



COMUNE DI VENEZIA  
ASSESSORATO ALL'AMBIENTE  
E CITTÀ SOSTENIBILE



arpav

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI VENEZIA

rapporto annuale  
**ARIA 2009**

qualità dell'aria nel  
**Comune di Venezia**

Realizzato a cura di:

**A.R.P.A.V.**

**Dipartimento Provinciale di Venezia**

**dr. R. Biancotto** (direttore)

**Servizio Sistemi Ambientali**

**dr.ssa L. Vianello** (dirigente responsabile)

**Ufficio Informativo Ambientale**

**dr.ssa S. Pistollato** (elaborazioni)

**dr.ssa C. Zemello** (supporto)

**Ufficio Reti di Monitoraggio**

**p.i. E. Tarabotti** (tecnico responsabile)

**raccolta e gestione dati:**

**p.i. A. Boscolo**

**p.i. A. Buscato**

**Ufficio Attività Specialistiche**

**t.l. C. Franceschin** (elaborazioni biomonitoraggio)

**Collaborazione a contratto**

**dr.ssa E. Pascolo** (lettura e gestione dati)

**dr. R. Spinazzé** (supporto biomonitoraggio)

**COMUNE DI VENEZIA**

**Assessorato all'Ambiente  
e Città Sostenibile**

**G. Bettin** (assessore)

**Direzione Ambiente e  
Politiche Giovanili**

**dr.ssa A. Bressan** (dirigente)

**dr.ssa A. Zancanaro**

Si ringraziano per il supporto fornito:

Servizio Laboratori Provinciale di Padova  
del Dipartimento Regionale Laboratori di ARPAV

Servizio Centro Meteorologico di Teolo  
del Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio di ARPAV  
p.i. E. Rampado dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera per i dati  
meteorologici della rete privata

Redatto da:

**dr.ssa L. Vianello e dr.ssa S. Pistollato**

**Supervisione: dr. R. Biancotto**

Progetto grafico, impaginazione e stampa

**Outline sas di Matteo Dittadi & C.**

via Brusaura, 13/2 - 30031 Dolo (VE)

[www.outlineweb.it](http://www.outlineweb.it)

Finito di stampare

**luglio 2010**

*Tutti i diritti riservati.*

*È vietata la riproduzione anche parziale  
non espressamente autorizzata*

Le aree urbane di tutto il mondo si trovano ad affrontare complessi problemi ambientali che richiedono interventi mirati e coordinati da parte dei soggetti pubblici e privati che operano su di esse.

L'ecosistema cittadino è un sistema complesso che risente logicamente anche delle scelte che gli amministratori hanno messo in atto nel passato e sono in grado di attivare per il presente.

Ci sono realtà virtuose che, anche grazie ad un favorevole contesto geografico, riescono a progettare e sviluppare sistemi a misura d'uomo, dove l'ambiente rappresenta il fulcro della stessa progettazione e dove quindi si riesce a contenere l'impatto delle sorgenti inquinanti già dall'origine.

La realtà veneziana è indubbiamente caratterizzata da un elevato grado di complessità: Venezia è città di turismo, di traffico acqueo (navale e non); su Mestre si sviluppa il trasporto su gomma, su ferro, aereo; la terraferma ospita attività produttive di risonanza nazionale. Ognuna di queste specificità è connotata da un potenziale inquinante che è indispensabile conoscere per poter successivamente intervenire con efficaci azioni di contenimento e di riduzione, con la consapevolezza che il contesto geografico e meteorologico della pianura Padana non aiuta, favorendo i fenomeni di accumulo delle sostanze inquinanti.

Sul fronte delle conoscenze il livello di cui disponiamo è davvero elevato: la rete di Venezia, una delle più complete in Italia rispetto agli standard previsti dalle normative vigenti, è stata creata ancora alla fine degli anni '80 e dal 1998 viene pubblicato annualmente il "rapporto sulla qualità dell'aria", quale documento di analisi approfondita sull'andamento degli inquinanti monitorati dalle stazioni presenti sul territorio comunale.

Personalmente sono convinto che per raggiungere importanti target di riduzione delle emissioni sia necessario partire dalla progettazione, quindi farò in modo di creare occasioni di dialogo con i soggetti, interni ed esterni all'Amministrazione, che si occupano di pianificazione strategica, di pianificazione territoriale, di pianificazione e di interventi sulla mobilità, in modo tale da associare alla progettazione e realizzazione di ciascun intervento un preciso obiettivo di miglioramento della qualità dell'aria.

Confido molto, inoltre, in un'assunzione di responsabilità da parte della nuova Amministrazione Regionale perché è indubbio che interventi reali ed efficaci di mitigazione dell'inquinamento atmosferico devono necessariamente essere connotati da una dimensione territoriale più ampia possibile in quanto la sola dimensione comunale non è sufficientemente incisiva.

La Regione è quindi l'interlocutore e l'attore fondamentale per una politica attiva che possa realmente fissare e raggiungere obiettivi di contenimento e riduzione delle emissioni atmosferiche, anche per gli aspetti sanitari strettamente correlati al problema ambientale.

Assessore all'Ambiente e Città Sostenibile  
**Gianfranco Bettin**



Anche quest'anno il Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia produce il Rapporto sulla Qualità dell'Aria a Venezia (Anno 2009), con l'obiettivo di fornire agli Amministratori Pubblici, alle Istituzioni, alle Associazioni ed a tutti i soggetti interessati, una sintesi aggiornata dello stato della qualità dell'aria, su scala Comunale e Provinciale.

Da parecchi anni ormai la matrice "aria" viene stabilmente tenuta sotto controllo tramite la gestione quotidiana di una rete di monitoraggio costituita da stazioni fisse, stazioni mobili, attrezzature rilocabili, apparecchiature per il controllo delle emergenze ambientali.

Particolari studi vengono inoltre realizzati, all'interno delle risorse disponibili, per approfondire alcune tematiche di particolare rilevanza per il territorio; i loro esiti sono regolarmente diffusi alle Amministrazioni interessate e resi disponibili tramite il sito internet dell'Agenzia (a questo proposito si rimanda per l'anno 2009, alla prima indagine sui microinquinanti organici in aria nella Provincia di Venezia, pubblicata anche sul Quaderno della Salute n. 4/2010 della Città di Venezia).

È noto come una qualità dell'aria scadente possa incidere negativamente sullo stato di salute della popolazione esposta, sia per gli effetti acuti associabili ad esposizioni di breve durata a valori elevati degli inquinanti atmosferici, sia per patologie croniche ed effetti a lungo termine.

A questo proposito si rimanda, tra gli altri, ai documenti prodotti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità ed allo studio condotto nell'ambito del Progetto Nazionale EpiAir e pubblicato come supplemento al vol. 33(6) del 2009 della rivista Epidemiologia & Prevenzione.

Accanto all'attività istituzionale di monitoraggio dello stato dell'ambiente e di controllo sulle fonti di pressione, ARPAV fornisce supporto tecnico alle Pubbliche Amministrazioni; a questo proposito si conferma la priorità di attivare azioni strutturali nei riguardi dei macrosettori maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico, nonché di adottare interventi emergenziali in presenza di concentrazioni elevate e di condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione. Tra gli interventi a scala locale, va infine ribadita la necessità di non autorizzare l'edificazione di abitazioni immediatamente a ridosso di grosse arterie di traffico, al fine di non indurre nuove criticità di esposizione della popolazione.

Il Direttore del Dipartimento Provinciale  
**dr. Renzo Biancotto**

<b>1. Quadro di riferimento</b>	<b>8</b>
1.1 Quadro normativo in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico	8
1.2 Inquadramento territoriale	11
1.3 Caratterizzazione ed effetti degli inquinanti	18
<b>2. Caratterizzazione dello stato</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Analisi dei dati meteorologici</b>	<b>22</b>
2.1.1 Serie storica dei dati meteorologici	22
2.1.2 Andamento parametri meteorologici anno 2009	24
2.1.3 Classi di stabilità atmosferica anno 2009	26
2.1.4 Caratterizzazione meteorologica semestre caldo e semestre freddo	26
2.1.5 Rapporto meteo-climatico e delle capacità dispersive per gli inquinanti atmosferici (polveri sottili) (A cura del Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio - Servizio Centro Meteorologico di Teolo)	28
2.1.5.1 Metodo	29
2.1.5.2 Dati	29
2.1.5.3 Risultati	29
2.1.5.4 Sintesi delle capacità dispersive dell'atmosfera nel 2009	33
<b>2.2 Analisi della qualità dell'aria per l'anno 2009</b>	<b>33</b>
2.2.1 Classificazione degli inquinanti	33
2.2.2 Criteri di analisi delle serie storiche di concentrazioni inquinanti	34
2.2.3 Efficienza della rete di monitoraggio e controllo di qualità dei dati	36
2.2.4 Parametro monitorato: biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	38
2.2.5 Parametro monitorato: ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )	38
2.2.6 Parametro monitorato: monossido di carbonio (CO)	40
2.2.7 Parametro monitorato: ozono (O <sub>3</sub> )	41
2.2.8 Statistiche descrittive relative agli inquinanti convenzionali e confronto con i valori limite	44
2.2.9 Trend storico degli inquinanti convenzionali: analisi temporali	47
2.2.10 Parametro monitorato: polveri PM <sub>10</sub>	49
2.2.11 Parametro monitorato: polveri PM <sub>2,5</sub>	53
2.2.12 Parametro monitorato: benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	56
2.2.13 Parametro monitorato: Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	57
2.2.14 Trend storico di PM <sub>10</sub> , benzene e benzo(a)pirene: analisi temporali	59
2.2.15 Parametro monitorato: metalli	61
<b>2.3 Campagne di misura realizzate mediante stazioni e campionatori rilocabili in comune di Venezia</b>	<b>70</b>
<b>2.4 Considerazioni conclusive sullo stato e problematiche emergenti</b>	<b>74</b>
<b>2.5 Monitoraggio aerobiologico di pollini e spore fungine nel Comune di Venezia</b>	<b>75</b>
2.5.1 Andamento delle concentrazioni di pollini e spore fungine rilevate nell'anno 2009 nel territorio comunale veneziano	76
2.5.1.1 Famiglie arboree ad emissione pollinica di interesse allergologico	77
2.5.1.2 Famiglie erbacee ad emissione pollinica di interesse allergologico	81
2.5.1.3 Spore fungine	85
2.5.1.4 Famiglie arboree ad emissione pollinica di scarso interesse allergologico	86

<b>3. Caratterizzazione della risposta (a cura dell'Amministrazione Comunale)</b>	<b>88</b>
3.1. Analisi del Parco veicolare circolante nel Comune di Venezia	88
3.2. Provvedimenti di limitazione al traffico veicolare	89
3.3. Car sharing	90
3.4. Bollino Blu	90
3.5. Lavaggio strade	90
3.6. Distributore metano	91
3.7. City Logistic	91
3.8. Tram	91
3.9. People Mover	92
3.10. Piano Energetico Comunale	92
3.11. Educazione Ambientale	92
3.12. Sistema di controlli dello stato di esercizio e della manutenzione degli impianti di riscaldamento	93
3.13. Focal point tangenziale	93
<b>4. Analisi della qualità dell'aria per l'anno 2009 nell'intero territorio provinciale veneziano</b>	<b>96</b>
4.1. Biossido di zolfo	96
4.2. Biossido di azoto	97
4.3. Monossido di carbonio	98
4.4. Ozono	99
4.5. Statistiche descrittive relative agli inquinanti convenzionali e confronto con i valori limite	100
4.6. Polveri PM <sub>10</sub>	102
4.7. Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	106
4.8. Campagne di misura realizzate mediante stazioni e campionatori rilocabili in Provincia di Venezia	106
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>112</b>



# 1. Quadro di riferimento

## 1. Quadro di riferimento

### 1.1 Quadro normativo in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico

Un'esaustiva rassegna del quadro normativo vigente in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è stata riportata nei rapporti sulla qualità dell'aria pubblicati negli anni precedenti, ai quali si rinvia per maggiori dettagli; di seguito vengono ricordate solo le principali norme in vigore.

Il **D.Lgs. 351/99** stabilisce il contesto all'interno del quale si effettua la valutazione e la gestione della qualità dell'aria, secondo criteri armonizzati in tutto il territorio dell'Unione Europea, e demanda a decreti attuativi successivi la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per ciascuno degli inquinanti.

Il **DM 60/02** stabilisce i **valori limite** sia in riferimento alla protezione della salute umana che alla protezione della vegetazione per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossido di azoto, polveri  $PM_{10}$ , piombo, monossido di carbonio e benzene, tenendo presente sia le zone in cui si verificano le concentrazioni massime e che interessano gruppi ristretti di popolazione, sia le altre zone, rappresentative dell'esposizione della popolazione in generale.

Il **D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183**, relativo all'ozono, prevede, oltre ai valori di riferimento, che sia effettuata una zonizzazione del territorio e che, a seconda del livello di criticità di ciascuna delle aree individuate, siano attuate delle misure finalizzate al rispetto dei limiti previsti.

Il **D.Lgs. 3 agosto 2007, n. 152**, corretto ed integrato dal D.Lgs. 26 giugno 2008, n. 120, stabilisce i valori obiettivo per arsenico, cadmio, nichel ed idrocarburi policiclici aromatici, i metodi e criteri per la valutazione delle concentrazioni nell'aria ambiente e della deposizione.

La **direttiva 2008/50/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, che deve essere recepita dagli Stati membri entro l'11 giugno 2010, fissa il valore limite annuale per il  $PM_{2,5}$  di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1 gennaio 2015, con un margine di tolleranza annualmente decrescente (Allegato XIV).

Il quadro riassuntivo dei valori di riferimento è riportato nelle Tabelle 1 ÷ 3 che mostrano i **valori limite** e le **soglie di informazione e di allarme** per tipologia d'esposizione (acuta o cronica) e in base all'oggetto della tutela, a seconda che si tratti della protezione della salute umana, della vegetazione o degli ecosistemi.

La normativa vigente prevede inoltre che le determinazioni sperimentali ottenute con i laboratori mobili nel corso di un mese, compatibilmente con la durata limitata della campagna di monitoraggio, possano venire confrontate con i valori limite previsti dalla normativa per il breve periodo (Tabella 1). A livello locale il riferimento normativo vigente è costituito dalla Deliberazione del Consiglio Regionale n. 57 dell'11 novembre 2004, con la quale è stato approvato il Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera. L'adozione di tale piano da parte della Regione Veneto ha avuto come obiettivo quello di mettere a disposizione delle Province, dei Comuni, di tutti gli altri enti pubblici e privati e dei singoli cittadini un quadro della situazione attuale per quanto riguarda la qualità dell'aria, di presentare una stima dell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico nei prossimi anni e di classificare il territorio regionale in zone in funzione della quota s.l.m. e della densità emissiva dei diversi inquinanti. Oltre alla valutazione della qualità dell'aria, che deve venire periodicamente aggiornata, nel documento sono elencate alcune misure ed azioni di carattere strutturale ed emergenziale, finalizzate al raggiungimento dei valori limite stabiliti per tutti gli inquinanti ed in modo particolare per il  $PM_{10}$ , misure che devono essere recepite dai singoli Comuni nei loro Piani di Azione.

Il Comune di Venezia, in seguito alla prima classificazione effettuata dalla Regione Veneto, ha quindi redatto il proprio Piano di Azione con il quale sono state recepite le indicazioni fornite dalla Regione stessa. L'obiettivo del Piano di Azione del Comune di Venezia, al quale si rimanda per ogni

<sup>1</sup> Il Piano comunale è stato adottato dalla Giunta comunale con propria deliberazione n. 479 del 30.09.2005 e successivamente trasmesso alla Provincia per l'approvazione (DGP n. 28 del 10.01.2006).



ulteriore approfondimento, è quello di identificare, dopo aver elaborato e sintetizzato l'insieme delle informazioni disponibili a livello locale, l'insieme di azioni emergenziali e strutturali il più efficace possibile in riferimento alle problematiche rese evidenti da tale sintesi.

Detto Piano ha individuato 39 misure per la riduzione delle emissioni atmosferiche a livello urbano; queste misure vengono descritte dettagliatamente con indicazioni specifiche sui soggetti attuatori e promotori, sui tempi e sui costi previsti. All'approvazione del Piano è seguita la predisposizione di una serie di atti e provvedimenti che operativamente consentono di attuare le misure individuate (ordinanze, protocolli di intesa, ecc...).

Dato che la zonizzazione preliminare presentata nel Piano Regionale nel 2004 era stata basata su criteri tecnici (superamento degli standard di legge per i vari inquinanti) e territoriali (numero di abitanti, densità di popolazione, aree produttive di maggior rilievo), l'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV (ORAR) ha inteso proporre nel 2006 un aggiornamento della zonizzazione preliminare individuando le zone e gli agglomerati omogenei sulla base delle pressioni e dello stato della qualità dell'aria, considerando il PM<sub>10</sub> totale, ossia non solo il particolato primario ma anche quello secondario.

