



REGIONE DEL VENETO

*Iniziativa cofinanziata dall'Unione Europea nell'ambito del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale Documento Unico di Programmazione (DOCUP) Obiettivo 2 per gli anni 2000 - 2006*

# Ottimizzazione della rete regionale di controllo della qualità dell'aria del Veneto e mappatura di aree remote

## Rapporto finale



arpav

Agenzia Regionale per la Prevenzione  
e Protezione Ambientale del Veneto



## **ARPAV**

### **Direttore Generale**

Andrea Drago

### **Area Tecnico-Scientifica**

Sandro Boato

### **Dipartimento Provinciale di Padova Servizio Osservatorio Regionale Aria**

Alessandro Benassi

## **REGIONE DEL VENETO**

### **Segreteria Regionale Ambiente e Territorio**

Roberto Casarin

### **Unità Complessa Tutela Atmosfera**

Roberto Morandi

### **Segreteria Generale della Programmazione Direzione Programmi Comunitari**

Fabio Zuliani

**Responsabile del progetto:** Alessandro Benassi

**Coordinatrici del progetto:** Giovanna Marson, Erika Baraldo

### **Autori della presente pubblicazione:**

capitolo 1: Erika Baraldo

capitolo 2: Roberto Bellasio<sup>1</sup>, Roberto Bianconi<sup>1</sup>, Alessio De Bortoli, Giovanna Marson

capitolo 3: Luca Zagolin

capitolo 4: Deborah Isocrono<sup>2</sup>, Ketty Lorenzet, Paulo Tieppo

capitolo 5: Elena Vescovo

capitolo 6: Giovanna Marson

### **Con la collaborazione di:**

Franca Baldessin, Rodolfo Bassan, Franca Bergoglio, Carla Bertaso, Luigi Bonaldi, Francesca Bonemazzi, Francesco Borotto, Stefano Cannavà, Antonio Carollo, Maria Carta, Loris Ceresa, Enrico Cosma, Luca Coraluppi, Alex Danieli, Roberta De Lorenzo, Marco Di Bari, Antonio Febo<sup>3</sup>, Silvio Fiorini, Francesco Fochesato, Daniela Fossen, Claudio Franceschin, Davide Franco, Claudio Gabrieli, Gianluca Girardi, Bruno Gnech, Claudia Iuzzolino, Anna Maria Lugoboni, Giuseppina Mattiolo<sup>4</sup>, Silvia Menegon, Luca Menini, Sergio Milan, Pierluigi Montanini, Maria Cristina Mosconi, Paola Mozzi, Renzo Mufato, Primo Munari, Juri Nascimbene<sup>5</sup>, Antonella Pagano, Salvatore Patti, Francesca Predicatori, Maria Rosa, Paola Salmaso, Andrea Salomoni, Giuseppe Sartori, Massimo Simionato, Annalisa Spiazzi, Giulia Stocchero, Lidia Szpyrkowicz<sup>6</sup>, Enzo Tarabotti, Francesco Terzo, Riccardo Tormen, Daniele Tosato, Franca Turco, Luisa Vianello, Paolo Zambotto, Ermes Zanella

### **Contributo gestionale-amministrativo:**

Carla Albergoni, Paolo Ferrarese, Alessandro Gardin, Sabina Lavezzo, Lucia Lion, Monica Mazzetto, Roberto Puato, Sabrina Viale

Si ringrazia Alessandro Mattiello per il prezioso contributo dato allo svolgimento delle attività del Laboratorio Controllo Qualità dell'Osservatorio Regionale Aria.

Si ringraziano inoltre tutti coloro che con professionalità si sono adoperati per le operazioni di movimentazione dei mezzi e degli strumenti, per il campionamento, le attività di laboratorio e la redazione delle relazioni.

Si ringraziano Matteo Astolfi per la grafica di copertina e Alessio Ferrarese per il contributo fotografico.

1 ENVIROWARE s.r.l.

2 Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Colture Arboree

3 CNR, Istituto Inquinamento Atmosferico

4 Consulente, libero professionista

5 Consulente, Università di Padova

6 Università Ca' Foscari di Venezia



## **PRESENTAZIONE**

L'esigenza di conoscere più approfonditamente il territorio regionale collima con le prescrizioni normative degli ultimi anni e con una maggiore sensibilità in tema di qualità dell'aria, da cui si desume l'importanza dell'"aria ambiente" da considerare come risorsa ambientale.

La Regione del Veneto si presenta come un territorio che ha conosciuto, specie negli ultimi anni, un'intensa espansione urbana e industriale, assumendo crescente rilievo quale nodo di traffico per la percorrenza di persone e merci attraverso i corridoi europei.

Tali motivazioni meritano sempre più attente azioni per la protezione della risorsa aria, a partire da una conoscenza di base organizzata innanzitutto attraverso le misurazioni della rete regionale di monitoraggio.

I risultati di questa pubblicazione costituiscono un traguardo per l'ottemperanza alle prescrizioni della normativa nazionale ed europea, ma sono anche un trampolino di lancio per le attività future, dall'adeguamento della rete di monitoraggio per mantenerla al passo con le moderne tecnologie, alla base conoscitiva per la definizione di politiche per il risanamento ed il mantenimento della qualità dell'aria, al fine di attuare un'efficace e aggiornata pianificazione territoriale regionale.

Giancarlo Galan  
Presidente della Regione del Veneto



## **PREMESSA**

Il progetto realizzato da ARPAV mira a raggiungere un'adeguata conoscenza dello stato di qualità dell'aria per cercare di comprendere le eventuali implicazioni di carattere sanitario, ma anche per le future scelte di pianificazione e sviluppo, con particolare attenzione alle aree che hanno beneficiato dei finanziamenti economici del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, in attuazione degli obiettivi del Documento Unico di Programmazione per gli anni 2000-2006. Il progetto è stato sviluppato in accordo con la normativa europea e nazionale, perseguendo definiti obiettivi di protezione della salute e considerando la programmazione regionale per il risanamento ed il mantenimento della qualità dell'aria.

La Regione Veneto, attraverso il supporto tecnico scientifico di ARPAV, ha dato rilevanza al tema della qualità dell'aria fornendo una maggior trasparenza delle informazioni ed utilizzando, quale canale preferenziale, il proprio sito internet, aggiornando i dati in tempo reale e predisponendo bollettini quotidiani di previsione. Tali strumenti sono stati adottati al fine di fornire al pubblico informazioni periodiche, per rendere consapevole la collettività dello stato di qualità dell'aria, e si sono resi indispensabili in caso di episodi acuti di inquinamento atmosferico, al fine di supportare gli Enti Locali nella fase decisionale.

Grazie alla volontà ed all'impegno della Regione Veneto e di ARPAV-Osservatorio Regionale Aria è stato possibile ottimizzare la rete di monitoraggio della qualità dell'aria, strumento base per la conoscenza della risorsa aria, migliorandone le prestazioni mediante l'adeguamento alle prescrizioni della normativa comunitaria e nazionale, razionalizzando le spese di gestione e garantendo al contempo un elevato livello di qualità delle misure fornite.

Questo volume raccoglie i risultati del lavoro svolto da ARPAV nell'arco di sette anni per implementare la conoscenza dello stato di qualità dell'aria a livello regionale, e costituisce una base di partenza per gli approfondimenti futuri. L'accresciuta sensibilità dell'opinione pubblica in materia viene dunque indirizzata verso i nodi fondamentali trattati nel testo della pubblicazione, strumento di conoscenza, verifica, valutazione e controllo.

Andrea Drago  
Direttore Generale ARPAV



# SOMMARIO

## Abbreviazioni

<b>1</b>	<b>Introduzione</b> .....	11
1.1	<b>I riferimenti normativi e tecnici</b> .....	12
1.2	<b>Le task del progetto di ottimizzazione della rete aria</b> .....	15
1.2.1	Determinazione della configurazione ottimale di rete e aggiornamento del database della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.....	16
1.2.2	Comunicazione agli Enti Locali in merito all'ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria ed alla mappatura di aree remote .....	17
1.2.3	Adeguamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria .....	17
1.2.4	Mappatura Aree Remote.....	18
1.2.5	Inserimento della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria in un Sistema Qualità.....	19
1.2.6	Pubblicazione on line dei dati di qualità dell'aria e trasmissione al database dell'Agenzia Europea per l'Ambiente.....	20
1.2.7	Attività di reporting e presentazione finale prodotti.....	20
1.3	<b>Il finanziamento DOCUP negli anni 2001-2006</b> .....	21
1.4	<b>La struttura propositrice del progetto: l'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV</b> .....	23
1.5	<b>Adempimenti di controllo per l'attuazione del progetto</b> .....	24
1.6	<b>Investimenti, modalità di acquisto di beni e servizi</b> .....	24
1.7	<b>Riferimenti bibliografici</b> .....	25
<b>2</b>	<b>Reti di monitoraggio della qualità dell'aria</b> .....	27
2.1	<b>Introduzione</b> .....	27
2.2	<b>Metodologia e pianificazione dell'indagine</b> .....	27
2.2.1	Una metodologia oggettiva per la valutazione del posizionamento delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.....	27
2.2.2	Pianificazione dell'indagine, analisi dello stato e caratterizzazione del territorio .....	40
2.2.3	Controllo qualità della strumentazione.....	47
2.3	<b>Risultati</b> .....	78
2.3.1	I risultati del processo di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria ....	78
2.3.2	I risultati del controllo qualità.....	96
2.4	<b>Conclusioni</b> .....	107
2.5	<b>Prospettive future</b> .....	107
2.6	<b>Riferimenti bibliografici</b> .....	108
<b>3</b>	<b>La mappatura di aree remote mediante campionatori passivi e stazioni rilocabili</b> .....	110
3.1	<b>Introduzione</b> .....	110
3.2	<b>Campionatori Passivi</b> .....	111
3.2.1	Il circuito di interconfronto: scelta e metodologie dei campionatori passivi .....	112
3.2.2	Pianificazione del campionamento .....	112
3.2.3	Risultati.....	115
3.3	<b>Stazioni rilocabili</b> .....	138
3.3.1	Pianificazione del campionamento .....	139
3.3.2	Risultati.....	140
3.4	<b>Conclusioni</b> .....	161

3.5	<b>Prospettive future</b> .....	162
3.6	<b>Riferimenti bibliografici</b> .....	163
<b>4</b>	<b>Biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante la biodiversità dei licheni epifiti</b> .....	<b>164</b>
4.1	<b>Introduzione</b> .....	164
4.1.1	Biomonitoraggio ambientale .....	164
4.1.2	Dati pregressi in Veneto .....	165
4.2	<b>Metodologia</b> .....	167
4.2.1	Pianificazione dell'indagine .....	167
4.2.2	Metodologia ANPA .....	170
4.2.3	Elaborazione della cartografia regionale.....	172
4.2.4	Formazione del personale.....	179
4.2.5	Strumenti Operativi.....	180
4.2.6	Rilevamenti.....	186
4.2.7	Elaborazioni dati .....	186
4.2.8	Aspetti legati alla Qualità .....	188
4.3	<b>Risultati</b> .....	195
4.3.1	Analisi della biodiversità.....	195
4.3.2	Indice di biodiversità lichenica.....	198
4.4	<b>Conclusioni</b> .....	210
4.5	<b>Prospettive future</b> .....	210
4.5.1	Bioindicazione .....	210
4.5.2	Altri progetti di monitoraggio.....	213
4.6	<b>Bibliografia</b> .....	214
<b>5</b>	<b>L'attività di reporting e i prodotti realizzati</b> .....	<b>217</b>
5.1	<b>L'attività di reporting del progetto</b> .....	217
5.2	<b>I prodotti realizzati</b> .....	217
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>223</b>
6.1	<b>Considerazioni finali</b> .....	223
6.2	<b>Prospettive future</b> .....	223

### Tabella acronimi

ANPA	Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, ora APAT
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici
ARPAV	Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto
BL	Biodiversità Lichenica
BTEX	Analizzatore di Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni
CCR	Centro Comune di Ricerca
CICL	Circuito di Intercalibrazione Licheni
CTN-ACE	Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima ed Emissioni
CTR	Carta Tecnica Regionale
CTRN	Carta Tecnica Regionale Numerica
DOAS	Spettrometria di Assorbimento Ottico Differenziale
DOCUP	Documento Unico di Programmazione
EEA	European Environment Agency
EMEP	Environmental Monitoring European Program
EPA	Environmental Protection Agency
ERLAP	European Reference Laboratory for Atmospheric Pollution
ETC-AQ	European Topic Centre on Air Quality
EUROAIRNET	European Air Network
FESR	Fondi Europei di Sviluppo Regionale
GBO	Gauss-Boaga ovest
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
GPT	gas phase titration (titolazione in fase gassosa)
IAP	Index of Atmospheric Purity
IBL	Indice di Biodiversità Lichenica
IMGC	Istituto Metrologico "Gustavo Colonnetti", ora INRIM
INRIM	Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica
LCQ	Laboratorio Controllo Qualità
LMCQ	Laboratorio Mobile Controllo Qualità
MFC	Mass Flow Controller
MRF	Manuale di Riconoscimento Forofiti
MRSF	Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche
NESO	Grafico Nord-Est-Sud-Ovest
NMHC	Idrocarburi non metanici
NMI	Nederlands Meetinstituut (Istituto Metrologico olandese)
ORAR	Osservatorio Regionale Aria
PCA	Principal components analysis – Analisi delle componenti principali
PST	Polveri sospese totali
RRQA	Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria
SGQ	Sistema di Gestione Qualità
SINAL	Sistema Nazionale per l'Accreditamento dei Laboratori
SIRAV	Sistema Informativo Regionale Ambientale Veneto
SIT	Servizio di Taratura in Italia
SOV	Sostanze organiche volatili
UBA	Umwelt Bundes Amt (Ufficio Federale Ambiente austriaco)
UCP	Unità di Campionamento Primario
UCS	Unità di Campionamento Secondario
UTM	Universal Traverse Mercatore

# 1 Introduzione

Il progetto di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto nasce dall'esigenza primaria di adeguare alle prescrizioni della normativa comunitaria e nazionale il network di stazioni acquisite dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) in seguito all'istituzione dell'Agenzia (con L.R. 18/10/1996, n. 32 [1]) e provenienti dagli enti precedentemente responsabili della gestione del controllo atmosferico.

In secondo luogo, il programma di riqualificazione della rete rappresenta la risposta al bisogno locale di informazioni sullo stato della qualità dell'aria, e permette di ottemperare alle indicazioni fornite dalla legislazione sugli obblighi di informazione al pubblico.

Tenendo presenti i dettami normativi e tecnici e a fronte delle difficoltà gestionali, tra le quali gli elevati costi di manutenzione ed una performance non sempre soddisfacente della rete, della non uniforme distribuzione delle stazioni e della ridondanza di talune misure, il programma presenta l'ipotesi di una nuova configurazione di rete, alternativa a quella acquisita, anche al fine di razionalizzare le spese di gestione, garantendo un livello di qualità dei servizi erogati più elevato rispetto a quello precedente.

Il progetto ha trovato finanziamento economico nell'ambito del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), in seguito ad approvazione del Complemento di Programmazione previsto dal Regolamento CE n. 1260/1999 [2], in attuazione di quanto definito dal Documento Unico di Programmazione (DOCUP) per gli interventi strutturali nella Regione Veneto. In particolare gli obiettivi prioritari, le iniziative comunitarie, i metodi di programmazione, gestione finanziaria, valutazione e controllo sono stati definiti da tale Regolamento. Il programma comunitario "Obiettivo 2", applicato nel Veneto, consiste di interventi per favorire la riconversione economica e sociale delle regioni con difficoltà strutturali, limitatamente a determinate zone individuate all'interno delle regioni stesse. In particolare l'Asse 4 "Ambiente e Territorio", Misura 4.3 "Monitoraggio, informazione ed educazione ambientale" ha individuato l'ARPAV quale soggetto beneficiario della misura per il raggiungimento degli obiettivi riferiti alle azioni del "Controllo Ambientale", nel cui ambito è stato presentato il programma di ottimizzazione della rete aria.

Il Regolamento CE n. 1260/99 [2] stabilisce che le zone interessate dall'Obiettivo 2 sono quelle in fase di mutazione socioeconomica nei settori dell'industria e dei servizi, le zone rurali in declino, le zone urbane in difficoltà e le zone dipendenti dalla pesca in situazione di crisi, definendo criteri e metodi per la loro individuazione. Inoltre per evitare l'impatto negativo della riduzione delle zone ammissibili rispetto al precedente periodo di programmazione, il Regolamento ha previsto che le zone ammesse a beneficiare dei fondi nel periodo 1994-1999 e che non soddisfano più i criteri di ammissibilità, usufruiscano di un sostegno transitorio da parte del FESR nel periodo 2000-2005, con una programmazione integrata nel DOCUP Obiettivo 2 (2000-2006). Complessivamente nel Veneto sono interessati alla programmazione 2000-2006 n. 214 Comuni per una popolazione di 741.915 abitanti a titolo dell'Obiettivo 2 e n. 142 Comuni per una popolazione di 904.869 abitanti a titolo del sostegno transitorio (Figura 1).

L'iter di approvazione del progetto ha ottenuto l'espressione di parere favorevole da parte della Commissione Tecnica Regionale – sezione Ambiente (voto n. 3093 del 09/05/2002). La Regione del Veneto ha approvato quanto disposto dal Comitato Regionale di Indirizzo che ha preso in esame la documentazione di progetto, e con Deliberazione della Giunta n. 2384 del 09/08/2002 [3] è stata ufficialmente approvata la realizzazione del programma proposto dall'ARPAV, incaricando l'Agenzia dell'attuazione delle procedure amministrative, tecniche e finanziarie per la realizzazione dello stesso.

Gli obiettivi di riqualificazione della rete esistente si integrano con la necessità di ottenere maggiori informazioni sullo stato della qualità dell'aria nelle aree remote della regione e con l'obbligo di una capillare informazione al pubblico ed agli Enti Locali interessati dalla gestione della qualità dell'aria. Gli investimenti relativi al progetto di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e mappatura aree remote sono quindi stati effettuati nei territori dei Comuni delle aree ammissibili, nel rispetto del piano finanziario temporale previsto dal Complemento di Programmazione, al fine di meglio indirizzare le scelte di sviluppo future.

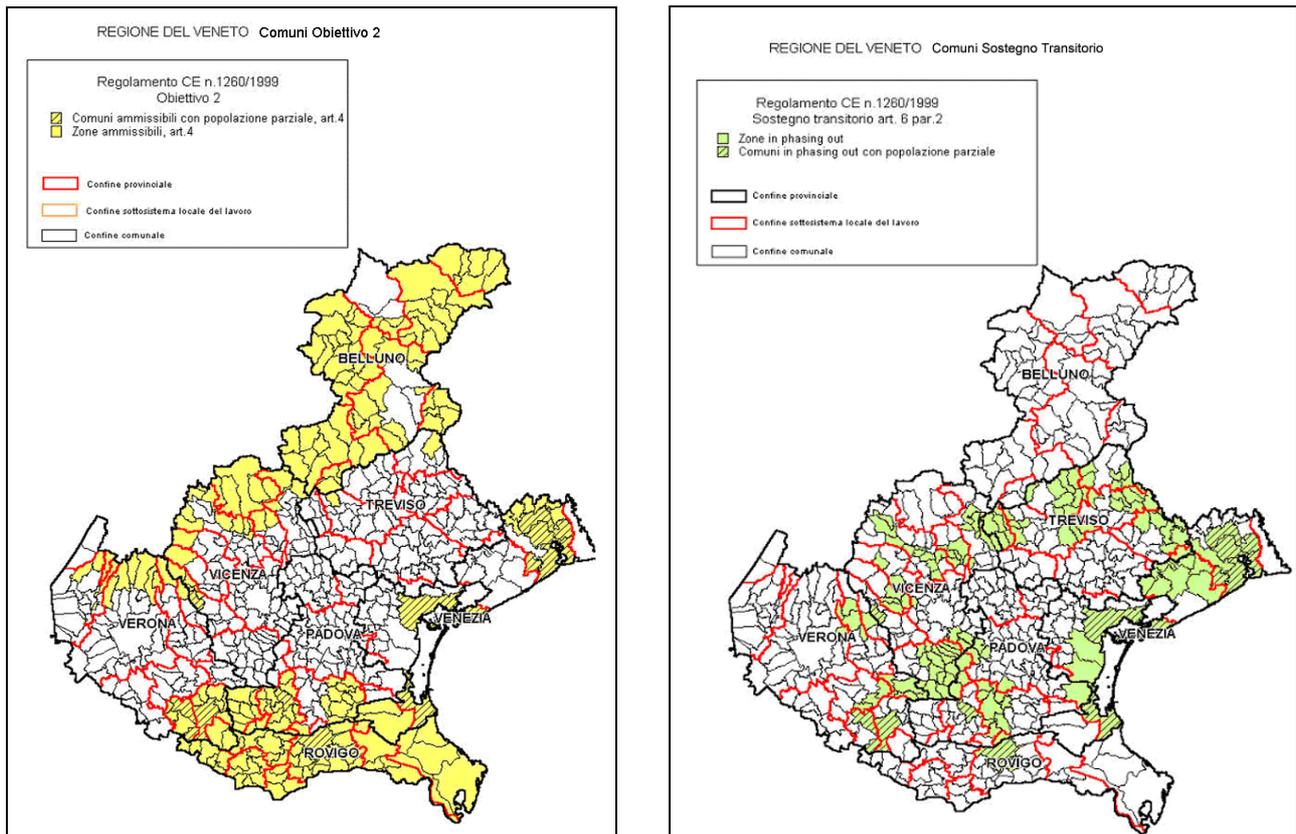


Figura 1 - Mappa dei Comuni veneti interessati dalla programmazione 2000-2006

## 1.1 I riferimenti normativi e tecnici

La base dello sviluppo del progetto di ottimizzazione della rete aria è la riorganizzazione del network di stazioni esistenti sul territorio regionale, in ottemperanza alla legislazione tematica a livello comunitario e nazionale. In particolare sono state considerate la Direttiva Quadro 96/62/CE [4] (recepita dal D.Lgs. n. 351 del 04/08/99 [5]), le Direttive Figlie 1999/30/CE [6] e 2000/69/CE [7] (recepite dal D.M. n. 60 del 02/04/02 [8]) e la Direttiva 2002/3/CE [9] (recepita dal D.Lgs. 183 del 21/08/04 [10]). Tali norme mirano, tra l'altro, alla razionalizzazione dei punti di campionamento della qualità dell'aria mediante l'individuazione dei criteri di posizionamento su macroscala e microscala delle stazioni di monitoraggio e alla definizione degli inquinanti per i quali si rende necessaria la misura.

Parallelamente l'Agenzia Ambientale Europea ha predisposto la redazione del documento tecnico "Criteria for Euroairnet" [11], in cui viene delineata la metodologia per la realizzazione della Rete Europea di Rilevamento della Qualità dell'Aria (EUROAIRNET).

Il D.M. n. 60 del 02/04/02 [8] ha provveduto al recepimento della direttiva 1999/30/CE [6] del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE [7] relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Il progetto di ottimizzazione della rete ha attinto dall'Allegato VIII le indicazioni sui criteri per l'ubicazione su macroscala e microscala dei punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli degli inquinanti atmosferici. L'allegato IX è stato preso in considerazione relativamente all'individuazione dei criteri per stabilire il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli degli inquinanti. La normativa differenzia due tipologie di indagine: nel primo caso lo scopo è valutare la conformità ai valori limite per la protezione della salute umana e le soglie di allarme nelle zone e negli agglomerati dove la misurazione in siti fissi rappresenta l'unica fonte di informazione; nel secondo caso viene invece perseguito l'obiettivo della protezione degli ecosistemi e della vegetazione in zone diverse dagli agglomerati.

Nel primo caso la determinazione del numero minimo dei siti di misura viene effettuata sulla base delle sorgenti di inquinamento, distinte in "fonti diffuse" e "fonti puntuali". Per quanto riguarda le fonti diffuse, la classificazione si basa sulla popolazione dell'agglomerato o della zona e sul superamento delle soglie di valutazione (definite dal D.M. 60/2002 [8]). Applicando la norma al Veneto, e considerando il limite amministrativo comunale come riferimento per la zona o l'agglomerato, si osserva che sono necessarie da una a due stazioni per ciascun Comune che abbia una popolazione appartenente ai due intervalli individuati (Tabella 1).

Tabella 1 - Determinazione del numero minimo dei siti di misura per la protezione della salute umana nel caso di fonti diffuse

Popolazione dell'agglomerato o della zona	Se i livelli superano la soglia di valutazione superiore	Se i livelli massimi sono situati tra la soglia di valutazione superiore e inferiore	Solo per SO <sub>2</sub> ed NO <sub>2</sub> , agglomerati dove i livelli massimi sono al di sotto della soglia di valutazione inferiore
0-249.999	1	1	Non applicabile
250.000-499.999	2	1	1

Per valutare l'inquinamento nelle vicinanze di fonti puntuali, il numero di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi si calcola tenendo conto della densità delle emissioni, del probabile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria ambiente e della potenziale esposizione della popolazione.

Per la determinazione del numero minimo di punti di campionamento al fine della valutazione della conformità ai valori limite per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione in zone diverse dagli agglomerati, il D.M. 60/2002 [8] stabilisce i criteri riportati in Tabella 2. Considerato che la superficie del Veneto è di poco superiore ai 20.000 km<sup>2</sup>, si tratta quindi di aggiungere un ulteriore punto di campionamento a quelli definiti per gli agglomerati e le zone per la protezione della salute umana.

Tabella 2 - Determinazione del numero minimo dei siti di misura per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione

Se i livelli superano la soglia di valutazione superiore	Se i livelli massimi si situano tra le soglie di valutazione superiore e inferiore
1 punto di campionamento per 20.000 km <sup>2</sup>	1 punto di campionamento per 40.000 km <sup>2</sup>

Le considerazioni precedenti si riferiscono agli agglomerati nei quali la misurazione attraverso la rete fissa è obbligatoria ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 351/99 [5], secondo cui la misurazione risulta obbligatoria nelle seguenti zone:

- agglomerati;
- zone in cui il livello, durante un periodo rappresentativo, è compreso tra il valore limite e la soglia di valutazione superiore stabilita ai sensi dell'articolo 4, comma 3, lettera c del D.Lgs. 351/99 [5];
- altre zone dove tali livelli superano il valore limite.

Nelle aree sprovviste di misurazione fissa, nelle quali i valori delle concentrazioni degli inquinanti risultano più bassi rispetto alla soglia di valutazione inferiore stabilita per ciascun inquinante, l'art. 6 del D.Lgs. 351/99 [5] stabilisce che si possono usare esclusivamente tecniche di modellizzazione al fine della valutazione della qualità dell'aria, mentre nelle aree in cui i livelli di concentrazione si situano tra la soglia di valutazione inferiore e la soglia di valutazione superiore le tecniche modellistiche possono essere combinate a metodi di misurazione. Lo studio modellistico diventa quindi fondamentale per coadiuvare la conoscenza dello stato della qualità dell'aria nelle aree dove i livelli di concentrazione degli inquinanti superano la soglia di valutazione inferiore e diviene l'unico strumento di indagine nelle aree a inquinamento non significativo. Le elaborazioni modellistiche consentono, in particolare, la ricostruzione geostatistica dei livelli di concentrazione dei parametri secondari (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) in tutto il territorio regionale, a partire dai valori delle concentrazioni rilevate in determinati punti fissi.

Con D.Lgs. n. 183 del 21/05/04 [10] è stata inoltre recepita la Direttiva Figlia 2002/3/CE [9] relativa all'ozono, nella quale sono contenuti i criteri per calcolare il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi delle concentrazioni di ozono (allegato V). In Tabella 3 vengono riportate le indicazioni relative alle classi di popolazione (per il Veneto) ed alla tipologia delle stazioni.

Tabella 3 - Numero minimo di punti di campionamento per misurazioni continue di ozono in siti fissi

Popolazione	Agglomerati (urbano e suburbano) (a)	Altre zone (suburbane e rurali) (a)	Rurale di fondo
< 250.000	-	1	1 stazione/50.000 km <sup>2</sup> come densità media di tutte le zone di un paese (b)
< 500.000	1	2	
(a) Nelle zone suburbane almeno una stazione deve essere localizzata nel luogo in cui può verificarsi la maggiore esposizione della popolazione. Negli agglomerati almeno il 50 % delle stazioni deve essere situato nelle zone suburbane. (b) Nelle zone topograficamente complesse è raccomandata 1 stazione per 25.000 km <sup>2</sup>			

Nell'Allegato IV vengono introdotti i criteri per la classificazione e l'ubicazione dei punti di campionamento per la misurazione continua in siti fissi dell'ozono. Con riferimento all'ubicazione su macroscale vengono definite quattro tipologie di stazioni:

- **urbana:** per la protezione della salute umana, per determinare l'esposizione all'ozono della popolazione delle aree urbane;
- **suburbana:** per la protezione della salute umana e della vegetazione, per determinare l'esposizione della popolazione e della vegetazione alla periferia degli agglomerati dove si riscontrano i massimi livelli di ozono;
- **rurale:** per la protezione della salute umana e della vegetazione, per determinare l'esposizione della popolazione, delle colture e degli ecosistemi naturali alle concentrazioni di ozono su scala subregionale;
- **rurale di fondo:** per la protezione della salute umana e della vegetazione, per determinare l'esposizione della popolazione, delle colture e degli ecosistemi naturali alle concentrazioni di ozono su scala regionale.

Alla luce delle disposizioni contenute nel D.Lgs. 183/04 [10], risulta che vengono fornite indicazioni generali sulle stazioni ma scarse informazioni per la determinazione della configurazione completa di una rete, tranne una prescrizione che si rifà alla necessità di prevedere il monitoraggio, contestualmente alla misura dell'ozono, anche degli ossidi di azoto.

In questo senso l'analisi svolta nel contesto del progetto di ottimizzazione della rete rappresenta un approfondimento rispetto a quanto espresso dalla normativa, in un atteggiamento che le Direttive stesse suggeriscono di concretizzare, ma si pone soprattutto come uno strumento di lavoro specifico per il Veneto, essendo basato sullo studio del territorio della nostra regione.

Oltre alla legislazione in vigore, il progetto di riorganizzazione della rete aria ha tenuto conto del documento tecnico "Criteria for Euroairnet" [11], nel quale viene indicata la metodologia per la realizzazione della Rete Europea di Rilevamento della Qualità dell'Aria (EUROAIRNET). Tale network rappresenta il risultato della collaborazione tra l'European Topic Centre on Air Quality (ETC-AQ) e l'European Environment Agency (EEA), con l'obiettivo di effettuare una verifica della qualità dell'aria in Europa in modo da ottenere un adeguato background di informazioni in tema di inquinamento atmosferico. In particolare EUROAIRNET, la rete di monitoraggio dell'aria a livello europeo consiste di una selezione di stazioni tra quelle tuttora esistenti nei diversi Stati Membri, il che non implica la realizzazione di nuove stazioni, bensì il miglioramento e il mantenimento di quelle esistenti. La maggior significatività dei dati delle stazioni della rete di monitoraggio del Veneto ha permesso inoltre la partecipazione allo sviluppo di un database dell'ETC-AQ contenente tutti i dati relativi alla qualità dell'aria in Europa. Questo database, denominato con l'acronimo di AIRBASE, è soprattutto il mezzo attraverso cui avviene lo scambio di dati sulla qualità dell'aria in Europa, e contiene i

moduli per l'introduzione dei dati e per l'effettuazione dei calcoli statistici previsti dalla legislazione (disponibile via internet alla pagina [http://air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase/index\\_html](http://air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase/index_html)).

In questo modo, il Centro Tematico Europeo per la qualità dell'aria e l'Agenzia Ambientale Europea si prefiggono di raggiungere i seguenti obiettivi:

- favorire una dettagliata descrizione della qualità dell'aria su tutto il territorio europeo;
- rendere possibile il confronto sulla qualità dell'aria tra i diversi paesi europei;
- fornire delle stime sui livelli di esposizione alle emissioni da parte della popolazione, dei materiali e degli ecosistemi;
- stimare gli effetti sulla salute e quantificare i danni sui materiali e sugli ecosistemi;
- produrre dei modelli che mettano in relazione le emissioni con i livelli di esposizione e questi ultimi con gli effetti sulla salute;
- favorire lo sviluppo di strategie di abbattimento;
- verificare l'efficacia della normativa in materia ambientale, diventando i principali fautori di proposte innovative per quel che riguarda la legislazione.

La realizzazione di EUROAIRNET, la rete di monitoraggio europea, ha richiesto per la sua concretizzazione un salto di qualità da parte delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente. Il programma di attuazione di tale progetto è stato caratterizzato dalle seguenti attività:

- catalogazione delle reti di monitoraggio europee, selezionate tra quelle situate nelle aree più rappresentative dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico;
- stima della zona di rappresentatività della rete di monitoraggio selezionata;
- selezione dei composti da monitorare, essendo necessario un aggiornamento dei parametri chimici da analizzare, in considerazione del fatto che le emissioni si modificano nel tempo per effetto di processi industriali diversi e più recenti;
- controllo qualità di tutte le componenti che contribuiscono alla produzione del dato sulla qualità dell'aria.

Il progetto di ottimizzazione della rete ha previsto l'applicazione di una metodologia per la realizzazione dell'indagine a livello del territorio regionale, caratterizzata da una fase preliminare di esame dello stato attuale della rete e caratterizzazione del territorio regionale in termini di pressioni e vulnerabilità, e da una fase attuativa in cui è stata proposta la nuova configurazione di rete. Parametri quali la distribuzione della densità abitativa a livello regionale, la suddivisione in aree orografiche e l'individuazione delle principali aree produttive sono stati tenuti in considerazione per l'elaborazione della nuova configurazione della rete regionale di controllo della qualità dell'aria.

## **1.2 Le task del progetto di ottimizzazione della rete aria**

Per una maggiore efficacia nell'utilizzo delle risorse e nel raggiungimento degli obiettivi, il progetto è stato suddiviso in sette task, ognuna riguardante un tema specifico sviluppato con modalità di volta in volta diverse. Primariamente sono state eseguite attività gestionali quali la stesura del progetto, la determinazione della configurazione ottimale di rete e l'aggiornamento del sito internet dell'Agenzia. In secondo luogo è stato perseguito l'obiettivo di ottimizzazione della rete mediante l'acquisto di nuove apparecchiature (strumentazione e cabine), l'adeguamento e la messa a norma dei siti monitorati e delle stazioni rilocabili per il monitoraggio della qualità dell'aria, il riposizionamento di strumenti e stazioni preesistenti. Contemporaneamente sono state organizzate e condotte indagini a livello regionale per valutare la qualità dell'aria in aree non coperte da rete fissa, mentre sono stati fatti dei passi avanti per l'inserimento della rete in un sistema qualità. Tutti gli interventi attuati per ciascuna task di progetto vengono specificati nei paragrafi successivi.

### **1.2.1 Determinazione della configurazione ottimale di rete e aggiornamento del database della rete di monitoraggio della qualità dell'aria**

Lo scopo dell'attività consiste nel verificare la rappresentatività delle stazioni in riferimento alla misura dei parametri chimici e fisici atmosferici monitorati. A tal proposito è stato sviluppato un codice di calcolo in linguaggio Fortran per fornire indicazioni quantitative circa l'accordo tra il macroposizionamento delle stazioni di monitoraggio, le indicazioni previste dalla normativa italiana e la documentazione tecnica, al fine di valutare quantitativamente il corretto posizionamento delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria a livello regionale ed a livello urbano. E' stato possibile realizzare una valutazione oggettiva della variazione di informazione associata alla variazione della rete di monitoraggio (spostamento, aggiunta o eliminazione di una centralina), sulla base di indici quantitativi di informazione. La metodologia sviluppata permette cioè di attribuire un punteggio o giudizio, relativamente al posizionamento di ogni stazione di monitoraggio, non in base all'informazione fornita da ciascuna di esse, ma in funzione di quanto essa sia in accordo con quanto indicato nella legislazione o nei documenti tecnici. Quindi, trovandosi nell'eventuale esigenza di diminuire il numero di stazioni di monitoraggio che compongono la rete, una volta attribuiti i punteggi ad ognuna di esse, è possibile iniziare l'eliminazione a partire da quelle caratterizzate da punteggi più bassi. Il "giudizio" sull'ubicazione delle stazioni di monitoraggio viene espresso tramite indicatori o loro combinazioni (indici). I target considerati sono la protezione della salute umana, della vegetazione e dei beni architettonici. Al fine di determinare in maniera oggettiva il rischio causato su questi tre target dall'inquinamento ambientale, la metodologia prevede il calcolo di un indicatore di rischio per ognuno di essi. A questo scopo è stato necessario avere a disposizione informazioni dettagliate sul territorio relativamente alle emissioni diffuse e puntuali degli inquinanti di interesse (cioè avere a disposizione un inventario delle emissioni disaggregato su celle), all'utilizzo del suolo, alla distribuzione della popolazione e dei beni architettonici, alla distribuzione delle precipitazioni e alla distribuzione dei flussi di deposizione degli inquinanti. A partire da queste variabili è stato possibile calcolare:

- un indicatore di rischio per la popolazione a seguito di emissioni di diversi inquinanti da sorgenti diffuse e da sorgenti puntuali;
- un indicatore di rischio per gli ecosistemi a partire dai flussi di deposizione;
- un indicatore di rischio per i beni architettonici sulla base delle indicazioni dell'Istituto Centrale del Restauro.

Al termine di questa fase ogni griglia del dominio di interesse è risultata essere caratterizzata da un indicatore di rischio per ogni target.

Nell'ambito della verifica della rispondenza delle stazioni agli obiettivi della normativa, è stata effettuata una valutazione del macro- e del microposizionamento delle stazioni di monitoraggio ai sensi del D.M. 60/02 [8].

Le informazioni sulla rete di monitoraggio, e le variazioni che man mano venivano realizzate, sono state registrate in un apposito database, periodicamente aggiornato e consultabile sul sito internet dell'Agenzia ([www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)). Attualmente vi si trovano informazioni relative, per ciascuna stazione di monitoraggio, alla localizzazione (completa di latitudine e longitudine), alla tipologia della stazione, alla densità di popolazione, al tipo di strada eventualmente nelle vicinanze, ai parametri chimici monitorati ed al principio analitico utilizzato per la determinazione delle concentrazioni di ciascun inquinante. Il quadro conoscitivo per ogni stazione viene completato con l'individuazione del punto su mappa e con immagini della stazione e del sito monitorato.

### **1.2.2 Comunicazione agli Enti Locali in merito all'ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria ed alla mappatura di aree remote**

Una volta definiti a livello tecnico-scientifico gli interventi da attuarsi in riferimento agli obiettivi di progetto, ARPAV ha instaurato un contatto con gli Enti Locali, ed in particolare con le Province ed i Comuni interessati dal monitoraggio. Per quanto riguarda la mappatura di aree remote (presentata nel paragrafo 1.2.4) i Dipartimenti ARPAV Provinciali, sulla base di un documento redatto dall'Osservatorio Regionale Aria, hanno dato comunicazione ai Comuni selezionati del calendario delle campagne di monitoraggio, che si sono svolte con modalità parzialmente differenti da quanto solitamente realizzato su richiesta delle Amministrazioni. In particolare, è stata posta attenzione alla verifica dello stato di qualità dell'aria in zone non precedentemente monitorate ed oggetto di prossimi sviluppi produttivi, come anche in zone remote ed aree protette non soggette all'influenza diretta di fonti di inquinamento puntuali. Inoltre sono stati presi accordi con tali Comuni per la realizzazione di campagne di monitoraggio da effettuarsi con campionatori passivi e con l'utilizzo di licheni quali bioindicatori della qualità dell'aria.

Sul fronte dell'adeguamento delle centraline agli standard della normativa, gli stessi Dipartimenti ARPAV Provinciali hanno messo al corrente del progetto di ottimizzazione della rete e dei suoi obiettivi le Province ed i Comuni capoluogo maggiormente interessati, concordando un piano per la ricollocazione in siti idonei delle stazioni ritenute non correttamente posizionate, per la dismissione di quelle poco significative ai fini del monitoraggio o per cui vi era ridondanza di informazione, e per l'implementazione di nuovi siti soprattutto in aree non densamente popolate. Infatti, nei principali centri urbani della regione si notava una sovrabbondanza di centraline (dal punto di vista della quantità dell'informazione) a discapito di zone caratterizzate da un tessuto urbano continuo, meno denso, ma per cui era necessario attuare un controllo sulla qualità dell'aria ai sensi della normativa.

### **1.2.3 Adeguamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria**

Tenuto conto del mutato scenario ambientale degli ultimi anni, ed alla luce delle disposizioni legislative in materia di inquinamento atmosferico, l'attività ha previsto la riorganizzazione della rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto, una volta transitata sotto il controllo di ARPAV. L'obiettivo principale della task è giungere ad una configurazione di rete di monitoraggio più snella, ma più qualificata dal punto di vista della qualità dei dati e della rappresentatività spaziale degli stessi. Contestualmente è previsto l'adeguamento delle stazioni rilocabili in dotazione ai Dipartimenti ARPAV Provinciali per realizzare campagne di monitoraggio della qualità dell'aria su tutto il territorio regionale, in modo da avere un quadro della situazione sempre aggiornata nelle zone non coperte da monitoraggio in siti fissi. La revisione del sistema di acquisizione, gestione ed archiviazione dati della rete ha inoltre lo scopo di rendere confrontabili i dati di qualità dell'aria tra i diversi paesi europei.

Nella prima fase di realizzazione degli obiettivi di task, è stata effettuata la valutazione delle attività necessarie all'adeguamento delle stazioni fisse e rilocabili, con particolare riguardo alla razionalizzazione della rete. Le azioni conseguenti sono consistite nell'eliminazione di siti ridondanti, nell'installazione di nuovi siti di interesse e nella rilocazione di alcune stazioni presso siti maggiormente adatti al monitoraggio per la protezione della popolazione, degli ecosistemi e della vegetazione. In secondo luogo è stato valutato lo stato della strumentazione in uso nelle centraline, per la realizzazione del monitoraggio ai sensi della normativa vigente. Di volta in volta è stata considerata la possibilità di riutilizzare apparecchiature già di proprietà di ARPAV oppure, nel caso si trattasse di strumenti vetusti, è stata effettuata la sostituzione con acquisto di modelli più moderni ed idonei al monitoraggio. In molti casi è stata realizzata la sostituzione dei monitor di parametri a scarsa rilevanza ambientale (come le polveri totali sospese, gli idrocarburi non metanici ed il metano) con altri di maggiore interesse sanitario (particolato atmosferico PM<sub>10</sub>, composti organici volatili). Nel caso dei campionatori ed analizzatori di polveri PM<sub>10</sub> è stata posta grande attenzione a richiedere negli acquisti la certificazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico,

accreditato dal D.M. 20 settembre 2002 [12] per l'approvazione delle apparecchiature di campionamento e di misura nonché dei sistemi di misura per l'inquinamento atmosferico.

#### **1.2.4 Mappatura Aree Remote**

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, l'obiettivo di questa task è migliorare la conoscenza, a livello regionale, dei livelli di qualità dell'aria con determinazione di parametri convenzionali e non convenzionali per la protezione della popolazione, degli ecosistemi e della vegetazione nelle aree per le quali si hanno scarse informazioni. Si tratta quindi di approfondire la conoscenza sullo stato della qualità dell'aria, in particolare nelle aree individuate dal Regolamento CE n. 1260/99 [2], al fine di meglio indirizzare le scelte di sviluppo future. Tale Regolamento stabilisce infatti un interesse verso le zone aventi problemi strutturali in cui deve essere favorita la conversione economica e sociale, le zone in fase di mutazione socioeconomica nei settori dell'industria e dei servizi, le zone rurali in declino, le zone urbane in difficoltà e le zone dipendenti dalla pesca che si trovano in una situazione di crisi.

Nello specifico, l'attività si pone come obiettivo la realizzazione di una mappatura del territorio regionale, con particolare interesse per le zone oggetto di prossimi sviluppi produttivi e/o infrastrutturali, mediante determinazione sia di inquinanti non oggetto di monitoraggio sistematico quali benzene e particolato atmosferico PM<sub>10</sub>, sia di inquinanti convenzionali come il biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>). Ai fini del monitoraggio risultano pure di particolare interesse le aree caratterizzate dalla presenza di siti appartenenti alla Rete Europea Natura 2000 e destinati alla conservazione della biodiversità flora - faunistica.

Uno studio preliminare realizzato in convenzione con l'Università di Venezia ha innanzitutto permesso di analizzare i dati di qualità dell'aria raccolti sul lungo periodo in corrispondenza dei siti di una rete di monitoraggio approntata negli anni 1989-2000 nell'ambito del progetto denominato Environmental Monitoring European Program (EMEP), per lo studio dell'inquinamento transfrontaliero in Europa e del trasporto di inquinanti su lunga distanza. Lo scopo del progetto era la determinazione dei principali contaminanti e ioni presenti nelle deposizioni umide e secche ed in atmosfera in Veneto, realizzata mediante la creazione di una rete di campionamento delle piogge, delle polveri, e dell'aria. I dati raccolti sono stati il punto di partenza per comprendere l'evoluzione temporale della qualità dell'aria a livello regionale. Si è cercato di mettere in luce i fattori spazio-temporali che possono influenzare la qualità delle precipitazioni e delle polveri sospese, e sono state studiate le correlazioni esistenti tra i parametri chimico-fisici che caratterizzano sia le precipitazioni atmosferiche sia le polveri per individuare eventuali influenze reciproche.

La mappatura di aree remote è consistita nella realizzazione di una grande opera di monitoraggio sul territorio veneto nel triennio 2004, 2005 e 2006. Nell'impossibilità tecnica di sottoporre ad indagine tutti i Comuni individuati dal Regolamento CE n. 1260/99 [2], è stata effettuata una selezione mediante alcuni requisiti fondamentali. Sono stati quindi individuati i Comuni che da diversi anni non erano oggetto di campagne di monitoraggio, senza stazioni fisse o in cui il progetto di riorganizzazione della rete non prevedeva l'installazione di nuove centraline, per cui non erano previste attività di biomonitoraggio lichenico, e con popolazione superiore a 2.000 abitanti.

Per il raggiungimento della mappatura del territorio regionale sono state utilizzate diverse e complementari modalità di monitoraggio, come stabilito dalla normativa (D.M. 60/2002, Allegato X [8]) in merito alle misurazioni in continuo, alle misurazioni indicative ed alle tecniche di stima obiettiva. E' stata attuata un'indagine su tre livelli: le campagne di misura con stazioni fisse sono state integrate da campagne con strumentazione rilocabile per specifici inquinanti e con campionatori passivi. Contestualmente è stata organizzata una campagna di biomonitoraggio lichenico su tutto il territorio regionale, prendendo a riferimento la griglia 18x18 km proposta dall'ANPA quale sistema di campionamento nazionale.

Tale attività ha previsto il coinvolgimento dei Dipartimenti ARPAV Provinciali, con il supporto dell'Osservatorio Regionale Aria e di consulenti di comprovata esperienza nel campo del biomonitoraggio.

### 1.2.5 Inserimento della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria in un Sistema Qualità

Con l'acquisizione della rete da parte di ARPAV, si è ravvisata la necessità di armonizzare le procedure di produzione del dato di qualità dell'aria tra i Dipartimenti, responsabili a livello provinciale della gestione della rete. Scopo della task è quindi uniformare le procedure di acquisizione, validazione e trasmissione dei dati della qualità dell'aria, realizzando protocolli operativi per la standardizzazione delle procedure di analisi e campionamento, elaborazione e visualizzazione dei risultati. Tra gli obiettivi è prevista inoltre la realizzazione di campagne di intercalibrazione per la verifica dell'affidabilità dei dati prodotti dagli analizzatori presenti nelle stazioni fisse e rilocabili.

Per lo svolgimento delle attività della task è stata presa a riferimento la "Guida al Manuale della Qualità delle Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria" [13], in cui viene descritto il Sistema di Gestione di una Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria. Nel Manuale non è stata attuata una divisione rigida tra Assicurazione e Controllo di Qualità, ma piuttosto si è mirato alla definizione del Sistema Qualità che comprende organicamente i due aspetti.

Nell'ambito della task sono state realizzate attività preliminari all'inserimento della rete in un Sistema Qualità, che hanno coinvolto l'Osservatorio Regionale Aria e i Dipartimenti Provinciali in diversi campi, tra cui la redazione di documentazione strutturata che fornisce una descrizione delle modalità gestionali adottate dal Sistema di Gestione: Procedure Generali, Istruzioni Operative, Linee Guida, Protocolli.

Le Procedure Generali sono documenti che vengono utilizzati per descrivere un processo, o più semplicemente una sequenza di attività, che vede coinvolte più funzioni all'interno e/o all'esterno della rete, mentre le Istruzioni Operative sono documenti che definiscono modalità di esecuzione di attività operative e di controllo particolarmente critiche all'interno dei processi della rete. A titolo di esempio si citano i documenti interni prodotti da ARPAV, alcuni ancora allo stato di bozza, che rappresentano il punto di partenza per l'armonizzazione delle procedure di produzione del dato di qualità dell'aria:

- la Procedura Gestionale "Controllo dei dati di qualità dell'aria", avente come scopo la definizione delle modalità e della tempistica per il controllo dei dati di qualità dell'aria, ai fini della conservazione degli stessi nelle banche dati dei monitoraggi ambientali ARPAV; nell'Allegato della Procedura viene riportata l'Istruzione Operativa che reca indicazioni sulla frequenza di campionamento degli inquinanti atmosferici da attuarsi in stazioni fisse e in caso di misure indicative (durante le campagne con stazioni rilocabili e con campionatori passivi);
- le "Linee Guida per la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico", con lo scopo di fornire alcune indicazioni per effettuare la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico, tenendo conto della normativa in vigore, della documentazione tecnica e delle procedure operative in uso presso i Dipartimenti ARPAV Provinciali. Tale documento costituisce il punto di partenza per arrivare alla definizione di un protocollo comune per la caratterizzazione del particolato;
- il "Protocollo di Campionamento degli Inquinanti Atmosferici", ancora a livello di bozza, in cui sono state raccolte le informazioni di base al fine di produrre un protocollo unico valido per tutta l'ARPAV;
- l'Istruzione Operativa per la normalizzazione della massa del particolato atmosferico tramite l'utilizzo dei filtri spia, al fine di migliorare la determinazione gravimetrica del PM<sub>10</sub>;
- la Procedura Operativa che descrive le modalità per il collaudo degli analizzatori automatici di PM<sub>10</sub> acquisiti per le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria;
- la Procedura "Criteri per la realizzazione di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria mediante stazioni rilocabili", che costituisce una proposta di metodologia per la conduzione di indagini sul territorio alla luce dei recenti criteri normativi in materia.

Sono stati inoltre realizzati i seguenti circuiti di interconfronto:

- sulle misure gravimetriche di PM<sub>10</sub>, realizzato al fine di individuare i limiti di confrontabilità delle determinazioni gravimetriche del particolato depresso sui filtri, effettuate nei diversi Laboratori Provinciali di ARPAV e della prima stima dell'incertezza di misura dovuta alla determinazione gravimetrica;

- nell'ambito della Mappatura Aree Remote, per validare il metodo di prova per la determinazione di ozono e biossido di azoto mediante la tecnica del campionamento passivo; per valutare la comparabilità fra i risultati forniti dai diversi Dipartimenti Provinciali nella determinazione delle concentrazioni ambientali di ozono, biossido di azoto e benzene, utilizzando campionatori passivi di due differenti ditte; per confrontare i risultati ricavati con la tecnica del campionamento passivo rispetto ai valori ottenuti per gli stessi parametri e nelle stesse condizioni sperimentali tramite i metodi di riferimento o equivalenti al metodo di riferimento;
- con altre Agenzie Regionali e di altri Stati europei, su misure automatiche di CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> (strumentazione e bombole per la taratura) presso il Joint Research Center di Ispra (VA), centro di riferimento per la scienza e la tecnologia al servizio della Commissione Europea.

Una condizione necessaria per l'ottenimento di dati di qualità dell'aria affidabili al fine dell'informazione al pubblico ed agli Enti Locali consiste nel regolare mantenimento in funzione della strumentazione utilizzata per il monitoraggio, che deve essere assoggettata ad un sistema di controllo per la riferibilità del dato. Al fine di controllare periodicamente la correttezza di risposta della strumentazione rispetto ad uno standard di riferimento, il Laboratorio Controllo Qualità dell'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV si occupa della progettazione ed attuazione di un programma di tarature per la strumentazione automatica della rete (stazioni fisse e rilocabili) e di certificazione delle bombole utilizzate allo scopo.

#### **1.2.6 Pubblicazione on line dei dati di qualità dell'aria e trasmissione al database dell'Agenzia Europea per l'Ambiente**

Le normative sulla qualità dell'aria hanno previsto degli specifici articoli in cui sono esplicitate le informazioni da fornire al pubblico ed alle categorie interessate, a cura delle Regioni o degli Enti competenti, non solo in caso di episodi acuti di inquinamento atmosferico, ma soprattutto periodicamente, per rendere consapevole la collettività dello stato di qualità dell'aria. Le attività sviluppate in questa task intendono rendere trasparenti le informazioni sulla qualità dell'aria e favorire il processo di conoscenza dei dati, anche al fine di supportare gli Enti Locali nella fase decisionale in caso di episodi emergenziali di inquinamento. La gestione delle informazioni deve inoltre rendere possibile il confronto con i dati della qualità dell'aria degli altri paesi europei. A tal scopo, il sito internet di ARPAV è stato implementato nella sezione relativa al tema aria con i contenuti richiesti dalla normativa: dalle informazioni sulla rete, alla normativa in vigore, alle concentrazioni di inquinanti rilevate con frequenza definita. In alcuni casi è stato ulteriormente migliorato il livello dell'informazione fornita, che va al di là dei meri obblighi di legge. Attraverso il portale internet di ARPAV sono stati visualizzati i dati di qualità dell'aria per i principali inquinanti atmosferici, attraverso l'inserimento di grafici che forniscono gli andamenti delle concentrazioni degli inquinanti pressoché in tempo reale. Parallelamente è stato implementato il sistema per l'acquisizione e l'elaborazione delle informazioni, permettendone la successiva trasmissione alla banca dati dell'Agenzia nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) e compatibile con AIRBASE, il database dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA).

#### **1.2.7 Attività di reporting e presentazione finale prodotti**

Durante il periodo di attuazione del progetto, ARPAV ha costantemente mantenuto l'attività di rendicontazione trimestrale alla Regione Veneto attraverso la stesura di un documento di volta in volta aggiornato sullo stato di avanzamento del progetto e le spese sostenute. Le relazioni a carattere tecnico-economico hanno recato informazioni sui provvedimenti adottati interni ad ARPAV, i progressi nelle varie task, la descrizione delle spese sostenute, le attività previste nel trimestre successivo e gli indicatori ambientali.

Al termine del progetto, l'organizzazione del convegno finale ha consentito il reporting delle attività realizzate, attraverso la descrizione degli obiettivi raggiunti e dei prodotti realizzati.

### 1.3 Il finanziamento DOCUP negli anni 2001-2006

Il finanziamento complessivo per la realizzazione del progetto di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e mappatura aree remote è stato stanziato dalla Regione Veneto a beneficio di ARPAV con Deliberazione della Giunta Regionale n. 2384 del 9 agosto 2002 [3] per un importo pari a 2.5 milioni di Euro, suddiviso tra le zone Obiettivo 2 e le aree a sostegno transitorio nel periodo 2001-2006, come indicato in Tabella 4. Con medesimo provvedimento l'ARPAV è stata contestualmente incaricata quale responsabile dell'attuazione delle procedure amministrative, tecniche e finanziarie per la realizzazione del progetto.

Tabella 4 - Suddivisione del finanziamento complessivo nel periodo 2001 – 2006

ANNO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	TOTALE
<b>FINANZIAMENTO</b>	<b>865.548</b>	<b>202.994</b>	-	<b>501.934</b>	<b>369.726</b>	<b>559.798</b>	<b>2.500.000</b>
OBIETTIVO 2	546.080	56.470	-	408.440	335.652	559.798	1.924.440
SOSTEGNO TRANSITORIO	301.468	146.524	-	93.494	34.074	-	575.560

Nella Deliberazione sono riportati alcuni vincoli all'utilizzo dei fondi ai sensi del Regolamento CE n. 1685/2000 [14], recante disposizioni di applicazione del Regolamento CE n. 1260/1999 [2] in merito all'ammissibilità delle spese concernenti le operazioni cofinanziate dai Fondi Strutturali.

Essendo tale la natura del finanziamento, vi è il vincolo di utilizzare i fondi per attività o per investimenti finalizzati al beneficio delle stazioni situate nei Comuni eleggibili (Regolamento CE 1260/1999 [2], Obiettivo 2 DOCUP, art. 4, parr. 5, 6, 7, 9) e le stazioni situate nei Comuni a sostegno transitorio (Regolamento CE 1260/1999 [2], Obiettivo 2 DOCUP, art. 6, par. 2). Secondo quanto previsto dallo stesso Regolamento CE n. 1685/2000 [14], i macchinari e le attrezzature oggetto degli investimenti, di nuova fabbricazione, sono stati installati nelle aree Obiettivo 2 o a sostegno transitorio, e non possono essere ceduti, alienati o distratti prima di cinque anni decorrenti dalla data di concessione del contributo.

Gli interventi da realizzare per l'ottimizzazione della rete regionale della qualità dell'aria non possono però essere esclusivamente relegati ai Comuni eleggibili, in cui è situata solo una parte delle stazioni di monitoraggio. Per procedere all'adeguamento delle altre stazioni previste dal progetto e posizionate in Comuni non appartenenti ad aree DOCUP, si è reso necessario lo stanziamento di fondi di altra natura. A tal proposito, con Deliberazione della Giunta n. 4146 del 30/12/03 [15] la Regione Veneto ha concesso un ulteriore finanziamento per un importo pari a 1.5 milioni di Euro (ex D. Lgs. 112/98 [16]) per la prosecuzione delle attività del progetto.

Una volta effettuato l'accertamento da parte di ARPAV del finanziamento relativo a ciascuna annualità, è stato predisposto il piano di spesa recante la suddivisione dei fondi in diversi capitoli di spesa, che hanno riguardato principalmente:

- l'acquisizione di apparecchiature, strumentazione, cabine e stazioni rilocabili per il monitoraggio della qualità dell'aria;
- l'adeguamento della strumentazione, delle stazioni fisse e delle stazioni rilocabili utilizzate per le campagne di monitoraggio nei Comuni eleggibili;
- l'acquisto di hardware e software;
- gli incarichi di consulenza per il biomonitoraggio e collaborazione per altre task di progetto, assegnati a soggetti qualificati la cui professionalità non era stata individuata tra il personale ARPAV;
- le collaborazioni con personale interno ARPAV per lo svolgimento delle attività di progetto extra orario di servizio (attività aggiuntiva);
- la realizzazione di studi specifici, uno per l'analisi dei dati della rete EMEP e l'altro propedeutico alla definizione della configurazione ottimale di rete;
- l'attività di mappatura aree remote realizzata mediante campagne con stazioni rilocabili e campionatori passivi ad opera dei Dipartimenti Provinciali;
- le spese per l'allestimento del convegno finale di presentazione delle attività e dei prodotti realizzati.

Nel grafico in Figura 2 si riportano le percentuali di utilizzo del finanziamento complessivo, suddiviso tra le principali voci di spesa.

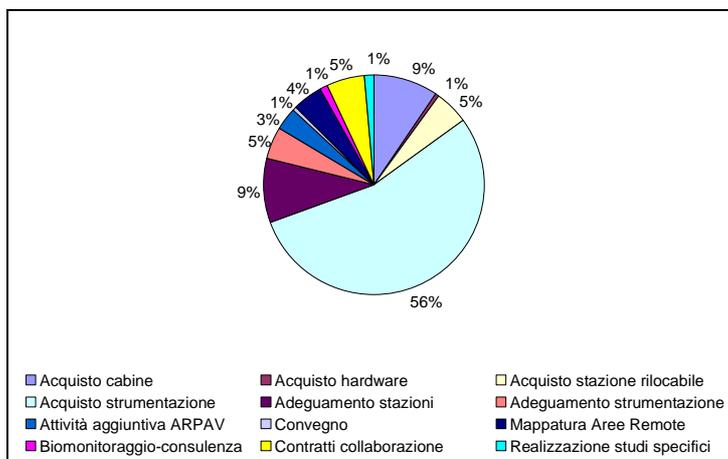


Figura 2 - Contributo percentuale delle principali voci di spesa nell'utilizzo del finanziamento

Dall'analisi del grafico si osserva come le voci di "acquisto" siano predominanti rispetto alle altre tipologie di spesa, con un contributo totale del 71%, mentre gli "adeguamenti" si attestano complessivamente al 14%. La medesima percentuale del finanziamento è stata impiegata nelle spese per il personale interno ed esterno ad ARPAV, mentre le spese per la realizzazione degli studi specifici e del convegno finale risultano contribuire per l'1%. Per l'attività di mappatura aree remote, realizzata in collaborazione con i Dipartimenti Provinciali, è stato utilizzato solamente il 4% delle risorse. Un'ulteriore elaborazione consiste nell'individuare i soggetti destinatari del finanziamento in base alla percentuale di risorse ricevute per lo svolgimento delle attività di progetto. In questo caso, dall'analisi del grafico riportato in Figura 3, si osserva come i Dipartimenti Provinciali (tra cui rientra l'Osservatorio Regionale Aria) abbiano beneficiato quasi della totalità dei contributi (88%), che sono stati utilizzati per l'acquisto di strumentazione e stazioni al fine di attuare il raggiungimento della configurazione ottimale di rete e per lo svolgimento dell'attività di mappatura aree remote. Le collaborazioni esterne hanno assorbito solamente il 5% del finanziamento, ed hanno contribuito alle attività di predisposizione ed attuazione del progetto, comunicazione agli Enti Locali, reporting, sviluppo del Sistema Qualità per la rete, predisposizione di gare d'appalto per gli acquisti. Le quote di finanziamento di cui hanno beneficiato le collaborazioni interne ad ARPAV e le consulenze si attestano parimenti al 3%, mentre le spese per il convegno finale permangono all'1% del totale.

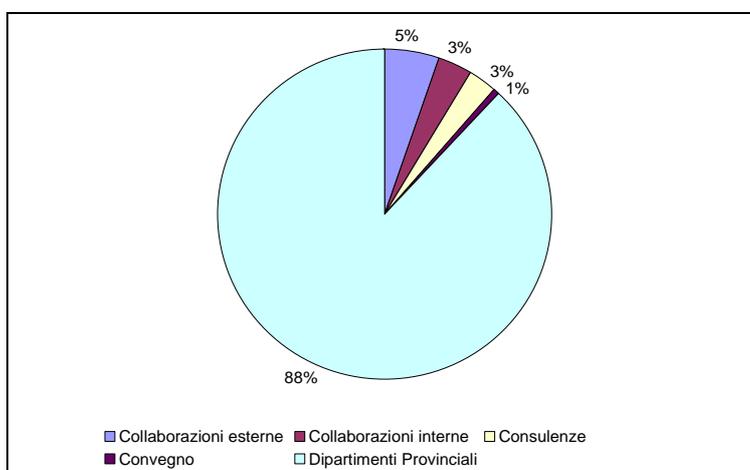


Figura 3 - Soggetti destinatari del finanziamento per lo svolgimento delle attività di progetto

## 1.4 La struttura propositrice del progetto: l'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV

La L.R. 18/10/1996 n. 32 [1], "Norme per l'istituzione ed il funzionamento dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto", ha affidato all'ARPAV i compiti della prevenzione e del controllo ambientale. Nello specifico della componente aria, l'ARPAV effettua il controllo delle fonti d'inquinamento e della qualità dell'aria stessa, svolge funzioni tecniche di controllo sul rispetto delle norme vigenti e delle disposizioni e prescrizioni contenute nei provvedimenti emanati dalle autorità competenti; deve, inoltre, fornire alla Regione ed agli Enti Locali il supporto tecnico-scientifico necessario all'elaborazione di piani e programmi per la protezione ambientale.

Il Servizio Osservatorio Regionale Aria è la struttura di riferimento tecnico all'interno dell'Agenzia per il tema aria. E' nato nel 1999 grazie ad un cofinanziamento tra la Regione del Veneto e la Comunità Europea (Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, Obiettivo 2 1997-1999).

L'Osservatorio Aria svolge una funzione di supporto tecnico e gestionale ai Dipartimenti ARPAV Provinciali ed alle Amministrazioni pubbliche competenti in materia ambientale, con l'obiettivo di migliorare la conoscenza sulle pressioni e sullo stato della qualità dell'aria e di sviluppare le politiche di contenimento dell'inquinamento atmosferico nel territorio regionale veneto.

L'Osservatorio Aria si articola nei seguenti Uffici:

- Ufficio Supporto Politiche Regionali Inquinamento Atmosferico;
- Ufficio Modellistica Aria;
- Ufficio Laboratorio Controllo Qualità Aria.

Nello specifico l'Osservatorio Aria si occupa di:

- gestione e sviluppo di progetti tematici inerenti la matrice aria (in ambito regionale e nazionale);
- supporto conoscitivo e gestionale ai Dipartimenti ARPAV Provinciali ed agli enti deputati alla pianificazione del risanamento e della tutela della qualità dell'aria;
- attività di interfaccia tra ARPAV e APAT/Ministero dell'Ambiente sul tema della qualità dell'aria;
- attuazione di compiti derivanti dalla partecipazione dell'ARPAV al Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima Emissioni (CNT-ACE);
- supporto tecnico per controllo qualità delle misure degli inquinanti atmosferici;
- sviluppo, applicazioni sperimentali e distribuzione di metodologie per la mappatura dello stato pressorio e di qualità della componente aria, nonché di modellistica diffusionale e stocastica;
- sperimentazione di strumentazione di monitoraggio innovativa in collaborazione con i Dipartimenti ARPAV Provinciali;
- assistenza alle strutture regionali per la predisposizione, l'attuazione e la revisione del Piano di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera.

Le attività svolte dal personale dell'Osservatorio Aria producono informazioni ad uso interno, come gli indirizzi inerenti la riorganizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria perché sia rispondente alle Direttive comunitarie, le verifiche sulla qualità delle misure prodotte dai monitoraggi in continuo, e ad uso esterno come i rapporti annuali di valutazione dello stato qualitativo dell'aria a livello locale e regionale.

Altri output sono il frutto del supporto alla Regione del Veneto, Unità Complessa Tutela dell'Atmosfera, nell'elaborazione del Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera, dei piani e programmi per contenere l'inquinamento atmosferico (ai sensi del D.Lgs. 351/99 [5]) e di valutazioni di impatto sulla matrice aria di nuove strade, impianti industriali, ecc. a supporto della Commissione VIA regionale.

Sempre su mandato della Regione del Veneto, l'Osservatorio Aria realizza progetti a scala regionale e sub-regionale sulla matrice aria.

L'Osservatorio Aria è stato individuato dall'ARPAV quale struttura attuatrice del progetto di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto e mappatura aree remote. Sono stati coinvolti prioritariamente nelle attività connesse al progetto l'Ufficio Supporto Politiche Regionali Inquinamento Atmosferico e l'Ufficio Laboratorio Controllo Qualità Aria.

La struttura, per la realizzazione delle attività previste, ha operato in stretta collaborazione con i Dipartimenti ARPAV Provinciali e con altre strutture ARPAV quali il Settore Sistema Informativo e l'Unità Operativa Reti di Monitoraggio.

## **1.5 Adempimenti di controllo per l'attuazione del progetto**

Ai fini del controllo dell'attuazione del presente progetto, in ottemperanza a quanto espressamente stabilito dalla Giunta Regionale con Deliberazione n. 2384 del 9 agosto 2002 [3], ARPAV ha inviato alla Regione Veneto relazioni trimestrali recanti lo stato di avanzamento e la rendicontazione economica del progetto. Tali relazioni hanno permesso di monitorare costantemente l'attuazione del progetto, le spese sostenute, il completamento delle forniture, le attività previste.

La quantificazione dei risultati raggiunti con l'esecuzione del progetto è stata monitorata mediante la compilazione ed il periodico aggiornamento di una scheda, predisposta dalla Regione Veneto, recante la definizione degli indicatori ambientali.

In seguito alla presentazione del progetto esecutivo, ARPAV provvederà all'appalto, portando a conoscenza delle ditte concorrenti gli obblighi derivanti dal disciplinare approvato dalla Regione del Veneto, alla contabilizzazione ed a quant'altro attiene l'esecuzione dei lavori relativi secondo le norme vigenti.

ARPAV, in collaborazione con la Regione Veneto, provvederà alla trasmissione delle informazioni riguardanti le varie fasi del progetto alla Commissione Europea.

## **1.6 Investimenti, modalità di acquisto di beni e servizi**

L'attuazione del progetto ha previsto che la quota maggiore di spese venisse impiegata come investimento per l'acquisizione di nuove apparecchiature, strumentazione, cabine e stazioni rilocabili per il monitoraggio della qualità dell'aria, e di hardware per la gestione dei dati.

Per quanto riguarda le modalità di acquisizione dei beni, sono state seguite le indicazioni del "Regolamento per la gestione degli approvvigionamenti", approvato con atto interno ad ARPAV nel 2003, successivamente modificato nel 2005 per aggiornarlo alle disposizioni legislative, semplificare i procedimenti ed uniformare sotto il profilo amministrativo le procedure di acquisizione di beni e servizi.

Le tempistiche per lo stanziamento dei finanziamenti, la spesa e rendicontazione dei fondi hanno spesso indirizzato ARPAV ad attuare la modalità di spesa, in funzione dell'importo degli acquisti, per approvvigionamenti di importo superiore a 50.000 Euro. In tal caso sono state indette gare di appalto in cui sono state applicate le procedure previste dalla legislazione comunitaria o recepita in ambito nazionale per acquisti superiori a 50.000 Euro, importo previsto come soglia di riferimento dalla Legge Finanziaria n. 289/02 [17] ("soglia UE"). Gli acquisti sono stati effettuati direttamente dalla Direzione Amministrativa dell'ARPAV secondo le procedure previste dal D.Lgs. 24/07/1992 n. 358 [18] e successive modifiche ed integrazioni, e dal D.Lgs. 17/03/1995 n. 157 [19] e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare, per l'acquisizione di apparecchiature di campionamento ed analisi della qualità dell'aria nell'ambito del presente progetto, le gare di appalto "europee" sono state esperite mediante licitazione privata, poiché è risultato molto ristretto il numero dei fornitori disponibili. Per beneficiare entro i termini prefissati del finanziamento, in alcuni casi è stata utilizzata la "procedura accelerata" ai sensi dell'art. 7, 8° comma, lettera a) del citato D.Lgs. 358/92 [18], in considerazione dell'urgenza di acquisire le apparecchiature in questione.

La modalità di approvvigionamento in economia, in cui il limite massimo per gli acquisti è pari a 20.000 Euro, è stata utilizzata relativamente all'acquisizione di beni ed all'esecuzione delle opere ai fini dell'adeguamento

strumentale e strutturale delle stazioni rilocabili. In questo caso la gestione della procedura di acquisto è stata seguita dai Dipartimenti ARPAV Provinciali.

Per quanto riguarda l'acquisizione di hardware di supporto per le attività inerenti il progetto, invece, ARPAV ha aderito al sistema di convenzionamento CONSIP, strumento preferenziale per acquisto di beni e forniture senza alcun limite di importo, come prescritto dall'art. 26 della L. 448/01 (Finanziaria 2002 [20]) e dalla L. 405/01 [21], modificato con L. 191/04 [22].

Come richiesto dalla Delibera della Giunta Regionale n. 2384 del 9 agosto 2002 [3], i pagamenti sono stati comprovati da fatture quietanzate e/o documenti contabili aventi forza probatoria equivalente in base alle disposizioni nazionali, forniti in originale per i successivi controlli da parte del personale a tal fine delegato.

A informazione dell'opinione pubblica sul ruolo svolto dall'Unione Europea in favore degli interventi realizzati e dei risultati conseguiti, come richiesto da detto Regolamento, sono state realizzate da ARPAV apposite targhe, applicate sulla strumentazione e sulle cabine delle stazioni di monitoraggio che hanno beneficiato dei contributi.

## 1.7 Riferimenti bibliografici

[1] Legge Regionale del 18/10/1996, n. 32. Norme per l'istituzione ed il funzionamento dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV).

[2] Regolamento CE n. 1260 del 21/06/1999. Disposizioni generali sui fondi strutturali.

[3] Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 2384 del 09/08/2002. Documento Unico di Programmazione (DOCUP) Obiettivo 2 Anni 2000-2006 e zone a sostegno transitorio – Asse 4 “Ambiente e Territorio”, Misura 4.3 “Monitoraggio, informazione ed educazione ambientale”. Approvazione programma ARPAV.

[4] Direttiva 96/62/CE del Consiglio, del 27 settembre 1996, in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 21/11/96.

[5] Decreto Legislativo n. 351 del 04/08/99. Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

[6] Direttiva 1999/30/CE del Consiglio, del 22 aprile 1999, concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 29/06/1999.

[7] Direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 novembre 2000, concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 13/12/2000.

[8] Decreto Ministeriale n. 60 del 02/04/2002. Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio, del 22 aprile 1999, concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

[9] Direttiva 2002/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 febbraio 2002, relativa all'ozono nell'aria. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 09/03/2002.

[10] Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 183. Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

[11] Agenzia Ambientale Europea, 1999. Criteria for Euroairnet, Technical Report n°12, febbraio 1999.

[12] Decreto Ministeriale 20 settembre 2002. Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999.

[13] Castrofino G., Carminati R., Curci S., Di Leo A., 2005. Guida al Manuale della Qualità delle Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria, Terza Edizione, APAT CTN-ACE, marzo 2005.

[14] Regolamento CE n. 1685 del 28/07/2000. Disposizioni di applicazione del Regolamento (CE) n. 1260/1999 del Consiglio per quanto riguarda l'ammissibilità delle spese concernenti le operazioni cofinanziate dai Fondi strutturali.

- [15] Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 4146 del 30/12/03. Progetto ARPAV "Ottimizzazione della rete regionale di controllo della qualità dell'aria del Veneto e mappatura aree remote".
- [16] Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112. Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.
- [17] Legge 27 dicembre 2002, n. 289. Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2003).
- [18] Decreto Legislativo 24 luglio 1992, n. 358. Testo unico delle disposizioni in materia di appalti pubblici di forniture in attuazione delle direttive 77/62/CEE, 80/767/CEE e 88/295/CEE.
- [19] Decreto Legislativo del 17/03/1995, n. 157. Attuazione della direttiva 92/50/CEE in materia di appalti pubblici di servizi.
- [20] Legge 28 dicembre 2001, n. 448. Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2002).
- [21] Legge 16 novembre 2001, n. 405. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 settembre 2001, n. 347, recante interventi urgenti in materia di spesa sanitaria.
- [22] Legge 30 Luglio 2004, n. 191. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 luglio 2004, n. 168, recante interventi urgenti per il contenimento della spesa pubblica.

## **2 Reti di monitoraggio della qualità dell'aria**

### **2.1 Introduzione**

Il programma di riqualificazione e ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto costituisce la risposta al bisogno di informazioni capillari sullo stato della qualità dell'aria, in linea con la normativa vigente, comunitaria e nazionale.

La L.R. n. 32/1996, istitutiva dell'ARPAV, stabilisce all'art. 3 le funzioni tecniche assegnate all'Agenzia, tra cui la protezione dall'inquinamento atmosferico. Tenuto conto che ARPAV iniziò effettivamente ad esercitare le proprie funzioni a partire dal 1998, il trasferimento delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria dalla precedente gestione di Comuni e Province iniziò a partire dal 1999.

Nel presente capitolo si illustra la metodologia alla base della definizione della nuova configurazione di rete e si descrive l'iter seguito dall'Ufficio Supporto alle Politiche Regionali dell'Osservatorio Regionale Aria al fine della concretizzazione di tale metodologia. Il paragrafo 2.3.1 descrive le implementazioni realizzate in termini di acquisto di strumentazione per il controllo della qualità dell'aria e di attivazione di siti di monitoraggio più rappresentativi della qualità dell'aria.

Il paragrafo 2.3.2 è dedicato alla descrizione delle attività di controllo qualità dei dati avviate e poi rese operative a cura dell'Osservatorio Regionale Aria (Laboratorio Controllo Qualità), grazie al finanziamento DOCUP che ha permesso anche l'acquisizione di un sistema di gestione unico dei dati relativi alla qualità dell'aria, prima inesistente.

I dati ottenuti dalle stazioni per il Monitoraggio della Qualità dell'aria sono utilizzati per le più svariate elaborazioni, i cui risultati forniscono importanti indicazioni agli Enti locali per decidere in merito all'attuazione dei provvedimenti per la riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Per le implicazioni che ciò comporta (limitazioni del traffico, targhe alterne, ecc.), requisiti essenziali per l'ottenimento di dati di qualità dell'aria affidabili sono che la strumentazione usata per i monitoraggi sia sottoposta a regolare manutenzione e che ci sia un sistema di controllo per la riferibilità del dato.

Una parte rilevante del lavoro ha riguardato il miglioramento dell'informazione da fornire al pubblico, attraverso l'aggiornamento della pagina internet dedicata alla matrice aria, implementata a cura dell'Ufficio Supporto alle Politiche Regionali dell'Osservatorio Regionale Aria con dati della qualità dell'aria e i bollettini previsionali.

Infine uno degli obiettivi del progetto era quello di razionalizzare le spese di gestione, garantendo, al contempo, un livello di qualità dei servizi erogati più elevato rispetto a quello iniziale.

### **2.2 Metodologia e pianificazione dell'indagine**

#### **2.2.1 Una metodologia oggettiva per la valutazione del posizionamento delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria**

##### **Obiettivo**

L'obiettivo della parte di progetto descritta in questo paragrafo è la descrizione di una metodologia che permetta di formulare un giudizio oggettivo sull'ubicazione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Per la definizione di tale metodologia sono stati presi in considerazione la normativa vigente ed i documenti tecnici di buona norma quali il report "Criteria for Euroairnet" [1].

Il D.Lgs. 351/1999 [2] introduce il concetto di zonizzazione, quindi di zona ed agglomerato, cioè di parti del territorio all'interno delle quali la qualità dell'aria deve essere monitorata e gestita secondo precise indicazioni. Il DM 60/2002 [3] e il D.Lgs. 183/2004 [7] definiscono il numero minimo di stazioni di monitoraggio che devono essere presenti all'interno di ciascuna zona, ma non stabiliscono il numero ottimale. Questo potrebbe essere determinato in base alla quantità di informazione aggiuntiva che una

nuova stazione è in grado di fornire rispetto a quelle già presenti. Dovrebbe cioè essere determinata la quantità di informazione fornita da ogni stazione di monitoraggio appartenente, ad esempio, ad una zona o un agglomerato, e quindi dovrebbe essere determinato un criterio che permetta di giudicare economicamente non conveniente l'aggiunta, o la presenza, di una stazione, considerando l'informazione che essa porta e i relativi costi di acquisizione e di manutenzione. Considerazioni di questo tipo, almeno per quanto concerne la parte relativa all'informazione, sono contenute anche in La Sala e Cirillo (1995) [4].

La metodologia sviluppata non permette di calcolare il numero ottimale di stazioni di una rete di monitoraggio, almeno non in maniera diretta. Essa permette di attribuire un punteggio o giudizio (i due termini sono utilizzati in maniera interscambiabile nel seguito), relativamente al posizionamento di ogni stazione di monitoraggio, non in base all'informazione fornita da ciascuna di esse, ma in funzione di quanto essa sia in accordo con quanto indicato nella legislazione o nei documenti tecnici. Quindi, trovandosi nell'eventuale esigenza di diminuire il numero di stazioni di monitoraggio che compongono una rete, una volta attribuiti i punteggi ad ognuna di esse, è possibile iniziare l'eliminazione a partire da quelle caratterizzate da punteggi più bassi.

La metodologia è in grado di stimare un giudizio in merito al macroposizionamento delle stazioni di monitoraggio, mentre il corretto microposizionamento dovrà essere valutato con altri metodi, stazione per stazione.

Il "giudizio" sull'ubicazione delle stazioni di monitoraggio viene espresso tramite indicatori o loro combinazioni (indici). Un indicatore può essere definito come un numero che permette di quantificare un fenomeno complesso semplificandolo, al fine di promuoverne la comunicazione [5; 6].

## Strumenti

Gli strumenti fondamentali per la creazione della metodologia sono le indicazioni contenute nel DM 60/2002 [3], nel D.Lgs. 183/2004 [7] e in Euroairnet [1].

