di casi di tumore - sarà tanto più consistente quanto maggiore è la popolazione esposta.

Sulla base di questa considerazione, pur nell'incertezza insita alle stime di ricaduta degli inquinanti, si è ritenuto di utilizzare gli output modellistici per tentare un primo approccio alla valutazione in termini quantitativi del rischio sanitario di tipo cancerogeno connesso alle ricadute del Polo Industriale. Si sono così prodotte delle *mappe di vulnerabilità*, ottenute come prodotto tra i valori di concentrazione stimati per gli inquinanti e la popolazione potenzialmente esposta agli agenti cancerogeni indagati.

Un calcolo corretto del rischio cancerogeno prevederebbe la conoscenza della popolazione effettivamente esposta agli agenti considerati. Non riuscendo a disporre di tale informazione si è utilizzato il dato di popolazione residente (Fonte: ISTAT, dati al 1998). Tale assunzione porta presumibilmente ad una sottostima del numero di persone presenti nell'area di studio.

Per l'applicazione dell'algoritmo di stima della vulnerabilità è stato necessario attribuire ad ogni cella del dominio di indagine, il valore di densità di popolazione. Questa operazione, definita di *gridding*, è stata effettuata con il supporto di un software GIS, che ha permesso di assegnare al punto centrale di ogni cella del dominio il valore di densità abitativa ricavato dalla corrispondente sezione censuaria ISTAT. I valori così ottenuti sono stati successivamente moltiplicati per l'area delle celle, ricavando la mappa di distribuzione della popolazione presentata in Figura 3.4.1.

Figura 3.4.1: Distribuzione della popolazione nell'area veneziana – anno 1998 [Fonte ISTAT]



Per ogni cella del dominio è stato ottenuto il valore dell'*indice di vulnerabilità* moltiplicando il numero di abitanti della cella medesima per il valore di concentrazione stimato per l'agente cancerogeno.

Le *mappe di vulnerabilità* per acrilonitrile e CVM sono riportate in Figura 3.4.2 e 3.4.3 rispettivamente. Dato l'andamento spaziale delle ricadute, caratterizzate da massimi in zona industriale dove la popolazione residente è nulla e da deboli gradienti di concentrazione

all'allontanarsi dalle sorgenti, la forma assunta dalle linee di *isovulnerabilità* tende a seguire la distribuzione della popolazione.