A seguito della zonizzazione amministrativa 2006, approvata con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 3195 del 17 ottobre 2006 dal titolo: "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera. Comitato di Indirizzo e Sorveglianza sui problemi di tutela dell'atmosfera. Approvazione della nuova zonizzazione del territorio regionale", tutti i comuni della Provincia di Venezia sono stati classificati in Zona A; in particolare il Comune di Venezia è stato classificato in Zona A1 Agglomerato (emissione di PM<sub>10</sub> totale maggiore di 20 t/a\*Km<sup>2</sup>), confermando così sostanzialmente la classificazione già precedentemente attribuita e mantenendo quindi valido il sopraccitato Piano di Azione.

**Tabella 1** Limiti di legge relativi all'esposizione acuta

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme*	500 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
SO <sub>2</sub>	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
SO <sub>2</sub>	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme*	400 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
NO <sub>2</sub>	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2009: 210 µg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2010: 200 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
PM <sub>10</sub>	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m <sup>3</sup>	DM 60/02
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m <sup>3</sup>	D.lgs. 183/04
O <sub>3</sub>	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m <sup>3</sup>	D.lgs. 183/04
Fluoro	Media 24 h	20 µg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83
NMHC	Concentrazione media di 3 h consecutive (in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone, a cura delle autorità regionali competenti)	200 µg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83

\* misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km<sup>2</sup>, oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

**Tabella 2** Limiti di legge relativi all'esposizione cronica

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Termine di efficacia
NO <sub>2</sub>	98° percentile delle concentrazioni medie di 1h rilevate durante l'anno civile	200 µg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83 e succ.mod.	Fino 31/12/2009
NO <sub>2</sub>	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2009: 42 µg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2010: 40 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
O <sub>3</sub>	Valore bersaglio per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>	D.lgs. 183/04	Dal 2010. Prima verifica nel 2013
O <sub>3</sub>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m <sup>3</sup>	D.lgs. 183/04	Dal 07/08/04
PM <sub>10</sub>	Valore limite annuale Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
Piombo	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
Nichel	Valore obiettivo Anno civile	20 ng/m <sup>3</sup>	D.lgs. 152/07	Dal 03/08/07
Arsenico	Valore obiettivo Anno civile	6 ng/m <sup>3</sup>	D.lgs. 152/07	Dal 03/08/07
Cadmio	Valore obiettivo Anno civile	5 ng/m <sup>3</sup>	D.lgs. 152/07	Dal 03/08/07
Fluoro	Media delle medie di 24 h rilevate in 1 mese	10 µg/m <sup>3</sup>	DPCM 28/03/83	
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2009: 6 µg/m <sup>3</sup> 1 gennaio 2010: 5 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
Benzo(a)pirene	Valore obiettivo Anno civile	1 ng/m <sup>3</sup>	D.lgs. 152/07	Dal 03/08/07

**Tabella 3** Limiti di legge per la protezione degli ecosistemi

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Termine di efficacia
SO <sub>2</sub>	Limite protezione ecosistemi Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
NO <sub>x</sub>	Limite protezione ecosistemi Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup>	DM 60/02	
O <sub>3</sub>	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 µg/m <sup>3</sup> h	D.lgs. 183/04	Dal 2010. Prima verifica nel 2015
O <sub>3</sub>	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio	6000 µg/m <sup>3</sup> h	D.lgs. 183/04	Dal 07/08/04

## 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.

La rete ARPAV di monitoraggio presente sul territorio provinciale di Venezia è attiva dal 1999, anno in cui le centraline, prima di proprietà dell'amministrazione comunale e provinciale, sono state trasferite ad ARPAV.

Nel suo complesso questa rete regionale attualmente è composta da 14 stazioni di rilevamento fisse, completata da 4 ulteriori postazioni di misura della concentrazione di particolato a riferimento provinciale e due laboratori mobili (Tabella 4). Di questa rete, nel Comune di Venezia sono attive al 31/12/2009 otto stazioni fisse ed una postazione di misura di  $PM_{2.5}$  (in via Lissa a Mestre). Relativamente all'utilizzo dei mezzi mobili è da precisare che un mezzo è a disposizione per tutto l'anno dell'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV per effettuare quattro campagne di monitoraggio sulla qualità dell'aria sulla base dei criteri stabiliti dal D.M. 261/2002, al fine di verificare ed aggiornare la zonizzazione dei Comuni a rischio d'inquinamento individuati dal "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera"; il secondo mezzo è utilizzato per campagne di misura mirate in posizioni scelte dal Dipartimento Provinciale di Venezia di ARPAV, ovvero richieste da Enti locali, Associazioni, ecc., per il controllo di situazioni locali di inquinamento.

Nel 2009 la rete di monitoraggio ha subito un processo di riorganizzazione in fase ormai di conclusione, il cui esito ha visto coinvolte le stazioni riportate in Tabella 4, nella quale sono indicate sia le stazioni attivate che quelle disattivate nel corso dell'anno 2009 a fronte del processo di ottimizzazione della rete provinciale.

In particolare, si segnala la dismissione a fine giugno 2009 della stazione di via Circonvallazione, dovuta allo spostamento della sede ospedaliera dell'USL 12 veneziana in altra zona della città di Mestre con successiva distruzione dello stabile, ed il conseguente spostamento del monitoraggio della concentrazione di  $PM_{10}$  da gennaio 2010 in un altro sito di traffico, cioè via F.lli Bandiera a Marghera.

I "Criteria for Euroairnet" (febbraio 1999) enunciano i principi per la realizzazione della Rete Europea di Rilevamento della Qualità dell'Aria (EURO-AIR-NET). Tale classificazione stabilisce che le stazioni di misura devono rientrare in una delle seguenti tipologie di stazioni:

- Hot spot (stazione di traffico, T)
- Background (stazione di fondo, B)
- Industrial (stazione industriale, I)

Tutte le stazioni della rete ARPAV sono classificate anche in base a questi criteri.

In particolare le stazioni di "Hot-spot" e di "Background" urbano e suburbano sono orientate principalmente alla valutazione, nelle principali aree urbane, dell'esposizione della popolazione e del patrimonio artistico, con particolare attenzione agli inquinanti di tipo primario ( $NO_x$ , CO,  $SO_2$ ,  $PM_{10}$ , benzene).

Le stazioni di "Background" rurale sono invece utilizzate per la ricostruzione, su base geostatistica, dei livelli di concentrazione di inquinanti secondari per la valutazione dell'esposizione della popolazione, delle colture, delle aree protette e del patrimonio artistico.

La citata riorganizzazione della rete ha previsto, oltre alla rilocazione di alcune stazioni, anche il potenziamento delle stazioni di monitoraggio con nuovi analizzatori; alla luce di questo obiettivo durante il 2009 alcune stazioni sono state riconfigurate e ciò ha portato a modifiche nel numero e nel tipo di analizzatori installati su ciascuna stazione.

Nella Tabella 5 vengono sintetizzate le sostanze inquinanti ed i parametri meteorologici sottoposti a monitoraggio presso le stazioni fisse della rete ARPAV e le due stazioni rilocabili.

Tabella 4 Classificazione delle stazioni/postazioni di misura della rete provinciale di Venezia per il controllo della qualità dell'aria

	ID	Stazione/ postazione	Collo- cazio- ne	Anno attiva- zione	Attivazioni- dismissioni nel 2009	Classe **	Tipo stazione	Tipo zona	
						(DM 20/05/91)			
RETE REGIONALE	PROVINCIA VENEZIA	1	Concordia Sagittaria	provincia	2006		D	background (B)	rurale (R)
		2	San Donà di Piave	provincia	1991		A/B	background (B)	urbana (U)
		3	Via Oberdan - Mira	provincia	2008		A	background (B)	urbana (U)
		4	Chioggia	provincia	1987		A/B	background (B)	urbana (U)
		5	Via Roma - Spinea	provincia	1994	dismessa Marzo 2009	C	traffico (T)	urbana (U)
		5bis	Viale San Remo - Spinea	provincia	2009	attivata Marzo 2009	B	background (B)	urbana (U)
	COMUNE VENEZIA	6	Maerne - Martellago	cintura urbana	1987		D	background (B)	urbana (U)
		7	Parco Bissuola - Mestre	urbana	1994		A	background (B)	urbana (U)
		8	Via F.lli Bandiera - Marghera	urbana	1994		C	traffico (T)	urbana (U)
		9	Sacca Fisola - Ve- nezia	urbana	1994		B	background (B)	urbana (U)
	10	Via Lago di Garda - Malcontenta	cintura urbana	2008		I/B	industriale (I)	subur- bana (S)	
RETE DAP VENEZIA	COMUNE VENEZIA	11	Via Circonvallazione - Mestre	urbana	1985	dismessa Giugno 2009	C	traffico (T)	urbana (U)
		12	Via Tagliamento - Mestre	urbana	2007		C	traffico (T)	urbana (U)
		13	Via Monte Cervino - Favaro Veneto	cintura urbana	2008		B	background (B)	urbana (U)
		14	Via Beccaria - Mar- ghera	urbana	2008		B	background (B)	urbana (U)
	ALTRI SITI MISURA PM	15	Marcon *	provincia	2005		C	traffico (T)	urbana (U)
		16	Noale *	provincia	2005		C	traffico (T)	urbana (U)
		17	Portogruaro *	provincia	2008		-	rilocabile	
		18	Via Lissa - Mestre *	urbana	2004		-	background (B)	urbana (U)
	-	Unità mobile "bianca"	-	-		-	rilocabile	-	
	-	Unità mobile "verde"	-	-		-	rilocabile	-	

\* Postazioni di misura: questi siti non rientrano nella rete regionale delle stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria.

\*\* Dal DM 20 maggio 1991:

tipo A: di base o di riferimento, preferenzialmente localizzata in aree non direttamente interessate dalle sorgenti di emissione urbana, come i parchi;

tipo B: situata in zone ad elevata densità abitativa;

tipo C: situata in zone a traffico intenso e ad alto rischio espositivo, caratterizzata da valori di concentrazione rilevanti e da una rappresentatività limitata alle immediate vicinanze del punto di prelievo;

tipo D: situata in periferia o in aree suburbane, finalizzata alla misura degli inquinanti fotochimici.

Tabella 5 Dotazione strumentale della rete ARPAV

		ID	Stazione/ postazione	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NMHC	H <sub>2</sub> S	BTEX	PM <sub>2.5</sub> m	PM <sub>2.5</sub> a	PM <sub>10</sub> m	PM <sub>10</sub> a	IPA	Metalli	DV	VV	TEMP	U REL	Piog- gia	RSOLN	RSOLG	PRESS			
RETE REGIONALE	PROVINCIA VENEZIA	1	Concordia Sagittaria		o		o						o		o												
		2	San Donà di Piave		o	o	o								o				o	o							
		3	Via Oberdan - Mira		o	o	o								o			o	o	o	o						
		4	Chioggia		o	o	o								o												
		5	Spinea		o	o									o			o	o	o	o			o			
		6	Maerne - Martellago	o	o		o								o												
	COMUNE VENEZIA	7	Parco Bissuola - Mestre	o	o	o	o				o			o	o	o	o	o	o						o		
		8	Via F.lli Bandiera - Marghera		o	o												o	o	o	o			o	o		
		9	Sacca Fisola - Venezia	o	o		o			o					o		o	o	o	o	o						
		10	Via Lago di Garda - Malcontenta	o	o	o						o						o	o								
RETE DAP VENEZIA	COMUNE VENEZIA	11	Via Circonvallazione - Mestre		o	o				o		o	o		o	o	o	o	o	o			o	o			
		12	Via Tagliamento - Mestre	o	o	o							o		o	o											
		13	Via Monte Cervino - Favaro Veneto	o	o	o												o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		14	Via Beccaria - Marghera		o	o														o	o						
	ALTRI SITI MISURA PM	15	Marcon												o												
		16	Noale											o													
		17	Portogruaro										o	o													
		18	Via Lissa - Mestre									o															
-	Unità mobile "Bianca"	o	o	o	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	o	o	o			o	o	o		

o = analizzatori usati a spot durante l'anno 2009    o = analizzatori attivati durante l'anno 2009    o = analizzatori presenti durante l'anno 2009    o = analizzatori dismessi durante l'anno 2009

a = automatico    m = manuale



Tavola 1: Localizzazione delle stazioni/postazioni di misura dell'inquinamento atmosferico in Comune di Venezia





**TAV. 1**

**Localizzazione stazioni di misura inquinamento atmosferico**

**legenda**

**Rete Ente Zona Industriale**

- ▲ meteo
- ▲ SO<sub>2</sub>
- ▲ SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMHC, O<sub>3</sub>
- ▲ SO<sub>2</sub>, polveri
- ▲ SO<sub>2</sub>, polveri, NO<sub>x</sub>
- ▲ SO<sub>2</sub>, polveri, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, NMHC
- ▲ SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>

**Rete ARPAV**

- ★ tipo Background Urbano
- ★ tipo Background Suburbano
- ★ tipo Traffico Urbano
- ★ tipo Industriale Suburbano

∩∩∩ viabilità

■ edificato

rapporto annuale  
**ARIA 2009**

qualità dell'aria nel  
**Comune di Venezia**

**A.R.P.A.V.**  
maggio 2010



In parallelo alla rete di monitoraggio istituzionale gestita da ARPAV, per il controllo in continuo dell'inquinamento dell'aria in ambito urbano, è attivo anche il Sistema Integrato per il Monitoraggio Ambientale e la Gestione delle Emergenze in relazione al rischio industriale nell'area di Marghera (SIMAGE).

Questo sistema è costituito da due componenti collegate:

- una rete di monitoraggio, finalizzata alla rilevazione tempestiva ed alla valutazione di emissioni industriali di origine incidentale;
- un sistema composto da una base informativa e da una struttura complessa volta all'ottimizzazione di procedure e di interventi, da attivarsi a seguito di eventi incidentali.

La rete di monitoraggio è stata realizzata utilizzando sistemi DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy), analizzatori gascromatografici e sensori di tipo fotoelettrico PAS, ubicati in 5 siti di rilevamento, all'interno dell'area del Petrolchimico di Marghera, scelti secondo valutazioni fatte per ottimizzare il controllo dell'intera area.

Questa strumentazione garantisce la sorveglianza attiva mentre altri strumenti (cabinette con canister e campionatori ad alto volume) attivabili in modo remoto, sono installati in differenti posizioni all'esterno dell'area per la sorveglianza post incidentale (follow up).

Sempre da remoto possono essere gestite, sulla base dell'indicazioni fornite dall'Autorità Competente, le comunicazioni alla popolazione mediante Totem, Pannelli a Messaggio Variabile, WEB, SMS.

Il sistema di monitoraggio prevede anche la replica in sala controllo dei segnali di allarme, nonché dei dati meteorologici (direzione e velocità del vento, umidità, pressione, temperatura, classe di stabilità atmosferica), provenienti dalle reti di rilevatori aziendali, dal SIGES (Sistema Integrato Gestione Emergenze Sito) e dall'Ente Zona Industriale pressoché in tempo reale.

Nel territorio del Comune di Venezia è operante anche una rete privata (Tavola 1, Tabella 6, Tabella 7) localizzata principalmente nell'area industriale di Porto Marghera e finalizzata alla verifica delle ricadute in questa zona (gestita dall'Ente Zona Industriale di Porto Marghera). La configurazione attuale comprende 17 postazioni fisse ed un laboratorio mobile.