Il DM 60/2002 (allegato VIII) [3] fornisce le indicazioni per l'ubicazione su macroscale dei punti di campionamento di Biossido di Zolfo ( $\text{SO}_2$ ), Biossido di Azoto ( $\text{NO}_2$ ), Ossidi di Azoto ( $\text{NO}_x$ ), particolato  $\text{PM}_{10}$ , Piombo (Pb), Benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) e Monossido di Carbonio (CO).

Per quanto riguarda la protezione della salute umana, il Decreto stabilisce che i punti di campionamento devono essere ubicati in modo da:

- 1) "fornire dati sulle aree all'interno di zone ed agglomerati dove si raggiungano i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta, direttamente o indirettamente, per un periodo significativo in relazione al periodo di mediazione del valore limite";
- 2) "fornire dati sui livelli nelle altre aree all'interno delle zone e degli agglomerati che sono rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale. I punti di campionamento dovrebbero, in generale, essere ubicati in modo da evitare misurazioni di microambienti molto ridotti nelle loro immediate vicinanze".

Orientativamente un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo della qualità dell'aria in una zona circostante non inferiore a  $200 \text{ m}^2$ , in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni  $\text{km}^2$ , in siti di fondo urbano. I punti di campionamento dovrebbero, laddove possibile, essere anche rappresentativi di ubicazioni analoghe non nelle loro immediate vicinanze.

Per quanto riguarda i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi e della vegetazione, essi dovrebbero essere ubicati 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. Orientativamente un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente in un'area circostante di almeno  $1000 \text{ km}^2$ . Tenendo conto delle condizioni geografiche si può prevedere che un punto di campionamento venga ubicato ad una distanza inferiore o sia rappresentativo della qualità dell'aria ambiente in un'area meno estesa.

Il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PB, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e CO emessi da fonti diffuse, ai fini della protezione della salute umana, dipende dalla popolazione dell'agglomerato o zona e dal superamento o meno della soglia di valutazione superiore (allegato IX, punto I del DM 60/02 [3]).

Il numero minimo di punti di campionamento nelle vicinanze di fonti puntuali deve essere calcolato tenendo conto della densità di emissioni, del probabile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria ambiente e della potenziale esposizione della popolazione.

Per quanto riguarda la protezione degli ecosistemi, il numero minimo di punti di campionamento per misurazioni in siti fissi è indicato (allegato IX, punto II del DM 60/02 [3]) in uno ogni 20000 km<sup>2</sup> se i livelli superano la soglia di valutazione superiore, altrimenti uno ogni 40000 km<sup>2</sup> se i livelli si attestano tra soglia di valutazione inferiore e superiore.

Il D.Lgs. 183/2004 [7] fornisce indicazioni per l'ubicazione su macroscala delle stazioni per il monitoraggio dell'ozono. I punti di campionamento devono, nella misura del possibile, essere rappresentativi di zone analoghe non ubicate nelle immediate vicinanze.

Il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di O<sub>3</sub>, laddove la misurazione continua è la sola fonte di informazione, è funzione della popolazione della zona (allegato V del D.Lgs. 183/04 [7]).

Almeno una stazione di monitoraggio deve essere ubicata nelle zone suburbane, dove può verificarsi la maggiore esposizione della popolazione. Per determinare il "valore di fondo" è necessaria una stazione ogni 50000 km<sup>2</sup>, che può diventare una ogni 25000 km<sup>2</sup> nel caso di zone topograficamente complesse.

Il documento "Criteria for Euroairnet" dell'EEA [1] stabilisce alcuni criteri per l'armonizzazione a livello europeo delle reti di monitoraggio. E' importante considerare anche questo documento, oltre a quanto previsto dalla legge, perché esso contiene una classificazione più dettagliata delle stazioni di monitoraggio e perché fornisce altre indicazioni tecniche non presenti nella legislazione. In particolare, la classificazione delle stazioni di monitoraggio proposta da Euroairnet [1], indicata anche nella Decisione 2001/752/CE [8], si basa sulla classificazione del tipo di stazione, del tipo di zona e delle caratteristiche della zona.

Il tipo di stazione può essere: Traffico (T), Background (B) o Industriale (I); il tipo di zona può essere Urbana (U), Suburbana (S) o Rurale (R), e quest'ultima è ulteriormente suddivisa in Near city (R1), Regional (R2) o Remote (R3); infine le caratteristiche della zona possono essere: Residenziale (Res), Commerciale (C), Industriale (I), Agricola (A), Naturale (N) o una combinazione di queste (ad esempio Res o AN). La classificazione è riportata anche in Tabella 5.

Tabella 5 - Classificazione delle stazioni, come indicato nel documento "Criteria for Euroairnet"

<b>Tipo di stazione</b>	<b>Tipo di zona</b>	<b>Caratteristiche della zona</b>
Traffico (T)	Urbana (U)	Residenziale (Res)
Industriale (I)	Suburbana (S)	Commerciale (C)
Background (B)	Rurale (R)	Industriale (I)
		Agricola (A)
		Naturale (N)

Questa classificazione deve essere utilizzata per descrivere la stazione, insieme alle coordinate geografiche, all'altitudine, alla localizzazione mediante indicazione della via e del Comune. L'insieme di tutte queste notizie di carattere descrittivo sono denominate "metadati" e rappresentano un'informazione imprescindibile dai dati stessi.

Secondo Euroairnet [1] i criteri per la selezione dei siti dove ubicare le stazioni devono seguire:

- 1) la distribuzione spaziale della popolazione, dei materiali e degli ecosistemi;
- 2) l'intervallo di esposizione, in termini di spazio e tempo, dai livelli più bassi a quelli più alti. In merito al punto 1, la distribuzione spaziale dell'esposizione è diversa per ogni inquinante e per ogni target (popolazione, monumenti, ecosistemi).

Per quanto riguarda la protezione della popolazione, all'interno delle città gli inquinanti da monitorare sono quelli di origine primaria. Nelle zone rurali gli inquinanti da monitorare sono quelli di natura secondaria, O<sub>3</sub>,

PM<sub>10</sub> e polveri più fini. La selezione delle zone da monitorare deve favorire le zone rurali caratterizzate da maggiore densità di popolazione. Per la selezione sono quindi necessarie informazioni su:

- densità di popolazione nelle zone rurali;
- area di rappresentatività delle stazioni di monitoraggio, in funzione delle caratteristiche orografiche della zona e di quelle dell'inquinante.

L'esposizione dei materiali è legata all'attività umana ed è ben correlata alla distribuzione della popolazione. Secondo Euroairnet [1] dovrebbero essere scelti tre punti di misura che rappresentino: a) il più alto valore di background (o bianco), b) il livello medio di background, c) un punto hot-spot di traffico. Nelle aree industriali invece dovrebbero essere scelti due punti rappresentativi del livello di concentrazione più alto ed del livello medio.

Ai fini della protezione degli ecosistemi, gli inquinanti di interesse sono O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, come previsto anche dalla normativa.

Il Veneto ha una superficie di 18365 km<sup>2</sup> e una popolazione di quasi 4,5 milioni di abitanti. Nei sette capoluoghi la popolazione varia dai circa 35000 abitanti di Belluno agli oltre 275000 abitanti di Venezia, ma la maggior parte della popolazione vive nei piccoli comuni (circa il 65% degli abitanti vive all'interno dei comuni con meno di 20000 abitanti).

La Figura 4 mostra come la nostra regione sia caratterizzata da un insediamento di tipo diffuso, distribuito sulla parte centrale del territorio, diversamente da quello che accade in altre regioni, come l'Emilia e la Lombardia, dove la maggior parte della popolazione è concentrata nei centri urbani e nelle zone immediatamente circostanti.

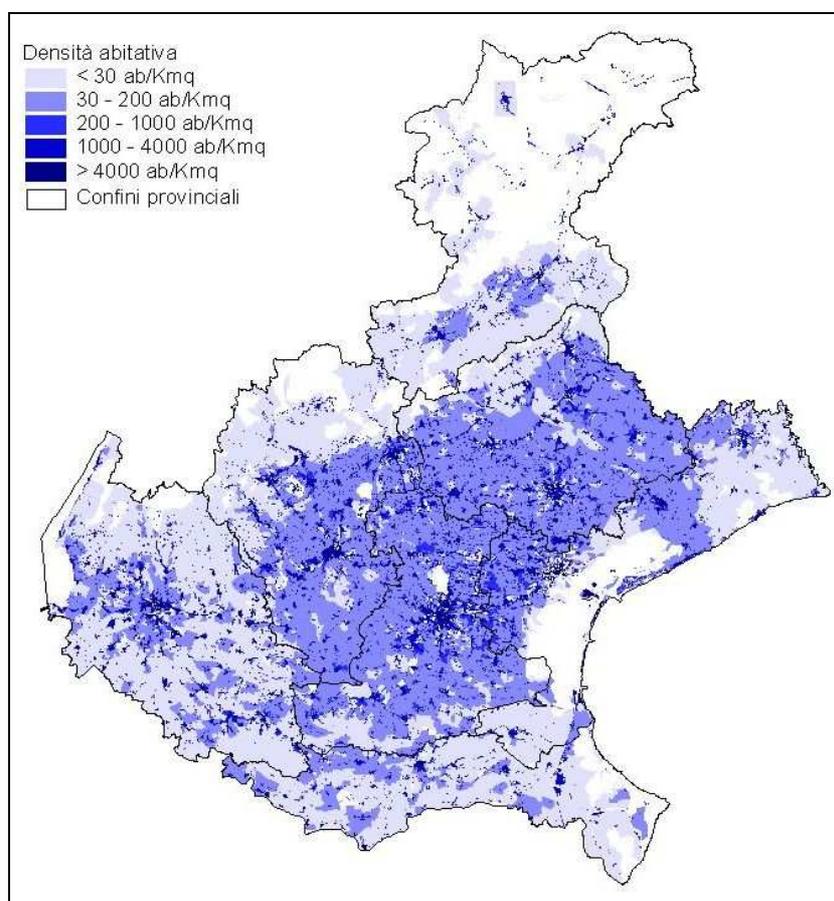


Figura 4 - Densità abitativa nella Regione Veneto

Trattando tutti i capoluoghi di provincia della Regione Veneto come agglomerati e considerando la popolazione dei capoluoghi (solo Venezia e Verona superano i 250000 abitanti) il numero minimo di stazioni di monitoraggio necessarie nell'intera regione per la protezione della salute umana sarebbe pari a 10.

Il numero di stazioni presenti nella configurazione iniziale di rete era circa 6-7 volte di più rispetto al numero minimo stabilito per legge.

E' necessario utilizzare un numero così elevato di stazioni? La loro distribuzione sul territorio è corretta? Per rispondere a queste ultime domande si può osservare ad esempio la Figura 5 che mostra la distribuzione cumulativa della popolazione e il numero di stazioni di monitoraggio di CO all'interno dei comuni con specifiche fasce di popolazione. Oltre un milione e ottocentomila persone vivono nei comuni con popolazione inferiore ai diecimila abitanti ma in tali comuni sono presenti solo due stazioni di monitoraggio del CO. Se è vero, come indicato da Euroairnet [1], che la distribuzione delle stazioni di monitoraggio deve essere coerente con la distribuzione della popolazione, allora si può affermare che i piccoli comuni sono sottomonitorati, mentre le grandi città sono sovramonitorate.

La distribuzione mostrata in Figura 5 per il monossido di carbonio è del tutto simile alla distribuzione delle stazioni di monitoraggio per altri inquinanti. Bisogna osservare però che, in opportune condizioni, spesso verificate nelle zone meno popolate e quindi generalmente meno inquinate, la legislazione ammette anche altre tecniche per la stima delle concentrazioni, ad esempio tecniche modellistiche. In questo caso i piccoli comuni potrebbero non risultare più sottomonitorati, ma le grandi città continuerebbero a rimanere sovramonitorate.

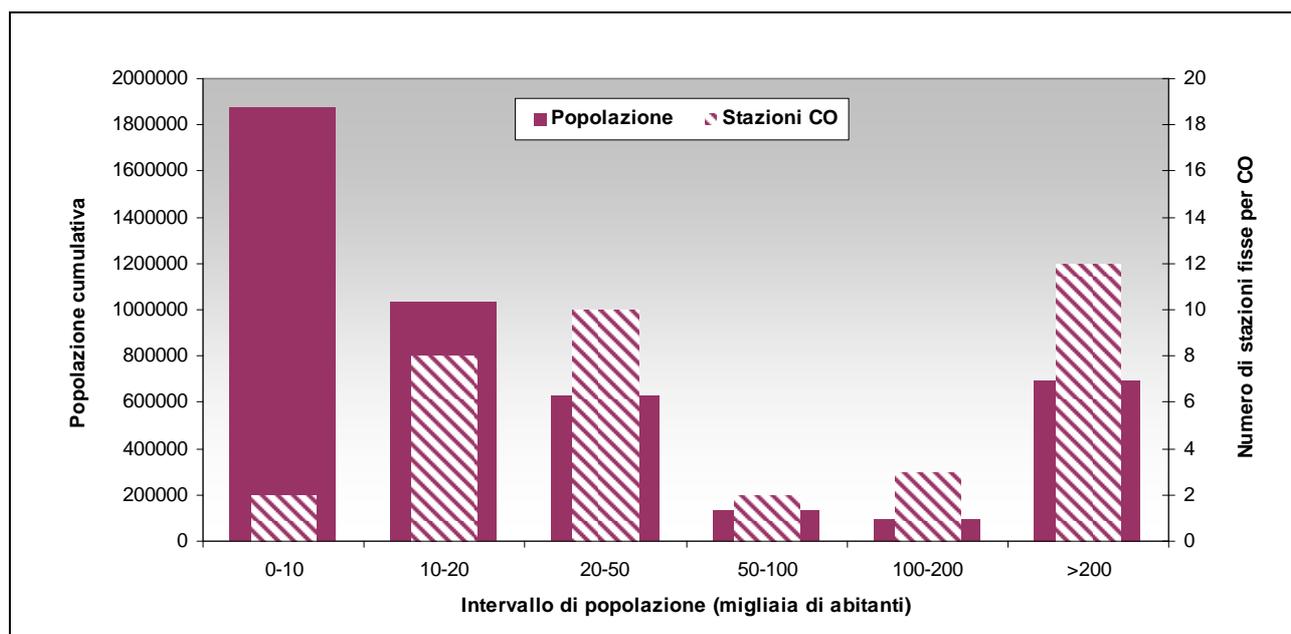


Figura 5 - Distribuzione della popolazione e dei punti di campionamento del monossido di carbonio all'interno dei comuni con diverse classi di popolazione

L'altro criterio da tenere presente nella scelta dei siti di misura è la salvaguardia delle aree protette e delle colture e quindi la verifica dell'esposizione di tali zone all'inquinamento soprattutto da parte dei parametri secondari.

La Figura 6 riporta le colture tipiche presenti nella nostra regione (vigneti, coltivazioni a mais e frumento) insieme alla descrizione delle principali aree protette (parchi regionali, nazionali, zone a protezione speciale). Alcuni tipi di coltivazioni (vigneti, frumento) e di vegetazione risultano sensibili all'O<sub>3</sub>, inquinante secondario e ubiquitario, caratteristico perché permane in atmosfera e viene diffuso a seconda dei venti presenti e delle condizioni meteorologiche anche in zone molto distanti dal luogo in cui è stato prodotto. In base a queste considerazioni e alle informazioni raccolte, è stato verificato che effettivamente esistevano delle zone del territorio regionale (zona pedemontana, Polesine, zona centrale in prossimità dei colli Euganei e Berici) dove era probabile l'accumulo di O<sub>3</sub>.

Queste aree più sensibili risultavano in realtà prive di monitoraggio; ad esempio l'area del bellunese, ricca di parchi e zone montane di particolare interesse (laghetti alpini, vegetazione di muschi e licheni), risultava dotata di tre sole stazioni, tutte posizionate in prossimità di strade con traffico rilevante e quindi non adatte per la determinazione di inquinanti secondari come l'ozono. Analoghe sono le considerazioni per il Polesine e per la Laguna Veneta, aree di interesse per gli ecosistemi presenti.

L'attività di controllo della qualità dell'aria in tali zone contribuisce, quindi, al monitoraggio degli inquinanti "di fondo" in aree naturali e seminaturali caratterizzate dalla conservazione della biodiversità. Inoltre uno degli obiettivi del presente progetto era la mappatura di aree che sarebbero divenute oggetto di sviluppi economici ed imprenditoriali, in accordo con gli scopi del DOCUP, volti al favorire lo sviluppo economico e sociale in zone rurali in declino ed urbane in difficoltà.

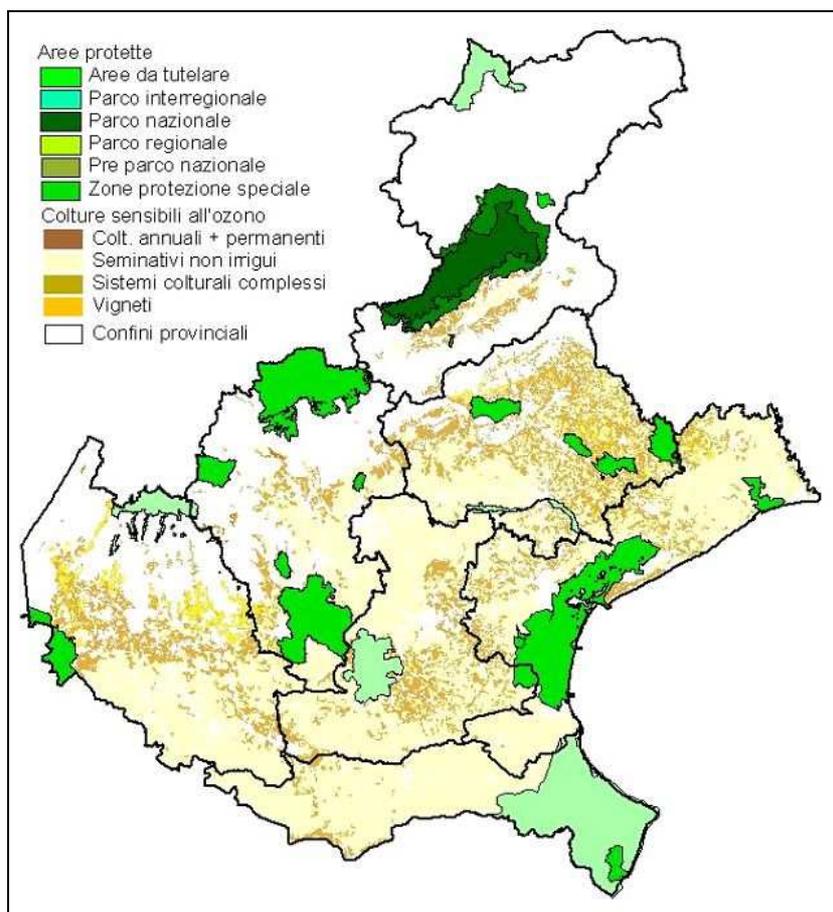


Figura 6 - Le aree protette e le aree coltivate della regione Veneto

Per procedere alla formulazione dell'ipotesi ottimale di rete di monitoraggio, il territorio è stato caratterizzato dal punto di vista delle pressioni e delle vulnerabilità; sono stati individuati i principali insediamenti produttivi della regione (il Polo Industriale di Porto Marghera, i distretti del mobile di Este e Monselice, il Polo Conciario di Arzignano, la centrale termoelettrica di Porto Tolle), le arterie statali e autostradali (Figura 7).

L'obiettivo era quello di individuare le principali sorgenti di emissione e di preventivare nel computo alcune stazioni di tipologia industriale, contenenti strumentazione specifica.

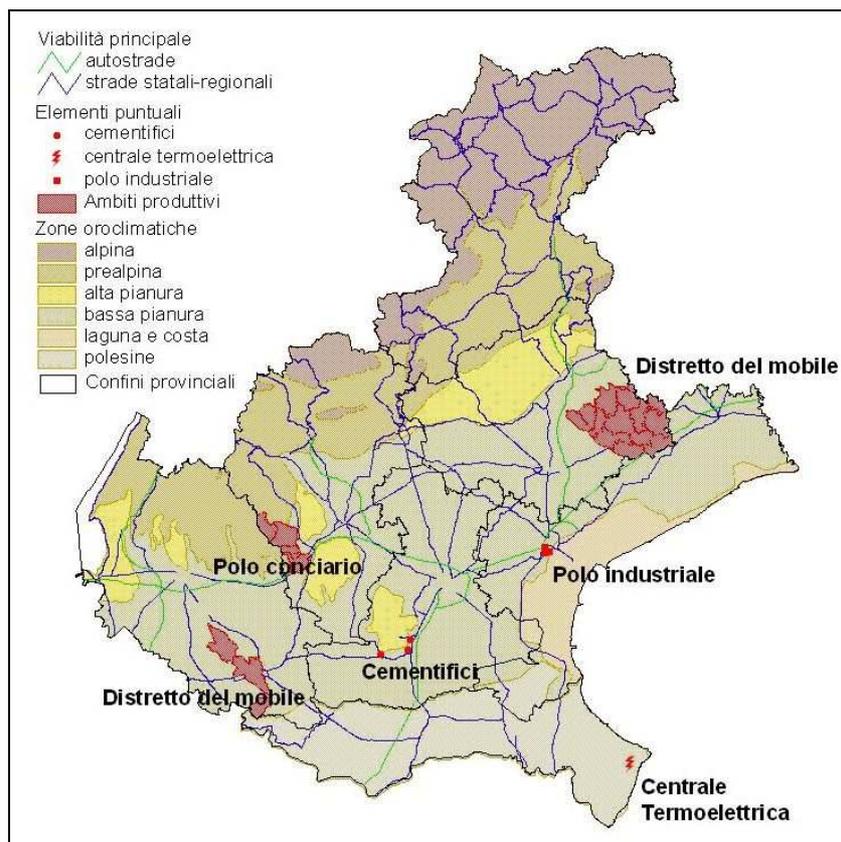


Figura 7 - Le pressioni presenti sul territorio regionale

Ogni stazione di monitoraggio fornisce informazioni che sono rappresentative di una certa area. L'area di rappresentatività può essere definita come l'area in cui la concentrazione non differisce dalla concentrazione misurata nella stazione più di una determinata quantità, tipicamente  $\pm 20\%$ . La determinazione, qualitativa e/o quantitativa, dell'area di rappresentatività, è importante sia per determinare l'esposizione sia, eventualmente, per validare i modelli di dispersione atmosferica. La determinazione dell'area di rappresentatività è fondamentale e difficile, e dipende da molte variabili quali la topografia, la meteorologia e la distribuzione delle emissioni. Valori indicativi per l'area di rappresentatività in funzione della tipologia di stazione sono forniti da Euroairnet [1] e riportati in Tabella 6.

Tabella 6 - Variazione del raggio di rappresentatività delle stazioni di monitoraggio (Euroairnet)

Tipologia di stazione	Raggio area
Traffico	Non determinabile
Industriale	10 – 100 m
Background urbano	100 – 1000 m
Near-city background	1 – 5 km
Regionali	25 – 150 km
Remote	200 – 500 km

Per quanto riguarda la scelta degli inquinanti da monitorare, l'Agenzia Europea per l'Ambiente, nel documento "Criteria for Euroairnet" [1], stabilì un elenco di composti per i quali si rendeva necessario il monitoraggio con un grado di priorità variabile da 1 a 3, a seconda dell'urgenza con cui avrebbero dovuto essere controllati (Tabella 7).

Rispetto alla definizione dei parametri da monitorare occorre fare riferimento ai vincoli normativi (Decreto Legislativo n. 351/99 [2], DM 60/02 [3], Decreto Legislativo n. 183/04 [7] e la Direttiva 2004/107/CE [9]) che prevedono l'obbligo di monitoraggio per: NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, Pb, CO, Benzo(a)pirene (B(a)P) e altri idrocarburi policiclici aromatici (IPA), Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

Tabella 7 - Inquinanti selezionati per essere monitorati tramite la rete EUROAIRNET

Livello di Priorità	Esposizione della popolazione	Esposizione dei materiali	Esposizioni degli ecosistemi
Priorità 1	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , Pb	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>
Priorità 2	CO, PTS, Benzene, IPA, Cd, As, Ni, Hg	HNO <sub>3</sub>	VOC, NO <sub>x</sub>
Priorità 3	Altri composti		

## Metodologia

L'idea di base della metodologia è di rappresentare la "bontà" del posizionamento di ogni stazione di monitoraggio attraverso un indice (un numero compreso tra 0 -pessimo- e 1 -ottimo-) ottenuto dalla composizione di diversi indicatori, ognuno dei quali avente il compito di esprimere sinteticamente l'aderenza o meno, ad una specifica richiesta della normativa o di Euroairnet [1]. Gli indicatori che compongono l'indice vengono detti indicatori normativi, per distinguerli da altri (di rischio), la cui determinazione è funzionale al calcolo dei primi. Gli indicatori normativi verranno descritti nel seguito del paragrafo, mentre gli indicatori di rischio verranno immediatamente descritti.

Le direttive europee e, quindi, la normativa italiana, individuano due target per la qualità dell'aria: la salute umana e la vegetazione (o più in generale gli ecosistemi), mentre Euroairnet [1] considera anche il patrimonio artistico. Per completezza e date le caratteristiche del territorio italiano è stato ritenuto opportuno includere nella metodologia anche questo terzo bersaglio.

Al fine di determinare in maniera oggettiva il rischio causato su questi tre target dall'inquinamento ambientale, la metodologia prevede il calcolo di un indicatore di rischio per ognuno di essi. A questo scopo è necessario avere a disposizione informazioni dettagliate sul territorio relativamente alle emissioni diffuse e puntuali degli inquinanti di interesse, all'utilizzo del suolo, alla distribuzione della popolazione e dei beni architettonici, alla distribuzione delle precipitazioni e alla distribuzione dei flussi di deposizione degli inquinanti. L'intero territorio della Regione Veneto è stato suddiviso in celle di dimensione pari a 2x2 km<sup>2</sup> e le informazioni elencate sono state riferite ad ogni cella.

A partire da queste variabili è possibile calcolare:

- un indicatore di rischio per la popolazione a seguito di emissioni di diversi inquinanti da sorgenti diffuse e da sorgenti puntuali;
- un indicatore di rischio per gli ecosistemi a partire dai flussi di deposizione;
- un indicatore di rischio per i beni architettonici.

L'indicatore di rischio per la popolazione viene calcolato in riferimento alle emissioni diffuse semplicemente come prodotto tra l'emissione oraria areale media in una cella e la popolazione in quella cella:

$$I_{n,i}^{POP,D} = E_{n,i} P_n$$

dove il pedice  $n$  indica la cella  $n$ -esima e il pedice  $i$  indica l' $i$ -esimo inquinante per cui viene calcolato l'indicatore. L'indicatore così definito assume valori elevati all'interno di celle caratterizzate da emissioni e popolazione elevate, mentre assume valori trascurabili in celle poco abitate o con scarse emissioni.

L'indicatore di rischio per la popolazione viene calcolato in riferimento alle emissioni puntiformi come prodotto tra la concentrazione (dovuta alla sorgente in esame) in una cella e la popolazione in quella cella:

$$I_{n,i}^{POP,P} = C_{n,i} P_n$$

dove il pedice  $n$  indica la cella  $n$ -esima e il pedice  $i$  indica l' $i$ -esimo inquinante per cui viene calcolato l'indicatore. La concentrazione viene stimata con un modello di dispersione atmosferica. Data l'indisponibilità delle emissioni puntiformi, questo indice di rischio non è stato calcolato.

L'indicatore di rischio per gli ecosistemi (intesi in questo contesto come le aree verdi) può essere calcolato a partire dalle informazioni sulla deposizione al suolo degli inquinanti più dannosi per la vegetazione: i composti contenenti zolfo ( $SO_x$ ), i composti contenenti azoto ( $NO_2$ ), ed ozono ( $O_3$ ). Tale indicatore può essere stimato come:

$$I_n^{ECO} = \left[ (D_n^{SOX} + D_n^{NO2} + D_n^{O3}) \right] \delta_n^{ECO}$$

dove il pedice  $n$  indica la cella  $n$ -esima,  $D$  indica la deposizione dei tre inquinanti indicati in apice e  $\delta_n^{ECO}$  è una funzione a gradino che vale 1 dove sono presenti aree verdi e 0 altrove. L'indice di rischio per gli ecosistemi è stato calcolato nello studio utilizzando le deposizioni della rete EMEP di  $SO_x$  e  $NO_2$ , e non considerando le deposizioni di  $O_3$ , data la loro indisponibilità.

L'indicatore di rischio per i beni architettonici è calcolato come descritto dall'Istituto Centrale del Restauro. Il rischio può essere quantificato utilizzando due indicatori che verranno successivamente accorpati in un unico indice: l'indicatore di erosione e l'indicatore di annerimento. L'indicatore di erosione  $I_n^{ERO}$  viene stimato utilizzando la formula di Lipfert (1989) [10]. Tale formula si riferisce ai meccanismi "quasi - stazionari" e non tiene conto dei meccanismi discontinui come ad esempio l'esfoliazione delle croste nere, costituite prevalentemente da materiale carbonioso e gesso, che si formano nelle strutture urbane nelle parti riparate dalla pioggia. E' per questo motivo che è necessario un ulteriore indicatore, l'indicatore di annerimento, che invece tiene conto di tali meccanismi. L'indicatore di annerimento viene calcolato basandosi sulle emissioni di particolato in ogni singola cella del dominio e, a partire da queste, determinando la concentrazione media in cella tramite un semplicissimo modello a box. L'indicatore di annerimento può essere quindi calcolato come segue:

$$I_n^{ANN} = \frac{E_n^{PST} D_{CELLA}}{U_n H_n^{mix}} \delta_n^{ARC}$$

dove il pedice  $n$  indica una variabile riferita alla  $n$ -esima cella,  $I_n^{ANN}$  è l'indicatore di annerimento (che ha le dimensioni di una concentrazione),  $E_n^{PST}$  è l'emissione media per unità di superficie e di tempo di PST ( $\mu g/(m^2 s)$ ),  $D_{CELLA}$  è la dimensione della cella (m),  $U_n$  è la velocità media del vento e  $H_n^{mix}$  è l'altezza media dello strato di rimescolamento. La funzione a gradino  $\delta_n^{ARC}$  vale 1 se la cella in esame contiene beni architettonici e 0 altrimenti (nello studio la funzione vale 1 su tutte le celle). I due indicatori vengono infine accorpati nell'indice di rischio per i beni architettonici ottenuto come

$$I_n^{ARC} = I_n^{ERO} + \alpha I_n^{ANN}$$

dove  $\alpha$  è una costante.

Le equazioni sopra riportate sono state utilizzate per determinare gli indici di rischio di ogni cella del dominio di calcolo. A titolo di esempio vengono riportate di seguito alcune mappe di rischio. Le Figure 8, 9, 10 rappresentano le mappe di rischio per la popolazione, dovute a sorgenti diffuse, per gli inquinanti  $CO$ ,  $NO_x$  e  $SO_2$ . Il rischio dovuto al  $CO$  è diffuso ed elevato su tutta la regione, fatta eccezione per alcune aree remote,

mentre l'indice di rischio dovuto a  $\text{NO}_x$ , pur se diffuso, assume valori meno elevati. Il rischio dovuto a  $\text{SO}_2$  è localizzato in alcune aree, prevalentemente quelle interessate da attività industriali importanti. La Figura 11 mostra l'indice di rischio per gli ecosistemi, che è diverso da zero solo dove sono localizzate le aree verdi. Infine la Figura 12 mostra la mappa di rischio per i beni architettonici che, data l'importanza della precipitazione totale nella formula di Lipfert [10], ha un andamento simile a quello della precipitazione.

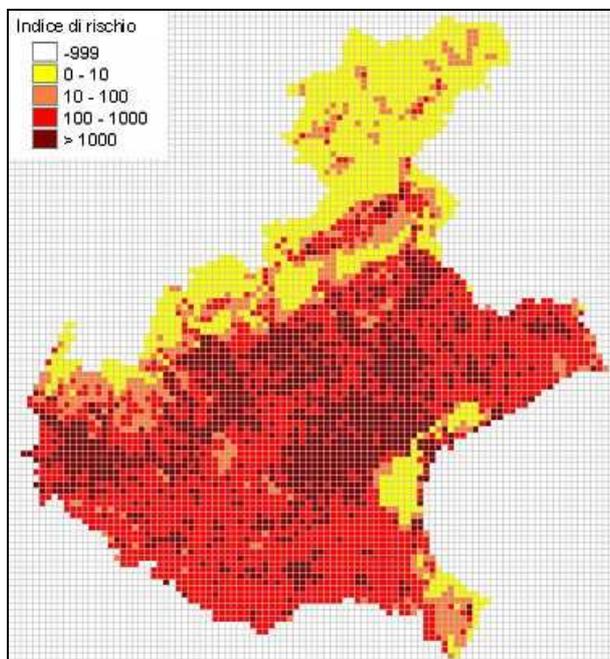


Figura 8 - Mappa di rischio per la popolazione dovuta ad emissioni di CO da sorgenti diffuse

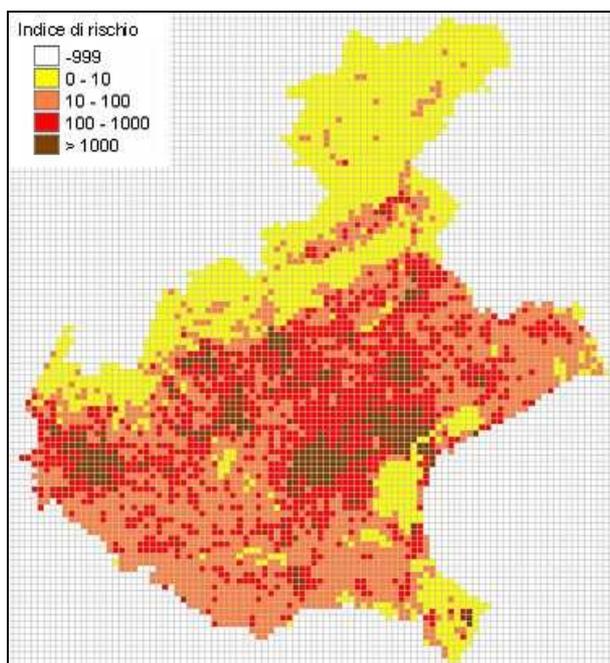


Figura 9 - Mappa di rischio per la popolazione dovuta ad emissioni di  $\text{NO}_x$  da sorgenti diffuse

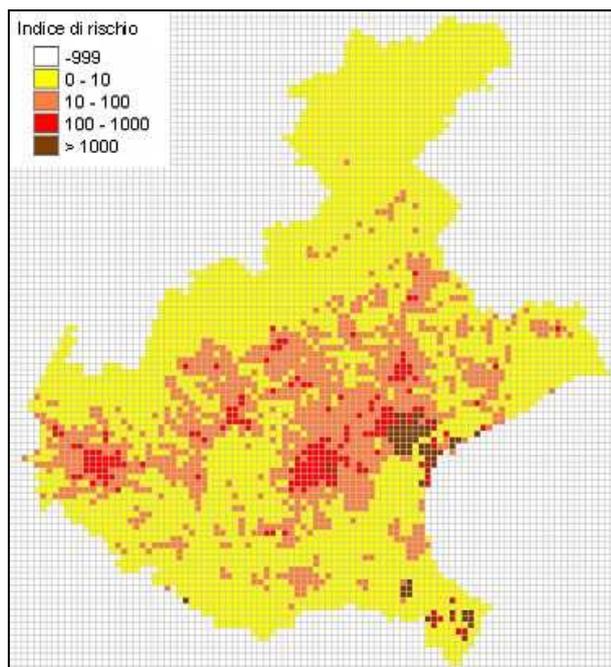


Figura 10 - Mappa di rischio per la popolazione dovuta ad emissioni di SO<sub>2</sub> da sorgenti diffuse

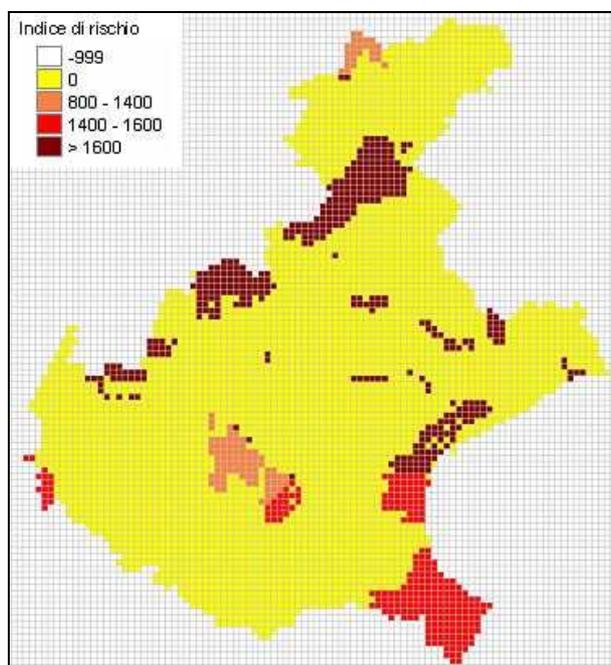


Figura 11 - Mappa di rischio per gli ecosistemi

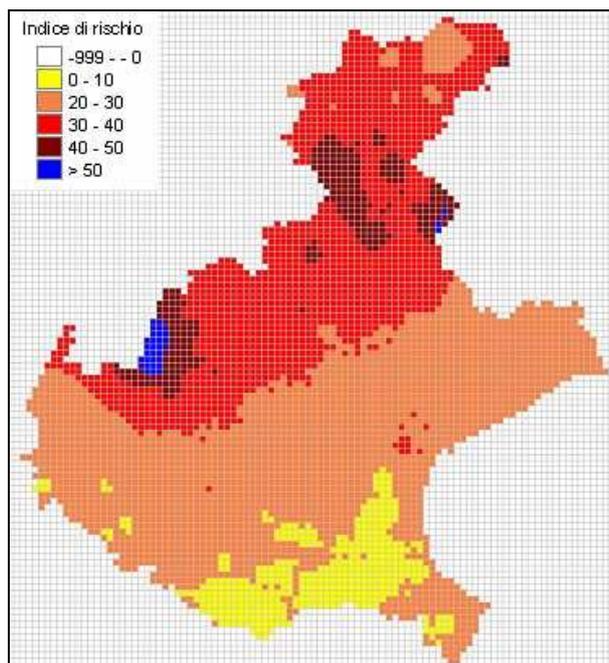


Figura 12 - Mappa di rischio per i beni architettonici

Dopo aver determinato gli indici di rischio, la metodologia permette di stimare il giudizio sul posizionamento delle stazioni di monitoraggio. Tale giudizio viene determinato per ogni inquinante, per tipologia di stazione e per bersaglio di interesse; esso potrà quindi avere valori accettabili per certe combinazioni inquinante/stazione/bersaglio e poco soddisfacenti per altre.

Una condizione necessaria nella formulazione del giudizio è che venga rispettato il numero minimo di stazioni di monitoraggio richieste dalla normativa; se ciò non avviene il giudizio sul posizionamento di ogni stazione sarà pessimo, indipendentemente dal valore assunto dagli altri indicatori.

Un indicatore normativo in merito alle stazioni di monitoraggio finalizzate alla valutazione dell'esposizione della popolazione, è legato alla loro distribuzione sul territorio, che dovrebbe essere quanto più rappresentativa possibile della distribuzione della popolazione.

Un altro indicatore normativo, relativamente al posizionamento delle stazioni di traffico, fissato un inquinante, viene determinato ordinando le griglie del dominio di interesse in base ai valori dell'indicatore di rischio per la popolazione, considerando la distribuzione degli indici così ottenuta, e assegnando alle celle dei "pesi" in base alla collocazione del loro indice di rischio. Operando in questo modo si tenta di adempiere a quanto richiesto nel punto a, sottopunto 1, dell'allegato VIII del DM 60/2002 [3], cioè fornire informazioni sulle aree dove si raggiungono i più elevati livelli a cui è probabile che la popolazione sia esposta.

Per le stazioni di background si esegue un ordinamento delle celle del dominio in base al valore dell'indice di rischio, fissato l'inquinante, per il target di interesse, che può essere la popolazione, gli ecosistemi o i beni architettonici. Per ogni target (e per ogni inquinante nel caso della protezione della salute umana), così come avviene per le stazioni di hot spot, si considera la distribuzione dei valori dell'indice così ottenuta e si assegnano alle celle dei "pesi" in base alla collocazione del loro indice di rischio. Si osserva che, quando si considerano le stazioni di background per la protezione della salute umana, la variabile di cui si calcola la distribuzione non è l'indice di rischio per la popolazione in ogni cella, ma la differenza tra questo e un valore rappresentativo per l'intero territorio dell'indice di rischio per la popolazione. Infatti, mentre al punto 1 dell'allegato VIII al DM 60/2002 [3] si parla delle stazioni hot spot, al punto 2 si parla delle stazioni di background e si afferma che esse devono fornire livelli rappresentativi dell'esposizione della popolazione in generale. Il valore rappresentativo per l'intero territorio dell'indice per la popolazione viene calcolato come media pesata sulla popolazione di tutti i valori dell'indice di rischio. Le stazioni di background hanno una rappresentatività spaziale che si estende oltre la singola cella del dominio di interesse. L'area di rappresentatività delle stazioni di monitoraggio viene calcolata, per ogni inquinante, a partire dalle

caratteristiche orografiche ed emissive, così come derivanti dall'inventario delle emissioni opportunamente disaggregato su griglie regolari.

Nota la rappresentatività spaziale di ogni stazione, si determinano le celle del dominio di calcolo per cui la stazione di monitoraggio misura la qualità dell'aria, come quelle appartenenti al cerchio centrato sulla stazione e avente raggio pari alla sua rappresentatività. Per queste celle viene determinata la media dei pesi ottenuti dalla distribuzione degli indicatori di rischio.

Un metodo simile a quello adottato per le stazioni di background viene utilizzato per le stazioni di tipo industriale.

Un ulteriore indicatore normativo, per le stazioni destinate alla protezione degli ecosistemi e della vegetazione, viene dettato dall'Allegato VIII, punto 1b del DM 60/2002 [3]. Esso prevede che i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi e della vegetazione siano ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dagli agglomerati, o da impianti industriali o autostrade. La metodologia sviluppata verifica la rispondenza a questo vincolo relativamente agli agglomerati e alle altre aree edificate andando a considerare la carta digitalizzata dell'uso del suolo. Se la stazione di monitoraggio dista più di 20 km da un agglomerato oppure più di 5 km da un'altra area edificata, allora il punteggio relativo a questo criterio per la stazione in esame è pari ad uno, in caso contrario il punteggio per la singola stazione viene calcolato con una funzione dipendente dalla distanza, che vale zero quando la distanza è zero, e tende ad uno quando la distanza si avvicina alle distanze minime prescritte dalla legge.

La metodologia, nell'effettuare le valutazioni sul posizionamento delle stazioni di monitoraggio, tiene conto delle relazioni tra tipologia di stazione, inquinante e bersaglio. Infatti, ad esempio, un inquinante come il benzene è di interesse ai fini della protezione della salute umana, ma non ai fini della protezione della vegetazione o dei beni architettonici. Inoltre non tutte le stazioni di monitoraggio sono di interesse per le tre tipologie di bersagli; ad esempio una stazione di tipo traffico non deve essere utilizzata per determinare i parametri per la protezione della vegetazione, così come una stazione background rurale remota non deve essere utilizzata per determinare i parametri per la protezione della popolazione. Si osserva che per la classificazione del tipo di stazione di monitoraggio, del tipo di zona e delle caratteristiche della zona sono state utilizzate le indicazioni del documento "Criteria for Euroairnet" [1], riprese in parte dalle Linee guida APAT (2004) [11]. La metodologia descritta è stata tradotta in un insieme di programmi scritti in linguaggio Fortran. Tali programmi necessitano in input delle variabili indicate in precedenza (utilizzo del suolo, inventario delle emissioni, precipitazioni, ...) e delle caratteristiche delle stazioni di monitoraggio (coordinate, tipo di stazione, tipo di zona, superamenti, ...), e forniscono in output i "giudizi" sul posizionamento delle stazioni. Il file di output della procedura è tipicamente composto da qualche centinaio di righe che riepilogano le caratteristiche delle stazioni, forniscono un giudizio sul posizionamento di ogni singola stazione, e quindi un giudizio complessivo. A solo titolo di esempio, la parte relativa al giudizio sul posizionamento di ogni singola stazione potrebbe essere come quella indicata in Tabella 8, dove la prima colonna riporta un codice identificativo della stazione e la seconda il giudizio. Potrebbe essere definita una scala valutativa, ad esempio posizionamento pessimo per giudizi minori di 0.2, mediocre da 0.2 a 0.5, buono da 0.5 a 0.8 e ottimo per giudizi superiori a 0.8. In tale caso si nota che in tabella compaiono 6 stazioni con giudizio pessimo. Tali stazioni sarebbero le prime da ricollocare o da eliminare qualora fosse necessario uno snellimento della rete.

Tabella 8 – Esempio di output della metodologia, relativa al giudizio di ogni singola stazione

ID Stazione	Giudizio
005	0.000000
054	0.417720
055	0.000000
056	0.500673
057	0.000000
058	0.194825
059	0.713190
060	0.161849
061	0.664818
062	0.582605
063	0.482241
064	0.000000

La metodologia è stata applicata sull'intera rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Regione Veneto, compresi i siti della ex-rete EMEP, con i risultati che verranno mostrati nel paragrafo 2.3.1.

## 2.2.2 Pianificazione dell'indagine, analisi dello stato e caratterizzazione del territorio

L'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV in collaborazione con i Dipartimenti Provinciali seguì la prima fase di riorganizzazione della rete, a partire dall'estate 1999. Le difficoltà iniziali dipendevano soprattutto dalla frammentarietà delle gestioni precedenti e dal diverso grado di implementazione delle ex-reti comunali e provinciali.

Proprio nel 1999 usciva anche il primo documento tecnico di indirizzo dell'Agenzia Europea per l'Ambiente "Criteria for Euroairnet" [1], che fissava gli obiettivi qualitativi da rispettare per la realizzazione di una rete europea per il controllo della qualità dell'aria.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), in collaborazione con l'ETC-AQ (European Topic Centre on Air Quality), nella stesura di tale documento fissarono l'obiettivo di realizzare una valutazione della qualità dell'aria in tutta Europa, in modo da ottenere un adeguato bagaglio di informazioni in tema di inquinamento atmosferico. L'EEA intendeva implementare una rete di monitoraggio dell'aria a livello europeo, denominata: "Euroairnet" (European Air Network) che doveva essere costituita da una serie di stazioni selezionate tra quelle allora esistenti in Europa e che avrebbe dovuto fornire un'immagine rappresentativa della qualità dell'aria su larga scala.

Tale rete avrebbe dovuto fornire dei dati qualità dell'aria rappresentativi dell'esposizione all'inquinamento atmosferico della popolazione, delle colture, delle aree protette e del patrimonio artistico. Proprio in questo documento nasce l'idea che non devono essere monitorati solo i grandi centri urbani, ma anche le aree urbane residenziali, le aree suburbane e rurali, dove si possono verificare episodi di inquinamento acuto di ozono, inquinante che ha un impatto negativo sulla popolazione ma anche sulle aree protette e sulla vegetazione.

Gli Stati Membri furono invitati ad eseguire una ricognizione delle reti di monitoraggio esistenti sul proprio territorio, per verificarne il posizionamento, la tipologia e il livello di implementazione.

Il programma di lavoro delineato dall'EEA poteva essere riassunto nei seguenti punti:

- 1) favorire una dettagliata descrizione della qualità dell'aria su tutto il territorio europeo;
- 2) rendere possibile il confronto della qualità dell'aria tra i diversi paesi europei;
- 3) fornire delle stime sui livelli di esposizione da parte della popolazione, dei materiali e degli ecosistemi;
- 4) stimare gli effetti sulla salute e quantificare i danni sui materiali e sugli ecosistemi;
- 5) produrre dei modelli che mettessero in relazione le emissioni con i livelli di esposizione e questi ultimi con gli effetti sulla salute;

- 6) favorire lo sviluppo di strategie di abbattimento;
- 7) verificare l'efficacia della normativa in materia ambientale, diventando i principali fautori di proposte innovative per quel che riguarda la legislazione.

Parallelamente ai fini della costituzione della rete di monitoraggio europea fu suggerito agli Stati Membri di portare avanti le seguenti attività nell'ambito delle rispettive reti:

- catalogazione delle reti di monitoraggio, selezionate tra quelle situate nelle aree più rappresentative dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico;
- stima della zona di rappresentatività delle stazioni appartenenti alla rete di monitoraggio;
- selezione delle sostanze da monitorare, essendo necessario un aggiornamento dei parametri chimici da analizzare, in considerazione del fatto che le emissioni si modificano nel tempo per effetto di processi industriali diversi e più recenti;
- assicurazione e controllo di qualità di tutte le componenti che contribuiscono alla produzione del dato sulla qualità dell'aria.

L'attuazione di un piano di assicurazione e controllo qualità (AQ/CQ) costituiva una prerogativa indispensabile per le reti di monitoraggio che avrebbero dovuto essere incluse in "EUROAIRNET" [1]: solo le reti di monitoraggio dotate di un sistema di assicurazione e controllo di qualità potevano garantire la bontà dei dati forniti.

L'obiettivo dell'EEA era quello di armonizzare il più possibile le tecniche di campionamento ed analisi impiegate attraverso la proposta di un piano di qualità unico al quale le reti avrebbero dovuto progressivamente adeguarsi.

L'EEA propose due programmi di assicurazione e controllo di qualità, uno "minimo" contenente i requisiti minimi che una rete avrebbe dovuto dimostrare di possedere per poter far parte della rete europea. Il secondo, il piano AQ/CQ "completo" richiedeva tutta una serie di attività aggiuntive rispetto al piano "minimo". Nei box seguenti è riportata la descrizione dei contenuti dei due piani AQ/CQ.

#### **Il piano AQ/CQ minimo**

Per tutte le stazioni di rilevamento devono essere disponibili le informazioni (metadati) che descrivano la stazione e l'ubicazione mediante mappe a diversa scala.

La determinazione degli inquinanti deve essere effettuata con metodi di misura automatici (analizzatori) e con metodi manuali (determinazioni di laboratorio). Tali metodi devono essere di riferimento ai sensi della normativa vigente oppure equivalenti a quelli di riferimento, purché preventivamente testati da un laboratorio o da un istituto certificato.

Deve esistere un documento contenente il programma delle tarature insieme alla registrazione degli interventi sulla strumentazione. Tale documento deve includere, per quel che riguarda la strumentazione automatica, le verifiche di zero-span, le tarature multipunto, i controlli di precisione, le verifiche del flusso dei gas; per quel che riguarda le metodologie di laboratorio, devono essere indicate le verifiche di precisione mediante l'impiego di campioni identici e la determinazione dell'accuratezza del metodo. La rete deve essere dotata di campioni standard di riferimento primari e secondari (gas puri o miscele di gas); per le verifiche di precisione sono sufficienti delle soluzioni preparate a partire da campioni standard.

I dati devono garantire i requisiti di accuratezza, precisione, oltre che di copertura temporale. Ci deve essere del personale qualificato che si occupa della gestione e dell'archiviazione dei dati. Ciò è di fondamentale importanza poiché deve essere possibile effettuare il confronto dei dati tra reti diverse e anche tra paesi diversi.

## Il piano AQ/CQ completo

La rete che possiede un piano AQ/CQ completo deve poter fornire la descrizione delle proprie stazioni di monitoraggio (posizione, classificazione, ecc.) e di tutto il territorio monitorato, mediante mappe, misure indicative sulla qualità dell'aria, catalogazione delle sorgenti di emissione, utilizzo della modellistica per l'analisi delle ricadute al suolo.

La strumentazione deve essere costituita da analizzatori automatici, semiautomatici, manuali; devono essere disponibili standard primari di riferimento e standard secondari determinati per confronto con gli standard primari. La rete deve essere dotata, inoltre, di tutta una serie di apparecchiature come ad esempio: condizionatori, linee di campionamento, analizzatori da utilizzare per le sostituzioni, pezzi di ricambio, ecc. Una caratteristica della rete che possiede un piano di assicurazione di qualità completo è la presenza di un laboratorio responsabile di tutte le attività correlate. Tale struttura deve possedere il materiale tecnico adeguato tra cui gli standard primari di riferimento per le intercalibrazioni oppure quanto necessario per la preparazione in loco degli standard. Lo staff operativo di laboratorio deve essere qualificato, aver seguito corsi specifici oppure possedere un'adeguata esperienza.

Occorre effettuare la stesura del manuale della qualità della rete, contenente la descrizione di tutte le procedure di analisi, di taratura, di preparazione dei campioni, di intervento sulla strumentazione e di gestione dei dati. Le procedure di controllo di qualità comprendono tutta una serie di attività legate alla gestione tecnica della strumentazione. Innanzitutto, l'esecuzione di controlli in cabina nel corso dei quali va effettuata la manutenzione preventiva della strumentazione, la verifica e la riparazione di eventuali guasti.

In secondo luogo, lo sviluppo di un piano delle tarature per tutti gli analizzatori della rete; la taratura rappresenta infatti, l'operazione più importante di tutto il processo di misura, poiché vengono messi in relazione l'output dello strumento (es. concentrazione misurata) con l'input noto (es. standard primario o secondario introdotto).

Fanno parte del controllo di qualità anche tutte le attività di validazione dei dati, che rappresentano un'altra fase importante al fine della produzione del dato sulla qualità dell'aria.

I dati che si presentano insoliti, fuori scala, vanno controllati per verificare la presenza di errori di span, zero ed eventualmente confrontati con i dati storici. Dopo che la validazione è stata effettuata, ogni valore deve comparire insieme ad un codice che indichi lo stato di validità del dato stesso (valido, invalido, incerto).

Nell'ambito di un piano completo di assicurazione e controllo qualità sono applicate delle tecniche di verifica e determinazione della validità dei metodi utilizzati, tra cui: ring test, intercalibrazioni fra reti, round robin test, audits.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto che ARPAV acquisì dalle Province e dai Comuni era ben diversa del quadro delineato nel documento "Criteria for EUROAIRNET" [1], ma nonostante l'enorme difficoltà iniziale, si decise di seguire le indicazioni tecniche ivi delineate.

In Tabella 10 si riporta la "fotografia" della rete di monitoraggio della qualità dell'aria al 1999, così come venne ereditata da ARPAV. Complessivamente l'Agenzia si trovò a gestire 66 stazioni, alcune di provenienza comunale, altre di provenienza provinciale. La localizzazione delle stesse stazioni è illustrata in Figura 13.

Come si osserva la maggior parte delle stazioni era localizzata nella zona centrale della regione, in corrispondenza dei comuni capoluogo, mentre vi erano vaste aree del territorio prive di monitoraggio.

La gestione tecnica delle reti fu assegnata ai sette Dipartimenti ARPAV Provinciali, ciascuno dei quali si occupò delle stazioni ubicate sul proprio territorio di competenza. Dall'analisi della Tabella 8 si osserva come vi fosse una predominanza di stazioni di tipologia C e di tipologia B ed A, mentre vi era un'unica stazione di tipologia D a Verona (VR\_Cason); infine sei erano le stazioni di tipologia industriale.

Alcuni Dipartimenti si trovarono a gestire un elevato numero di stazioni: il Dipartimento di Venezia 17, i Dipartimenti di Vicenza e Verona 11 ciascuno, il Dipartimento di Padova 12. In Tabella 9 è riportata la classificazione delle stazioni secondo il DM 20-05-1991, abrogato con l'entrata in vigore dei decreti attuativi del Decreto Legislativo 351/99 [2].

Tabella 9 - Classificazione delle stazioni secondo il DM 20-05-1991 (abrogato)

<b>Tipo A:</b> stazioni preferenzialmente localizzate in aree non direttamente interessate dalle sorgenti di emissione urbana (parchi, isole pedonali, ecc.), presso le quali misurare tutti gli inquinanti primari e secondari ed i parametri meteorologici di base, nonché gli inquinanti non convenzionali da valutarsi con metodologie analitiche manuali;
<b>Tipo B:</b> stazioni situate in zone ad elevata densità abitativa nelle quali misurare la concentrazione di alcuni inquinanti primari e secondari con particolare riferimento a NO <sub>2</sub> , idrocarburi, SO <sub>2</sub> , materiale particolato in sospensione, con caratterizzazione, per quest'ultimo parametro, della massa e del contenuto in piombo;
<b>Tipo C:</b> stazioni situate in zone a traffico intenso per la misura degli inquinanti emessi direttamente dagli autoveicoli (CO, idrocarburi volatili);
<b>Tipo D:</b> stazioni situate in periferia od in aree suburbane finalizzate alla misura degli inquinanti fotochimici (NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , perossiacilnitrato PAN).

Tabella 10 - Stazioni di monitoraggio della Regione Veneto nel 1999

Provincia	Gestione al 1999	Stazioni	Tipologia stazioni (ex- DM 20-05-1991)
Belluno	provinciale	Belluno_La Cerva	C
		Feltre	C
		Tai di Cadore	C
Padova	provinciale	Cittadella	C
		Este	C
		Monselice	I
		Piove di Sacco	C
		Padova-Arcella	C
		Padova-Mandria	B
		Padova-zona industriale	I
	comunale	Padova-zona ospedale	C
		Padova-z.i. mercato ortofrutticolo	I
		Padova - zona art. Saonara	I
		Padova - z.i. Peep Granze di Camin	I
Rovigo	provinciale	Padova - via Altinate	B
		Rovigo	C
		Rovigo-Borsea	B
		Adria	B
		Porto Tolle	B
		Occhiobello	B
Vicenza	provinciale	Castelnovo Bariano	B
		Montebello Vicentino	I
		Vicenza ovest	B
		Vicenza est	C
		Vicenza-Quartiere Italia	B
		Montecchio Maggiore	B
		Schio	B
		Valdagno	B
		Thiene	C
	Bassano	B	
	comunale	Vicenza-Parco Querini	A
Vicenza-Borgo Scrofa		C	
Vicenza-Via Colombo		C	

Tabella 10 (continua) - Stazioni di monitoraggio della Regione Veneto nel 1999

Provincia	Gestione al 1999	Stazioni	Tipologia stazioni (ex- DM 20-05-1991)
Verona	provinciale	Legnago	B
		Bovolone	B
		San Martino Buon Albergo	C
		San Bonifacio	B
		Villafranca	C
	comunale	Verona-Torricelle	A
		Verona-Piazza Isolo	B
		Verona-San Giacomo	C
		Verona-Corso Milano	C
		Verona-Cason	D
Venezia	provinciale	Venezia-Marghera-Via Bottenigo	A
		Venezia-Mestre-Viale San Marco	B
		Venezia Sacca Fisola	B
		Venezia-Mestre-Via Circonvallaz.	C
		Venezia-Mestre-Corso del Popolo	C
		Venezia-Marghera-Via F. Bandiera	C
		Venezia-Malcontenta	I
		Maerne-Martellago	A
		Mira	C
		Mirano	B
		Spinea	C
		Chioggia	B
		San Donà di Piave	B
	comunale	Venezia-Mestre-Via Piave	C
		Venezia-Mestre-Parco Bissuola	A
		Venezia-Mestre-Via da Verazzano	C
		Venezia-Mestre-Piazzetta Matter	B
Treviso	provinciale	Treviso-Via Sauro	C
		Conegliano	B
		Vittorio Veneto	C
		Castelfranco	C
		Montebelluna	A
	comunale	Treviso-Via Roma	C
		Treviso-Via Bixio	C
	<b>TOTALE STAZIONI</b>		

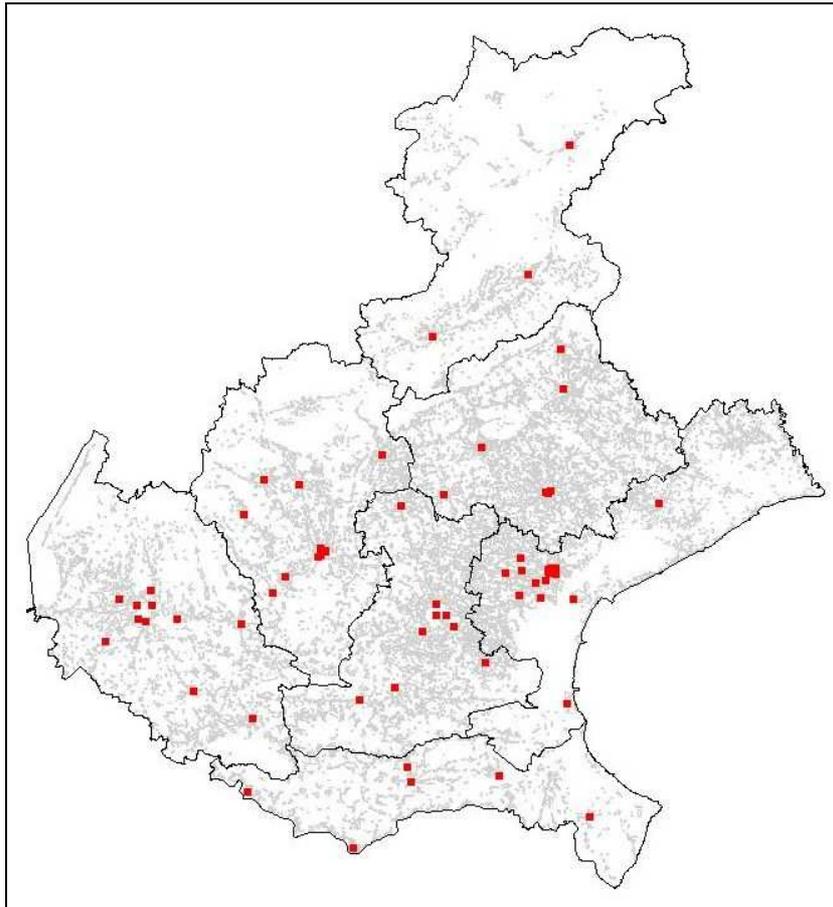


Figura 13 - Ubicazione delle stazioni di monitoraggio della Regione Veneto nel 1999

Nel corso del biennio 2000-2001 l'Osservatorio Regionale Aria fece una ricognizione delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria nella regione Veneto, seguendo la metodologia suggerita dal report tecnico dell'EEA "Criteria for EUROAIRNET" [1].

Tale ricognizione portò alla luce le problematiche e le non conformità della rete di rilevamento, in particolare:

- la difficoltà di armonizzazione dei metodi di rilevamento;
- l'eccessiva presenza di siti di misura nei centri urbani di tipologia "traffico" (ex-C);
- la difficoltà a mantenere in qualità un numero così elevato di stazioni;
- le problematiche di microposizionamento delle centraline (rappresentatività limitata e non conforme rispetto a quanto richiesto dalle Direttive 99/30/CE e 00/69/CE);
- la mancanza di copertura di tutto il territorio regionale;
- la ridondanza nel rilevamento di alcuni inquinanti ( $\text{SO}_2$ , PTS) e carenza nel rilevamento di altri ( $\text{PM}_{10}$ , benzene,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , Benzo(a)pirene).

Nell'ambito del lavoro di ricognizione si cercò di riutilizzare le infrastrutture già in essere, nel tentativo di utilizzare al meglio i siti e le stazioni già esistenti. Proprio in quest'ottica furono visitati, da parte del Servizio Reti di ARPAV, tutti i siti della rete EMEP (European Monitoring and Evaluation Program).

La Regione Veneto, infatti, aveva aderito alla richiesta del parlamento italiano di partecipare al programma di monitoraggio europeo EMEP sulla qualità dell'aria e sugli inquinanti soggetti a trasporto transfrontaliero approvata dallo Stato Italiano con Legge 27 aprile 1982, n. 289. Furono attivate, dal 1986 al 1989, nove stazioni di misura finalizzate alla conoscenza dello stato della qualità dell'aria su scala regionale, localizzate in aree che rispettavano le seguenti condizioni:

- distanti da autostrade;
- distanti almeno 20 km da sorgenti industriali di inquinamento atmosferico;
- distanti almeno 20 km da aree intensamente abitate (popolazione maggiore di 50.000 abitanti);
- distanti almeno 5 km da centri con più di 5.000 abitanti;
- distanti almeno 100-200 m da singole abitazioni;
- distanti almeno 4-5 volte l'altezza di qualsiasi ostacolo vicino.

In Figura 14 è riportata la localizzazione delle stazioni della rete EMEP, attiva dal 1989 al 2000.

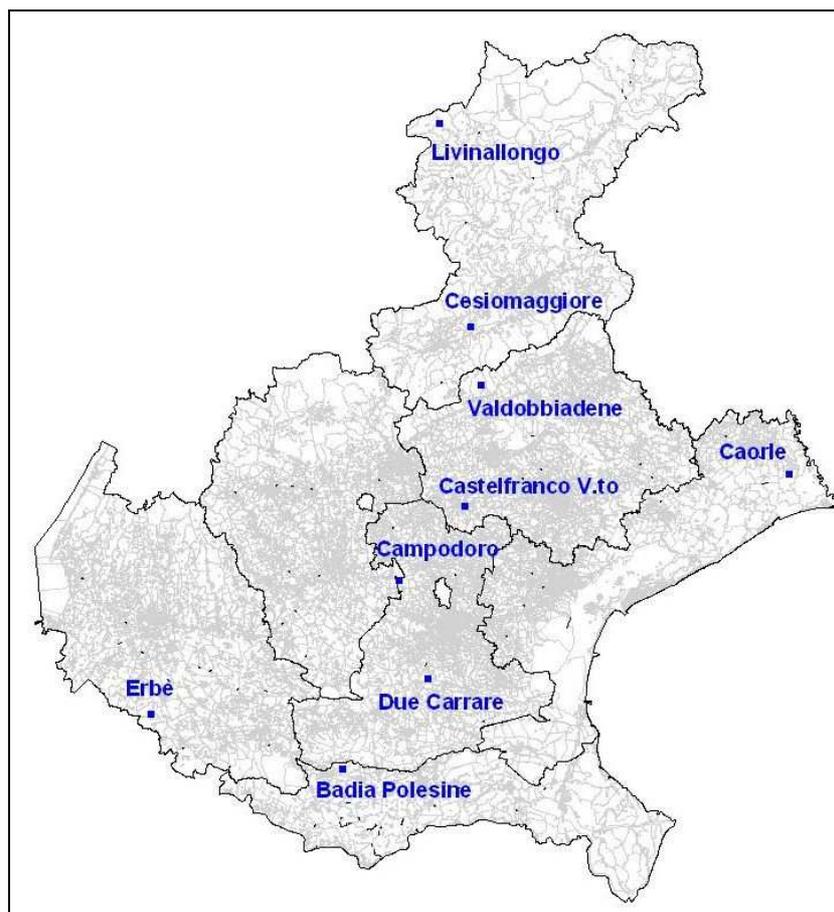


Figura 14 - La rete EMEP sul territorio regionale veneto

Tale rete era stata creata per la raccolta dei seguenti dati:

- meteorologici (temperatura, umidità relativa, velocità del vento, direzione del vento, pressione, quantità delle precipitazioni);
- di campioni di pioggia (deposizioni umide) su base giornaliera sui quali venivano eseguite analisi chimico-fisiche tra cui: volume, pH, conducibilità, alcalinità, anioni ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) e  $\text{NH}_4^+$  e altri cationi ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ );
- di campioni di polveri (deposizioni secche) sui quali venivano eseguite alcune analisi chimico-fisiche: massa, analiti solubili in acqua tra cui: anioni ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), ammoniaca e metalli (Al, As, Cd, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn).

Sempre nell'ambito del progetto DOCUP fu assegnato all'Università di Venezia un incarico, sotto forma di convenzione, finalizzato all'elaborazione dei dati storici prodotti dalle stazioni della rete EMEP nel periodo 1989-2000.

Gli esiti di tale lavoro sono inseriti tra i prodotti [P1] e sono stati utilizzati ai fini della caratterizzazione di tutti quei siti che potevano essere impiegati come stazioni di fondo nella nuova rete. Molte aree del territorio regionale di particolare interesse naturalistico o dedicate alle coltivazioni risultavano prive di stazioni di monitoraggio che permettessero di valutare le concentrazioni dei parametri secondari. Le stazioni della rete EMEP rispondevano a pieno a tale esigenza essendo localizzate lontano da centri abitati, strade e sorgenti di tipo industriale.

Nel paragrafo 2.3 verrà descritta la nuova configurazione di rete e le stazioni ex-EMEP che sono state riutilizzate. Ovviamente, le apparecchiature in dotazione alle stazioni EMEP non erano idonee ad effettuare le misure dei parametri previsti per legge ai fini del controllo della qualità dell'aria, di conseguenza i siti furono riutilizzati, mentre fu necessario procedere alla ristrutturazione e all'implementazione delle cabine e all'acquisto di nuovi analizzatori di O<sub>3</sub>, di NO<sub>x</sub> e in alcuni casi di PM<sub>10</sub>.

### **2.2.3 Controllo qualità della strumentazione**

Nel presente paragrafo si descrive il lavoro realizzato dal Laboratorio Controllo Qualità (LCQ) dell'Osservatorio Regionale Aria, dal 2000 ad oggi. Tra le attività principali del Laboratorio c'è la gestione delle tarature della strumentazione per il controllo della qualità dell'aria. Come illustrato al paragrafo precedente, l'attività di controllo qualità è imprescindibile da quella di produzione dei dati in quanto va garantito che questi siano affidabili e confrontabili. Di seguito si riporta la descrizione del processo che ha portato alla costituzione del Laboratorio Controllo Qualità e all'attivazione delle operazioni di taratura.

#### **La situazione di partenza e la cronistoria**

La dotazione strumentale del LCQ all'inizio del 2000 era così costituita:

- 1 diluitore dinamico comprensivo di un sistema di generazione d'aria pura e di un sistema per l'acquisizione dei dati;
- 6 analizzatori per la qualità dell'aria: CO, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, due analizzatori di O<sub>3</sub>, un analizzatore/fotometro primario di O<sub>3</sub> (con sistema di generazione d'aria pura dedicato);
- una bilancia analitica dedicata alla determinazione gravimetrica del PM<sub>10</sub>;
- una sonda combinata e certificata per il controllo di temperatura, umidità relativa e pressione all'interno del LCQ, di supporto alla determinazione del PM<sub>10</sub> secondo il D.M. 60 [3];

Il laboratorio disponeva inoltre di un mezzo mobile attrezzato per il monitoraggio della qualità dell'aria (LMCQ) con al suo interno l'installazione di:

- 5 analizzatori (CO, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, BTEX);
- diluitore dinamico alimentato con sistema di generazione aria di zero e bombole standard;
- campionatore per PM<sub>10</sub>;
- sensori meteorologici: direzione, intensità e velocità del vento, temperatura, pressione, umidità relativa;
- sistema di acquisizione dati.

Grazie al finanziamento DOCUP 2000-2006 sono stati acquistati nuovi strumenti tra cui:

- 5 analizzatori per la qualità dell'aria (CO, H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>) con funzione sostitutiva temporanea e periodica degli analoghi delle cabine durante le operazioni di taratura, per evitare interruzioni nei monitoraggi;
- 6 riduttori di pressione destinati alle bombole in uso nel LCQ per le tarature;
- 1 analizzatore di PM<sub>10/2.5</sub> destinato al LMCQ, per permettere prove comparative con il campionatore già presente o con quelli di altre stazioni fisse/mobili.

Nel triennio 2000-2002 si è proceduto con l'allestimento dei locali e l'acquisto dell'attrezzatura da laboratorio, l'assegnazione del personale, l'attivazione degli analizzatori e del diluitore e la realizzazione delle prime prove di taratura. È stato attivato un Sistema di Gestione della Qualità (SGQ) con la creazione di moduli e di registri ed una prima bozza di Relazione di Taratura per gli analizzatori. È stato stipulato un contratto per la fornitura delle bombole e costruito un sistema chiuso per il condizionamento dei filtri per la misura di particolato.

Nel 2003 è stato acquistato ed attivato un sistema informatizzato per il monitoraggio dei dati microclimatici dei locali (temperatura, umidità relativa e pressione atmosferica), progettando un sistema di acquisizione, elaborazione e refertazione di tali dati. È stato progettato e realizzato un database Access per la gestione del magazzino bombole.

Nel 2004 si è continuato con la formazione e l'addestramento del personale, l'aggiornamento e la manutenzione del software di gestione del diluitore e la realizzazione del circuito di interconfronto ARPAV per il collaudo degli analizzatori automatici per PM<sub>10</sub>. Contemporaneamente è partito il piano di formazione degli operatori regionali ai fini della realizzazione della catena di riferibilità dell'ozono presso l'Istituto Metrologico "Gustavo Colonnetti" (IMGC) di Torino e l'avvio della disseminazione del riferimento nazionale di ozono alle Agenzie regionali. Sempre al 2004 risale la certificazione della sonda per il monitoraggio delle condizioni microclimatiche, l'acquisto di un sistema parallelo per la misura di temperatura e umidità relativa e la messa a punto del capitolato di gara per la manutenzione della rete della qualità dell'aria (RRQA).

Al 2005 risalgono la fornitura di un set di strumenti sostitutivi per coprire le lacune create nella rete nella fase di realizzazione delle tarature; la partecipazione ad un corso di formazione del personale sulla strumentazione acquistata con fondi DOCUP e la realizzazione dell'interconfronto interdipartimentale sulle misure gravimetriche di PM<sub>10</sub>. Sono state eseguite le prime prove di taratura sugli analizzatori di O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub> oltre alla partecipazione ad un interconfronto per misure di O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> e determinazioni gravimetriche di PM<sub>10</sub>, con il Dipartimento Provinciale di Belluno e l'Agenzia Ambientale austriaca (Carinzia e Salisburgo). Sono stati fatti degli incontri periodici con i gestori RRQA per la messa a punto del piano di taratura regionale. Si è progettato il box per l'esecuzione delle pesate. È stato attivato il nuovo contratto di manutenzione della RRQA e, infine, gli operatori del LCQ hanno realizzato un corso di formazione destinato agli operatori ARPAV e finalizzato alla taratura della strumentazione direttamente in stazione, mediante l'uso di bombole certificate.

Nel 2006 è stato definito e messo in atto il programma delle tarature degli analizzatori e verifica di bombole a scala regionale; nella seconda metà dell'anno il LCQ ha partecipato ad un interconfronto con altre ARPA e con alcune Agenzie Ambientali europee (Austria, Svizzera, Germania) per misure di O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> e CO presso il Centro Comune di Ricerca (CCR) di Ispra (VA). Infine il personale dedicato alle attività del LCQ è stato implementato da 2 a 3 unità.

Nel 2007 è stato definito il piano annuale delle attività del LCQ e sono proseguite le operazioni di taratura e di verifica delle apparecchiature.

## La preparazione e l'organizzazione

### Formazione del personale

Dal 2000 al 2006 le persone coinvolte nelle attività sopra citate sono state in totale quattro. Tuttavia, sia a causa di forme contrattuali temporanee sia perché alcune di queste sono state coinvolte anche in altri lavori, le attività del LCQ sono state svolte mediamente da due persone.

Gli operatori sono stati formati tramite la partecipazione a diversi corsi attinenti all'attività di laboratorio, tra cui: corsi sulla strumentazione utilizzata (analizzatori per il monitoraggio della qualità dell'aria, analizzatori di PM<sub>10</sub>, bilance e buona pratica di pesata, ecc.), corsi sulla qualità (incertezza di misura), corsi specifici (formazione degli operatori regionali per la disseminazione del campione nazionale di O<sub>3</sub>, programmazione di schede di acquisizione analogico/digitali con software dedicato).

Particolarmente utili si sono rivelati i corsi sulla strumentazione utilizzata in laboratorio, che hanno permesso agli operatori di conoscere in modo più approfondito principi e funzionamento dei vari analizzatori e di individuare, e spesso risolvere, eventuali problemi degli stessi durante le fasi di controllo preliminari alle tarature, senza dover ricorrere all'intervento della ditta manutentrice.

Il corso di formazione degli operatori regionali ARPA per la disseminazione del campione nazionale di O<sub>3</sub> ha impegnato due persone per due giornate presso l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM, ex IMGC) di Torino ed ha reso possibile l'inizio delle tarature, fornendo una metodologia di taratura già comprovata, che è poi stata presa dal LCQ come modello e adattata per gli altri analizzatori (SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> e CO). Questo corso, come pure tutta la catena a livello nazionale per le attività di taratura degli analizzatori di ozono, è stato organizzato dal CTN-ACE di APAT, che ha provveduto alla ripartizione dei compiti suddividendo le tarature a diversi livelli: il capostipite è costituito dal fotometro di riferimento nazionale per l'O<sub>3</sub>, custodito presso l'IMGC e confrontato a livello internazionale con gli strumenti di riferimento degli Istituti Metrologici Primari degli altri Stati; con tale strumento si tarano periodicamente cinque altri analizzatori/fotometri, detti "Riferimenti Zonali", detenuti nei laboratori di diverse ARPA (Lombardia, Emilia Romagna, Lazio, Basilicata e Sicilia) e costituendo il primo livello; ciascun Riferimento Zonale trasmette poi la catena allineando i Riferimenti Regionali che gli competono (secondo livello, Agenzie Regionali); infine ogni Riferimento Regionale provvede alla taratura dei propri analizzatori di rete (terzo livello). Il LCQ, con la sua dotazione strumentale, è stato individuato come Riferimento Regionale per l'O<sub>3</sub> nel Veneto e deve quindi provvedere a tarare periodicamente gli analizzatori della rete regionale, previo allineamento presso un laboratorio di Riferimento Zonale. La prima taratura del Riferimento Regionale del LCQ è avvenuta nel giugno 2004 presso il Laboratorio Zonale dell'ARPA Lombardia, per poi ripetersi a distanza di un anno, nel settembre 2005. Le differenze tra la prima e la seconda taratura sono da ritenersi trascurabili (<1%), vale a dire che il fotometro primario del LCQ risulta essere molto stabile. Ciò è stato confermato dai risultati di Ispra (2006, descritti in seguito nei circuiti interconfronto).

Il corso di programmazione di schede di acquisizione analogico/digitali, con software dedicato, è stato frequentato dagli operatori del LCQ contestualmente all'acquisto di nuovo hardware (scheda di acquisizione). Il software abbinato alla scheda permetterà di realizzare programmi dedicati alle tarature, in particolare per l'O<sub>3</sub>, svincolando l'attuale acquisizione dei dati dal computer che gestisce il diluatore. Ciò consentirà di eseguire tarature in modo indipendente dagli altri analizzatori trattati (SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> e CO) e condurre più tarature contemporaneamente (una di O<sub>3</sub> e una a scelta tra le altre citate). Questo in realtà è già attuato utilizzando altri sistemi di acquisizione ma limitatamente ad alcuni modelli di analizzatori (si veda "La metodologia delle tarature"); l'obiettivo a cui tendere è di automatizzare tutte le tarature e ridurre, contemporaneamente, i tempi di lavorazione.

## Sistema Qualità

Il Laboratorio Controllo Qualità è localizzato presso la sede del Dipartimento Provinciale ARPAV di Venezia, a Mestre (VE). È costituito da un unico locale al cui interno sono svolte due attività principali: la determinazione gravimetrica del  $PM_{10/2.5}$  (operata con bilancia analitica dedicata) e le tarature degli analizzatori della RRQA del Veneto; occasionalmente il laboratorio viene utilizzato anche per eseguire controlli e verifiche su nuovi strumenti, in prova o in fase di collaudo (DOAS, analizzatori BTEX, strumenti per la misura del particolato, ecc.).

In base a quanto suggerito dalla buona pratica di laboratorio e come richiesto dalle norme in materia [16], nel corso degli ultimi anni anche il LCQ si è adattato, creando le fondamenta per un Sistema di Gestione della Qualità. A tal proposito vanno citati: la modulistica, il database "Registro Bombole", il sistema di controllo e registrazione dei parametri ambientali del LCQ, il "Registro tarature" e il "Registro pesate", entrambi informatizzati, il registro di laboratorio, i registri di strumento, la procedura generale di taratura degli analizzatori (solo in bozza), le relazioni di taratura, la Guida al Manuale della Qualità delle RRQA.