Figura 3.4.2: Mappa della vulnerabilità da acrilonitrile – stima modellistica

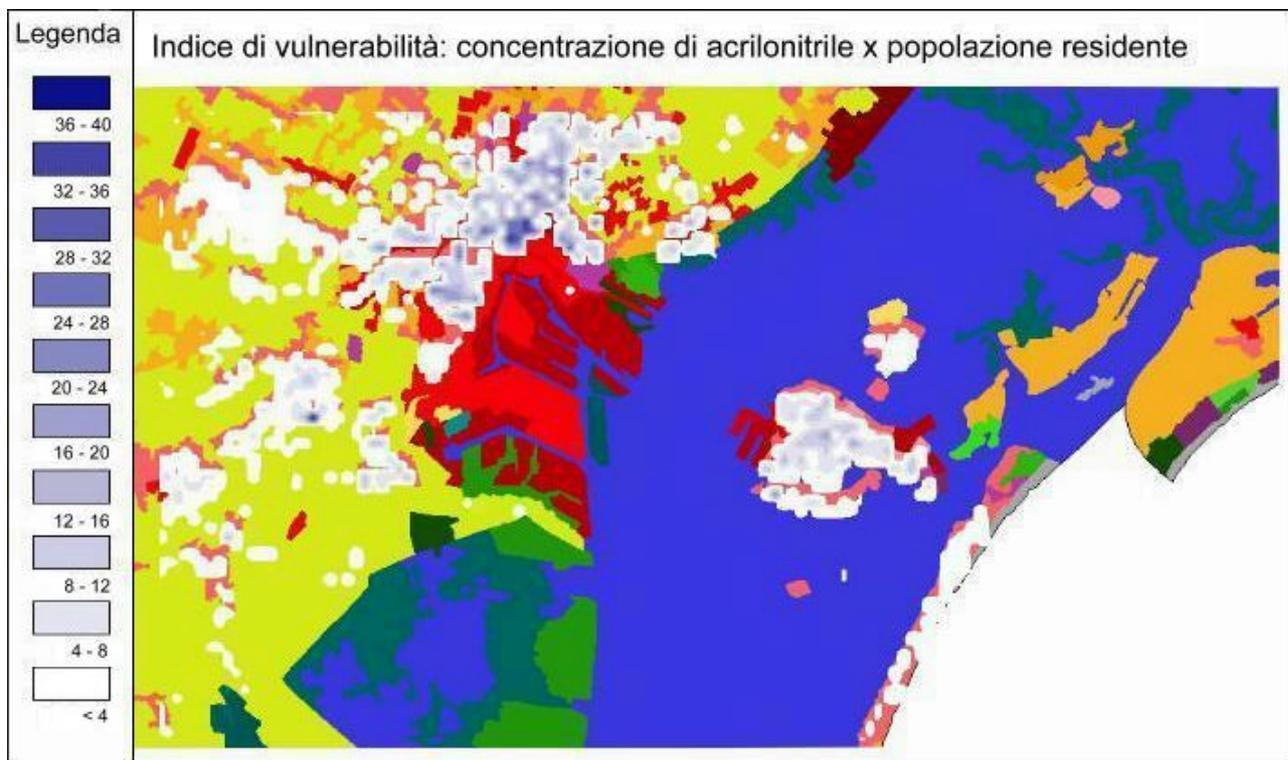
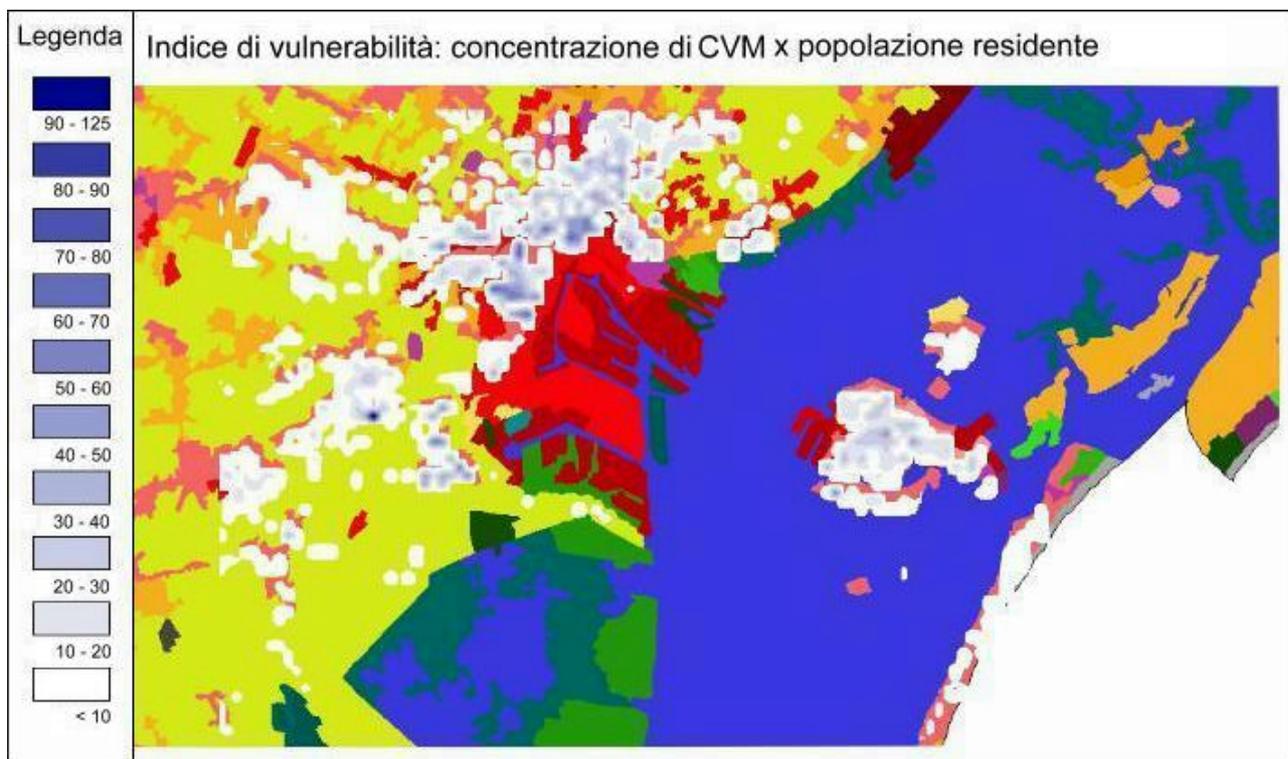