Tabella 6 Configurazione della rete privata dell'Ente Zona Industriale (Stazioni Chimiche)

Rete di rilevamento della qualità dell'aria dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera										
Tabella riepilogativa delle stazioni chimiche										
tipologia di stazione	numero stazione	nome stazione	coord. geografiche		parametri misurati (1)	tipo area (3)	densità abitanti (4)	intensità traffico (5)	quota misura m.	distanza edifici m.
			long. E 12°	lat. N 45°						
zona industriale	3	Fincantieri-Breda	14' 56".820	28' 28".940	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub>	I	B	M	4	30
	5	Agip-Raffineria	15' 58".430	27' 56".420	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	I	N	S	4	50
	8	Enel Fusina	15' 00".220	25' 54".800	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	I	N	/	4	100
	10	Enichem ss.11	13' 10".370	27' 25".540	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub>	M	B	I	4	5
	12	Montefibre	14' 37".260	27' 01".370	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	I	N	/	12	
	15	CED Ente Zona	14' 34".870	26' 45".580	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , NMHC	I	B	S	6	
	16	Sirma	12' 52".310	26' 35".790	SO <sub>2</sub>	I	B	M	4	8

tipologia di stazione	numero stazione	nome stazione	coord. geografiche		parametri misurati (1)	tipo area (3)	densità abitanti (4)	intensità traffico (5)	quota misura m.	distanza edifici m.
			long. E 12°	lat. N 45°						
<b>quartiere urbano</b>	17	Marghera	13' 18".780	28' 51".070	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub>	U	M	M	4	10
<b>centro storico Venezia</b>	19	Tronchetto	18' 22".530	26' 31".670	SO <sub>2</sub>	U	B	park	15	
	20	S. Michele	20' 51".550	26' 54".880	SO <sub>2</sub>	U	B		4	10
	21	Giudecca	19' 34".780	25' 26".720	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub>	U	M		4	7
<b>zona extraurbana</b>	25	Moranzeni	12' 47".650	25' 28".340	SO <sub>2</sub> , polveri	E	N	/	4	
	26	Campagna Lupia	07' 05".270	20' 50".940	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , O <sub>3</sub> , NMHC	E	N	/	4	

NOTE

- (1) metodi di misura: SO<sub>2</sub> = fluorescenza pulsata  
NO<sub>x</sub> = chemiluminescenza  
O<sub>3</sub> = assorbimento raggi UV  
polveri (PTS) - PM<sub>10</sub> = assorbimento raggi β  
NMHC = gascromatografia + FID
- (3) I = industriale      M = mista      U = urbana  
(4) N = nulla          B = bassa      M = media  
(5) S = scarsa        M = media      I = intensa      / = occasionale

Tabella 7 Configurazione della rete privata dell'Ente Zona Industriale (Stazioni Meteo)

Rete di rilevamento della qualità dell'aria dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera										
Tabella riepilogativa delle stazioni meteo										
tipologia di stazione	numero stazione	nome stazione	coord. geografiche		parametri misurati (1)	tipo area (3)	densità abitanti (4)	intensità traffico (5)	quota misura m.	distanza edifici m.
			long. E 12°	lat. N 45°						
<b>meteo</b>	5	AGIP	15' 58".430	27' 56".420	T, VV, DV, P	I	N	S	10	50
	22	TORRE POMPIERI ENICHEM	14' 11".800	26' 58".600	VV, DV	I	B	S	40	
	23	CED Ente Zona	14' 35".400	26' 45".580	T3, PIO, P RAD, U	I	N	S	6	
	24	VESTA	14' 03".000	26' 08".530	VV, DV	I	B	S	35	30
		SODAR *	15' 02".110	25' 57".190	VV, DV	I	N	/	profilo	100
		RASS *	15' 02".110	25' 57".190	T	I	N	/	profilo	100

NOTE

\* strumentazione di telerilevamento: SODAR DOPPLER (SOUND DETECTION AND RANGING); RASS (Radio Acoustic Sounding System)

- (2) T = temperatura mediante termoresistenza ventilata  
T3 = come T, a quota 10-70-140 m  
VV = velocità del vento, tachoanemometro a coppe  
DV = direzione del vento, gonioanemometro a banderuola  
PIO = pioggia, tipo a vaschetta oscillante  
P = pressione atmosferica, a capsule barometriche  
RAD = radiazione solare, piranometro  
U = umidità relativa, fascio di capelli
- (3) I = industriale      M = mista      U = urbana  
(4) N = nulla          B = bassa      M = media  
(5) S = scarsa        M = media      I = intensa      / = occasionale

### 1.3 Caratterizzazione ed effetti degli inquinanti

Le caratteristiche e gli effetti dei principali inquinanti atmosferici nonché i loro livelli medi monitorati presso differenti realtà ambientali, comparati con le linee guida di esposizione stilate dall'OMS per escludere significativi effetti sulla salute umana (OMS, 1999), sono stati ampiamente esaminati nel paragrafo dallo stesso titolo presente nel Rapporto Annuale 2002 di Qualità dell'Aria nel Comune di Venezia ([www.ambiente.venezia.it](http://www.ambiente.venezia.it)) al quale si rimanda per ogni ulteriore approfondimento, permanendo l'attualità del contenuto.

Quale ulteriore informazione si segnala che nel 2005 l'OMS ha pubblicato una global update, aggiornando le linee guida precedenti per particolato, ozono, ossidi di azoto e ossidi di zolfo. Il documento relativo è disponibile all'indirizzo [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf).

Oltre al sito dell'OMS, per quanto riguarda lo studio degli effetti sulla salute dell'inquinamento dell'aria e la caratterizzazione degli inquinanti, si fa presente che i siti internet delle organizzazioni internazionali rappresentano senza dubbio una fonte di informazioni aggiornate e complete.

A questo proposito, si segnalano le sezioni dedicate all'aria dei seguenti siti:

European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/themes/air>),

Commissione Europea ([http://ec.europa.eu/environment/air/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm)),

Nazioni Unite ([http://www.unep.org/urban\\_environment/issues/urban\\_air.asp](http://www.unep.org/urban_environment/issues/urban_air.asp)).

Visto il crescente interesse negli ultimi anni per gli inquinanti organici persistenti (POPs), quali Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PCB), diossine e furani (PCDD/F), il Dipartimento Provinciale di Venezia è stato impegnato nel 2009 in alcuni approfondimenti sul proprio territorio provinciale (Mestre, Malcontenta, Noale, Concordia Sagittaria). Detto studio ARPAV "Microinquinanti organici in Provincia di Venezia - Livelli in aria ambiente ed emissioni in atmosfera" pubblicato a dicembre 2009 [12] ha indagato i livelli di microinquinanti organici nell'aria ambiente ed i profili emissivi legati ad alcune fonti di pressione presenti nel territorio veneziano.

Si evidenzia che da tempo la comunità scientifica è interessata a comprendere i rischi potenziali per l'uomo e l'ecosistema legati alla presenza dei principali microinquinanti organici; tuttavia ad oggi, sullo scenario internazionale, non sono molti gli studi disponibili sull'inquinamento atmosferico da queste sostanze. Inoltre la normativa europea non indica valori limite di riferimento per la concentrazione di queste sostanze nell'aria ambiente.

È sembrato quindi interessante aggiornare questo paragrafo con le caratteristiche e gli effetti di detti inquinanti.

#### **Inquinanti organici persistenti**

I POPs sono sostanze chimiche molto resistenti che, una volta immesse nell'aria, nell'acqua o nel terreno, a causa della loro scarsa degradabilità, permangono nell'ambiente per lungo tempo. Alcuni POPs, come i PCB ed alcuni insetticidi, sono prodotti artificialmente mentre altri, come diossine e furani, derivano dalla combustione di sostanze chimiche organiche e da processi industriali. Verso la fine degli anni '70 gli insetticidi e gli altri POPs sono stati vietati o sottoposti a restrizioni d'uso in molti paesi. Tuttavia alcuni degli insetticidi sono ancora in uso in alcune parti del mondo dove sono considerati essenziali per proteggere la salute pubblica.

I tre composti chimici e sottoprodotti industriali di maggiore importanza sono PCB, diossine e furani. I PCB sono prodotti artificialmente ma sono di solito rilasciati nell'ambiente involontariamente.

#### **Caratteristiche e comportamento dei POPs**

I POPs sono composti chimici sintetici con le seguenti proprietà:

- sono tossici e possono causare problemi per la salute dell'uomo e degli animali
- sono chimicamente stabili e non si degradano facilmente nell'ambiente

- sono lipofili (si legano facilmente ai grassi) e perciò sono facilmente solubili nei grassi. Per questo si concentrano nei tessuti grassi degli organismi, anziché inserirsi nella parte acquosa delle cellule. Questo attribuisce persistenza alla sostanza chimica nel biota grazie anche al fatto che il metabolismo è lento e i POPs possono bioaccumularsi lungo la catena alimentare
- in sistemi acquatici e nei suoli si concentrano nei solidi, in particolare nelle frazioni organiche, evitando la fase acquosa
- hanno la propensione ad entrare in fase gassosa a temperatura ambiente. Perciò essi possono volatilizzare dai suoli, dalla vegetazione e dai corpi idrici verso l'atmosfera, muovendosi lungo grandi distanze a causa della loro resistenza alle reazioni chimiche in atmosfera. Il ciclo di volatilizzazione e la deposizione possono essere ripetuti molte volte, con il risultato che i POPs potrebbero accumularsi in un'area lontana da dove sono stati utilizzati o emessi.

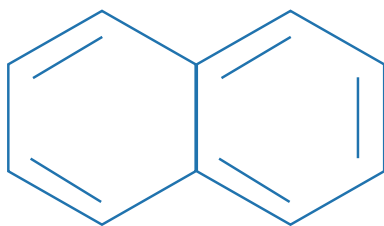
Per quanto sopra esposto la contaminazione da POPs è estesa perché sono chimicamente stabili, bioaccumulano e circolano globalmente per mezzo dell'atmosfera, degli oceani e di altro mezzo.

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**

Il termine **IPA** è l'acronimo di **Idrocarburi Policiclici Aromatici**, una classe numerosa di composti organici, tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro, di cui il più conosciuto è sicuramente il benzo(a)pirene. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida. Sono poco solubili o del tutto insolubili in acqua; la solubilità diminuisce all'aumentare del loro peso molecolare. Sono altamente lipofili. Nella forma più pura gli IPA si presentano solidi e trasparenti, oppure bianchi o di un colore che va dal giallo chiaro al verde pallido. Questa tipologia di inquinanti si forma nel corso delle combustioni incomplete di prodotti organici come il carbone ed il petrolio; molti vengono utilizzati per condurre delle ricerche e alcuni vengono sintetizzati artificialmente; in alcuni casi si impiegano nella produzione di coloranti, plastiche, pesticidi e medicinali. Le principali sorgenti industriali di IPA, invece, comprendono le aziende che lavorano i metalli grezzi, le raffinerie di petrolio, gli impianti per la produzione di carbon coke, le industrie che producono la carta, le industrie chimiche e quelle plastiche. Per la grande quantità di combustibile fossile utilizzato possono risultare delle fonti rilevanti anche le centrali energetiche. Anche gli inceneritori di rifiuti e i depositi di sostanze tossiche possono rappresentare delle sorgenti di importanza primaria.

Per quanto riguarda il loro destino gli IPA sono per la maggior parte adsorbiti e trasportati da particelle carboniose (fuliggine) emesse dalle stesse fonti che gli hanno originati. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.

Figura 1: Formula di struttura del Naftalene

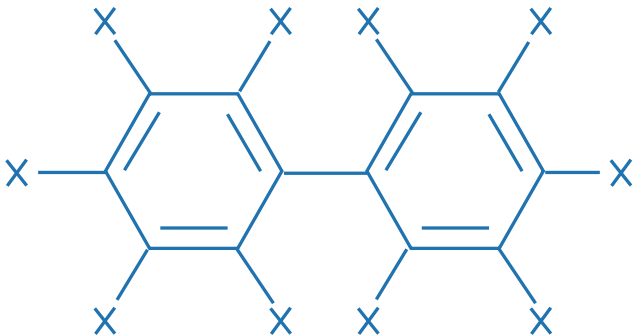


### **Policlorobifenili (PCB)**

I PCB (Policlorobifenili) sono composti organici di sintesi clorurati, con struttura simile al bifenile, ma con la fondamentale differenza che alcuni atomi di idrogeno vengono sostituiti con atomi di cloro (fino ad un massimo di dieci). La formula generica dei PCB è perciò  $C_{12}H_{10-x}Cl_x$ .

Dal punto di vista chimico-fisico si tratta di composti estremamente stabili (da cui la sostanziale non infiammabilità), dalle ottime proprietà dielettriche. La loro stabilità è tuttavia anche responsabile della loro persistenza nell'ambiente. Sono inoltre caratterizzati da una bassa solubilità in acqua e da una bassa volatilità e sono tutti molto solubili nei solventi organici, negli oli e nei grassi. Proprio per queste loro caratteristiche i PCB sono stati estensivamente impiegati, sin dagli anni '30, nel settore elettrotecnico in qualità di isolanti (nei condensatori a partire dal 1931 e nei trasformatori dal 1933). Il loro utilizzo non è stato limitato, tuttavia, al comparto elettrotecnico: i PCB sono stati impiegati anche come lubrificanti, in fluidi per impianti di condizionamento, nella preparazione delle vernici (in alcuni mobili, ad esempio, la presenza di PCB nelle vernici può raggiungere il 10%), di carte impregnate per usi particolari (fra cui la comune carta carbone) e, tra il 1955 ed il 1975, furono additivati ai sigillanti di giunti di edifici in calcestruzzo allo scopo di incrementarne l'elasticità. Ecco perché fra le sorgenti primarie di PCB vengono citati [15], nell'ambito delle costruzioni, i sigillanti ad elasticità permanente e l'intonaco ottenuto macinando pietre colorate. Nel tempo la resistenza all'azione di agenti chimici e biologici, nonché l'uso indiscriminato, hanno reso i PCB inquinanti ambientali pressoché ubiquitari. Al giorno d'oggi i PCB sono considerati, per la loro tossicità, nei confronti dell'uomo e dell'ambiente, tra gli inquinanti più pericolosi poiché la loro grande stabilità ai diversi attacchi chimici li rende difficilmente degradabili acuendo l'effetto di bioaccumulazione negli organismi viventi.

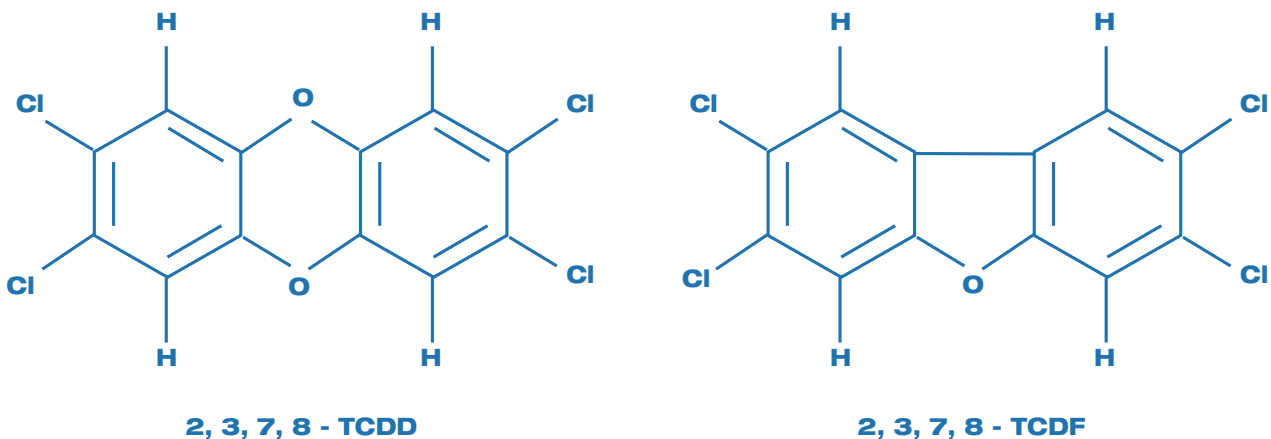
Figura 2: Formula di struttura dei PCB. La X può rappresentare atomi di H o di Cl.



### Diossine e Furani (PCDD/F)

Il termine "diossine" si riferisce ad un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati, divisi in due famiglie e simili per struttura, formati da carbonio, idrogeno, ossigeno e cloro, detti congeneri. 75 congeneri hanno struttura chimica simile a quella della policlorodibenzo-diossina (PCDD) e 135 hanno struttura simile al policlorodibenzo-furano (PCDF); 17 di questi congeneri, sono considerati tossicologicamente rilevanti. Sono sostanze inodori, termostabili, insolubili in acqua e fortemente liposolubili. Nella figura seguente sono riportate, a titolo esemplificativo, le strutture della tetraclorodibenzodiossina e del tetraclorodibenzofurano.

Figura 3: Formule di struttura di 2,3,7,8-TCDD e di 2,3,7,8-TCDF



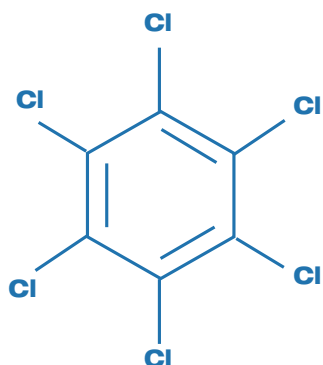
Le diossine sono immesse nell'ambiente da varie sorgenti e possono essere trasportate per lunghe distanze nell'atmosfera. Questi composti infatti sono presenti quasi ovunque nell'ecosistema - aria, acqua e suolo - e nella maggior parte dei casi a livelli molto bassi. In natura vengono rilasciate in particolare durante gli incendi boschivi e le eruzioni vulcaniche; le attività umane responsabili della loro formazione sono riconducibili alle emissioni di fonderie, di industrie che producono pasta di legno, carta, erbicidi fenolici e conservanti clorati per il legno, di inceneritori di rifiuti, di centrali a combustibili fossili, di veicoli a motore, di stufe a legna, etc., ed in generale avviene nel corso di combustioni non controllate. La principale via di esposizione per l'uomo a diossine e furani è l'ingestione di alimenti ad alto tenore lipidico contaminati, come pesce e mammiferi marini, grassi, carne e prodotti caseari.