Per rispettare i criteri del D.M. 60/02 [3] ai fini della determinazione gravimetrica del  $PM_{10/2.5}$ , il locale del LCQ è munito di un impianto di condizionamento indipendente, che mantiene le condizioni ambientali interne ad una temperatura di  $20 \pm 1$  °C ed una umidità relativa di  $50 \pm 5\%$ . Tali condizioni, peraltro molto costanti durante tutto l'anno, sono ottimali anche per le tarature degli analizzatori. Nel corso degli anni la sistemazione degli strumenti e dei banchi di lavoro all'interno del LCQ è stata cambiata più volte e nel 2005 la zona di lavoro per le pesate dei filtri di particolato è stata racchiusa da un box in plexiglas per isolare la bilancia dalle correnti d'aria generate dal condizionatore. Per avere la sicurezza del mantenimento di condizioni ambientali così rigorose, è stato installato un sistema di misura e registrazione di temperatura, umidità relativa e pressione, costituito da una sonda combinata (Figura 15, in alto), gestita da una piccola centralina. Alla stessa è stato collegato un computer dotato di software che visualizza l'andamento temporale dei parametri ambientali (Figura 16) e salva i dati su file con una frequenza pre-impostata di 10 minuti. Un secondo software (GesFlowChart) realizzato in proprio con la collaborazione di personale informatico del Dipartimento di Venezia, è in grado di eseguire quotidianamente un back-up dei dati ambientali sul server dipartimentale e settimanalmente la stampa di un report con le elaborazioni statistiche dei parametri misurati (Figura 17, riportato anche in [P15]). Il GesFlowChart, compilato in VisualBasic, può essere visualizzato comodamente in altri computer ma non può essere modificato. La maschera di consultazione è semplice e comoda, permette all'operatore di scegliere l'arco di tempo interessato e di stampare il relativo report, in modo da documentare le condizioni ambientali del LCQ durante la determinazione gravimetrica. Il D.M. 60/02 [3] fissa il tempo di condizionamento e gli intervalli di temperatura e umidità relativa, ma non fornisce alcuna indicazione per quanto riguarda i criteri da adottare nel caso in cui i filtri siano stati condizionati in situazioni diverse. In altre parole se nell'arco delle 48 ore i parametri ambientali si discostano dai limiti fissati è necessario valutare se pesare i filtri condizionati oppure no. In genere l'approccio utilizzato è il seguente: se entrambi i parametri rientrano nei limiti, le pesate si possono ritenere valide. Applicando la finestra di variabilità suggerita dalla norma ( $\pm 1$ °C;  $\pm 5\%$ UR) sono stati creati due intervalli per ciascun parametro (temperatura  $18 \div 19$  °C;  $21 \div 22$  °C; Umidità Relativa  $40,5 \div 45$  %;  $55 \div 60,5$  %) considerati zone di transizione, per le quali il programma manda in stampa, in calce al report, la dicitura "giudizio: accettabile con riserva". Questo suggerisce all'operatore una particolare attenzione nel ritenere valida la pesata, prolungando eventualmente il periodo di condizionamento dei filtri o ripetendo più volte la pesata stessa. In Tabella 11 si riportano i criteri adottati in sede di compilazione del software.

Tabella 11 - Criteri di accettabilità ed espressione del giudizio per le condizioni del LCQ ai fini della determinazione gravimetrica del  $PM_{10}$

Umidità relativa	Criterio	Temperatura	Da stampare
$45\% \leq \text{media} \leq 55\%$	And	$19\text{ °C} \leq \text{media} \leq 21\text{ °C}$	Accettabile
$45\% \leq \text{media} \leq 55\%$	Or	$19\text{ °C} \leq \text{media} \leq 21\text{ °C}$	Accettabile con riserva
$40,5\% \leq \text{media} < 45\%$	And/Or	$18\text{ °C} \leq \text{media} < 19\text{ °C}$	Accettabile con riserva
Or $60,5\% \leq \text{media} < 55\%$	And/Or	$22\text{ °C} \leq \text{media} < 21\text{ °C}$	Accettabile con riserva
Media $< 40,5\%$ or media $> 60,5\%$	And/Or	Media $< 18\text{ °C}$ or media $> 22\text{ °C}$	Non accettabile

La sonda per il controllo di temperatura ed umidità relativa viene tarata presso un laboratorio esterno, certificato SIT, con cadenza biennale. Di conseguenza, per sopperire al mancato monitoraggio del LCQ durante i periodi di assenza dello strumento, si è provveduto all'acquisto di una seconda sonda (diversa per marca e modello, Figura 15, in basso) che affianca la prima e si alterna per la taratura. La seconda sonda, in grado di misurare solamente temperatura ed umidità relativa, possiede una memoria interna ed un software per il salvataggio dei dati su computer; offrendo il vantaggio che l'alimentazione a pila, consente di posizionarla ovunque all'interno del laboratorio, permettendo di individuare eventuali gradienti termici e di umidità. Durante le operazioni di taratura degli analizzatori i parametri ambientali medi vengono riportati in forma sintetica anche nelle relazioni di taratura.



Figura 15 - Sonda combinata (certificata) per la misura di temperatura, pressione ed umidità relativa (in alto); sonda sostitutiva per la misura di temperatura ed umidità relativa (in basso)

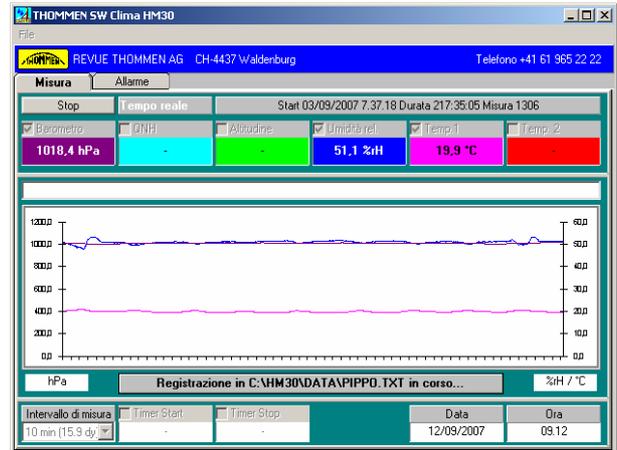


Figura 16 - Schermata principale del software di acquisizione dei parametri ambientali misurati dalla sonda certificata

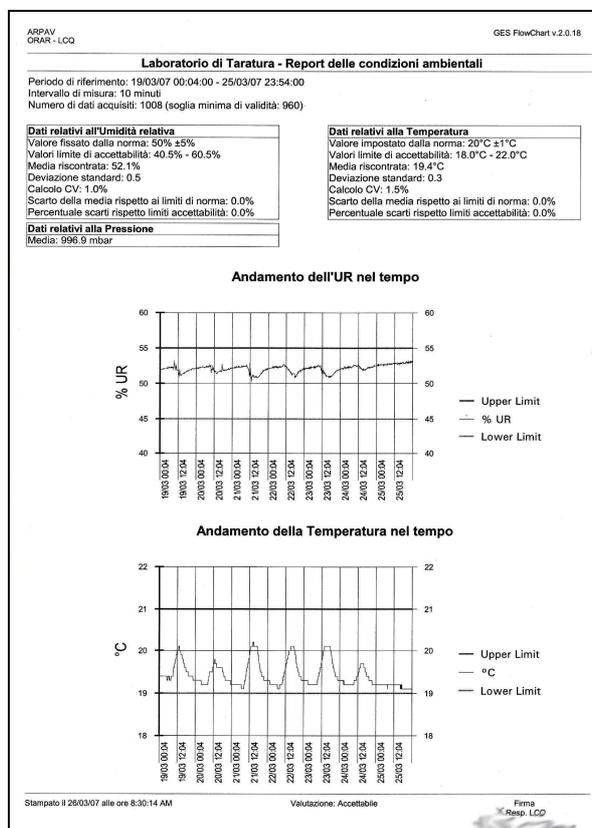
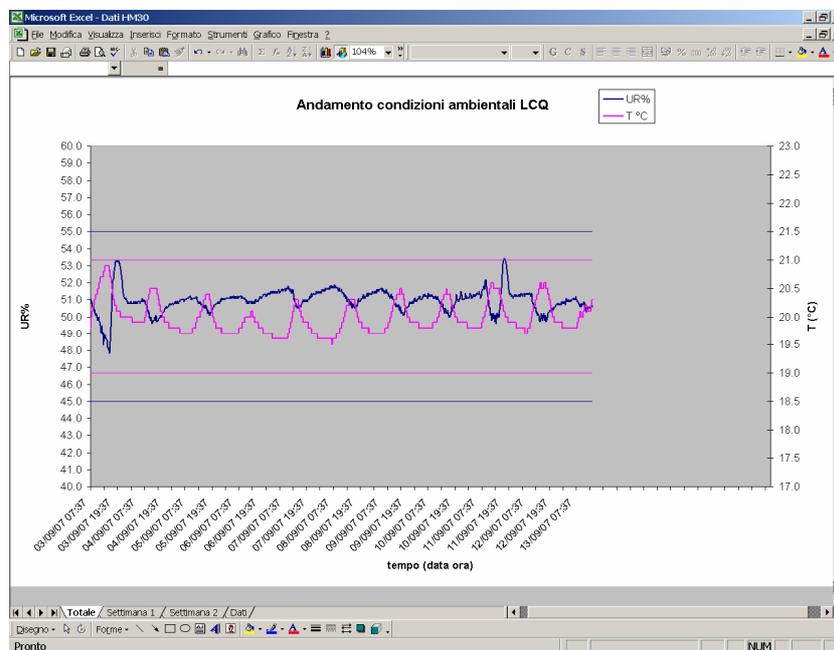


Figura 17 - Report settimanale con elaborazione statistica dei parametri ambientali del LCQ

La prima sonda ha un'autonomia, per quanto attiene alla capacità di memoria, di circa 15 giorni. Per agevolare il rispetto di tale periodicità ed impedire che l'acquisizione si blocchi, è stato creato un applicativo in ambiente MS Excel che consente di verificare l'andamento giornaliero dei parametri, anche da altri computer collegati nella rete intranet dell'Agenzia, tramite l'importazione dei dati acquisiti dalla sonda certificata, e la realizzazione di un grafico su base settimanale e bisettimanale (Figura 18).



*Figura 18 - Grafico in MS Excel che importa automaticamente i parametri ambientali del LCQ dal software di acquisizione della sonda certificata*

Tutti gli strumenti descritti (sonde, software, report) forniscono agli operatori il supporto tecnico indispensabile per il controllo giornaliero dei parametri ambientali del LCQ. Grazie alla visualizzazione degli andamenti possono essere individuati eventuali trend che porterebbero alla perdita delle condizioni richieste (specialmente nei mesi più caldi e in quelli più freddi), avvisando quindi gli operatori della necessità di intervenire sulle impostazioni del condizionatore.

Il database denominato "Registro bombole.mdb" è stato creato dagli operatori del LCQ con MS Access allo scopo di documentare tutte le informazioni relative alle bombole utilizzate nel laboratorio, sia quelle necessarie alle tarature sia quelle usate nelle stazioni e controllate secondo specifico programma. Il database, una volta aperto, si presenta con un pannello comandi principale (Figura 19) che consente di scegliere tra l'inserimento dei dati di una nuova bombola o la modifica dei dati di una bombola esistente e l'apertura di un altro pannello con criteri di ricerca.



Figura 19 - Pannello comandi principale del database Registro bombole.mdb

La maschera di inserimento/modifica dati bombola (Figura 20) contiene informazioni di tipo gestionale (codice interno, numero di ordine, ditta fornitrice, caratteristiche di riempimento, certificato d'analisi, ecc.) e tecniche (componenti e loro concentrazione), oltre ad una descrizione dettagliata della cronistoria della bombola stessa, da quando ne è stata fatta richiesta fino a quando viene restituita al fornitore.

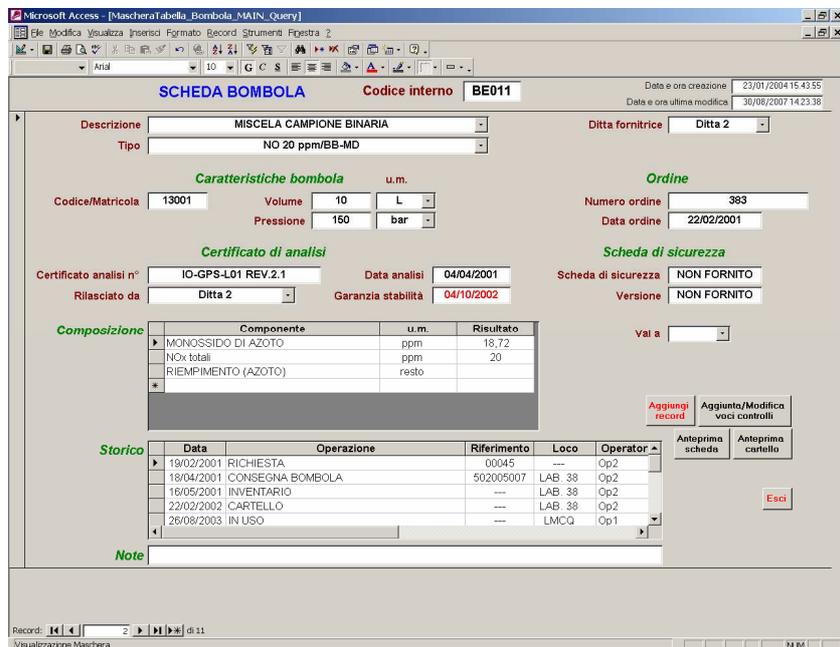


Figura 20 - Maschera inserimento/modifica dati bombola

Dalla maschera di inserimento dei dati si possono visualizzare e stampare la scheda relativa alla bombola (Figura 21) e il cartello riassuntivo (Figura 22) che viene allegato alla bombola stessa per una identificazione immediata. Le schede delle bombole vengono inoltre archiviate in un registro cartaceo, conservato in laboratorio per una rapida consultazione.

		<b>MODULI</b>		<b>MO 014 ORAR</b> Rev. 3.1 dal 11/03/2004 Pagina 1 di 1 Procedura di Risparmio										
Titolo: <b>SCHEDA BOMBOLA</b>														
<b>Codice interno</b> <b>BE021</b>														
Descrizione: <b>MISCELE PER CONTROLLO AMBIENTALE</b> Tipo: <b>STANDARD HIGH PRECISION</b>		Formato: <b>Carta 1</b>												
<b>Caratteristiche bombola</b>														
Codice/Matricola: <b>73525</b>		Volume: <b>50</b> L Pressione: <b>150</b> bar												
<b>Ordine</b>														
n°: <b>0467 ORAR</b>		Data ordine: <b>09/12/2002</b>												
<b>Certificato di analisi</b>														
n°: <b>17322 (2554514249)</b> Rilasciato da: <b>Carta 1</b>		Data analisi: <b>12/12/2002</b>												
<b>Scheda di sicurezza</b>														
n°: <b>Non fornito</b>		Versione: <b>Non fornito</b>												
<b>Composizione</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Risultato</th> <th>u.m.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MONOSSIDO DI CARBONIO</td> <td>199</td> <td>ppmvvol</td> </tr> <tr> <td>RIEMPIMENTO (AZOTO)</td> <td></td> <td>resto</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Risultato	u.m.	MONOSSIDO DI CARBONIO	199	ppmvvol	RIEMPIMENTO (AZOTO)		resto				
Componente	Risultato	u.m.												
MONOSSIDO DI CARBONIO	199	ppmvvol												
RIEMPIMENTO (AZOTO)		resto												
<b>Garanzia di stabilità fino al</b> <b>12/12/2004</b>														
<b>Storico</b>														
Data	Operazione	Riferimento	Luogo	Operatore										
28/08/2003	INVENTARIO + CARTELLO	---	LAB_38	Op1										
13/05/2004	SPOSTATA	---	LMC Q	Op1										
07/09/2004	ESAURITA	---	LMC Q	Op1										
07/09/2004	SOSTITUITA E SPOSTATA	---	LAB_38	Op1										
03/01/2005	RESTITUITA A FORNITORE	02357	---	Op1										

Figura 21- Esempio di scheda bombola.

		<b>MODULI</b>		<b>MO 031 ORAR</b> Rev. 3.1 dal 11/03/2004 Pagina 1 di 1 Procedura di Risparmio										
Titolo: <b>CARTELLO BOMBOLA</b>														
<b>Codice interno</b> <b>BE021</b>														
<b>Composizione</b> <b>CO</b>														
<b>Concentrazione</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Risultato</th> <th>u.m.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MONOSSIDO DI CARBONIO</td> <td>199</td> <td>ppmvvol</td> </tr> <tr> <td>RIEMPIMENTO (AZOTO)</td> <td></td> <td>resto</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Risultato	u.m.	MONOSSIDO DI CARBONIO	199	ppmvvol	RIEMPIMENTO (AZOTO)		resto				
Componente	Risultato	u.m.												
MONOSSIDO DI CARBONIO	199	ppmvvol												
RIEMPIMENTO (AZOTO)		resto												
<b>Data scadenza</b> <b>12/12/2004</b>														
<b>Esaurito il</b>														

Figura 22 - Esempio di cartello bombola

Il pannello di ricerca, infine, permette di eseguire estrazioni di informazioni sulle bombole registrate impostando criteri mediante l'utilizzo di query e maschere create "ad hoc". Una versione protetta di questo prodotto, con dati di esempio, è disponibile nel DVD allegato [P14].

#### Circuiti di intercalibrazione e collaudo di strumentazione

Parallelamente alle attività principali descritte, il LCQ è stato coinvolto in alcuni circuiti di controllo/interconfronto, sia interni che esterni ad ARPAV, sempre riguardanti la matrice aria, nell'ottica della qualità delle misure strumentali.

In seguito all'acquisto nel 2004, mediante fondi DOCUP, di un certo numero di analizzatori automatici di PM<sub>10/2.5</sub>, il personale del LCQ è stato incaricato di eseguire un controllo sull'affidabilità di questi strumenti, destinati alle stazioni fisse e mobili di monitoraggio di alcuni Dipartimenti Provinciali. Sono stati quindi preparati dei set di filtri (diversi per porosità e materiale), condizionati, pesati in laboratorio secondo i dettami del D.M. 60/02 [3] e forniti ai vari Dipartimenti per il campionamento del particolato, in base alla procedura riportata tra i prodotti [P13]. Questi filtri sono stati poi restituiti al LCQ che ha provveduto a ripesarli successivamente al condizionamento. Dal confronto del dato gravimetrico con quello automatico, ottenuto da ciascuno strumento, è emerso che alcune tipologie di filtro si prestano meglio di altre per le misure con gli analizzatori in oggetto, che sfruttano il principio di misura dell'attenuazione dei raggi β. Inoltre, tra i vari strumenti considerati, sono stati segnalati, sempre alla ditta aggiudicataria, quelli che avevano fornito risultati troppo differenti rispetto ai dati gravimetrici del LCQ, presi come riferimento. I tecnici della ditta hanno quindi provveduto a tarare gli strumenti non ritenuti idonei. A distanza di un anno le prove sono state ripetute riscontrando un netto miglioramento delle risposte strumentali.

Nel novembre del 2004, in un incontro tenutosi al Centro Meteorologico di Teolo (PD), il Prof. Antonio Febo (Istituto Inquinamento Atmosferico-CNR di Roma) ha introdotto ai presenti un metodo di calcolo (non ancora pubblicato) per normalizzare le determinazioni gravimetriche di  $PM_{10}$  mediante l'impiego dei cosiddetti "filtri spia", invitando chi si occupa di questo tipo di determinazioni a provare di persona tale metodo. Questo sistema risulta particolarmente utile per quei laboratori le cui condizioni climatiche non rispettano i requisiti previsti dal D.M. 60/02 [3]. Sono state quindi eseguite delle prove su propri filtri, ottenendo buoni risultati e presentando poi tale metodo al personale dei laboratori ARPAV che effettua la determinazione del  $PM_{10}$ , invitandoli ad adottare questa semplice tecnica per tutte le loro determinazioni.

Nel 2005 il personale del LCQ è stato coinvolto dal Centro Qualità Dati del Dipartimento ARPAV Provinciale di Vicenza in un altro circuito di interconfronto relativo alla determinazione gravimetrica del  $PM_{10}$ , per valutare la qualità delle pesate dei filtri di particolato, ottenute dai diversi Laboratori Provinciali dell'Agenzia. In quell'occasione si è tenuto un secondo incontro con il Prof. Febo che ha illustrato in modo approfondito le problematiche relative alle determinazioni gravimetriche del  $PM_{10}$ . Nell'elaborazione dei dati raccolti in questo lavoro è stato applicato il metodo, da lui presentato in precedenza, della normalizzazione con filtri spia. Per i dettagli si rimanda al rapporto conclusivo di tale lavoro, inserito tra i prodotti del DVD allegato [P6]. In occasione di un incontro con i gestori di rete in cui venivano esposti i risultati del Circuito di Interconfronto, il LCQ ha consegnato una Istruzione Operativa [P7, P8] con annesso foglio di calcolo [P9,P10].

Tra la fine del 2005 e l'inizio del 2006, il LCQ ha fornito supporto al Dipartimento ARPAV Provinciale di Belluno per un interconfronto delle misure di  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO/NO_2/NO_x$  e di  $PM_{10}$ . Tale interconfronto coinvolgeva anche l'Agenzia per l'Ambiente austriaca (Land della Carinzia e Salisburgo, in un progetto denominato "Valutazione integrata della qualità dell'aria in Valbelluna" - Interreg III A). In sostanza sono stati utilizzati analizzatori di  $O_3$ , bombole di  $SO_2$ ,  $NO/NO_2/NO_x$  e alcuni filtri (bianchi e campionati) di  $PM_{10}$ , che sono stati scambiati alternativamente fra i tre partecipanti, al fine di confrontare la riferibilità delle varie misure attraverso catene metrologiche parallele. L'elaborazione dei risultati del lavoro svolto è ancora in fase di completamento, pertanto al momento non è disponibile.

Nel settembre 2006, con un iter iniziato quasi un anno prima, si è svolto ad Ispra (VA), presso i laboratori ERLAP del Centro Comune di Ricerca (CCR), un interconfronto delle misure di vari inquinanti. All'evento partecipavano varie ARPA e le Agenzie Ambientali austriaca, tedesca e svizzera. Per l'ARPAV era presente l'ORAR con il personale del LCQ. La possibilità di usufruire di una struttura altamente attrezzata (e solitamente non accessibile alle ARPA) è stata merito di un'iniziativa dell'Agenzia Ambientale della Provincia Autonoma di Bolzano, organizzatrice dell'evento. Gli inquinanti scelti per il confronto sono stati:  $O_3$  e  $NO/NO_2/NO_x$ . A discrezione di ciascun partecipante, era previsto di poter misurare le concentrazioni delle proprie bombole di  $SO_2$  e CO mediante analizzatori messi a disposizione dagli organizzatori e tarati con riferimenti dell'UBA austriaca (anch'essa tra i partecipanti). Anche in questa occasione il LCQ ha aderito all'interconfronto (Figure 23, 24 e 25), verificando la concentrazione di due bombole, una di CO 25 ppm ed una di  $SO_2$  250 ppb. Tali bombole sono state successivamente utilizzate per controlli incrociati durante le tarature degli analizzatori in LCQ.



Figura 23 - Bombole di CO e SO<sub>2</sub> del LCQ durante le misure



Figura 24 - Analizzatori dell'Agenzia Ambientale della Provincia Autonoma di Bolzano durante le misure delle bombole del LCQ

Il personale del LCQ ha lavorato per circa un mese alla preparazione all'interconfronto, tarando un proprio analizzatore di O<sub>3</sub> con il Riferimento Regionale e mettendo a punto la taratura dell'analizzatore di riferimento di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> con bombole certificate. Gli strumenti sono stati posti su un banco di prova (Figura 26) e collegati ad un diluatore dinamico in grado di generare concentrazioni variabili degli inquinanti indagati. In aggiunta alcune misure sono state condotte a diverse condizioni di umidità relativa ed in presenza di interferenti quali NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> (durante le misure di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>) ed idrocarburi aromatici (BTX).

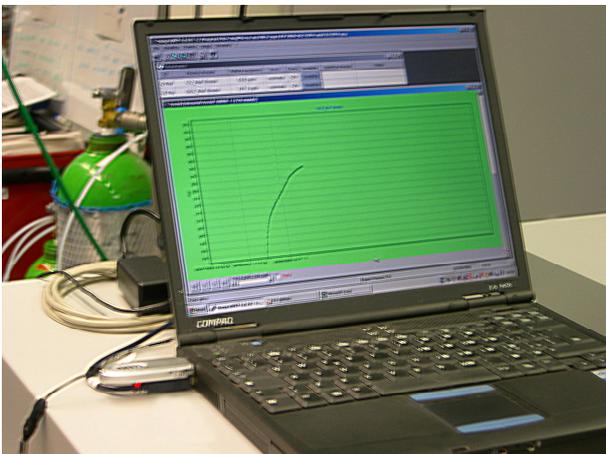


Figura 25 - Fase di acquisizione delle misure delle bombole del LCQ



Figura 26 - Analizzatori di O<sub>3</sub> ed NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> durante le prove

I dati raccolti sono stati elaborati dagli organizzatori ed è stata trasmessa ai partecipanti ad inizio 2007 una prima bozza dei risultati, nella presentazione dei quali è stata usata la forma dell'anonimato (assegnando convenzionalmente un numero ad ogni partecipante), in modo che ciascuno potesse individuare le proprie misure, senza conoscere la rispettiva provenienza delle altre. Il giudizio provvisorio assegnato ai risultati del LCQ è stato soddisfacente sia per le misure di O<sub>3</sub> che per quelle di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. L'uscita del rapporto conclusivo è prevista per la fine del 2007.

### Attivazione del programma delle tarature

Una delle problematiche sorte per l'attivazione delle tarature degli analizzatori della RRQA è stato il trovare del personale interno ad ARPAV che si occupasse di tutte le operazioni di scollegamento e conferimento degli analizzatori al LCQ, oltre che della successiva reinstallazione presso le stazioni. Strategico è stato l'inserimento, nel Capitolato di Gara del 2004 per la manutenzione della RRQA, di una apposita sezione riguardante il supporto della ditta manuttrice per le operazioni di cui sopra. Inoltre, per non interrompere i monitoraggi nelle stazioni durante il periodo di permanenza degli analizzatori nel LCQ per la taratura, sono stati acquistati, con fondi DOCUP, alcuni strumenti destinati a sostituire provvisoriamente questi ultimi. Successivamente, dopo un adeguato piano di formazione e i primi accordi con la ditta manuttrice, è stato aggiornato l'inventario della strumentazione delle stazioni fisse e mobili, incrociando le informazioni contenute nell'archivio informatizzato con i resoconti periodici di manutenzione e si è stilato un primo programma di tarature.

Tenuto conto dell'ammontare delle ore lavorative annue, che era possibile dedicare a questa attività e dovendo fare delle scelte operative, nella fase iniziale del programma, si è optato per la taratura esclusivamente degli analizzatori e limitatamente a certi inquinanti. In questa selezione sono stati considerati gli analizzatori di O<sub>3</sub>, di CO, di SO<sub>2</sub> e di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, con alcune differenziazioni: i primi sono stati scelti perché il LCQ è Riferimento Regionale, gli analizzatori di CO perché presenti nella grande maggioranza delle stazioni e quindi potenzialmente dei buoni indicatori di performance. A questi si sono aggiunti gli analizzatori di SO<sub>2</sub>, parametro non critico ma molto presente nella rete; infine gli analizzatori di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, lasciati volutamente per ultimi perché notoriamente più problematici per le operazioni di taratura. In questa fase non sono stati ancora presi in considerazione, sia per mancanza di disponibilità di forza-lavoro, sia per oggettive difficoltà, alcune tipologie di analizzatori come i BTEX, gli analizzatori di idrocarburi (metanici e non), gli analizzatori di polveri totali (PTS), ecc.

Inoltre non sono stati considerati, all'interno delle stazioni di monitoraggio, altri segmenti determinanti del processo: le linee di campionamento e di trasmissione/trasformazione del dato, la linea di produzione di aria di zero, il diluitore ed il generatore di aria/azoto.

Si precisa che la sensoristica meteo non è stata considerata in questa sede.

Tutto il lavoro del laboratorio nella fase di attivazione del processo di taratura degli analizzatori è stato finalizzato alla messa a punto della metodologia di lavoro, incluse la tempistica, l'individuazione e la possibile soluzione dei punti critici del processo. La messa in qualità di una rete, anche attraverso la stima dell'incertezza di misura, è un processo che richiede una pianificazione e condivisione e deve procedere, obbligatoriamente, per passi graduali e successivi.

Nel 2006 sono state selezionate, come prioritarie, le stazioni fisse ricadenti nei Comuni DOCUP risultanti attive e funzionanti. Non sono state considerate le stazioni in fase di dismissione come da piano di ristrutturazione. Si ipotizzava di distribuire l'attività di taratura in modo equo per ciascun Dipartimento Provinciale. Le operazioni di supporto al lavoro del LCQ sono state e sono tutt'ora a totale carico della ditta manuttrice, come già illustrato. Il personale tecnico della ditta installa lo strumento sostitutivo, avendolo precedentemente ritirato dal LCQ, al posto dell'analizzatore da tarare e consegna quest'ultimo al Laboratorio. Nell'arco di una settimana il personale del LCQ provvede alla taratura. I tempi sono stati via via concordati con la ditta manuttrice. La proposta iniziale del LCQ è stata perfezionata considerando l'organizzazione del personale tecnico della ditta manuttrice. Da subito si è constatato che era possibile operare una sostanziale economia sottoponendo a taratura due strumenti per stazione, dal momento che la fase critica si presentava nella fase di sostituzione dell'analizzatore con lo strumento fornito dal LCQ. In questo modo si sono ridotti i tempi morti, raddoppiando la produttività. Dove possibile sono stati scelti, nella stessa stazione, gli analizzatori di O<sub>3</sub> e di SO<sub>2</sub> nel periodo invernale, CO e SO<sub>2</sub> in quello estivo. Per quanto

riguarda gli analizzatori di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> è stata fatta la scelta, suggerita dai gestori di rete, di non spostare gli analizzatori ma, alternativamente, far circolare bombole commerciali di NO/NO<sub>x</sub> precedentemente verificate dal LCQ. Questo ha permesso di aumentare in modo significativo la produttività del laboratorio dal momento che sono state concordate con la ditta manuttrice precise modalità e tempistiche. Le bombole sono state consegnate, presso la sede di Mestre, in batterie di 10-20 pezzi direttamente dal fornitore. Nell'arco di alcuni giorni le stesse venivano analizzate, ripetendo le misure in un secondo tempo per verificarne la stabilità. Successivamente sono state ritirate dalla ditta manuttrice e immagazzinate in attesa di essere installate presso le stazioni. Al momento della sostituzione delle bombole esaurite, veniva chiesta nota informativa alla ditta manuttrice e regolare invio, da parte dei gestori, degli esiti dei controlli giornalieri degli analizzatori.

Il programma è stato strutturato, escluso il periodo iniziale di avviamento, in modo da poter essere trasformato in attività routinaria, sia per gli operatori LCQ, sia per quelli della ditta manuttrice coinvolti nel processo sopra descritto, pur tenendo conto delle festività e delle ferie. All'interno del programma strutturato, proprio in corrispondenza dei periodi di festività e/o di ferie, essendo l'ARPAV una struttura pubblica, e quindi come tale vincolata alla continuità, si sono organizzati i dovuti controlli interni, cioè la taratura periodica dei MFC (Mass Flow Controller) del diluitore e degli analizzatori sostitutivi. Parallelamente alla taratura di quest'ultimi si procedeva alla taratura degli analizzatori presenti in laboratorio, definiti analizzatori di riferimento. Tale strumentazione (un analizzatore per ogni tipologia e due analizzatori per l'O<sub>3</sub>) è utilizzata esclusivamente in laboratorio, non viene mai spostata e la manutenzione preventiva è a carico del personale del LCQ, contrariamente a tutto il resto della rete. Questa è stata una scelta obbligata al fine di evitare possibili errori sistematici.

Nel mese di ottobre del 2006 gestori di rete e ditta manuttrice sono stati invitati a un incontro in cui si è fatto un primo bilancio dell'attività. Erano stati tarati 38 analizzatori, con un tasso di copertura rispetto alla totalità di strumenti pari a 23 % per O<sub>3</sub>, 31 % per CO e 28 % per SO<sub>2</sub>, oltre a 25 bombole di NO/NO<sub>x</sub> rispetto alle 10 previste, arrivando complessivamente a coprire, in soli sette mesi, il 31,5 % del totale della rete. Contrariamente a quanto ipotizzato, la distribuzione degli analizzatori tarati non è stata omogenea, in quanto la consistenza variava molto da Dipartimento a Dipartimento, quindi è stata dedicata maggiore attenzione ai Dipartimenti aventi un maggior numero di analizzatori.

Il programma di lavoro per il 2007 ha imposto un salto di qualità. Si è mantenuta la possibilità di tarare due strumenti alla volta, ma, alla fine del 2006, è stato condotto un sondaggio presso i gestori affinché fossero loro stessi a esprimere i caratteri di priorità in merito agli strumenti da tarare. Sono emersi elementi interessanti. Considerata la vetustà di determinati analizzatori i gestori hanno espresso la volontà di ricevere bombole verificate dal LCQ di SO<sub>2</sub> e CO al posto dello spostamento degli strumenti. Inoltre non si sono più differenziati comuni DOCUP e non, perché l'obiettivo era quello di arrivare a coprire, con previsioni di minima, l'80% della RRQA.

## La strumentazione

Per le operazioni di taratura di analizzatori di CO, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, il LCQ dispone di un diluitore dinamico in grado di generare concentrazioni di inquinanti che ricadono nei campi di misura degli analizzatori di rete, a partire da bombole a titolo noto. Per le tarature di O<sub>3</sub> si utilizza invece un fotometro primario, costituito da un analizzatore modificato, in grado di generare le concentrazioni volute e nel contempo di misurarle. Di supporto ai due sistemi di taratura ci sono i dispositivi di generazione di aria pura, le bombole, i flussimetri utilizzati per la taratura dei mass flow controller (MFC) del diluitore.

### I dispositivi di generazione di aria pura

I dispositivi di generazione di aria pura utilizzati sono due, il primo per alimentare il fotometro primario di O<sub>3</sub> ed il secondo per il diluitore. Questi sistemi sono realizzati per ottenere un'aria sintetica con un contenuto di inquinanti il più basso possibile, tale da fornire il riferimento di "zero" agli analizzatori. Entrambi i sistemi hanno in comune un compressore (Figura 27), del tipo a pistone a secco, munito di due colonne a setacci molecolari che essiccano l'aria in modo alternato: mentre una essicca, l'altra viene rigenerata con parte dell'aria asciutta prodotta dalla prima. In uscita al compressore l'aria passa attraverso un filtro in gel di silice con indicatore, così da avere continuamente sotto controllo lo stato dei setacci. Da questo punto, mediante un raccordo a T, il flusso si divide per alimentare due diverse batterie di filtri. La prima, per il fotometro primario dell'O<sub>3</sub>, è costituita in sequenza da: forno catalitico (T = 375 °C) per ossidare i composti organici, filtro in purafil per ossidare NO a NO<sub>2</sub>, filtro in carbone attivo per trattenere le impurezze (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, composti organici) e filtro per le polveri in teflon, porosità 5 µm. La batteria è stata ricavata da quella di un generatore di aria di zero della Thermo Electron mod. 111, modificando l'ordine originale dei filtri e seguendo le indicazioni di vari documenti relativi agli analizzatori di O<sub>3</sub> e alla loro taratura [17, 18, 19, 20]. La seconda batteria si trova all'interno del vano del diluitore ed è costituita da: purafil, carbone attivo, catalizzatore al Palladio (per eliminare il CO) e forno a 360 °C (Figura 27). Tutte le linee sono in teflon o altri polimeri fluorurati.

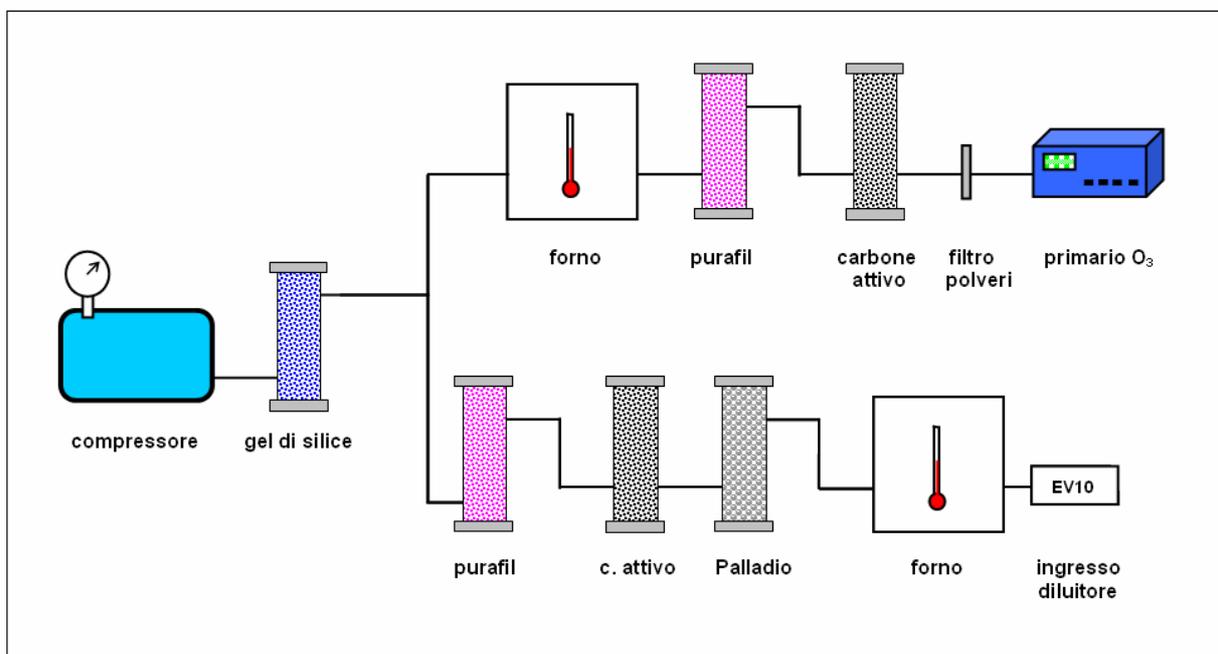


Figura 27 - Schema dei sistemi di generazione di aria pura usati in LCQ

### Le bombole

Le bombole tipicamente utilizzate per le tarature sono da 12 L in lega leggera di alluminio oppure in acciaio, certificate (SIT o COFRAC), con concentrazioni e incertezze relative riportate in Tabella 12.

Tabella 12 - Specifiche delle bombole utilizzate in LCQ per le tarature degli analizzatori

Bombola	Alta concentrazione (per diluatore)	Incertezza estesa relativa %	Bassa concentrazione	Incertezza estesa relativa %
CO (in aria)	200 ppm	< 1,5	25 ppm, 40 ppm	< 1,5
SO <sub>2</sub> (in aria)	10 ppm	< 1,5	400 ppb, 200 ppb	< 1,5
NO/NO <sub>x</sub> (in azoto)	20 ppm	< 1,5	800 ppb, 400 ppb	< 1,5

Oltre a queste il LCQ utilizza sovente anche bombole di aria e azoto (grado di purezza GC, pari al 99,999 %) per verifiche sul diluatore e per tarare i MFC (si veda in seguito, "La metodologia delle tarature").

### Il sistema di diluizione dinamico

Il diluatore (Figure 28 e 29) è costituito da un complesso sistema di tubi, elettrovalvole, manometri, MFC (Figura 30), varie celle (ad esempio in Figura 31), secondo lo schema pneumatico riportato in Figura 32.

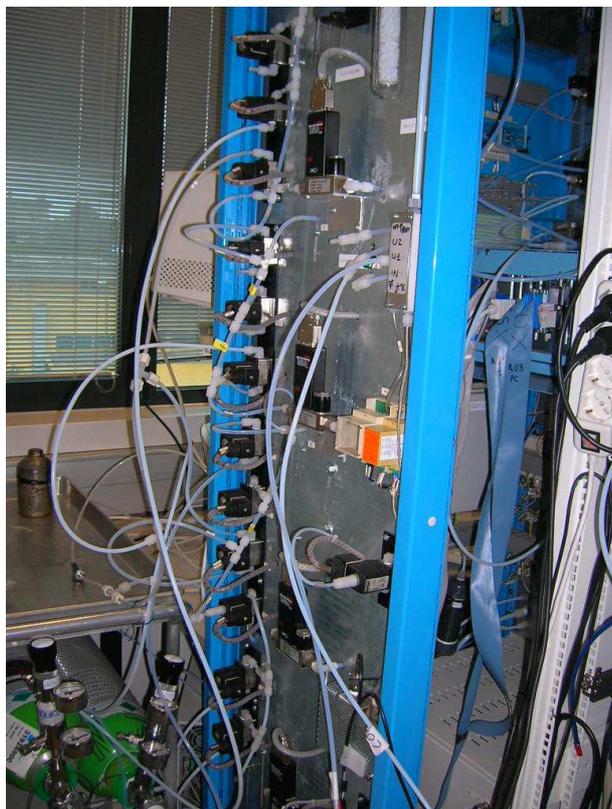


Figura 28 - Foto della parte posteriore del diluatore

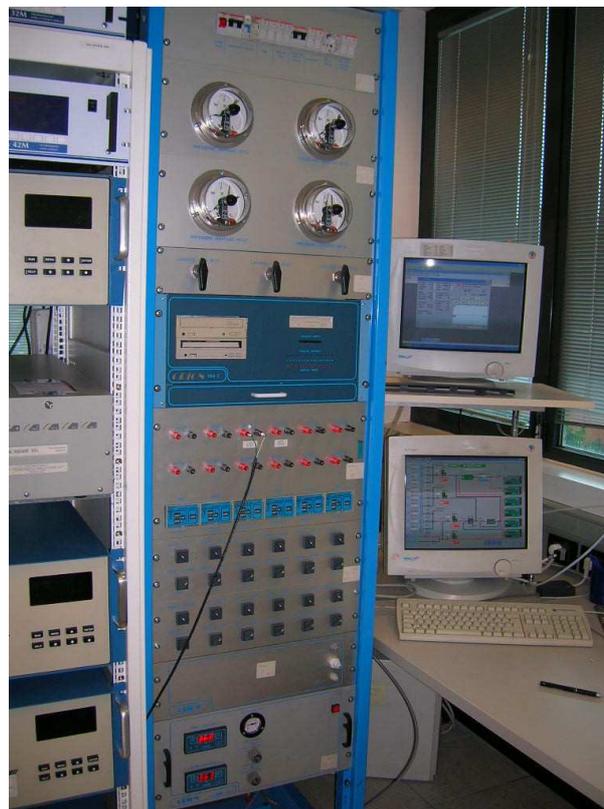


Figura 29 - Foto della parte anteriore del diluatore e del monitor di controllo (in basso)



Figura 30 - Particolare del diluitore, un Mass Flow Controller



Figura 31 - Particolare del diluitore, la cella di miscelazione

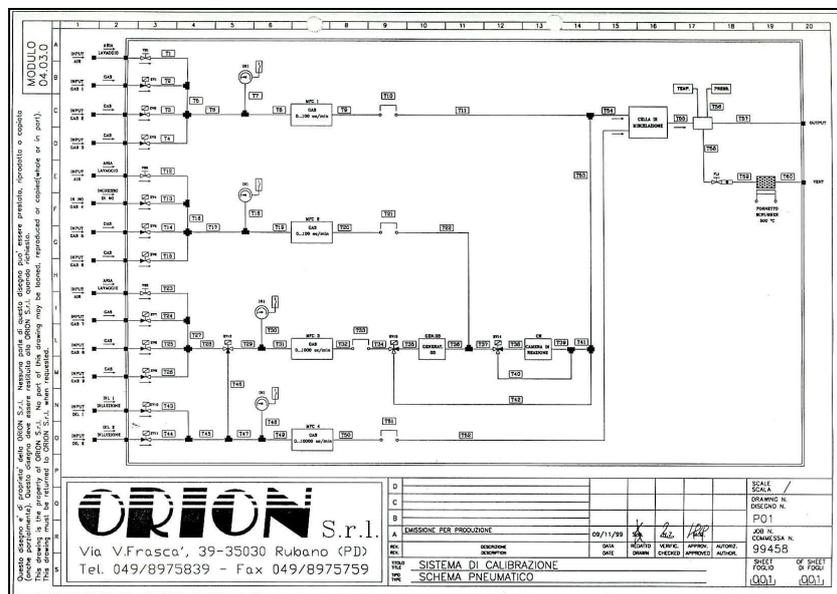


Figura 32 - Schema pneumatico del diluitore dinamico (per gentile concessione della ditta ORION s.r.l.)

Tutto il sistema è comandato dal software di un computer integrato nel vano del diluitore, contenente le schede di acquisizione analogico/digitale e quelle di comando di elettrovalvole e MFC. Osservando lo schema pneumatico (Figura 32) si può notare che il diluitore è composto da una batteria di elettrovalvole (sulla sinistra) alle quali possono essere collegate le linee di gas provenienti dalle bombole e dal sistema di generazione di aria di zero. Le elettrovalvole (a gruppi di tre) mettono i vari gas in ingresso in comunicazione con i MFC: si possono distinguere ben quattro linee principali contraddistinte dal MFC che ciascuna di queste attraversa. Gli MFC sono dei controllori di flusso con diversi range di lavoro (Tabella 13): il loro

principio di misura si basa sul raffreddamento causato dal gas che lambisce una resistenza posta in un ponte di Wheatstone.

Tabella 13 - Range di lavoro dei 4 mass flow controller del diluatore

Mass Flow Controller	Range di lavoro
MFC1	0÷100 mL/min
MFC2	0÷100 mL/min
MFC3	0÷1000 mL/min
MFC4	0÷10000 mL/min

La linea che contiene il MFC1 è dedicata al collegamento delle bombole di SO<sub>2</sub>, mentre alla linea contenente il MFC2 si collegano le bombole di NO/NO<sub>x</sub>. La linea del MFC3 è usata sia per le tarature del CO che per quelle di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (in combinazione con la linea del MFC2); lungo questa è inserito anche un generatore di O<sub>3</sub> necessario alla produzione di NO<sub>2</sub>. Infine la linea del MFC4 è destinata all'aria di diluizione proveniente dal sistema di generazione sopra descritto. Le quattro linee sfociano in una cella di miscelazione (Figura 31), che ha lo scopo di facilitare l'intimo contatto tra gas di bombola e aria di diluizione e ottenere quindi una miscela omogenea della concentrazione prescelta. Tale miscela prosegue in un collettore (manifold) mantenuto a pressione ambiente da uno spurgo all'esterno (vent), al quale si può collegare un tubo che porta all'analizzatore da tarare. Il software che comanda il diluatore possiede una schermata principale, costituita da un pannello sinottico con evidenziata la parte dello schema pneumatico utile all'operatore (Figura 33).

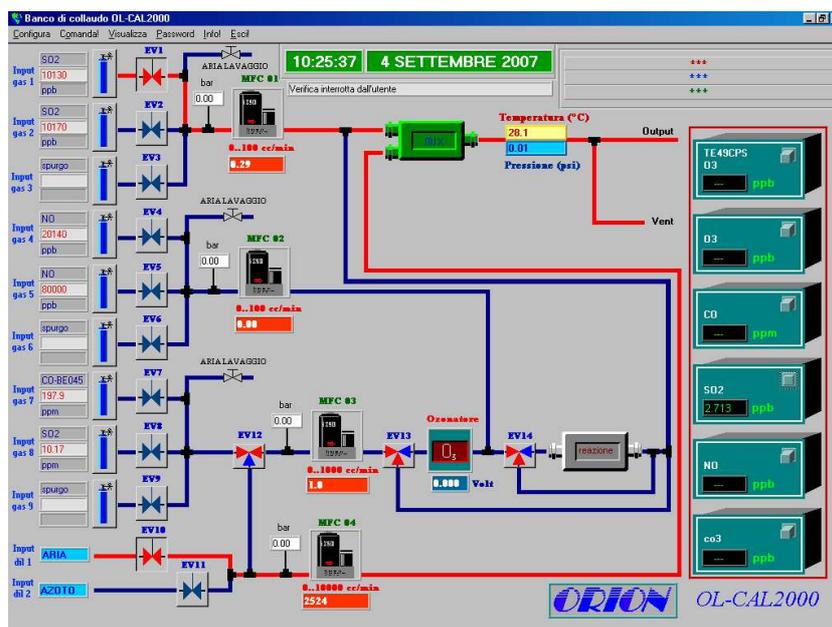


Figura 33 - Pannello sinottico del software OL-CAL2000 (per gentile concessione della ditta ORION s.r.l.)

Dal pannello sinottico è possibile impostare l'apertura delle elettrovalvole per far entrare nelle linee i gas di bombola e l'aria di diluizione e regolarne opportunamente i flussi con gli MFC, realizzando le concentrazioni desiderate. Queste sono ottenute mediante la seguente formula di diluizione:

$$[C_i] = [C_{STD}] \frac{F_{STD}}{F_D + F_{STD}}$$

con:

- $[C_i]$  concentrazione di inquinante realizzata mediante diluizione
- $[C_{STD}]$  concentrazione dello standard (bombola certificata)
- $F_{STD}$  flusso dello standard
- $F_D$  flusso del diluente (aria di zero)

Il software contiene inoltre degli applicativi per eseguire intere tarature in automatico, per determinare derive di zero e di span, tempi di salita e di discesa, ecc., cioè tutte le specifiche che un analizzatore deve rispettare secondo il D.P.C.M. del 28/03/1983 [21]. Attraverso dei connettori posti sul pannello frontale del diluitore è possibile collegare le uscite analogiche degli analizzatori e quindi registrarne i dati su *file*.

### I flussimetri

La parte più delicata del diluitore è costituita senza dubbio dai MFC: l'affidabilità di una taratura dipende fortemente dalla linearità di questi dispositivi e dalla riferibilità dei flussi generati a standard primari. Per questi motivi è stato necessario fin dall'inizio provvedere alla taratura dei MFC per conoscerne linearità di risposta e incertezza. Il funzionamento di questi dispositivi è però strettamente legato al diluitore, essendo comandati elettricamente dal computer attraverso le schede di output. Per eseguire una taratura degli MFC in modo corretto si sarebbe dovuto spedire l'intero diluitore ad un laboratorio accreditato per le misure di flusso, il più vicino dei quali è il Nederlands Meetinstituut (NMI) olandese. Questa strada è stata subito scartata, data la scomodità e l'eccessivo costo che avrebbe comportato inviare all'estero un'apparecchiatura di tali dimensioni. Inoltre non era possibile stabilire se tarando gli MFC in un laboratorio esterno con differenti condizioni ambientali rispetto al LCQ, questi avrebbero mantenuto lo stesso comportamento, una volta riportato il diluitore al suo posto. A questo punto è stata fatta la scelta di effettuare in casa la taratura dei MFC, mediante l'utilizzo di un flussimetro tarato da un laboratorio esterno. Inizialmente è stato usato un flussimetro a bolla di sapone (Giliblator 2 della Gillian, Figura 34), tarato da un centro SIT con prova non accreditata. Questo strumento è costituito da una base sulla quale vanno inseriti dei cilindri di misura (celle, tre in dotazione) di diverse dimensioni, secondo il campo di flusso esplorato. Una volta collegato all'uscita di un MFC con flusso impostato dal computer, un operatore deve premere un pulsante per far partire la bolla di sapone. Il volume spazzato nell'unità di tempo è letto da due fotocellule nel cilindro e visualizzato su un display posto sulla base del flussimetro. Gli svantaggi nell'uso del flussimetro descritto sono stati da subito: scomodità nella pulizia dei cilindri, difficoltà nel reperimento della soluzione di tensioattivo necessaria per le misure, impiego continuo di una persona per avviare le bolle e registrare manualmente i dati, taratura non accreditata. Per questi motivi nel tempo si è passati ad utilizzare una diversa tipologia di flussimetro, in collaborazione con i laboratori del Dipartimento di Venezia. Questo secondo flussimetro (DryCAL della BIOS, Figura 35) è del tipo a pistone a secco e dopo essere stato attivato esegue le misure in automatico inviando i dati ad una stampante. Inoltre il Dipartimento di Venezia provvede a farlo tarare periodicamente presso l'NMI. Tale flussimetro ha permesso di eseguire molte più letture aumentando la qualità delle tarature e disimpegnando gli operatori da un lavoro tedioso.



Figura 34 - Flussimetro a bolla di sapone Gilibrator 2 della Gilian



Figura 35 - Flussimetro a pistone a secco della BIOS

Per i dettagli della procedura di taratura usata si veda in seguito “La metodologia delle tarature”.

#### Il fotometro standard primario per l'O<sub>3</sub>

Il fotometro primario per le tarature degli analizzatori di O<sub>3</sub>, è uno strumento in grado di generare concentrazioni di O<sub>3</sub> stabili e nel contempo di leggerle. I modelli in commercio sono numerosi e riconducibili ai medesimi schemi di funzionamento indicati in [17, 19, 20, 21]. Lo strumento in dotazione al LCQ è un Thermo Electron mod. 49CPS (Figura 36), il cui schema pneumatico è riportato in Figura 37.

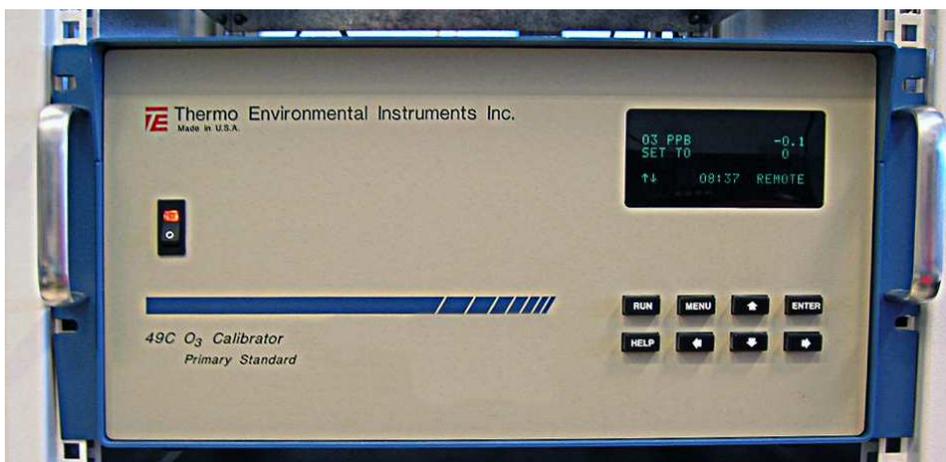


Figura 36 - Foto del fotometro primario per l'O<sub>3</sub> del LCQ

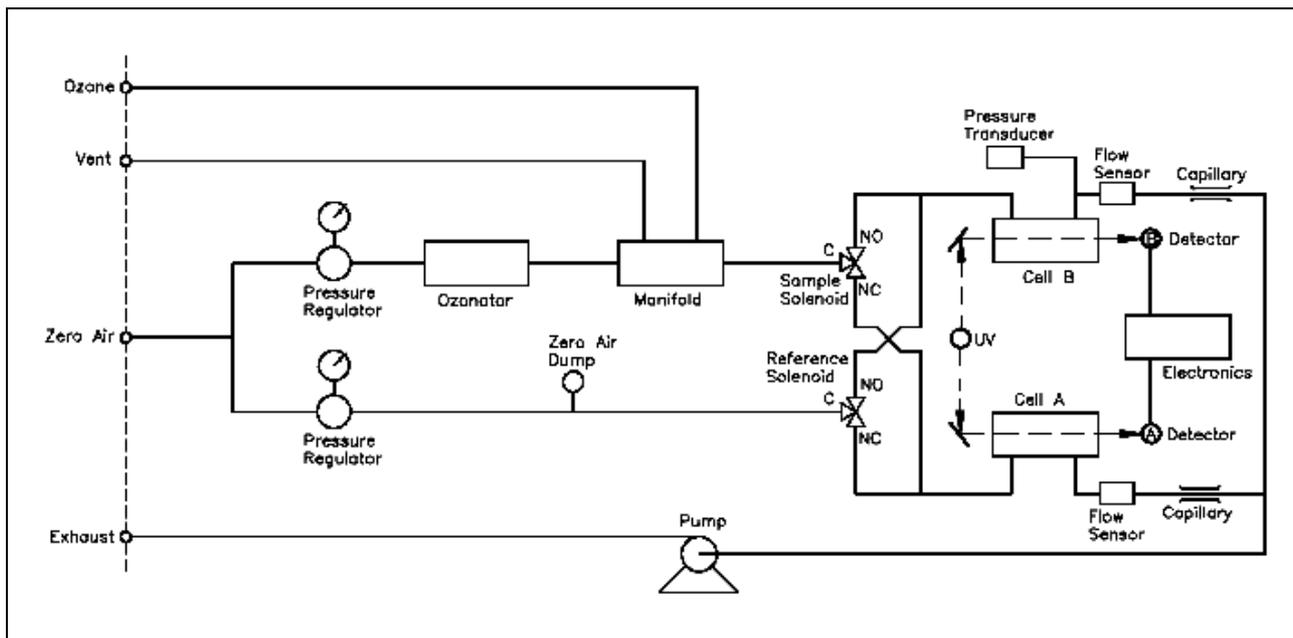


Figura 37 - Schema pneumatico del fotometro primario per l'O<sub>3</sub> del LCQ

L'aria compressa a 2 bar e purificata dal sistema di generazione entra nello strumento e si divide in due flussi: uno passa tal quale alle celle di misura e di riferimento attraverso delle elettrovalvole, l'altro entra in un ozonatore seguito da un collettore (manifold) e poi segue la strada del primo flusso. L'ozonatore è costituito da una lampada a raggi UV capace di generare una radiazione a 185 nm, lunghezza d'onda alla quale le molecole di ossigeno si rompono ricombinandosi per dare O<sub>3</sub>. Lo strumento regola l'alimentazione della lampada per generare le concentrazioni impostate dall'operatore. L'O<sub>3</sub> prodotto va all'analizzatore da tarare attraverso un'uscita collegata al manifold. Non essendo perfettamente lineare e stabile la produzione di O<sub>3</sub> con la tensione applicata alla lampada UV, è necessario adottare un sistema di misura, lo stesso degli analizzatori. Nel caso del 49CPS il sistema è costituito da due celle in cui si alternano i flussi di aria di zero e di O<sub>3</sub>, grazie allo scambio operato da una coppia di elettrovalvole a tre vie. Una seconda lampada UV emette una radiazione a 254 nm che, assorbita in parte dalle molecole di O<sub>3</sub>, attraversa le celle per arrivare ai rivelatori (tubi fotomoltiplicatori). Dal rapporto delle intensità (riferimento e campione) lette ai rivelatori e dalla misura di pressione e temperatura all'interno delle celle, lo strumento calcola la concentrazione di O<sub>3</sub> avvalendosi della seguente relazione (legge di Lambert-Beer applicata ai gas):

$$C_{O_3} = \left( -\frac{1}{\alpha_0 l} \right) \frac{T}{T_0 P_{TOT}} \ln \frac{I}{I_0}$$

In questa relazione tutte le grandezze sono note o misurabili dallo strumento (per dettagli sulla derivazione della formula e approfondimenti sul principio di misura dell'O<sub>3</sub> si rimanda alla bibliografia [17, 22]). È importante sottolineare che è possibile misurare direttamente la concentrazione di O<sub>3</sub> grazie alla conoscenza del parametro  $\alpha_0$ , il coefficiente di estinzione per l'O<sub>3</sub>, noto in letteratura e determinato da diversi autori, come riportato in Tabella 14 [17].

Tabella 14 - Valori di  $\alpha_0$  in letteratura e metodi di determinazione degli autori

Autore della determinazione	$\alpha_0$ (atm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Metodo
Inn e Tanaka 1953	306,2	Manometria
Griggs 1968	303,9	Manometria
Becker et al. 1974	310,8	Manometria
Hearn 1961	308,5	Decomposizione stechiometrica
De More e Raper 1964	310,8	Decomposizione stechiometrica
Clyne e Coxon	312,2 (250 nm)	GPT

A livello internazionale è convenzionalmente utilizzato per  $\alpha_0$  il valore di  $308 \pm 4 \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , riferito a condizioni standard (TPS) di temperatura e pressione, (273 K e 1 atmosfera). Grazie ad  $\alpha_0$  ed alla conoscenza della sua incertezza, il fotometro può essere considerato a tutti gli effetti uno standard primario, in quanto le sue misure sono riferibili a grandezze fisiche note. Piccoli scostamenti sistematici vengono corretti mediante la modifica opportuna di due parametri interni allo strumento, riconducibili alla pendenza (m) e all'intercetta (q) di una retta di taratura. Questo tipo di correzione (presente in tutti gli analizzatori) consente il trasferimento della riferibilità dal fotometro primario del INRIM a tutti gli analizzatori/fotometri che vengono tarati in cascata.

L'acquisizione dei dati di concentrazione di O<sub>3</sub> avviene mediante collegamento seriale (standard RS232) ad un computer, dove è installato un software di gestione dello strumento (scaricabile gratuitamente dal sito del produttore). Questo software permette di comandare da remoto lo strumento, impostando le concentrazioni di O<sub>3</sub> da generare. Il sistema risulta essere molto comodo in quanto la comunicazione seriale fornisce i dati tal quali, senza conversioni (evitando quindi problemi di arrotondamenti, sempre presenti nelle acquisizioni analogiche); è però limitato perché non permette una programmazione delle rampe di taratura, obbligando di volta in volta un operatore a cambiare le concentrazioni impostandole manualmente. Con il recente acquisto del software abbinato ad una scheda di acquisizione analogico/digitale, si intende superare questo ostacolo realizzando quanto prima un programma specifico in grado di fornire allo strumento tutte le istruzioni per una taratura completa.

#### Il Laboratorio Mobile Controllo Qualità

Il mezzo, attrezzato come descritto all'inizio del paragrafo 2.2.3, è stato finora utilizzato per campagne di supporto ai Dipartimenti Provinciali. È in corso la progettazione di una campagna di interconfronto tra stazioni mobili coinvolgendo altre ARPA, da realizzarsi nell'inverno 2007-2008, per quanto riguarda il particolato atmosferico PM<sub>10/2.5</sub>.

#### La manutenzione

Nel 2004 la strumentazione del LCQ è stata inserita nel capitolato di gara del contratto per la manutenzione della RRQA. In particolare, solo per il LCQ, è stato specificato che la ditta affidataria si doveva occupare esclusivamente della manutenzione straordinaria (correttiva), lasciando la manutenzione ordinaria (preventiva) a carico del personale del Laboratorio. Questa scelta è stata adottata per avere un controllo indipendente sulla gestione degli strumenti del LCQ, in particolare per gli analizzatori destinati a costituire i riferimenti per le tarature (fotometro primario per l'O<sub>3</sub> e analizzatori di CO, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>). Il LCQ si è quindi dotato di registri di strumento e relativa modulistica (prevista da un SGQ) per documentare sia la manutenzione operata internamente (preventiva), sia quella esterna (correttiva), a cura della ditta vincitrice. La manutenzione preventiva è stata impostata con una frequenza periodica basata sulle indicazioni dei manuali degli strumenti (talvolta anche con criteri più restrittivi), utilizzando ricambi originali forniti dalla ditta manutentrice.

## La metodologia delle tarature

Le tarature eseguite in modo routinario presso il LCQ interessano analizzatori di O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. Al momento, la taratura per NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> è limitata solamente allo strumento di riferimento presente nel LCQ, con il quale vengono verificate le bombole installate nelle stazioni di monitoraggio. Il LCQ possiede inoltre altri analizzatori degli inquinanti sopra citati, alcuni usati come riferimento di laboratorio e altri come sostitutivi nelle stazioni durante le fasi di taratura. La procedura generale di taratura di questi analizzatori è a livello di bozza e presenta alcune parti comuni. Le varie fasi si possono articolare come segue:

### Accettazione

In base al Programma di tarature annuale gli analizzatori di rete vengono sostituiti nelle stazioni con strumenti analoghi forniti dal LCQ e consegnati al personale del laboratorio due per volta all'inizio di ogni settimana, dai tecnici della ditta manutentrice. Contestualmente alla consegna viene compilato un modulo di accettazione (Figura 38, inserito come esempio tra i prodotti [P12]) nel quale sono inseriti i dati dell'analizzatore (marca, modello, numero di serie, stazione di provenienza), alcune note riguardanti lo stato esteriore (danni visibili), la presenza o meno di accessori (cavo di alimentazione, manuale, filtro per le polveri); datato e firmato dal personale del LCQ e dal vettore. Ad ogni modulo viene fatto corrispondere un numero progressivo (TXXX/Anno, es. T005/07), applicato sull'analizzatore mediante un'etichetta adesiva. Questo numero ha lo scopo di identificare univocamente nel LCQ lo strumento e la taratura ad esso associata.

arpav		MODULI		MO 042 ORAR	
<small>Agente Regionale per la Protezione e Promozione Ambientale di Torino</small>				Rev. 1.1	del 29/03/2006
				Pagina	1 di 1
				Procedura di Riferimento	non definita
Titolo: ACCETTAZIONE/RESTITUZIONE STRUMENTO					
NUMERO		PROPRIETARIO		DIPARTIMENTO di Xxxxxxxx	
T003/ 07				STAZIONE di kkkkkk	
TIPO	analizzatore di ozono	Consegnato con:		SI	NO
MARCA	Yyyyyyyyy	Filtro particolato?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MODELLO	Zzzzzzz	Cavo alimentazione?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ID	OZ01	Cavo comunicazione?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INV. N°	12345	Manuali strumento?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
S/N	AA321	Certificato taratura?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Danni visibili imballo		Nessuno			
Danni visibili strumento		Nessuno			
accettazione			restituzione		
data	13/05/06	data	20/05/06		
ora	10.30	ora	11.00		
vettore	Tecnico 1	vettore	Tecnico 2		
firma vettore	Firma Tecnico 1	firma vettore	Firma Tecnico 2		
firma LCQ	Firma operatore LCQ	firma LCQ	Firma operatore LCQ		
Operazioni eseguite:			NOTE		
controllo generale	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	NO	Nota 1: range elettrico 0-10 V	
taratura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
verifica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nota 2: range di misura 0-1000 ppb	
calcolo incertezza di misura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Versione: 01/04/02 D:\ORAR\GESTIONE_inchieste\moduli\QMO42.doc					

Figura 38 - Modulo di accettazione analizzatori in LCQ

Gli strumenti vengono installati su uno scaffale (rack) del LCQ, collegati alle linee pneumatiche e successivamente accesi (Figure 39 e 40). Si scattano delle foto di ciascun analizzatore (fronte e retro), come documentazione di archivio da allegare ai file delle tarature. Nei mesi più caldi e in quelli più freddi gli strumenti sono preventivamente lasciati spenti per circa due ore in una stanza adiacente al LCQ per

permetterne l'acclimatazione; quindi vengono spostati in laboratorio e accesi. Tale operazione evita gli shock termici che gli analizzatori potrebbero subire nel passare dalle condizioni dell'ambiente esterno a quelle interne del LCQ.

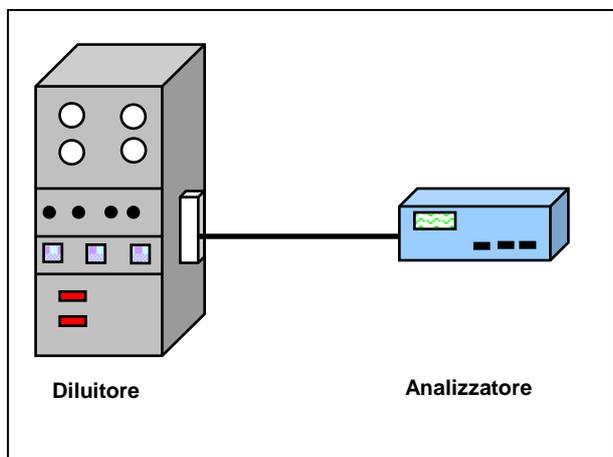


Figura 39 - Collegamento tra diluitore e analizzatore

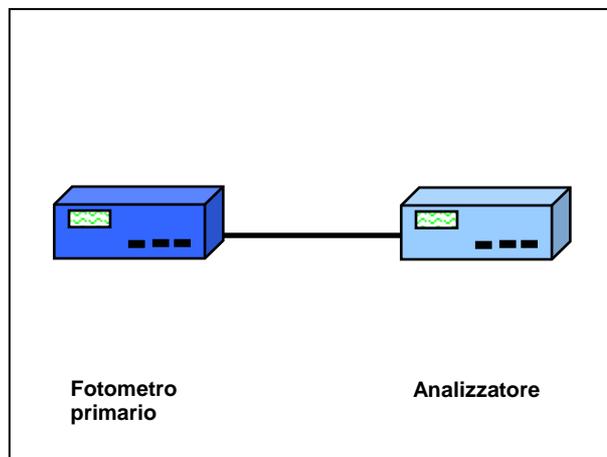


Figura 40 - Collegamento tra fotometro primario (Riferimento Regionale) e analizzatore di O<sub>3</sub>

### Stabilizzazione

Una volta accesi, gli analizzatori sono lasciati in fase di riscaldamento per almeno 24 ore, in flusso di aria di zero, per avere la certezza che tutti i componenti interni si siano stabilizzati (gli analizzatori di SO<sub>2</sub> possono impiegare fino a 48 ore). Gli analizzatori di SO<sub>2</sub>, CO e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> sono collegati ad un'uscita del *manifold* del diluitore, mentre quelli di O<sub>3</sub> direttamente al fotometro primario. Quest'ultimo viene impostato a generare 400 ppb di O<sub>3</sub> per circa 2 ore, allo scopo di passivare (ossidare tutte le impurezze) il tubo collegato all'analizzatore. Inizialmente venivano interposti dei filtri per le polveri prima dell'ingresso degli analizzatori e per tutta la durata delle operazioni di taratura; poi si è notato che questi potevano causare piccole perdite compromettendo l'esito della taratura; per l'O<sub>3</sub>, anche usando filtri in teflon, si notava una perdita di concentrazione costante che non era possibile eliminare nemmeno dopo ore di passivazione. Per tutti questi motivi si è convenuto di togliere i filtri, eliminando così delle possibili fonti di errore. Inoltre, a rigore, il filtro anti-polvere posto all'ingresso dello strumento appartiene alla linea di campionamento, esclusa a priori in questa fase del programma di taratura.

### Controllo generale

Terminato il riscaldamento, inizia la fase preliminare della taratura: seguendo quanto indicato nei manuali (forniti con gli analizzatori o scaricati dai siti internet dei produttori) si procede ad un controllo di tutti i parametri degli strumenti, riportandoli sul registro di laboratorio, dove sono annotate tutte le fasi della taratura. Tali parametri sono poi confrontati con i range di lavoro indicati nel manuale e, in caso non rientrino tra i valori suggeriti, si procede contattando la ditta cui compete la manutenzione. È stato concordato che di norma, prima di essere inviati al LCQ, gli analizzatori devono aver ricevuto regolare manutenzione. Ciononostante, si sono verificati alcuni episodi in cui è stato necessario intervenire comunque, regolando qualche potenziometro interno o addirittura sostituendo qualche componente. Gli aggiustamenti più semplici sono stati eseguiti direttamente dal personale del LCQ (sentito il parere del tecnico), mentre le manutenzioni più complesse sono state demandate ai tecnici competenti. Ciò ha comportato, in determinati casi, dei ritardi nella consegna degli analizzatori (1-2 giorni, 2-3 volte l'anno) mentre in altri non è stato possibile realizzare la taratura (2 casi l'anno), poiché il tempo richiesto per la riparazione superava quello a disposizione secondo programma. Perciò, laddove non era possibile portare a termine le tarature nei tempi prefissati, si è deciso di rinviarle alla fine dell'intera attività per permettere la regolare prosecuzione del programma.

Un altro elemento critico è stato il range di misura usato dagli analizzatori, in quanto alcuni strumenti presentavano un valore diverso da quelli tipici usati dal LCQ: 0-500 ppb per O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>, 0-50 ppm per CO. Di

volta in volta sono stati presi accordi con i gestori di rete, per cambiare il range o per mantenerlo, adeguando la taratura al singolo caso. Una volta stabilito che lo strumento è funzionante e risolte le questioni relative al range, si procede cambiando o disattivando alcune impostazioni (tempo medio di risposta, check di zero e span automatici, etc., annotati a parte), che potrebbero interferire con la taratura; prima della restituzione degli analizzatori, questi parametri vengono riportati ai valori originali.

### Taratura delle uscite analogiche

Quando l'uscita analogica di uno strumento viene collegata al diluitore, si deve settare l'ingresso configurando opportunamente il separatore galvanico (dispositivo atto alla regolazione dei range elettrici, presente negli ingressi del diluitore). Tipiche uscite analogiche riscontrate negli analizzatori di rete sono: 0÷5 V, 0÷10 V, 4÷20 mA. I cavi utilizzati sono lunghi 1.5-2 m, di tipo comune per trasmissione di segnali analogici, schermati. L'operazione successiva consiste nell'allineamento della comunicazione analogica in modo tale che i valori di concentrazione visualizzati dallo strumento siano gli stessi che la scheda del diluitore acquisisce e visualizza sul pannello sinottico del software. Inizialmente, seguendo le indicazioni apprese durante il Corso di formazione degli Operatori Regionali per le tarature dell'O<sub>3</sub> (si veda in precedenza "Formazione"), si regolavano manualmente le uscite analogiche degli strumenti (agendo sui potenziometri o via software) fino ad allinearle al meglio con la visualizzazione sul software del diluitore. Ciò comportava però dei problemi di comunicazione nel momento in cui gli analizzatori venivano installati nuovamente nella stazione di origine. Per praticità e per evitare conflittualità tra tecnici, personale del LCQ e gestori di rete, si è scelto di non manomettere le uscite analogiche ma semplicemente di costruire una retta di taratura per ricondurre i valori acquisiti a quelli realmente misurati dallo strumento, come indicato da EPA [23]. Per registrare tali valori si usano le funzioni di test (zero e fondo scala elettrico) che molti analizzatori possiedono (alcuni addirittura sono in grado di generare un'intera rampa di potenziale o corrente). In assenza di queste funzioni non rimane altra possibilità che registrare manualmente una parte dei dati di taratura, leggendoli contemporaneamente sul display dello strumento e sul computer del diluitore. La correzione sistematica che si ricava (retta) è applicata a tutti i valori acquisiti in fase di taratura e viene valutato il contributo di incertezza che ne deriva (si veda più avanti), inglobandolo in quella finale. Per i modelli più recenti di analizzatori, provvisti di uscita seriale, si utilizzano dei software (scaricabili gratuitamente dai siti internet dei costruttori), che permettono lo scarico dei dati su un computer sotto forma di *file* di testo (in formato *txt*, *csv*, *dat*), evitando così i problemi legati alla trasmissione analogica.

### Regolazione di ZERO e SPAN

Questa operazione è la più delicata della taratura. Ogni analizzatore possiede due parametri interni, chiamati in modo differente a seconda di marca e modello ("zero" e "span", "zero adjust" e "K factor", "bkg" e "coef", "offset" e "slope", ecc.), tutti riconducibili alla pendenza "m" ed all'intercetta "q" di una retta nella forma  $y=mx+q$ . Generalmente questi parametri sono accessibili agli operatori e la loro modifica consente il cambiamento sistematico delle letture dello strumento, cioè la taratura. Secondo la normativa in materia per le tarature degli analizzatori [17-20], [23-27], la sequenza delle operazioni è la seguente: dopo un periodo di stabilizzazione in aria di zero, si impone allo strumento di correggere il suo parametro interno di zero (intercetta della retta) affinché la concentrazione letta sia zero; questa operazione è più affidabile impostando un elevato tempo medio di risposta dello strumento (average time), tipicamente 5 minuti. Successivamente si invia allo strumento, sempre attraverso il diluitore (o il fotometro primario nel caso dell'O<sub>3</sub>), una concentrazione nota di inquinante che cada all'incirca tra l'80 e il 90% del fondo scala. Dopo un tempo sufficiente per la stabilizzazione, si impone allo strumento di cambiare il suo parametro interno relativo alla pendenza della retta, affinché legga la concentrazione fornita. Questo processo, chiamato anche allineamento di zero e span (come definiti nel D.P.C.M. del 28/03/1983, [21]) va ripetuto più volte fino a che i coefficienti della retta rimangono costanti. A questo punto si può procedere alla taratura multipunto generando almeno 5 concentrazioni equidistanti nel range di misura dell'analizzatore, registrandone i valori. La retta ottenuta con il metodo dei minimi quadrati (valori letti dall'analizzatore contro le concentrazioni generate dal diluitore/fotometro) è la retta di taratura finale ed è quella che deve essere applicata per

correggere le concentrazioni lette dallo strumento. Nel seguire queste istruzioni, da subito in LCQ ci si è scontrati con due problemi di natura pratica:

- 1) una volta ricavata la migliore retta con il metodo dei minimi quadrati, sorgeva il problema di far applicare questa relazione ai gestori di rete su tutti i dati acquisiti successivamente alla taratura. Sulla base di come sono costituiti la rete ARPAV e il sistema automatico di acquisizione, validazione e archiviazione dei dati, questo tipo di operazione è inconciliabile allo stato attuale, pur sembrando banale;
- 2) per ovviare al primo problema si è pensato di inserire direttamente nell'analizzatore i coefficienti ricavati dal metodo dei minimi quadrati. Purtroppo, per alcuni modelli non esiste un'equivalenza esatta tra i coefficienti della retta ed i parametri interni dello strumento, per altri è addirittura impossibile immettere manualmente dei valori arbitrari.

Per questi motivi si è preferito operare in modo differente: la procedura di allineamento di zero e span è la stessa sopra descritta. Come esito della taratura, però, al momento vengono forniti ai gestori solo i nuovi coefficienti interni che lo strumento calcola durante l'allineamento, ma non la retta ottenuta con i minimi quadrati. Questa retta, se la taratura è stata condotta in modo corretto, nella maggior parte dei casi presenta intercetta molto vicina allo zero e pendenza molto vicina ad uno, un coefficiente di regressione lineare prossimo all'unità e scarti di regressione contenuti. Comunque, per non trascurare anche questa piccola correzione sistematica, si è pensato di inglobare il contributo derivante dalla retta dei minimi quadrati nel calcolo dell'incertezza di taratura dello strumento, descritto in dettaglio in seguito.

Durante l'allineamento di zero e span l'operatore si accorge immediatamente se l'analizzatore è tarabile oppure no. In genere, se dal controllo preliminare dei parametri dello strumento non emergono particolari malfunzionamenti, la taratura procede a buon fine. Per giudicare se una taratura è riuscita si confrontano le letture dello strumento alle concentrazioni di zero e span (80% del fondo scala) con i valori teorici. Secondo le norme riportate in [20, 25, 26, 27], relative agli analizzatori, i valori di zero e span durante un controllo sono accettabili e non necessitano di correzione se le differenze con i valori teorici soddisfano le condizioni riportate in Tabella 15.

*Tabella 15 - Condizioni di accettabilità per le verifiche di zero/span nei vari analizzatori*

<b>Strumento</b>	<b>Lettura di ZERO</b>	<b>Lettura di SPAN (80% fondo scala)</b>
Analizzatore di O <sub>3</sub>	< 5 ppb	< 5 %
Analizzatore di SO <sub>2</sub>	< 5 ppb	< 5 %
Analizzatore di CO	< 5 ppm	< 5 %
Analizzatore di NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	< 5 ppb	< 5 %

Sono stati rari i casi in cui un analizzatore, ad esempio a distanza di un giorno dalla taratura, non rispettasse tali condizioni e le cause sono state attribuite ad una non completa stabilizzazione dello strumento in laboratorio. Ripetendo la taratura lo strumento rientrava nei limiti della Tabella 15.

#### Taratura multipunto

In questa fase, già accennata al paragrafo precedente, il diluitore viene programmato (per CO, SO<sub>2</sub> e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>) impostando vari parametri su una maschera, di cui i principali sono riportati per praticità in Tabella 16, a seconda dell'analizzatore da tarare.

Tabella 16 - Parametri da impostare sul diluitore per programmare le diverse tarature

Parametro da impostare	Analizzatore di CO	Analizzatore di SO <sub>2</sub>	Analizzatore di NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>
Bombola da diluire	BEXX1	BEXX2	BEXX3
Flusso preferenziale gas diluente (%)	30	25	25
Concentrazione minima	2,5 ppm	25 ppb	0 ppb
Concentrazione massima	47,5 ppm	475 ppb	900 ppb
Range di misura dell'analizzatore	0÷50 ppm	0÷500 ppb	0÷1000 ppb
Numero di punti	7	7	10
Tempo di stabilizzazione (minuti)	5	25	20
Tempo di acquisizione	5	10	10
Ingresso di misura	input 3	input 4	input 5
Nome file per salvataggio dati	TXXX-Anno.dat/txt	TYYY-Anno.dat/txt	TZZZ-Anno.dat/txt

NOTA: Il "Range di misura dell'analizzatore" (riga evidenziata in grigio) non è un parametro impostato in questa maschera ma è stato riportato in Tabella 16 per un immediato confronto con i valori di concentrazione minima e massima ed il numero di punti di taratura.