Figura 3.4.3: Mappa della vulnerabilità da CVM – stima modellistica



L'analisi fin qui condotta permette di valutare il rischio derivante da diversi scenari emissivi associati ad una medesima sostanza cancerogena: al variare dei quantitativi emessi o delle modalità di emissione o ancora delle condizioni meteorologiche, si osserverà assumere, da parte delle linee di isovulnerabilità, una diversa forma. In sostanza si tratta di una valutazione “pesata” dei diversi scenari emissivi in base al potenziale rischio cancerogeno ad essi ascrivibile.

Per porre a confronto la vulnerabilità associata agli scenari emissivi di due sostanze diverse – in questo caso acrilonitrile e CVM – è però necessario considerare la diversa *potenzialità cancerogena* che caratterizza le sostanze. A tal fine si è ricorso ai valori di *unità di rischio* indicati dal manuale *Air Toxics Hot Spots Program* realizzato dal California Air Pollution Control Officers Association (CAPCOA, 1993). L'*unità di rischio* - espressa in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ - rappresenta la probabilità incrementale di sviluppare un tumore per esposizione costante ad una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 70 anni (durata media della vita).

I valori di unità di rischio riportati dal manuale per le due sostanze indagate sono:

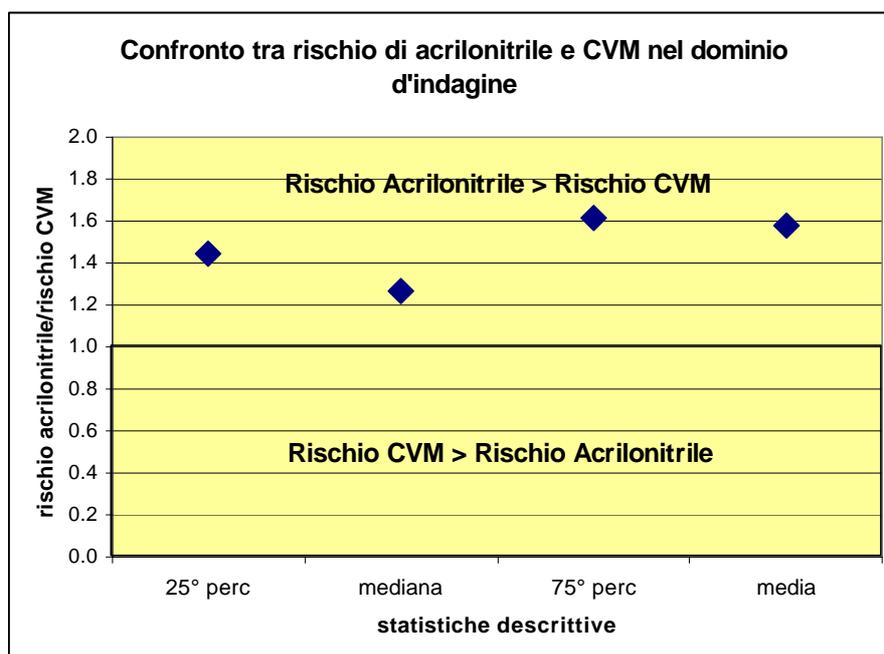
- acrilonitrile: Unit Risk = $2.90\text{E}-04 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
- cloruro di vinile monomero: Unit Risk = $7.80\text{E}-05 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$

Questi valori indicano come, a parità di concentrazione, l'esposizione all'acrilonitrile comporti un rischio maggiore (quasi quadruplo) rispetto al CVM.

Il valore assunto dall'*indice di vulnerabilità* in ogni cella del dominio è stato dunque ulteriormente moltiplicato per l'*unità di rischio* della sostanza considerata. Si sono così ottenute due ulteriori mappe – che chiameremo *mappe di rischio* – la cui caratteristica è l'essere espresse in un'unità di misura che permette il confronto diretto tra i due inquinanti.

Poiché la forma delle *isolinee di rischio* è del tutto analoga alla corrispondente forma delle isolinee di vulnerabilità già presentate, il confronto tra la mappa di rischio dell'acrilonitrile e quella del CVM viene sinteticamente presentato in Figura 3.4.4 attraverso la comparazione delle statistiche descrittive delle rispettive distribuzioni spaziali.