### **Esaclorobenzene (HCB)**

L'esaclorobenzene (HCB) è un composto organico clorurato derivato dal benzene la cui formula è: C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>

Esso rientra nella più ampia categoria dei policlorobenzene, variamente utilizzati come pesticidi e fungicidi. Oltre a questo, viene utilizzato come antiossidante, intermedio chimico per la produzione di coloranti e nelle sintesi organiche, plastificante, conservante del legno e nelle composizioni pirotecniche per usi militari.

*Figura 4: Formula di struttura di HCB.*



Rientra nella categoria degli inquinanti organici persistenti ed è perciò caratterizzato da alta stabilità (e conseguente alta persistenza ambientale). È inoltre poco solubile e possiede una bassa tensione di vapore. L'esaclorobenzene è considerato sicuramente cancerogeno per gli animali, mentre è classificato come probabilmente cancerogeno per l'uomo dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC).

Le attività che possono essere principalmente fonte di emissione di esaclorobenzene sono rappresentate da: agricoltura, conservazione del legname, industria dei prodotti chimici inorganici ed organici, industria dei prodotti tossici e corrosivi, pirotecnica, produzione di coloranti e colori, produzione di esplosivi da scoppio e da lancio; propellenti, produzione di gomma sintetica, produzione di pitture e vernici, produzione di polimeri sintetici ed artificiali e produzione di prodotti fitosanitari.

## 2. Caratterizzazione dello stato

### 2. Caratterizzazione dello stato

#### 2.1 Analisi dei dati meteorologici

Per l'analisi dei principali parametri meteorologici sono stati utilizzati i dati raccolti dalla rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera: temperatura, direzione e velocità del vento, radiazione solare globale, umidità relativa, precipitazione, pressione.

Nel seguito vengono elencate le elaborazioni effettuate dal Dipartimento Provinciale ARPAV di Venezia nell'anno 2009 sui dati meteorologici a livello mensile, annuale e di semestre caldo (01/04/2009 - 30/09/2009) e freddo (01/01/2009 - 31/03/2009 e 01/10/2009 - 31/12/2009) basate su:

- 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 2009<sup>2</sup>.

Le condizioni meteorologiche medie prevalenti nell'area urbana di Venezia, tra il 1975 e il 2009, sono state caratterizzate mediante i dati storici registrati presso le postazioni meteorologiche di Ente Zona Industriale: in relazione alle temperature ed alle precipitazioni sono stati elaborati l'anno tipo e la serie storica dei valori medi annuali.

Da quanto illustrato nei paragrafi seguenti e dai risultati presentati nei precedenti rapporti annuali sulla qualità dell'aria, si può dedurre come, nell'area presa in esame, prevalgano 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);
- prevalenza della classe di stabilità debole (E), seguita dalla condizione di neutralità (D) e di stabilità moderata (F), nell'intero anno 2009; tali condizioni, mediamente, non favoriscono la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera;
- temperatura media dell'anno tipo a 10 m s.l.m. più elevata nel mese di luglio e minima nel mese di gennaio; l'andamento della temperatura media mensile, durante l'anno 2009, non si è discostata significativamente dall'anno tipo;
- 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 2009, si è discostato significativamente dall'anno tipo, in particolare nei mesi di maggio, luglio e agosto 2009, molto meno piovosi.

Nei paragrafi che seguono vengono analizzati i singoli parametri monitorati.

##### 2.1.1 Serie storica dei dati meteorologici

Per quanto riguarda i dati di temperatura dell'aria a 10 m s.l.m. si riportano i grafici dell'anno tipo (Grafico 1) e del valore medio annuale (Grafico 2) su base pluriennale (rilevamenti dal 1975 al 2009 a cura dell'Ente Zona Industriale, stazione n. 23).

In relazione alla quantità di precipitazioni si presentano analoghe elaborazioni (Grafico 3 e Grafico 4).

<sup>2</sup> 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.



Nei Grafici 2 e 4 è stata calcolata la linea di tendenza della serie storica di temperatura e precipitazione media annuale, attraverso la regressione lineare delle medie annuali degli ultimi 35 anni.

Grafico 1

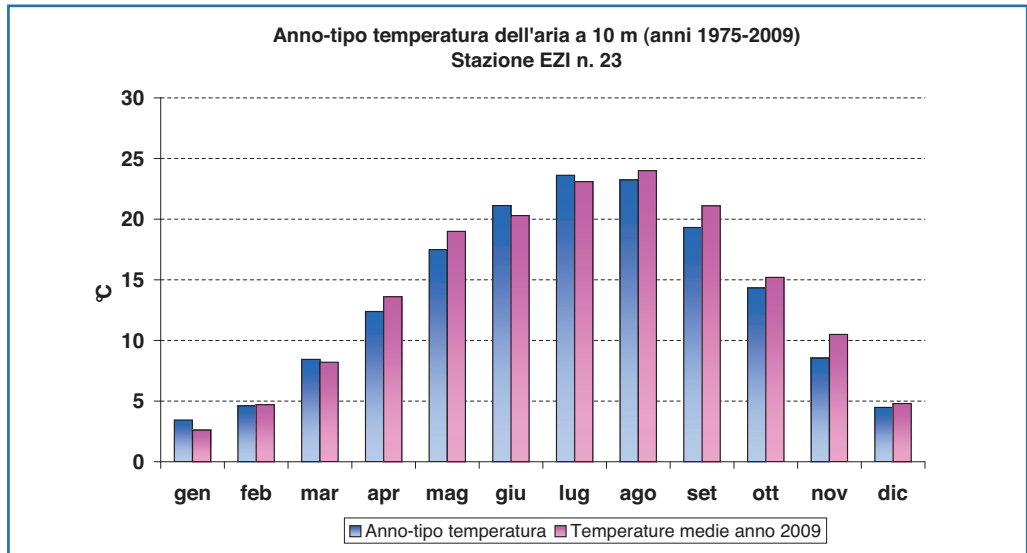


Grafico 2

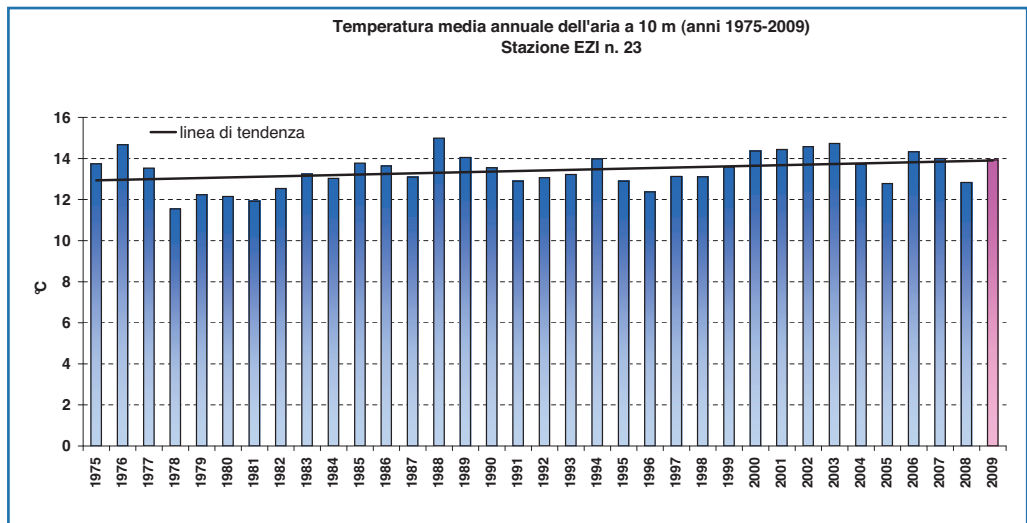
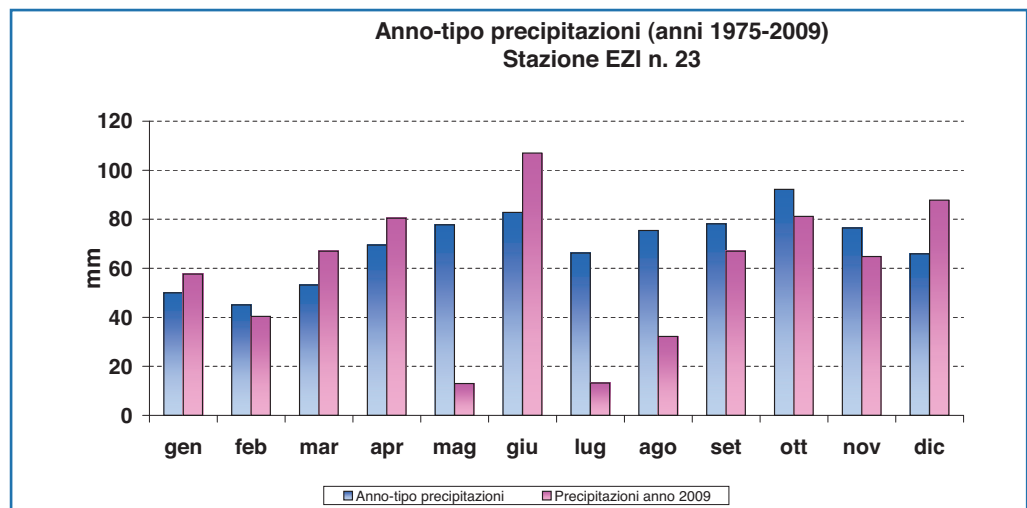


Grafico 3



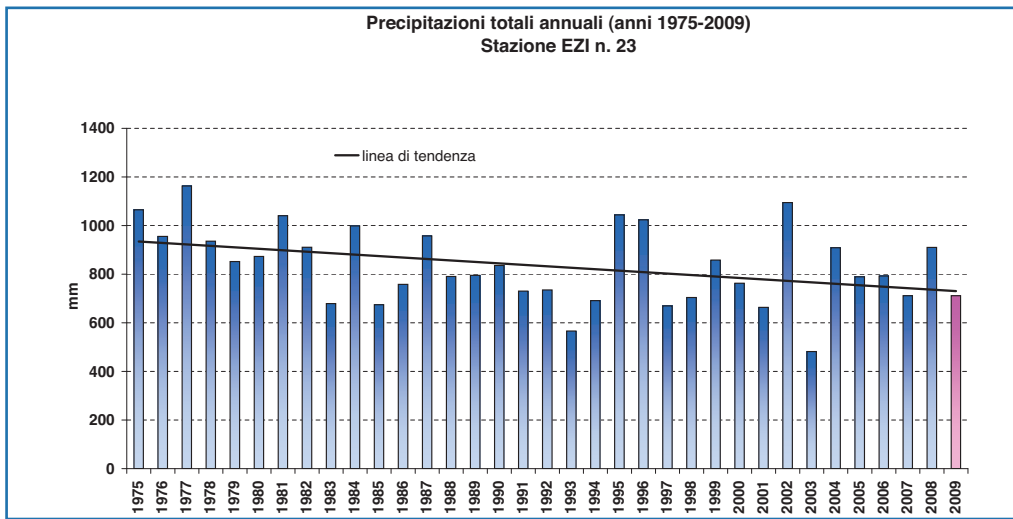


Grafico 4

### 2.1.2 Andamento parametri meteorologici anno 2009

Nel seguito sono riportate le medie mensili e la media delle medie mensili, per l'anno 2009, dei parametri meteoroclimatici temperatura dell'aria, radiazione globale, umidità relativa, pressione atmosferica (Grafico 5 ÷ Grafico 8) ed i totali mensili e la media dei totali mensili per la precipitazione (Grafico 9).