Una volta attivato, il diluitore apre le elettrovalvole ed i MFC in modo da realizzare la prima concentrazione impostata e a seguire tutte le altre. Il passaggio da una concentrazione alla successiva avviene automaticamente senza interruzioni. I dati vengono acquisiti come media al minuto e salvati su un file di testo. In Tabella 16 si possono notare per i vari inquinanti tempi diversi di stabilizzazione e acquisizione: questa scelta è dettata prima di tutto da un calcolo e poi dall'esperienza. Considerando la lunghezza e il diametro interno del tubo nel tratto che il gas percorre da quando esce dal MFC a quando entra nell'analizzatore, passando attraverso la cella di miscelazione, sono stati calcolati i cosiddetti "volumi morti" e, in base ai flussi impostati, si è calcolato il tempo che la miscela diluita impiega per arrivare all'analizzatore. Per esempio, si è ottenuto che per la concentrazione più diluita di SO<sub>2</sub> (25 ppb) sono necessari almeno 11 minuti da quando il gas esce dal MFC1 a quando arriva all'ingresso dell'analizzatore. L'esperienza ha poi evidenziato che le miscele di SO<sub>2</sub> generate per diluizione sono più "lente" a raggiungere la stabilità ed è per questo il motivo che il tempo impostato è di almeno 25 minuti. Per il CO si opera a flussi di un ordine di grandezza maggiore rispetto alla SO<sub>2</sub>, raggiungendo quindi la stabilità già in 1-3 minuti. Per NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> i tempi sono vicini a quelli della SO<sub>2</sub> perché i rapporti di diluizione e i flussi sono dello stesso ordine di grandezza. Da sottolineare che nella fase precedente di allineamento di span, si fa inizialmente fluire la miscela di SO<sub>2</sub> a circa 400 ppb per almeno un'ora prima di correggere i coefficienti interni dello strumento. In assenza di materiale bibliografico che giustifichi i comportamenti delle diverse miscele, si può solo supporre che le cause siano da ricercare nelle interazioni che le molecole di gas hanno tra loro e con il materiale costituente i tubi.

Tutte le misure durante la taratura multipunto sono condotte in parallelo con un analizzatore di riferimento del LCQ. Nell'elaborazione dei dati si confrontano gli andamenti dei due analizzatori per verificare l'affidabilità delle miscele generate dal diluitore.

Un po' diversa è la procedura per le tarature di analizzatori di ozono: anche in questo caso si inizia eseguendo un allineamento per due punti, imponendo lo zero e lo span (a 400 ppb). Successivamente un operatore deve impostare manualmente le varie concentrazioni sul fotometro primario, via software o direttamente sullo strumento, a intervalli di tempo regolari. L'esperienza ha dimostrato che in genere tutti gli analizzatori di O<sub>3</sub> rispondono abbastanza velocemente alle variazioni improvvise di concentrazione fornendo letture stabili in 2-3 minuti. Tuttavia, per maggior sicurezza, ogni concentrazione viene fatta leggere dallo strumento in taratura per 20 minuti, di cui gli ultimi 10 sono quelli destinati all'elaborazione. Inoltre, per valutare la massima variabilità di misura di questi strumenti, la sequenza delle concentrazioni è impostata in modo da "stressare" il più possibile l'analizzatore in fase di lettura, passando da concentrazioni molto alte a molto basse e viceversa. La sequenza usata in LCQ, oramai consolidata, è la seguente, in ppb: 0 – 475 – 25 – 400 – 100 – 325 – 175 – 250, per un totale di 8 punti di taratura. L'acquisizione dei dati (medie al minuto) è ottenuta tramite un canale di ingresso del diluitore, che in questo frangente ha la sola funzione di acquirente.

Invece, per gli analizzatori che dispongono di un'uscita seriale e di un software per lo scarico dati, è stato possibile acquisire le letture dello strumento tal quali.

#### Controllo con bombole a bassa concentrazione (solo per CO, SO<sub>2</sub> e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>)

Al termine della taratura multipunto si esegue un controllo facendo misurare all'analizzatore una bombola a bassa concentrazione (cioè rientrante nel range di misura dello strumento), senza passare attraverso il diluitore. Questa operazione è utile per individuare eventuali problemi nel diluitore. I dati sono acquisiti ed elaborati insieme a quelli della taratura. Confrontando il valore letto dallo strumento con quello dichiarato dal certificato della bombola, ciascuno con il suo intervallo di incertezza, si ha la prova del buon esito o del fallimento della taratura. Come primo livello di controllo si è imposto che la differenza percentuale tra il valore letto dall'analizzatore e quello dichiarato dal certificato della bombola sia inferiore al 5 %. Il secondo livello di controllo si ha successivamente con l'elaborazione dei dati, in cui, tenendo conto delle incertezze, si valuta se la misura media dell'analizzatore è sovrapponibile con il valore della bombola.

Il controllo con bombola a bassa concentrazione è eseguito anche per l'analizzatore di riferimento del LCQ.

#### Raccolta dati ed elaborazione

I dati grezzi si presentano come *file* di testo con diversi formati. Questi dati sono importati in un foglio di calcolo e successivamente elaborati: si ricavano così gli andamenti e la retta dei minimi quadrati comprensiva dell'incertezza di taratura. Attualmente è in fase di messa a punto un modello di foglio di calcolo per standardizzare le elaborazioni delle tarature, con l'obiettivo di ottenere un *file* che renda automatiche tutte le operazioni, fornendo i risultati da inserire nella successiva Relazione di Taratura.

La Relazione di Taratura è un documento del tutto analogo ad un certificato ma che non può chiamarsi tale perché emesso da un laboratorio non accreditato. In questo documento sono inseriti i dati dello strumento, le condizioni operative durante la taratura e i risultati: i nuovi coefficienti impostati, una tabella ed un grafico relativi all'andamento dell'incertezza di taratura nel range di misura dell'analizzatore. Questo documento è inviato al gestore di rete come prova dell'avvenuta taratura. I risultati della taratura sono anche espressi in modo sintetico in un'etichetta adesiva apposta sull'analizzatore (Figura 41). Un fac simile della Relazione di Taratura è riportato tra i prodotti presenti nel DVD allegato [P11].

 Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto	<b>MO 044 ORAR</b> Rev.1.2 del 14/04/2006
	Documento di riferimento RzT T0XX-06
Marca YYY Mod. ZZ S/N 123 - Dipartimento di AAA	
<b>Coefficienti di taratura inseriti:</b>	
<b>ZERO</b>	<input type="text" value="175"/>
<b>SPAN</b>	<input type="text" value="855"/>
data taratura:	<input type="text" value="23/08/06"/>

Figura 41 - Etichetta con i coefficienti di taratura, applicata agli analizzatori in LCQ

#### Ritiro degli strumenti tarati

Il ciclo si chiude con il ritiro, da parte dei tecnici della ditta manuttrice, degli strumenti tarati, da riportare nella stazione di origine e ricollegare al posto dei sostitutivi. Questi ultimi vengono successivamente portati in un'altra stazione (come da programma) per prendere il posto dei presenti, destinati al LCQ, e ricominciare l'intero ciclo di taratura.

### Taratura dell'analizzatore di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> e verifica di bombole di NO/NO<sub>x</sub>

Questa taratura è più lunga e complessa delle altre e per la metodologia si è fatto riferimento al documento riportato da EPA [24]. Al momento, per gli scopi prefissati, la taratura è stata messa a punto solo per NO e NO<sub>x</sub> con procedura analoga a quella descritta per CO e SO<sub>2</sub>, mediante bombole ad alta concentrazione certificate. La complessità è legata al fatto che si devono eseguire due tarature distinte, una per NO/NO<sub>x</sub> ed una per NO<sub>2</sub>. Per quest'ultimo inquinante sono state eseguite delle prove utilizzando il sistema GPT (*gas phase titration*), mediante l'utilizzo dell'ozonatore presente nel diluitore.

Le bombole da verificare sono fornite dalla ditta manutentrice con l'accordo che dopo il controllo da parte del LCQ, sia reso noto agli operatori in quali stazioni della RRQA queste bombole sono poi destinate, per avere un ritorno attraverso le misure degli analizzatori di rete. Queste bombole non sono certificate ed hanno le seguenti concentrazioni nominali: 80 ppm, 20 ppm, 800 ppb (in azoto). Per quelle a bassa concentrazione (800 ppb) le misure sono state condotte collegando la bombola direttamente all'ingresso dell'analizzatore (con raccordo a T per lo scarico a pressione ambiente) ed aspettando un tempo ragionevole di stabilizzazione, tipicamente 20-30 minuti. Quelle ad alta concentrazione (20 e 80 ppm) sono state collegate al diluitore e miscelate con aria per generare tre concentrazioni: 300, 600 e 900 ppb. Seguendo il metodo riportato da EPA [24] si sono graficati i valori letti dall'analizzatore di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> contro le concentrazioni nominali generate dal diluitore. La concentrazione reale (incognita) della bombola è stata poi determinata secondo la formula:

$$[NO]_{STD} = [NO]_{NOM} S_{NOM}$$

con:

- [NO]<sub>STD</sub> concentrazione incognita della bombola;
- [NO]<sub>NOM</sub> concentrazione nominale della bombola;
- S<sub>NOM</sub> pendenza ottenuta dalla regressione lineare delle misure.

### Taratura dei MFC

Come anticipato nella sezione relativa alla descrizione degli strumenti, il LCQ si è dotato di un flussimetro certificato per eseguire direttamente la taratura dei MFC. Questa viene fatta con cadenza semestrale ed ha una durata di circa 3 giorni, compresa l'elaborazione e l'aggiornamento dei fogli di calcolo. Le misure sono eseguite seguendo le indicazioni riportate da EPA [23]. Collegato il flussimetro all'uscita di un MFC, si impostano sul pannello sinottico del diluitore 3-4 flussi esplorando l'intero range. I dati raccolti, elaborati in un foglio di calcolo con il metodo dei minimi quadrati, forniscono la retta di taratura. Oltre ai punti sperimentali si considera come ulteriore punto lo zero, facendo l'assunzione che a flusso zero, impostato sul MFC, corrisponda valore zero misurato dal flussimetro (in assenza di perdite, come verificato periodicamente con prove di tenuta), forzando quindi la retta a passare per l'origine. La correzione sistematica ottenuta da questa taratura è successivamente applicata a tutti i flussi "nominali" impostati sul software del diluitore, per ottenere le concentrazioni realmente generate. Anche il contributo di incertezza viene considerato e inglobato nel calcolo dell'incertezza composta di taratura degli analizzatori.

Si segnalano due considerazioni riguardo alle miscele gassose da usare per la taratura dei MFC:

- 1) rispetto al gas di bombola per il quale la pressione in uscita al riduttore è costante, il sistema di produzione dell'aria di zero ha origine nel compressore, che presenta un'instabilità di pressione in uscita, causata dai cicli di carica e scarica. Questo inconveniente è stato minimizzato interponendo in uscita al compressore il secondo stadio di un riduttore di pressione;
- 2) miscele di bombola con composizioni diverse (inquinante in aria e inquinante in azoto) possono avere conducibilità termiche differenti e fornire risposte diverse ai MFC, il cui principio di misura si basa proprio sulla capacità di raffreddare un filamento caldo percorso da corrente elettrica. Data la bassa concentrazione delle bombole usate (parti per milione e parti per miliardo) tali miscele sono assimilate ad aria o ad azoto puri e quindi l'influenza sulla conducibilità termica, dovuta ai diversi inquinanti presenti, si può ritenere trascurabile.

Comunque, nell'ottica di condurre le misure nelle stesse condizioni che si hanno durante la taratura degli analizzatori, è stato scelto di impiegare aria di bombola con grado GC per MFC1 e MFC2, mentre per MFC3 e MFC4 è impiegata aria ottenuta dal sistema di generazione di aria pura. Infatti, ai primi due MFC sono collegate rispettivamente le bombole di SO<sub>2</sub> e di NO/NO<sub>x</sub>, al MFC3 è collegata la bombola di CO ma viene usato anche per alimentare l'ozonatore con aria di zero per le tarature di NO<sub>2</sub>; infine a MFC4 è collegata solo l'aria di zero per la diluizione.

I flussi impostati sui MFC durante le tarature sono riportati in Tabella 17.

Tabella 17 - Flussi impostati sul pannello sinottico di comando del diluitore per le tarature dei MFC

Mass Flow Controller	Flussi impostati per la taratura dei Mass Flow Controller (mL/min)				
MFC1	30	60	90	---	---
MFC2	30	60	90	---	---
MFC3	200	400	600	800	---
MFC4	1000	2000	4000	6000	8000

A rigore, per le tarature di MFC1, MFC2 e MFC3 si dovrebbero usare gli stessi gas di bombola utilizzati durante le prove sugli analizzatori, ma per ovvi motivi di spreco di standard primari, questa soluzione non è stata presa in considerazione. Un esperimento da eseguire in futuro potrebbe essere quello di eseguire almeno una prova comparativa tra miscela di taratura e aria o azoto puri per determinare se esiste a livello statistico una differenza significativa tra i flussi misurati con un tipo di gas rispetto ad un altro.

### I criteri per la stima dell'incertezza

Il calcolo dell'incertezza è la parte del lavoro che ha richiesto più tempo e impegno sia nel reperire la documentazione che per adattare gli esempi trovati ai casi specifici trattati. Data la complessità dell'argomento in questa sede si riportano solamente i criteri adottati, rimandando alla documentazione citata nel testo e riportata in bibliografia, per approfondire le basi teoriche relative alla stima dell'incertezza in genere. Si fa presente che il calcolo dell'incertezza è qui applicato al singolo analizzatore se collegato al sistema di acquisizione del LCQ. L'incertezza di taratura che ne deriva è solo una parte di tutte le incertezze che devono essere considerate quando l'analizzatore è installato in stazione fissa o mobile, in quanto cambiano il sistema di controllo giornaliero, il sistema di acquisizione, le linee di prelievo (tutte parti della stazione atte a produrre il dato ma comunque soggette ad incertezza). Fin'ora il personale del LCQ non si è occupato della valutazione di queste incertezze, lasciando l'onere a discrezione di ciascun Dipartimento Provinciale. Una prospettiva futura per il LCQ potrebbe essere quella di allargare le proprie competenze per andare a stimare l'incertezza associata a tutta la linea di produzione del dato per le stazioni fisse e mobili.

Il primo approccio usato nel calcolo dell'incertezza risale al *Corso di formazione degli operatori regionali ARPA per la catena di riferibilità dell'O<sub>3</sub>*, i cui criteri sono rimasti sostanzialmente invariati. Partendo da questi e consultando testi specifici e documentazione reperita nei siti internet di SIT e SINAL [28-42], è stata applicata una prima versione dell'incertezza alle tarature eseguite mediante diluitore per SO<sub>2</sub>, CO e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. Inizialmente i calcoli fornivano valori obiettivamente troppo elevati se confrontati con le misure sperimentali. La successiva dotazione di un flussimetro certificato e di bombole a bassa concentrazione certificate ha permesso di valutare meglio i singoli contributi e quindi si è arrivati ad una stima che fosse compatibile con le misure sperimentali. Questo ultimo approccio non è definitivo ma ancora in corso di perfezionamento, dato che alcuni contributi non sono stati presi in considerazione e dovranno essere valutati nell'immediato futuro. Tra questi ci sono: l'incertezza di ripetibilità della taratura (si esegue solo una rampa di valori) e l'incertezza sui flussi derivante dalla temperatura e dalla pressione. Il primo contributo è stato minimizzato aumentando sia il numero di punti di taratura che le letture per ciascun punto; il secondo risulta minimizzato per la temperatura (costante a 20°C in LCQ, come per la taratura del flussimetro eseguita dal NMI) mentre la pressione non varia considerevolmente durante l'anno.

### Incertezza di taratura per gli analizzatori di O<sub>3</sub>

Per le tarature di O<sub>3</sub> i contributi di incertezza considerati sono due: l'incertezza derivante dal fotometro primario e quella derivante dalla taratura dell'analizzatore. Il primo contributo è fornito dal documento che accompagna il fotometro standard in seguito alla sua taratura presso il laboratorio di Riferimento Zonale (Relazione di Taratura) e comprende a sua volta le incertezze derivanti dal fotometro di quel laboratorio e dello standard dell'INRIM, oltre all'incertezza intrinseca del coefficiente di assorbimento  $\alpha_0$  per l'O<sub>3</sub>. In definitiva la formula utilizzata è la seguente:

$$U_{k=2} = 2\sqrt{(A^2 + B^2 X_M^2) + (u_q^2 + u_m^2 X_M^2)}$$

con:

- U incertezza estesa dell'analizzatore sottoposto a taratura;
- k=2 fattore di copertura corrispondente a circa il 95% di confidenza;
- A contributo di incertezza associato al termine costante dell'incertezza di taratura del primario del LCQ (desunto dal certificato di taratura);
- B contributo di incertezza associato al termine variabile dell'incertezza di taratura del primario del LCQ (desunto dal certificato di taratura);
- $u_q$  scarto tipo dell'intercetta **q** ottenuta dalla taratura dell'analizzatore:  $u_q = s_r \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{n \sum_i (x_i - \bar{x})^2}}$ ;
- $u_m$  scarto tipo della pendenza **m** ottenuta dalla taratura dell'analizzatore:  $u_m = s_r \sqrt{\frac{1}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}}$ ;
- $X_m$  valore letto dallo strumento in taratura;

Lo scarto tipo di regressione,  $s_r$ , è calcolato statisticamente con la formula:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}}$$

con  $y_i - \hat{y}_i$  pari alla differenza tra la lettura *i*-esima dell'analizzatore e il valore *i*-esimo teorico sulla retta. Ma, come già anticipato nel paragrafo riguardante la metodologia delle tarature, per poter inglobare nel calcolo dell'incertezza anche il contributo sistematico di pendenza e intercetta derivanti dai minimi quadrati,  $s_r$  è stato ottenuto in questo specifico caso considerando le differenze tra le letture dello strumento in taratura ed i corrispondenti valori medi forniti dal fotometro primario, assegnando convenzionalmente alla pendenza *m* il valore 1 e all'intercetta *q* il valore 0. L'incertezza associata alla pendenza si modifica quindi nella seguente formula:

$$u_m = \frac{s_r}{\sqrt{\sum_i x_i^2}}$$

mentre il contributo derivante dall'intercetta scompare.

Nella Relazione di Taratura non viene fornita l'equazione della retta ma solamente i nuovi coefficienti impostati sull'analizzatore.

È stato valutato anche il contributo dell'incertezza derivante dall'acquisizione analogica ed è stato visto che risulta trascurabile rispetto agli altri di cui sopra.

### Incertezza di taratura per gli analizzatori di SO<sub>2</sub>, CO e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>

Nel caso del diluitore i contributi di incertezza considerati sono tre ed essendo tra loro indipendenti sono stati sommati in quadratura ottenendo la formula dell'incertezza estesa relativa di taratura:

$$\left(\frac{U_{C_i}}{C_i}\right)_{k=2} = 2 \sqrt{\left(\frac{\dot{u}(C_D)}{C_D}\right)^2 + \left(\frac{\dot{u}_{RT}}{C_D}\right)^2 + \left(\frac{\dot{u}_{AN}}{C_D}\right)^2}$$

con:

- $U_{C_i}/C_i$  incertezza estesa relativa di taratura con fattore di copertura  $k=2$ ;
- $\dot{u}(C_D)/C_D$  incertezza composta relativa delle concentrazioni generate dal diluitore;
- $\dot{u}_{RT}/C_D$  incertezza derivante dalla taratura dell'analizzatore;
- $\dot{u}_{AN}/C_D$  incertezza derivante dalla taratura della trasmissione analogica (quando presente);
- $C_D$  concentrazione reale generata dal diluitore (comprensiva delle correzioni sul flusso).

I tre contributi sotto radice si possono esplicitare ulteriormente. Il primo si può esprimere come segue:

$$\frac{\dot{u}(C_D)}{C_D} = \sqrt{\left(\frac{u(C_{STD})}{C_{STD}}\right)^2 + \sum_j \left(\frac{u(F_j)}{F_j}\right)^2}$$

dove:

- $u(C_{STD})/C_{STD}$  incertezza composta relativa della bombola utilizzata, desunta dal certificato;
- $\sum_j (u(F_j)/F_j)^2$  sommatoria dei quadrati delle incertezze relative dei MFC coinvolti nella diluizione; per CO si usano MFC3 e MFC4, per SO<sub>2</sub> si usano MFC1 e MFC4, infine per NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> si usano MFC2, MFC3 e MFC4.

Le correzioni sistematiche e le incertezze relative dei MFC si ottengono graficando le misure ottenute dal flussimetro certificato contro i valori impostati sul software del diluitore. Si fa l'assunzione che a MFC chiuso corrisponda flusso 0. Di conseguenza, con i minimi quadrati si ottiene una retta, forzata a passare per l'origine ( $q=0$ ,  $u_q=0$ ), la cui pendenza  $m$  è la correzione sistematica sul flusso, mentre l'incertezza composta è calcolata sommando in quadratura il contributo della pendenza ( $u_{m(\Phi)}$ ) con quello derivante dal certificato di taratura del flussimetro stesso ( $u_{\Phi}/\Phi$ ,  $\Phi$  è il flusso), secondo la seguente formula:

$$\frac{u(F_j)}{F_j} = \sqrt{\left(\frac{u_{\Phi}}{\Phi}\right)_C^2 + \left(\frac{u_{m(\Phi)}\Phi}{\Phi}\right)_T^2}$$

Si può notare che in questo caso il contributo derivante dalla variabilità del MFC ( $u_{m(\Phi)}\Phi/\Phi$ ), si semplifica in  $u_{m(\Phi)}$ , rendendo l'incertezza indipendente dal flusso applicato. Il contributo dovuto alla retta di taratura,  $u_{RT}/C_D$ , è stato calcolato in modo analogo, combinando in quadratura i contributi di pendenza e intercetta, ma, avendo assegnato per convenzione 1 ad  $m$  e 0 a  $q$ , il contributo dell'intercetta è inesistente, ottenendo la semplificazione di cui sotto in cui l'incertezza della retta risulta indipendente dalla concentrazione:

$$\frac{\dot{u}_{RT}}{C_D} = \frac{\sqrt{u_{m(RT)}^2 C_D^2}}{C_D} \rightarrow \frac{\dot{u}_{RT}}{C_D} = u_{m(RT)}$$

Lo scarto tipo di regressione  $s_r$ , necessario al calcolo di  $u_{m(RT)}$ , è stato ottenuto dalle differenze tra i valori letti dall'analizzatore in taratura e le corrispondenti concentrazioni generate dal diluitore (come già visto per l'O<sub>3</sub>). Infine, il terzo contributo della formula iniziale, relativo all'incertezza della trasmissione analogica, è calcolato sempre da una retta di taratura in cui in ascissa ci sono le letture di concentrazione sul monitor del diluitore (x) mentre in ordinata quelle sul display dell'analizzatore, secondo la formula:

$$\frac{\dot{u}_{AN}}{C_D} = \frac{\sqrt{u_{m(AN)}^2 x^2 + u_{q(AN)}^2}}{C_D}$$

$u_{m(AN)}$  e  $u_{q(AN)}$  hanno gli stessi significati e sono calcolati con le stesse formule viste per l'incertezza sull'O<sub>3</sub>.

#### Incertezza di misura degli analizzatori e verifica di bombole di NO/NO<sub>x</sub>

L'incertezza associata alle misure dell'analizzatore, quando è posto nel LCQ, è composta da due contributi: il primo è l'incertezza di taratura così come è stata valutata nel paragrafo precedente, il secondo è la ripetibilità durante la misura. Questo vale anche nel caso della misura di una bombola incognita a bassa concentrazione (cioè con valori rientranti nel range di misura dell'analizzatore). Invece, per le bombole incognite ad alta concentrazione, che devono essere quindi diluite con aria, si devono considerare, oltre ai contributi già citati, anche quelli relativi alla diluizione della bombola operata dal diluitore,  $\dot{u}(C_D)/C_D$ , e quello relativo alla pendenza della retta con cui si ricava la concentrazione incognita (vedere verifica di bombole di NO/NO<sub>x</sub>). Il primo contributo, visto in precedenza nel calcolo dell'incertezza di taratura, deve essere privato dell'incertezza della bombola perché sconosciuta in questo caso (al limite si conosce la concentrazione nominale). In definitiva per qualsiasi bombola o misura diretta è stata usata la seguente formula per il calcolo dell'incertezza estesa:

$$\left(\frac{U_{X_M}}{X_M}\right)_{k=2} = 2 \sqrt{\left(\frac{\dot{u}(C_D)}{C_D}\right)^2 + \left(\frac{\dot{u}_{RT}}{C_D}\right)^2 + \left(\frac{\dot{u}_{AN}}{C_D}\right)^2 + \left(\frac{u_r(X_M)}{X_M}\right)^2 + \sum_j \left(\frac{u(F_j)}{F_j}\right)^2 + \left(\frac{u_m}{m}\right)^2}$$

in cui:

- $X_M$                     valore medio misurato dall'analizzatore;
- $U_{X_M}/X_M$             incertezza estesa di misura dell'analizzatore in LCQ;
- $u_r(X_M)/X_M$         incertezza di ripetibilità della misura dell'analizzatore, ottenuta come:

$$u_r(X_M) = \sqrt{\frac{S_r^2}{n}} \quad ; \quad S_r = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad ; \quad n \text{ è il n° di misure, } x_i \text{ è la singola misura}$$

- $u_m/m$                 incertezza relativa della pendenza  $m$  della retta utilizzata per ricavare la concentrazione incognita.

Gli altri contributi sono gli stessi già descritti in precedenza. Gli ultimi due termini nella formula dell'incertezza estesa non sono presenti quando la misura è eseguita collegando direttamente la bombola all'analizzatore, senza passare attraverso il diluitore.

## 2.3 Risultati

### 2.3.1 I risultati del processo di ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria

La rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria del Veneto, gestita dall'ARPAV, è attualmente costituita da 58 stazioni di misura (Tabella 18). La localizzazione delle stazioni è riportata in Figura 42.

Tale configurazione è il frutto di un processo di adeguamento e ottimizzazione della rete durato sette anni (dal 2000 al 2006) e basato dal punto di vista tecnico sulla metodologia descritta al paragrafo 2.2.1.

Le stazioni ex-EMEP riutilizzate quali siti di tipologia background rurale sono: Livinallongo-Passo Valles (BL), Boscochiesanuova (VR) e Castelfranco (TV). Altre tre stazioni di tipologia background rurale (Pieve d'Alpago, Concordia Sagittaria, Cavaso del Tomba) furono posizionate a qualche decina di km dai rispettivi siti ex-EMEP (Cesiomaggiore, Caorle, Valdobbiadene-Monte Cesen). Infine è in fase di attivazione una stazione di monitoraggio che sarà posizionata nel territorio dei Colli Euganei, non lontano dal sito di Due Carrare appartenente alla rete ex-EMEP. Le motivazioni per le quali furono decisi questi siti in luogo di quelli della rete EMEP sono legate al fatto che, ad esempio, il sito di Caorle e quello di Valdobbiadene-Monte Cesen erano situati in due aree rispettivamente costiera e montana che il D.Lgs. 183/2004 [7] sconsiglia per il monitoraggio dell'ozono. Il sito di Pieve d'Alpago, in luogo di quello di Cesiomaggiore, venne scelto per incrementare la copertura del territorio regionale in quanto il sito di Cesiomaggiore è vicino alla stazione di Feltre. Quest'ultima, nel 1998, era un sito di traffico ed è stata riallocata in un sito di background residenziale. La zona dell'Alpago risultava invece priva di monitoraggio, pertanto è stato scelto di posizionare un sito in quella zona.

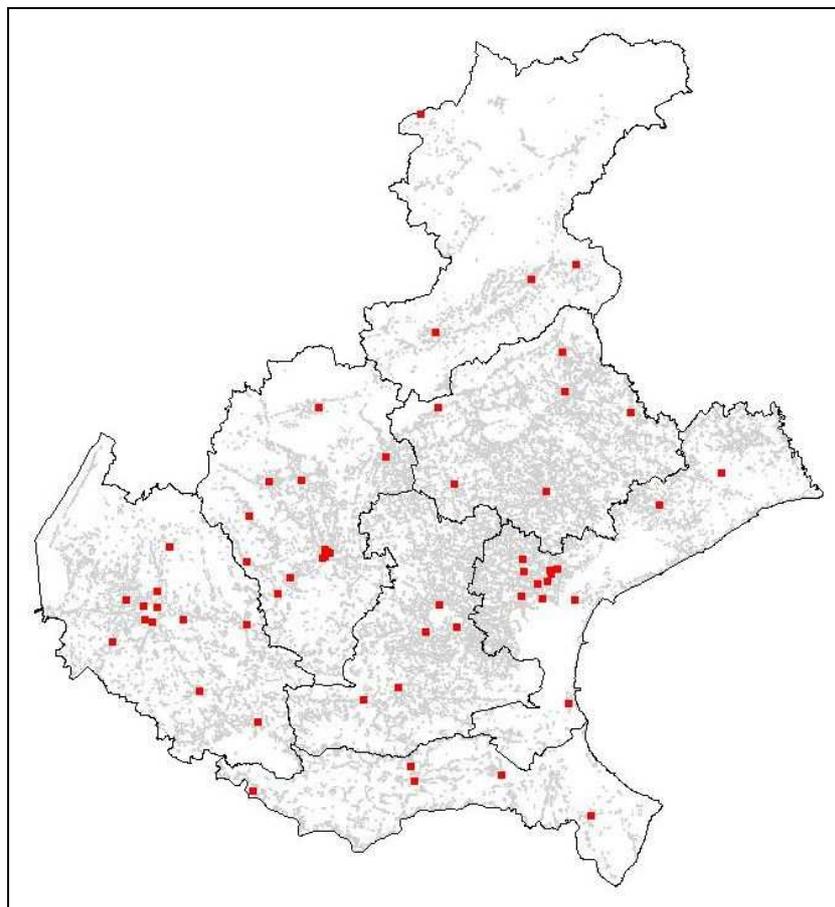


Figura 42 - Ubicazione delle stazioni della rete di monitoraggio ad agosto 2007

Tabella 18 - Descrizione della configurazione della rete di monitoraggio ad agosto 2007

Provincia	Stazioni	Tipologia stazioni (Decisione 752/2001)
Belluno	Belluno-città	background urbana
	Feltre	background suburbana
	Livinallogo-Passo Valles	background rurale
	Pieve d'Alpago	background urbana
Padova	Este	traffico urbana
	Monselice	industriale suburbana
	Padova-Arcella	traffico urbana
	Padova-Mandria	background urbana
	Padova-Granze	background urbana
Rovigo	Rovigo	traffico urbana
	Borsea	background urbana
	Adria	background urbana
	Porto Tolle	background urbana
	Castelnovo Bariano	background urbana
Vicenza	Montebello Vicentino	industriale suburbana
	Vicenza ovest	background urbana
	Vicenza Quartiere Italia	background urbana
	Montecchio Maggiore	background urbana
	Schio	background urbana
	Valdagno	background urbana
	Thiene	traffico urbana
	Bassano	background urbana
	Chiampo	industriale suburbana
	Asiago-Cima Ekar	background rurale
	Vicenza-Parco Querini	background urbana
	Vicenza-Borgo Scroffa	background urbana
	Vicenza-San Felice	traffico urbana
Verona	Legnago	background urbana
	Bovolone	background urbana
	San Martino Buon Albergo	traffico urbana
	San Bonifacio	background urbana
	Villafranca	traffico urbana
	Boscochiesanuova	background rurale
	Verona-Torricelle	background urbana
	Verona-Piazza Bernardi	background urbana
	Verona-San Giacomo	traffico urbana
	Verona-Corso Milano	traffico urbana
	Verona-Cason	background rurale
	Verona-Zai	traffico urbana
Venezia	Venezia-Marghera-Via Bottenigo	background urbana
	Venezia Sacca Fisola	background urbana
	Venezia-Mestre-Via Circonvallazione	traffico urbana
	Venezia-Mestre-Corso del Popolo	traffico urbana
	Venezia-Marghera-Via F.lli Bandiera	traffico urbana
	Venezia-Malcontenta	industriale suburbana
	Maerne-Martellago	background suburbana
	Mira	traffico urbana
	Spinea	traffico urbana
	Chioggia	background urbana
	Concordia Sagittaria	background rurale

Tabella 18 (continua) - Descrizione della configurazione della rete di monitoraggio ad agosto 2007

Venezia	San Donà di Piave	background urbana
	Venezia-Mestre-Parco Bissuola	background urbana
Treviso	Treviso-Via Lancieri di Novara	background urbana
	Conegliano	background urbana
	Vittorio Veneto	traffico urbana
	Castelfranco	background rurale
	Mansuè	background rurale
	Cavaso del Tomba	background rurale
<b>TOTALE STAZIONI</b>		<b>58</b>

La Figura 43 mette in evidenza la variazione del numero di stazioni per ciascun Dipartimento da dicembre 1999 ad agosto 2007. I Dipartimenti di Rovigo e Treviso hanno ridotto di una unità il numero complessivo di stazioni, anche se sono aumentate le stazioni di tipologia "background". I Dipartimenti per i quali vi è stato un decremento notevole del numero di stazioni sono stati il Dipartimento di Venezia e quello di Padova; si precisa che nel territorio della provincia di Padova sta per essere attivata l'ultima stazione di tipologia background rurale della rete.

Per i Dipartimenti di Vicenza, Verona e Belluno vi è stato un incremento del numero di stazioni, determinato dal fatto che sono aumentate le stazioni di background rurale, pur rimanendo inalterate le altre.

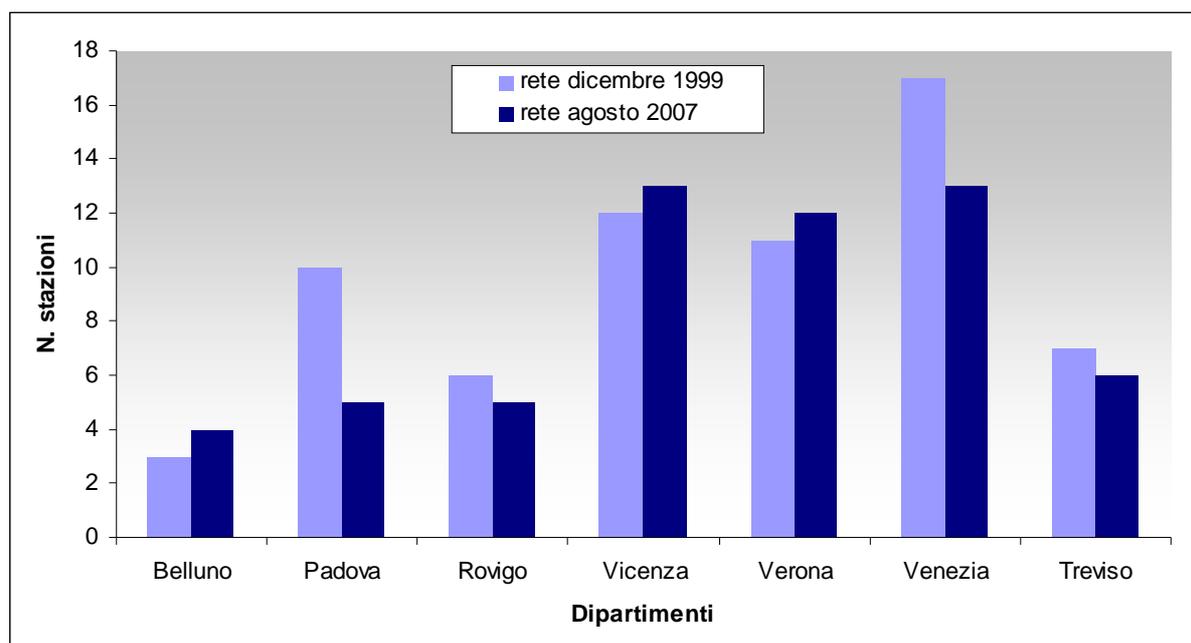


Figura 43 - Variazione del numero di stazioni di monitoraggio per Dipartimento da dicembre 1999 ad agosto 2007

Le Figure 44/a e 44/b rappresentano la distribuzione delle tipologie di stazioni della rete regionale al 1999 e al 2007; il numero totale di stazioni è passato da 66 a 58, con una riduzione percentuale del 12%.

Il dato più evidente è la riduzione del numero di stazioni di traffico, passato dal 42 al 28% e l'incremento del numero di stazioni di background passato dal 2 al 14%.

La nuova configurazione permette quindi di valutare in modo completo l'impatto delle zone industriali e dei siti di traffico, e di ottenere una quantità di informazione maggiore, relativamente ai siti di fondo, rispetto alla configurazione precedente.

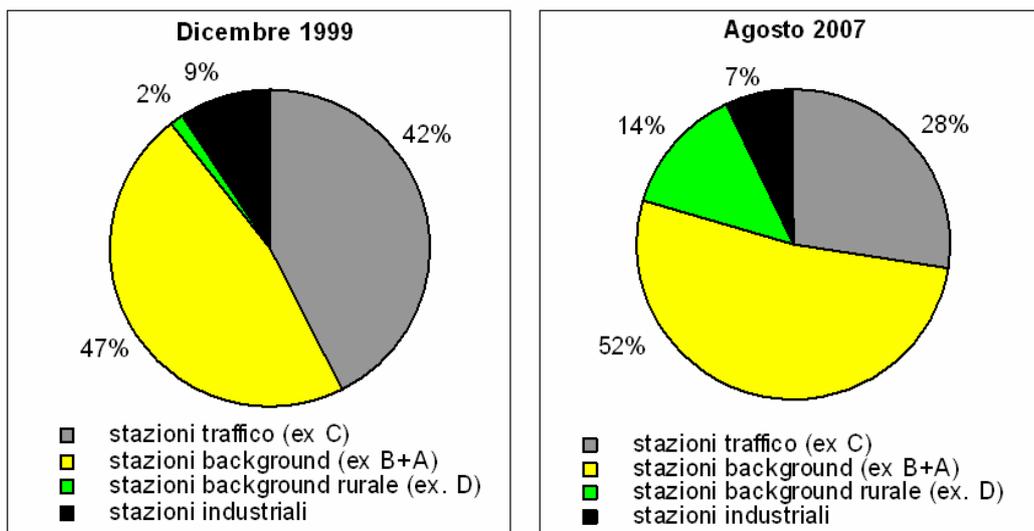


Figura 44/a e 44/b - Distribuzione della tipologia delle stazioni della rete (dicembre 1999 in confronto con agosto 2007)

Nelle Figure 45/a e 45/b sono riportate le foto di due delle nuove stazioni attivate mediante il progetto DOCUP: la stazione di Chiampo (VI) e quella di Pieve d'Alpago (BL). Oltre a queste sono state attivate altre sette stazioni di tipologia background urbano e rurale.



Figura 45/a e 45/b - Le nuove stazioni di Chiampo (sinistra) e di Pieve d'Alpago (destra)

A partire da dicembre 2002, dopo una prima fase organizzativa, sono iniziati i lavori effettivi per l'implementazione della rete. La DDG 997 del 18.12.2002 ha stabilito il primo piano di riparto del finanziamento regionale dal quale sono stati stanziati i fondi per l'acquisizione di apparecchiature per il campionamento e l'analisi della qualità dell'aria. La gara prevedeva la fornitura di analizzatori per il monitoraggio della qualità dell'aria e di nuove stazioni e venne aggiudicata nell'agosto 2003. Nello stesso periodo furono aggiudicati ufficiosamente anche altri due lotti per l'acquisizione di due campionatori sequenziali per sostanze organiche volatili e di riduttori di pressione, secondo la descrizione data in Tabella 19. In Tabella 20 è descritta la tipologia delle forniture che sono state suddivise in tre licitazioni.

Nella primavera-estate 2003, sono stati assegnati con DDG 386 del 19.05.2003 i finanziamenti per le opere di adeguamento delle stazioni rilocabili dei Dipartimenti di Padova, Venezia, Treviso e Belluno ed è stato

affidato l'adeguamento dei sistemi software di gestione dei dati delle reti di rilevamento della qualità dell'aria per conformarle al DM 60/02.

Tabella 19 - Gara ufficiosa per l'acquisizione di apparecchiature per il controllo della qualità dell'aria

	FORNITURA	Dipartimento ARPAV	STAZIONE	QUANTITA'	TOTALE
Lotto L	Riduttori di pressione	Belluno	stazione rilocabile	3	22
		Belluno	Feltre	2	
		Venezia	stazione rilocabile	5	
		Venezia	stazione rilocabile	6	
		ORAR	ORAR	6	
Lotto M	Campionatori sequenziali per SOV	Belluno	Feltre	1	5
		Treviso	Mansuè	1	
		ORAR	ORAR	3	

Tabella 20 - Gara europea per l'acquisizione di apparecchiature per il campionamento e l'analisi della qualità dell'aria

	FORNITURA	Dipartimento ARPAV	STAZIONE	QUANTITA'	TOTALE
2 <sup>a</sup> licitazione	Analizzatori di PM <sub>10</sub>	Belluno	Feltre	1	10
		Rovigo	Rovigo	1	
		ORAR	stazione rilocabile	1	
		Verona	stazione rilocabile	1	
		Vicenza	stazione rilocabile	1	
		Padova	Monselice	1	
		Belluno	stazione rilocabile	1	
		Rovigo	Porto Tolle	1	
		Padova	stazione rilocabile	1	
		Padova	stazione rilocabile	1	
3 <sup>a</sup> licitazione	Analizzatori di ozono	Treviso	stazione rilocabile	1	8
		Treviso	Mansuè	1	
		Verona	stazione rilocabile	1	
		Belluno	Feltre	1	
		Venezia	VE-Sacca Fisola	1	
		Venezia	Chioggia	1	
		Venezia	S. Donà di Piave	1	
		ORAR	ORAR	1	
	Analizzatori di biossido di zolfo-idrogeno solforato	ORAR	ORAR	1	2
		Vicenza	stazione rilocabile	1	
	Analizzatori di biossido di zolfo	Padova	stazione rilocabile	1	2
		ORAR	ORAR	1	
	Analizzatori di monossido di carbonio	Vicenza	stazione rilocabile	1	8
		Treviso	stazione rilocabile	1	
		Treviso	Mansuè	1	
		Padova	stazione rilocabile	1	
		Venezia	Chioggia	1	
Venezia		S. Donà di Piave	1		
Venezia		Mira	1		
ORAR		ORAR	1		
Analizzatori di ossidi di azoto	Vicenza	stazione rilocabile	1	11	
	Treviso	stazione rilocabile	1		
	Treviso	Mansuè	1		
	Verona	stazione rilocabile	1		
	Belluno	Feltre	1		
	Venezia	VE-Circonvallazione	1		

4 <sup>a</sup> Iscritta		Venezia	VE-Sacca Fisola	1	
		Venezia	Chioggia	1	
		Venezia	S. Donà di Piave	1	
		Venezia	Mira	1	
		ORAR	ORAR	1	
	Generatori di aria di zero	Vicenza	stazione rilocabile	1	4
		Padova	stazione rilocabile	1	
		Belluno	Feltre	1	
		Venezia	stazione rilocabile	1	
	Cabine per monitoraggio qualità aria	Treviso	Mansuè	1	2
Belluno		Feltre	1		

La rete venne implementata con l'acquisto di 10 nuovi analizzatori di PM<sub>10</sub>, 8 analizzatori di ozono e 8 di monossido di carbonio e ben 11 di ossidi di azoto. Furono acquistate due nuove cabine per i siti di Feltre e di Mansuè (nuovo sito di background rurale della rete regionale).

A fine 2005 furono assegnati, mediante trattativa diretta, i lavori di predisposizione dei siti individuati in Tabella 21 e furono adeguati, sempre impiegando fondi DOCUP, gli analizzatori automatici di PM<sub>10</sub> di Este, Adria e Pieve d'Alpago. Tali analizzatori in precedenza erano impiegati per il monitoraggio delle polveri totali sospese e mediante alcune modifiche è stato possibile renderli utilizzabili per il monitoraggio del particolato PM<sub>10</sub>.

Tabella 21 - Lavori assegnati mediante trattative dirette di cui alla Deliberazione del Direttore Generale n. 1219 del 20.12.2005

FORNITURA	Dipartimento ARPAV	STAZIONE	QUANTITA'	TOTALE
Lavori di predisposizione cabine	Padova	Cinto Euganeo, PD_Arcella*, PD_Mandria*	3	9
	Vicenza	Chiampo, Asiago	2	
	Belluno	Livinallongo-Passo Valles	1	
	Treviso	Cavaso del Tomba	1	
	Verona	Boscochiesanuova	1	
	Rovigo	Rovigo-città	1	
Adeguamento analizzatore PM10 automatico	Padova	Este, Cittadella*	2	5
	Rovigo	Adria	1	
	Belluno	Belluno-città*, Pieve d'Alpago	2	

\* acquisto con fondi regionali (art. 70 ex- D.Lgs. 112/98)

In Tabella 22 è riportato il materiale che fu acquisito con la seconda gara europea, suddivisa in sei lotti, che vennero assegnati a novembre 2005. Furono acquisiti analizzatori per il controllo della qualità dell'aria e sette nuove cabine di cui sei per i siti in area DOCUP di Chiampo, Livinallongo-Passo Valles, Adria, Rovigo-centro, Rovigo-Borsea, Cinto Euganeo e una acquistata con fondi regionali (art. 70 ex-D.Lgs. 112/98<sup>1</sup>) da posizionare nel sito di Padova-Arcella.

Tale gara permise di implementare la fornitura di analizzatori per i siti di background rurale, tra cui Concordia Sagittaria, Boscochiesanuova, Livinallongo-Passo Valles, Asiago e Mansuè, in modo particolare per quanto riguarda il monitoraggio di O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>. Tale gara permise anche di incrementare il numero di siti di

<sup>1</sup> Finanziamento assegnato dalla Regione Veneto ad ARPAV per il completamento del progetto "Ottimizzazione della rete regionale della qualità dell'aria del Veneto e Mappatura di Aree Remote" mediante Deliberazione della Giunta Regionale n. 4146 del 30.12.2003. Trattasi di un impegno di 1.500.000 euro a valere sul capitolo n. 100096 denominato "Spese per il monitoraggio della qualità dell'aria e delle acque di falda (art. 70 D.Lgs. 31/03/1998 n.12)".

misura del C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> mediante l'acquisto di due analizzatori di BTEX e quattro campionatori sequenziali di SOV. Nell'ambito della stessa gara fu acquistata strumentazione mediante l'utilizzo di fondi regionali (art. 70 ex-D.Lgs. 112/98) e su fondi del progetto "Passante di Mestre", completando così l'implementazione della rete.

Tabella 22 - Gara europea per l'acquisizione di apparecchiature per il campionamento e l'analisi della qualità dell'aria (aggiudicata con Deliberazione del Direttore Generale n. 970 del 15.11.2005)

	FORNITURA	Dipartimento ARPAV	STAZIONE	QUANTITA'	TOTALE
Lotto 1	Analizzatori automatici di BTEX	Belluno	stazione rilocabile	1	2
		Vicenza	Chiampo	1	
	Analizzatori di biossido di zolfo-idrogeno solforato	Vicenza	Chiampo	1	1
	Analizzatori di biossido di zolfo	Padova	PD-Arcella*	1	1
	Analizzatori di ozono	Venezia	Concordia Sagittaria	1	6
		Treviso	Cavaso del Tomba	1	
		Padova	Cinto Euganeo	1	
		Vicenza	Asiago	1	
		Belluno	Livinallongo-Passo Valles e Pieve d'Alpago	2	
	Analizzatori di ossidi di azoto	Venezia	Concordia Sagittaria	1	6
		Treviso	Cavaso del Tomba	1	
		Padova	Cinto Euganeo	1	
Vicenza		Asiago	1		
Belluno		Livinallongo-Passo Valles e Pieve d'Alpago	2		
Generatori di aria di zero	Padova	PD-Mandria*	1	2	
	Vicenza	Chiampo	1		
Lotto 2	Cabine per monitoraggio qualità aria	Padova	Cinto Euganeo, PD-Arcella*	2	7
		Vicenza	Chiampo	1	
		Belluno	Livinallongo-Passo Valles	1	
		Rovigo	Adria, Rovigo-centro, Rovigo-Borsea	3	
Lotto 3	Analizzatori automatici di PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub> con campionamento su nastro	Venezia	Chioggia, San Donà	2	7
		Padova	Cinto Euganeo	1	
		Verona	Boscochiesanuova	1	
		Treviso	Mansuè	1	
		Vicenza	Bassano	1	
		ORAR	stazione rilocabile	1	
Lotto 4	Campionatore manuale di PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub>	ORAR	monitoraggio Passante**	2 (da esterno)	6
		Vicenza	VI-San Felice*	1 (da interno)	
		Treviso	stazioni rilocabili	2 (da esterno)	
		Venezia	Concordia Sagittaria	1 (da interno)	
Lotto 5	Campionatore sequenziale per BTEX	Rovigo	Rovigo-centro	1	4
		Venezia	VE-Sacca Fisola, San Donà	2	
		Vicenza	VI-San Felice*	1	
Lotto 6	Sistema di gestione dati (datalogger per cabina qualità aria)	Padova	Cinto Euganeo	1	6
		Vicenza	Asiago, Chiampo	2	
		Belluno	Livinallongo-Passo Valles	1	
		Treviso	Cavaso del Tomba	1	
		Verona	Boscochiesanuova	1	

\* acquisto con fondi regionali (art. 70 ex- D.Lgs. 112/98) \*\* acquisto con fondi del progetto "Passante autostradale di Mestre"

Il lotto 5 della gara, che andò inizialmente deserto, fu assegnato successivamente mediante trattativa diretta di cui al decreto del Commissario Straordinario ARPAV n. 131/28524 del 28 febbraio 2006. In Tabella 23 sono riportate le forniture acquisite con gara europea nel 2006.

Tabella 23 - Gara europea per l'acquisizione di apparecchiature per il campionamento e l'analisi della qualità dell'aria (aggiudicata con Deliberazione del Direttore Generale n. 779 del 29.12.2006)

FORNITURA	Dipartimento ARPAV	STAZIONE	QUANTITA'	TOTALE
<b>Analizzatori di biossido di zolfo</b>	Padova	Este	1	1
<b>Analizzatori di biossido di azoto</b>	Venezia	stazione rilocabile, VE-Via F.lli Bandiera	2	8
	Vicenza	Chiampo	1	
	Treviso	Castelfranco*	1	
	Verona	VR-Cason*, VR-Corso Milano*	2	
	Verona	Boscochiesanuova	1	
	Padova	Este	1	
<b>Analizzatori di ozono</b>	Verona	Boscochiesanuova	1	6
	Verona	VR-Cason*	1	
	Treviso	Castelfranco*	1	
	Padova	Cittadella*	1	
	Padova	Este	1	
	Vicenza	stazione rilocabile	1	
<b>Analizzatori di monossido di carbonio</b>	Padova	Este	1	3
	Padova	PD-Arcella***	1	
	Venezia	VE-Malcontenta*	1	

\* acquisto con fondi regionali (art. 70 ex- D.Lgs. 112/98)

\*\*\* acquisto con fondi del progetto "PARFUM"

Mediante deliberazione del Direttore Generale n. 592 del 23 novembre 2006, fu assegnata, a titolo di estensione contrattuale, la fornitura di un laboratorio mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria per un importo complessivo di 119.400,00 euro mediante l'utilizzo di fondi DOCUP. Il laboratorio mobile fu destinato al Dipartimento Provinciale di Belluno, in quanto quello precedentemente utilizzato era fuori uso ed era necessario procedere con la realizzazione delle campagne di monitoraggio in aree remote. Il parco complessivo di stazioni rilocabili utilizzate ai fini della mappatura delle aree remote è indicato in Tabella 24.

Tabella 24 - La dotazione delle stazioni rilocabili utilizzate ai fini della mappatura delle aree remote

Provincia	Stazioni rilocabili
Padova	2
Verona	2
Vicenza	2
Venezia	2
Belluno	1
Rovigo	2
Treviso	1
<b>Totale Regione</b>	<b>12</b>

Grazie ai finanziamenti comunitari del Documento Unico di Programmazione le stazioni rilocabili furono adeguate e implementate con l'inserimento di nuovi analizzatori per la misura di PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, NO<sub>x</sub>, BTEX oltre che generatori di aria zero. Tali stazioni furono utilizzate per effettuare il monitoraggio della qualità dell'aria in zone sprovviste di rete di monitoraggio e per le quali furono raccolti i primi dati dei livelli di concentrazione. I risultati del lavoro di mappatura sono descritti al capitolo 3.

Le gare e trattative private realizzate tra il 2003 e il 2006 hanno permesso di implementare la rete di monitoraggio rispetto al parametro PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, che rappresentava una delle principali carenze della rete iniziale. Nel 1999 la rete disponeva solo di due campionatori di PM<sub>10</sub>, posizionati nelle stazioni di VE-Via Circonvallazione e VE-Parco Bissuola. Attualmente la rete ne possiede 31, tra campionatori e analizzatori di

PM<sub>10</sub>, oltre a 4 siti in cui viene monitorato il PM<sub>2.5</sub>. In Figura 46/a e 46/b è riportata la localizzazione dei punti di misura di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> al momento della stesura del presente documento e nel 1999.

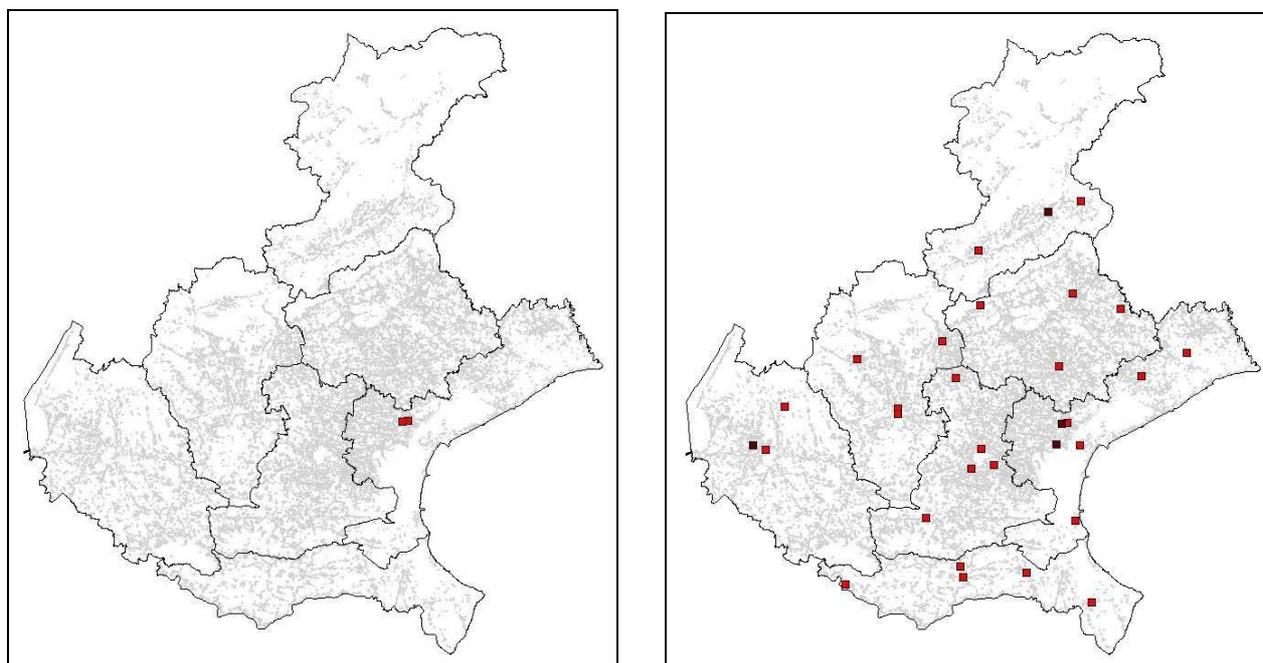


Figura 46/a e 46/b - Distribuzione dei monitor di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> a dicembre 1999 (sinistra) e ad agosto 2007(destra)

Vi è stata un'implementazione notevole del numero di analizzatori di PM<sub>10</sub> (in colore rosso) e attualmente la rete possiede anche alcuni analizzatori per la misura del PM<sub>2.5</sub> (in colore rosso scuro).

L'acquisizione di nuove apparecchiature ha permesso di conoscere i livelli di PM<sub>10</sub> e di recente anche di PM<sub>2.5</sub>, su tutto il territorio regionale. Tale informazione è stata fondamentale anche ai fini dell'elaborazione del Piano di Risanamento della qualità dell'aria [12] perché ha permesso di comprendere che i livelli di PM<sub>10</sub> superano i valori limite non solo in corrispondenza dei siti di traffico urbano, ma anche in zone di tipologia background rurale e di come il problema si estenda a tutta la regione e anche in ambito sovraregionale, a livello di Bacino Padano Adriatico. Fondamentale, ai fini della redazione delle Relazioni Regionali sulla qualità dell'aria, è stata la raccolta dei dati di PM<sub>10</sub> per ricavare un trend delle concentrazioni di tale parametro negli ultimi anni e per formulare delle ipotesi di riduzione delle emissioni, promuovendo la realizzazione di alcune attività descritte nel Piano Progressivo di Rientro per le polveri PM<sub>10</sub> [13].

Analogamente le informazioni che si conoscevano nel 1999 a proposito dell'O<sub>3</sub> risultavano molto scarse, non tanto perché non ci fosse la disponibilità di analizzatori per questo parametro, quanto piuttosto perché tali analizzatori erano posizionati in siti non adeguati (in siti di traffico), in corrispondenza dei quali le concentrazioni di O<sub>3</sub> decrescono per effetto della reazione con il monossido di azoto:



Poiché nei siti di traffico per effetto delle emissioni degli autoveicoli le concentrazioni di NO sono maggiori rispetto a quelle che si riscontrano nei siti di background rurale, si ha, nei primi, uno spostamento a destra dell'equilibrio chimico con diminuzione delle concentrazioni di O<sub>3</sub>, a differenza di quanto accade nelle aree rurali. Conseguenza di questo fenomeno è che nei siti di tipologia background rurale le concentrazioni di O<sub>3</sub> sono generalmente più elevate rispetto ai siti di traffico. Per tale motivo il Decreto Legislativo 183/2004 [7] prevede la misura di tale parametro solo nelle stazioni della tipologia descritta nella Tabella 25.

Tabella 25 - Tipologia delle stazioni per la misura dell'ozono (D.Lgs. 183/2004)

Tipo stazione	Finalità della misurazione	Rappresentatività	Criteri di ubicazione
Urbana	Protezione salute umana	Alcuni km <sup>2</sup>	Lontano dall'influsso di emissioni locali come traffico, distributori di carburante, ecc. Zona sufficientemente areata per garantire un'adeguata miscela delle sostanze da misurare. Per esempio aree cittadine ad uso residenziale o commerciale, parchi (lontano dagli alberi), strade o piazze ampie con traffico minimo o nullo, aree aperte caratterizzate da strutture scolastiche o impianti ricreativi o sportivi.
Suburbana	Protezione salute umana e vegetazione	Alcune decine di km <sup>2</sup>	Non nelle immediate vicinanze dell'area di massima emissione, sottovento rispetto alla direzione o alle direzioni principali del vento, quando si verificano le condizioni favorevoli alla formazione di ozono. Aree in cui la popolazione, le colture sensibili o gli ecosistemi naturali situati ai margini estremi di un agglomerato sono esposti ad elevati livelli di ozono. Ove appropriato, anche alcune stazioni suburbane situate sopravvento rispetto all'area di massima emissione, onde determinare i livelli regionali di inquinamento di fondo da ozono.
Rurale	Protezione salute umana e vegetazione	Livelli subregionali (alcune centinaia di km <sup>2</sup> )	Le stazioni possono essere situate in piccoli insediamenti e/o aree con ecosistemi naturali, foreste o colture. Aree rappresentative delle concentrazioni di ozono distanti dall'influenza di emissioni locali immediate, come insediamenti industriali e strade. Aree aperte, ma non alla sommità di montagne.
Rurale di fondo	Protezione salute umana e vegetazione	Livelli regionali/nazionali/continentali (1000-10000 km <sup>2</sup> )	Stazioni situate in aree a bassa densità di popolazione, ad esempio con ecosistemi naturali, foreste, a grande distanza da aree urbane ed industriali e distanti dall'influenza delle emissioni locali. Evitare siti soggetti a fenomeni accentuati a scala locale di inversione a livello del suolo, nonché la sommità delle montagne. Sconsigliate le zone costiere caratterizzate da evidenti cicli di vento diurni a carattere locale.

Grazie all'acquisizione di nuovi analizzatori di O<sub>3</sub> e al riposizionamento di quelli non ubicati secondo le indicazioni del Decreto Legislativo 183/2004 [7], la rete di monitoraggio garantisce ora un'informazione più completa dei livelli di concentrazione di tale inquinante su tutto il territorio regionale, in zone a diverso regime di qualità dell'aria, sia in aree residenziali che in aree a vocazione agricola e naturale.

La distribuzione dei monitor di O<sub>3</sub> sul territorio è più conforme a quanto richiesto dalla normativa vigente; nelle Figure 47/a e 47/b è rappresentata la distribuzione dei monitor di ozono nelle diverse tipologie di stazioni. Come si osserva dai grafici a torta, è diminuito il numero di analizzatori di O<sub>3</sub> posizionati in aree di traffico e quindi non conformi al decreto legislativo in vigore, mentre vi è stato un incremento della percentuale di stazioni di tipologia background rurale, dal 3% al 24%. La rete regionale della qualità dell'aria non comprende stazioni di tipologia "background rurale di fondo", in quanto la rappresentatività di tutte le stazioni è di alcune decine al massimo centinaia di km<sup>2</sup>.

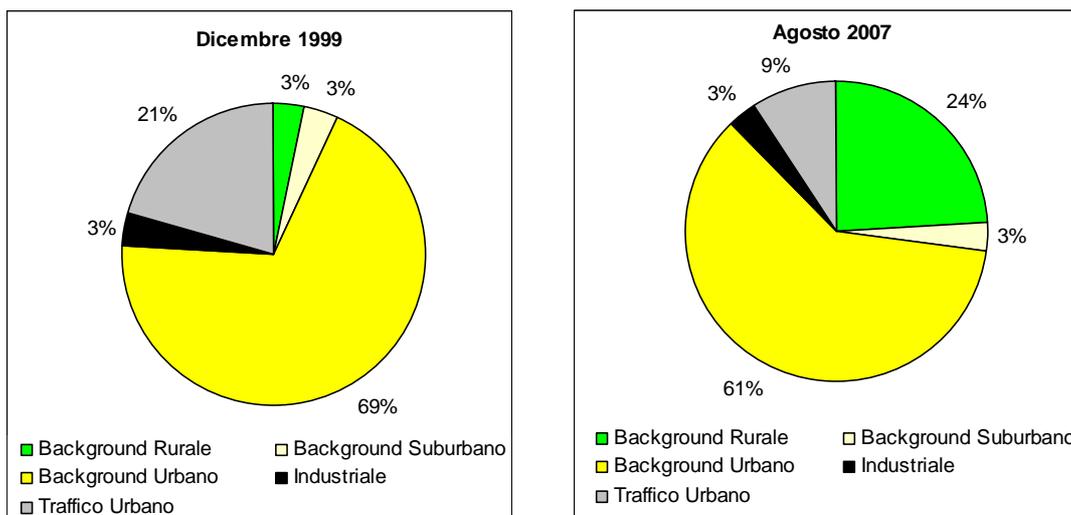


Figura 47/a e 47/b - Suddivisione della tipologia dei siti per la misura di ozono a dicembre 1999 e ad agosto 2007

Nelle Figure 48/a e 48/b è descritta la localizzazione dei siti con misura di O<sub>3</sub> a dicembre 1999 e ad agosto 2007. E' evidente che gli analizzatori di ozono sono ora distribuiti su tutto il territorio regionale, mentre sono stati ridotti i punti di campionamento ubicati in siti di traffico.

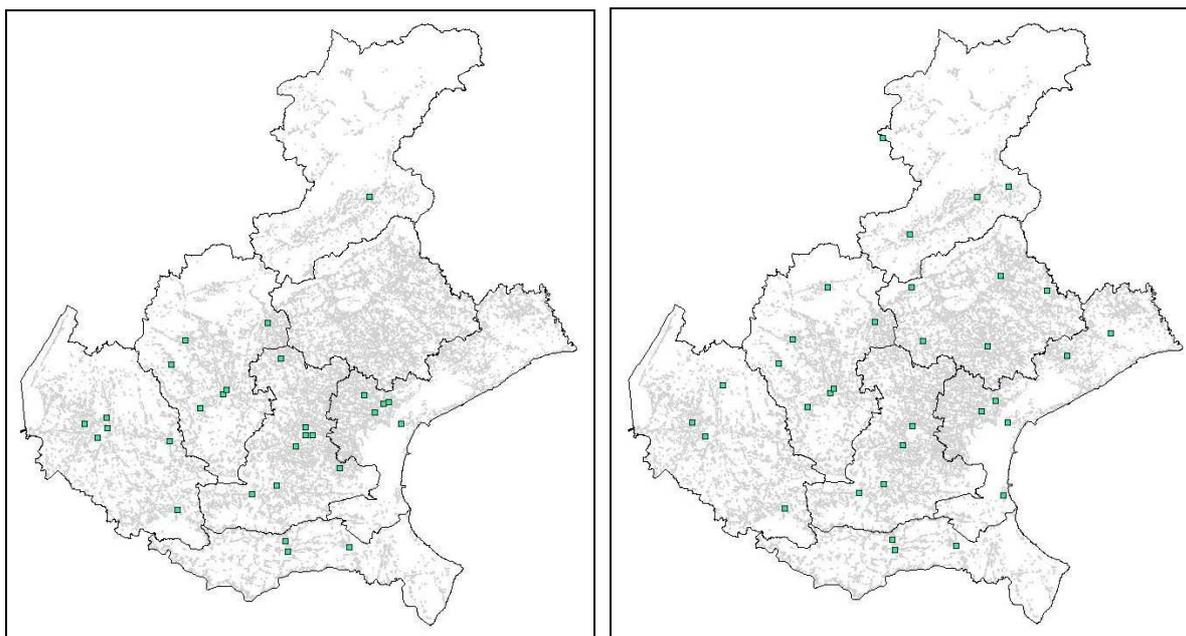


Figura 48/a e 48/b - Distribuzione dei siti per la misura di Ozono a dicembre 1999 e ad agosto 2007

Ottimizzazione della rete significa non solo adeguamento delle stazioni mediante l'implementazione con nuovi analizzatori, ma anche, miglioramento della qualità dell'informazione fornita al pubblico, come richiesto dal Decreto 60/02 e dal Decreto Legislativo 183/2004. L'informazione sui livelli di concentrazione degli inquinanti deve essere fruibile dalla popolazione e aggiornata, possibilmente con cadenza quotidiana. Per tale motivo, nell'ambito del progetto, si presero in considerazione alcune ipotesi di rinnovamento del sito in modo tale da implementarlo con i dati della qualità dell'aria e le principali informazioni sulle stazioni di monitoraggio. Al momento in cui ARPAV ereditò le reti di monitoraggio e per alcuni anno a seguire, l'informazione sui livelli di concentrazione era garantita attraverso l'emissione quotidiana della tabella C.O.P. (Centro Operativo Provinciale) di cui alla Figura 49.

ARPAV Dipartimento Provinciale Venezia Servizio Territoriale - Ufficio Reti di Monitoraggio							
QUALITA' DELL'ARIA DALLE 7:00 DEL 08/09/2003 ALLE 7:00 DEL 09/09/2003 (ora solare)							
Rispetto livelli di attenzione e di allarme nelle aree urbane (DM 25.11.1994)	Inquinante	Stazione - Tipo -	Concentrazione	Ora	Limite Attenzione	Limite Allarme	Qualità dell'aria
	Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ) Media giorno (µg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	2		125 µg/m <sup>3</sup>	250 µg/m <sup>3</sup>	NELLA NORMA
		VIA A.da MESTRE -B-	0				
		V.LE S.MARCO - B -	4				
	Polveri (PST) Media giorno (µg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	FS		150 µg/m <sup>3</sup>	300 µg/m <sup>3</sup>	NELLA NORMA
		VIA A.da MESTRE -B-	25				
		V.LE S.MARCO -B-	FS				
C.SO DEL POPOLO - C -		FS					
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ) Media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	49	8	200 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup>	NELLA NORMA	
	VIA A.da MESTRE -B-	50	21				
	V.LE S.MARCO -B-	60	21				
Monossido di carbonio (CO) Media oraria (mg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	0.6	13	15 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>	NELLA NORMA	
	VIA CIRCONVALLAZIONE - C -	1.4	7				
	C.SO DEL POPOLO - C -	0.7	10				
Ozono (O <sub>3</sub> ) Media oraria (µg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	80	16	180 µg/m <sup>3</sup>	360 µg/m <sup>3</sup>	NELLA NORMA	
	MAERNE - D -	105	16				
DPCM 28.3.83	Inquinante	Stazione	Fascia oraria 8.00-11.00	Fascia oraria 17.00 -20.00	Valore limite		
	Idrocarburi non metanici (NMHC) Media trioraria (µg/m <sup>3</sup> )	PARCO BISSUOLA - A -	FS	FS	(*)		
		VIA A.da MESTRE -B-	FS	FS			
		V.LE S.MARCO -B-	41	46			
		VIA CIRCONVALLAZIONE - C -	119	122			
		C.SO DEL POPOLO - C -	36	19			
Inquinante	Stazione	Concentrazione					
PM <sub>10</sub> Media Giorno µg/m <sup>3</sup>	VIA CIRCONVALLAZIONE - C -	28				(**)	
(*) Il valore limite di 200 µg/mc per gli NMHC viene considerato solo qualora si siano verificati superamenti dello standard di qualità per l'ozono fissato in 200 µg/mc dal DPCM 28.3.83 nelle centraline di Parco Bissuola e Maerne contemporaneamente							
(**) strumento sperimentale per la misura in continuo del PM <sub>10</sub>							
FS= Fuori Servizio							
PREVISIONE:		Condizioni meteorologiche	sfavorevoli		al ristagno di sostanze inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera		

Figura 49 - Un esempio della vecchia tabella C.O.P. per l'informazione sullo stato della qualità dell'aria

Ciascun Dipartimento si occupava di predisporre una tabella con il formato descritto in Figura 49, ogni mattina per i dati che si riferivano alle 24 ore precedenti. La tabella era confezionata in modo da adempiere al DPCM 28 marzo 1983 e al DM 25 novembre 1994. Era previsto l'obbligo del monitoraggio per SO<sub>2</sub>, PST, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NMHC, PM<sub>10</sub> e veniva espresso un giudizio di qualità sulla conformità dei limiti alla normativa. Con l'entrata in vigore del DM 60/02 (aprile 2002) e successivamente, nell'agosto 2004, del Decreto Legislativo 183/2004 divenne prioritario l'aggiornamento della tabella informativa della qualità dell'aria con i nuovi indicatori e l'inserimento dei dati relativi agli inquinanti C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e B(a)P. Fu mantenuto il commento sulle condizioni meteorologiche, ma venne data la possibilità di accedere alla tabella qualità dell'aria attraverso il sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it). L'informazione risulta quindi fruibile da una rilevante quota di popolazione, mentre, precedentemente, la vecchia tabella COP veniva inviata via fax solo ai Comuni e alle Province. La nuova tabella qualità dell'aria (Figura 50), tuttora utilizzata, permette di verificare anche alcune informazioni riepilogative sul PM<sub>10</sub> e sull'O<sub>3</sub> (ad esempio: numero progressivo di superamenti del valore limite sulle 24 ore per il PM<sub>10</sub>, numero di superamenti delle soglie di informazione e allarme per O<sub>3</sub>).

Dati Validati - Provincia di VENEZIA															
Bollettino del 28/8/2007 Dati riferiti al 27/8/2007		SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			CO		O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub>		Benzene	BaP
		max ora µg/m <sup>3</sup>			max ora µg/m <sup>3</sup>			max giorn. media mob. 8 h mg/m <sup>3</sup>		max ora µg/m <sup>3</sup>		valore giorn. µg/m <sup>3</sup>	med. anno µg/m <sup>3</sup>	med. anno µg/m <sup>3</sup>	med. mob. anno ng/m <sup>3</sup>
Ubicazione	Tip.	conc.	ora	sup.	conc.	ora	sup.	conc.	ora	conc.	ora	conc.	conc.	conc.	conc.
<a href="#">Parco Bissuola</a>	BU	25	18.00		40	18.00		0.6	04.00	114	16.00	M	47	2	1.4
<a href="#">Via Circonvallazione</a>	TU				96	23.00		1.1	04.00			M	57	3	1.6
<a href="#">Venezia Sacca Fisola</a>	BU				89	01.00				130	17.00		38		
<a href="#">Malcontenta</a>	BS	1	03.00		31	02.00									
<a href="#">S.Donà</a>	BU				37	03.00		0.3	01.00	127	16.00	19			
<a href="#">Chioggia</a>	BU				54	05.00		0.2	07.00	129	18.00	20			
<b>OZONO</b> - RegISTRAZIONI DEI SUPERAMENTI DELLE SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME - <a href="#">Tabelle Soglie O3</a>															
Riepilogo del Numero di Superamenti a VENEZIA fino al 27/8/2007															
		PM <sub>10</sub>													
Numero Progressivo di Superamenti dal 01/01/2007		103			Guarda il <a href="#">Riepilogo Regionale</a>										
Giorni consecutivi di superamento		0													
Tendenza meteorologica dal pomeriggio del 23/8/2007															
Il passaggio di una perturbazione estesa a tutta la regione dilava l'aria e abbatte le concentrazioni degli inquinanti atmosferici. La qualità dell'aria è perciò buona. (a cura del Centro Meteo di Teolo - ARPAV)															
<b>Storico bollettini</b>															
Visualizza Bollettino del (inserire una data nel formato giorno/mese/anno, gg/mm/aaaa)															
<input type="text"/>		VAI													

Figura 50 - Un esempio della nuova tabella qualità dell'aria predisposta ai sensi del DM 60/02 e del Decreto Legislativo 183/2004

Nella nuova tabella è possibile accedere ai bollettini storici, semplicemente inserendo la data di interesse nell'opportuna maschera. Il sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it) è stato aggiornato con gli adempimenti normativi più recenti ed è stato implementato il sistema di raccolta e gestione dei dati qualità dell'aria attraverso la predisposizione di opportuni indicatori derivanti dalla normativa.

Per rendere l'informazione ancora più semplice e chiara sono stati predisposti dei grafici con la visualizzazione dei dati giornalieri di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> relativi ai dieci giorni precedenti. In Figura 51 e 52 sono riportati come esempio i grafici di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> disponibili sul sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it).



Figura 51 - Un esempio del grafico per la visualizzazione dei dati di PM<sub>10</sub> disponibile al sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)



Figura 52 - Un esempio del grafico per la visualizzazione dei dati di PM<sub>2.5</sub> disponibile al sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

Oltre ai dati giornalieri di PM<sub>10</sub> (biorari per alcune stazioni) sono stati implementati dei grafici con la visualizzazione dei dati, in diretta, di O<sub>3</sub> e degli altri inquinanti convenzionali. L'acquisto degli analizzatori ha permesso di incrementare la quantità di informazione raccolta e disponibile sul sito internet dell'Agenzia.

Un esempio è illustrato in Figura 53, che rappresenta il grafico con le concentrazioni di ozono registrate nelle stazioni della provincia di Rovigo.



Figura 53 - Un esempio del grafico per la visualizzazione dei dati in diretta di ozono, disponibile al sito [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

Seguendo le indicazioni del documento “Criteria for Euroairnet” [1] fu progettato e realizzato, a cura dell’Osservatorio Regionale Aria, un database per la catalogazione delle informazioni riguardanti le centraline.

Una sezione della pagina web [www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it) è dedicata alla visualizzazione del database. Tale pagina e i link correlati sono stati creati per descrivere la configurazione della rete di monitoraggio della qualità dell’aria del Veneto. Cliccando in corrispondenza di ciascuna provincia è possibile accedere alle informazioni relative alle reti dei sette Dipartimenti ARPAV Provinciali. La pagina che appare cliccando sulla provincia di interesse riporta l’elenco delle stazioni attive per quella provincia e la distribuzione delle stesse in una mappa generale descrittiva. Ad ogni stazione è associato un link nel quale sono riportate le foto, la cartografia a diversa scala, le coordinate, l’indirizzo, i parametri chimici (inquinanti) con le relative tecniche di misurazione.

La Figura 54 riporta la pagina contenente le informazioni generali sulla stazione relative all’ubicazione del sito (indirizzo, Comune, codice Istat del Comune, coordinate geografiche), la tipologia della zona e della stazione, la tipologia della strada in cui la centralina è collocata, l’anno di attivazione e i parametri chimici monitorati. E’ riportato anche il codice della stazione assegnato a livello nazionale per tutte le stazioni di monitoraggio, composto da un codice numerico per la regione (5), uno per la provincia (da 023 a 029 per le sette province) e uno progressivo per le stazioni. Nella maschera è indicata l’eventuale appartenenza della stazione alla rete nazionale. Le stazioni appartenenti alla rete nazionale sono state selezionate tra quelle della rete come le stazioni più rappresentative; per le stesse avviene l’invio dei dati qualità dell’aria all’APAT, al Ministero e successivamente all’Agenzia Europea per l’Ambiente e alla Commissione Europea.

La filosofia che sottende a questa selezione è la stessa citata nei paragrafi precedenti, che aveva come obiettivo la costituzione della rete EUROAIRNET [1].

ARPAV - Elenco dei DAP - Regione Veneto - Microsoft Internet Explorer

Indirizzo [http://www.arpa.veneto.it/aria/htm/rete\\_stazione.asp?codstazione=502604](http://www.arpa.veneto.it/aria/htm/rete_stazione.asp?codstazione=502604)

## RETE DI RILEVAMENTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Dipartimenti provinciali A.R.P.A.V. [Belluno](#) [Padova](#) [Rovigo](#) [Treviso](#) [Venezia](#) [Verona](#) [Vicenza](#)

**INDICE**

Mappe di Treviso

Provincia

Bolettino aria

**STAZIONI**

Castellfranco

Conegliano

FOTO

Mansuè

Cavaso del Tomba

TV - Via Lancieri

Vittorio Veneto

Stazione	Conegliano	Parametri chimici	Principio analitico
Codice stazione	502604	SO <sub>2</sub>	fluorescenza
Indirizzo	Via Kennedy	O <sub>3</sub>	assorbimento UV
Comune	Conegliano	NO <sub>2</sub>	chemiluminescenza
Codice Istat	5026021	NO	chemiluminescenza
Rete nazionale	no	NO <sub>x</sub>	chemiluminescenza
Tipo Stazione	background	CO	assorbimento IR
Lat (N)	1756609,839	PM10	gravimetrico
Long (E)	5087129,234		
Alt (m)	72		
Anno	1991		
Caratteristiche PRG	residenziale		
Tipo zona	urbana		
Densità popolazione	< 2.000ab/kmq		
Tipo di strada	stretta		
Intensità del traffico	<2000 veicoli/g		
Livello amministrativo	comunale		

[Legenda](#)

Operazione completata

Intranet locale

Figura 54 - Un esempio della pagina contenente le informazioni generali sulla stazione di monitoraggio

La Figura 55 rappresenta un esempio della pagina con la caratterizzazione cartografica della centralina mediante la Carta Tecnica Regionale (CTR) 1:10.000 e 1:5.000; la localizzazione del sito è completata dall'inserimento di alcune foto scattate da diverse prospettive, indicate dalla mappa dei coni visuali riportata accanto alle foto.

Questo lavoro è stato realizzato in quanto sia il documento "Criteria for Euroairnet" [1] che la Direttiva 2001/752/CE richiedevano che oltre alle informazioni sulla stazione fosse fornita una descrizione dell'area circostante la centralina.

In Figura 56/a e 56/b sono illustrati, con maggiore dettaglio, gli estratti cartografici di Figura 55.