Figura 3.4.4: Confronto tra le statistiche descrittive delle mappe di rischio di acrilonitrile e CVM



Per ciascuna mappa di rischio sono stati calcolati 4 indici statistici: 25° percentile, mediana, 75° percentile e media. In altre parole, il 25% del territorio è sottoposto ad un valore di rischio inferiore al 25° percentile, il 50% ad un valore inferiore alla mediana, mentre il 75% ad un valore inferiore al 75° percentile.

Nel grafico viene rappresentato il rapporto tra ciascun indice statistico dell'acrilonitrile e l'analogo indice del CVM. Quando tale rapporto è pari a 1, il rischio calcolato per i due inquinanti è lo stesso; se invece è maggiore di 1, il rischio associato all'acrilonitrile è maggiore del rischio da CVM, viceversa, se è inferiore a 1, è il rischio da CVM ad essere più elevato.

Sebbene per entrambi gli inquinanti gli indici statistici elaborati assumano valori simili, il rapporto tra indici analoghi è sempre maggiore di 1, evidenziando un rischio da acrilonitrile superiore a quello associato al CVM.

3.5. Conclusioni

Il caso di studio presentato costituisce un ampliamento ai fattori cancerogeni dell'indagine sull'impatto sanitario delle ricadute del Polo Industriale, intrapresa in occasione del primo censimento di dati presso le aziende aderenti al *Progetto Bilancio d'Area di Porto Marghera*.

L'analisi condotta si pone come un primo tentativo di risolvere la connessione tra quantità di sostanze emesse e rischio sanitario di tipo cancerogeno connesso alle ricadute industriali.

Il punto di forza di questo tipo di approccio consiste nel calcolare un indice di *vulnerabilità* sulla base della distribuzione degli agenti cancerogeni sull'intero territorio d'indagine. Questo permette di riferirsi ad una griglia di dati molto più rappresentativa di un limitato numero di concentrazioni registrate in punti isolati di monitoraggio. A seconda del posizionamento dei punti di campionamento infatti, si rischia di incorrere in forti sovrastime e/o sottostime della vulnerabilità, come dimostrato dall'analisi condotta sulla distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti.

Nonostante si ritenga corretto l'impianto metodologico dello studio, tuttavia permangono alcune limitazioni sia nella stima delle ricadute industriali che degli indici di *vulnerabilità*. L'affidabilità della simulazione con ISC3 è stata infatti stimata dall'errore relativo ricavato dalla taratura con i dati di SO₂, a prescindere dall'incertezza sui quantitativi emessi per cui non si dispone di alcun elemento di valutazione. A tal proposito si ricorda che, secondo il protocollo di rilevazione concordato, le emissioni sono dichiarate volontariamente dalle aziende firmatarie l'Accordo sulla Chimica e sono relative ai soli quantitativi derivanti da operazioni di routine, inclusi rilasci continui o intermittenti, nonché prevedibili perdite ed anomalie di processo. Non sono invece conteggiati i rilasci associati a episodi incidentali.

Per la mappatura della vulnerabilità, inoltre, ci si è basati sui dati ISTAT relativi alla popolazione residente e non su quella effettivamente esposta agli agenti cancerogeni. Vengono quindi escluse tutte le persone che sono presenti durante il giorno nell'area di studio ma risiedono al di fuori di essa, tra cui in particolare i lavoratori del Polo Industriale stesso che sono da considerarsi la categoria a maggior rischio. Un approfondimento di questa tematica esula comunque dagli scopi del presente studio, rivolto alla valutazione dell'esposizione della popolazione e non degli ambienti di lavoro.

Per quanto si ritenga dunque che lo schema di analisi adottato sia metodologicamente corretto, ci si propone di approfondire lo studio qui presentato sulla base di nuovi dati relativi all'entità della popolazione effettivamente esposta e dell'implementazione di modelli non stazionari più avanzati.

RIFERIMENTI

ARPAV, 2000, *Rapporto Ambientale d'Area della Zona Industriale di Porto Marghera*, 1° edizione.

WHO, 2000, *Air Quality Guidelines for Europe*, 2nd edition.

IARC, 1987, *Vinyl chloride*, Vol. 19, Suppl. 7, www.iarc.fr

IARC, 1999, *Acrylonitrile*, Vol. 71, www.iarc.fr

CAPCOA, 1993, *Air Toxics Hot Spots Program*, Risk Assessment Guidelines.