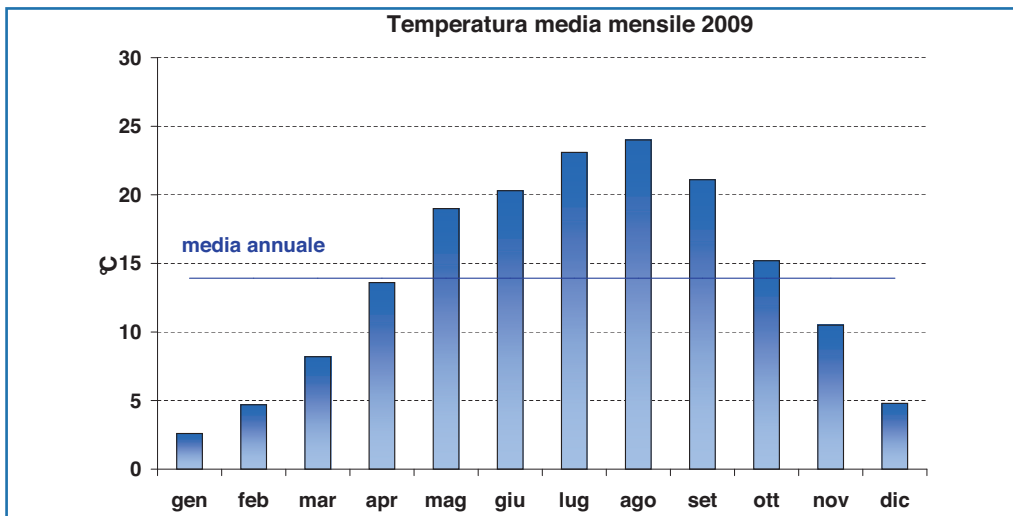


Grafico 5

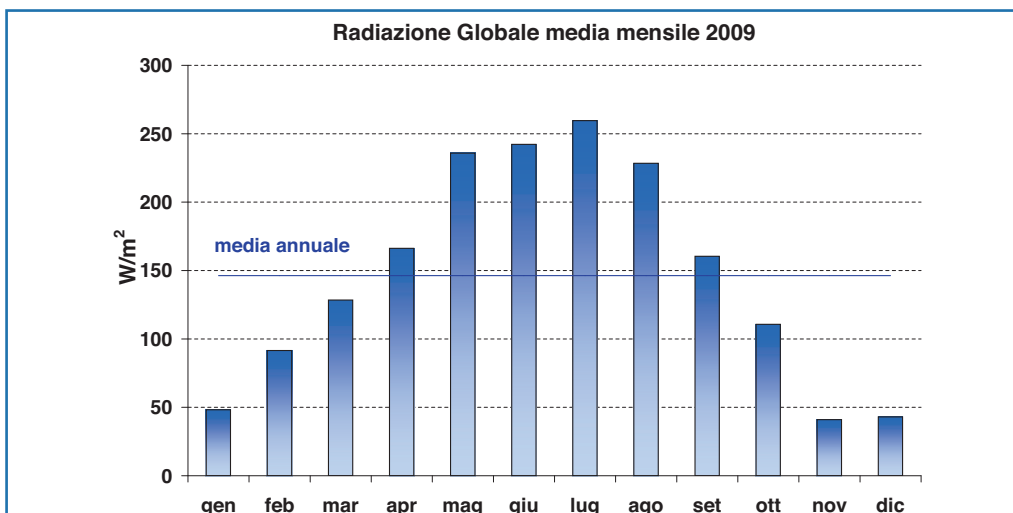


Grafico 6

Grafico 7

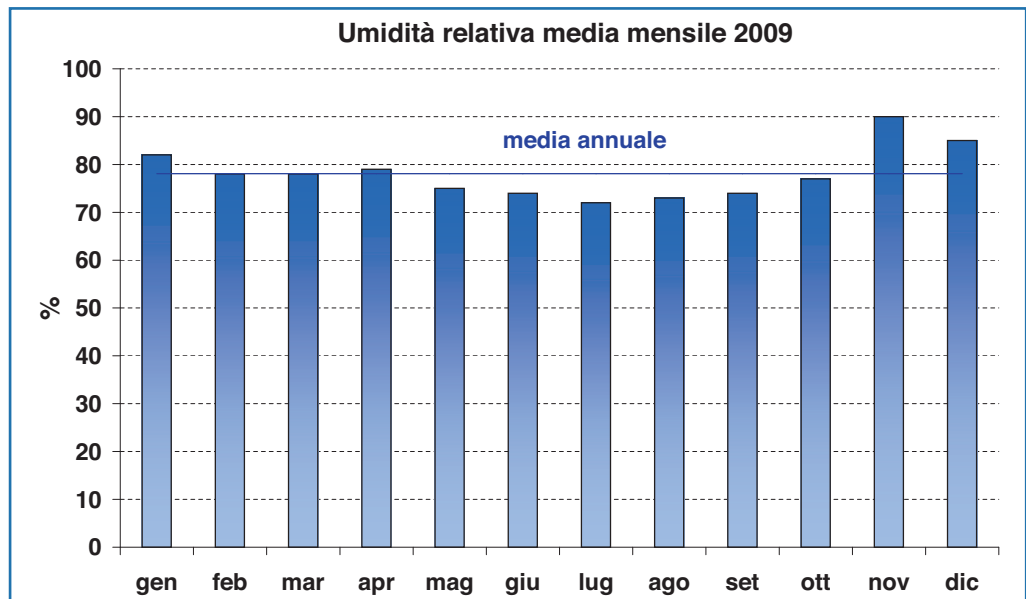


Grafico 8

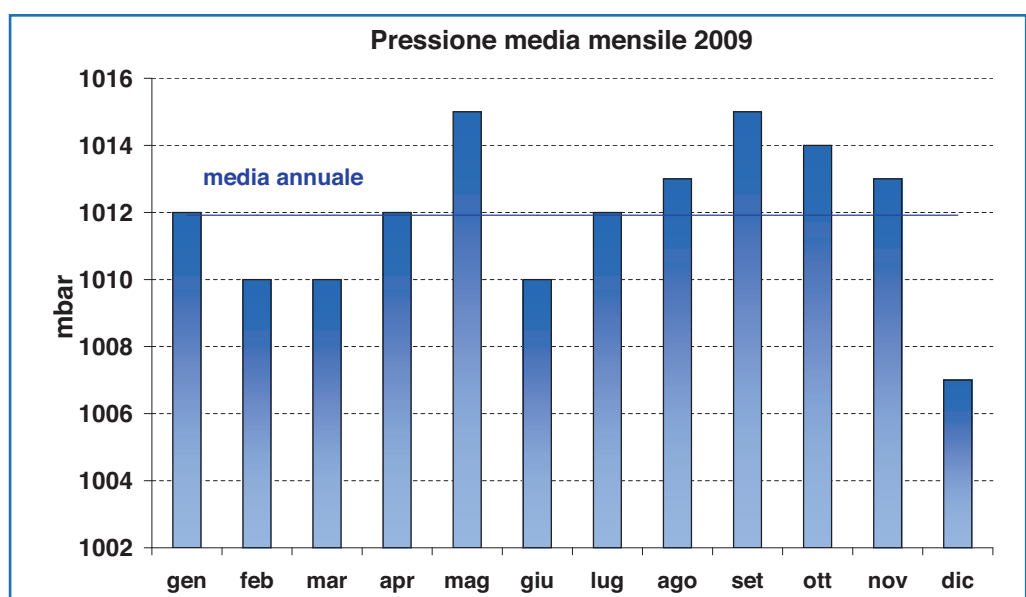
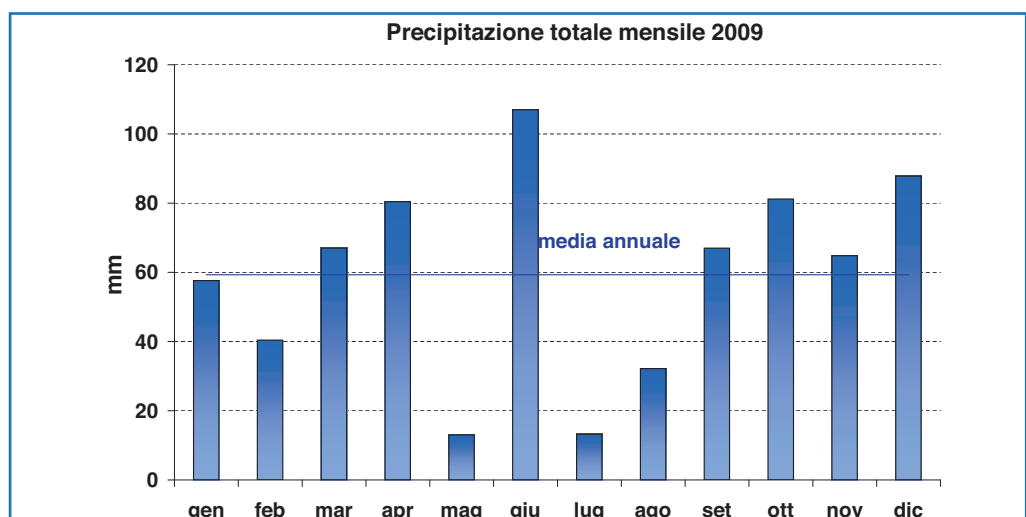


Grafico 9



**2.1.3 Classi di stabilità atmosferica anno 2009**

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<sup>3</sup>). È risultata fortemente prevalente la classe di stabilità debole (E), seguita dalla condizione di neutralità (D) e di stabilità moderata (F), nell'intero anno 2009.

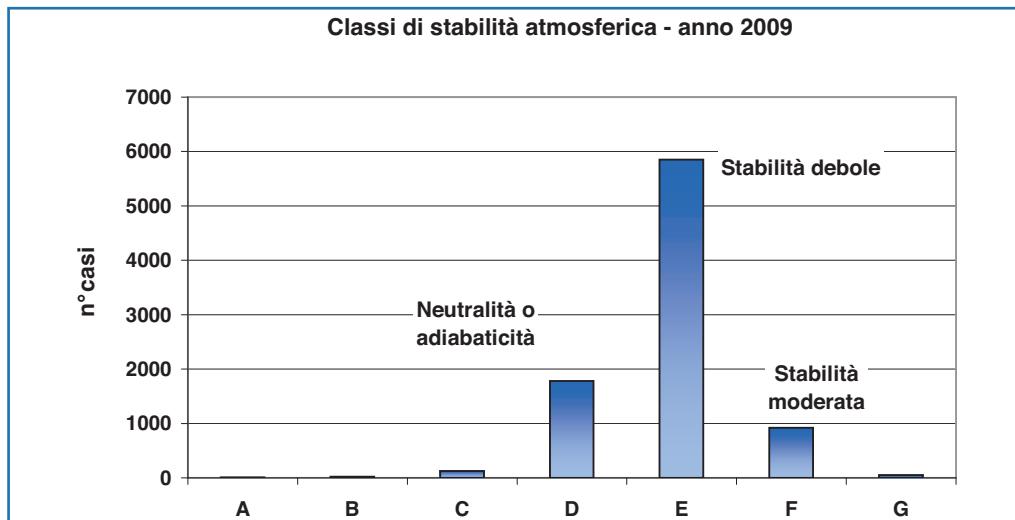


Grafico 10

**2.1.4 Caratterizzazione meteoroclimatica semestre caldo e semestre freddo**

La descrizione dell'ambiente atmosferico su base stagionale, oltre che essere una rappresentazione più vicina (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 '09 a settembre '09) e semestre "freddo" (comprendente i mesi da gennaio '09 a marzo '09 e da ottobre '09 a dicembre '09).

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).

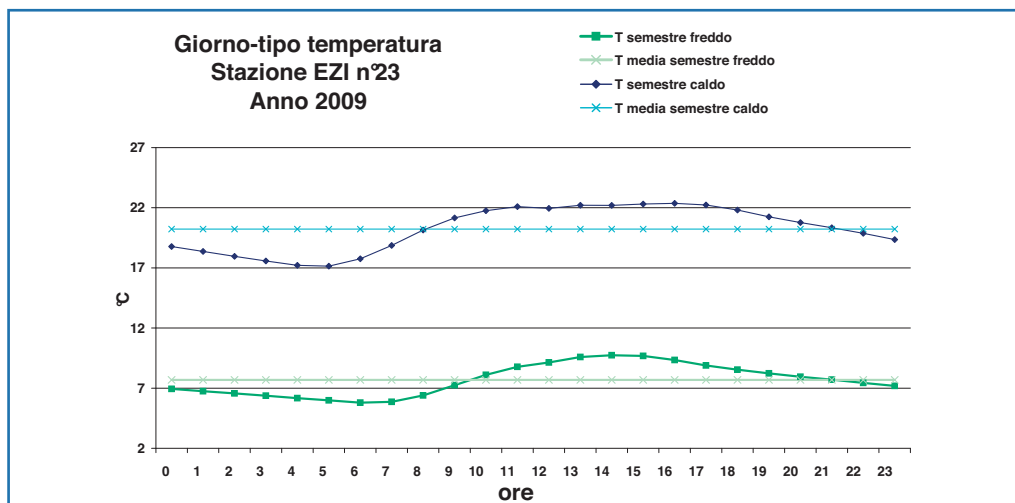


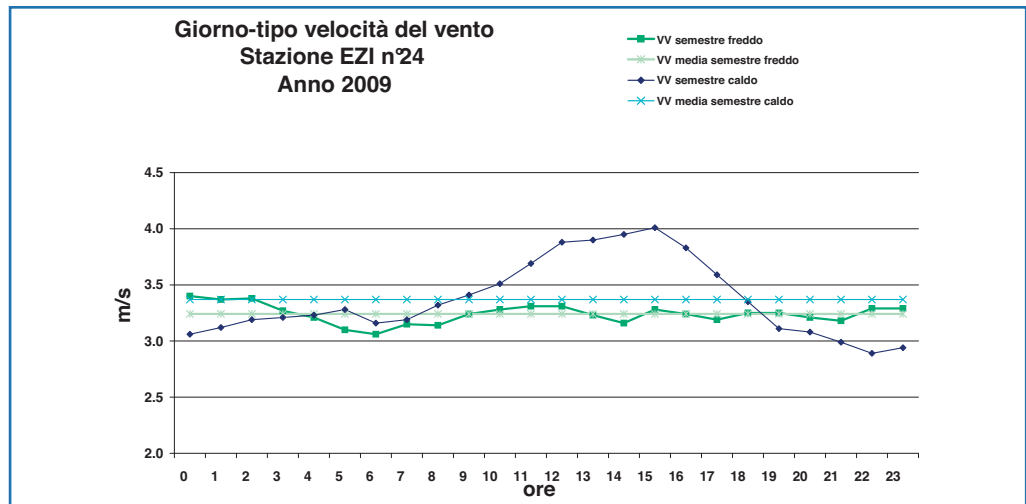
Grafico 11

<sup>3</sup>  $T_1$  = temperatura dell'aria in °C misurata a quota 10 m s.l.m.  
 $T_2$  = temperatura dell'aria in °C misurata a quota 70 m s.l.m.  
 $T_3$  = temperatura dell'aria in °C misurata a quota 140 m s.l.m.

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).

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

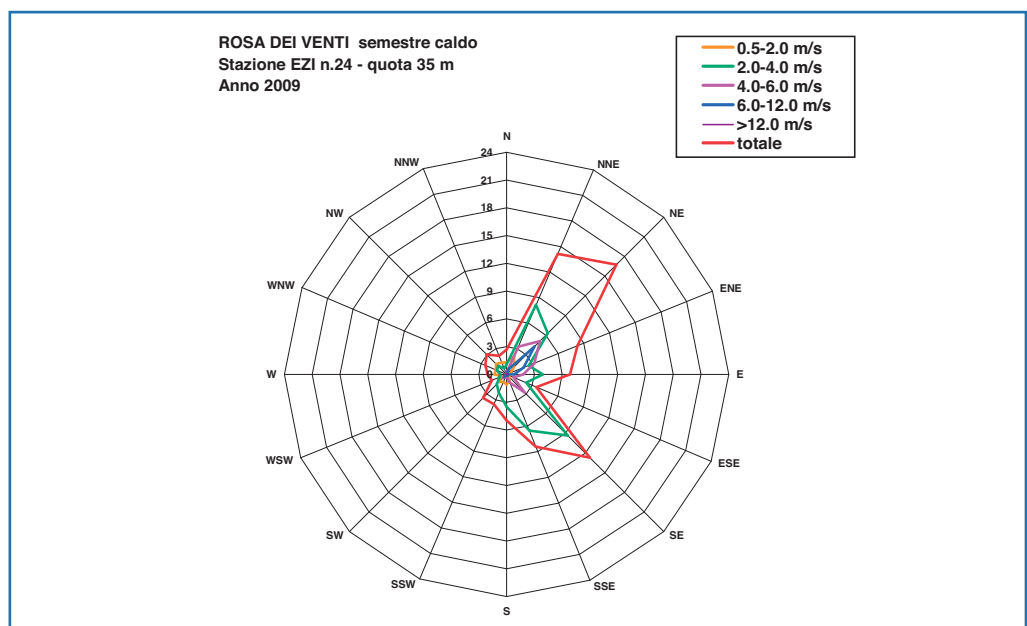


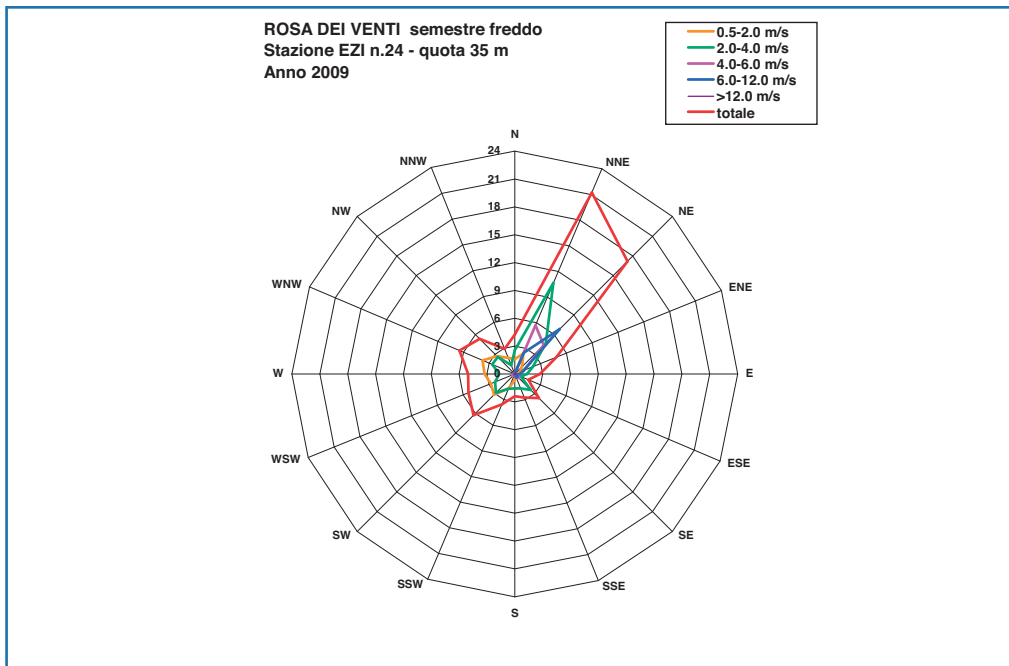
Per quanto riguarda la direzione e velocità del vento si riportano i dati riferiti alla stazione n. 24 dell'Ente Zona Industriale relativi ad una quota di 35 m.

Il semestre caldo presenta prevalentemente venti da NE (frequenza 17%) e NNE (14%) con forti componenti da SE (frequenza 13%) ed una percentuale del 52% 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 43% dei casi) e permangono come principali le componenti NNE (21%) e NE (17%).

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

Grafico 13





### 2.1.5 Rapporto meteo-climatico e delle capacità dispersive per gli inquinanti atmosferici (polveri sottili) (A cura del Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio - Servizio Centro Meteorologico di Teolo)

L'andamento delle concentrazioni di polveri sottili ( $PM_{10}$ ) è fortemente influenzato dalla variazione delle condizioni meteo-climatiche. I fattori più determinanti sono:

- la presenza di rimescolamento dovuto a turbolenza di origine termica (riscaldamento) o meccanica (vento). Il rimescolamento favorisce la dispersione delle polveri fini e la conseguente diminuzione delle concentrazioni. In assenza di vento il rimescolamento è alto in estate, a causa del forte irraggiamento solare, mentre risulta molto basso in inverno. Per questo motivo, in condizioni di assenza di pioggia e di vento, le concentrazioni di  $PM_{10}$  sono solitamente più alte nel periodo autunnale - invernale e più basse nelle stagioni calde.
- la presenza di alte pressioni che determinano la formazione dell'inversione termica<sup>4</sup> e la subsidenza<sup>5</sup>. In presenza di inversione termica o di subsidenza, gli inquinanti emessi alle quote più vicine al suolo tendono a ristagnare e questo determina un aumento delle concentrazioni. L'inversione termica è un fenomeno che si verifica più frequentemente di notte; per questo, in generale le concentrazioni di polveri sono più alte nelle ore notturne e nella stagione invernale.
- la presenza di precipitazioni, che favoriscono il dilavamento dell'atmosfera e la diminuzione delle concentrazioni di polveri sottili.
- l'ingresso di venti di forte intensità che favorisce il rimescolamento e la dispersione delle polveri fini e la conseguente diminuzione delle concentrazioni di  $PM_{10}$ .

Segue un'analisi specifica per la provincia di Venezia dei principali parametri meteorologici significativi per la problematica della dispersione/accumulo del  $PM_{10}$ .