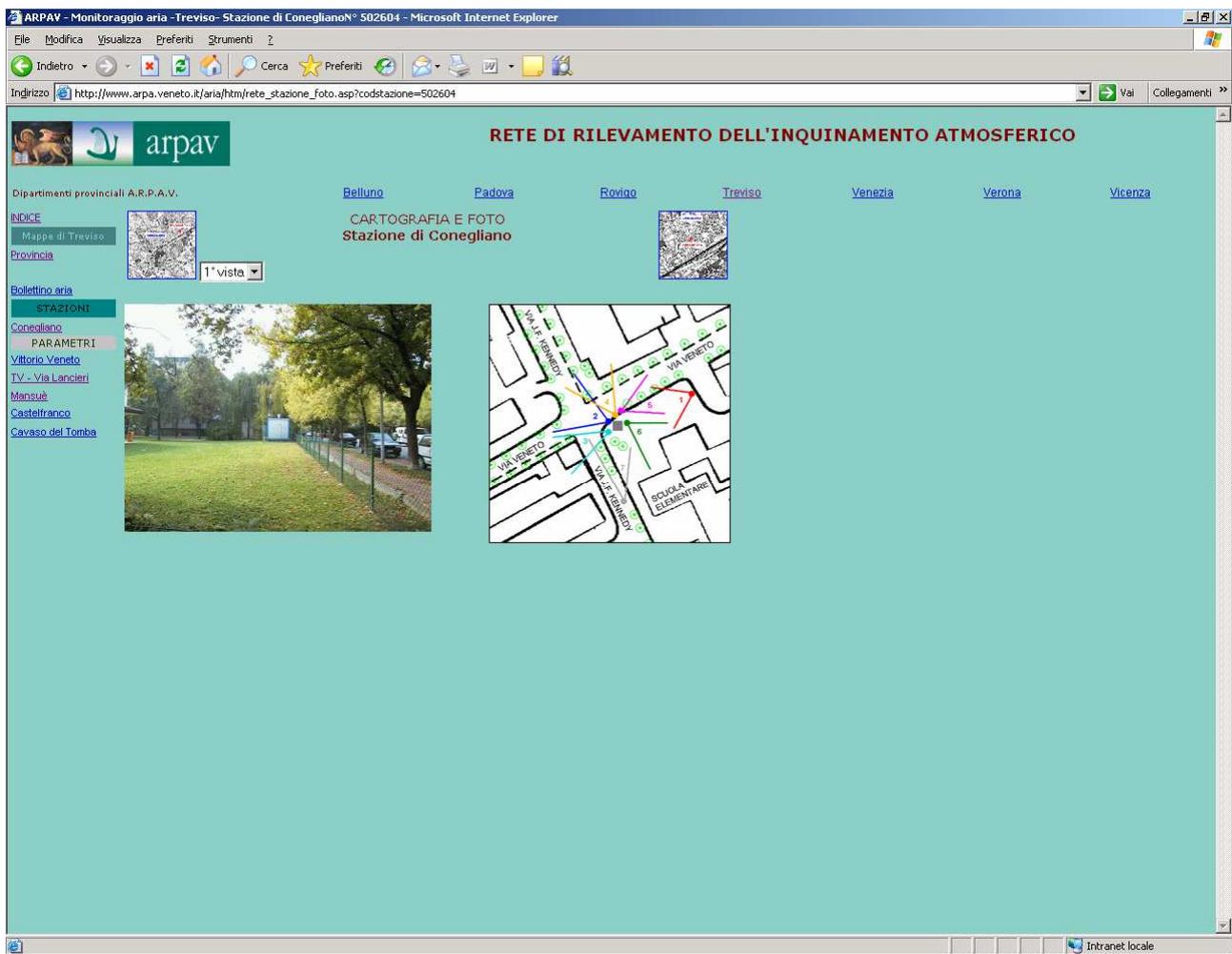


Figura 55 - Un esempio della pagina contenente la caratterizzazione cartografica e fotografica della stazione di monitoraggio

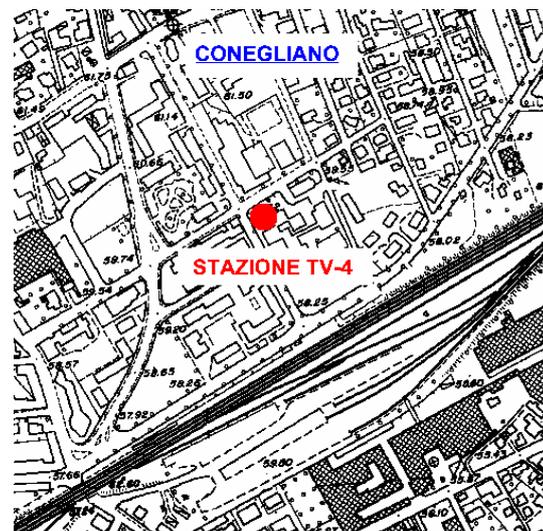
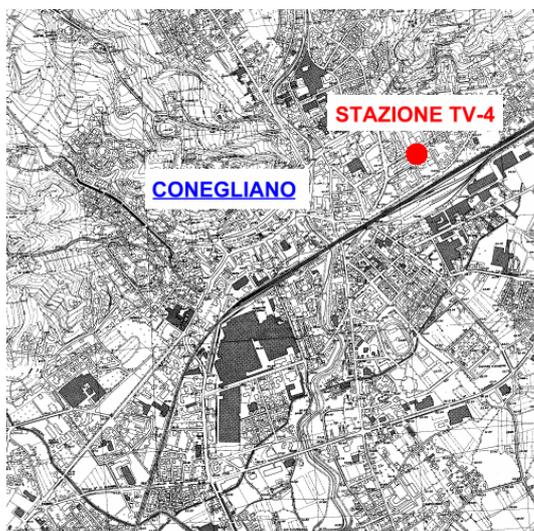


Figura 56/a e 56/b - Dettaglio dell'estratto cartografico riportato nella figura precedente

Una delle attività del progetto, in particolare della task n. 5 denominata “Inserimento della rete regionale di monitoraggio della qualità dell’aria in un Sistema Qualità”, prevedeva l’armonizzazione delle procedure di produzione del dato di qualità dell’aria tra i Dipartimenti Provinciali e l’uniformazione dei metodi per l’acquisizione, la validazione e la trasmissione dei dati qualità dell’aria.

In tale ambito si inseriscono le procedure redatte dall’Osservatorio Regionale Aria, in particolare dagli Uffici Supporto alle Politiche Regionali Inquinamento Atmosferico e Laboratorio Controllo Qualità.

E’ stata predisposta una Procedura Gestionale denominata “*Controllo dei dati di qualità dell’aria*” [P2] avente lo scopo di definire le modalità e le tempistiche per il controllo dei dati di qualità dell’aria, ai fini della conservazione degli stessi nelle banche dati dei monitoraggi ambientali ARPAV, costituenti il Sistema Informativo Regionale Ambientale Veneto (SIRAV).

Il documento, destinato ai responsabili delle reti di monitoraggio della qualità dell’aria, rappresenta un utile strumento di supporto per i gestori di rete al fine della conoscenza del numero minimo di campioni per anno, da determinare per ciascun inquinante, delle tempistiche e delle modalità di controllo e validazione dei dati.

La procedura stabilisce anche come effettuare il trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità strumentale. In allegato alla procedura, disponibile tra i prodotti, vi è una tabella con i limiti di rilevabilità degli analizzatori e le metodiche da utilizzare per la determinazione analitica degli inquinanti.

Un altro prodotto della task 5 sono le “*Linee Guida per la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico*” [P3]. Tale documento fornisce alcune indicazioni utili per effettuare la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico, tenendo conto della normativa in vigore, della documentazione tecnica e delle procedure operative in uso presso i Dipartimenti ARPAV Provinciali.

Il documento è alla base della futura definizione di un protocollo comune per la caratterizzazione del particolato. Le Linee Guida contengono i riferimenti bibliografici di interesse e i link utili per la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico, al fine di individuarne le sorgenti di emissione.

La caratterizzazione prevede l’individuazione delle seguenti frazioni:

- ionica (Cloruri, Nitrati, Solfati, Sodio, Ammonio, Potassio, Magnesio e Calcio);
- carboniosa (Carbonio Organico e Carbonio Elementare);
- inorganica (Alluminio, Rame, Ferro, Piombo, Cadmio, Nichel, Arsenico, Mercurio Zinco, Stagno, Silicio, Titanio, Palladio, Rodio, Argento, Cobalto, Cromo, ...ecc).

L’Ufficio Supporto alle Politiche Regionali Inquinamento Atmosferico si è occupato anche della predisposizione della procedura “*Criteri per la realizzazione di campagne di monitoraggio della qualità dell’aria mediante stazioni rilocabili*” [P4]. Lo scopo della procedura è quello di proporre una metodologia per l’organizzazione e la realizzazione di una campagna di monitoraggio della qualità dell’aria, tenendo conto dei dettami normativi, in particolare del DM 261/2002 [14].

La procedura descrive gli scopi per i quali una campagna può essere realizzata, le fasi di progettazione e le tempistiche e fornisce alcuni suggerimenti per la scelta dei siti di campionamento, degli inquinanti chimici e dei parametri meteorologici.

In collaborazione con il Laboratorio Controllo Qualità è stata redatta una Bozza di Protocollo di Campionamento degli inquinanti atmosferici allo scopo di armonizzare le procedure attuate dai Dipartimenti Provinciali [P5].

### 2.3.2 I risultati del controllo qualità

In questo paragrafo sono esposti i risultati qualitativi e quantitativi dell'attività di taratura degli analizzatori per il monitoraggio della qualità dell'aria, eseguita dal LCQ. Da ultimo si riporta l'analisi delle criticità, strumento utile per individuare se, all'interno dell'intero processo di taratura, ci possono essere dei punti deboli, indicando inoltre quali soluzioni potrebbero portare ad un miglioramento.

#### Le tarature

Si riportano in Tabella 26 le concentrazioni reali, per ciascun inquinante, utilizzate durante le tarature, da confrontare con quelle riportate in Tabella 27, che corrispondono a quelle nominali impostate sul diluitore o sul fotometro primario dell'O<sub>3</sub>. Le concentrazioni di SO<sub>2</sub>, CO e NO in Tabella 26 sono ottenute da quelle nominali, correggendole con i coefficienti delle rette di taratura dei Mass Flow Controller (MFC): è evidente che senza tali correzioni, si commetterebbero degli errori sistematici piuttosto consistenti. Per l'O<sub>3</sub>, le concentrazioni riportate in entrambe le tabelle sono quelle nominali, che non cambiano significativamente da quelle reali e non sono calcolabili a priori, ma ottenibili di volta in volta dall'acquisizione delle letture del fotometro primario durante le tarature.

Tabella 26 - Concentrazioni reali delle miscele di inquinanti utilizzate in fase di taratura

Inquinante/ concentrazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Unità di misura
SO <sub>2</sub>	26,3	105,2	184,1	262,9	341,6	420,3	498,9	-	-	ppb
CO	2,6	10,6	18,4	26,3	34,1	41,8	49,6	-	-	ppm
O <sub>3</sub>	25	100	175	250	325	400	475	-	-	ppb (nominali)
NO	100,3	204,1	307,8	411,5	515,1	618,8	709,4	811,4	913,5	ppb

Tabella 27 - Concentrazioni nominali delle miscele di inquinanti utilizzate in fase di taratura

Inquinante/ concentrazione	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Unità di misura
SO <sub>2</sub>	25	100	175	250	325	400	475	-	-	ppb
CO	2,5	10,0	17,5	25	32,5	40,0	47,5	-	-	ppm
O <sub>3</sub>	25	100	175	250	325	400	475	-	-	ppb
NO	100	200	300	400	500	600	700	800	900	ppb

Di seguito si riportano le misure, ottenute dagli analizzatori, per le miscele di taratura erogate dal diluitore o generate dal fotometro dell'O<sub>3</sub> (Figure da 56 a 60).

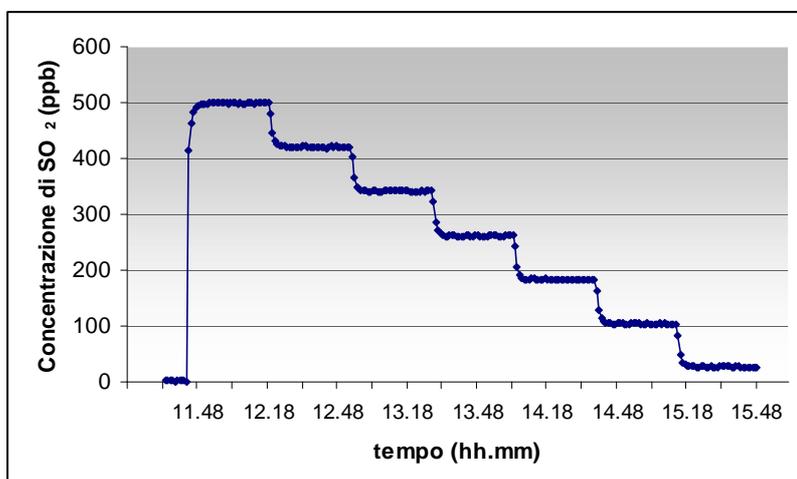


Figura 56 - Letture di un analizzatore di SO<sub>2</sub> durante la taratura multipunto

In Figura 56 (taratura di un analizzatore di  $\text{SO}_2$ ) si può notare che il diluitore è stato impostato per iniziare con la produzione della miscela gassosa a concentrazione più alta (si veda Tabella 26), per poi scendere via via fino alla più bassa, con un tipico andamento a gradini. Infatti, come già spiegato nella metodologia (paragrafo 2.2.3), tale impostazione permette il raggiungimento, in minor tempo, di concentrazioni stabili di  $\text{SO}_2$ , per via della rapida saturazione delle linee del diluitore.

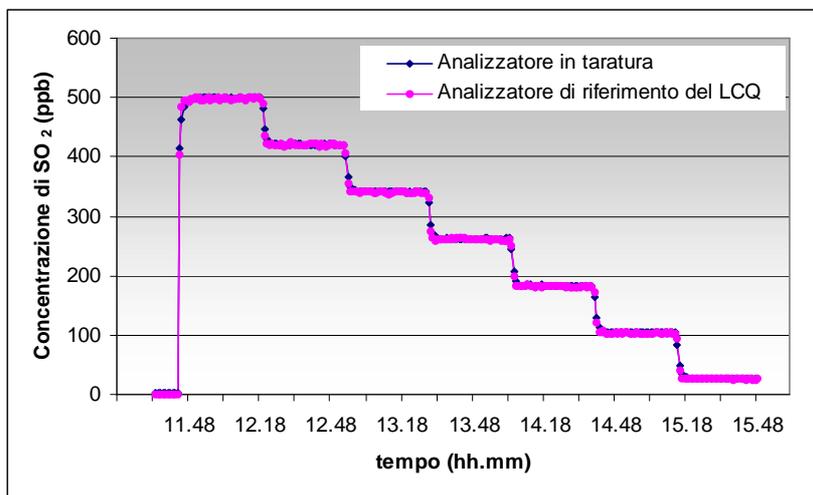


Figura 57 - Letture sovrapposte di un analizzatore di  $\text{SO}_2$  della rete e dell'analizzatore di riferimento del LCQ, durante la taratura multipunto

In Figura 57 sono riportate le stesse letture dell'analizzatore di Figura 56, sovrapposte a quelle dello strumento di riferimento del LCQ, collegato in parallelo al primo durante la taratura multipunto. Da notare l'elevata sovrapponibilità delle misure dei due analizzatori.

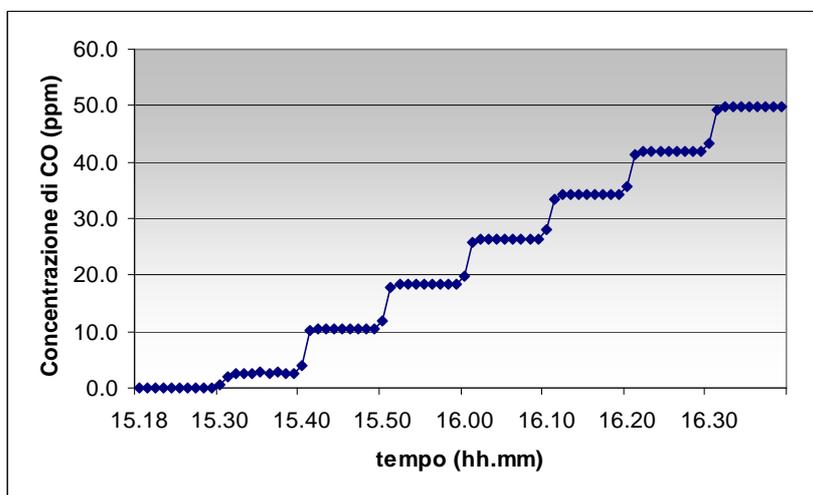


Figura 58 - Letture di un analizzatore di CO durante la taratura multipunto

In Figura 58 è riportato l'andamento della taratura di un analizzatore di CO, partendo questa volta dalla miscela a concentrazione più bassa. In questo caso, poiché si lavora con flussi di inquinante dell'ordine delle centinaia di mL/min, la stabilità delle varie miscele è raggiunta in tempi più brevi che con la  $\text{SO}_2$ .

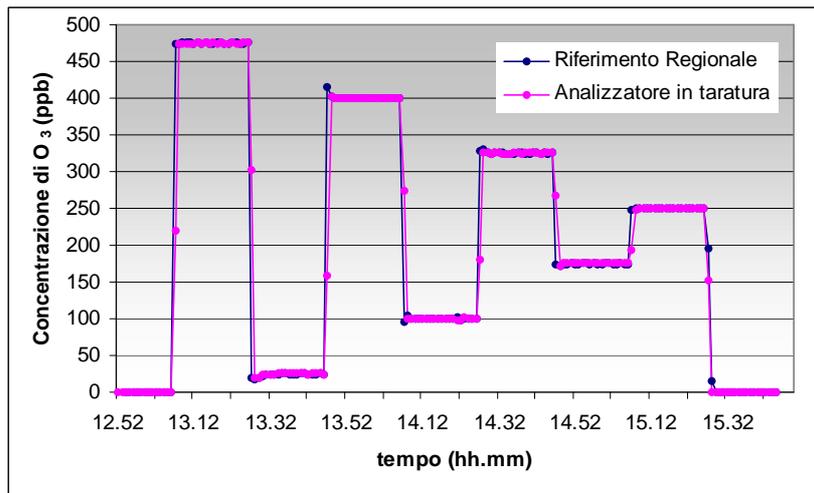


Figura 59 - Letture sovrapposte di un analizzatore di O<sub>3</sub> della rete e del Riferimento Regionale del LCQ, durante la taratura multipunto

In Figura 59 è riportato l'andamento della taratura di un analizzatore di O<sub>3</sub> sovrapposto alle letture del fotometro primario (Riferimento Regionale), in cui è evidente l'alternanza di concentrazioni alte e basse, per sondare la capacità dello strumento di rispondere a variazioni brusche di O<sub>3</sub>. Anche in questo caso si può notare la marcata sovrapposizione dei due andamenti.

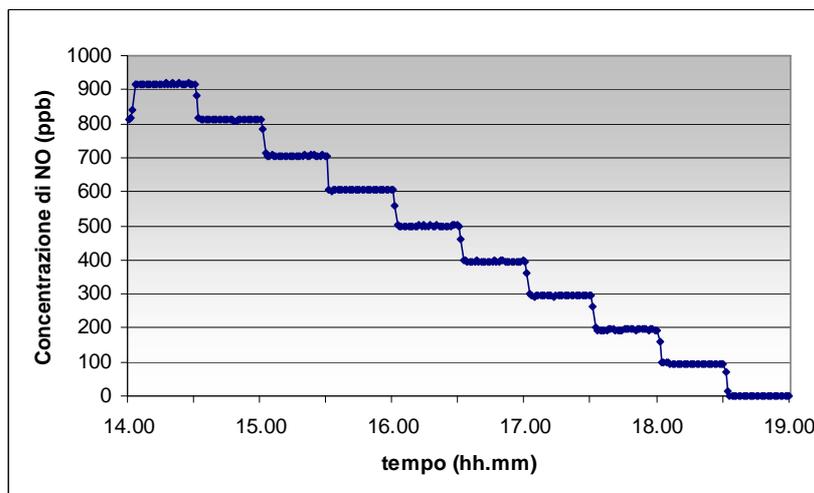


Figura 60 - Letture di un analizzatore di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> durante la taratura multipunto

In Figura 60 è riportato l'andamento della taratura di un analizzatore di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, per la sola misura del NO. La misura del NO<sub>x</sub> ha un andamento analogo, ma spostato a concentrazioni più alte. La misura del NO<sub>2</sub> non è rappresentata perché ancora in fase di messa a punto con il sistema GPT del diluitore.

Nelle Figure 61, 62, 63 e 64, sono riportati gli esempi (tratti da casi reali) delle rette dei minimi quadrati ottenute dalle tarature degli analizzatori di SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. Si ricorda che queste rette al momento non sono inserite nelle Relazioni di Taratura, ma servono agli operatori del LCQ per verificare la linearità degli strumenti, al fine di valutare l'esito delle prove, e sono conservate nelle elaborazioni eseguite. Da notare che pendenza e intercetta di queste rette sono molto vicine rispettivamente ad 1 (uno) e a 0 (zero). Anche il coefficiente di determinazione R<sup>2</sup> è molto vicino all'unità, confermando la linearità delle misure. Inoltre, i punti rappresentati in questi grafici non sono valori medi bensì delle "nuvole" costituite da 10 letture dello strumento (5 nel caso del CO), che sottolineano l'elevata precisione delle misure ottenute.

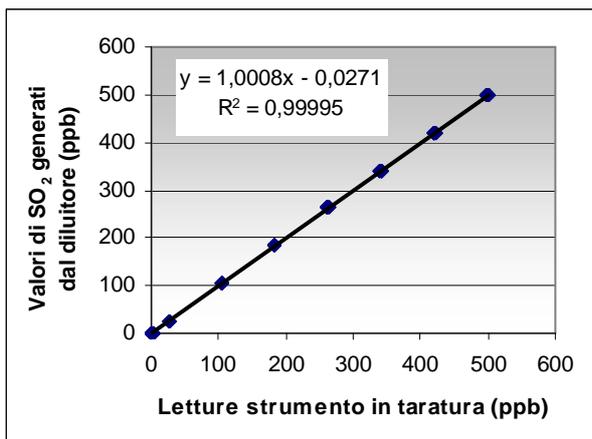


Figura 61 - Retta dei minimi quadrati della taratura di un analizzatore di SO<sub>2</sub>

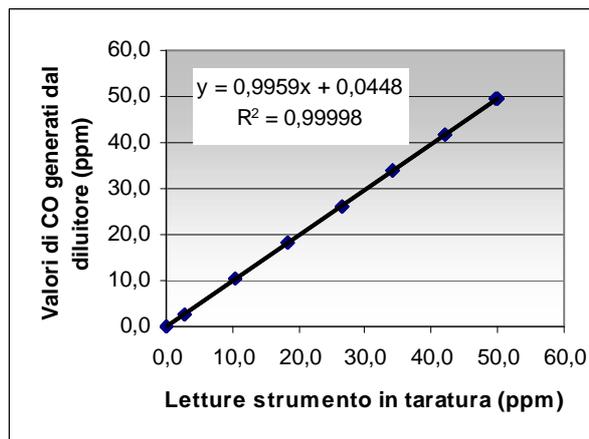


Figura 62 - Retta dei minimi quadrati della taratura di un analizzatore di CO

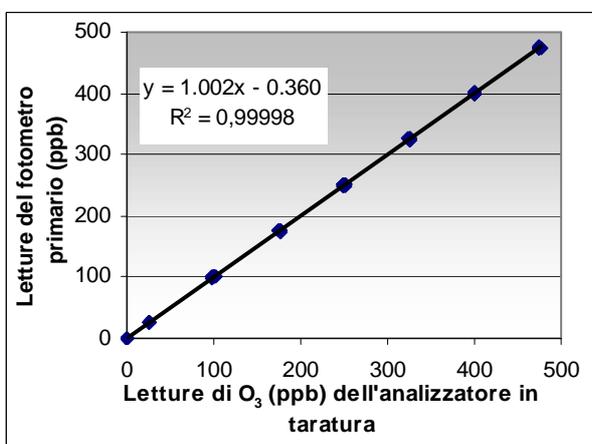


Figura 63 - Retta dei minimi quadrati della taratura di un analizzatore di O<sub>3</sub>

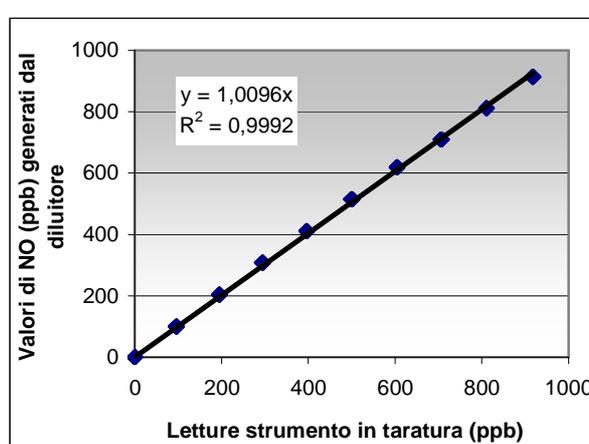


Figura 64 - Retta dei minimi quadrati della taratura del solo NO di un analizzatore di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>

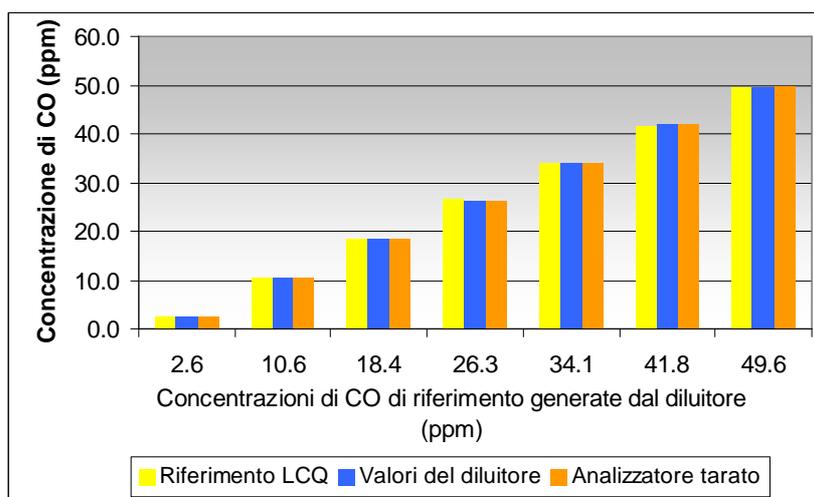


Figura 65 - Confronto tra le concentrazioni medie misurate dal riferimento del LCQ e da un analizzatore di CO in taratura, affiancate a quelle teoriche generate dal diluatore

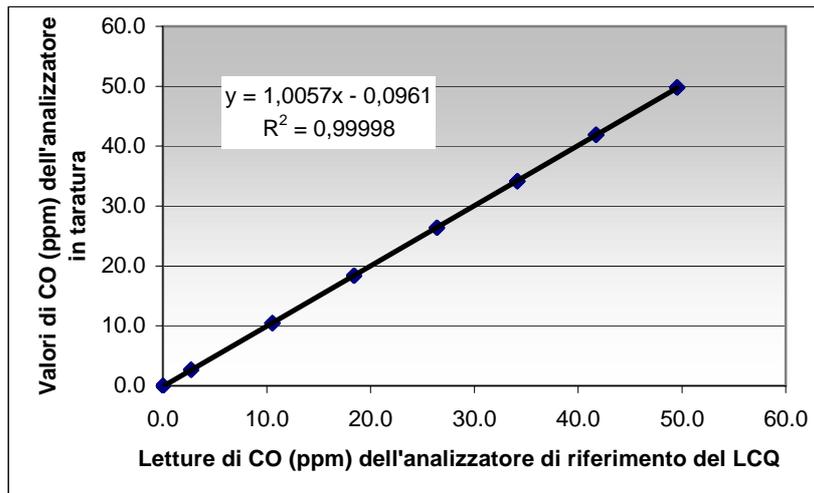


Figura 66 - Regressione lineare tra le letture di un analizzatore di CO in taratura e quelle del riferimento del LCQ

In Figura 65 è riportato un istogramma in cui sono confrontati i valori medi letti da un analizzatore di CO in taratura, i valori medi ottenuti dallo strumento di riferimento del LCQ e le concentrazioni generate dal diluatore. Il grado di accordo tra le misure dei due analizzatori risulta molto elevato, come pure tra questi e le concentrazioni teoriche del diluatore. In Figura 66 si riporta la regressione lineare delle letture dei due analizzatori di Figura 65, a confermare la concordanza delle misure.

### L'incertezza

Di seguito si presentano i risultati delle incertezze degli analizzatori, Figure 66, 67, 68 e 69. Per CO, SO<sub>2</sub> ed NO si nota un andamento lineare mentre per O<sub>3</sub> l'incertezza è praticamente costante fino a 100 ppb e poi cresce linearmente. Il motivo di questo comportamento è da ricercarsi nelle componenti dell'incertezza: fino a 100 ppb infatti, è determinata per la gran parte dal contributo derivante dal coefficiente di estinzione  $\alpha_0$ ; all'aumentare della concentrazione prevale invece il contributo di incertezza dovuto all'analizzatore. A parte il caso dell'O<sub>3</sub>, per gli altri analizzatori non si è ancora indagata l'incertezza al di sotto delle concentrazioni minime finora esplorate.

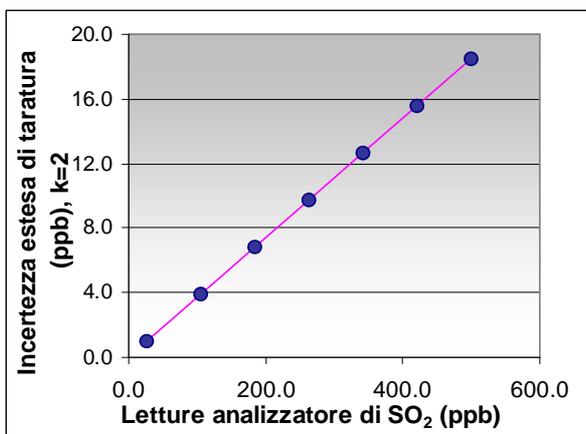


Figura 66 - Curva dell'incertezza estesa di taratura per un analizzatore di SO<sub>2</sub>

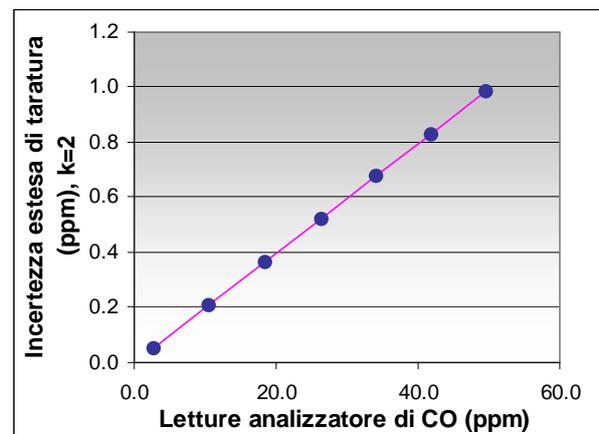


Figura 67 - Curva dell'incertezza estesa di taratura per un analizzatore di CO

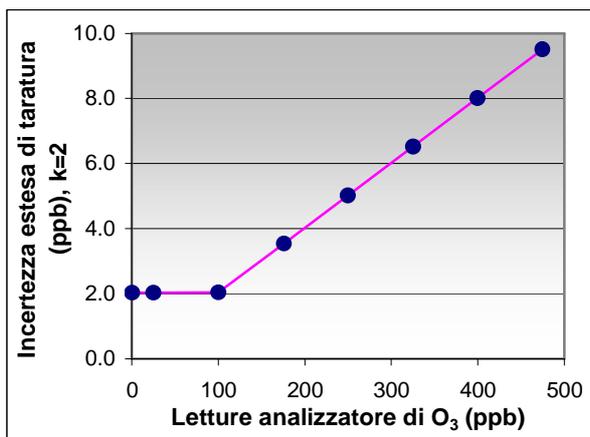


Figura 68 - Curva dell'incertezza estesa di taratura per un analizzatore di O<sub>3</sub>

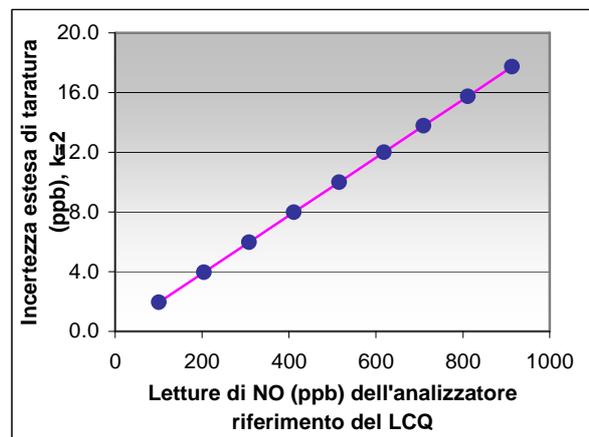


Figura 69 - Curva dell'incertezza estesa di taratura per l'analizzatore di riferimento di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>

Mediamente, le incertezze estese relative di taratura, determinate per gli analizzatori della RRQA, sono circa il 3 % per O<sub>3</sub>, il 4 % per SO<sub>2</sub>, il 2 % per CO e il 6 % per NO/NO<sub>x</sub> (per NO<sub>2</sub> non ancora determinata). Da ciò si deduce di dover lavorare ancora per abbassare l'incertezza di NO/NO<sub>x</sub> e stimare anche quella di NO<sub>2</sub>. Per l'O<sub>3</sub> si possono ottenere dei miglioramenti con analizzatori nuovi al posto degli esistenti, pur tenendo conto del contributo fisso di  $\alpha_0$ ; i risultati sul CO sono soddisfacenti e per la SO<sub>2</sub> vale lo stesso discorso fatto per l'O<sub>3</sub>.

In Figura 70 sono rappresentati in un istogramma i singoli contributi di incertezza relativi alla taratura di un analizzatore di CO, a confronto con l'incertezza composta di taratura (cfr. paragrafo 2.2.3 per la spiegazione dei contributi). Si può notare come il contributo del diluitore (a sua volta costituito dai contributi di incertezza della bombola e dei MFC) costituisca la parte preponderante, mentre l'incertezza della retta di taratura è molto più piccola. Il contributo della trasmissione del segnale analogico è in molti casi addirittura trascurabile. Situazioni simili sono state riscontrate anche per gli analizzatori di SO<sub>2</sub> e NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>.

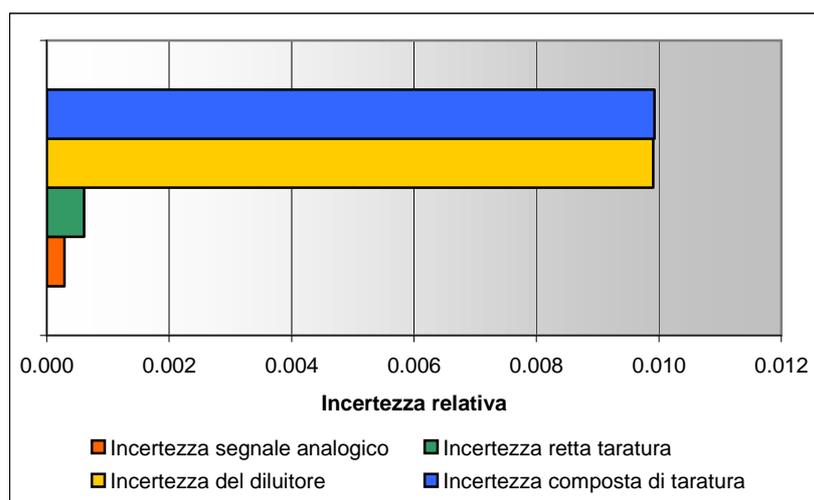


Figura 70 - Esempio dei contributi di incertezza a confronto per un analizzatore di CO

In Figura 71 è riportato l'andamento dei valori di un analizzatore di CO durante la misura di una bombola a bassa concentrazione non certificata. La stessa misura (media) è riportata in Figura 72, a confronto con le misure effettuate sulla stessa bombola dall'analizzatore di riferimento del LCQ e da quello messo a disposizione a Ispra nel 2006, tarato dall'UBA di Vienna (cfr. "Interconfronto Ispra 2006" nel paragrafo 2.2.3). In particolare è evidente la maggior coerenza tra i valori forniti dall'UBA e quelli misurati dai due analizzatori

nel LCQ (tarati con catena metrologica diversa da quella dell'UBA), rispetto a quanto dichiarato dal fornitore della bombola. Le incertezze estese, riportate nel grafico, sono sovrapponibili per quanto riguarda i due analizzatori ARPAV (LCQ e RRQA), mentre non è dato conoscere l'incertezza relativa alla misura dell'UBA.

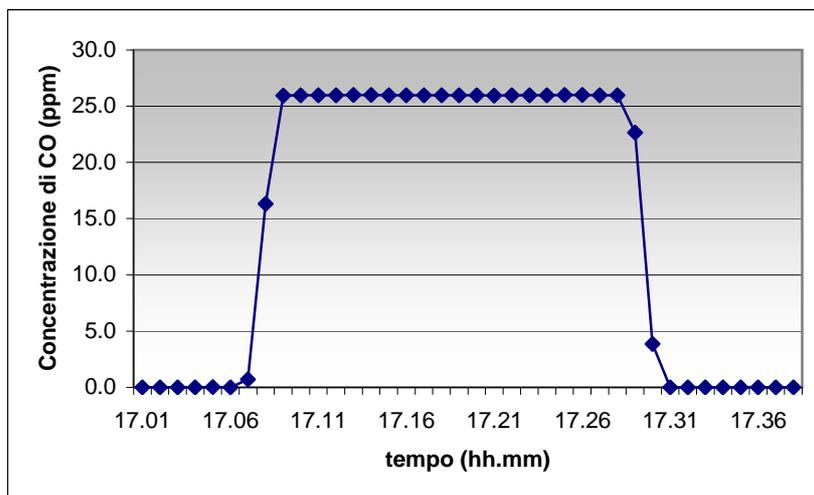


Figura 71 - Andamento della concentrazione di un analizzatore durante la misura di una bombola di CO a bassa concentrazione

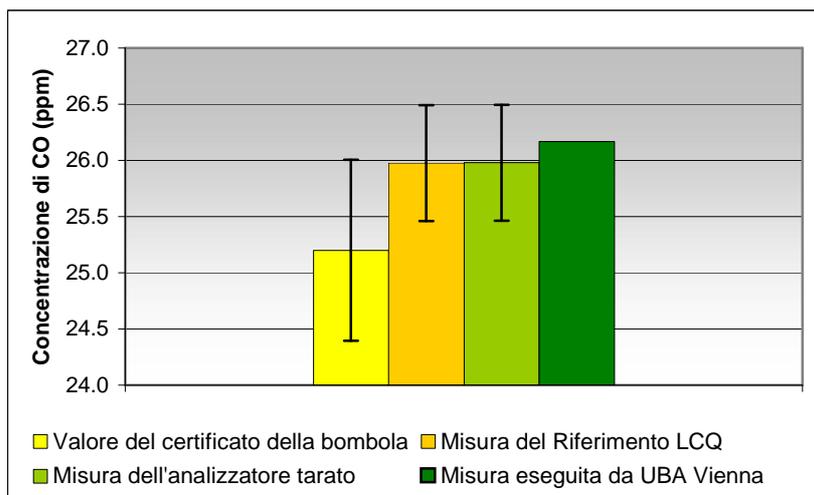


Figura 72 - Misure medie di più analizzatori su di una bombola di CO a bassa concentrazione

## Il bilancio degli analizzatori tarati

L'attuale taratura degli analizzatori della RRQA si presenta come un'attività di routine che occupa due operatori, con un impegno complessivo di circa 50-60 ore settimanali.

Dall'inizio dell'attività a regime (marzo 2006) ad oggi (fine agosto 2007) sono stati tarati 99 strumenti su 138 preventivati per la fine del 2007. La consistenza della strumentazione della RRQA è aggiornata al mese di novembre 2006. Il grado di copertura è pari al 72% degli strumenti considerati (Tabella 28).

Tabella 28 - Analizzatori tarati dal LCQ rispetto al totale preventivato, aggiornato a fine agosto 2007

Dipartimento	Belluno		Padova		Rovigo		Treviso		Venezia		Verona		Vicenza		TOTALE		
	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	Fatti	Tot.	%
O <sub>3</sub>	2	4	4	7	5	5	4	4	7	9	6	7	7	7	35	43	81%
CO	1	2	2	7	2	4	5	5	7	12	7	12	4	6	28	48	58%
SO <sub>2</sub>	3	4	5	7	5	6	1	4	5	8	12	12	5	6	36	47	77%
<b>Totale</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>99</b>	<b>138</b>	<b>72%</b>

A questi analizzatori vanno aggiunte 25 bombole commerciali di NO/NO<sub>x</sub>, verificate sempre dal LCQ, che coprono il 40% degli analizzatori di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. Attualmente circa il 20% delle stazioni ha strumenti che devono ancora essere tarati, mentre il 45% delle stazioni ha tutti gli strumenti tarati (Tabella 29).

Tabella 29 - Distribuzione degli strumenti tarati per provincia, aggiornata al 31/08/07

Rete	Stazioni non coperte	Stazioni coperte parzialmente	Stazioni coperte al 100 %
Belluno	25 %	50 %	25 %
Padova	29 %	57 %	14 %
Rovigo	14 %	29 %	57 %
Treviso	17 %	50 %	33 %
Venezia	38 %	12 %	50 %
Verona	0 %	50 %	50 %
Vicenza	8 %	9 %	83 %
<b>Media</b>	<b>19 %</b>	<b>36 %</b>	<b>45 %</b>

Va precisato che dalla quota residua di Tabella 29 (colonna "Stazioni non coperte") devono essere sottratti gli analizzatori per i quali i gestori hanno espresso la decisione di non sottoporre a spostamento (stazione-laboratorio e viceversa), in quanto strumenti datati e quindi a rischio, oltre a quelli ancora coperti da garanzia, di recente fornitura. Quindi, su un totale di 200 strumenti installati, considerando solamente O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub> ed NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, 16 sono esclusi dalla possibilità di taratura in laboratorio. In altre parole devono essere attivati altri canali come per esempio la disseminazione di bombole verificate dal LCQ anche per miscele come CO ed SO<sub>2</sub>.

In definitiva si può dire che è stato portato in qualità il 67% degli analizzatori (Tabella 30), tra quelli preventivati in questa prima fase di lavoro (marzo 2006 – agosto 2007); di questi, non solo è stata eseguita la taratura multipunto, ma si è giunti anche alla stima dell'incertezza, ovviamente per il solo segmento di processo considerato.

Tabella 30 - Distribuzione degli strumenti tarati, per tipologia, situazione aggiornata al 31/08/07

Analizzatori	Fatti	Totale tarabili	% strumenti tarati sul totale dei programmati	% strumenti da tarare sul totale dei rimanenti
O <sub>3</sub>	35	38	92%	5%
CO	28	45	62%	28%
SO <sub>2</sub>	36	39	92%	5%
NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	25	62	40%	62%
<b>Totale</b>	<b>124</b>	<b>184</b>	<b>67%</b>	<b>33%</b>

Parallelamente sono state eseguite 35 tarature di strumenti del LCQ (analizzatori di riferimento e sostitutivi). L'assidua taratura di questa strumentazione permette la regolare continuità del piano. Va ricordato che, a parte qualche raro episodio, non ci sono state interruzioni nel monitoraggio della qualità dell'aria a seguito di sostituzioni degli strumenti da tarare con quelli messi a disposizione dal LCQ. Su questa strumentazione vi è la copertura della manutenzione a carico della ditta appaltatrice, al contrario la gestione degli interventi preventivi sugli strumenti di riferimento resta a totale carico degli operatori del laboratorio. A questo va sommato il tempo necessario per la taratura semestrale dei 4 MFC del diluitore (in totale 6 giorni l'anno con 2 operatori), l'emissione delle relazioni di taratura, il mantenimento del sistema qualità, ecc. In sintesi si può dire che l'attività di taratura del LCQ nel 2007, inclusa la verifica di bombole di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, si concluderà con un bilancio positivo, avendo a disposizione circa quattro mesi per portare in qualità i rimanenti 60 analizzatori.

La percentuale di analizzatori da sottoporre a taratura, diretta o indiretta, risulta accettabile e agevolmente gestibile, come evidenziato in Figura 73. Le percentuali rappresentate sono le stesse di Tabella 30, calcolate sul numero di analizzatori da tarare al 1 settembre 2007. In Figura 74 si riportano le percentuali di strumenti tarati e verificati dal LCQ rispetto al totale dei preventivati per la fine del 2007.

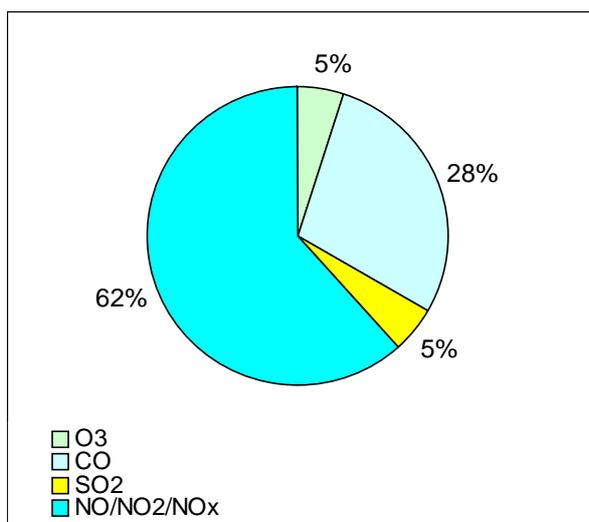


Figura 73 - Suddivisione per tipologia degli analizzatori da tarare al 1 settembre 2007

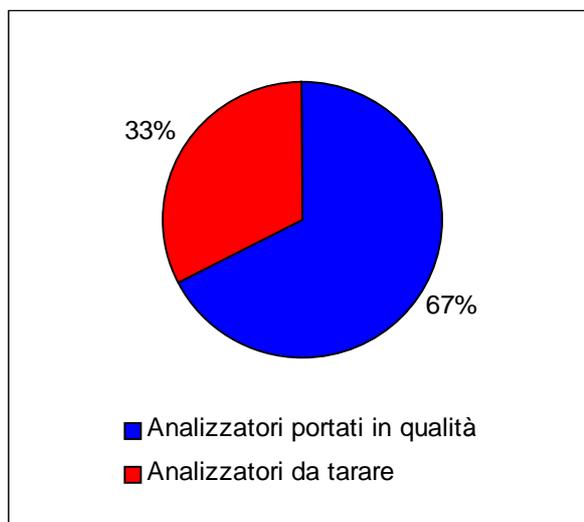


Figura 74 - Percentuali degli analizzatori tarati e da tarare al 1 settembre 2007

Come indice del cambiamento di risposta che gli analizzatori hanno subito, una volta tarati in LCQ, si riporta in Tabella 31 la variazione percentuale (suddivisa in classi), calcolata applicando i coefficienti degli analizzatori ad una misura arbitraria posta a metà del fondo-scala.

Tabella 31 - Variazione % della risposta degli analizzatori tarati rispetto alla situazione di arrivo in LCQ

Variazione	≤ 5 %	> 5 % e ≤ 10 %	> 10 %
Percentuale di analizzatori tarati	53 %	19 %	28 %

Dalla tabella precedente si può notare come poco più della metà degli analizzatori tarati abbia subito il cambiamento di risposta che era quello atteso (<5%), cioè gli strumenti possedevano già un buon grado di taratura in stazione. Sono comunque consistenti le percentuali di strumenti che hanno subito una variazione tra il 5 e il 10% e quelli che superano il 10%. Nel dettaglio dei singoli analizzatori si nota che molti hanno ricevuto manutenzione poco prima di essere consegnati in LCQ e ciò giustifica tali variazioni; altri invece hanno subito degli aggiustamenti in fase di taratura comportando il cambiamento sostanziale dei coefficienti. In Figura 75 è riportata la situazione aggiornata al 31/08/07 della distribuzione di tutte le stazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto (simbolo quadrato) e delle stazioni mobili (simbolo triangolo, per comodità posizionate casualmente all'interno della provincia di competenza). Le stazioni sono state indicate con tre colori, a seconda delle percentuali di copertura relative agli analizzatori tarati: in colore verde quelle in cui tutti gli strumenti sono stati tarati dal LCQ (100%) ad eccezione di quelli di NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, in colore arancione le stazioni tarate per circa 2/3 ed in colore rosso quelle per cui nessuno strumento è stato ancora portato in LCQ. Di queste ultime, una parte possiede degli analizzatori ancora coperti da garanzia, mentre altre contengono strumenti dichiarati dai gestori stessi troppo vetusti per essere spostati.

In Figura 76 è riportata la previsione per la fine del 2007: si può notare che solo per le province di Treviso e Padova non è stato possibile raggiungere una elevata percentuale di stazioni tarate, per i motivi sopra esposti. Si aggiunga inoltre che buona parte degli analizzatori mancanti monitorano il CO, lasciati per ultimi a causa di esigenze di programmazione e rimandati al 2008 per evitare di interferire nel monitoraggio durante i mesi invernali, corrispondenti al periodo più sensibile per questo inquinante.

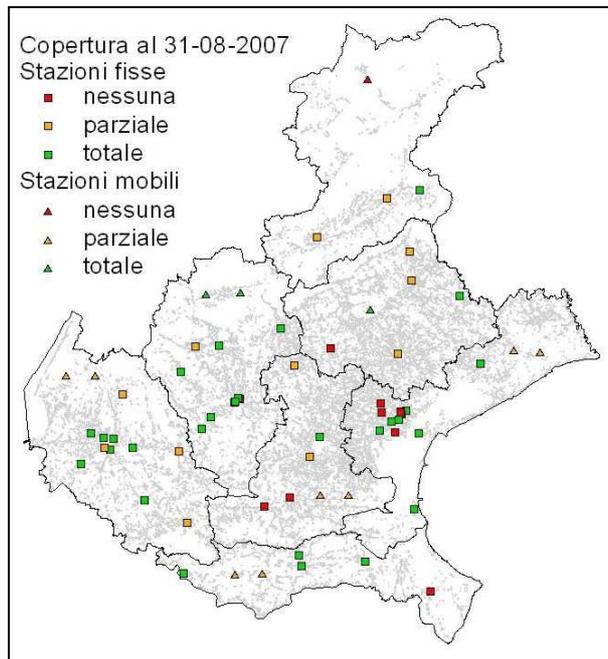


Figura 75 - Situazione degli analizzatori tarati nelle stazioni fisse e mobili aggiornata al 31/08/07

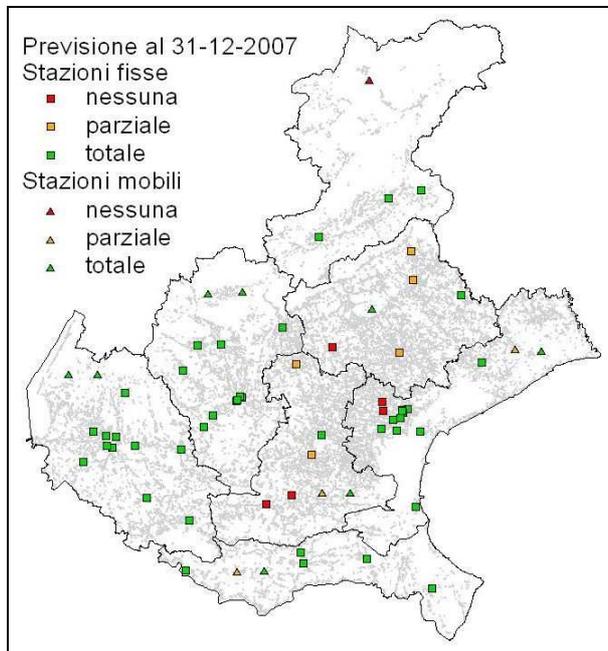


Figura 76 - Situazione degli analizzatori tarati nelle stazioni fisse e mobili – previsione al 31/12/07

## Analisi delle criticità

In Tabella 32 si riportano le criticità riscontrate nella totalità del percorso di preparazione, attivazione e messa a regime del processo di taratura degli analizzatori della RRQA, indicandone le possibili cause, le conseguenti soluzioni adottate e i possibili miglioramenti per il futuro.

Tabella 32 - Analisi delle criticità

Criticità	Possibili cause	Eventuali soluzioni	Miglioramenti attuabili
1) Interruzione del monitoraggio nelle stazioni a seguito del prelevamento degli analizzatori.	C1: analizzatori impegnati nelle operazioni di taratura in LCQ.	S1: Sostituzione in stazione con strumenti forniti dal LCQ.	
2) Conferimento degli analizzatori in LCQ e ritorno in stazione, con operazioni di scollegamento e ricollegamento.	C2: mancanza di supporto logistico interno all'Agenzia.	S2: inserimento nel capitolato di gara della manutenzione delle RRQA del supporto della ditta manuttrice per gli spostamenti e i collegamenti.	
3) Mancato rispetto dei tempi di taratura programmati.	C3: mancato rispetto dei tempi di consegna degli analizzatori; C4: mancato rispetto dei tempi di consegna dei manuali; C5: manutenzione non sempre ottimale; C6: vetustà analizzatori.	S3 (minima): riduzione delle verifiche preliminari S4 (massima): si rimanda la taratura in coda al programma.	M1: verificare in anticipo con i gestori di rete la disponibilità dei manuali; M2: attivazione di un registro di stazione elettronico per il monitoraggio da remoto dello stato di manutenzione degli strumenti.
4) Difficoltà di allineamento delle uscite analogiche degli analizzatori con acquisitore del diluitore.	C7: differenti sistemi di acquisizione in stazione ed in LCQ.	S5: costruzione di una retta di taratura anche per le uscite analogiche e determinazione della sua incertezza; S6: passaggio all'acquisizione in digitale, ove possibile, con trasmissione seriale e software dedicati.	M3: rinnovamento del sistema di acquisizione analogico/digitale del diluitore; M4: estensione dell'acquisizione in digitale a tutti gli analizzatori, subordinata al rinnovamento della strumentazione.
5) Difficoltà nella taratura dei Mass Flow Controller (MFC).	C8: i MFC sono legati indissolubilmente al diluitore.	S7: taratura in proprio con flussimetro certificato.	
6) Range operativi degli analizzatori diversi dagli standard del LCQ.	C9: scelte dei gestori in base ad esigenze di monitoraggio locale.	S8: accordi con gestori per cambiare il range; S9: personalizzazione della taratura.	M5: previo accordo con i gestori, uniformare a livello regionale i range degli analizzatori.
7) Onerosità nella stima dell'incertezza di taratura.	C10: scarsa bibliografia; C11: mancanza di formazione specifica.	S10: stima dell'incertezza in base a normative vigenti; S11: adattamento di esempi reperiti su testi e pubblicazioni specifiche.	M6: formazione specifica degli operatori; M7: confronto con altre ARPA sul tema dell'incertezza.
8) Impossibilità di tarare gli analizzatori di NO/NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> direttamente in LCQ.	C12: esigenze dettate dai gestori di rete; C13: strumenti più sensibili.	S12: taratura con standard di trasferimento (bombole verificate con catena primaria del LCQ).	
9) Impossibilità di tarare taluni analizzatori di CO, SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> direttamente in LCQ.	C14: esigenze dettate dai gestori di rete per via della vetustà degli analizzatori (C6).	S13: analizzatori non considerati nella prima fase del programma di taratura.	M8: fornire ai gestori bombole di CO e SO <sub>2</sub> verificate dal LCQ, da usare nelle stazioni come standard di trasferimento.

## 2.4 Conclusioni

In conclusione si può affermare che gli obiettivi posti in fase di progettazione sono stati raggiunti. Sono stati completati l'aggiornamento del parco degli analizzatori di proprietà e gestione ARPAV, l'adeguamento delle stazioni rilocabili e il ricollocamento delle stazioni non posizionate secondo i criteri normativi vigenti. Sono state implementate le pagine internet sulla qualità dell'aria al fine di un'efficace informazione al pubblico. Il progetto DOCUP ha permesso dal 2001 al 2007 di ottimizzare la rete anche dal punto di vista della qualità dei dati forniti sia per effetto dell'aumento della rappresentatività delle stazioni sia per effetto dell'incremento della messa in qualità della strumentazione. I risultati delle attività di taratura degli analizzatori e la verifica delle bombole da parte del LCQ sono stati molto soddisfacenti.

I dati prodotti costituiscono la base per la valutazione della qualità dell'aria prevista dall'art. 6 del Decreto Legislativo 351/99 e per la realizzazione delle campagne di monitoraggio come delineato nel Decreto Ministeriale 261/2002. Complessivamente la quantità di informazione fornita dalla rete è incrementata e rappresenta un utile strumento nelle mani delle Autorità preposte ai fini pianificatori e di risanamento della qualità dell'aria.

## 2.5 Prospettive future

Attualmente le problematiche principali legate all'inquinamento atmosferico sono derivanti dalle elevate concentrazioni di  $PM_{10}$  nel periodo invernale e dalle concentrazioni di  $O_3$  nel periodo estivo. Al fine di attuare politiche efficaci per la riduzione di tali inquinanti è necessario procedere all'individuazione delle sorgenti emissive del  $PM_{10}$  e dei processi di formazione dei precursori dell' $O_3$ .

Si prevede, pertanto, di implementare il monitoraggio del particolato attraverso l'analisi e la caratterizzazione chimica e fisica del  $PM_{10}$ , del  $PM_{2.5}$  e delle frazioni a granulometria inferiore. E' previsto lo sviluppo di modelli a recettore che permettano, per un sito di misura, di determinare i contributi delle diverse sorgenti emissive alle concentrazioni locali di molti inquinanti ( $PM_{10}$ , composti gassosi, semivolatili, organici ed inorganici).

Le quote stimate per ciascuna sorgente (source apportionment) permettono di comprendere se le azioni di contenimento dell'inquinamento applicate in un sito sono state adeguate e, inoltre, su quali sorgenti andare ad agire ai fini della riduzione delle emissioni. Sarà necessario approfondire l'analisi di quello che viene chiamato "aerosol atmosferico" e che rappresenta una miscela complessa di composti organici ed inorganici allo stato solido, liquido e gassoso.

L'utilizzo di strumentazione via via più sofisticata permetterà di stimare i costituenti della frazione organica di COV che rappresentano insieme agli  $NO_x$  i precursori dell'ozono. Infine, alla luce del recepimento della Direttiva 2004/107/CE nel Decreto Legislativo n. 152/2007 [15], dovrà essere implementato il monitoraggio dei metalli (arsenico, cadmio, nichel e mercurio) al fine di un approfondimento della conoscenza dello stato della qualità dell'aria anche rispetto a questi inquinanti.

Il Laboratorio Controllo Qualità dell'ORAR intende continuare l'attività di controllo qualità perpetrata fino ad ora, migliorandola ed adeguandola alle esigenze della RRQA. Ciò sarà possibile mettendo a disposizione dei Dipartimenti un numero maggiore di bombole verificate internamente, permettendo di raggiungere tutti gli analizzatori della rete e soprattutto quelli più delicati dal punto di vista degli spostamenti. Inoltre, estendendo i controlli all'intera stazione di monitoraggio mediante campagne di interconfronto con la propria stazione mobile, ed indagando su tutti i segmenti responsabili della produzione del dato (dalla linea di campionamento all'acquisizione), sarà possibile estendere e rendere completa la conoscenza dell'incertezza che accompagna ciascun valore prodotto dall'Agenzia.

Si prevede di essere attivi nell'organizzazione e nella partecipazione a circuiti di interconfronto per le misure dei vari inquinanti, al fine di garantire un costante controllo di qualità sia in campo sia in laboratorio, mediante una sistematica verifica tra i soggetti coinvolti.

Parallelamente a tutto ciò, è previsto il completamento del percorso interno di qualità del LCQ che porterà all'accreditamento delle tarature.

## 2.6 Riferimenti bibliografici

- [1] European Environment Agency, 1999. Criteria for EUROAIRNET – The EEA Air Quality Monitoring and Information Network, Febbraio 1999.
- [2] Decreto Legislativo n° 351 del 4 agosto 1999. Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Gazzetta Ufficiale Italiana n°241 del 13/ 10/1999.
- [3] Decreto Ministeriale n°60 del 2 aprile 2002. Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 87 del 13/04/2002.
- [4] La Sala E., Cirillo M.C. (1995). Valutazione ed ottimizzazione di una rete di rilevamento del monossido di carbonio in area urbana: un'applicazione al caso di Roma. ENEA RT/AMB/95/14.
- [5] Adriaanse A. (1993) Environmental policy performance indicators. ISBN 90-12-08099-1.
- [6] Statistics Finland (1996) Index of environmental friendliness. A methodological study. ISBN 951-727-272-3.
- [7] Decreto Legislativo n° 183 del 21 maggio 2004. Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n°171 del 23/07/2004.
- [8] Decisione 2001/752/CE del 17 ottobre 2001. Decisione della Commissione che modifica gli allegati della decisione 97/101/CE del Consiglio che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri. Gazzetta Ufficiale Commissione Comunità Europee n°L 282 del 26 ottobre 2001.
- [9] Direttiva 2004/107/CE del 15 dicembre 2004. Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 dicembre 2004, concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente. Gazz. Uff. Unione europea n°L 23 del 26/01/2005.
- [10] Lipfert, F.W., 1989. Atmospheric damage to calcareous stones: comparison and reconciliation of recent findings. Atmospheric Environment, Vol.23, pp.415.
- [11] Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria, pp.34, 2002.
- [12] Regione del Veneto. Deliberazione del Consiglio Regionale n° 57 dell'11 novembre 2004. Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera del Veneto. Bollettino Ufficiale Regione Veneto n°130 del 21 dicembre 2004.
- [13] Regione del Veneto. Deliberazione della Giunta Regionale n° 1408 del 16 maggio 2006. Piano Progressivo di Rientro del Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera (P.R.T.R.A.) relativo alle polveri PM<sub>10</sub>.
- [14] Decreto Ministeriale n° 261 del 1 ottobre 2002. Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n° 351. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 272 del 20/11/2002.
- [15] Decreto Legislativo 3 Agosto 2007, n° 152 "Attuazione della Direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente". Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n°213 del 13 settembre 2007.
- [16] UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000 - Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.
- [17] EPA-600/4-79-057 Technical Assistance Document for the Calibration of Ambient Ozone Monitors.
- [18] EPA-600/4-79-056 Transfer Standards for Calibration of Air Monitoring Analyzers for Ozone.
- [19] ISO 13964:1998 Air Quality-Determination of ozone in ambient air-Ultraviolet photometric method.
- [20] UNI EN 14625:2005 - Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta.
- [21] Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/03/1983 - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n°145 del 25/05/1983.

- [22] Castrofino G., Carminati R., Curci S., Dambra R. - Guida al Manuale della Qualità delle Reti di Rilevamento della Qualità dell'Aria - Seconda Edizione, ANPA, 2002.
- [23] EPA 454/R-98-004 – Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume II, Part 1.
- [24] EPA-600/4-75-003 – Technical Assistance Document for the Chemiluminescence Measurement of Nitrogen Dioxide.
- [25] UNI EN 14211:2005 - Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza.
- [26] UNI EN 14212:2005 - Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta.
- [27] UNI EN 14626:2005 - Qualità dell'aria ambiente - Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva.
- [28] UNI CEI ENV 13005:2000 – Guida all'espressione dell'incertezza di misura.
- [29] Rapporti ISTISAN 03/30 – Quantificazione dell'incertezza nelle misure analitiche.
- [30] Ballati L., Bonacchi G., De Martin S., Quaglino P., 2003. Linee Guida per la Validazione dei Metodi Analitici e per il Calcolo dell'incertezza di Misura - Accredimento e Certificazione, I Manuali di ARPA, ARPA Emilia Romagna, 2003.
- [31] Wonnacott T.H., Wonnacott R.J., Introduzione alla statistica, Franco Angeli, 2002.
- [32] Taylor, J.R., Introduzione all'analisi degli errori, seconda edizione, Zanichelli, 2000.
- [33] Catena di Riferibilità della Misura della Frazione molare di Ozono in Aria Ambiente – Corso di formazione degli operatori regionali ARPA, Torino 17-18 giugno 2004.
- [34] Castrofino G., Sassi M., Curci S., Di Leo A., Catena di Riferibilità per la Misura della Frazione molare di Ozono in Atmosfera, APAT CTN-ACE, 2004.
- [35] EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, 1999.
- [36] Traceability in Chemical Measurement - A guide to achieving comparable results in chemical measurement, EURACHEM/CITAC Guide, 2003.
- [37] Introduzione ai criteri di valutazione della incertezza di misura nelle tarature, Documento SIT Doc-519
- [38] Riferibilità delle misure, Documento SIT Doc-513.
- [39] Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni, Documento SINAL DT-0002
- [40] Avvertenze per la valutazione dell'incertezza nel campo dell'analisi chimica, Documento SINAL DT-0002/3.
- [41] Esempi applicativi di valutazione dell'incertezza nelle misurazioni chimiche, Documento SINAL DT-0002/4.
- [42] Miller J.C., Miller J.N. - Statistics for Analytical Chemistry, Ellis Horwood, 1988.

### 3 La mappatura di aree remote mediante campionatori passivi e stazioni rilocabili

#### 3.1 Introduzione

Tra le attività previste dal presente progetto, in parallelo con l'ottimizzazione della rete fissa di monitoraggio, rientra la mappatura delle aree remote, intese come i territori della Regione ove non si hanno informazioni sufficienti a valutare lo stato della qualità dell'aria.

Questa parte di progetto, in sinergia con l'attività di biomonitoraggio trattata nel capitolo successivo, riveste un ruolo importante nell'ottica di realizzare la zonizzazione del territorio regionale. Tale azione, soprattutto nel lungo periodo, permetterà di definire e distinguere nel Veneto aree a diverso livello di inquinamento atmosferico. Contestualmente una conoscenza più completa della qualità dell'aria su scala regionale potrà contribuire a migliorare l'attuazione degli adempimenti a carico delle Regioni, previsti dagli artt. 7, 8, 9 del D.Lgs 351/99 [1], riguardanti la redazione di Piani d'Azione, Piani di Risanamento o di Mantenimento.

L'attività di mappatura delle aree remote è stata realizzata mediante campagne di misura per l'analisi di inquinanti, sia convenzionali, quali biossido di azoto e ozono (con riferimenti ai limiti del D.M. 60/02 [2] e al D.Lgs. 183/04 sull'ozono [3]), sia non convenzionali, come le polveri sottili (PM<sub>10</sub>) e il benzene [2]. E' stata posta particolare attenzione alle zone oggetto di futuri sviluppi produttivi, alle aree di salvaguardia della biodiversità floro-faunistica e più in generale ai siti di background urbano o rurale, rappresentativi di una concentrazione di fondo degli inquinanti.

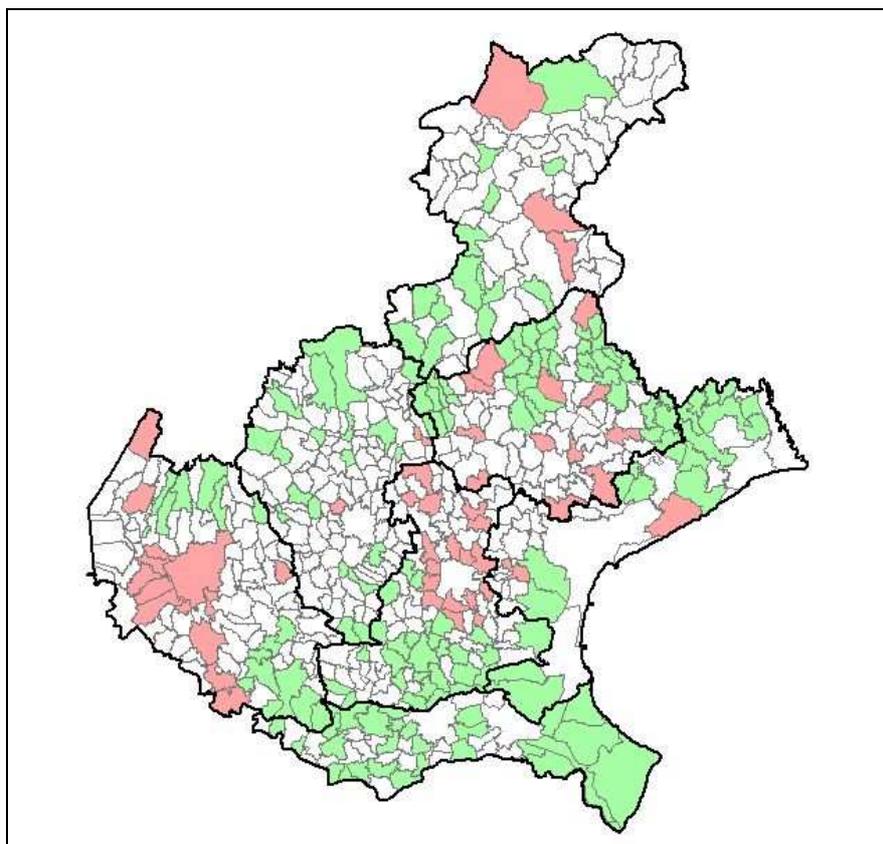


Figura 77 - Comuni interessati dal progetto di mappatura di aree remote. In verde sono evidenziati i comuni che hanno beneficiato dei finanziamenti DOCUP, mentre in rosso quelli che sono stati monitorati al di fuori del progetto

Il progetto di mappatura ha previsto il coordinamento di due tipologie distinte di monitoraggio: le campagne con i campionatori passivi e quelle effettuate con stazioni rilocabili. Questi due tipi di campionamento sono stati scelti per la versatilità degli strumenti utilizzati, in particolare per la facile collocazione anche in zone non coperte dalla rete elettrica (campionatori passivi) e per la possibilità di raggiungere una vasta area del territorio regionale.

Nel complesso del "progetto aree remote" su un totale di 356 Comuni che hanno beneficiato dei finanziamenti DOCUP ne sono stati mappati 156, dal 2004 al 2006. A questi vanno ad aggiungersi altri 50 Comuni che, pur non facendo parte del progetto DOCUP, sono stati monitorati con i campionatori passivi o con i mezzi mobili e hanno contribuito a fornire ulteriori informazioni sullo stato della qualità dell'aria nella Regione Veneto (Figura 77).

### 3.2 Campionatori Passivi

Come già accennato nell'introduzione, una parte dell'attività di mappatura delle aree remote è stata condotta con l'utilizzo di campionatori passivi. Tale decisione è stata presa in conformità con il D.M. 261/2002 [4], ove vengono stabiliti i criteri per la valutazione preliminare della qualità dell'aria nell'ambiente, facendo espresso riferimento nell'Allegato 1 al campionamento passivo.

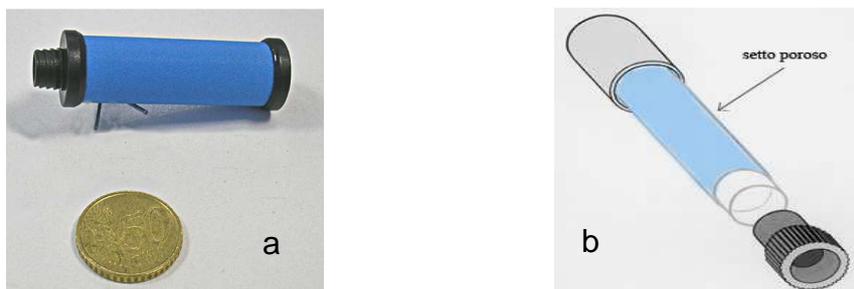


Figura 78 - a) Fotografia di cartuccia adsorbente: dimensioni rispetto a moneta da 50 cent; b) Disegno schematico della stessa cartuccia: viene messa in evidenza la presenza del setto poroso a protezione dell'adsorbente

Per effettuare il campionamento sono stati scelti strumenti che funzionano secondo il principio della diffusione. In sostanza, fatte salve alcune particolarità specifiche di ogni marchio commerciale, tali campionatori sono costituiti da una cartuccia di materiale opportunamente studiato per l'analisi da determinare (Figura 78). Tale cartuccia, con superficie esposta nota, posta *in situ*, adsorbe l'inquinante attraverso un setto poroso, grazie al gradiente di concentrazione esistente tra l'ambiente e il materiale adsorbente. La struttura adsorbente, convenientemente protetta da agenti atmosferici, può essere lasciata nel luogo di campionamento anche per alcune settimane. Al termine della campagna la cartuccia viene trattata in laboratorio per determinare la quantità di analita adsorbito. In questa maniera si può risalire, attraverso la portata di campionamento fornita dal produttore, alla concentrazione media dell'inquinante nel periodo di esposizione.

Tale modalità di campionamento presenta dei vantaggi non trascurabili, tra i quali:

- la possibilità di misurare diversi analiti con più campionatori in parallelo;
- la possibilità di effettuare contemporaneamente campagne di mappatura in tutto il territorio regionale (confrontabilità del dato);
- l'indipendenza dalla disponibilità di elettricità;
- la ridotta esigenza di manutenzione;
- il trascurabile impatto sull'area di campionamento, sia dal punto di vista visivo che acustico.

Attraverso l'utilizzo di campionatori passivi sono stati mappati tre inquinanti: il biossido di azoto, l'ozono e il benzene. E' importante sottolineare che a monte dell'attività di mappatura è stato svolto un lavoro di interconfronto, di concerto con tutti i Dipartimenti Provinciali ARPAV, per poter valutare la qualità di diversi marchi commerciali di strumenti e validare metodologie, tali da fornire su scala regionale dati confrontabili.

### 3.2.1 Il circuito di interconfronto: scelta e metodologie dei campionatori passivi

Attraverso il protocollo stilato dall'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV in data 26 luglio 2004 è stato creato un circuito di interconfronto, denominato "protocollo\_ARPAVRING\_passivi" [P16], avente come scopi principali:

- validare il metodo di prova per la determinazione di ozono e biossido di azoto mediante la tecnica del campionamento passivo;
- confrontare i risultati ricavati con la tecnica del campionamento passivo rispetto ai valori ottenuti per gli stessi parametri e nelle stesse condizioni sperimentali, con i metodi di riferimento standard, utilizzando strumenti di due diverse ditte. Tale lavoro ha permesso la scelta del marchio di campionatori ritenuto più idoneo al monitoraggio.

A questo proposito sono stati esposti per ciascun Dipartimento 2 campionatori di ogni marchio per ozono, biossido di azoto e benzene (per quest'ultimo il metodo era già stato validato in precedenza). Tutti gli strumenti sono stati posizionati in prossimità della stazione di rilevamento fissa di Venezia-Parco Bissuola, utilizzata come confronto standard.

L'esposizione, in accordo con quanto pianificato per la campagna di mappatura, è durata una settimana, al termine della quale i laboratori dei Dipartimenti hanno provveduto ad analizzare, secondo una metodologia standard, i campioni dei due marchi. Ottenuti i risultati, la valutazione dell'accuratezza rispetto ai dati della centralina fissa è stata condotta mediante l'utilizzo del criterio di accettabilità "E<sub>n</sub>-number" [5], che permette di classificare i dati come "accettati", "dubbi" o "anomali". Il confronto della quantità di dati "accettati" per gli strumenti delle due diverse case produttrici, assieme a considerazioni di tipo economico e tecnico, hanno portato alla scelta dei campionatori passivi a simmetria radiale distribuiti nel 2004 da Aquaria e denominati Radiello<sup>®</sup>.

### 3.2.2 Pianificazione del campionamento

L'attività di pianificazione e di coordinamento è stata un punto essenziale al fine di garantire il posizionamento uniforme sul territorio dei campionatori passivi e di creare una procedura di lavoro comune a tutti i Dipartimenti Provinciali.

Per quanto riguarda l'ubicazione dei siti su macroscale, la scelta dei Comuni mappati è stata fatta seguendo due criteri fondamentali:

- 1) assenza o non completezza dei dati pregressi nel Comune per gli inquinanti mappati;
- 2) distribuzione il più possibile uniforme su tutto il territorio regionale. A tale proposito è stata presa come riferimento la griglia con maglie 18x18 km (Figura 79/a) proposta da ANPA su scala nazionale per lo studio dell'indice di biodiversità lichenica [6].

Si è poi stabilito in sede di pianificazione che all'interno del territorio comunale la stazione dovesse avere delle caratteristiche di massima ben definite. In particolare:

- 1) l'area deve essere rappresentativa e fornire una stima della concentrazione di fondo (zone di "background" urbano, suburbano o rurale);
- 2) non vanno considerati siti in prossimità di sorgenti di emissione (aree industriali o punti di "hot-spot" quali strade, autostrade ecc.);
- 3) per la finalità dell'attività (mappatura di aree remote nell'ambito del progetto DOCUP) sono da privilegiare le aree soggette a sviluppo futuro (costruzione di infrastrutture quali strade e autostrade, creazione di aree industriali).

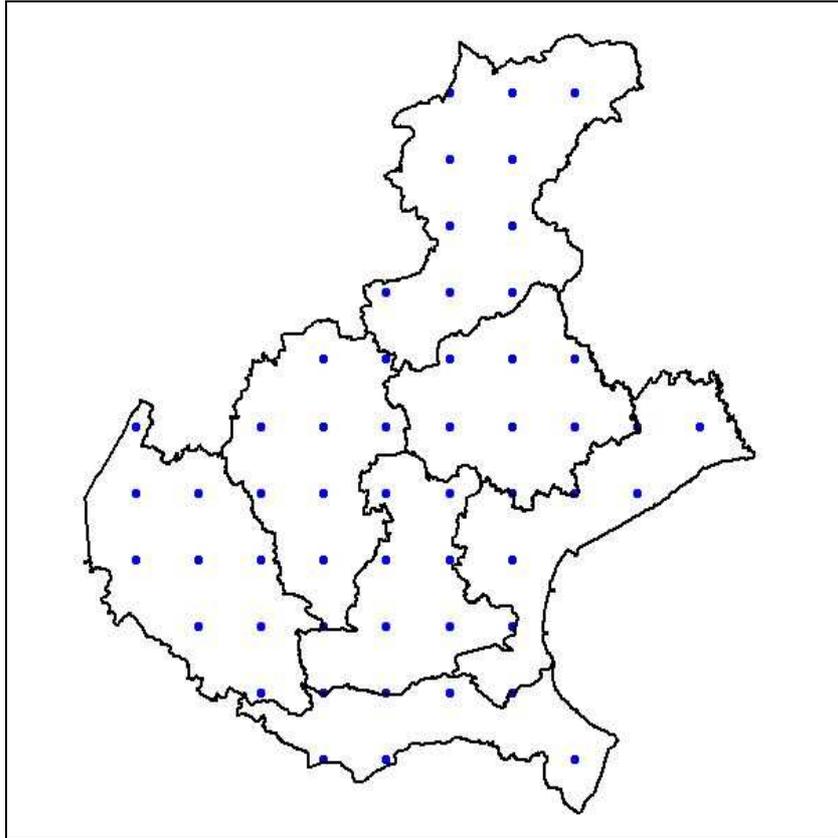


Figura 79/a - Griglia 18x18 km utilizzata per la dislocazione dei campionatori passivi

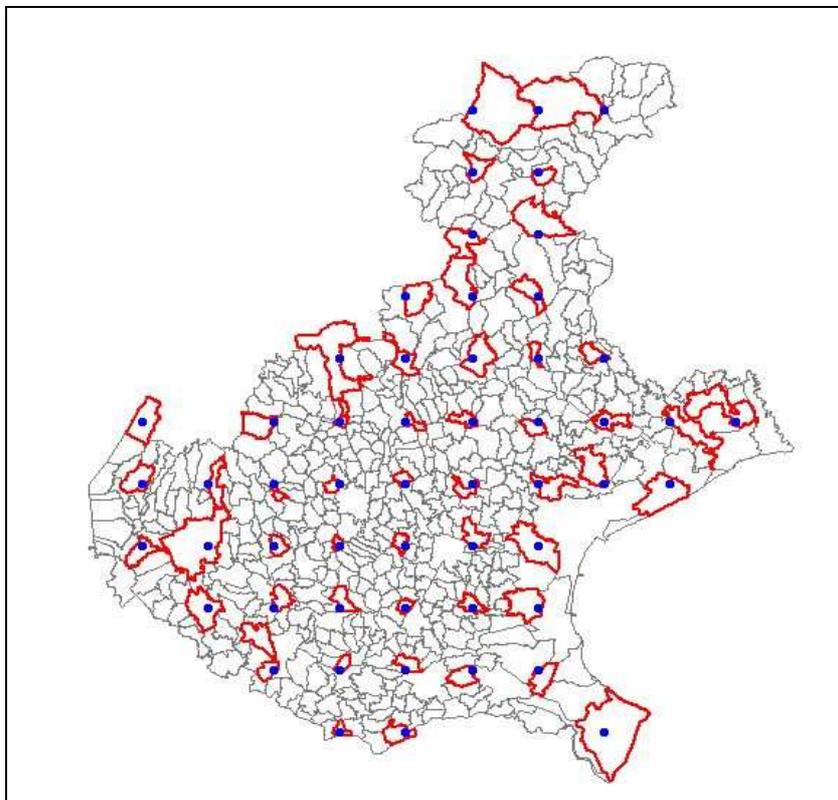


Figura 79/b - Comuni mappati con campionatori passivi (in rosso).  
Si può vedere la sovrapposizione dei comuni con la griglia proposta da ANPA

I campionatori passivi sono stati installati ad un'altezza di circa due metri dal suolo in condizioni di libera circolazione dell'aria, prediligendo strutture quali pali, lampioni, etc. Ciascun campionario è stato coperto da una struttura appositamente studiata per la protezione dalle intemperie.