<sup>4</sup> In condizioni normali la temperatura dell'aria diminuisce con l'aumentare della quota; in condizioni di inversione termica la temperatura dell'aria aumenta con l'aumentare della quota, cioè l'aria a contatto con il suolo è più fredda di quella che si trova negli strati immediatamente superiori.

<sup>5</sup> Subsidenza: in presenza di una colonna d'aria caratterizzata da alta pressione (a tutti i livelli altimetrici della colonna) l'aria dalle quote superiori tende lentamente a discendere verso gli strati inferiori. Scendendo si comprime e si surriscalda, diventando relativamente più secca, aumentando, almeno inizialmente, il grado di stabilità dell'atmosfera e favorendo il ristagno d'aria negli strati più bassi. Questo fenomeno durante la stagione estiva favorisce la presenza e persistenza di condizioni di afa, in quella invernale di condizioni di nebbia.

### 2.1.5.1 Metodo

Sono state prese in considerazione le seguenti variabili: precipitazione, vento, ore giornaliere di inversione termica nei livelli prossimi al suolo<sup>6</sup>.

Per ognuna delle suddette variabili si sono stabilite tre classi che identificano tre livelli di capacità dispersive:

- nessuna dispersione (ristagno)
- moderata dispersione
- elevata dispersione

L'assegnazione delle classi è stata definita in maniera soggettiva, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati.

Mediante un grafico a diagramma circolare si rappresenta la frequenza delle volte in cui per ognuna delle variabili si è verificata una delle suddette classi. I grafici a diagramma circolare per l'anno 2009 vengono messi a confronto con quelli degli anni precedenti.

### 2.1.5.2 Dati

Precipitazione: media delle somme giornaliere registrate presso le stazioni di: Chioggia, Eraclea, Portogruaro, Valle Averte, Gesia (Cavarzere), Cavallino (Treporti), Venezia Istituto Cavanis, Lugugnana di Portogruaro, Mira.

Vento: media delle velocità medie giornaliere registrate presso le stazioni con anemometro a 10 m: Mogliano, Portogruaro, Valle Averte, Gesia (Cavarzere), Cavallino (Treporti).

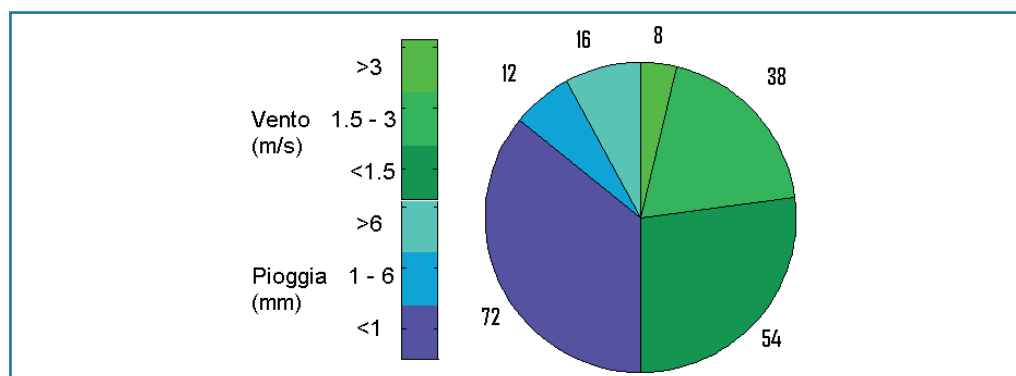
Ore giornaliere di inversione al suolo: conteggio del numero di ore in cui la temperatura al suolo è più bassa di quella dei livelli più alti di almeno 0.01 °C nel profilo termico misurato dal radiometro passivo sito nel comune di Padova. Si è scelto di usare la soglia di 0.01 °C per tenere conto anche dei casi con poca inversione termica.

### 2.1.5.3 Risultati

#### Pioggia e vento

Nella Figura 5 si riporta un esempio per agevolare la lettura dei grafici relativi alla pioggia e al vento. L'area del diagramma circolare è suddivisa in due fette di uguale superficie, una per la pioggia, l'altra per il vento. La somma dei valori su ognuna delle due fette è 100 (100%). Nella legenda a sinistra si riportano le classi per il vento e per la pioggia: i colori più scuri rappresentano le classi meno dispersive, quelli più chiari le più dispersive. Si ribadisce che l'assegnazione delle classi è stata definita in maniera soggettiva, in base ad una prima analisi di un campione pluriennale di dati.

**Figura 5**  
esempio di diagramma circolare con frequenza di casi di vento e pioggia nelle diverse classi: i colori più scuri sono associati alle classi con minor dispersione quelli più chiari a quelle con maggior dispersione.



<sup>6</sup> In condizioni normali la temperatura dell'aria diminuisce con l'aumentare della quota; in condizioni di inversione termica la temperatura dell'aria aumenta con l'aumentare della quota, cioè l'aria a contatto con il suolo è più fredda di quella che si trova negli strati immediatamente superiori. L'indicatore ore giornaliere conta quante ore in un giorno la temperatura al suolo è più bassa di quella nei livelli superiori di almeno 0.01°C.



## 2. Caratterizzazione della pressione

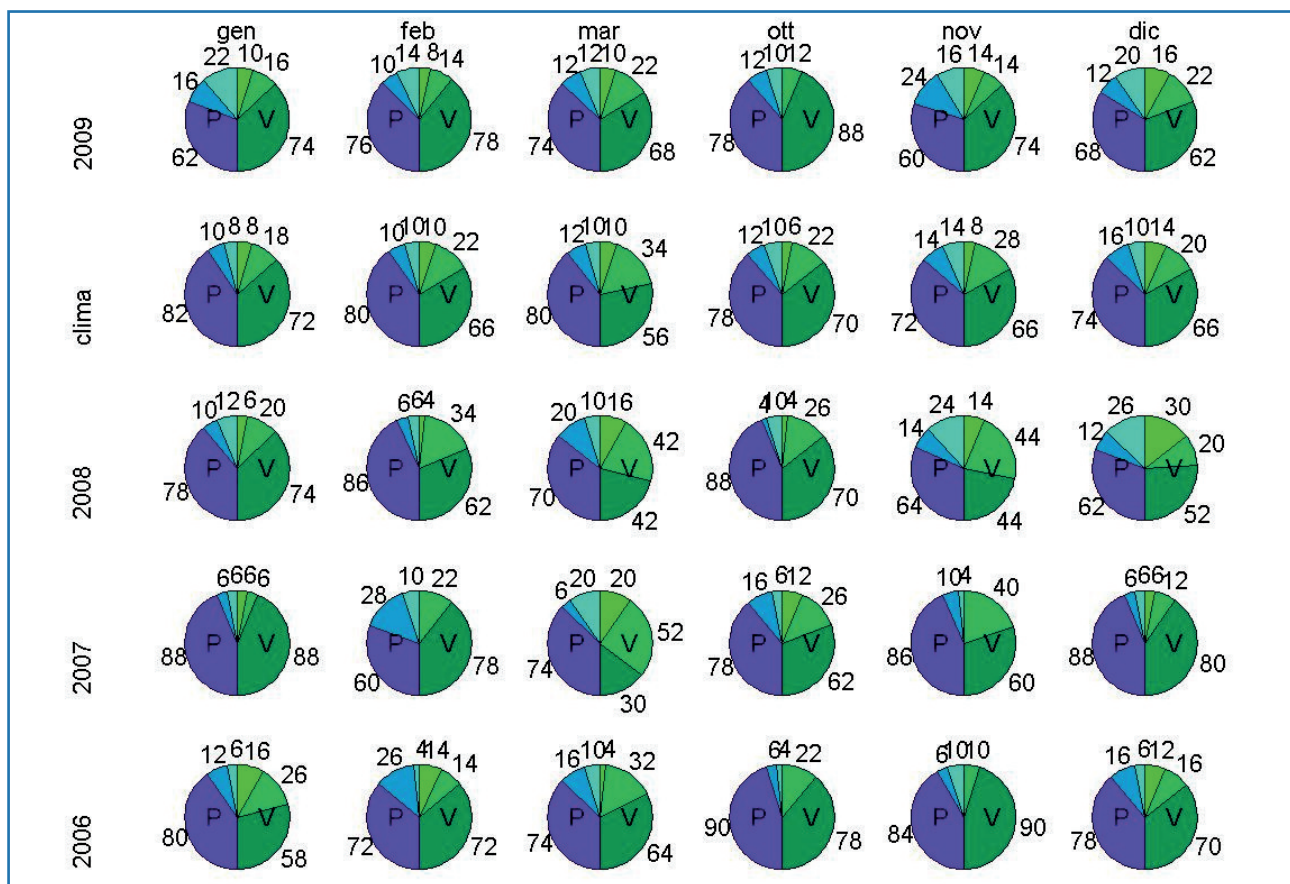
Nella Figura 6 si riportano i diagrammi circolari dei mesi più critici per l'inquinamento da PM<sub>10</sub> per l'anno 2009, per la serie clima (anni 2001-2008) e per gli ultimi tre anni. In particolare notiamo che nell'anno 2009:

### gennaio:

- è più piovoso rispetto alla media (20% di casi di pioggia in più) e rispetto a tutte le serie di riferimento;
- aumentano di 2% rispetto alla media i casi con vento superiore a 3 m/s e la ventilazione è generalmente maggiore rispetto al 2007;

### febbraio:

- è più piovoso rispetto alla media e al 2008 e il numero di casi con pioggia superiore a 6 mm è maggiore rispetto a tutte le serie di riferimento;
- il numero di casi con vento superiore a 3 m/s è maggiore rispetto al 2007 e al 2008;



### marzo:

- il numero di casi con pioggia è più alto rispetto alla media e al 2008, ma più basso rispetto agli ultimi tre anni;
- il vento rimane inferiore a 1.5 m/s in un maggior numero di casi rispetto a tutte le serie di riferimento;

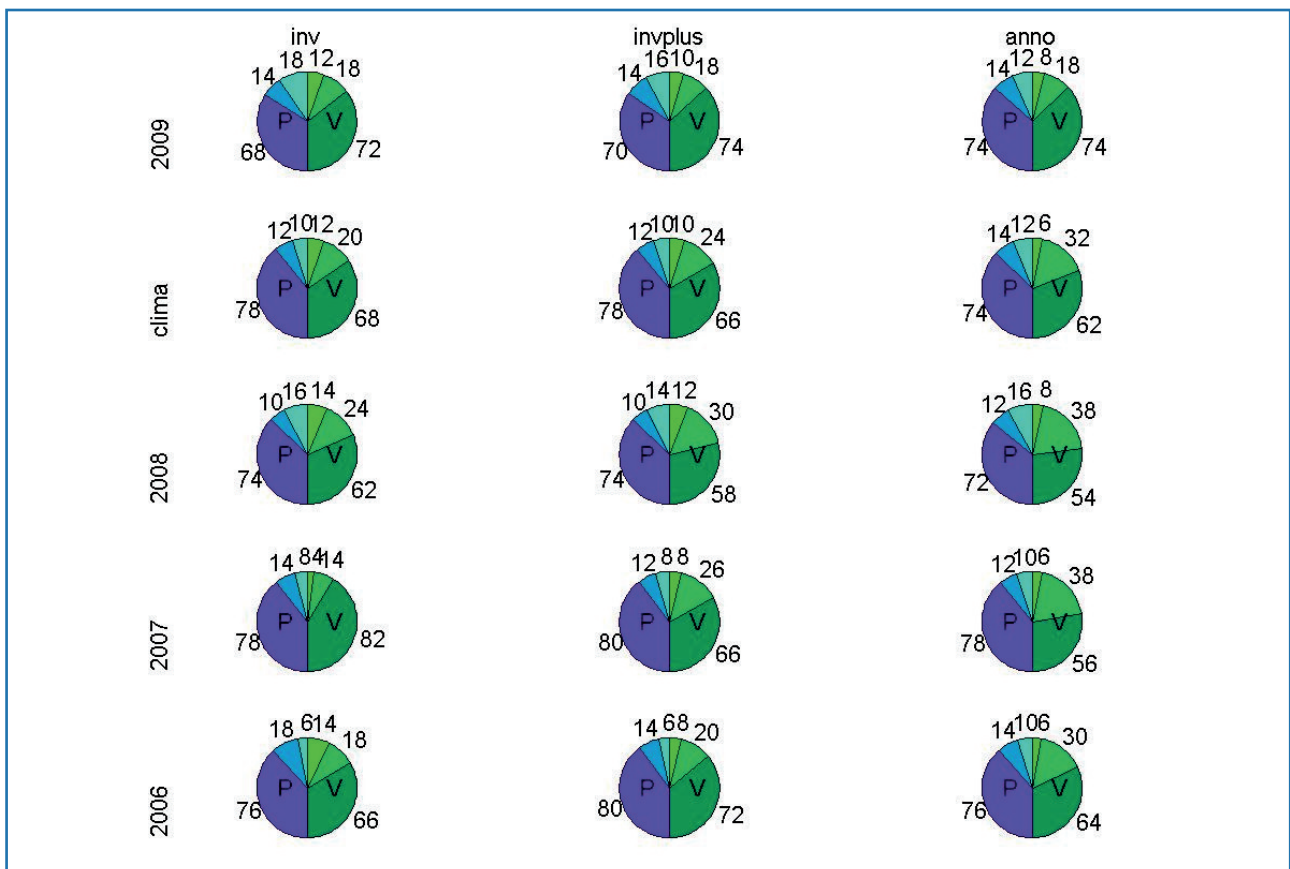
### ottobre:

- il numero dei casi con pioggia è maggiore o uguale a quelli delle serie di riferimento con una maggior incidenza dei giorni con pioggia superiore a 6 mm;
- è maggior il numero dei giorni con poco vento (circa 18% in più dei casi rispetto alla media);

### novembre:

- il numero dei casi con pioggia è maggiore sia rispetto alla serie climatologica che rispetto al 2006 e al 2007;
- il numero di casi con vento superiore a 3 m/s è uguale al 2008, ma maggiore rispetto alle altre

**Figura 6**  
confronto della distribuzione del vento e della pioggia nelle tre classi di dispersione dei mesi più critici per l'inquinamento da polveri sottili (gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre) dell'anno 2009 con la distribuzione climatica (anni 2001-2008) e con quelle degli ultimi tre anni.



**Figura 7**  
confronto sintetico dei diagrammi circolari pioggia-vento del periodo invernale (gennaio-febbraio -dicembre) dell'inverno esteso (mesi più critici per PM10: gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre) dell'intero anno del 2009 con la distribuzione climatica (anni 2001-2008) e con quelle degli ultimi tre anni.

serie di riferimento, anche se rispetto a tutte le serie aumenta (ad esempio di 8% rispetto alla media) il numero dei casi con vento inferiore a 1.5 m/s;

**dicembre:**

- è più piovoso e più ventoso sia rispetto alla serie climatologica sia rispetto al 2006 e al 2007.

In Figura 7 si evince come, per quanto riguarda pioggia e vento, il 2009 sia stato

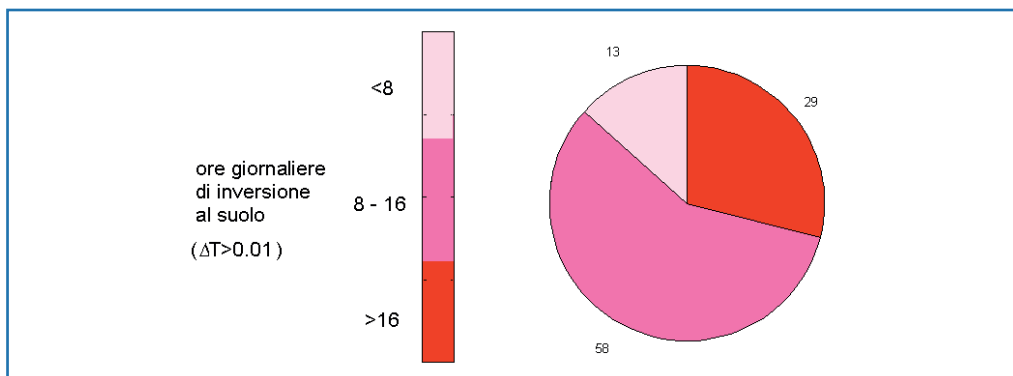
- nei mesi invernali (inv) è maggiore il numero dei casi di pioggia sia rispetto alla media (anni 2001-2008), sia rispetto al 2006 e al 2007; i casi con vento forte (12%) sono in linea con i valori medi, anche se aumenta di circa 4% rispetto alla media il numero di casi con vento inferiore a 1.5 m/s.
- nei mesi più critici per il ristagno di polveri sottili (invplus) sono più frequenti rispetto alle serie di riferimento sia i casi con vento superiore a 3 m/s, sia i casi con pioggia superiore ai 6 mm;
- in tutto l'anno sono ugualmente o più frequenti rispetto alle serie di riferimento sia i casi con vento superiore a 3 m/s, sia i casi con pioggia superiore ai 6 mm.

**Ore giornaliere di inversione termica**

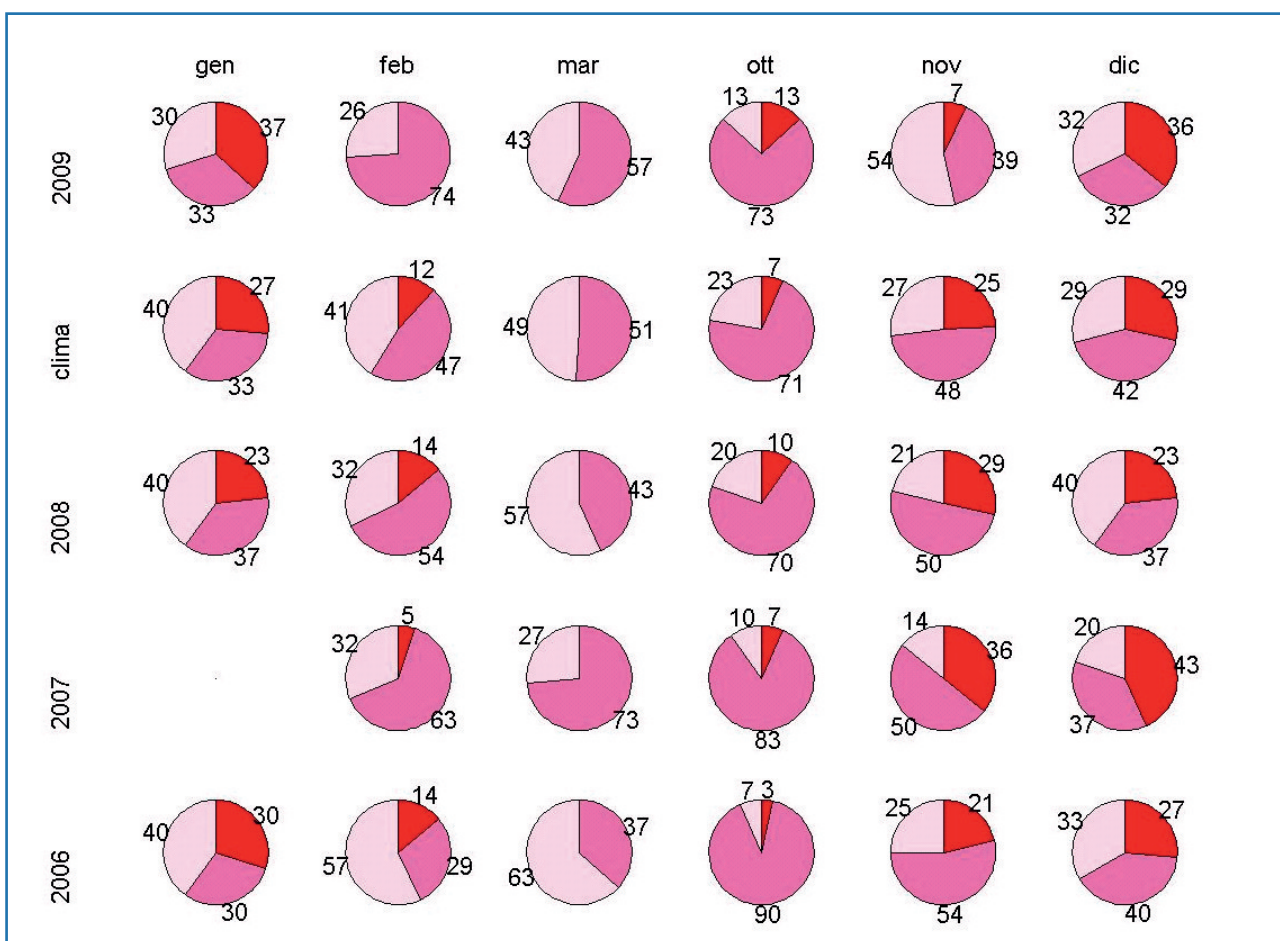
A titolo sperimentale e per aumentare l'informazione a disposizione, si riporta di seguito un'analisi della distribuzione delle ore di inversione.

In Figura 8 si riporta un esempio di rappresentazione delle diverse classi di dispersione in relazione al numero di ore giornaliere di inversione.

Anche in questo caso, l'assegnazione delle classi è stata effettuata in maniera soggettiva, in base alle seguenti considerazioni. La classe migliore per la dispersione (meno di otto ore di inversione) corrisponde ai giorni in cui l'inversione non si verifica neanche di notte. La classe peggiore (più di sedici ore di inversione) si ha nei giorni in cui l'inversione persiste anche nelle ore diurne.



**Figura 8**  
 esempio di diagramma circolare con frequenza di casi di ore di inversione nelle diverse classi: i colori più scuri sono associati alle classi con minor dispersione quelli più chiari a quelle con maggior dispersione



**Figura 9**  
 confronto della distribuzione delle ore giornaliere di inversione nelle tre classi di dispersione dei mesi più critici per l'inquinamento da polveri sottili (gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre e dicembre) dell'anno 2009 con la distribuzione degli ultimi tre anni (dove disponibile).

Prima di procedere all'analisi dei risultati riportati nella Figura 9, si segnalano le condizioni alla luce delle quali deve essere letta l'analisi:

- il radiometro è sito nella città di Padova, quindi è rappresentativo di un'area limitrofa del Veneziano;
- lo strumento è attivo da aprile 2005 e ha mal funzionato in gennaio 2007, quindi il confronto è effettuato su una serie temporale limitata.

In Figura 9, si riportano i diagrammi circolari dei mesi più critici per l'inquinamento da PM<sub>10</sub> per l'anno 2009, e per i corrispondenti periodi degli ultimi tre anni, laddove disponibili. In particolare notiamo che nell'anno 2009:

- in gennaio sono più frequenti le condizioni di inversione rispetto agli anni di riferimento
- in febbraio mancano del tutto le condizioni di inversione estesa a molte ore del giorno, tut-

tavia, le condizioni con meno di otto ore di inversione sono meno frequenti rispetto agli altri anni di riferimento

- in marzo sono più frequenti i casi con poca inversione rispetto al 2007
- in ottobre sono più frequenti i casi con poca inversione rispetto al 2006 e al 2007
- in novembre significativamente più frequenti rispetto a tutti gli anni di riferimento i casi con poche ore di inversione
- dicembre è maggiore il numero di giorni con meno di otto ore di inversione rispetto al 2007.

#### 2.1.5.4 Sintesi delle capacità dispersive dell'atmosfera nel 2009

L'anno 2009 ha presentato, soprattutto nei mesi invernali (gennaio, febbraio e dicembre) e negli altri mesi critici per il ristagno di polveri sottili (marzo, ottobre, novembre) un maggior numero di giorni piovosi.

Per quanto riguarda il vento, se, da una parte è aumentato il numero di giorni con vento inferiore a 1.5 m/s, dall'altra la percentuale di giorni con vento superiore a 3 m/s (12% in inverno e 10% nei mesi critici per il  $PM_{10}$ ) è rimasta in linea con la media.

Nel dettaglio, gennaio e novembre risultano più piovosi rispetto a tutte le serie di riferimento, ottobre più o ugualmente piovoso, febbraio più piovoso rispetto alla serie climatologica e al 2008, marzo e dicembre più piovosi della serie climatologica, ma meno piovosi del 2008.

Nei mesi più caldi (aprile-settembre), il rimescolamento innescato dall'intensa radiazione solare ha favorito la dispersione delle polveri sottili.

Per quanto riguarda le inversioni, novembre è stato il mese con una maggior frequenza (54%) delle ore di poca inversione rispetto a tutti gli anni di riferimento (media 27%).

## 2.2 Analisi della qualità dell'aria per l'anno 2009

### 2.2.1 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 possono produrre variazioni spazio-temporali nella composizione dell'aria.

Le sostanze inquinanti presenti in atmosfera inoltre possono dare luogo a particolari reazioni. È questo il caso dei cosiddetti inquinanti secondari che si originano per trasformazione chimica dagli inquinanti primari direttamente emessi nell'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 ( $HCl$ ,  $HF$ ,  $HBr$ ,  $CFC$ )

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

Le particelle grossolane si formano per azione meccanica, definizione 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), mentre le particelle fini sono generate, principalmente, da processi di combustione naturali ed antropogenici ma anche da processi chimici di conversione (particelle "secondarie").

Dal punto di vista sanitario si usa distinguere queste particelle come "inalabili" aventi diametro minore di 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ) o come "respirabili" aventi diametro minore di 2,5  $\mu m$  ( $PM_{2.5}$ ).

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

I principali inquinanti **secondari** di tipo gassoso sono:

- NO<sub>2</sub> derivante da NO primario
- O<sub>3</sub> prodotto per via fotochimica

che intervengono nei complessi meccanismi di reazione che costituiscono il cosiddetto "smog fotochimico"; il particolato secondario può derivare però anche da reazioni chimiche e chimico-fisiche che coinvolgono inquinanti gassosi sia primari che secondari. I più noti processi sono:

- la trasformazione di SO<sub>2</sub> in solfati, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>;
- la trasformazione di NO<sub>2</sub> in nitrati, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;
- la trasformazione di NH<sub>3</sub> in ioni ammonio NH<sub>4</sub><sup>+</sup>;
- la trasformazione di composti organici in particelle organiche.

### 2.2.2 Criteri di analisi delle serie storiche di concentrazioni inquinanti

Nella presentazione dei dati di questo documento e delle relative analisi è stato ritenuto più utile verificare il comportamento del singolo inquinante sull'intero territorio comunale, per potere così apprezzarne l'importanza complessiva piuttosto che aggregare le informazioni sulla qualità dell'aria per ciascun sito di monitoraggio. Contestualmente vengono però anche 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 ogni inquinante e per ciascuna stazione sono state elaborate una molteplicità di rappresentazioni descrittive illustrate 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 2009 e il 31 dicembre 2009, quali:

- percentuale dati validi;
- media (valore medio della distribuzione dei dati);
- 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);
- 95° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 95% dei dati);
- 98° percentile (valore che si posiziona al di sopra del 98% dei dati, ovvero indice del massimo).

La Tabella 9 del paragrafo 2.2.8 riporta le statistiche descrittive per tutti gli inquinanti convenzionali misurati in ciascuna stazione, ai sensi della normativa vigente. La percentuale di dati validi per gli inquinanti non convenzionali è riportata al paragrafo 2.2.3.

- **Confronto con i valori limite**. 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 (Tabella 10) è stato descritto mediante alcuni indicatori di qualità dell'aria, con riferimento ai valori limite per il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) fissati dal DPCM 28/03/83 (ancora validi in fase transitoria) e dal DM 60/02 ed ai valori limite di protezione della vegetazione fissati dal DM 60/02 per biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) ed ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). È necessario tener presente che nessuna delle stazioni dell'attuale rete di monitoraggio,



che come detto sono state oggetto di riposizionamento durante il 2008 e 2009, risponde esattamente alle caratteristiche richieste nell'Allegato VIII del DM 60/02 per i siti destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione (ubicazione a più di 20 Km dagli agglomerati o a più di 5 Km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade); perciò il superamento dei valori limite di protezione della vegetazione valutato nelle diverse stazioni della rete rappresenta un riferimento puramente indicativo.

È da considerare comunque che da maggio 2006 è attivo il campionamento di ossidi di azoto ed ozono a Concordia Sagittaria, in una posizione che più di tutte le altre della provincia di Venezia si adatta ai criteri specificati nel DM 60/02 per i siti destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione (vedi paragrafo 4).

Per l'ozono è stato preso in considerazione anche il rispetto dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione di cui al DLgs 183/04, calcolato attraverso l'AOT40, cioè la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ed il valore di  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rilevate dal 1 maggio al 31 luglio, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00.

Anche per il calcolo dell'AOT40 resta valida l'osservazione fatta in precedenza: le stazioni dell'attuale rete di monitoraggio non rispondono esattamente alle caratteristiche richieste nell'Allegato IV del DLgs 183/04 (stazione di tipo suburbano, rurale o rurale di fondo) e quindi il superamento dei valori limite rappresenta, anche in questo caso, un riferimento puramente indicativo, ad eccezione come si è detto per la stazione di Concordia Sagittaria (vedi paragrafo 4).

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

- delle soglie di allarme, valori limite orari e valori limite di 24 ore per la protezione della salute umana (ai sensi del DM 60/02);
- del limite di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  calcolato come massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore per il monossido di carbonio (ai sensi del DM 60/02);
- delle soglie di informazione e di allarme per l'ozono (ai sensi del DLgs 183/04);
- dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono (ai sensi del DLgs 183/04).

È stato, quindi, calcolato il numero di giorni durante i quali sono stati rilevati dei superamenti; in Tabella 11 è riportato il dettaglio del numero di superamenti delle soglie di allarme e dei valori limite per ciascuna stazione della rete.

Va ricordato che nel corso dell'anno 2009 è stata dismessa la storica stazione di via Circonvallazione; di conseguenza, per questa stazione i dati medi di concentrazione degli inquinanti non sono rappresentativi dell'intero anno 2009 ed i parametri statistici non possono essere confrontati con i valori limite fissati dalla normativa.

- **Media annuale per gli inquinanti non convenzionali e per i metalli.** Il monitoraggio estensivo per l'anno 2009 dei parametri non convenzionali (benzene, benzo(a)pirene e particolato atmosferico) e dei metalli (arsenico, cadmio, mercurio, nichel e piombo) presso alcune postazioni di misura fisse ha consentito il calcolo della media annuale, da raffrontare con i valori limite fissati dal DM 60/02 per  $\text{PM}_{10}$ , benzene e piombo e con i valori obiettivo fissati dal DLgs 152/07 per benzo(a)pirene, arsenico, cadmio e nichel (Tabella 1 e Tabella 2).

La Tabella 17 riporta le statistiche descrittive per i metalli.

- **Trend storico.** Per alcune stazioni di monitoraggio è stato considerato l'andamento di tutti gli inquinanti negli ultimi anni (1994 – 2009) attraverso la mediana ed il 98° percentile. È sembrato infatti interessante conoscere la variazione della presenza 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 migliore risulta essere quella in cui entrambi gli indicatori sono decrescenti col trascorrere del tempo.

### 2.2.3 Efficienza della rete di monitoraggio e controllo di qualità dei dati

La rete di monitoraggio ARPAV 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, come evidenziato nel paragrafo 1.1 di questo documento, non solo del territorio comunale ma nell'intero territorio della Provincia di Venezia.

Alcuni analizzatori, compresi i sensori meteo, rendono disponibile un dato ogni ora, ottenuto come media delle misure elementari eseguite con scansione ogni 5 secondi nel corso dell'ora precedente mentre per il PM<sub>10</sub> misurato in continuo il dato viene fornito con cadenza bioraria o giornaliera, a seconda del tipo di analizzatore utilizzato; 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 2.2.2.

La raccolta minima di dati di biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, benzene e monossido di carbonio, necessaria per raggiungere gli obiettivi di qualità dei dati fissati dal DM 60/2002 (Allegato X) per misurazioni in continuo, deve essere del 90% nell'arco dell'intero anno civile, escludendo le perdite di dati dovute alla calibrazione periodica o alla normale manutenzione degli strumenti.

Il DM 60/2002 non prende in considerazione l'ozono, gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) ed i metalli diversi dal piombo.

Per l'ozono, la raccolta minima di dati necessaria per raggiungere gli obiettivi per la qualità dei dati è fissata dal Decreto Legislativo 183/2004, Allegato VII, per misurazioni fisse continue deve essere maggiore del 90% durante l'estate e del 75% durante l'inverno.

Per gli IPA, il Decreto Legislativo n. 152 del 3 Agosto 2007 (Allegato IV), in attuazione della Direttiva 2004/107/CE, indica un periodo minimo di copertura del 33% per misurazioni fisse.

Per arsenico, cadmio e nichel il periodo di copertura minimo necessario per raggiungere gli obiettivi per la qualità dei dati fissati dal D.Lgs. 152/2007 per misurazioni fisse deve essere del 50% nell'arco dell'intero anno civile.

Nella Tabella 8 è possibile verificare l'efficienza della rete di monitoraggio del Comune di Venezia e del restante territorio provinciale, considerando l'informazione sulla percentuale di dati validi disponibili per tutti gli inquinanti convenzionali e non convenzionali.

Escludendo le stazioni di nuova attivazione, dismesse, riposizionate o utilizzate a spot, nel 2009 gli analizzatori automatici di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e benzene hanno avuto una resa percentuale compresa tra 91% e 98% di dati orari validi, gli analizzatori automatici e manuali di polveri hanno avuto una resa percentuale compresa tra 94% e 100% di dati giornalieri validi, nel rispetto del DM 60/02 e del D.Lgs. 152/2007.