Per quanto riguarda il controllo della qualità delle misure, sono stati installati alcuni campionatori in parallelo per lo stesso analita, con lo scopo di valutare la riproducibilità delle determinazioni. Inoltre è stato stimato il bianco di campo, dislocando alcuni campionatori senza esporli.

Tenuto conto dei criteri sopra citati, per la mappatura con i campionatori passivi sono stati scelti 53 Comuni, evidenziati in rosso in Figura 79/b. La distribuzione dei Comuni nelle sette Province venete è illustrata nel grafico in Figura 80.

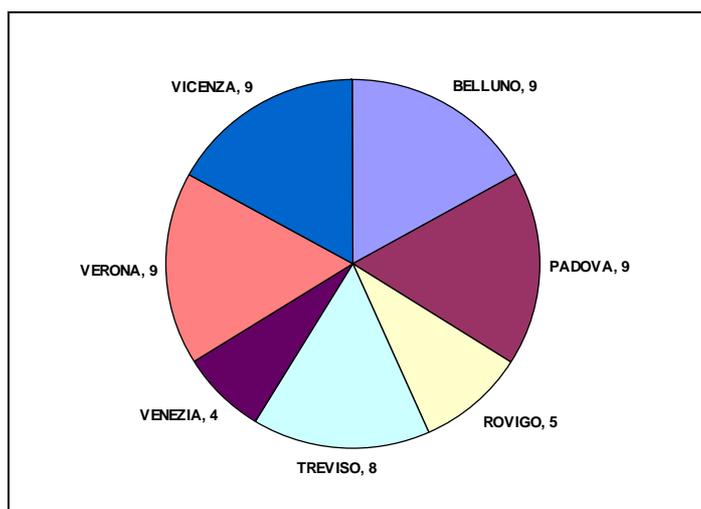


Figura 80 - Distribuzione dei Comuni mappati con campionatori passivi nelle diverse province venete

Il periodo della mappatura è stato suddiviso in 8 intervalli di campionamento di 1 settimana ciascuno, distribuiti uniformemente lungo l'arco di circa 1 anno, dal 29 novembre 2004 al 7 novembre 2005. Nella Tabella 33 sono riportati gli intervalli di ogni campionamento, uguali per tutti i 53 siti.

Tabella 33 - Campagne di monitoraggio: intervalli di campionamento

N° Campagna	Data inizio monitoraggio	Data fine monitoraggio
1	29/11/2004	06/12/2004
2	17/01/2005	24/01/2005
3	28/02/2005	07/03/2005
4	18/04/2005	25/04/2005
5	06/06/2005	13/06/2005
6	25/07/2005	01/08/2005
7	12/09/2005	19/09/2005
8	31/10/2005	07/11/2005

### 3.2.3 Risultati

In questo paragrafo sono riportati i dati ottenuti con i campionatori passivi. In primo luogo sono stati confrontati i risultati ottenuti nell'ambito della singola provincia, per poi passare ad una visione sinottica su scala regionale, anche utilizzando l'analisi multivariata. Per i dati provinciali sono stati analizzati i valori medi annui delle stazioni, comprensivi di tutte le otto settimane di campionamento. Per il biossido di azoto e il benzene è stato possibile rapportare tali risultati con i limiti di legge imposti dal D.M. 60/02, confrontandoli sia con il valore limite imposto al 1 gennaio 2005, sia in prospettiva con il valore definito per il 2010 [2]. Diversamente per l'ozono, non potendo disporre di dati orari, ma solo di valori medi per la settimana di campionamento, non è stato possibile comparare le concentrazioni con i parametri imposti dal D.Lgs. 183/04 [3]. Sono stati quindi presi in esame i valori medi annui e il massimo raggiunto in ogni stazione durante tutto il campionamento.

#### Belluno

Le stazioni mappate nella Provincia di Belluno sono riportate in Tabella 34 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 34 - Comuni mappati nella Provincia di Belluno con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Alleghe	3	12	29	0.7	1.9	4.1	4	34	85
Auronzo	2	7	18	0.4	1.7	3.3	1	32	62
Cesiomaggiore	2	11	26	0.1	1.3	3.1	2	35	79
Cibiana	1	5	14	0.3	0.7	1.2	12	44	74
Cortina	1	4	11	0.3	0.7	1.1	24	63	92
Gosaldo	1	11	55	0.3	1.0	1.9	3	43	83
Limana	3	15	35	0.4	1.5	4.2	1	27	60
Longarone	3	9	16	0.3	1.2	1.8	1	43	98
Sovramonte	5	10	22	0.1	1.1	2.3	1	34	109

Il biossido di azoto (Figura 81/a) presenta in tutte le stazioni della Provincia valori medi generalmente confrontabili, con minimo a Cortina (4 µg/m<sup>3</sup>) e massimo a Limana (15 µg/m<sup>3</sup>). La gran parte delle stazioni si attesta attorno ai 10 µg/m<sup>3</sup>. E' importante evidenziare che tali concentrazioni sono ben al di sotto dei livelli imposti dal D.M.60/02. Se infatti si confrontano i dati con la concentrazione di 50 µg/m<sup>3</sup> (valore limite con margine di tolleranza al 1 gennaio 2005) si può osservare come esso sia ben più elevato dei valori medi registrati. Si sottolinea che in 8 stazioni su 9 il limite è più alto del massimo assoluto rilevato durante tutto il campionamento. Infine si osserva che tutte le stazioni mappate sono già in linea con il valore obiettivo fissato al 2010 (40 µg/m<sup>3</sup>).

Il benzene, in analogia con il biossido di azoto, presenta i valori medi più bassi presso Cortina e Cibiana (0,7 µg/m<sup>3</sup>) mentre il più alto è ad Alleghe con 1,9 µg/m<sup>3</sup> (Figura 81/b). Anche in questo caso tutte le concentrazioni medie rilevate sono nettamente al di sotto dei limiti di legge con i margini di tolleranza per l'anno 2005 (10 µg/m<sup>3</sup>). Inoltre confrontando i dati con il limite fissato come obiettivo per il 2010 (5 µg/m<sup>3</sup>), si può vedere che tutti i dati registrati nel 2005 non raggiungono la metà di tale valore. La Figura 81/c mostra la concentrazione media di ozono e il massimo assoluto registrato durante l'arco del campionamento. Si osserva che in nessun caso è stato superato l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup>).

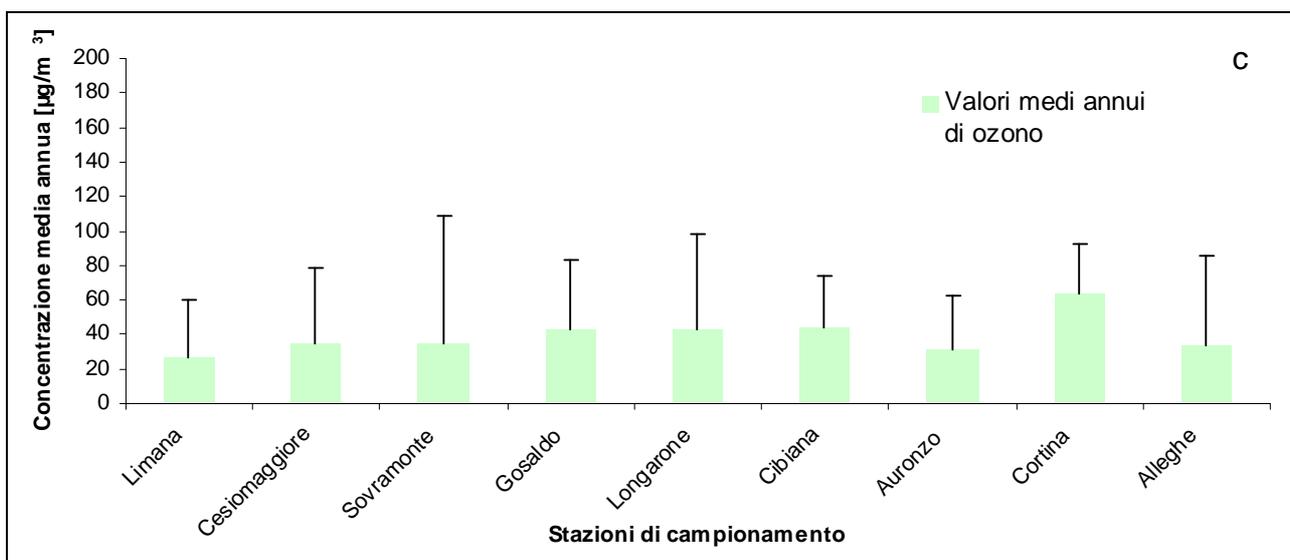
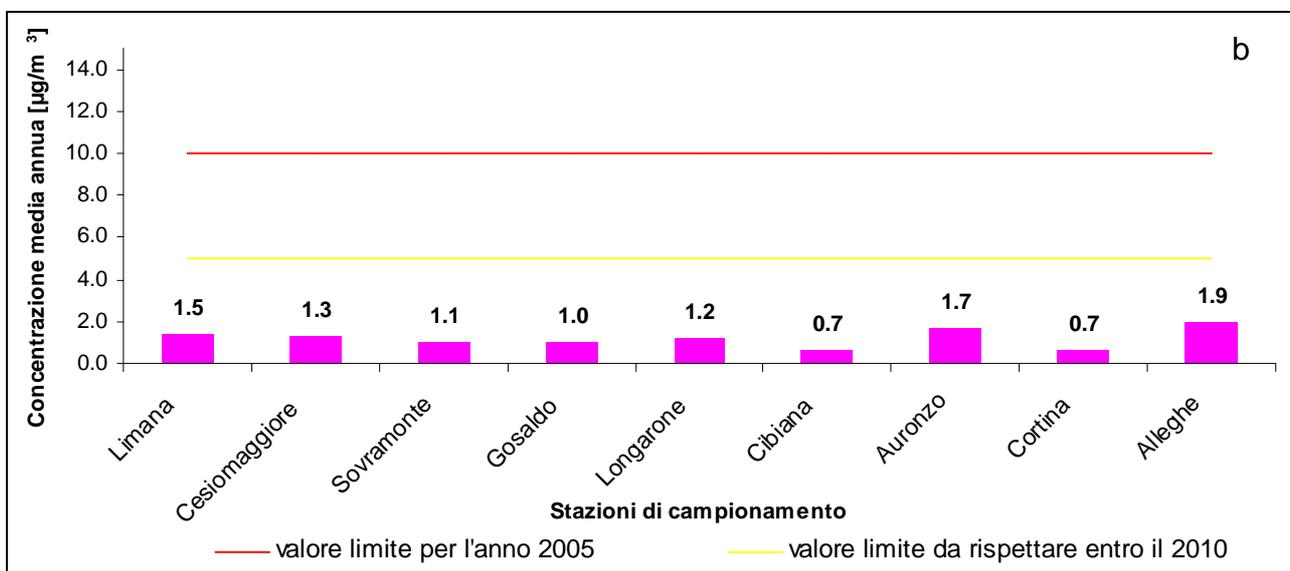
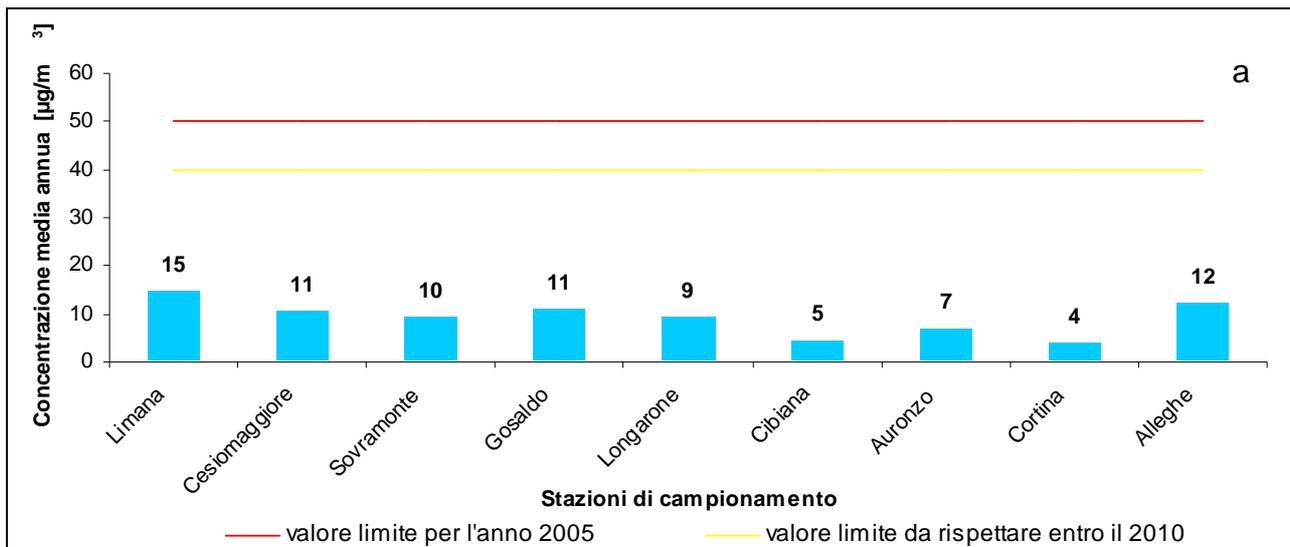


Figura 81 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della provincia di Belluno.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

Come anticipato in precedenza, per quanto il confronto con il limite di legge dell'ozono non sia del tutto corretto, essendo l'obiettivo a lungo termine calcolato sulla concentrazione media di 8 ore massima giornaliera [3], tuttavia fornisce un parametro di comparazione che permette di fare alcune valutazioni preliminari sui picchi registrati con i campionatori passivi. Si osserva che tutti i massimi registrati nella Provincia di Belluno interessano soltanto 2 settimane di campionamento. Infatti la maggior parte delle stazioni fanno registrare i massimi durante la sesta settimana a fine luglio, come consuetudine per l'ozono, che aumenta nei mesi più caldi. I siti di Limana, Cortina e Cibiana, pur registrando concentrazioni prossime al massimo nella sesta settimana, presentano i picchi a fine aprile.

## Padova

Le stazioni mappate nella Provincia di Padova sono riportate in Tabella 35 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 35 - Comuni mappati nella Provincia di Padova con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Arquà Petrarca	1	16	34	0.5	1.6	3.2	7	54	126
Masi	9	16	42	0.4	1.7	4.0	3	46	111
Vescovana	3	15	40	0.5	1.5	3.3	1	47	103
Codevigo	8	27	52	0.5	1.8	3.9	1	50	121
Bovolenta	9	20	42	0.5	1.8	3.7	1	46	111
Vigonza	7	34	54	0.7	2.2	4.9	3	48	122
Camposampiero	10	23	37	0.6	2.2	4.9	4	47	122
Grantorto	8	20	43	0.5	2.2	5.2	6	51	121
Veggiano	8	22	52	0.6	1.9	4.0	3	54	139

Il biossido di azoto (Figura 82/a) presenta valori medi annui che vanno da un minimo di 15 µg/m<sup>3</sup>, registrato a Vescovana, al massimo di 34 µg/m<sup>3</sup> di Vigonza. In generale le concentrazioni sono tra loro confrontabili e si attestano attorno ai 20 µg/m<sup>3</sup>. Per quanto tali concentrazioni siano nel complesso più elevate rispetto a quelle registrate nella Provincia di Belluno, esse sono comunque al di sotto dei livelli imposti dal D.M.60/02. Se infatti si confrontano i dati con il valore limite con margine di tolleranza al 1 gennaio 2005 (50 µg/m<sup>3</sup>) nessuno dei Comuni si avvicina a tale soglia. Come nel caso di Belluno tutti i livelli registrati sono già al di sotto del limite di 40 µg/m<sup>3</sup> fissato per il 2010. Infine si osserva che i massimi di ogni stazione per il biossido di azoto sono stati registrati sempre in inverno, durante la seconda e la terza settimana di campionamento. Tale informazione è in linea con le caratteristiche dell'analita che presenta livelli maggiori durante i mesi freddi, quando le fonti di traffico si sommano a quelle da riscaldamento e a particolari condizioni di stabilità atmosferica.

Il benzene (Figura 83/b) presenta valori medi annui confrontabili tra le stazioni, tutti compresi tra 1,5 µg/m<sup>3</sup> di Vescovana (in analogia con il minimo registrato per il biossido di azoto) e 2,2 µg/m<sup>3</sup> registrati a Camposampiero, Vigonza e Grantorto. Anche in questo caso tutte le concentrazioni medie rilevate sono nettamente al di sotto dei limiti di legge con i margini di tolleranza per l'anno 2005 (10 µg/m<sup>3</sup>). Inoltre si può osservare che i dati registrati nel 2005 sono al di sotto della metà della soglia fissata come obiettivo per il 2010 (5 µg/m<sup>3</sup>).

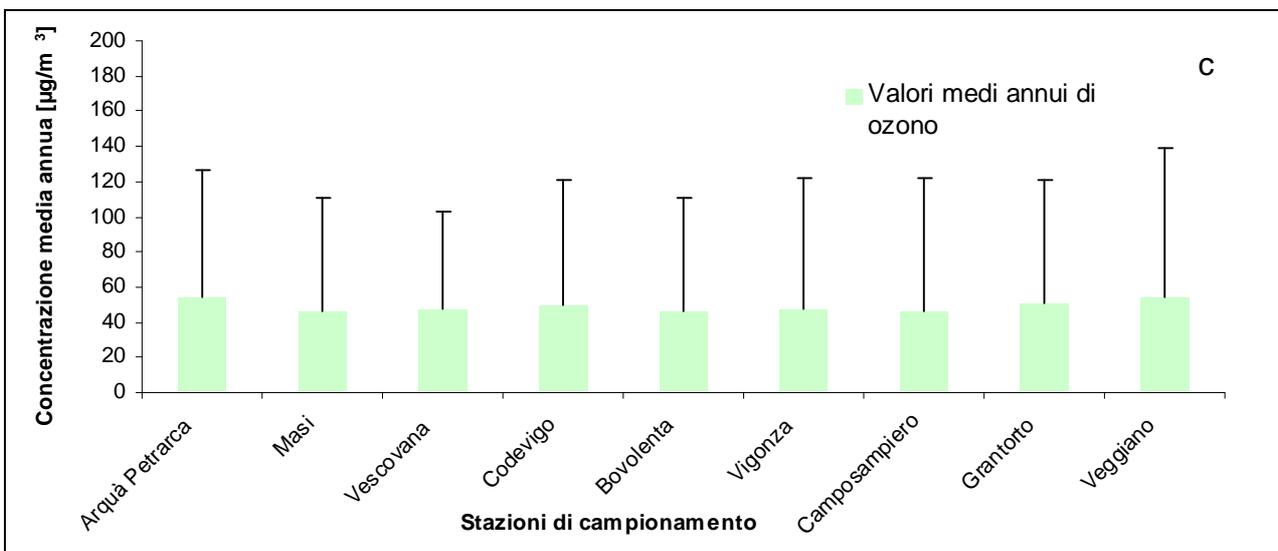
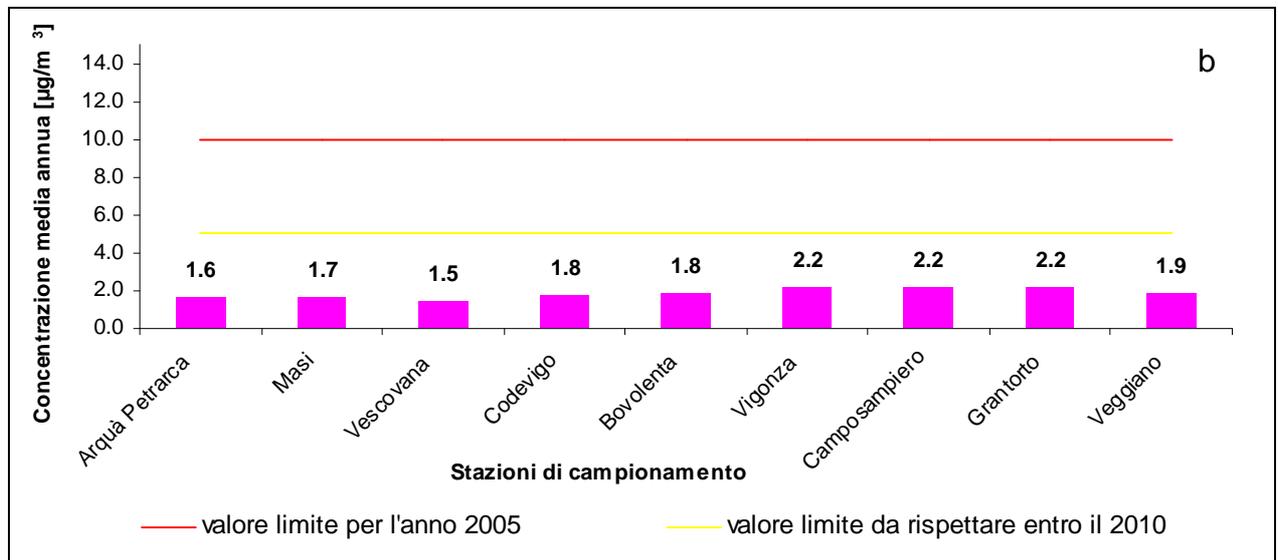
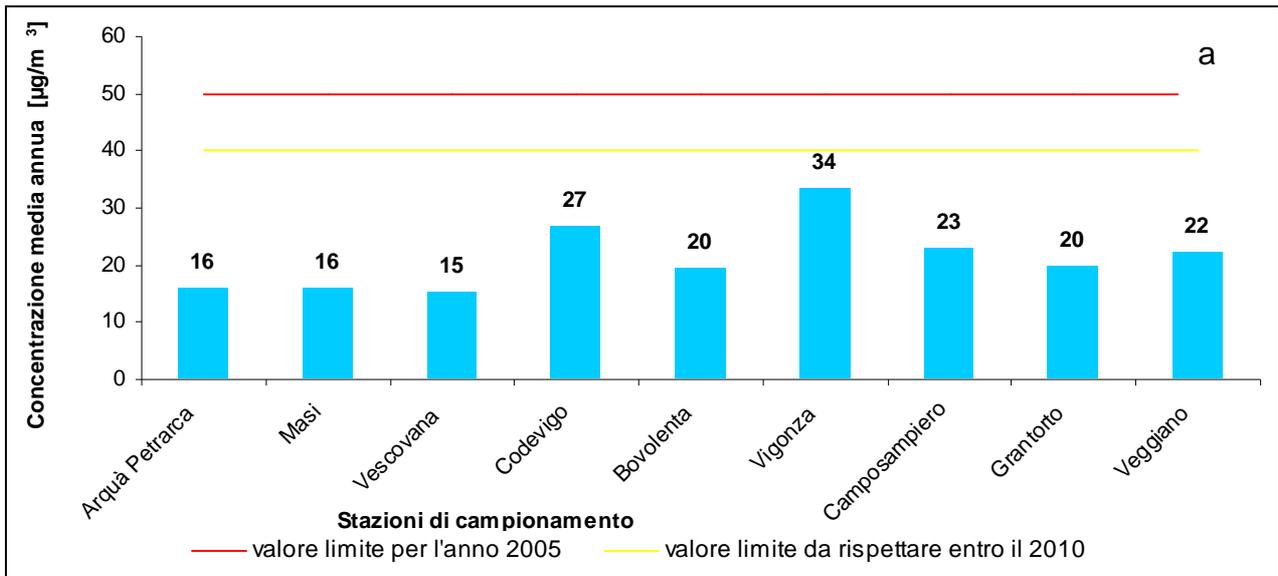


Figura 82 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Padova. a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

L'ozono (Figura 82/c) ha fatto registrare valori medi annui piuttosto omogenei in tutta la provincia, tra i 46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di Masi e Bovolenta e i 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di Arquà Petrarca e Veggiano. E' importante notare che tutti i massimi sono stati registrati in un'unica settimana, la sesta, alla fine di luglio, in analogia con Belluno. In accordo con i valori medi, anche i picchi più elevati sono stati raggiunti ad Arquà Petrarca e Veggiano. Nel padovano i valori sono in generale più elevati che nel bellunese e si attestano tutti sopra i 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ : è ipotizzabile che le condizioni atmosferiche stabili e le temperature elevate caratteristiche del periodo possano aver favorito l'innalzamento dei valori di ozono in tutta la provincia.

## Rovigo

Le stazioni mappate nella Provincia di Rovigo sono riportate in Tabella 36 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 36 - Comuni mappati nella Provincia di Rovigo con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]			O <sub>3</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Villadose	7	22	58	0.0	1.4	2.2	1	45	106
Loreo	7	22	72	0.5	1.4	2.8	3	55	108
Porto Tolle	6	16	44	0.4	1.3	2.9	6	51	108
Canaro	7	19	35	0.4	1.3	2.5	1	51	104
Gaiba	8	17	35	0.4	1.4	2.8	1	52	104

Il biossido di azoto (Figura 83/a) risulta essere abbastanza uniforme in tutte le stazioni mappate, con un valore medio annuo minimo di 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Porto Tolle e un massimo di 22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrati a Villadose e a Loreo. In generale le concentrazioni sono confrontabili con la quelle registrate nella Provincia di Padova. Anche in questo caso si può evidenziare che tutti i valori medi registrati sono inferiori al valore limite con margine di tolleranza fissato per il 2005 (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lo stesso si può osservare per il limite fissato al 2010 (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Da notare inoltre che tutti i massimi registrati sono stati determinati nella prima o nella seconda settimana di campionamento e fanno riferimento ai mesi freddi dell'anno, come già evidenziato per Padova.

Il benzene (Figura 83/b) è sostanzialmente costante in tutte le stazioni mappate e si attesta tra 1,3 e 1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Non ci sono problemi per quanto riguarda i limiti di legge, essendo i dati circa un ordine di grandezza inferiori rispetto alla soglia con i margini di tolleranza per l'anno 2005 e quindi nettamente più bassi del limite fissato come obiettivo per il 2010. I massimi si sono registrati, eccezion fatta per Villadose, tutti nella seconda campagna di campionamento, in analogia con il biossido di azoto. La stazione di Villadose invece raggiunge il massimo nella terza settimana.

L'ozono (Figura 83/c) varia tra valori medi di 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Villadose e i 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di Loreo. Sostanzialmente i livelli sono abbastanza vicini a quelli riscontrati nella Provincia di Padova. Se tuttavia si pone l'attenzione sui valori massimi, si può osservare che nel territorio di Rovigo non si supera mai il valore di 108  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , leggermente più basso di quanto si riscontra invece in media in territorio patavino. Da evidenziare che il periodo di picco si distribuisce in due diverse settimane di campionamento, la quinta e la sesta, entrambe nei mesi estivi.

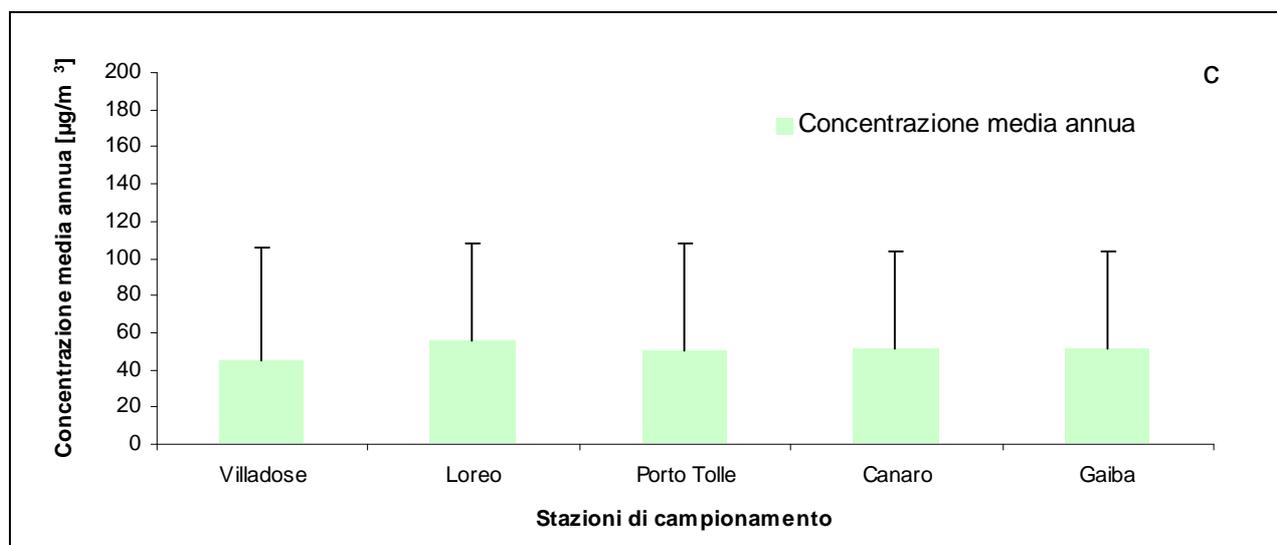
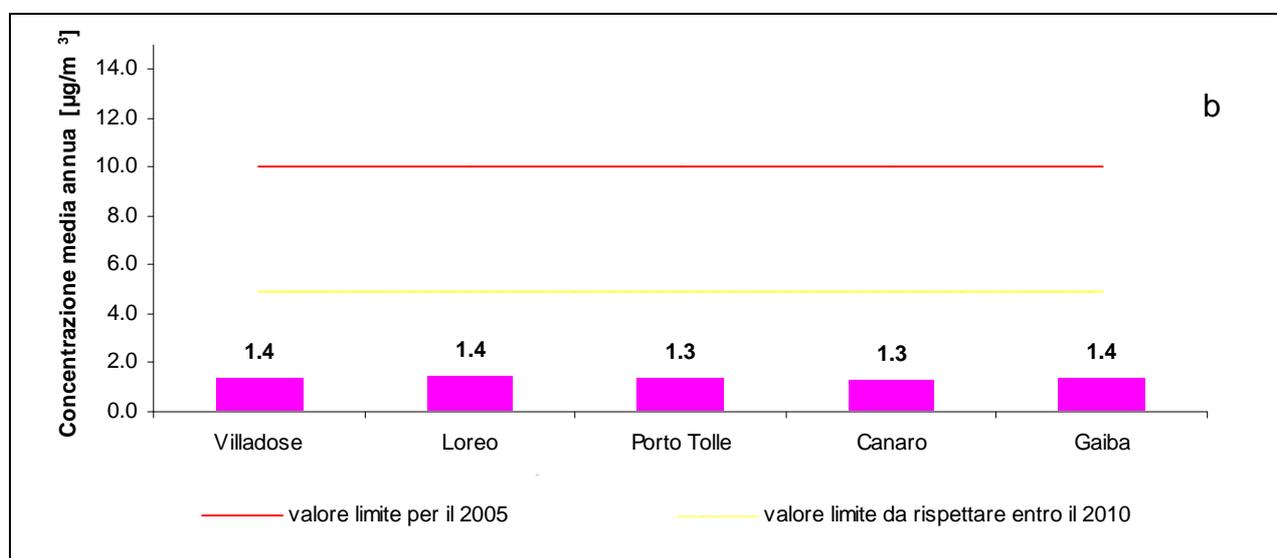
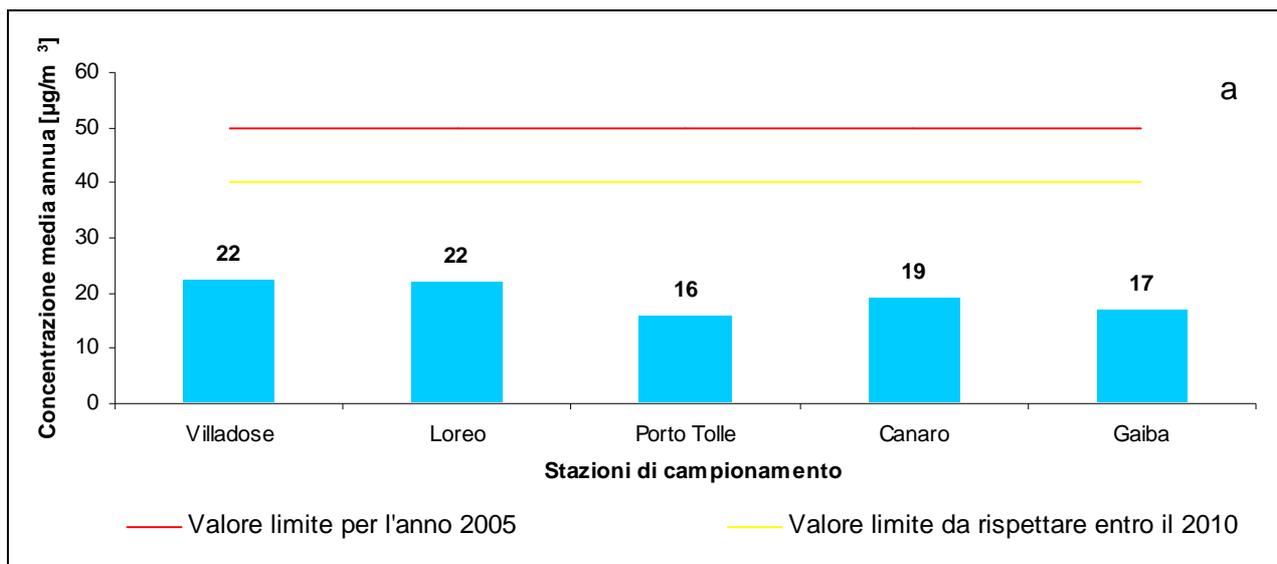


Figura 83 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Rovigo.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

## Treviso

Le stazioni mappate nella Provincia di Treviso sono riportate in Tabella 37 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 37 - Comuni mappati nella Provincia di Treviso con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Altivole	10	37	88	0.1	2.3	5.5	1	62	154
Godega	6	26	55	0.1	2.3	5.8	5	43	92
Mogliano	6	38	61	1.2	2.9	5.8	3	62	134
Ponte di P.	8	28	61	0.1	2.0	4.4	4	74	232
Ponzano	5	36	81	0.1	2.3	6.2	2	46	94
Refrontolo	1	15	52	0.1	1.3	3.4	3	28	67
Roncade	9	29	72	0.1	2.0	5.1	1	39	108
Valdobbiadene	2	19	56	0.1	1.7	3.6	1	73	143

Dal grafico in Figura 84/a, si può vedere chiaramente che la concentrazione media annua di biossido di azoto è generalmente più elevata rispetto ai siti ubicati in altre Province. Eccettuate le stazioni di Refrontolo, ove si ha il valore minimo con 15 µg/m<sup>3</sup> e Valdobbiadene, si osservano dati attorno ai 30 µg/m<sup>3</sup>. La concentrazione più alta (38 µg/m<sup>3</sup>) è stata registrata a Mogliano Veneto. E' bene sottolineare che, sebbene i dati di biossido d'azoto siano nel complesso tra i più alti nelle province venete, non si hanno superamenti del valore limite con margine di tolleranza fissato per il 2005 (50 µg/m<sup>3</sup>). Lo stesso dicasi a proposito del limite per la protezione della salute umana fissato al 2010 (40 µg/m<sup>3</sup>), anche se è opportuno evidenziare che soprattutto Altivole, Mogliano e Ponzano sono molto prossimi a quest'ultima soglia e se ne dovrà tenere conto per i monitoraggi futuri. Importante sottolineare che i massimi assoluti registrati nei Comuni mappati sono stati concentrati non nei mesi invernali ma nella quinta settimana (dal 6 al 13 giugno). Tali dati, validati e controllati, potrebbero far pensare a particolari condizioni congiunte meteo e antropiche che hanno favorito l'innalzamento dei valori di questo analita. E' infine da notare che, al di là del picco estivo piuttosto singolare, contribuiscono a mantenere la media annua piuttosto alta anche i valori delle prime settimane dell'anno, come riscontrato anche in altre province.

Per quanto riguarda il benzene (Figura 84/b) si può osservare che, in analogia con il biossido di azoto, tutte le stazioni, ad eccezione di Refrontolo e Valdobbiadene, superano i 2 µg/m<sup>3</sup>. Il minimo è registrato a Refrontolo (1,3 µg/m<sup>3</sup>) mentre il massimo a Mogliano Veneto (2,9 µg/m<sup>3</sup>). Anche in questo caso ci si trova di fronte a valori medi leggermente più alti rispetto alle altre Province esaminate, ma non sussistono problemi dal punto di vista dei limiti legislativi poiché tutti i valori sono al di sotto della soglia per l'anno 2005 (10 µg/m<sup>3</sup>). Anche per il limite al 2010 i livelli non destano alcuna preoccupazione. Per quanto riguarda il massimo annuo di concentrazione, tutti i Comuni mappati hanno mostrato i picchi durante i mesi più freddi, come tipicamente accade per questo inquinante.

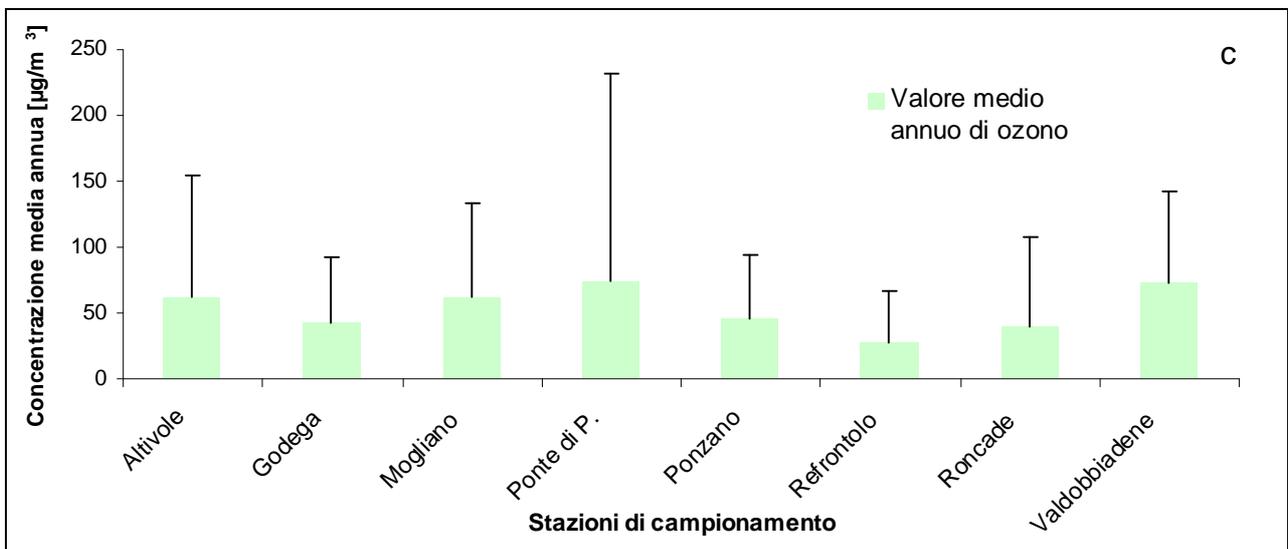
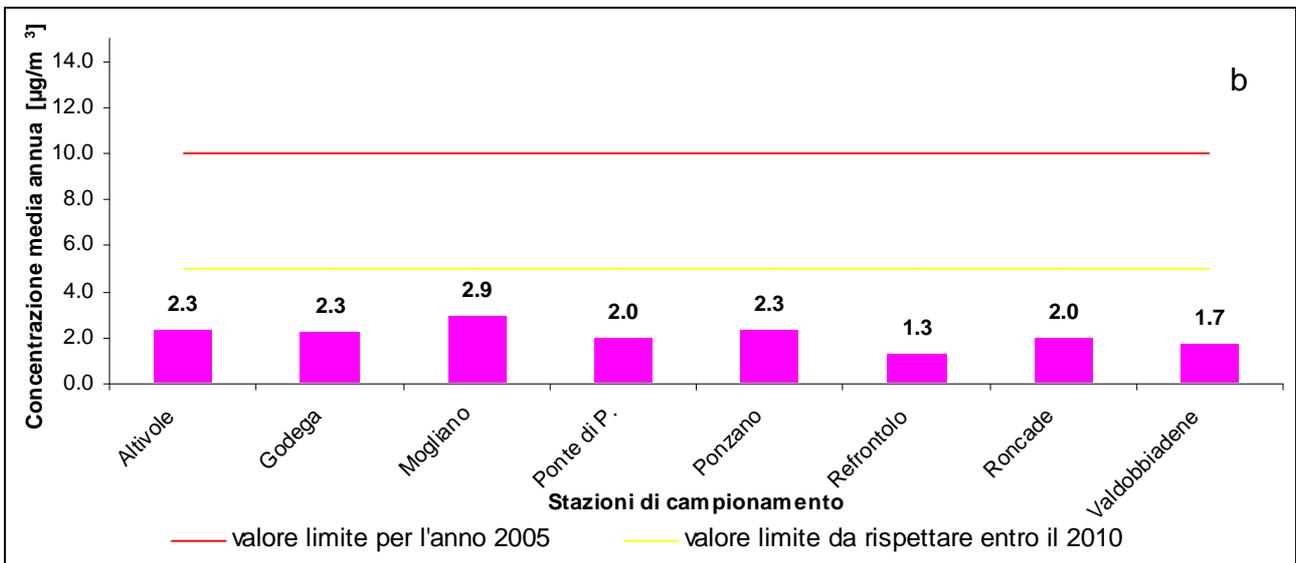
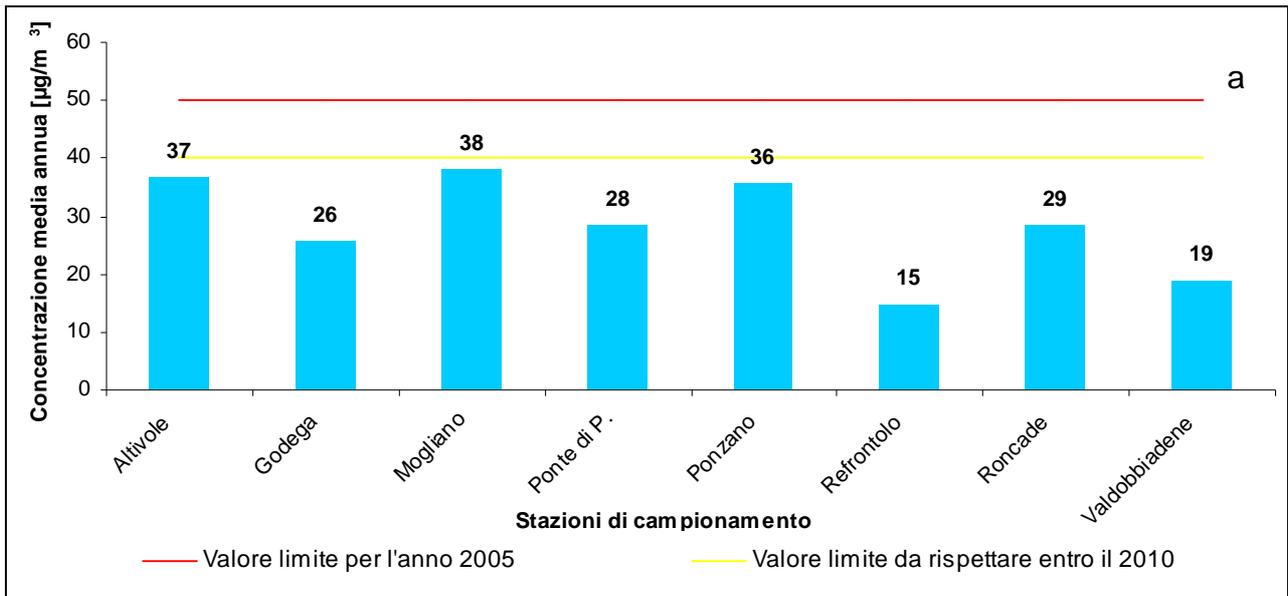


Figura 84 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Treviso.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

La determinazione dell'ozono (Figura 84/c) ha evidenziato, nei valori medi annui, stazioni con concentrazioni più alte di 60 µg/m<sup>3</sup> nella metà dei Comuni mappati. Il valore medio più elevato è stato a Ponte di Piave (74 µg/m<sup>3</sup>) mentre il più basso, così come per gli altri inquinanti, a Refrontolo (28 µg/m<sup>3</sup>).

Tutti i massimi sono stati registrati nella quinta e la sesta settimana di campionamento, tra giugno e fine luglio, con una maggiore percentuale in luglio. Da segnalare un massimo settimanale particolarmente elevato a Ponte di Piave (232 µg/m<sup>3</sup>): poiché tale valore si differenzia nettamente dagli altri è possibile che la zona in questione presenti delle caratteristiche fisiche e legate all'attività antropica, che favoriscono l'accumulo dell'inquinante, in concomitanza con condizioni di stabilità atmosferica ed elevate temperature. E' anche possibile che l'ozono sia stato campionato nell'ambito di poche ore particolarmente critiche e che questo fenomeno abbia poi influenzato il dato settimanale. Certamente è importante approfondire quest'informazione nell'ambito di future mappature del territorio.

## Venezia

Le stazioni mappate nella Provincia di Venezia sono riportate in Tabella 38 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto. Si può osservare che i Comuni di Mira e Portogruaro presentano due siti di mappatura. In particolare è stato scelto in ognuno dei due Comuni un sito che rispettava in modo ottimale le condizioni di cui al paragrafo 3.2.2, mentre l'altro è stato posto in una stazione più vicina a sorgenti di emissione, per verificare l'importanza della collocazione su microscala dei campionatori. Sono state denominate con il numero "1" le stazioni di background, in linea con i criteri di posizionamento, mentre è stato assegnato il numero "2" alle stazioni più vicine a fonti di emissione.

Tabella 38 - Comuni mappati nella Provincia di Venezia con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Mira 1	11	24	58	0.2	2.0	4.4	3	53	121
Mira 2	22	37	93	0.9	2.6	5.6	1	45	102
Portogruaro 1	11	20	35	0.1	1.4	3.6	3	62	124
Portogruaro 2	12	29	47	0.3	1.9	3.8	4	56	116
S. S. Livenza	12	21	35	0.2	1.5	3.6	1	58	129
Jesolo	5	13	25	0.3	1.6	3.3	1	60	136

Il biossido di azoto (Figura 85/a), escludendo le due stazioni di verifica non posizionate in zone di background, fa registrare valori intorno ai 20 µg/m<sup>3</sup>. La concentrazione media più bassa si ha per la stazione di Jesolo con 13 µg/m<sup>3</sup>, mentre proprio le due stazioni più esposte al traffico, "Mira 2" e "Portogruaro 2", fanno registrare i valori massimi, rispettivamente con 37 e 29 µg/m<sup>3</sup>. Tutti i livelli massimi sono stati ottenuti nella terza settimana, tra la fine di febbraio e l'inizio di marzo. Di particolare rilievo la differenza nei picchi per le stazioni hot spot e background di Mira: "Mira 2" nello stesso periodo presenta una concentrazione del 60% più alta del sito di "Mira 1". Per quanto riguarda i limiti di legge non ci sono particolari problemi né rispetto al valore limite con margine di tolleranza fissato per il 2005 (50 µg/m<sup>3</sup>), né rispetto a quello fissato al 2010 (40 µg/m<sup>3</sup>), che tuttavia risulta molto vicino alla concentrazione riscontrata nella stazione di "Mira 2". Il benzene (Figura 85/b) nelle stazioni di background oscilla tra 1,4 µg/m<sup>3</sup> di Portogruaro a 2 µg/m<sup>3</sup> di Mira. Si può osservare che, a confronto con le rispettive stazioni di background, "Mira 2" e "Portogruaro 2" mostrano valori più alti di questo inquinante, caratteristico delle zone con elevato traffico veicolare.

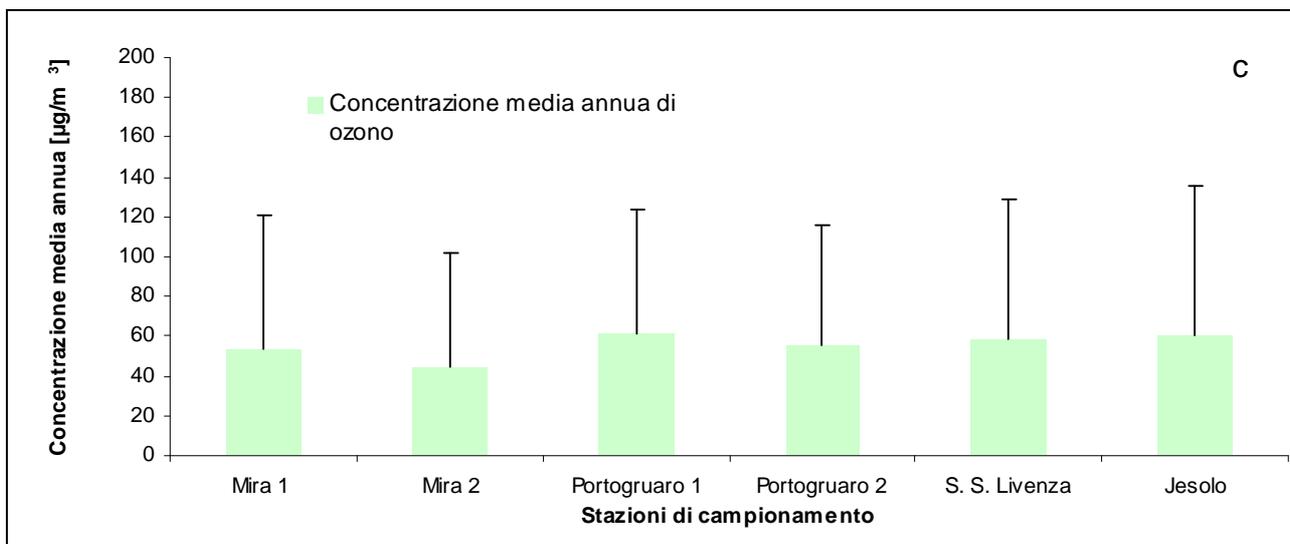
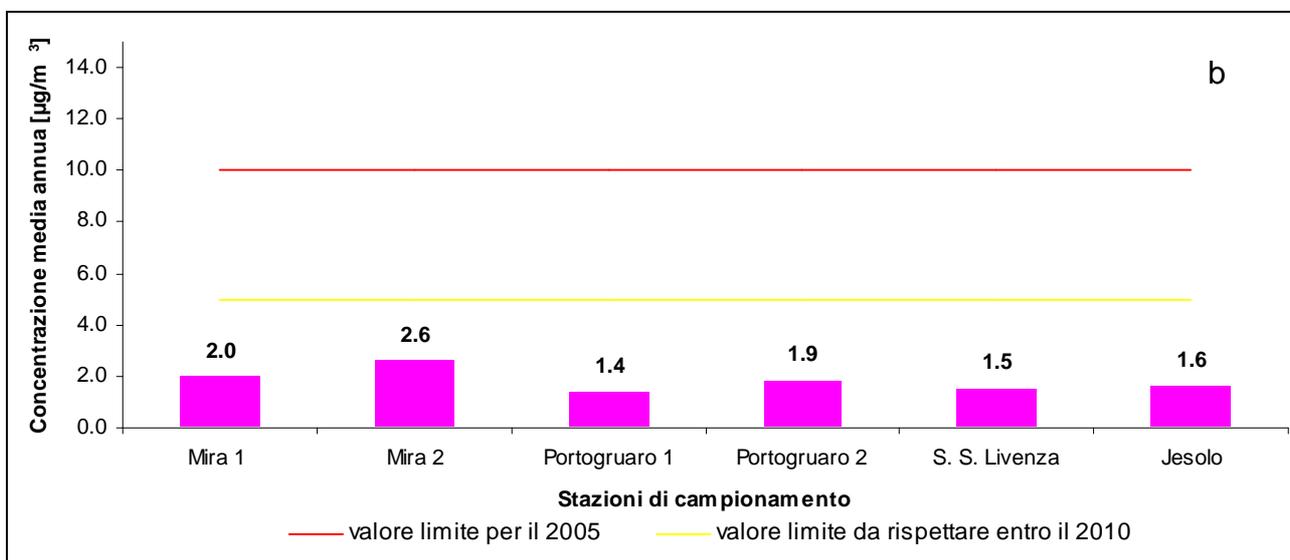
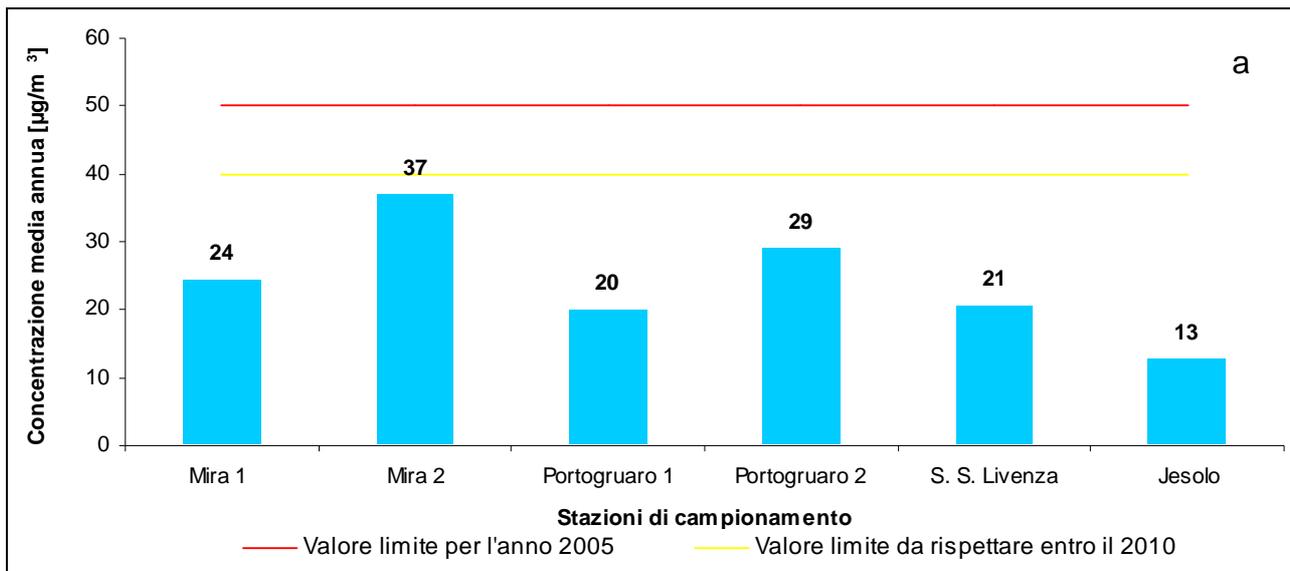


Figura 85 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Venezia.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

In accordo con i valori di biossido di azoto, anche in questo caso la stazione di "Mira 2" risulta essere quella con concentrazione di benzene più elevata. Inoltre i massimi settimanali vengono raggiunti in tutte le stazioni nella seconda settimana di campionamento a gennaio. Rispetto ai limiti di legge non sussistono problemi di superamento, né della soglia con i margini di tolleranza per l'anno 2005 (10 µg/m<sup>3</sup>), né del limite per la protezione della salute umana al 2010.

L'ozono (Figura 85/c) presenta nelle stazioni di background valori che variano dai 53 µg/m<sup>3</sup> di Mira ai 62 µg/m<sup>3</sup> di Portogruaro. E' interessante notare che rispetto alle stazioni hotspot, quelle di background presentano livelli di ozono più alti. Se si considera che il rapporto tra i due siti era invertito per il biossido di azoto, si può ipotizzare che in ambienti di traffico, dove sono presenti composti ossidabili (per esempio monossido di azoto e di carbonio), una parte dell'ozono venga consumato reagendo con tali specie chimiche. Il fenomeno, già evidenziato con altri tipi di campionamento, potrebbe essere approfondito nelle future campagne di mappatura. E' opportuno infine osservare che tutti i valori massimi di ozono sono stati registrati nella quinta settimana di campionamento, svolta nel mese di giugno. I picchi nelle zone di background risultano essere piuttosto omogenei e di intensità simile a quelli riscontrati nella Provincia di Padova (attorno ai 125 µg/m<sup>3</sup>).

## Verona

Le stazioni mappate nella Provincia di Verona sono riportate in Tabella 39 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 39 - Comuni mappati nella Provincia di Verona con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Albaredo d'Adige (Coriano)	4	14	45	0.5	1.8	3.6	7	57	116
Cerea (S.Teresa in Valle)	3	7	12	0.5	1.5	3.6	3	54	113
Roverè Vr.se	1	2	3	0.5	0.5	0.5	44	78	119
Malcesine	12	25	44	0.5	1.1	2.5	41	73	115
Monteforte d'Alpone	5	9	14	0.5	1.5	3.8	12	66	138
Caprino Vr.se	1	5	9	0.5	0.8	1.4	30	75	127
Isola d. Scala (Tarmasia)	4	8	14	0.5	1.6	4.4	8	60	100
Sona (Palazzolo)	2	10	22	0.5	2.5	6.6	10	63	139
Verona (S.Michele)	6	9	12	0.5	1.5	3.3	10	63	135

Il biossido di azoto (Figura 86/a) ha fatto registrare nella Provincia valori mediamente più bassi che nelle altre zone del Veneto. Infatti, i valori medi annui per questo inquinante sono, nella gran parte delle stazioni, inferiori ai 10 µg/m<sup>3</sup>, con un minimo a Roverè Veronese di 2 µg/m<sup>3</sup>. Fa eccezione solo Malcesine, che si stacca nettamente dalle altre stazioni con un valore medio di 25 µg/m<sup>3</sup>. E' bene sottolineare che tale valor medio non è stato influenzato da particolari picchi, ma i valori sono stati costantemente più alti rispetto agli altri Comuni mappati durante tutto l'anno (si vedano per confronto anche i valori minimi). I massimi della maggior parte delle stazioni sono stati registrati durante la seconda e la terza settimana di campionamento, in accordo con quanto già visto per le precedenti Province. E' importante evidenziare che non sussistono problemi con i limiti di legge e tutte le stazioni mappate sono già al di sotto della soglia per la protezione della salute umana al 2010.

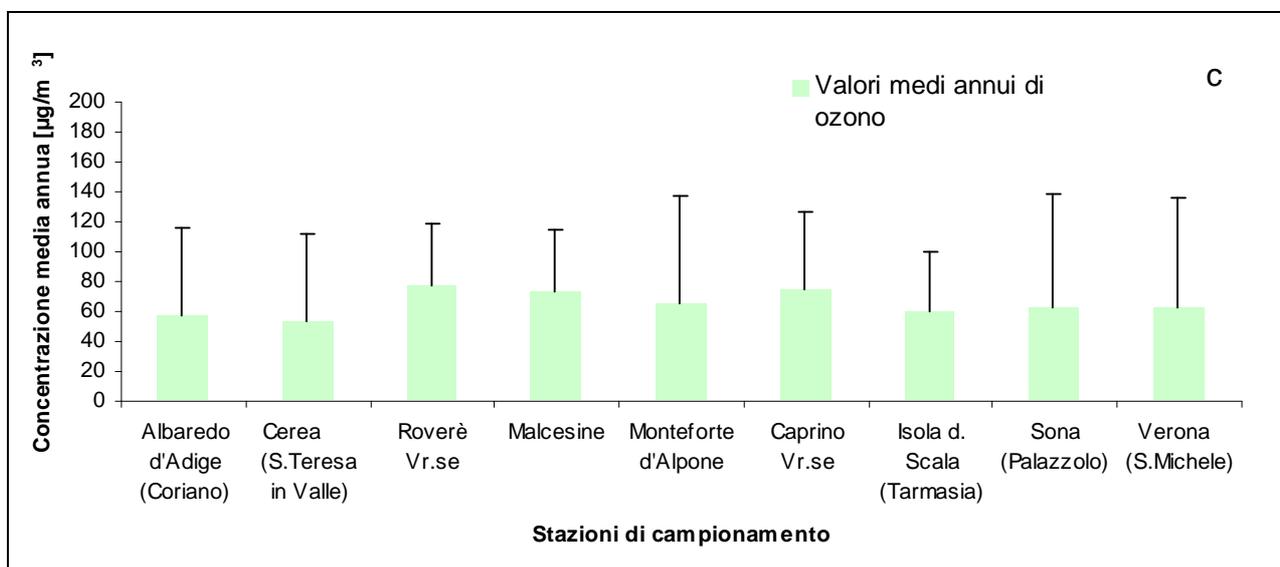
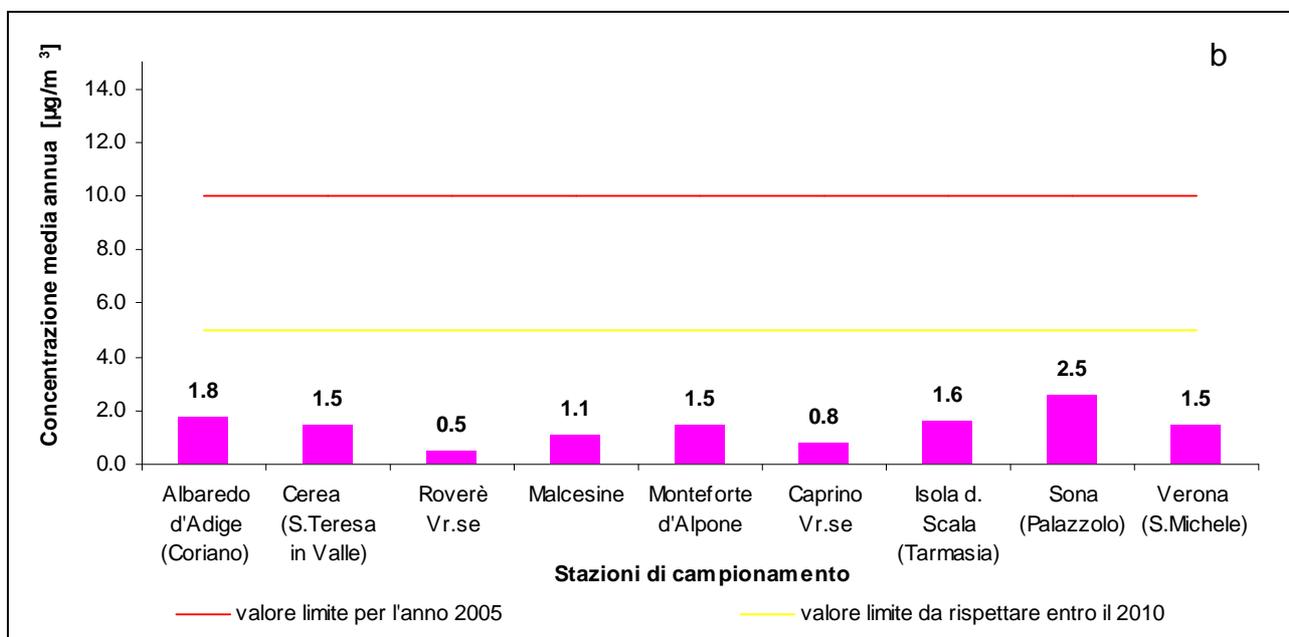
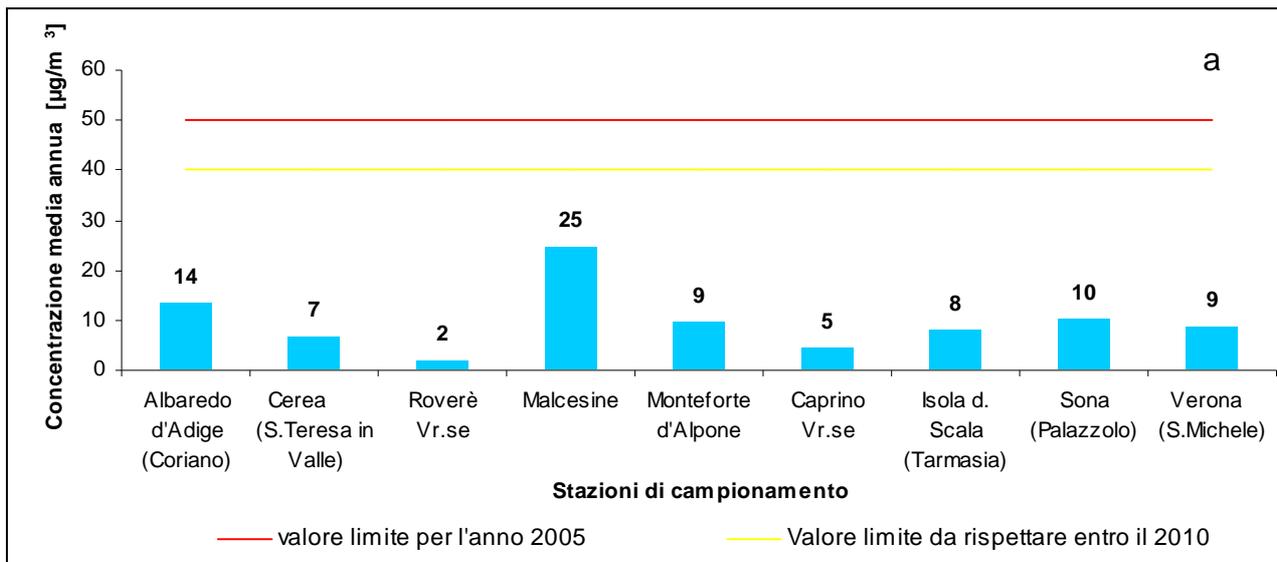


Figura 86 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Verona.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne ;

Il benzene (Figura 86/b) si attesta su valori più bassi di 2 µg/m<sup>3</sup> in tutte le stazioni ad eccezione di Sona, che fa registrare il valore medio annuo più alto con 2,5 µg/m<sup>3</sup>. Da notare anche Roverè e Caprino Veronese, che hanno le concentrazioni meno elevate della provincia, rispettivamente di 0,5 e 0,8 µg/m<sup>3</sup>, in pieno accordo con i tenori bassi di biossido di azoto. I massimi annuali di questo inquinante si hanno nelle prime due settimane di campionamento per tutte le stazioni, nel semestre invernale. Non sussistono problemi con i limiti imposti dalla legge e, così come per il biossido di azoto, tutti i siti sono al di sotto del limite per la protezione della salute umana al 2010.

L'ozono (Figura 86/c) presenta valori medi compresi tra 57 µg/m<sup>3</sup> ad Albaredo d'Adige e 78 µg/m<sup>3</sup> a Roverè Veronese. In media sono livelli leggermente più elevati delle altre Province, soprattutto vedendo per contro le concentrazioni relativamente medio-basse degli altri due inquinanti. E' interessante osservare che Roverè Veronese e Caprino, che hanno i valori più elevati di ozono, presentano concentrazioni medie di benzene e di biossido di azoto minime. In maniera meno netta, si può vedere che nella Provincia di Verona, a valori tendenzialmente bassi di biossido di azoto, corrispondono valori di ozono superiori alla media. I massimi assoluti di ogni stazione sono stati rilevati, in analogia con altre Province venete, nella settimana di fine luglio.

## Vicenza

Le stazioni mappate nella Provincia di Vicenza sono riportate in Tabella 40 con i valori minimi, medi e massimi di concentrazione, riferiti a tutto il periodo di campionamento, per l'ozono, il benzene e il biossido d'azoto.

Tabella 40 - Comuni mappati nella Provincia di Vicenza con valori minimi, medi e massimi su tutto il periodo di campionamento per biossido di azoto, benzene e ozono

Stazione	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]		
	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX	MIN	MEDIA	MAX
Asiago	2	4	7	0.3	0.4	0.4	17	88	157
Cassola	14	26	61	0.4	1.3	2.9	21	67	107
Cismon	0	3	8	0.3	0.4	0.7	48	106	196
Costa Bissara	15	22	34	0.4	1.7	4.0	5	43	109
Lugo	7	15	36	0.4	1.1	2.0	14	65	108
Nogarole	4	8	16	0.4	0.6	0.9	11	85	231
Poiana	11	20	48	0.4	1.2	3.0	3	48	146
Valli	2	5	8	0.4	0.5	1.0	19	89	135
Zovencedo	7	18	38	0.4	0.8	1.5	4	72	201

Il biossido di azoto (Figura 87/a) presenta nella Provincia di Vicenza valori piuttosto disomogei. In particolare si distinguono stazioni con livelli medi particolarmente bassi, come Cismon (3 µg/m<sup>3</sup>), Asiago (4 µg/m<sup>3</sup>), Valli del Pasubio (5 µg/m<sup>3</sup>) e Nogarole (8 µg/m<sup>3</sup>). Altre stazioni, soprattutto Cassola (26 µg/m<sup>3</sup>), Costa Bissara (22 µg/m<sup>3</sup>) e Poiana (20 µg/m<sup>3</sup>), registrano valori uguali o maggiori di 20 µg/m<sup>3</sup>. Di tale diversità si parlerà di seguito, dopo aver passato in rassegna anche gli altri due inquinanti. Come per le altre Province tutti i Comuni mappati presentano valori sotto il limite dei 40 µg/m<sup>3</sup> fissato per il 2010.

Il benzene (Figura 87/b) registra i valori medi annui più bassi ad Asiago e Cismon (0,5 µg/m<sup>3</sup>) e quelli più elevati a Cassola e a Costa Bissara (rispettivamente 1,3 e 1,7 µg/m<sup>3</sup>).

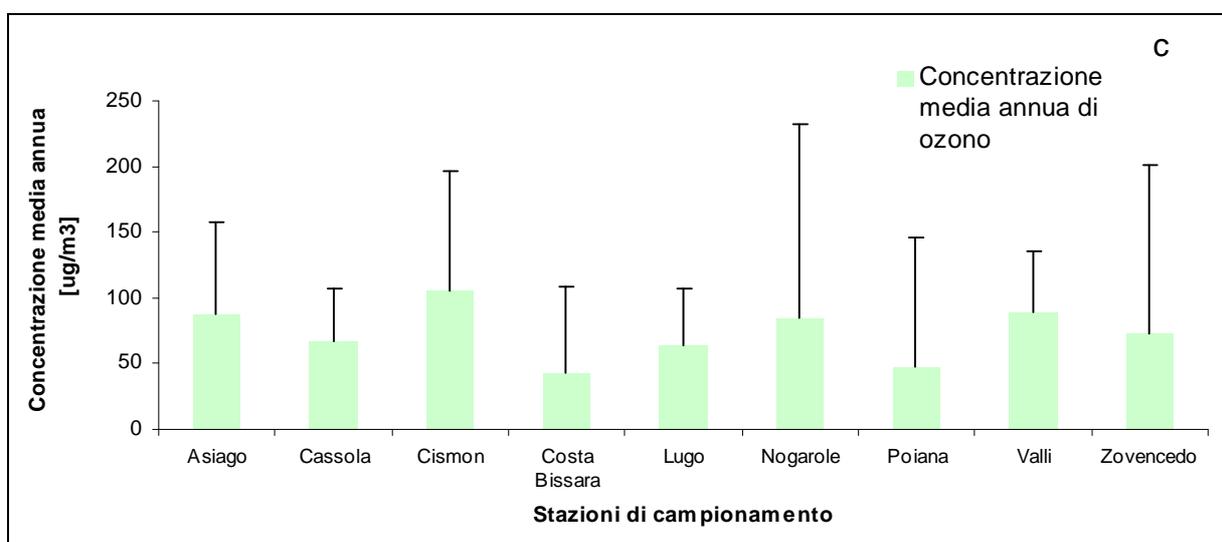
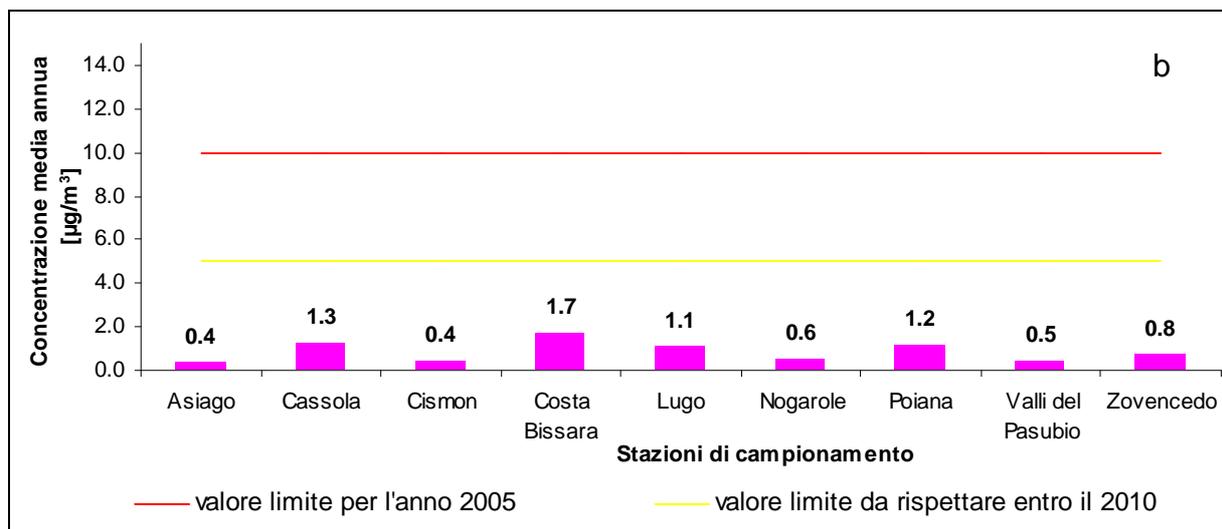
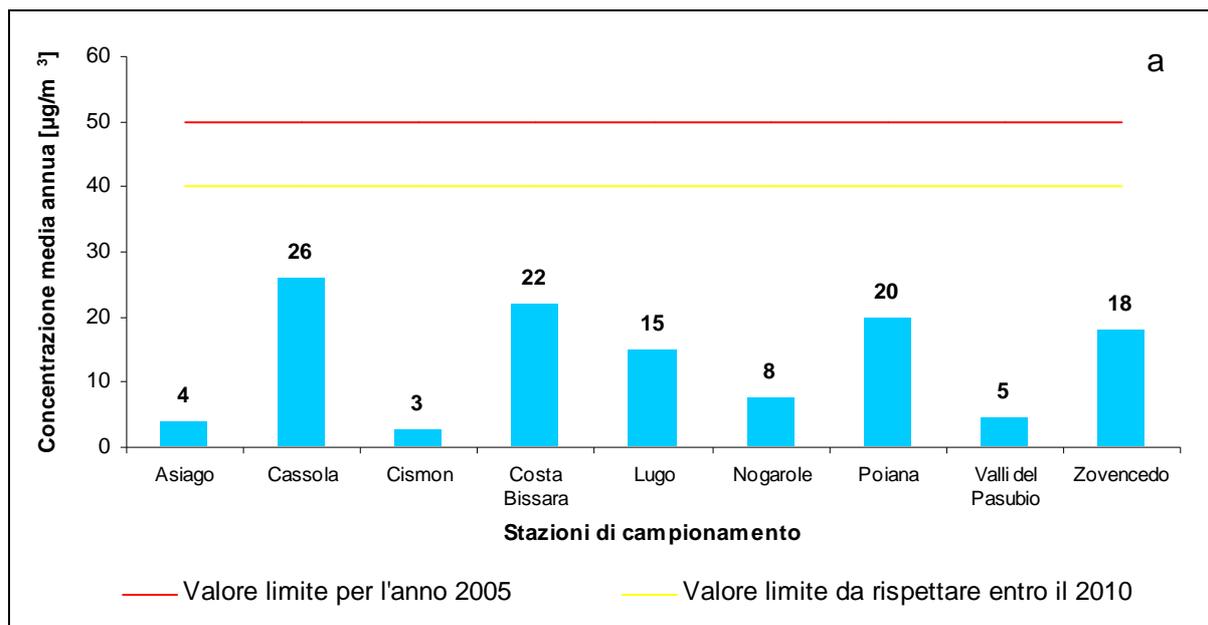


Figura 87 - Concentrazioni medie annue per ogni stazione mappata della Provincia di Vicenza.  
 a) Biossido di azoto; b) Benzene; c) Ozono, le barre indicano il valore massimo raggiunto durante le campagne

Si può osservare, ancora una volta in completa analogia con i tenori di biossido di azoto, che Asiago, Cison, Valli del Pasubio e Nogarole, hanno concentrazioni di benzene molto basse e simili tra loro, così come sono confrontabili i valori più alti per Cassola, Costa Bissara e Poiana. In questa Provincia il benzene presenta i massimi assoluti concentrati nel mese di gennaio, durante la seconda settimana di campionamento. E' importante evidenziare che non sussistono problemi con i limiti di legge e tutte le stazioni mappate sono già al di sotto del limite per la protezione della salute umana al 2010.

L'analisi dei valori di ozono (Figura 87/c) mette in evidenza differenze non trascurabili tra le stazioni. Risultano più elevati i valori di Cison (106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Valli (89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Asiago (88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Nogarole (85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mentre le più basse concentrazioni si hanno a Costa Bissara (43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Poiana (48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In generale si può dire che questa Provincia presenta i valori medi annui più alti di ozono a livello regionale.

E' importante sottolineare la correlazione inversa tra biossido di azoto e ozono già riscontrata per il territorio scaligero. Anche per la Provincia di Vicenza, ad alti tenori di biossido di azoto, corrispondono in genere concentrazioni sotto la media di ozono (si veda Costa Bissara e Poiana). Al contrario in Comuni dove i tenori di biossido di azoto sono relativamente bassi, l'ozono rimane sopra la media. E' possibile ipotizzare, tra gli altri processi ambientali, quello in cui il monossido di azoto, di origine antropica, "consuma" parte dell'ozono troposferico per trasformarsi in biossido di azoto. La Provincia di Vicenza si presta bene all'osservazione di questo processo chimico in relazione ad un altro parametro importante per il monitoraggio della qualità dell'aria: l'altitudine. Se si analizza la posizione dei Comuni vicentini visualizzando le curve di livello altimetrico (Figura 88), si può osservare che i siti a basso tenore di biossido di azoto (Asiago, Valli del Pasubio, Nogarole, Cison) sono ubicati in zone collinari o montane. In particolare per questi Comuni, i luoghi scelti per il campionamento (evidenziati in colore nero nella mappa che segue) sono situati a quote elevate in un territorio con importanti dislivelli (si veda per esempio Asiago).

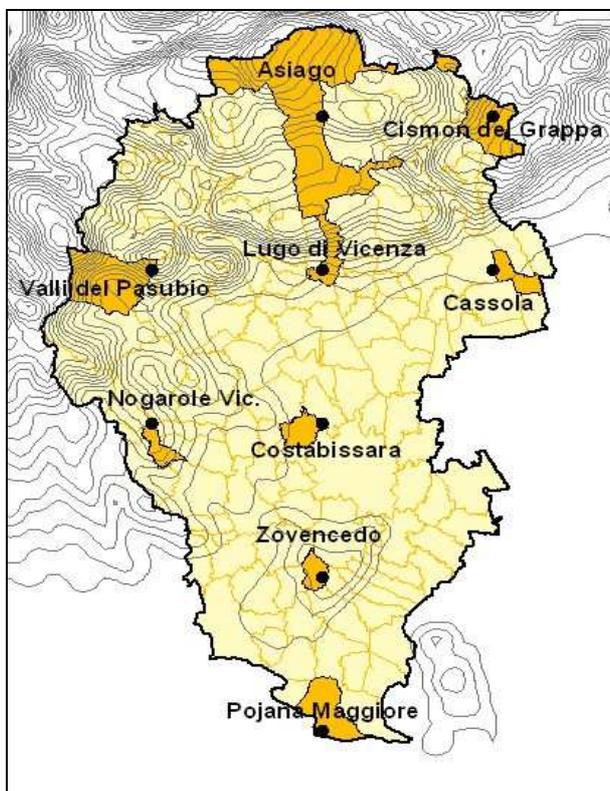


Figura 88 - Comuni mappati nella Provincia di Vicenza (in arancione) e stazione di campionamento (in nero) confrontati alle curve di livello altimetrico (in grigio)

Per contro i Comuni di Costa Bissara, Cassola e Poiana situati in pianura o nella pedemontana, a quote inferiori ai 200 metri, sono quelli che presentano le concentrazioni medie di biossido di azoto più elevate e livelli di ozono inferiori alla media provinciale. Molto interessante anche la stazione di Zovencedo, posizionata alla sommità di un colle (quasi 400 metri), circondato dalla pianura dove si colloca l'abitato di Vicenza. I valori medi annui di biossido di azoto sono più elevati di quelli dei Comuni collinari e montani, mentre l'ozono non scende sotto la media come per le stazioni di pianura. Si è probabilmente di fronte ad un Comune con caratteristiche collinari, ma che risente ancora dell'influenza della vasta pianura veneta. Anche Lugo di Vicenza, in accordo con la posizione geografica, presenta caratteristiche intermedie tra la zona pianiziale e l'area collinare e montana.