Per gli IPA il periodo di copertura è stato tra 33% e 47%, per i metalli è stato 47% a Parco Bissuola, nel rispetto del D.Lgs. 152/2007. Presso le altre stazioni i metalli sono stati determinati solo per metà anno, quindi i dati non sono omogeneamente distribuiti nel corso del 2009 (paragrafo 2.2.15).

Complessivamente sono stati campionati ed analizzati 1930 filtri per PM<sub>10</sub> o PM<sub>2,5</sub>, sono state realizzate 469 analisi di IPA e 496 analisi di metalli.

Relativamente alla strumentazione automatica installata presso le stazioni fisse che monitora i parametri meteorologici, l'efficienza della rete si è mantenuta, nel corso di tutto il 2009, su valori attorno al 99%.



Tabella 8 Percentuale validità dei dati ambientali misurati nel 2009

	ID	Stazione / postazione	% DATI ORARI VALIDI NEL 2009					% DATI GIORNALIERI VALIDI NEL 2009						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	BTEX	PM <sub>2.5</sub> m	PM <sub>2.5</sub> a	PM <sub>10</sub> m	PM <sub>10</sub> a	IPA	Metalli	
RETE REGIONALE	PROVINCIA VENEZIA	1	Concordia Sagittaria	-	96	-	94	-			96	-	33	
		2	San Donà di Piave	-	98	96	96	-				98		
		3	Via Oberdan - Mira	-	95	95	95	-				94		
		4	Chioggia	-	98	93	96	-				100		
		5	Via Roma - Spinea	-	17	18	-	-				5		
	5bis	Viale San Remo - Spinea	-	75	73	-	-				32			
	6	Maerne - Martellago	94	98	-	95	-				28			
	7	Parco Bissuola - Mestre	96	96	96	96	97			94	52	47	47	
	8	Via F.lli Bandiera - Marghera	-	95	96	-	-				-			
	9	Sacca Fisola - Venezia	91	97	-	96	-				100		41	
RETE DAP VENEZIA	COMUNE VENEZIA	10	Via Lago di Garda - Malcontenta	94	94	93	-	-	96**			-		
		11	Via Circonvallazione - Mestre *	-	46	46	-	45		47	48	-	24	23
		12	Via Tagliamento - Mestre	96	95	94	-	-			98	-	25	25
		13	Via Monte Cervino - Favaro Veneto	95	95	94	-	-				-		
	ALTRI SITI MISURA PM	14	Via Beccaria - Marghera	-	94	94	-	-				-		
		15	Marcon	-	-	-	-	-				99		
		16	Noale	-	-	-	-	-				32		
		17	Portogruaro	-	-	-	-	-			27	92		
		18	Via Lissa - Mestre	-	-	-	-	-	96			-		

a = metodo automatico m = metodo manuale \* stazione dismessa a fine giugno 2009 \*\*analizzatore spostato da via Moranzani a via Garda il 23/02/09

o = analizzatori usati a spot durante l'anno 2009    
 o = analizzatori attivati durante l'anno 2009    
 o = analizzatori presenti durante l'anno 2009    
 o = analizzatori dismessi durante l'anno 2009

**INQUINANTI CONVENZIONALI**

**2.2.4 Parametro monitorato: biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)**

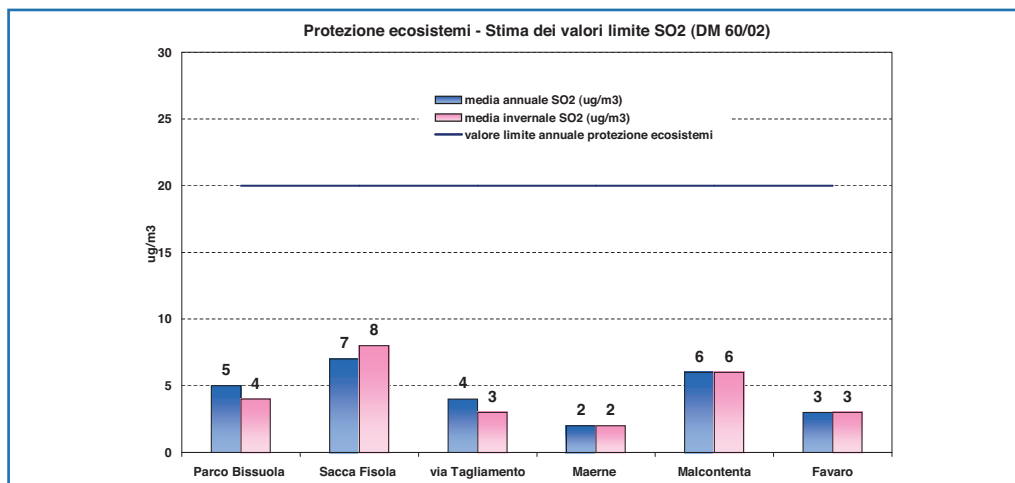
**Siti di misura.** Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) sono 6:

- Parco Bissuola (BU)
- Sacca Fisola (BU)
- Favaro Veneto (BU)
- Maerne (BU)
- Malcontenta - via Lago di Garda (IS)
- via Tagliamento (TU)

**Il biossido di zolfo nell'anno 2009**

Durante l'anno 2009 non sono mai stati superati il valore limite orario per la protezione della salute umana, pari a 350 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 24 volte per anno civile - DM 60/02), il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana di 125 µg/m<sup>3</sup> (da non superare più di 3 volte per anno civile - DM 60/02) e la soglia di allarme pari a 500 µg/m<sup>3</sup>.

Anche il valore limite annuale per la protezione degli ecosistemi introdotto dal DM 60/02 (con le avvertenze discusse nel paragrafo 2.2.2 per le stazioni in cui valutare tali limiti) non è mai stato superato (Grafico 15).



**Grafico 15**  
Confronto della media annuale ed invernale delle concentrazioni orarie di SO<sub>2</sub> con il valore limite annuale di protezione degli ecosistemi anno 2009 (DM 60/02).

**2.2.5 Parametro monitorato: ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)**

**Siti di misura.** Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) sono 9:

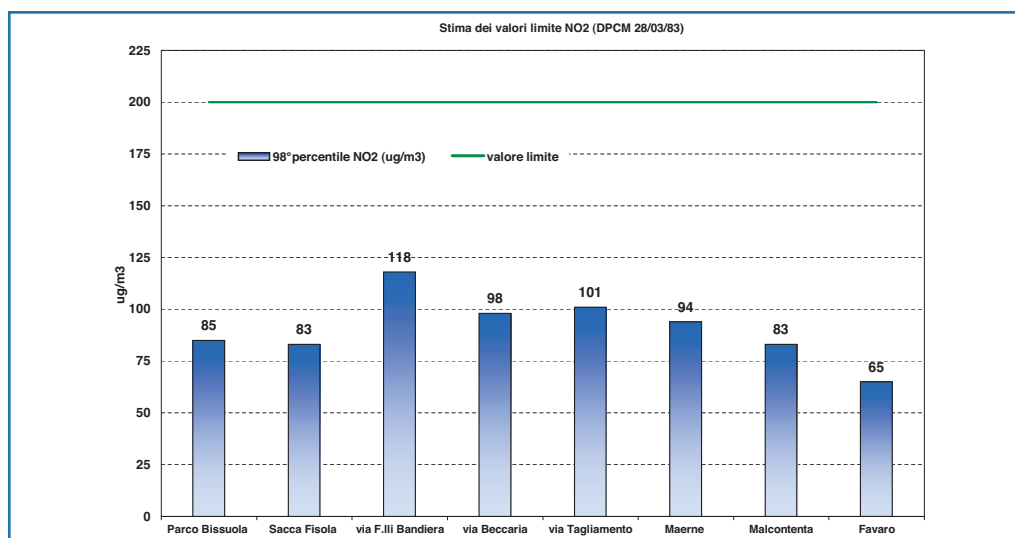
- Parco Bissuola (BU)
- Sacca Fisola (BU)
- via Beccaria (BU)
- Favaro Veneto (BU)
- via Circonvallazione (TU)
- via F.lli Bandiera (TU)
- Maerne (BU)
- Malcontenta - via Lago di Garda (IS)
- via Tagliamento (TU)

In considerazione della già citata riorganizzazione della rete (paragrafo 1.2) per la stazione di via Circonvallazione non è possibile rappresentare le informazioni su scala annuale relative al parametro NO<sub>x</sub>.

## Il biossido di azoto nell'anno 2009

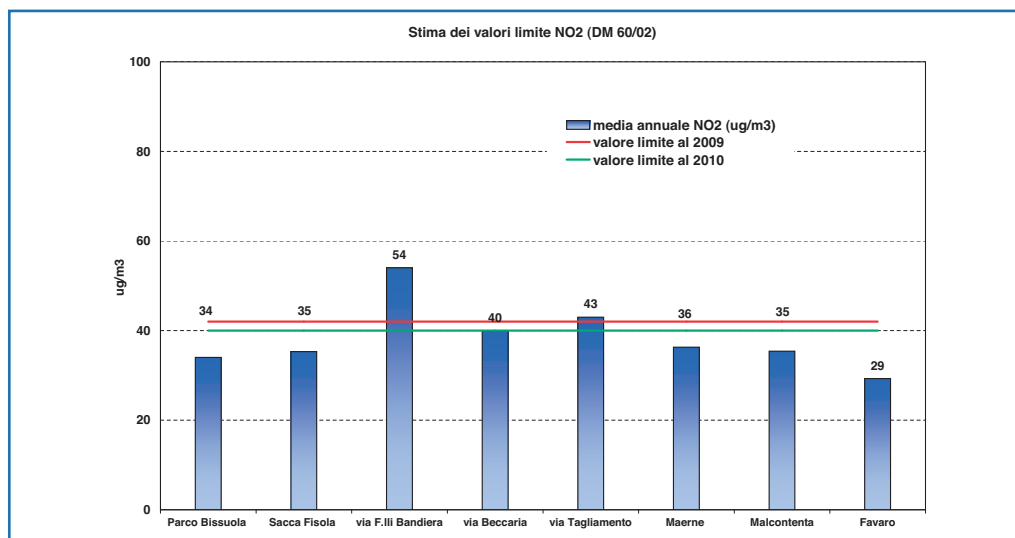
Il biossido di azoto non mostra, presso nessuna delle stazioni della rete, alcun superamento del valore limite di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , calcolato come 98° percentile delle medie orarie (Grafico 16), valido in fase transitoria fino al 31/12/09 (Tabella 2).

**Grafico 16**  
Confronto del 98° percentile delle concentrazioni orarie di  $\text{NO}_2$  con il valore limite anno 2009 (DPCM 28/03/83 e s.m.i.).



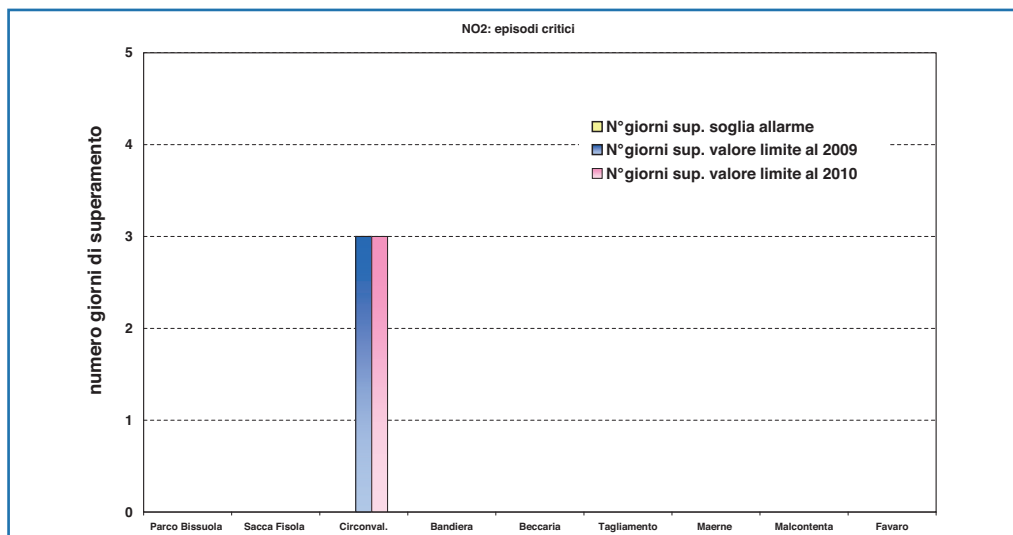
Tuttavia il parametro biossido di azoto richiede una sorveglianza maggiore rispetto al precedente  $\text{SO}_2$ . Infatti la concentrazione media annuale di  $\text{NO}_2$  è risultata superiore al valore limite annuale per la protezione della salute umana, introdotto dal DM 60/02, sia per quanto riguarda il limite fissato per il 2009 (42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) che per quello da raggiungere entro il 1 gennaio 2010 (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), presso le stazioni di via Fratelli Bandiera (54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e via Tagliamento (43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Grafico 17).

**Grafico 17**  
Confronto della media annuale delle concentrazioni orarie di  $\text{NO}_2$  con il valore limite annuale per la protezione della salute umana anno 2009 (DM 60/02).



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 evidenziati attraverso la quantificazione degli eventi di superamento della soglia di allarme e del valore limite orario per la protezione della salute umana di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 18 volte per anno civile e da raggiungere al 1 gennaio 2010, entrambi introdotti dal DM 60/02. Questo inquinante presenta 3 giorni di superamento del valore limite orario (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e dello stesso valore limite aumentato del margine di tolleranza previsto per l'anno 2009 (210  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) presso la stazione di via Circonvallazione nei giorni 11/01/09, 13/01/09 e 12/03/09.

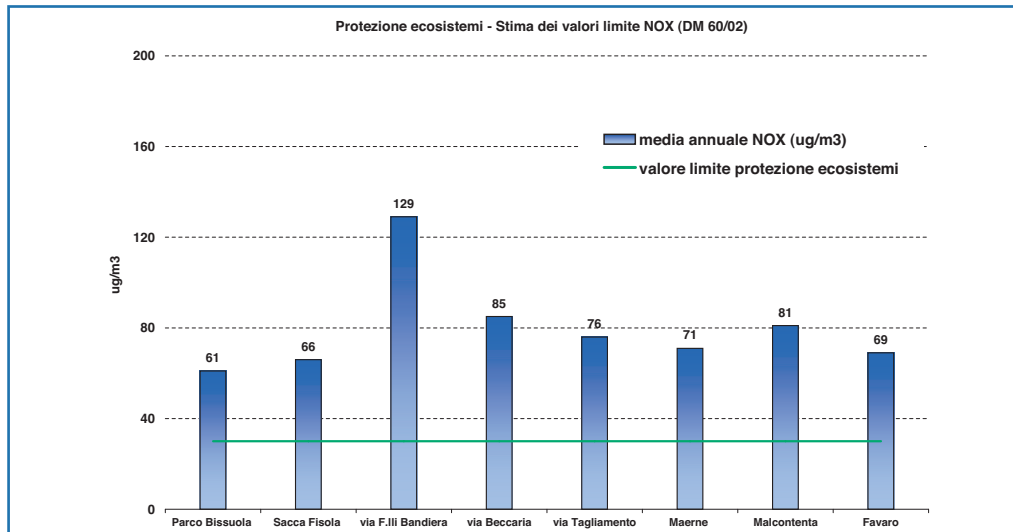
Non è stato invece riscontrato alcun superamento della soglia di allarme di NO<sub>2</sub> pari a 400 µg/m<sup>3</sup> (Tabella 1 e Grafico 18).



**Grafico 18**

Episodi di inquinamento acuto - numero di giorni in cui si è verificato almeno un superamento della soglia di allarme o dei valori limite fissati per l'NO<sub>2</sub> dal DM 60/02.

Riguardo al valore limite annuale per la protezione degli ecosistemi introdotto dal DM 60/02 (con le avvertenze discusse nel paragrafo 2.2.2 per le stazioni in cui valutare tali limiti), è stato superato in tutte le stazioni della rete (Grafico 19).



**Grafico 19**

Confronto della media annuale delle concentrazioni orarie di NO<sub>x</sub> con il valore limite annuale di protezione degli ecosistemi anno 2009 (DM 60/02).

### 2.2.6 Parametro monitorato: monossido di carbonio (CO)

**Siti di misura.** Le stazioni della rete dotate di analizzatori automatici di monossido di carbonio (CO) sono 7:

- Parco Bissuola (BU)
- via F.lli Bandiera (TU)
- via Circonvallazione (TU)
- via Tagliamento (TU)
- Malcontenta - via Lago di Garda (IS)
- Favaro Veneto (BU)
- via Beccaria (BU)