Dopo aver illustrato i risultati delle singole province venete, si cercherà di dare un'informazione di insieme, un confronto fra tutte le stazioni mappate con i Radielli® su scala regionale, osservando contemporaneamente i tre inquinanti. E' importante capire se esistono tra tutti i Comuni mappati delle somiglianze, quand'anche dei veri e propri raggruppamenti, esulando dai confini provinciali e politici. A tale scopo è stata scelta una metodologia di analisi multivariata, nello specifico l'analisi delle componenti principali. Questa tecnica ha come fine il riconoscimento di possibili strutture, analogie, somiglianze tra gli oggetti (le stazioni di campionamento), che sono caratterizzati da informazioni composite (i tre differenti inquinanti). Nell'analisi delle componenti principali (PCA), le variabili che descrivono gli oggetti vengono trasformate in nuove variabili, le componenti principali appunto, che sono combinazioni lineari delle variabili originali e sono ortogonali tra loro. In questa maniera è possibile ridurre la dimensionalità dei dati (cioè il numero di variabili originali) con una approssimazione controllata e quantificabile, permettendo di visualizzare in maniera sintetica le stazioni e le loro caratteristiche. Nel contempo è possibile valutare il grado di correlazione tra le variabili originali e la loro rilevanza nella descrizione dei dati.

Per l'analisi sono stati utilizzati gli stessi dati riportati in precedenza per ogni Provincia, cioè i valori medi di ogni analita sulle 8 settimane. In primo luogo è stato necessario normalizzare tutti i dati poiché, per le caratteristiche proprie di ogni molecola analizzata, la varianza nelle concentrazioni è generalmente diversa. Si pensi ai valori di ozono che oscillano nei campionamenti dalle poche unità alle centinaia di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , al benzene che invece varia tra i decimi di unità e pochi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per ottenere una rappresentazione multivariata corretta è necessario dare ad ogni variabile lo stesso peso iniziale. Una volta ottenuta la matrice di dati normalizzati è stata avviata l'analisi delle componenti principali.

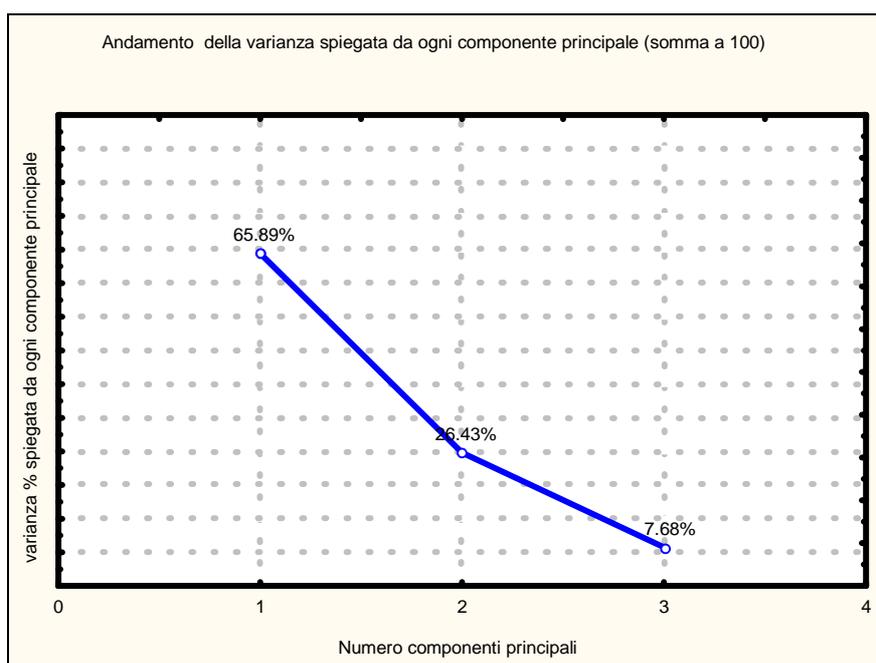


Figura 89 - Varianza percentuale spiegata da ogni componente principale

In Figura 89 è possibile osservare la varianza percentuale spiegata da ogni componente principale estratta, che dà l'idea della quantità di informazione portata dalle singole componenti principali. Si può osservare che la trasformazione delle variabili originarie fornisce una buona descrizione del set di dati con due sole componenti principali (93,22% della varianza totale) e che la prima componente principale fornisce il 65,89% dell'informazione. E' stato quindi scelto un sistema PCA bivariato per plottare i dati della campagna con i campionatori passivi. Prima di osservare la vicinanza e quindi la somiglianza delle diverse stazioni del diagramma è importante visualizzare la differenza di informazione legata alle 3 variabili originali nello spazio delle componenti principali.

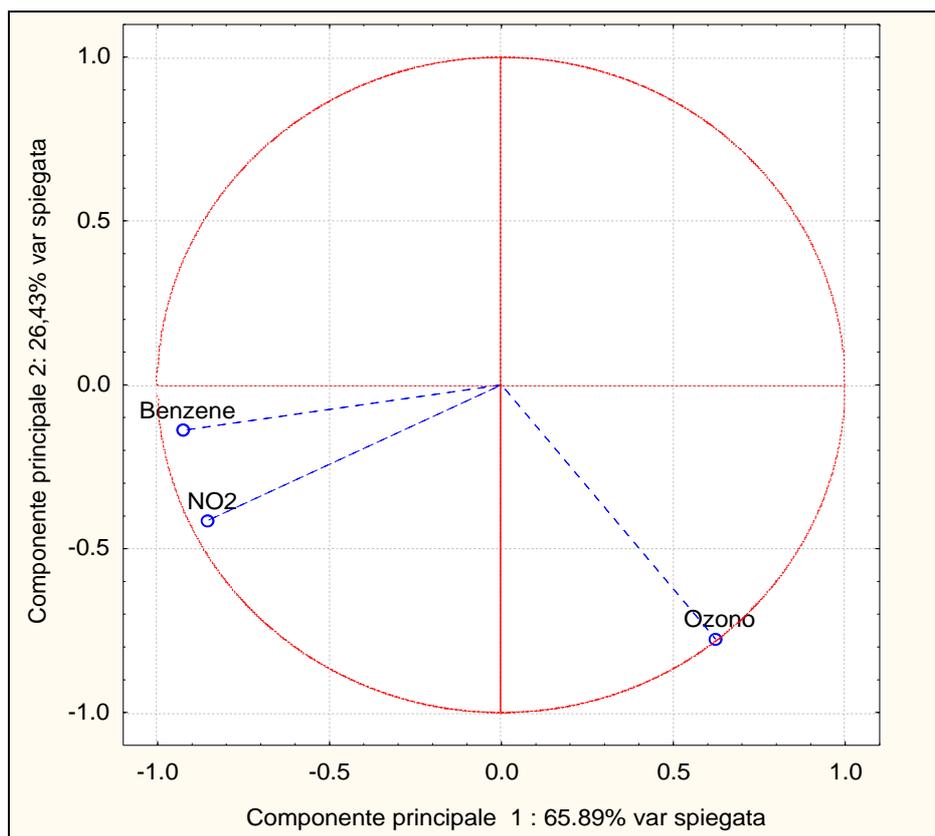


Figura 90 - Proiezioni delle variabili originali nello spazio delle componenti principali. L'asse x rappresenta la prima componente principale, la y la seconda

Osservando il diagramma (Figura 90) si può notare come l'ozono porti un contributo molto diverso nel differenziare le stazioni rispetto al biossido di azoto e al benzene. Questi ultimi, invece, sono molto più vicini, segno che la capacità reciproca di differenziare i campioni è più limitata, ossia che l'informazione che essi "portano" è piuttosto simile. Questo viene evidenziato maggiormente se si considera solo la prima componente principale, proiettando i 3 punti sull'asse delle ascisse. Benzene e biossido di carbonio sono praticamente coincidenti e vengono quindi distinti solo dalla seconda componente principale, cioè dal movimento lungo l'asse delle ordinate. Osservando la posizione delle variabili originali nel diagramma è possibile avere anche informazioni sugli oggetti che saranno poi plottati nello spazio delle componenti principali. Infatti le stazioni che si collocheranno nel 4° quadrante (+;-), saranno quelle con un tenore di ozono più alto della media e con concentrazioni degli altri due inquinanti relativamente più basse dei valori medi regionali. Viceversa le stazioni plottate nella parte più alta del 3° quadrante (-;-), saranno quelle con concentrazioni alte di biossido di azoto e benzene, ma con valori bassi di ozono. Attorno all'origine si trovano i Comuni che presentano concentrazioni attorno alla media regionale per tutti i tre inquinanti: in altre parole questi punti non hanno uno specifico analita che "influenza" in maniera preponderante la posizione della stazione. Salendo approssimativamente nella direzione del semiasse positivo delle ordinate, si troveranno stazioni con i tre inquinanti sotto la media regionale. La Figura 91 riporta la posizione delle

stazioni nello spazio delle componenti principali; la Figura 92 è un ingrandimento della zona in prossimità dell'origine dello stesso diagramma, e permette di individuare meglio stazioni molto vicine tra loro. E' importante innanzitutto osservare che i punti sono distribuiti su buona parte dello spazio del diagramma. Tenendo conto contemporaneamente delle tre variabili originarie, la mappatura con campionatori passivi ha quindi mostrato delle differenze importanti a scala regionale. Nello stesso tempo si deve notare che esiste una concentrazione più abbondante dei punti attorno all'origine. Osservando solo la posizione delle varie stazioni nel diagramma possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- le stazioni in provincia di Belluno sono piuttosto ben raggruppate nella parte alta del grafico attorno all'asse delle ordinate. L'unico *outlier* è Cortina, spostato nel 1°quadrante verso l'asse delle x (2;0.5);
- le stazioni in provincia di Padova, sono tra loro abbastanza differenti. Dalle stazioni di Arquà Petrarca, Vescovana e Masi, poste lungo il semiasse positivo delle ordinate, simili in qualche modo alle stazioni di Rovigo, si scende verso il semiasse negativo delle ascisse con un insieme di Comuni ben raggruppati (Camposampiero, Grantorto, Codevigo e Veggiano), fino alla stazione di Vigonza, posta nettamente nel 3°quadrante;
- le stazioni in provincia di Rovigo sono generalmente posizionate poco al di sopra dell'intersezione degli assi. Unica eccezione è Loreo, al di sotto dell'origine lungo il semiasse negativo delle ordinate;
- la maggior parte delle stazioni di Treviso è posizionata nel 3° quadrante. Si nota la somiglianza tra Godega di S.Urbano e Roncade, quasi sovrapposte sopra il semiasse negativo delle ascisse, ma soprattutto la posizione nettamente staccata di Refrontolo, che è ubicata nel gruppo delle stazioni bellunesi;
- la provincia di Venezia presenta stazioni che spaziano dall'origine verso il 3° quadrante; si passa da Jesolo e S. Stino di Livenza, posizionati attorno all'intersezione degli assi, fino a "Mira 2", notevolmente spostata sulla sinistra del diagramma (-3;-0.5);
- per la provincia di Verona si distingue un insieme di stazioni nel 1°quadrante che comprende la maggior parte dei Comuni. Da segnalare Caprino e Roverè Veronese, più spostati nella parte destra del diagramma e soprattutto Malcesine, posizionata nel 4° quadrante (-1.2;0.5), che si differenzia molto da tutti i Comuni della provincia;
- la provincia di Vicenza presenta stazioni che spaziano molto orizzontalmente, denotando una diversità tra i Comuni piuttosto marcata. In particolare si va da valori sull'asse delle ascisse di +3.6 per Cismon fino al -0.5 per Costa Bissara.

Dopo aver descritto il diagramma dal punto di vista geometrico è possibile cercare un confronto di tipo qualitativo, descrivendo le caratteristiche principali e ricordando che le informazioni ottenute con questo metodo tengono conto contemporaneamente del "peso" dei tre inquinanti. Per avere un riferimento in Tabella 41 vengono riportati i range di variazione mediati su tutti i Comuni nell'ambito del monitoraggio con campionatori passivi.

Tabella 41 - Range di variazione dei parametri analizzati con i campionatori passivi in tutto il Veneto

	<b>Benzene</b>	<b>Bioss. Azoto</b>	<b>Ozono</b>
	[µg/m <sup>3</sup> ]		
MINIMO	0.4	2	27
MEDIA	1.5	17	56
MASSIMO	2.9	38	106

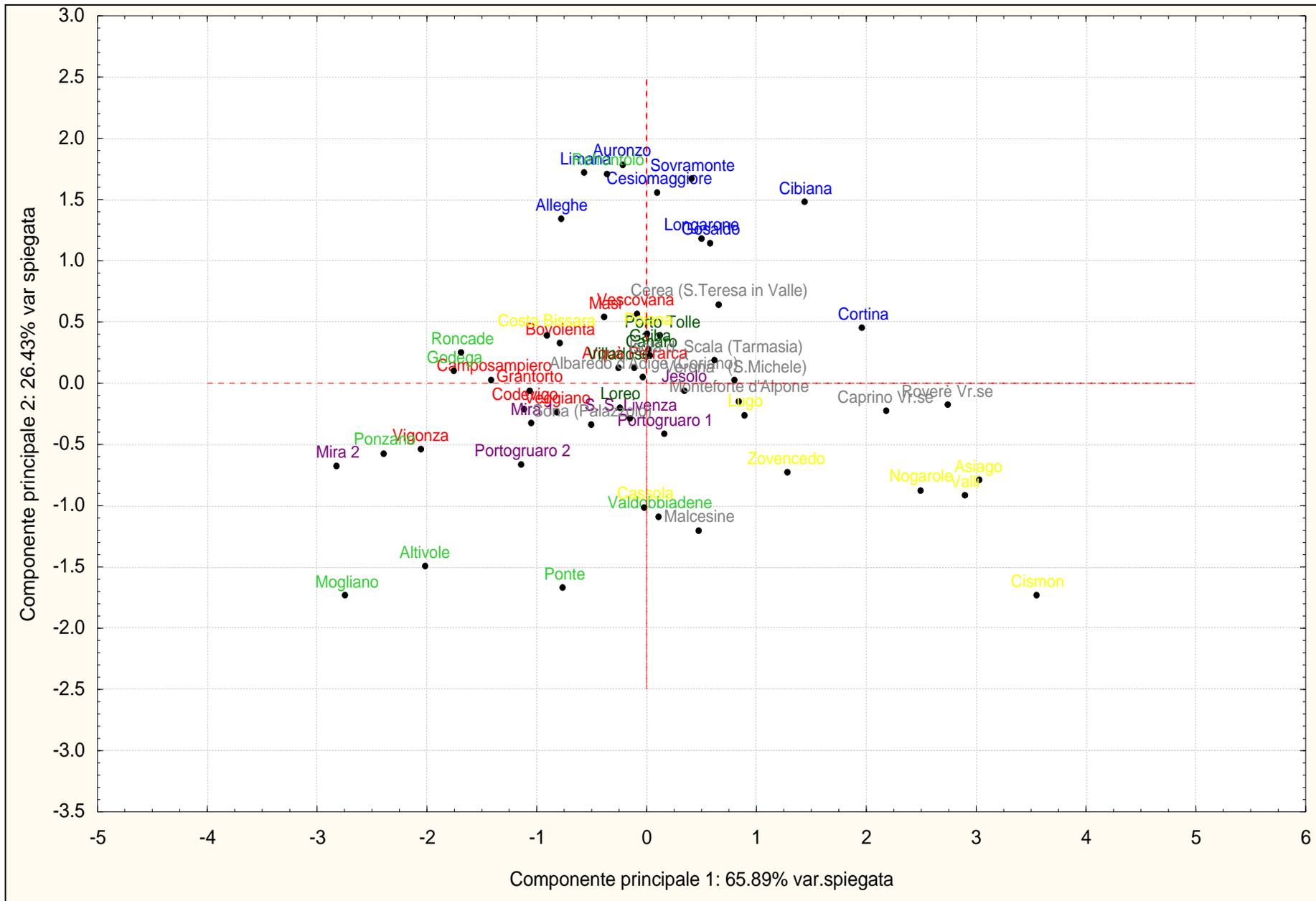


Figura 91 - Proiezione delle stazioni monitorate con i campionatori passivi nello spazio delle componenti principali

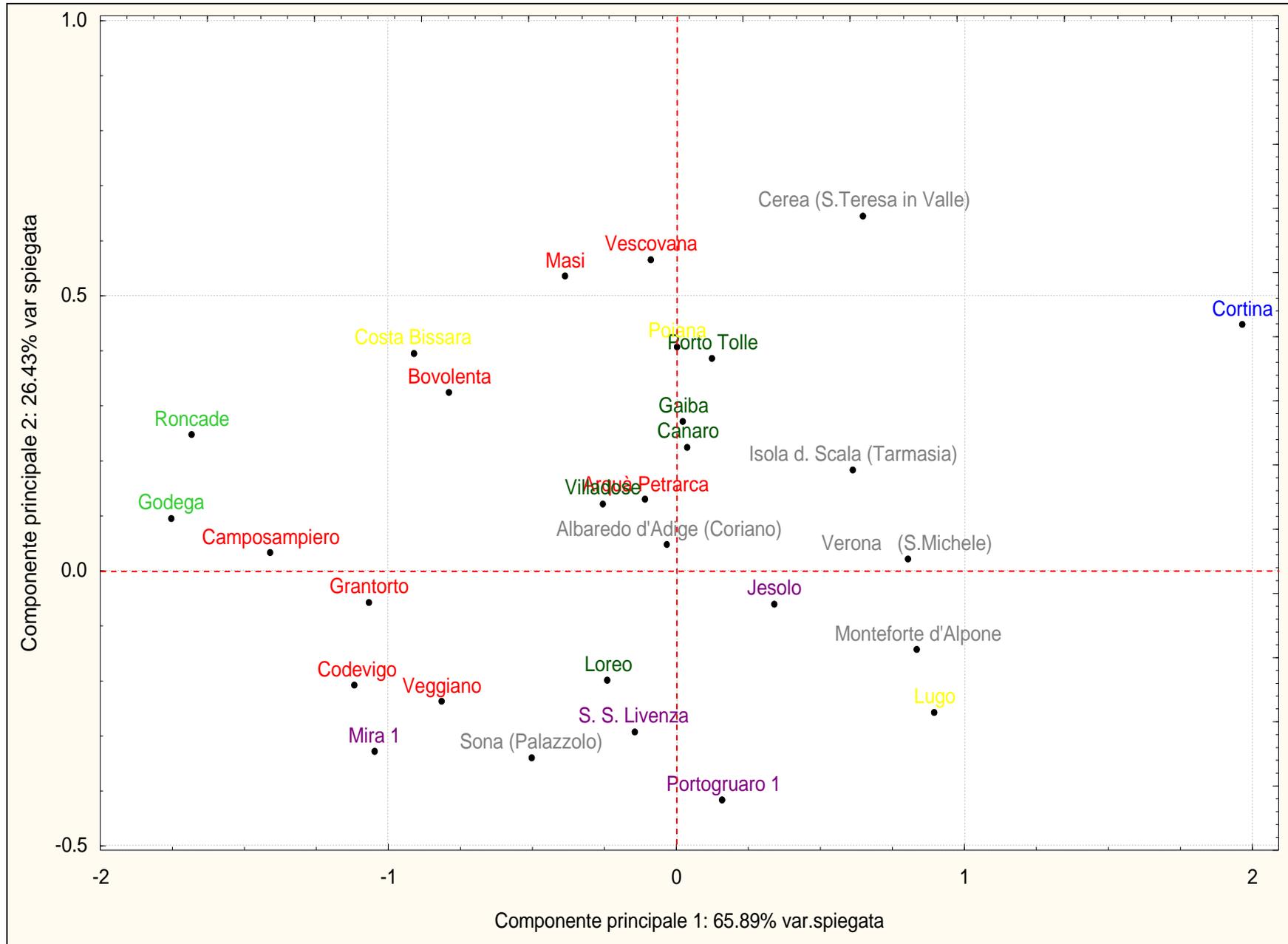


Figura 92 - Proiezione delle stazioni monitorate con i campionatori passivi nello spazio delle componenti principali. Ingrandimento della zona centrale

Dopo aver ribadito che dalle analisi effettuate con i campionatori passivi non sono emerse concentrazioni superiori ai limiti di legge, è comunque importante evidenziare, grazie all'approccio multivariato, quali siano le caratteristiche principali delle differenti aree del Veneto che emergono dal monitoraggio.

In primo luogo si può osservare che i Comuni bellunesi presentano rispetto alla media complessiva veneta concentrazioni generalmente più basse per tutti i tre inquinanti e risultano chiaramente distinguibili in colore blu nella parte alta del diagramma. Cortina è staccata dal gruppo essenzialmente perché, mantenendo valori sotto la media di biossido di azoto e benzene, ha fatto registrare una concentrazione più alta di ozono rispetto agli altri Comuni della provincia.

Tra i Comuni del padovano (in colore rosso) si possono distinguere Arquà Petrarca, Masi, Vescovana con valori dei tre analiti intorno al valor medio, simili alle stazioni di Rovigo, mentre è ben visibile un altro gruppo (Camposampiero, Grantorto, Codevigo, Veggiano) che si caratterizza per i valori leggermente sopra la media di benzene e biossido di azoto. Vigonza è la stazione che si evidenzia di più per i valori sopra la media di benzene e biossido di azoto ed ha caratteristiche intermedie tra le due stazioni di Mira: da notare che questi due Comuni sono geograficamente piuttosto vicini.

Per il territorio veneziano (in colore viola) risultano abbastanza simili le stazioni di Jesolo, "Portogruaro 1" e S. Stino di Livenza con valori intorno alla media per i tre inquinanti. "Mira 1", la stazione di background del Comune, presenta valori sopra la media di benzene e biossido di azoto. E' interessante osservare come le due stazioni di test hot-spot "Mira 2" e "Portogruaro 2" siano più spostate verso l'asse negativo delle ascisse, mostrando valori di benzene e biossido di azoto più alti delle rispettive stazioni di background.

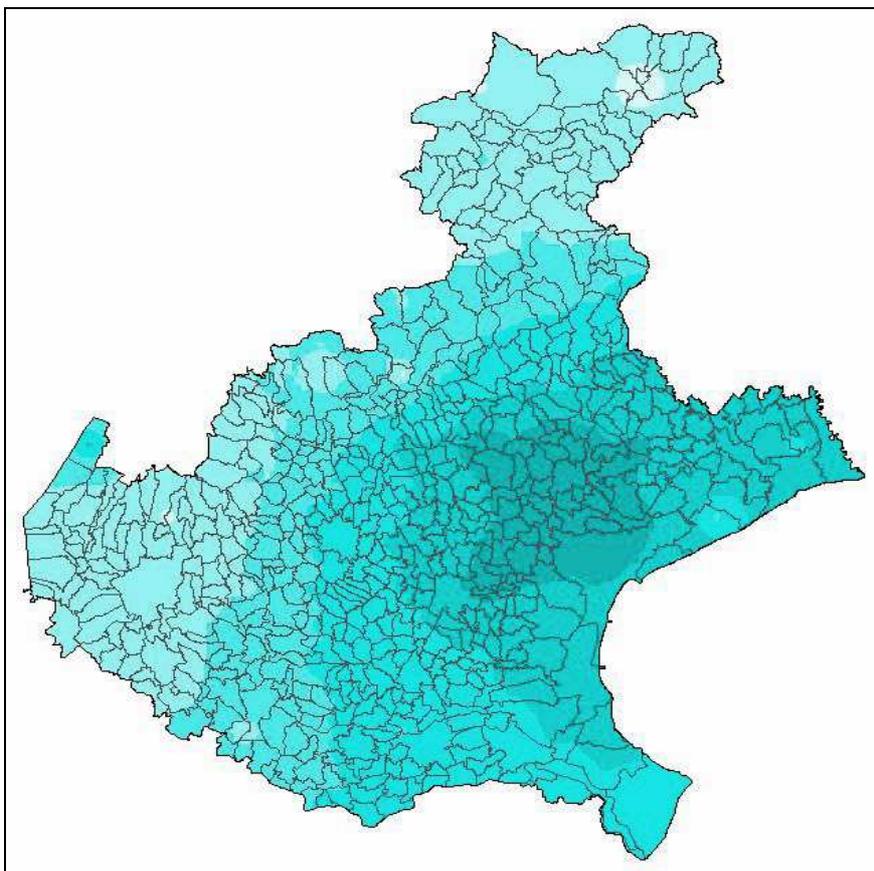
La provincia di Rovigo (in colore verde scuro) presenta stazioni abbastanza simili e raggruppate tra loro, caratterizzate da valori medi per tutti gli inquinanti.

I Comuni trevigiani (in colore verde chiaro) sono caratterizzati soprattutto da concentrazioni sopra la media di biossido di azoto e in parte di benzene, mentre l'ozono generalmente è nella media. Il biossido di azoto assume concentrazioni più elevate a Ponzano ( $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Altivole ( $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e soprattutto a Mogliano. Quest'ultimo Comune ha fatto registrare ben due massimi nel Veneto, sia per il biossido di azoto ( $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sia per il benzene ( $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Anche Godega di S. Urbano e Roncade presentano le stesse caratteristiche dei precedenti ma con minori tenori di biossido di azoto e ozono. Da segnalare due eccezioni: Valdobbiadene, con concentrazioni più basse di biossido di azoto e benzene a dispetto dell'alto valore di ozono ( $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e Refrontolo, che rispetto alle stazioni della stessa provincia presenta i valori minimi per tutti i tre analiti ed è molto simile alle stazioni bellunesi.

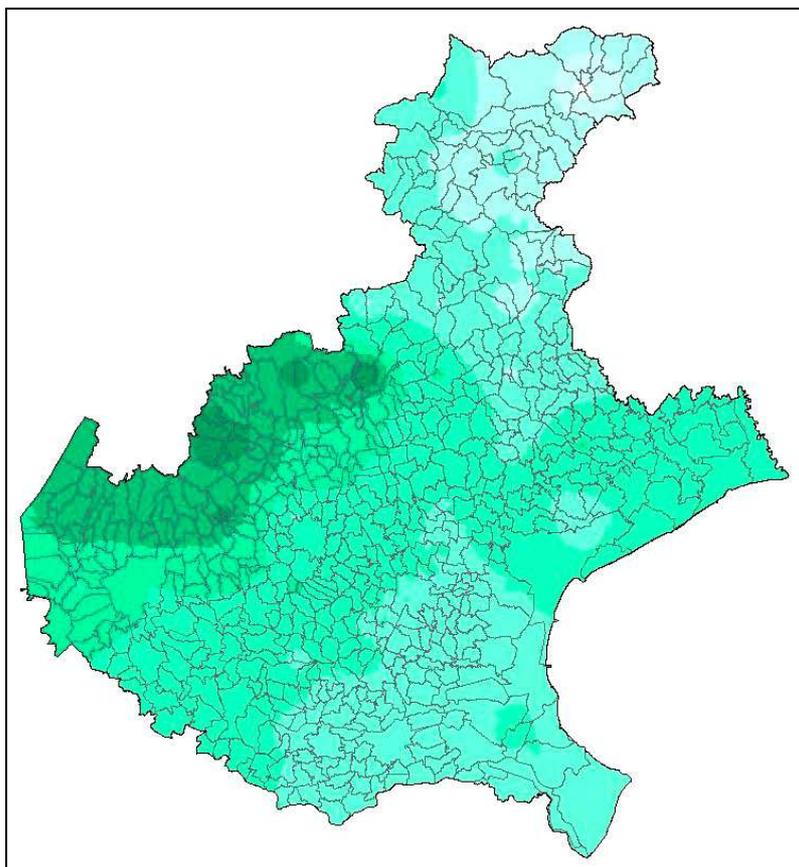
Osservando il Veneto occidentale, si può notare che la provincia di Verona (in colore grigio) presenta la maggior parte delle stazioni raggruppate nel primo quadrante, caratterizzate da valori di benzene intorno al valor medio, bassi tenori di biossido di azoto e livelli di ozono più alti della media, che raggiungono i massimi a Caprino Veronese ( $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e a Roverè ( $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Malcesine, può essere visto come un *outlier* e si caratterizza oltre che per un'elevata concentrazione di ozono anche per un tenore di biossido di azoto sopra la media ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Anche Sona si distingue nella provincia per le elevate concentrazioni di benzene ( $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La provincia di Vicenza (in colore giallo) presenta una variabilità piuttosto marcata delle stazioni, come già accennato in precedenza. Da un lato Cison, Asiago, Valli del Pasubio e Nogarole, i siti in quota, caratterizzati tutti da tenori di ozono sopra la media (da  $88$  a  $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Dall'altro lato Costa Bissara, Poiana e Cassola, in pianura, che si distinguono per valori relativamente più alti di biossido d'azoto, confrontabili con la media riscontrata nelle province di pianura (Padova, Rovigo). Zovencedo e Lugo, pur non raggiungendo i valori elevati delle precedenti stazioni, presentano concentrazioni sopra la media sia per l'ozono che per il biossido di azoto, mentre il benzene risulta sotto la media in tutta la provincia.

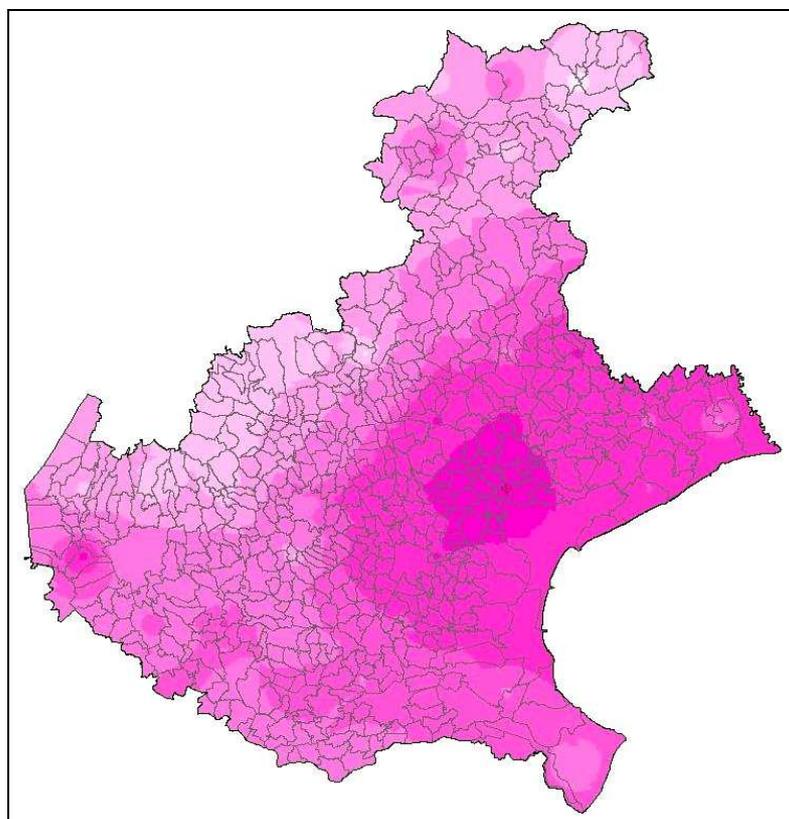
Di seguito vengono riportate le mappe, create per ogni singolo inquinante, che interpolano i risultati delle campagne effettuate con i campionatori passivi nei Comuni interessati. Attraverso l'intensità del colore le immagini danno un'idea immediata sulle concentrazioni degli inquinanti, fornendo una stima per la situazione complessiva nella Regione Veneto. Si consideri che tali carte tematiche sono state realizzate esaminando zone di background, ma l'informazione che se ne può trarre, in pieno accordo con il risultato dell'analisi multivariata, è utile per capire, in prima approssimazione, la situazione di fondo del territorio regionale, obiettivo fondamentale del progetto di mappatura aree remote.



*Figura 93 - Mappa di concentrazione media di biossido di azoto realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi*



*Figura 94 - Mappa di concentrazione media di ozono realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi*



*Figura 95 - Mappa di concentrazione media di benzene realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi*

### 3.3 Stazioni rilocabili

Le stazioni rilocabili sono costituite da mezzi che, per la strumentazione di cui sono forniti, possono essere equiparati alle centraline fisse e possono essere agilmente spostate sul territorio (Figura 96); sin dalla creazione di ARPAV sono state utilizzate per diversi scopi:

- effettuare campionamenti dell'aria per particolari episodi legati a problematiche ambientali, anche su richiesta di enti pubblici o di privati cittadini;
- monitorare *in situ* la qualità dell'aria durante la realizzazione di progetti in relazione a studi di impatto ambientale;
- ottenere informazioni necessarie alla progettazione e al posizionamento di nuove centraline fisse;
- mappare zone del territorio ove siano stati fatti monitoraggi della qualità dell'aria, o comunque siano disponibili per il sito informazioni incomplete o desuete, che necessitano di ulteriori approfondimenti con tecniche e strumenti all'avanguardia.



*Figura 96 - Stazione rilocabile posizionata in un cantiere per il monitoraggio della qualità dell'aria durante la realizzazione di un'infrastruttura*

Nell'ambito del progetto DOCUP dal 2004 al 2006 è stato implementato l'utilizzo delle stazioni rilocabili per la mappatura delle aree remote. Tale scelta è stata dettata principalmente per i seguenti motivi:

- versatilità di tali mezzi nel poter monitorare molte zone nell'arco di un anno: sono stati ben 106 in totale i Comuni interessati da questo progetto;
- possibilità di determinare anche inquinanti non misurabili con i campionatori passivi, quali il PM<sub>10</sub>;
- utilizzo di una strumentazione automatica del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse, con la possibilità di confrontare i dati ottenuti.

Quest'ultimo punto è di vitale importanza per poter ottenere delle informazioni il più possibile corrette e utili alla valutazione della qualità dell'aria nelle aree remote. Infatti, a fronte della versatilità del mezzo mobile e alla possibilità di effettuare campionamenti in continuo durante tutto l'arco dell'anno (non solo in determinate settimane come per i campionatori passivi), non vi è generalmente l'opportunità di avere nella stessa provincia campionamenti contemporanei. Il principale punto di riferimento per ottenere un confronto dei dati raccolti rimane quindi quello delle stazioni fisse.

### 3.3.1 Pianificazione del campionamento

La pianificazione del campionamento effettuata con i mezzi rilocabili ha presentato aspetti organizzativi diversi e più complessi rispetto alla campagna con i campionatori passivi. Ciò è legato al fatto che, come già accennato sopra, i mezzi erano già da tempo in funzione per diversi utilizzi nei vari Dipartimenti Provinciali ed è stato necessario coordinare le attività pregresse con la mappatura dei Comuni DOCUP.

Le condizioni fondamentali per la scelta del sito da campionare sono state le seguenti:

- la stazione deve essere rappresentativa della concentrazione di fondo (zone di “background” urbano, suburbano o rurale);
- l'area deve essere raggiungibile attraverso la rete stradale e deve essere fornita di energia elettrica per il funzionamento delle stazioni rilocabili.

I criteri per la realizzazione di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria con stazioni rilocabili sottolineano l'importanza di scegliere un periodo di campionamento adatto a caratterizzare il sito nella maniera più completa possibile. Si fa riferimento al semestre invernale (ottobre-marzo) per focalizzare l'attenzione su emissioni antropogeniche a regime e inquinanti primari e secondari non fotoindotti o causati da alta temperatura. Il semestre estivo (aprile-settembre) è più indicato per lo studio di inquinanti fotochimici, in condizioni di elevato rimescolamento atmosferico. Sebbene dal punto di vista teorico questo tipo di approccio sia da considerare valido e scientificamente corretto, nella realtà non è stato sempre facile avere a disposizione le risorse logistiche necessarie ad effettuare il campionamento estivo e quello invernale nello stesso Comune.

Il periodo di campionamento è stato inizialmente pianificato (nel 2003) in un intervallo di circa 30 giorni per la stagione estiva e di altri 30 giorni per la stagione invernale. L'esperienza maturata in questo tipo di mappatura “a tutto campo” nel territorio, ben diversa dal campionamento *ad hoc* per singoli episodi di tipo acuto, ha portato a ridurre o a variare leggermente questi intervalli, nell'ottica di ottimizzare la continuità ed il numero di stazioni monitorate.

Dal punto di vista delle sostanze mappate, in relazione alla strumentazione presente sulle stazioni rilocabili in ogni provincia, è stato deciso di focalizzare l'attenzione sul biossido di azoto, sull'ozono e sul PM<sub>10</sub>. Infatti le polveri sottili sono particolarmente importanti sia perché rappresentano allo stato dell'arte un indicatore chimico-fisico molto rilevante per la salute umana, sia per le conseguenze legate alle limitazioni del traffico veicolare. Inoltre i dati sul PM<sub>10</sub>, che per sua natura non può essere monitorato con i campionatori diffusivi, portano, nell'ambito del progetto di mappatura delle aree remote in Veneto, un'informazione ulteriore e complementare a quella acquisita con i radielli®.

Infine è importante sottolineare come il progetto di mappatura mediante stazioni rilocabili abbia attraversato, dal momento della sua messa in opera, un continuo processo di ottimizzazione, sia strumentale sia metodologico, cui è soggetto ancora oggi. Questo da una parte ha permesso l'acquisizione di dati validati e interessanti nell'ambito del presente progetto e dall'altro rende possibile un ulteriore processo di miglioramento futuro in linea con quanto esplicitato nell'allegato 1 del D.M. 261/2002 [4] al punto 1.1.3 per il monitoraggio delle aree vaste. Nel testo legislativo si consiglia infatti di effettuare i campionamenti utilizzando una griglia. Fin'ora non è stato possibile seguire questa metodologia, così come invece è stato fatto per i campionatori passivi: sarà obiettivo primario delle prossime campagne di misura con le stazioni rilocabili pianificare il lavoro utilizzando un reticolato.

### 3.3.2 Risultati

In questa sezione verranno mostrati attraverso le mappe tutti i Comuni interessati dal monitoraggio con le stazioni rilocabili, dal 2004 al 2006, suddivisi per provincia. In particolare, data la maggiore completezza dei dati registrati, si è deciso di visualizzare nei grafici i dati relativi all'anno 2005. Per il biossido di azoto e il PM<sub>10</sub> sono stati confrontati i valori medi di concentrazione registrati dalla stazione rilocabile in ogni sito con l'andamento annuale di una o più centraline fisse della provincia. Per quanto riguarda invece l'ozono sono state confrontate le percentuali dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (massimo della media mobile di otto ore su base giornaliera) del sito mappato, con quelli registrati nello stesso periodo dalla centralina fissa. L'intervallo nel quale è stato osservato l'andamento dell'ozono è quello definito come estivo (aprile-settembre). Infine, a titolo di maggiore approfondimento, si è deciso di visualizzare, per le sole province di Belluno e Verona, l'intero andamento triennale dei dati per il PM<sub>10</sub> e il biossido di azoto.

#### Belluno

Nella Provincia di Belluno è stata utilizzata una stazione rilocabile, che ha coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 9 Comuni.

Nella Figura 97 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

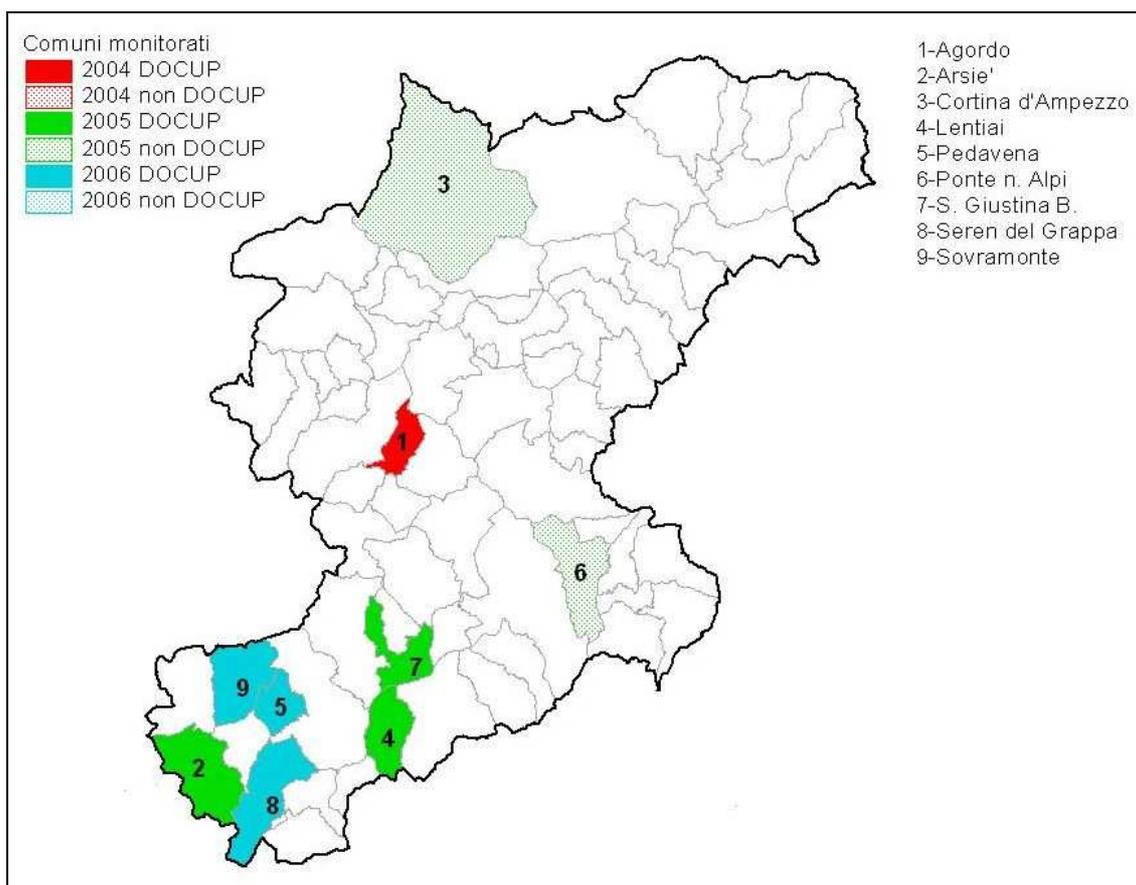


Figura 97 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Belluno

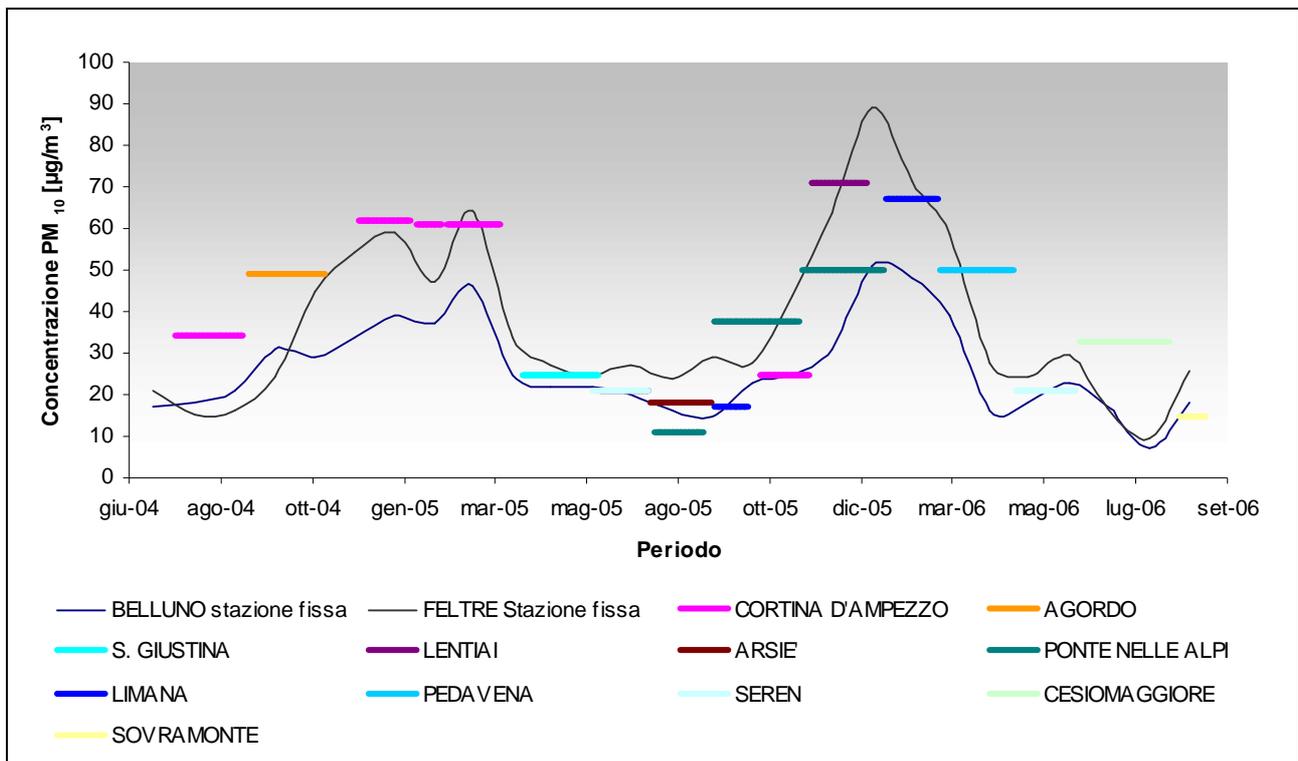


Figura 98 - Confronto tra le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Belluno Città e Feltre nel periodo 2004-2006

Nel grafico in Figura 98 sono confrontate le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> rilevate nei diversi Comuni mappati con la stazione rilocabile e due centraline fisse: Belluno città e Feltre. Si può osservare l'evidente trend annuale del PM<sub>10</sub> che presenta valori massimi nel semestre invernale e minimi durante quello estivo. Si nota che i due andamenti delle centraline fisse sono confrontabili e differiscono solo per il tenore del PM<sub>10</sub>, mediamente più alto a Feltre.

Per quanto riguarda i Comuni mappati si osserva che la maggior parte di essi, soprattutto durante il semestre invernale, mostra tenori di PM<sub>10</sub> confrontabili con la stazione di Feltre. Durante il semestre estivo i livelli tendono a uniformarsi nei diversi Comuni, raggiungendo dei valori che potrebbero essere definiti di fondo. Per esempio Cortina d'Ampezzo, che durante l'inverno 2004-2005 aveva fatto registrare valori anche leggermente superiori a Feltre (attorno ai 60µg/m<sup>3</sup>), alla fine di settembre dello stesso anno presenta valori comparabili con le altre stazioni. Anche Limana registra una forte differenza tra i tenori estivi e quelli invernali. Da segnalare concentrazioni basse per Seren del Grappa in entrambe le campagne e nell'estate 2006 una concentrazione più elevata rispetto alle centraline a Cesiomaggiore.

Il grafico in Figura 99 prende invece in considerazione gli andamenti di biossido di azoto nelle centraline fisse e le mette a confronto con i valori medi registrati dalle stazioni rilocabili. In primo luogo si osserva che le due centraline fisse mostrano dati concordi per l'andamento temporale, ma Belluno, diversamente dai dati di PM<sub>10</sub>, è la stazione che presenta i tenori più elevati di biossido di azoto: i massimi stagionali si registrano nel semestre invernale, mentre i minimi, in analogia con il PM<sub>10</sub>, si hanno d'estate.

Per quanto riguarda le stazioni rilocabili, si osserva che la maggior parte dei siti presenta concentrazioni simili o maggiori alla stazione di Belluno. Tra di esse si possono elencare Cortina (sempre al di sopra dei valori di Belluno), Ponte nelle Alpi, S.Giustina, Lentiai e Cesiomaggiore. Sono invece confrontabili con Feltre Seren del Grappa, Sovramonte e Agordo. Per quanto riguarda Cesiomaggiore, bisogna precisare che il campionamento è stato fatto in località Busche, su richiesta dei cittadini, in una zona che non si può propriamente definire di background, essendo a pochi metri da un'arteria stradale importante. Da questo si può comprendere come, anche in un periodo caratterizzato da valori bassi di biossido di azoto e PM<sub>10</sub>, questa stazione abbia invece mappato livelli più alti delle centraline fisse.

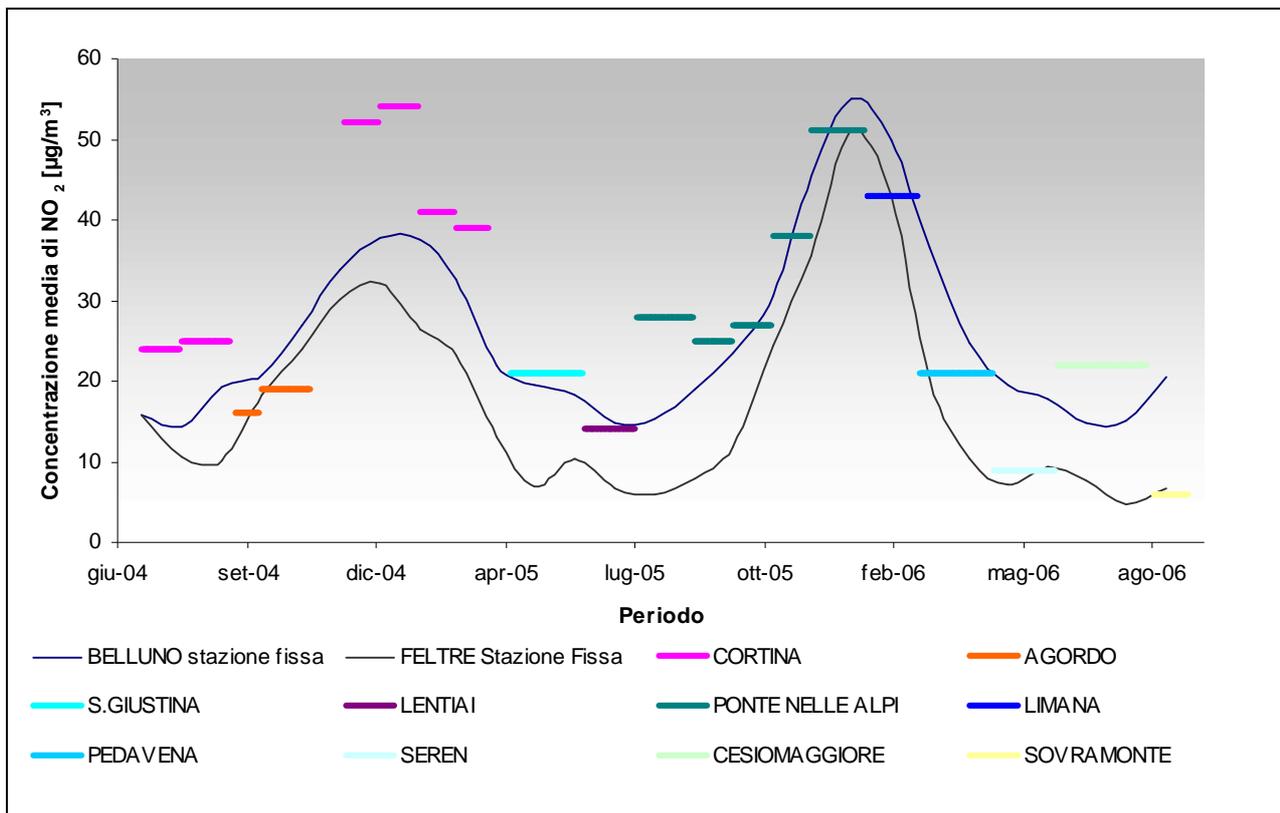


Figura 99 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Belluno Città e Feltre per l'anno 2005

Per quanto riguarda l'ozono (Figura 100) sono stati effettuati nel semestre estivo del 2005 quattro campionamenti. Si può innanzitutto osservare che la maggiore percentuale di superamenti si ha tra giugno e luglio, sia per il laboratorio mobile che per la stazione fissa. S.Giustina mostra una percentuale di superamenti comparabile a quella della centralina, mentre a Lentiai e Ponte nelle Alpi la percentuale di

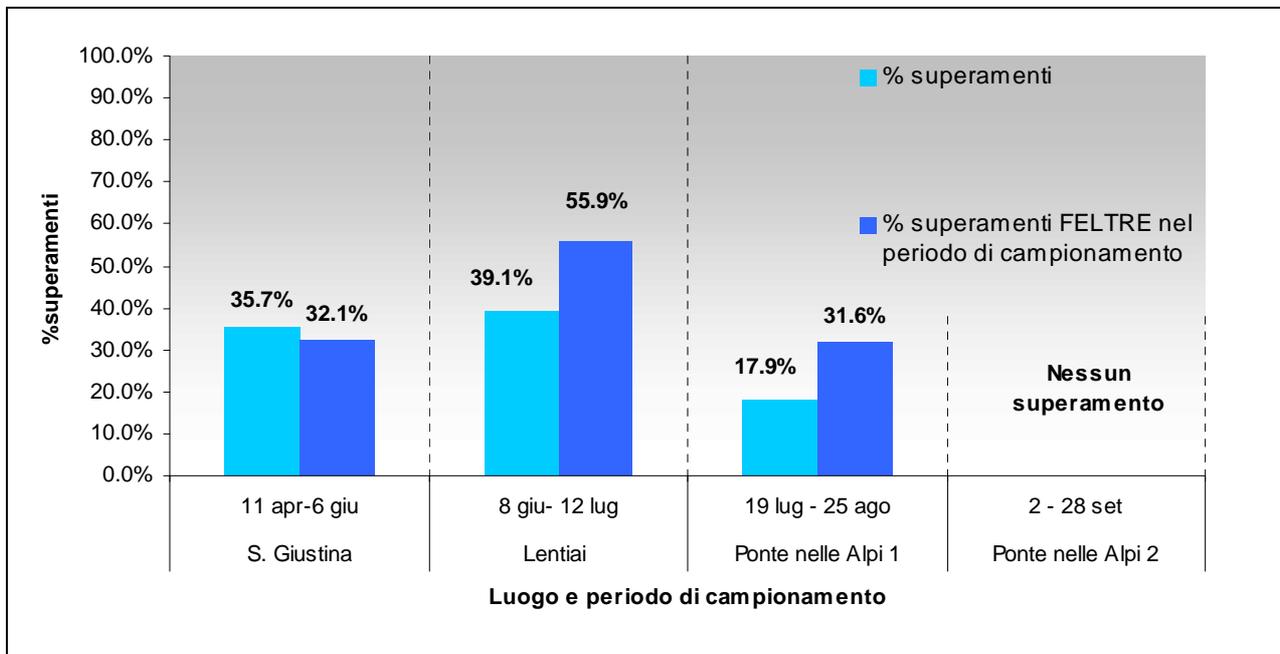


Figura 100 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono (120 µg/m<sup>3</sup>). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

superamenti è nettamente più bassa rispetto a Feltre.

Da osservare inoltre che, già nel mese di settembre 2005, l'ozono non fa più registrare superamenti, sia nella centralina di Feltre che nella stazione rilocabile, ubicata come nel mese precedente a Ponte nelle Alpi. Tale dato sembra confermare una caratteristica importante dell'ozono troposferico: la rapidità di formazione e di scomparsa, legati all'estrema reattività del composto.

## Padova

Nella Provincia di Padova sono state utilizzate due stazioni rilocabili, che hanno coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 35 Comuni.

Nella Figura 101 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

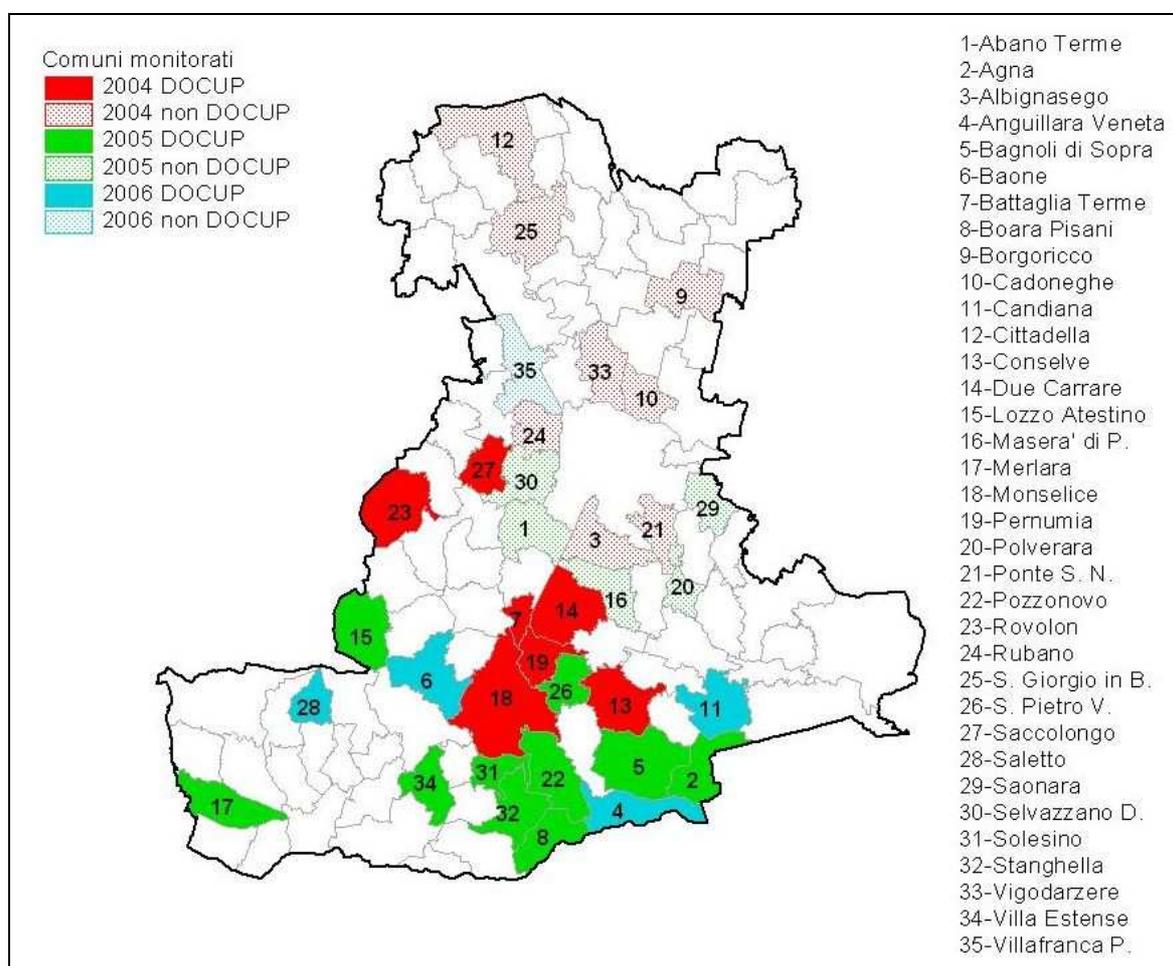


Figura 101 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Padova

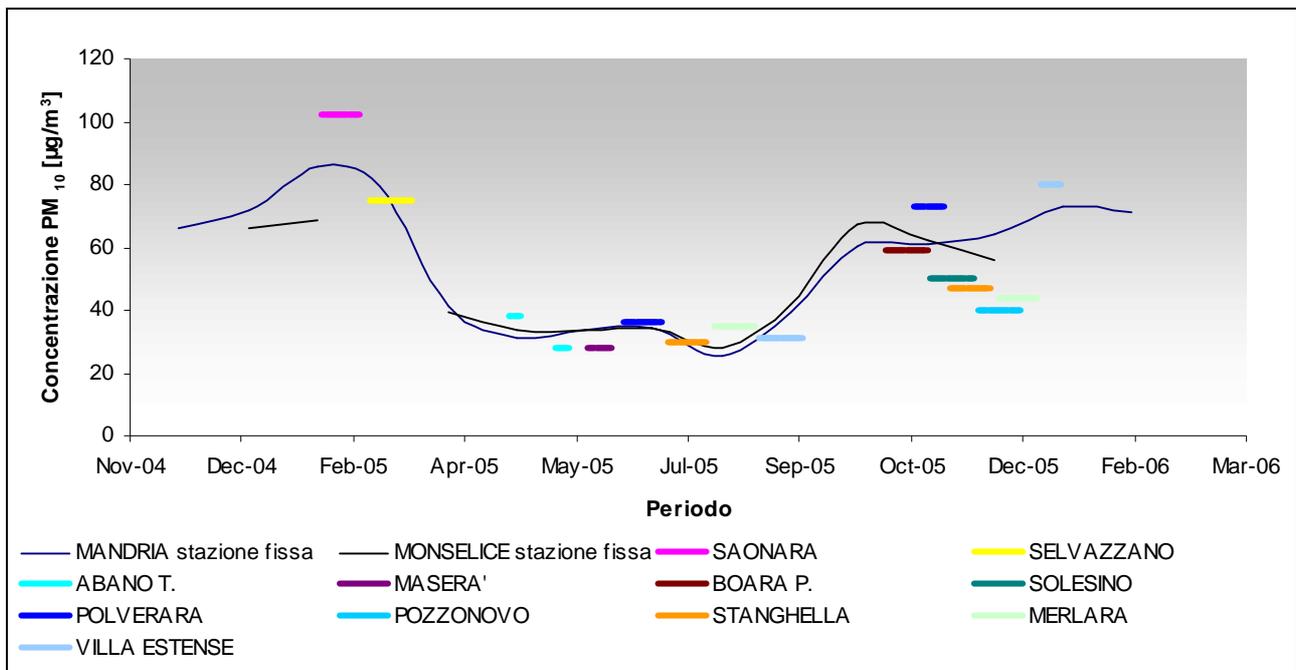


Figura 102 - Confronto tra le concentrazioni medie di  $PM_{10}$  rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Padova-Mandria e Monselice per l'anno 2005

Nel grafico in Figura 102 si osserva che sono state scelte come stazioni fisse di confronto Padova-Mandria, centralina fissa localizzata a sud del Comune di Padova (background urbano) e quella di Monselice, località importante della zona meridionale della provincia. Quest'ultima stazione è stata utilizzata poiché buona parte dei Comuni mappati nel 2005 con le stazioni rilocabili sono situati nel sud della provincia di Padova. In generale si può vedere che, in linea con quanto sostanzialmente affermato negli studi storici, le concentrazioni medie più elevate di  $PM_{10}$  si riscontrano nei mesi invernali. Dal grafico si può osservare che già da ottobre la concentrazione nelle polveri è in aumento sia a Padova che a Monselice. Per quanto riguarda le stazioni rilocabili, soprattutto durante i mesi estivi, in corrispondenza dei minimi annuali, si osservano concentrazioni confrontabili di  $PM_{10}$  (Abano T., Stanghella, Polverara, Merlara, Maserà). Tali livelli, pur registrati in località diverse, mostrano un sostanziale accordo anche con le due stazioni fisse, i cui andamenti sono quasi coincidenti. Durante i mesi invernali, invece, si possono osservare delle differenze. Tra gennaio e febbraio, è stata registrata a Saonara una concentrazione media superiore ad entrambe le stazioni fisse ( $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mentre in marzo Selvazzano presenta livelli in linea con Mandria. Durante l'autunno successivo Polverara e Villa Estense hanno fatto registrare concentrazioni medie leggermente più elevate della stazione di Mandria. Da osservare anche Solesino, Merlara, Pozzonovo e Stanghella, che in autunno presentano dei livelli in accordo con l'andamento della stazione di Monselice, ma si staccano abbastanza nettamente dai livelli di Padova-Mandria.

Nel grafico riportato in Figura 103 vengono messi a confronto i valori medi di biossido di azoto, rilevato dai due laboratori mobili in uso nella Provincia di Padova e quelli registrati dalle stazioni fisse di Monselice ed Este. Si può osservare, in linea con quanto detto fin'ora per i campionatori passivi, che i massimi rilevati dalle stazioni rilocabili e dalle centraline fisse, hanno i valori massimi durante i mesi invernali. E' importante osservare che Este presenta durante tutto l'anno valori medi più alti di Monselice, ma con andamenti sostanzialmente concordi. Durante l'estate i valori di quasi tutte le stazioni mappate si attestano attorno ai livelli della centralina di Monselice. Interessante notare nei primi mesi dell'anno i valori medi elevati di Saonara e Selvazzano, in linea con quanto riscontrato per il  $PM_{10}$ . Questo dato è importante poiché questi due Comuni non fanno parte del monitoraggio DOCUP e per caratteristiche legate alla viabilità e alle installazioni industriali non sono propriamente riconducibili ad aree di background. Si osserva che gli altri Comuni mappati nella stagione autunnale presentano livelli di biossido di azoto intermedi tra le stazioni fisse. Fa un'eccezione Merlara, che registra in dicembre un livello medio più basso ( $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rispetto alle altre stazioni.

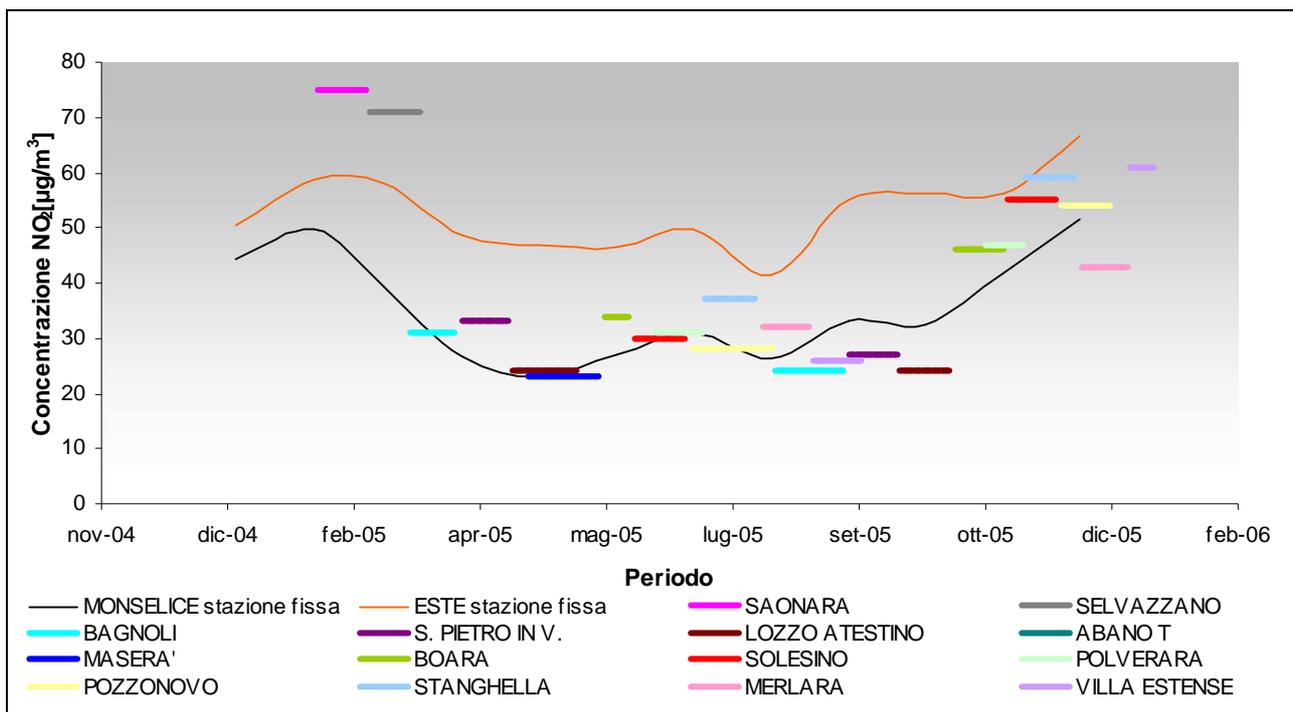


Figura 103 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Este e Monselice per l'anno 2005

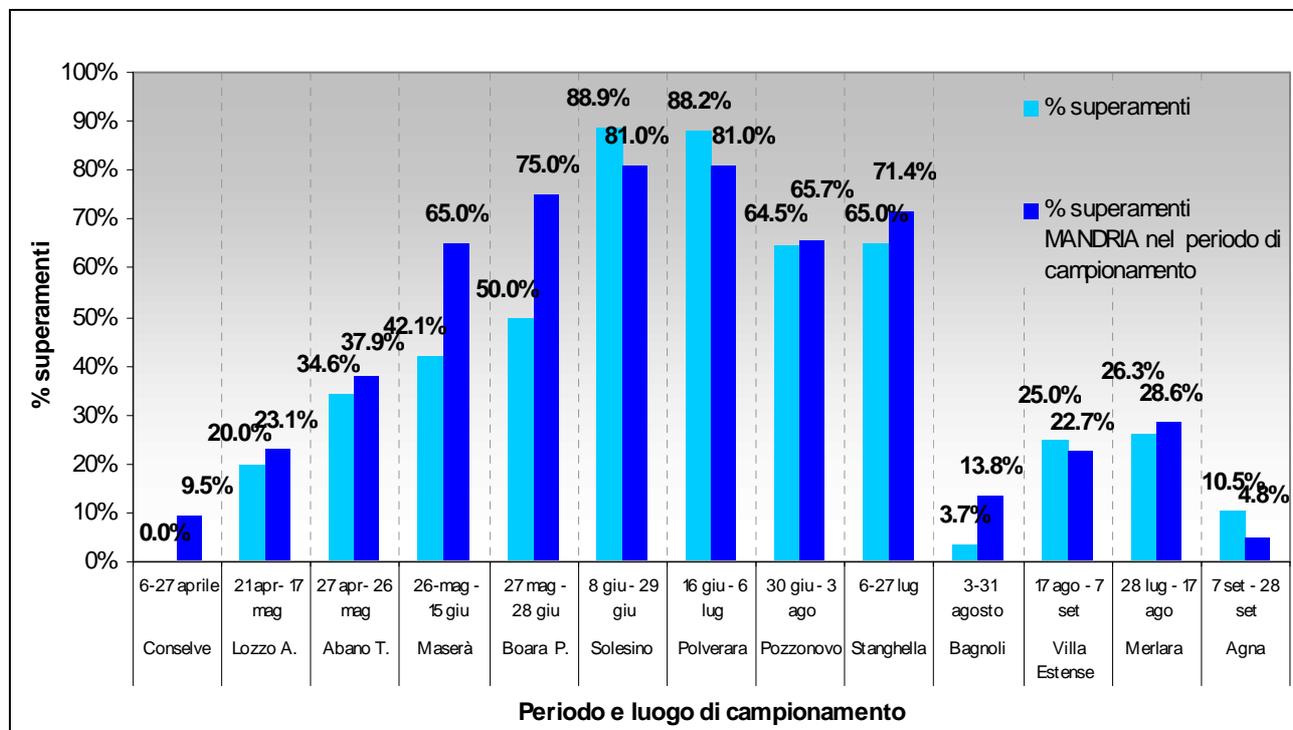


Figura 104 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono (120 µg/m<sup>3</sup>). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

Negli istogrammi in Figura 104 si possono osservare per l'ozono le percentuali di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana. In primo luogo si può osservare che la maggior parte delle stazioni presenta percentuali di superamento paragonabili alla stazione fissa. Si può facilmente vedere dalle date riportate sulle ascisse che i periodi con le percentuali massime si hanno tra i mesi di giugno e luglio, sia per le centraline fisse che per le stazioni rilocabili.

E' interessante osservare che Maserà e Boara, mappate in un periodo quasi sovrapponibile (fine maggio-fine giugno) mostrano entrambe una percentuale sensibilmente più bassa rispetto alla centralina. Si può ipotizzare che, all'arrivo dei primi caldi estivi, Padova e la cintura urbana possano aver risentito maggiormente del fenomeno di riscaldamento al suolo rispetto alla periferia favorendo l'inizio dei processi di formazione dell'ozono troposferico.

Si osserva anche che, nel periodo in cui si ha la maggior percentuale di superamenti, sia Pozzonovo che Solesino, mostrano valori simili tra loro, ma superiori alla stazione fissa. Infine è da notare come i superamenti siano molto pochi a inizio e a fine stagione, sia per la centralina fissa che per le stazioni mappate.

## Rovigo

Nella Provincia di Rovigo sono state utilizzate due stazioni rilocabili, che hanno coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 22 Comuni.

In Figura 105 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

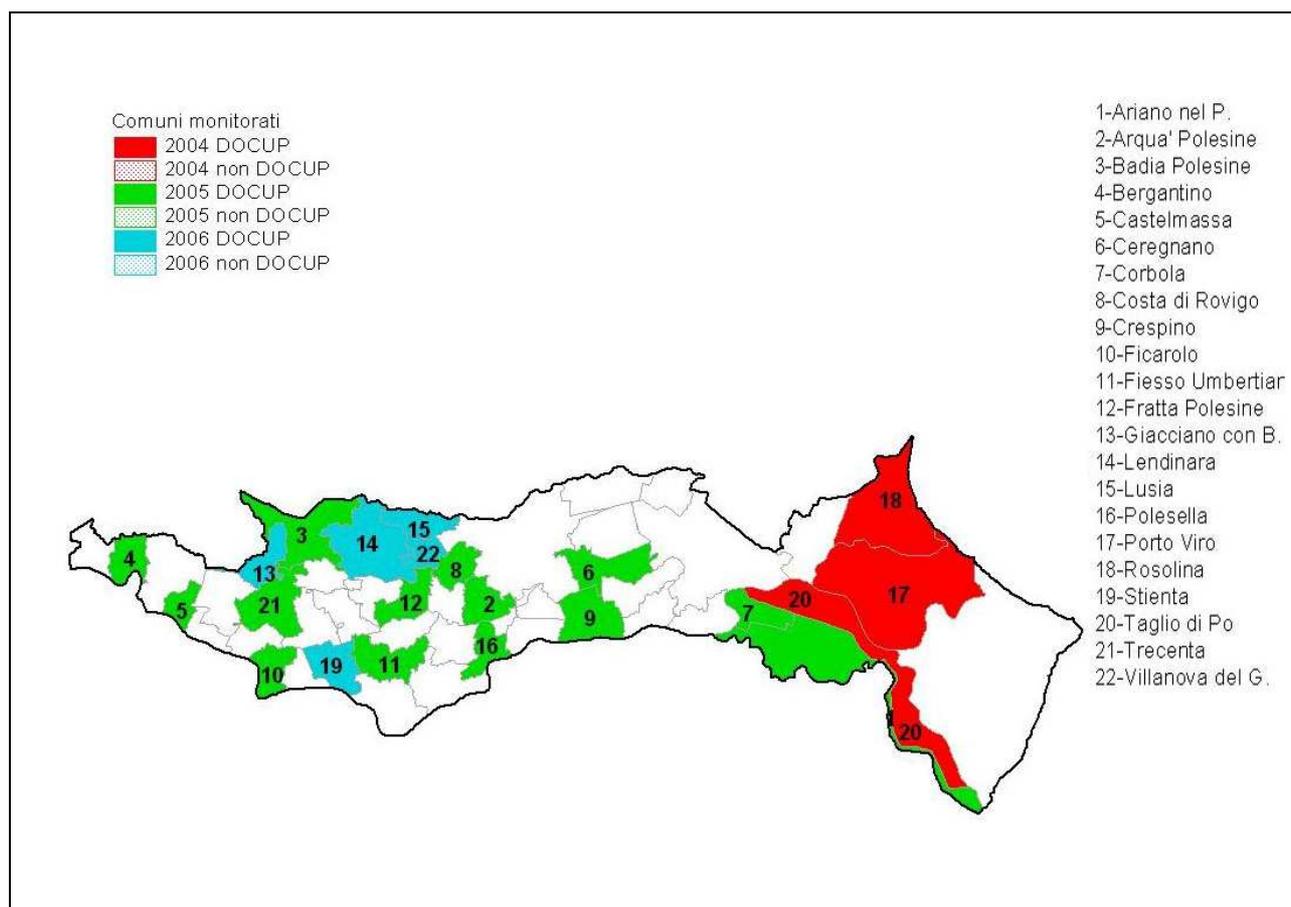


Figura 105 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Rovigo

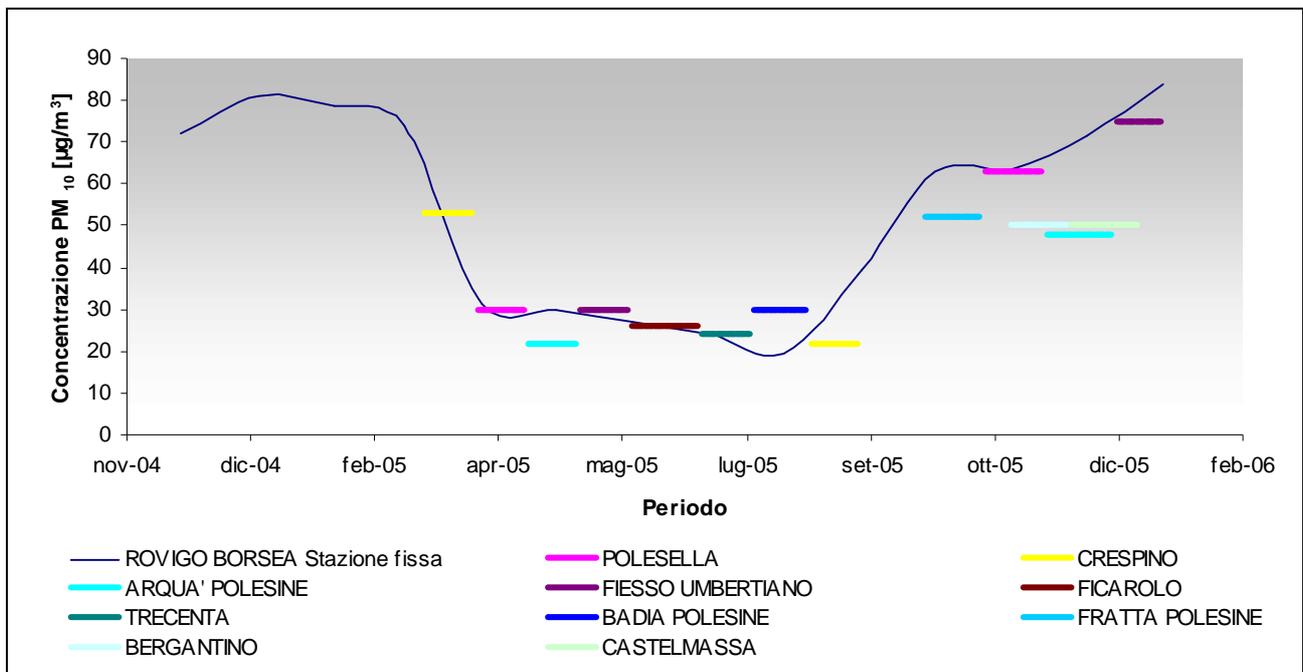


Figura 106 - Confronto tra le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e la centralina fissa di Rovigo-Borsea per l'anno 2005

Il grafico in Figura 106 mette a confronto le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> nei Comuni mappati con le stazioni rilocabili con quelle registrate durante il 2005 nella stazione di Rovigo-Borsea, che rappresenta un sito di background urbano. Come nel caso della Provincia di Padova si può osservare in generale che l'andamento annuo di concentrazione di PM<sub>10</sub> presenta i massimi nel semestre invernale, in particolare tra dicembre e febbraio, mentre tra aprile e settembre si riscontrano i livelli minimi. Le stazioni mobili mappate presentano livelli di PM<sub>10</sub> di regola confrontabili con la centralina di Rovigo Borsea. Soprattutto nel periodo estivo, i Comuni monitorati con le stazioni rilocabili hanno evidenziato una sostanziale congruenza con la centralina fissa. E' plausibile pensare che, nel periodo con le minori concentrazioni di polveri sottili, esista un livello di "fondo" comune ad un'area vasta, con piccole fluttuazioni dovute a caratterizzazioni di microscala della stazione. Possono essere di esempio Badia Polesine, che raggiunge concentrazioni più alte di Borsea o, per contro, Arquà Polesine, con livelli più bassi della centralina fissa. Durante il periodo invernale, quando il PM<sub>10</sub> aumenta sensibilmente, si registrano differenze più marcate tra i Comuni mappati. Crespino, Polesella e Fiesso Umbertiano, seguono in maniera abbastanza evidente l'andamento della centralina fissa, mentre Bergantino, Castelmasa e Fratta Polesine, presentano dei valori inferiori (circa 50 µg/m<sup>3</sup> contro i 65-70 µg/m<sup>3</sup> registrati da Borsea).

Il grafico in Figura 107 confronta le concentrazioni medie di biossido di azoto nei Comuni mappati con le stazioni rilocabili e quelle registrate durante il 2005 nelle stazioni fisse di Rovigo-Borsea e Rovigo-Centro. Si osserva la differenza tra le due centraline fisse con Rovigo-Centro, che si attesta durante tutto l'anno su valori più alti rispetto al background urbano rappresentato da Borsea. Inoltre l'inflessione delle concentrazioni di biossido di azoto durante il semestre estivo nella centralina fissa del centro è molto attenuata rispetto a Borsea. In questo periodo la maggior parte dei Comuni mappati presenta livelli di inquinante più vicini alla stazione di background, come mostrano i siti di Arquà Polesine, Trecenta, Badia Polesine e Ficarolo. Da osservare il Comune di Fiesso Umbertiano che invece presenta livelli più simili a Rovigo Centro. In questa località si osservano valori medi primaverili superiori alle altre stazioni con il massimo assoluto registrato a dicembre di 65 µg/m<sup>3</sup>, superiore anche a Rovigo Centro. Da segnalare anche per il semestre invernale il livello di Ariano Polesine e quelli di Costa e Polesella, molto simili a Rovigo Centro. Negli istogrammi in Figura 108 si possono osservare per l'ozono le percentuali di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.

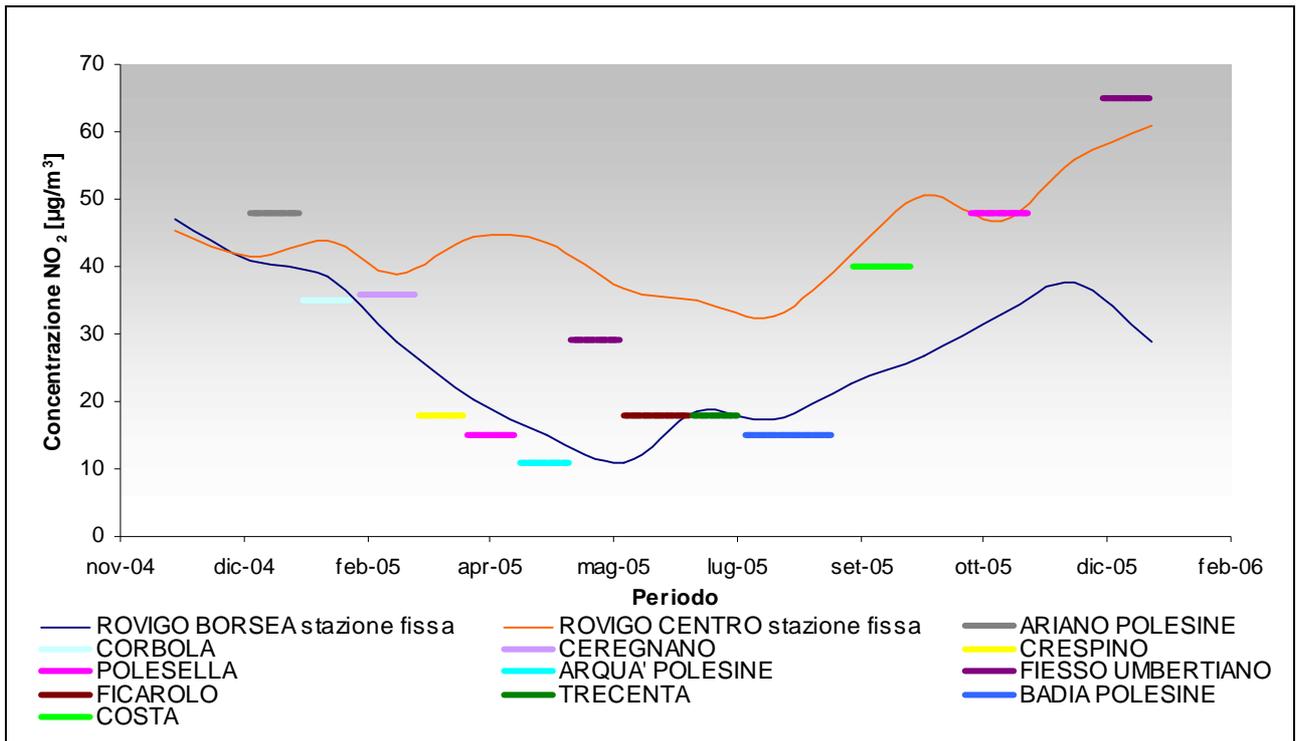


Figura 107 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Rovigo e Borsea per l'anno 2005

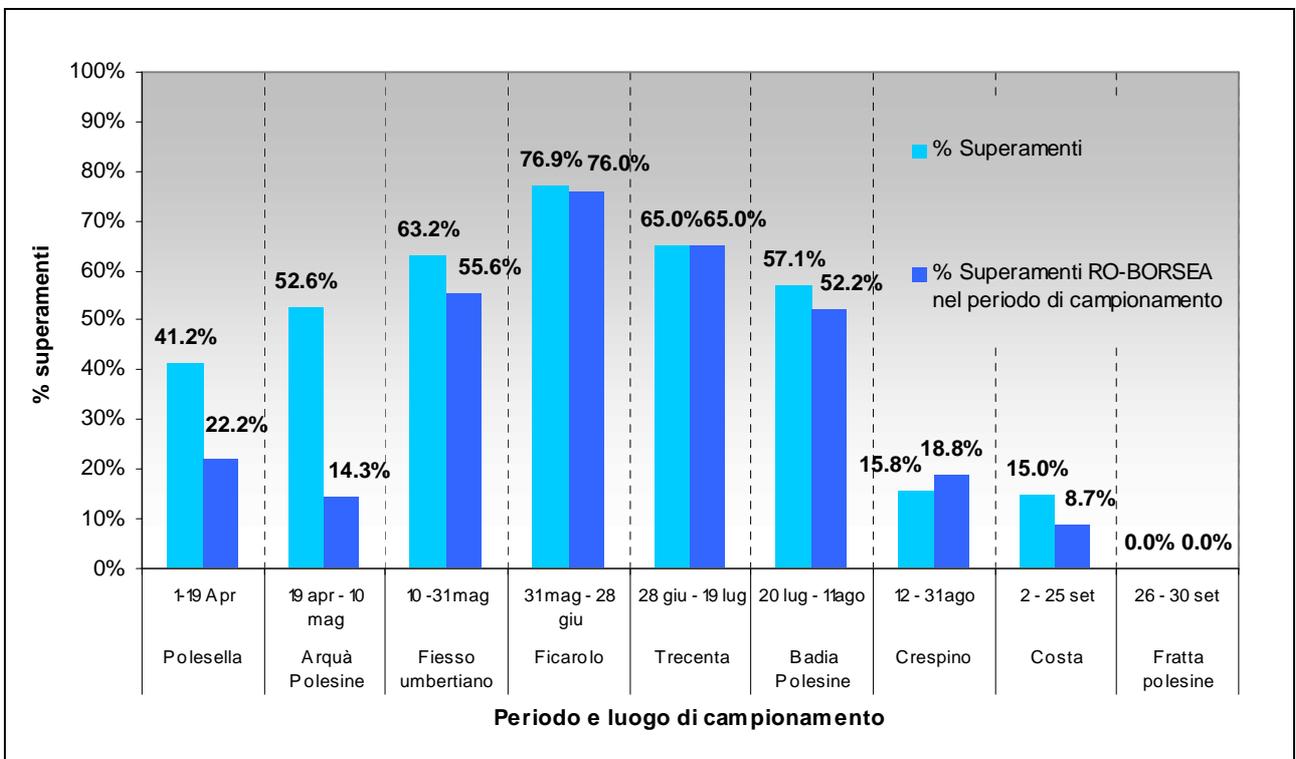


Figura 108 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

Sia la centralina fissa che la stazione mobile presentano una percentuale di superamenti che raggiunge un massimo durante il mese di giugno: la stazione rilocabile, posizionata a Ficarolo presenta una percentuale di superamenti in linea con Borsea (attorno al 76%).

Importante precisare anche che nella Provincia di Rovigo le percentuali di superamento sono generalmente più alte o al limite confrontabili con quelle rilevate a Borsea. In particolare si osserva maggiormente questa tendenza nei periodi iniziali (mesi di aprile e inizio maggio) e finali (settembre) del semestre estivo.

## Treviso

Nella Provincia di Treviso è stata utilizzata una stazione rilocabile, che ha coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 24 Comuni.

In Figura 109 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

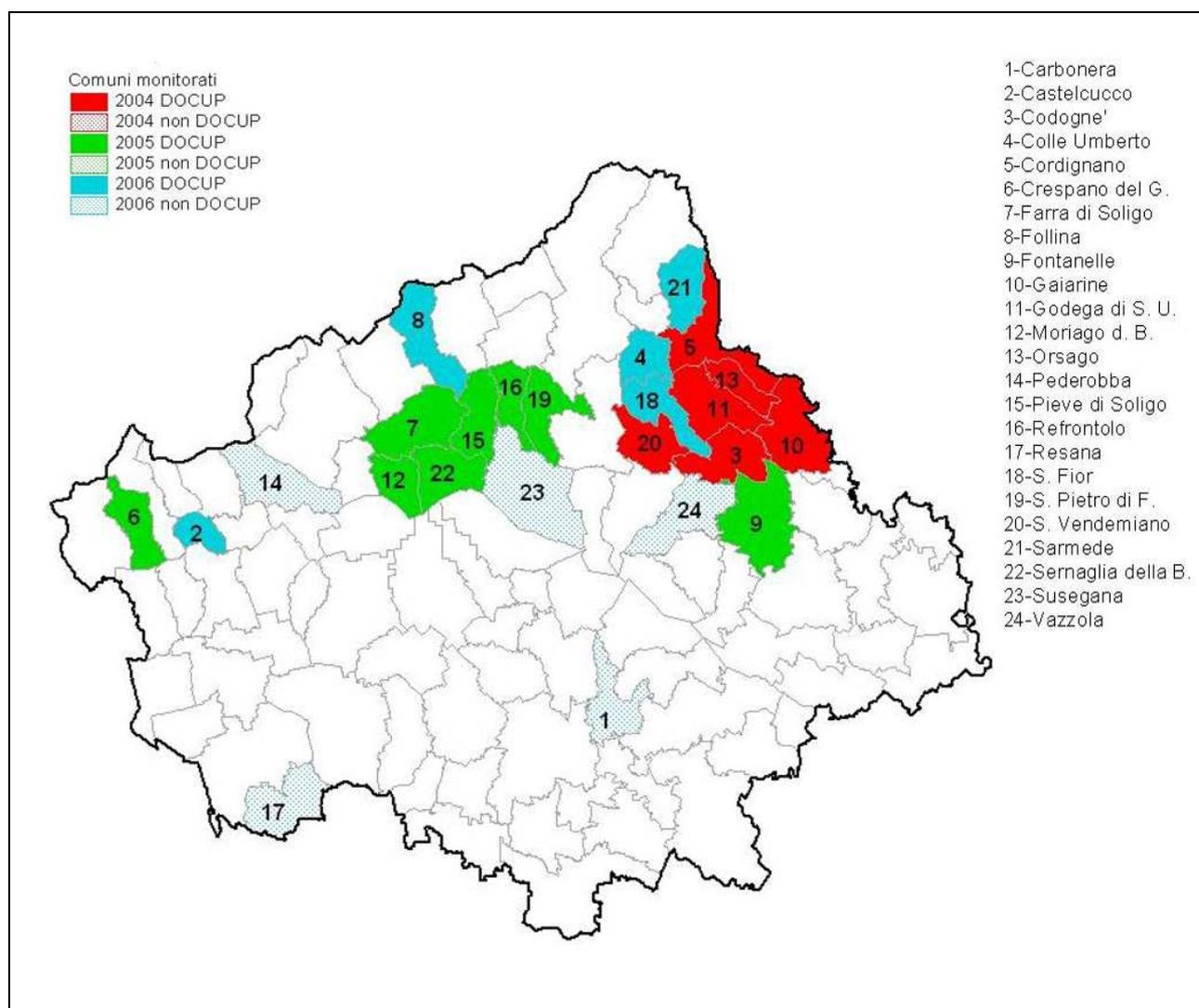


Figura 109 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Treviso

Dal grafico in Figura 110 si può osservare che per il PM<sub>10</sub> nella Provincia di Treviso vi è stata la possibilità di confrontare i dati delle stazioni rilocabili con una centralina fissa, a Conegliano, considerata di background urbano e con una campagna annuale su stazione rilocabile effettuata a Mogliano Veneto.

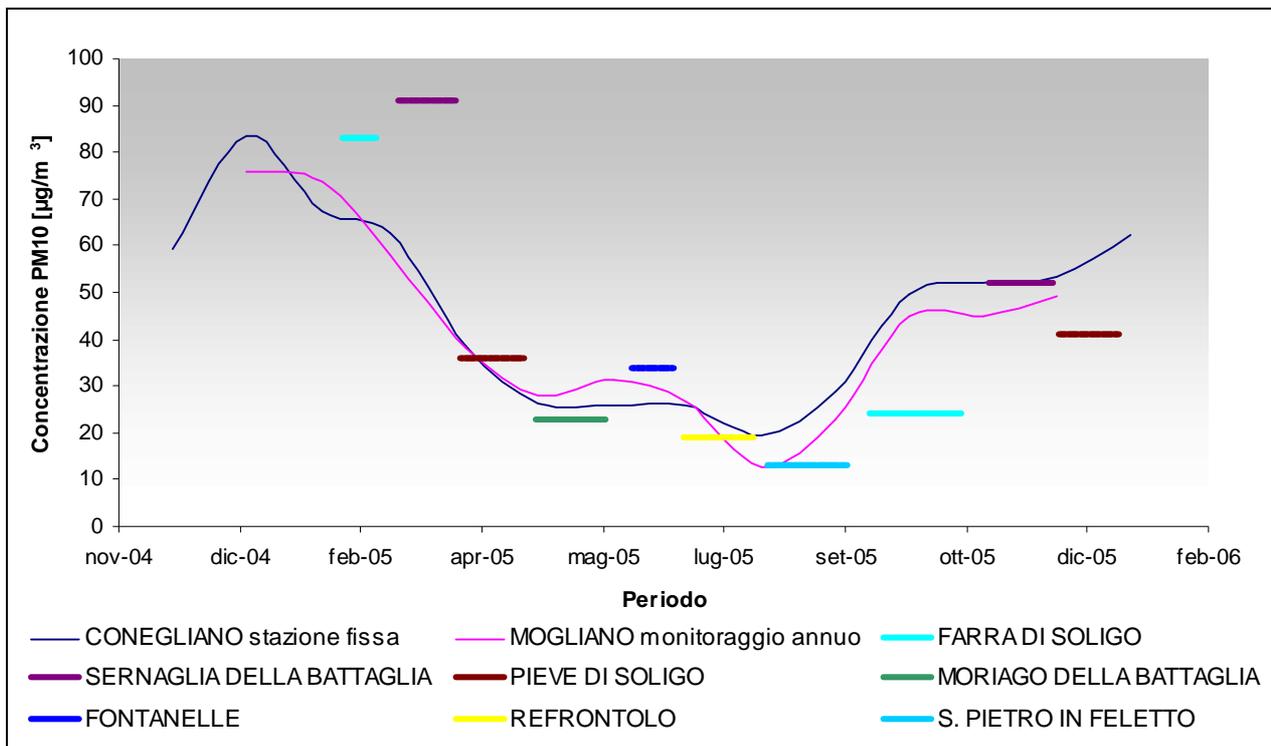


Figura 110 - Confronto tra le concentrazioni medie di  $PM_{10}$  rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili la centralina fissa di Conegliano per l'anno 2005

Si osserva che i due monitoraggi annui presentano un andamento confrontabile, con i massimi registrati nel semestre invernale e i minimi nei mesi più caldi: tale tendenza è comune ad altre province. Le concentrazioni medie calcolate per le stazioni rilocabili presentano una buona sovrapposizione ai monitoraggi in continuo. E' opportuno ricordare che Mogliano Veneto e Refrontolo, per i tre inquinanti monitorati con campionatori passivi, presentavano su base annua delle differenze importanti. Nel caso del  $PM_{10}$  si mette in evidenza che i due livelli sono molto simili, in un periodo dove però le concentrazioni delle polveri sottili sono normalmente basse. Questo potrebbe in prima ipotesi confermare che i periodi in cui si differenziano maggiormente le stazioni mappate sono quelli dove si hanno le concentrazioni più alte, mentre durante i periodi di minimo le diverse località tendono a raggiungere, seppur con delle fluttuazioni, un livello di fondo simile. A questo proposito si noti anche la stazione di Farra di Soligo, dove a inizio anno la concentrazione media di  $PM_{10}$  è superiore alla centralina di Conegliano, mentre a fine estate presenta livelli di polveri sottili che sono circa la metà della stazione fissa.

Nel grafico in Figura 111 si riportano le concentrazioni medie di biossido di azoto nei Comuni mappati con le stazioni rilocabili e quelle registrate durante il 2005 nelle stazioni fisse di Treviso e di Conegliano. Si può osservare che la maggior parte dei Comuni presenta livelli di biossido di azoto minori o paragonabili a quelli della centralina di Conegliano. Soprattutto durante il semestre estivo si notano bassi tenori di questo inquinante nelle stazioni di Moriago della Battaglia e Fontanelle, con concentrazioni visibilmente minori rispetto alla centralina fissa di background. Interessante notare l'andamento delle due campagne di Farra di Soligo e Sernaglia. In analogia a quanto accaduto per il  $PM_{10}$  per questi Comuni le concentrazioni di biossido di azoto nei mesi invernali sono più alte della stazione di background. Nel periodo di settembre invece Farra di Soligo non raggiunge la metà della concentrazione rilevata a Conegliano, mentre Sernaglia registra in autunno livelli paragonabili al background fisso. Questo fenomeno, ancora da approfondire e da studiare in maniera più rigorosa in futuro, sembra tuttavia confermare che la caratterizzazione e la differenziazione più netta tra le stazioni mappate al di fuori delle centraline fisse si abbia durante i periodi di massima concentrazione dell'inquinante.

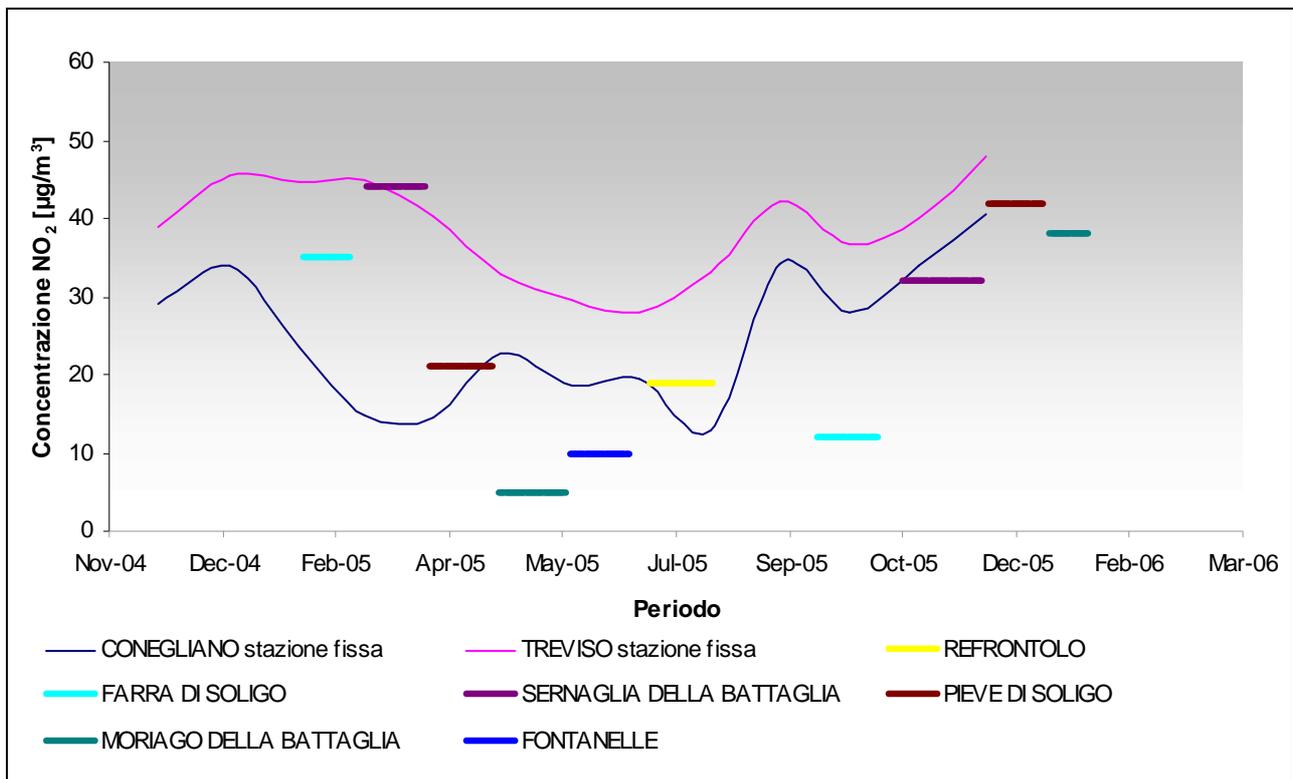


Figura 111 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Treviso e Conegliano per l'anno 2005

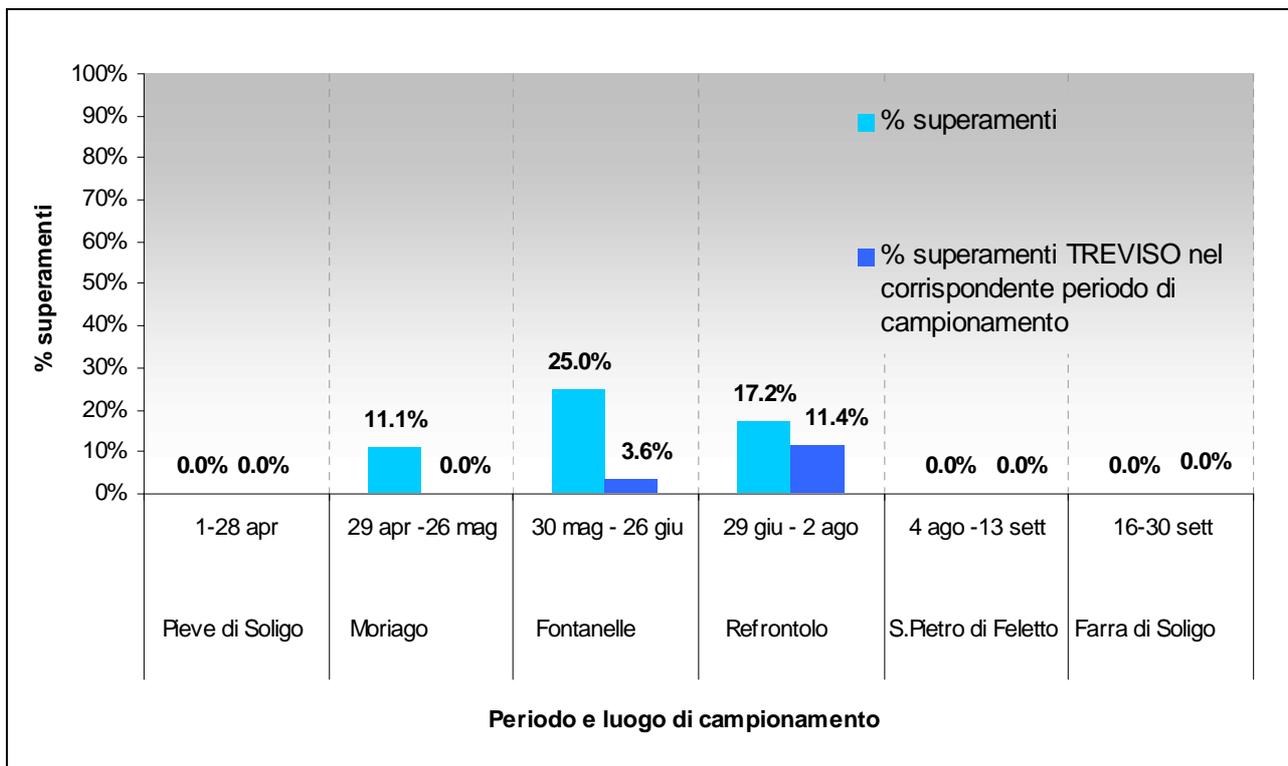


Figura 112 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono (120 µg/m<sup>3</sup>). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

Nel grafico in Figura 112 si riportano le percentuali di superamenti dei  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di ozono, obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.

E' importante innanzitutto notare che, sebbene siano stati mappati sei Comuni, essi coprono tutto l'arco del semestre estivo.

Si osserva immediatamente che le percentuali di superamenti, sia per le stazioni rilocabili, sia per Treviso, sono visibilmente inferiori rispetto a quelle delle altre province esaminate.

Questo conferma il dato più generale ricavato dai Comuni mappati con i radielli<sup>®</sup>, in cui si evidenziava la scarsa influenza dell'ozono rispetto agli altri inquinanti nel caratterizzare l'area.

Da mettere in rilievo che i superamenti si hanno, analogamente ad altre zone, nei mesi tra maggio e luglio. Inoltre i Comuni mappati con i laboratori mobili presentano percentuali sempre superiori alla stazione fissa. Tali dati, riferiti ai Comuni di Fontanelle, Refrontolo e Moriago della Battaglia, in concomitanza con i bassi tenori di biossido di azoto sopra analizzati, potrebbero essere legati a locali condizioni di minor inquinamento da prodotti di combustione, con aumento del tempo di residenza dell'ozono.

## Venezia

Nella Provincia di Venezia sono state utilizzate due stazioni rilocabili, che hanno coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 15 Comuni.

In Figura 113 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

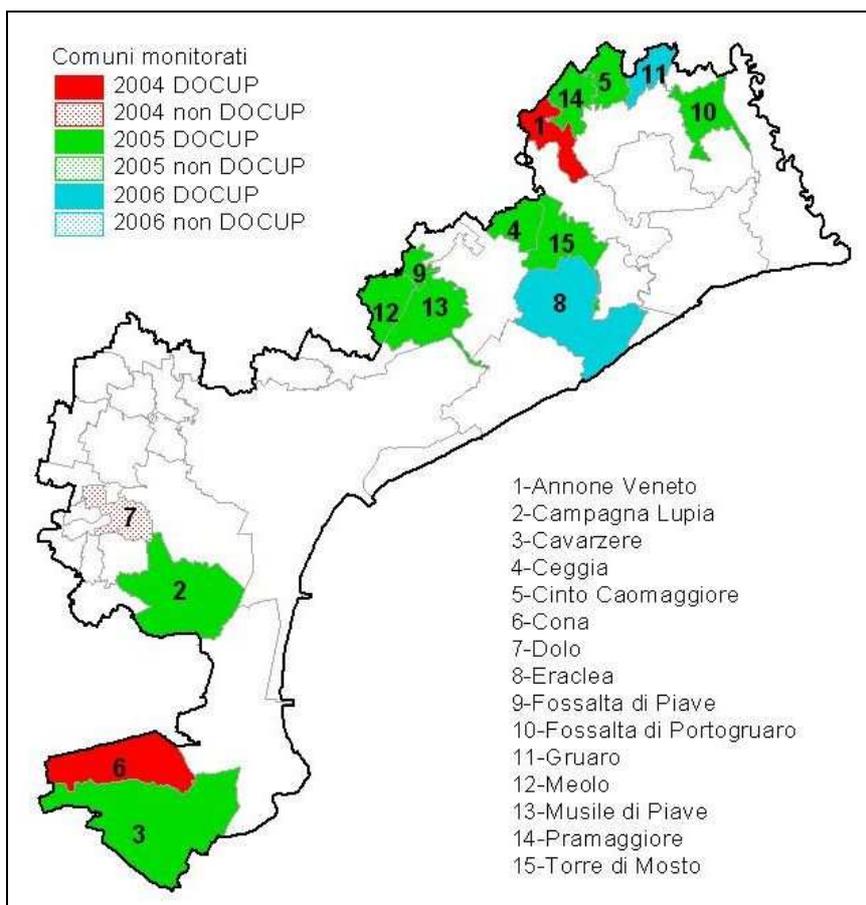


Figura 113 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Venezia

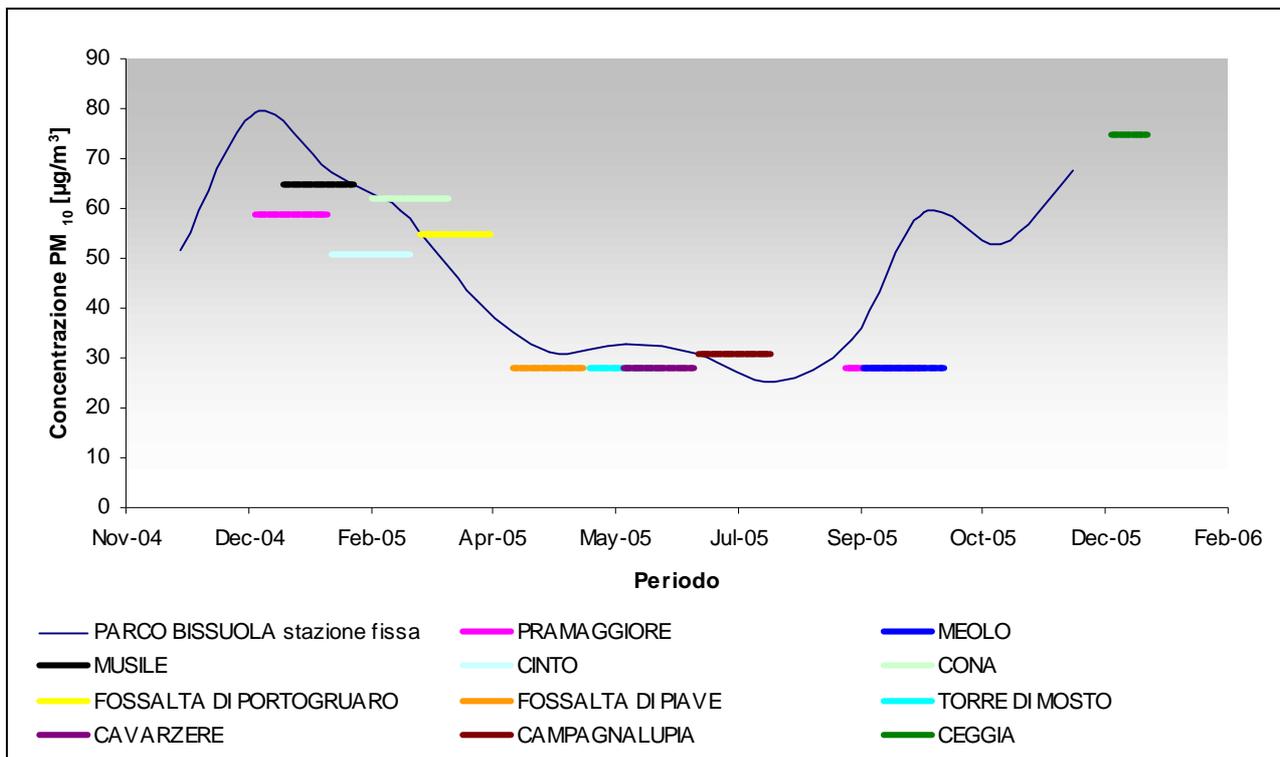


Figura 114 - Confronto tra le concentrazioni medie di  $PM_{10}$  rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e la centralina fissa di VE- Parco Bissuola per l'anno 2005

Il grafico in Figura 114 mette a confronto le concentrazioni medie di  $PM_{10}$  nei Comuni mappati con le stazioni rilocabili e quelle registrate durante il 2005 nella stazione di Venezia-Parco Bissuola. La centralina fissa di Parco Bissuola rappresenta un background urbano. Si osserva come in generale i livelli medi di polveri sottili rilevati con le stazioni rilocabili siano paragonabili alla stazione fissa. Durante il periodo di picco massimo, registrato a inizio anno, si hanno Comuni che presentano una concentrazione minore di  $PM_{10}$ , in particolare Pramaggiore e Cinto che, anche per la distanza dalla stazione fissa, potrebbero ragionevolmente rappresentare dei siti con caratteristiche dell'aria differenti dalla zona di Venezia. Pramaggiore, assieme a Meolo, presenta valori di  $PM_{10}$  a un livello inferiore rispetto alla stazione fissa anche durante l'inizio dell'autunno. Nel mese di dicembre si segnala, anche in relazione a ciò che verrà detto per il biossido di azoto, la concentrazione media di Ceggia, maggiore rispetto a Parco Bissuola.

Nel grafico in Figura 115 si riportano le concentrazioni medie di biossido di azoto nei Comuni mappati con le stazioni rilocabili e quelle registrate durante il 2005 nella stazione fissa di Parco Bissuola. Si può osservare, parallelamente a quanto detto per le altre province, che durante il semestre estivo in generale tutte le stazioni monitorate mostrano delle concentrazioni medie in linea con il livello di inquinante registrato a Parco Bissuola. Nel semestre invernale si possono osservare interessanti differenze tra Comuni mappati e la centralina fissa, in accordo con quanto detto per il  $PM_{10}$ . Infatti, a inizio 2005 si nota un livello nettamente più basso di biossido di azoto a Pramaggiore rispetto a Parco Bissuola. Anche Ceggia, che presentava un valore medio relativamente elevato di  $PM_{10}$  nel mese di dicembre, fa registrare nello stesso periodo una concentrazione di biossido di azoto doppia rispetto alla centralina fissa. In questo caso la stazione, che per motivi logistici è stata posizionata in prossimità di una zona di traffico, ha riscontrato valori elevati degli analiti tipici dei processi di combustione. Questo dato è un'ulteriore prova che il posizionamento su microscala riveste un ruolo molto importante per poter registrare dei dati rappresentativi di tutta l'area comunale.

Per quanto riguarda l'ozono, l'analisi delle percentuali di superamento riportate nel grafico in Figura 116 mostra una netta prevalenza di giorni in cui è stato superato il limite dei  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nelle stazioni remote, rispetto alla centralina fissa. Le differenze sono abbastanza elevate e toccano approssimativamente i 60 punti percentuali in corrispondenza del periodo con i livelli di ozono più alti, tra maggio e giugno, nel Comune di Cavarzere.

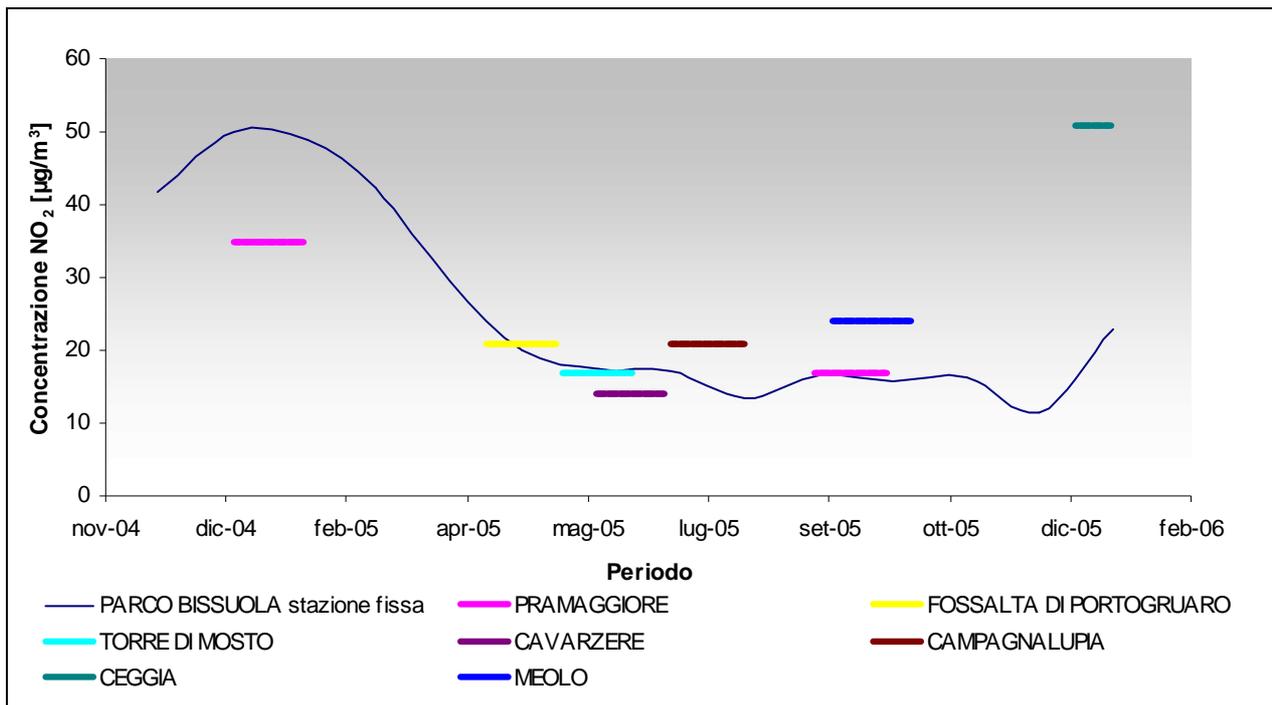


Figura 115 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e la centralina fissa di Venezia Parco Bissuola per l'anno 2005

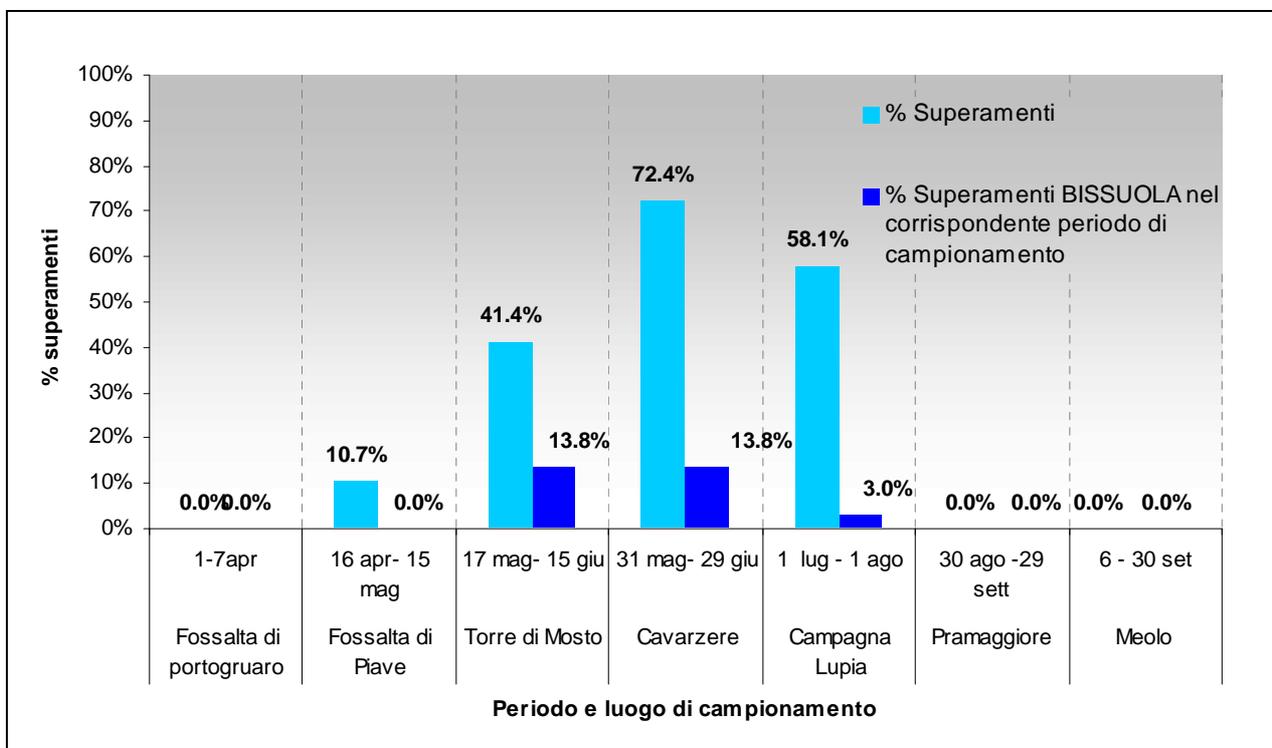


Figura 116 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

L'alta percentuale di superamenti nei Comuni mappati potrebbe essere imputabile alla maggiore stabilità di questo analita nelle zone suburbane e rurali, ove la minore presenza di inquinanti primari rende la molecola più stabile, con tempi di permanenza e di accumulo maggiori.

Positivo notare che già dai primi giorni di settembre non risultano superamenti nei due Comuni monitorati in parallelo (Pramaggiore e Meolo) nè a Parco Bissuola.

## Verona

Nella Provincia di Verona sono state utilizzate due stazioni rilocabili, che hanno coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 20 Comuni.

In Figura 117 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

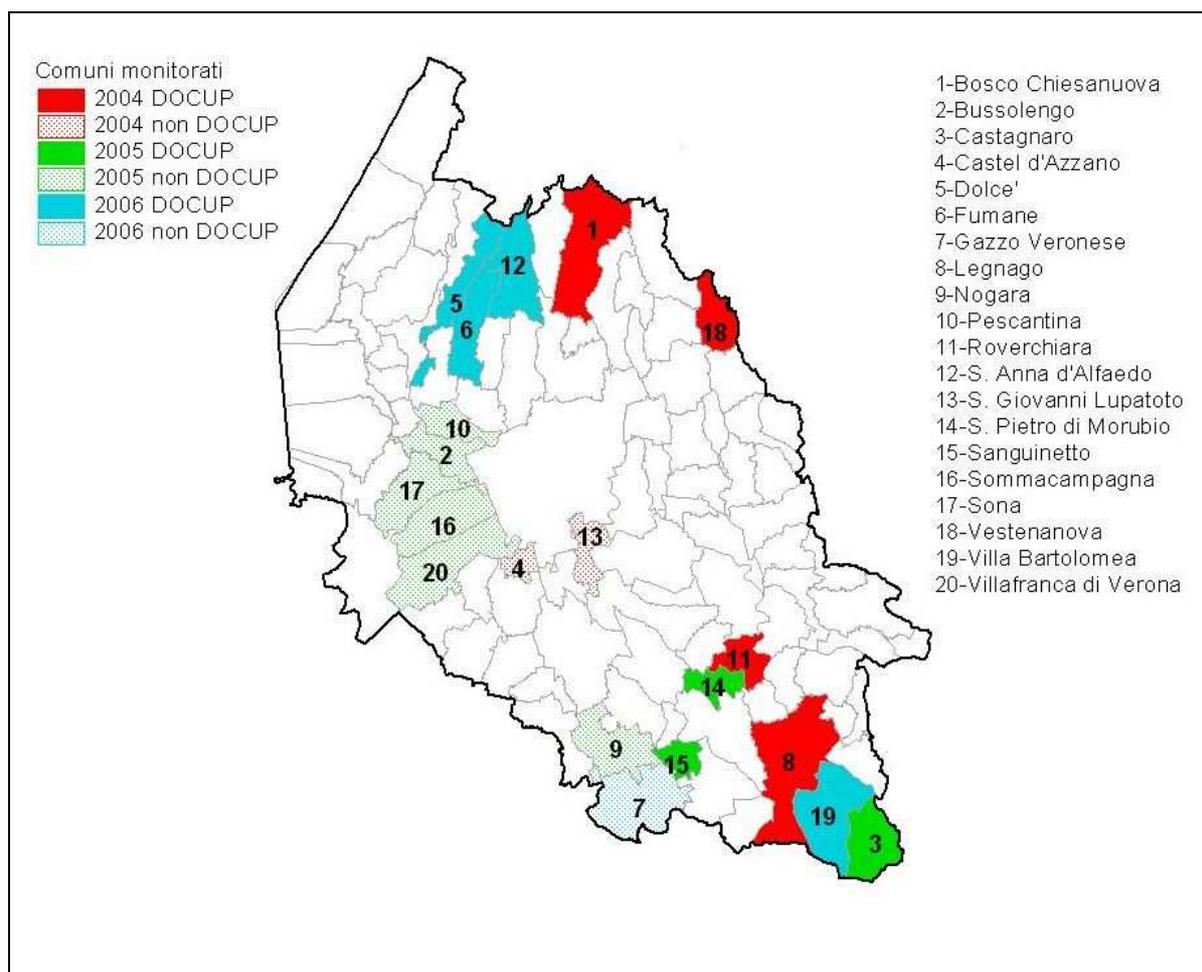


Figura 117 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Verona

In Figura 118 è riportato il confronto per il PM<sub>10</sub> tra i Comuni mappati con le stazioni rilocabili e le centraline fisse di VR-Corso Milano (Stazione di traffico) e di VR-Cason (Stazione rurale).

Poiché le stazioni monitorate sono state distribuite in maniera uniforme lungo i tre anni, si è pensato di valutare l'andamento del PM<sub>10</sub> nel corso di tutto il campionamento dal 2004 al 2006. In primo luogo si può osservare molto bene, visualizzando l'intero periodo, l'andamento stagionale tipico di questo inquinante e le oscillazioni nei Comuni mappati, sostanzialmente coerenti con le centraline.

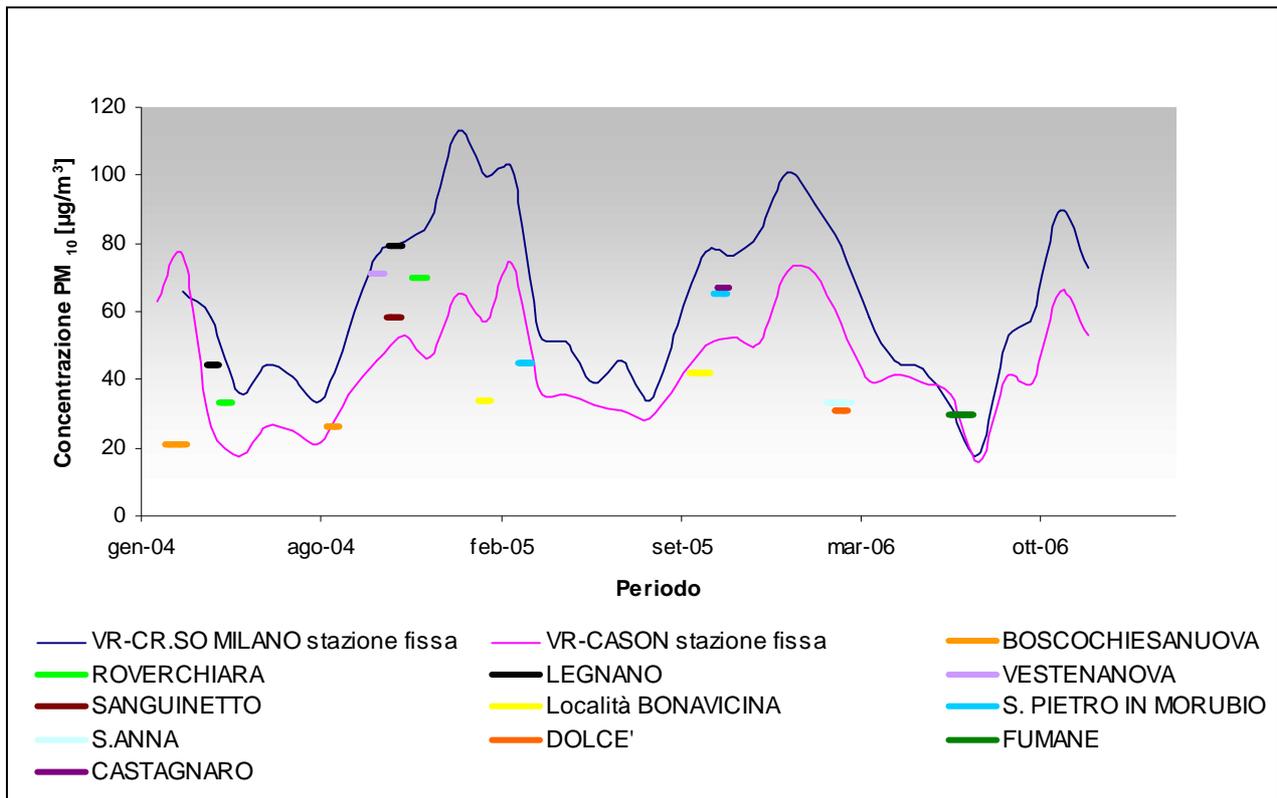


Figura 118 - Confronto tra le concentrazioni medie di  $PM_{10}$  rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e le centraline fisse di VR-Corso Milano e VR-Cason per il triennio 2004-2006

E' importante mettere in evidenza per le centraline fisse che le differenti localizzazioni, come già visto in altre situazioni per il  $PM_{10}$ , non influiscono sull'andamento, ma sui livelli di concentrazione dell'inquinante, costantemente più basso nella zona rurale di Cason. In secondo luogo, così come per le aree remote, durante la stagione estiva in prossimità dei minimi, le concentrazioni delle due stazioni fisse si avvicinano molto verso una sorta di "fondo", mentre le differenze più elevate si notano in prossimità dei picchi. Se si osservano i Comuni mappati si vede che alcuni di essi (Boscochiesanuova, Località Bonavicina, S.Anna e Dolcè) registrano costantemente valori inferiori alla stazione di Verona-Cason, anche per i periodi di picco invernali. Da evidenziare tra queste Boscochiesanuova, che durante le due stagioni di campionamento ha mostrato valori di  $PM_{10}$  quasi costanti, attorno ai  $20-25\mu\text{g}/\text{m}^3$ , notevolmente ridotti, soprattutto per la stagione invernale. Altri Comuni come Roverchiara, Vestenanova, Sanguinetto e Legnano mostrano dati intermedi tra le due centraline fisse, che a tratti sono quasi coincidenti con il centro di Verona (si vedano Legnano e Vestenanova). L'esempio di questa Provincia per il  $PM_{10}$  è essenziale per comprendere ancora una volta la necessità e l'importanza della mappatura delle aree remote, perchè evidenzia nell'ambito di uno studio su vasta scala, aree con caratteristiche diverse, importanti per definire strategie e piani d'azione mirati.

Dato l'approfondimento effettuato per il  $PM_{10}$ , è stato opportuno mostrare l'analisi sui tre anni di monitoraggio, anche per il biossido di azoto (Figura 119). Importante notare che la centralina fissa di Cason presenta ancora un andamento concorde con Verona C.so Milano, ma con tenori di biossido di azoto più bassi, eccettuato per i primi mesi del 2006 quando i due picchi si intersecano. Da osservare per i Comuni mappati la concentrazione piuttosto bassa di Boscochiesanuova, sia nel semestre estivo che in quello invernale, in accordo con i tenori di  $PM_{10}$ . Da segnalare in positivo anche la stazione di S.Anna. In generale si nota che per questo inquinante il resto dei Comuni presenta concentrazioni molto simili alla stazione di background, senza particolari eccezioni.

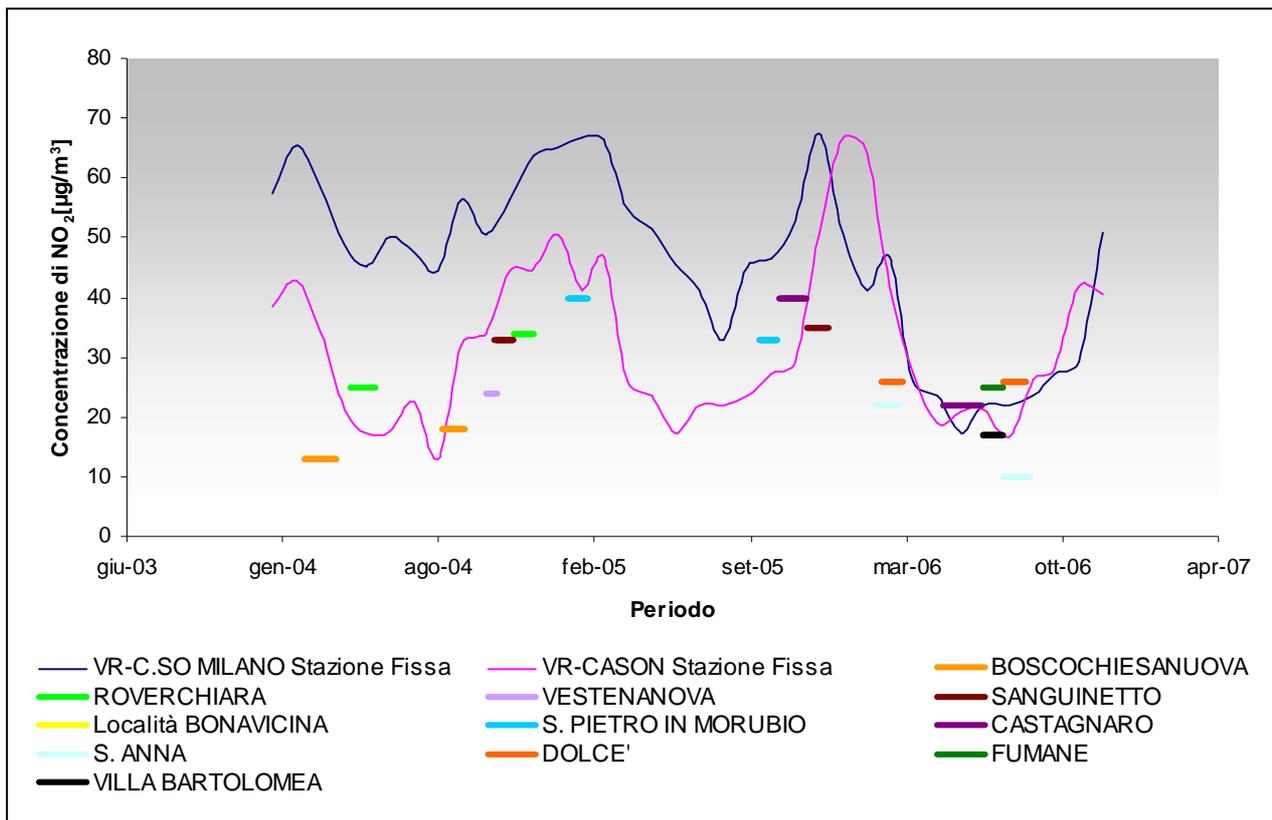


Figura 119 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e le centraline fisse di VR-Corso Milano e VR-Cason per il triennio 2004-2006

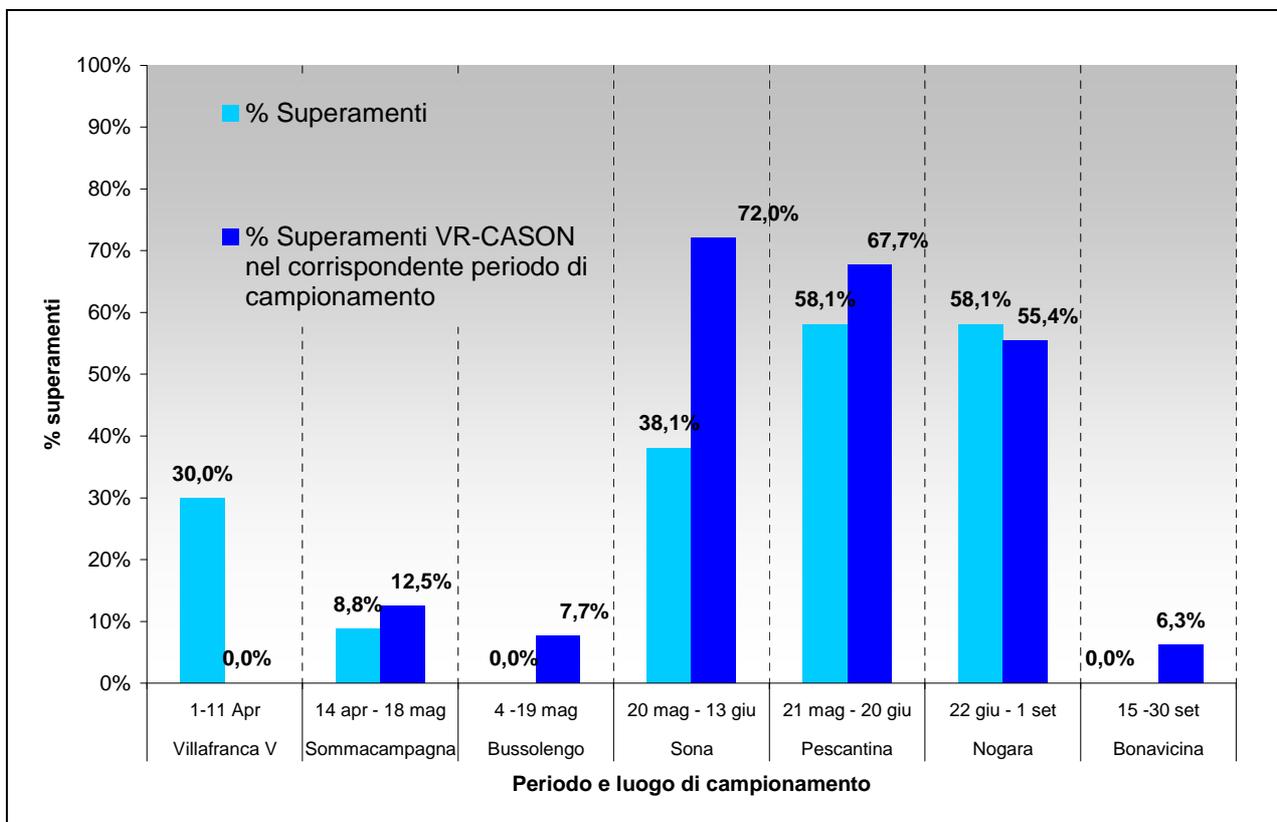


Figura 120 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono (120 µg/m<sup>3</sup>). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

Negli istogrammi in Figura 120 sono state visualizzate le percentuali di superamenti di ozono nelle stazioni mobili e nella centralina fissa di VR-Cason (background rurale). Escludendo Villafranca Veronese si osserva che, prendendo come riferimento una stazione di background rurale, l'ozono mantiene percentuali di superamenti di norma più elevate rispetto alle stazioni mobili. Questo, anche rispetto alle stazioni remote monitorate, potrebbe fornire una conferma della corretta scelta di tenere Cason come riferimento regionale di background per l'ozono. Tra le campagne con stazioni rilocabili è stato condotto a Nogara un monitoraggio su medio periodo, dal 22 giugno al 1 settembre. Le percentuali dei superamenti sono comparabili con la stazione di Cason. Tale aspetto potrebbe essere compatibile con la posizione periferica del Comune di Nogara, distante dal capoluogo di Provincia e da immediate fonti di inquinamento da traffico e in accordo anche con l'ubicazione su microscala in una zona residenziale, lontano da cantieri. Interessante notare che Bussolengo, Sona e Pescantina, presentano invece percentuali di superamento inferiori a Cason, nel caso di Sona addirittura con un valore che è circa la metà rispetto al background. Questi dati possono far ragionevolmente pensare che la posizione di questi Comuni, nell'hinterland veronese, siano maggiormente interessati dall'inquinamento urbano, che favorisce la reazione dell'ozono con altre sostanze legate all'attività umana.

## Vicenza

Nella Provincia di Vicenza sono state utilizzate due stazioni rilocabili, che hanno coperto complessivamente per i tre inquinanti analizzati 14 Comuni.

In Figura 121 sono evidenziati i Comuni mappati con le stazioni rilocabili dal 2004 al 2006 per il territorio provinciale.

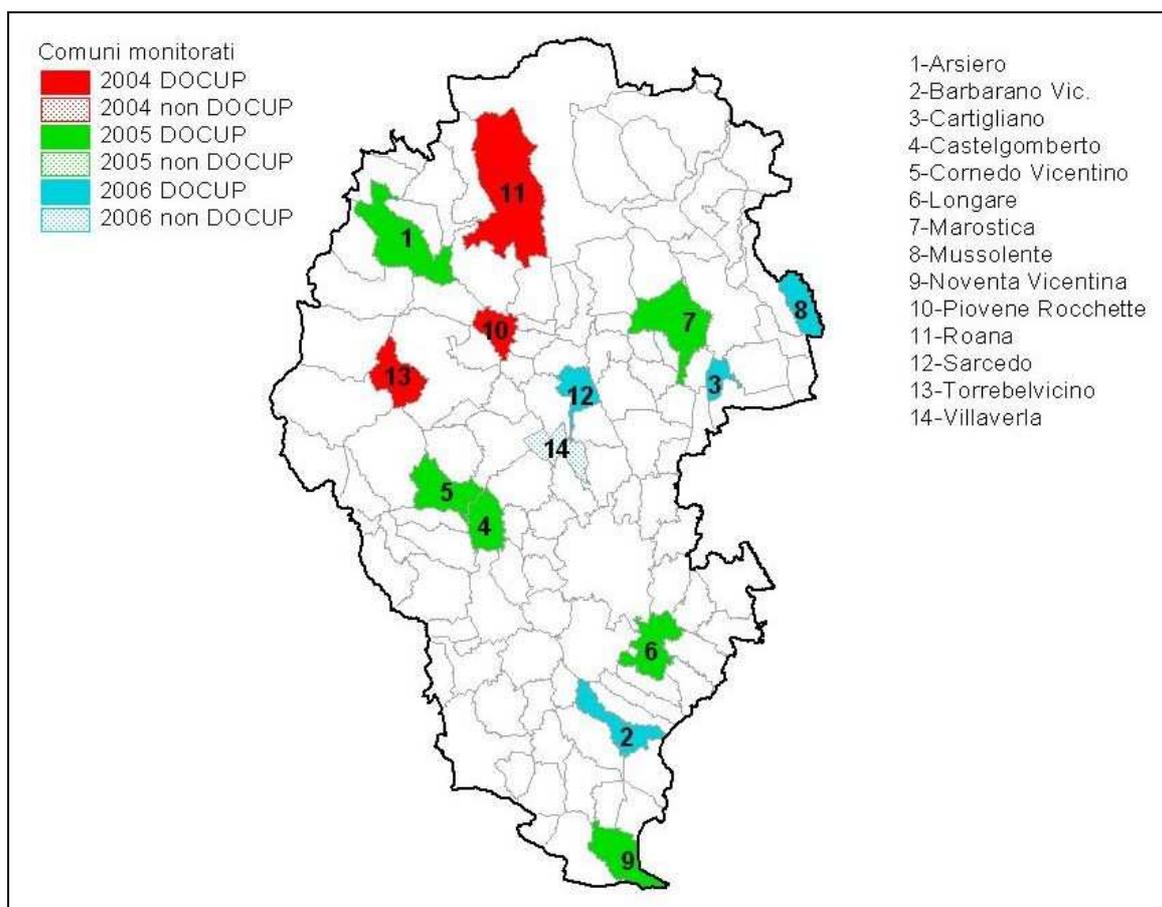


Figura 121 - Ubicazione e anno di monitoraggio dei Comuni mappati in Provincia di Vicenza

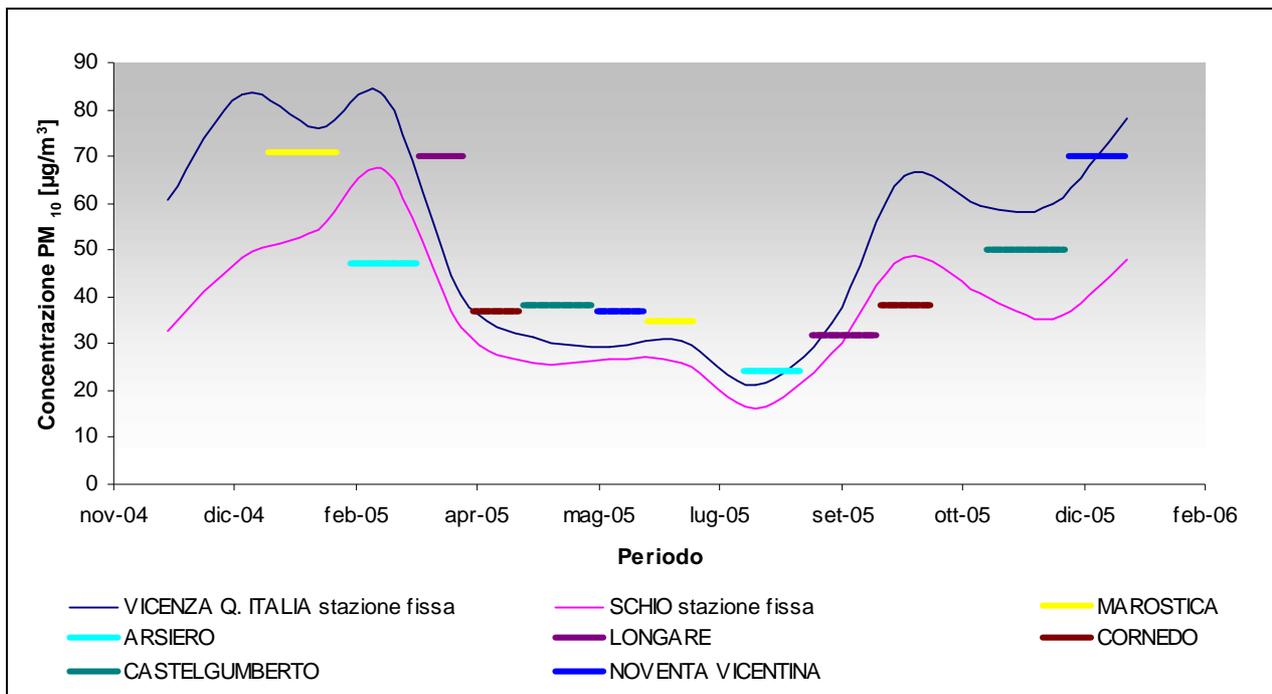


Figura 122 - Confronto tra le concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> rilevate nelle campagne con stazioni rilocabili e le centraline fisse di VI-Quartiere Italia e Schio per l'anno 2005

Il grafico riportato in Figura 122 confronta i valori medi di PM<sub>10</sub> registrati dalle stazioni mobili con gli andamenti annui delle centraline di Vicenza-Quartiere Italia, nel capoluogo di provincia e Schio, considerato un background urbano. L'andamento delle due centraline fisse è confrontabile con quello rilevato in altre province e presenta un andamento "a sacco", con i minimi registrati durante l'estate e i massimi nel semestre invernale. E' interessante osservare che durante la primavera e l'estate i Comuni mappati presentano delle concentrazioni molto simili, superiori ad entrambe le centraline fisse. Nel semestre invernale, il più critico per il PM<sub>10</sub>, si notano le differenze più importanti: Marostica, Longare e Noventa Vicentina sono le stazioni che hanno concentrazioni medie in linea con quelle riscontrate a Quartiere Italia, attorno ai 70µg/m<sup>3</sup>. Per contro Arsiero, situato nella Val d'Astico, registra a febbraio valori medi sotto i 50 µg/m<sup>3</sup>, inferiori a entrambe le centraline fisse.

Il grafico riportato in Figura 123 mostra le concentrazioni medie di biossido di azoto registrate nei Comuni mappati rispetto alle stesse centraline di confronto per le polveri sottili. Si osserva un andamento annuo del biossido di azoto confrontabile con quello del PM<sub>10</sub> nelle stazioni fisse, con i minimi registrati durante il semestre estivo ed i picchi distribuiti nei mesi invernali. Durante tutto l'anno la maggior parte dei Comuni mappati fa registrare dei tenori di biossido di azoto intermedi tra la centralina di Quartiere Italia, con valori più alti, e quella di Schio, con livelli più bassi. Si nota, in analogia con quanto detto per il PM<sub>10</sub>, che i Comuni di Marostica e Longare sono i più simili al capoluogo di provincia, mentre al di sotto delle medie per entrambi i semestri sono da registrare Arsiero e Castelgomberto.

Negli istogrammi in Figura 124 si possono osservare le percentuali di superamenti registrate nelle stazioni mappate, rispetto quelle misurate nella stazione fissa di Schio. In primo luogo si osserva un picco osservato a Schio, tra giugno e luglio, nei mesi più critici per questo inquinante. Il valore massimo su base giornaliera della media mobile a 8 ore è risultato in tutti i giorni del periodo superiore ai 120µg/m<sup>3</sup>. Anche la stazione mobile, ubicata a Marostica, ha raccolto in questo spazio di tempo concentrazioni medie elevate, che hanno portato ad una percentuale di superamenti solo di poco inferiore alla centralina fissa (90%). E' interessante mettere in evidenza che una delle stazioni a più bassi tenori di biossido di azoto, Castelgomberto, abbia per contro una percentuale di superamenti della soglia di ozono quasi doppia rispetto a Schio.

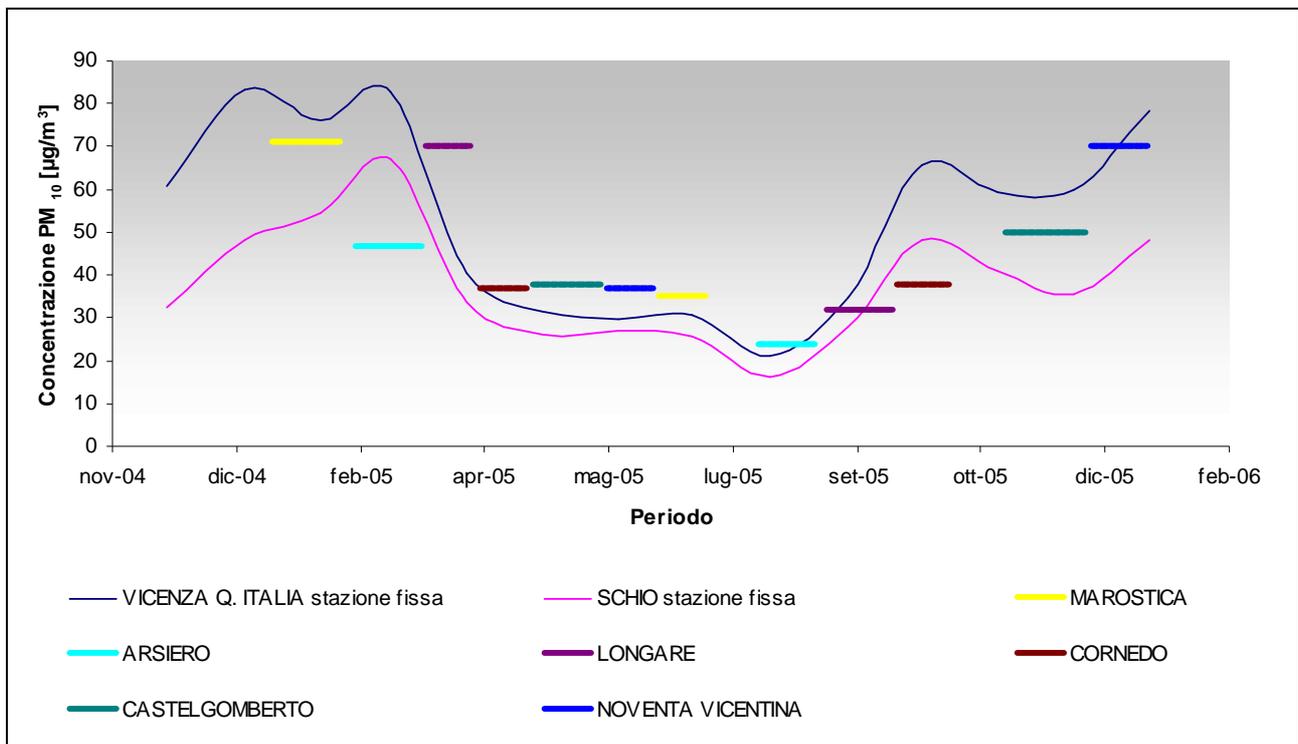


Figura 123 - Confronto tra le concentrazioni medie di biossido di azoto rilevate con stazioni rilocabili e le centraline fisse di Vicenza Quartiere Italia e Schio per l'anno 2005

Anche Arsiero, simile a Castelgomberto per tenori di biossido di azoto, ha una percentuale di superamenti confrontabile con la centralina. Per contro, le stazioni con livelli di biossido di azoto medio-alti, quali Longare e Noventa Vicentina, hanno percentuali di superamenti sempre più basse rispetto al riferimento. Esaminando la Provincia di Vicenza emerge quindi l'importanza di monitorare le aree più lontane dai centri urbani, in linea con quanto era negli obiettivi del presente progetto, per mettere in evidenza situazioni altrimenti non rilevabili con il solo utilizzo della rete fissa.

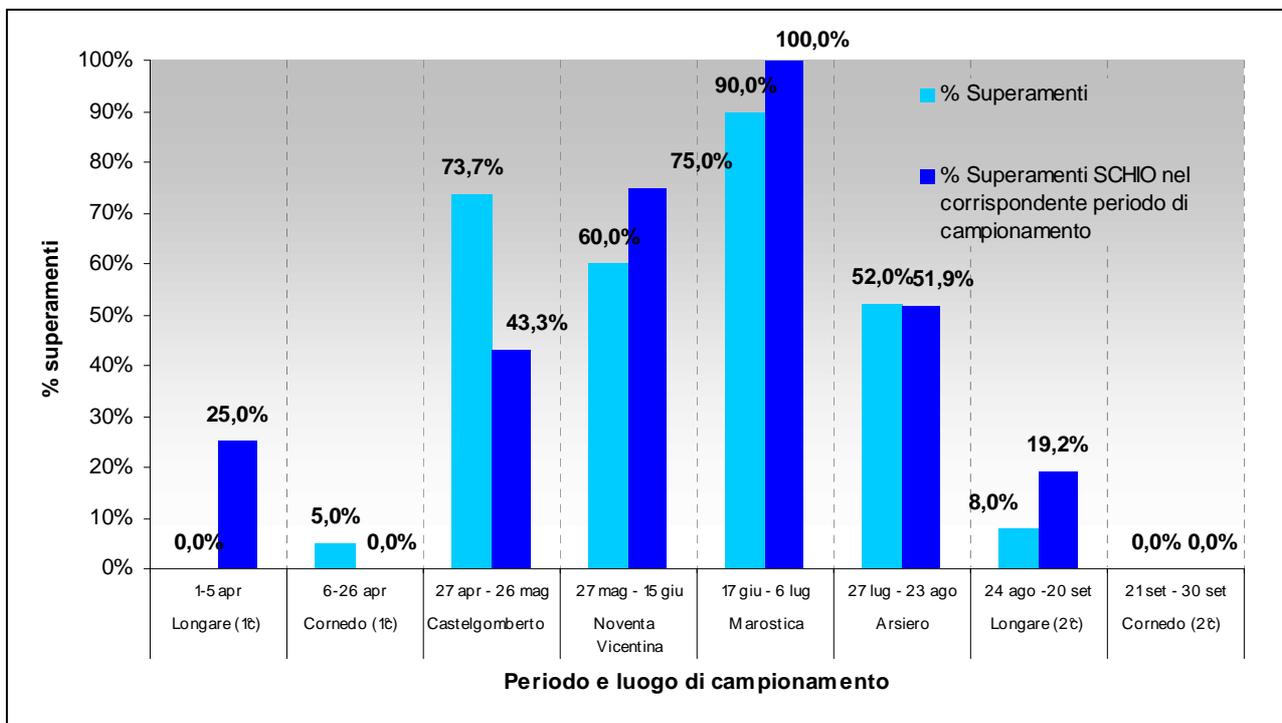


Figura 124 - Percentuale di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per lo stesso periodo vengono confrontate le percentuali di superamento nella stazione mappata (barra azzurra) rispetto a quelle della centralina fissa (barra blu)

### 3.4 Conclusioni

La mappatura delle aree remote, condotta attraverso l'utilizzo di campionatori passivi e di stazioni rilocabili, ha permesso di ottenere una prima stima della qualità dell'aria nelle zone di background del Regione Veneto.

Il monitoraggio con i campionatori passivi è stato attentamente pianificato per avere a disposizione dei dati il più possibile confrontabili tra loro e con le prescrizioni legislative. A questo scopo è stato messo a punto un circuito d'interconfronto tra i Dipartimenti Provinciali di ARPAV ed è stato fissato un protocollo di campionamento su scala regionale, che ha consentito di uniformare i periodi di esposizione degli strumenti e la diffusione omogenea sul territorio. I dati ottenuti con i campionatori passivi per il benzene e il biossido di azoto hanno permesso di calcolare un dato medio rappresentativo di un anno per ogni stazione. Tali risultati, in tutti i 53 Comuni mappati, non hanno messo in evidenza concentrazioni medie superiori ai limiti di legge [2]. Inoltre è importante sottolineare che tutte le stazioni monitorate presentano livelli di benzene e biossido di azoto già in linea con i valori limite per la protezione della salute umana fissati per il 2010 [2].

La valutazione della diversità tra i siti su scala regionale, attraverso un'analisi multivariata, ha dato delle indicazioni di carattere generale sulla diversa influenza degli inquinanti nel territorio regionale. Pur nel pieno rispetto dei limiti di legge, sembrerebbe che le province orientali (Treviso e Venezia) siano maggiormente influenzate dai tenori di biossido di azoto, con concentrazioni medie relativamente basse di ozono. Al contrario, le province occidentali (Vicenza e Verona), sembrano distinguersi per concentrazioni più elevate della media regionale di ozono, con tenori di biossido di azoto minori. Le province di Padova e Rovigo mostrano nelle zone di background concentrazioni medie per i tre inquinanti mappati. Infine la Provincia di Belluno sembra distinguersi per i livelli inferiori alla media, sia di benzene sia di biossido di azoto e ozono.

Le campagne con le stazioni rilocabili hanno fornito un'informazione di tipo diverso, in particolare sulla caratterizzazione dei Comuni monitorati rispetto alla rete fissa. In generale sembrerebbe che i siti abbiano andamenti mediamente confrontabili con le centraline fisse di background. Tuttavia appare abbastanza evidente che le stazioni mappate si distinguono maggiormente dalle centraline durante i periodi "critici" caratteristici di ogni inquinante.  $PM_{10}$  e biossido di azoto diversificano i Comuni mappati in maniera più netta nel semestre invernale, mentre l'ozono troposferico, trascurabile in inverno, contribuisce a differenziare le stazioni durante i picchi estivi. Quest'informazione è importante per diversi motivi. Da un lato sottolinea l'importanza di pianificare periodi di campionamento opportunamente studiati, nell'ambito della limitata permanenza della stazione rilocabile in un sito; d'altro canto emerge l'importanza del monitoraggio su area vasta nel rilevare condizioni della qualità dell'aria specifiche, attribuibili a condizioni locali, che non sempre possono essere desunte dai dati della rete fissa.

Infine, durante le campagne di mappatura delle aree remote è emersa con forza l'importanza di scegliere in maniera corretta i siti per i campionamenti di background. Il rispetto dei criteri illustrati nel paragrafo 3.2.2 è essenziale affinché si possa ottenere un dato che sia rappresentativo di una condizione diffusa, non inficiata da sorgenti di emissione puntuali o occasionali.

### 3.5 Prospettive future

L'azione di mappatura su area vasta, ad integrazione dei dati provenienti dalla rete fissa, è un progetto di grande importanza per monitorare le condizioni e le evoluzioni della qualità dell'aria sul territorio regionale. A tale proposito, grazie all'esperienza del progetto DOCUP, sono stati individuati alcuni punti essenziali per implementare e ottimizzare i progetti futuri di campionamento.

In primo luogo, data l'importanza del sito scelto per il monitoraggio, è auspicabile che vengano raccolte informazioni utili a caratterizzare maggiormente la stazione prescelta, sia per le stazioni rilocabili che per i campionatori passivi. In particolare sarebbero da tenere presenti:

- 1) informazioni topografiche: in primo luogo le coordinate geografiche e l'altitudine. Tali informazioni, ricavabili mediante l'utilizzo di un GPS o della Carta Tecnica Regionale, permettono innanzitutto di individuare con grande precisione all'interno di un Comune la localizzazione della stazione. Questo è importante sia per poter effettuare campionamenti successivi nel medesimo luogo, sia per interfacciare in maniera efficiente i dati del sito con i sistemi di informazione geografica.
- 2) informazioni al contorno: sono dati di estrema rilevanza, poichè servono a interpretare il dato chimico nella maniera più corretta possibile. Per questo motivo, assieme alle informazioni prettamente topografiche, già largamente presenti nei dati utilizzati per il presente lavoro, è opportuno che vengano inserite in futuro anche delle indicazioni specifiche sulla zona. In particolare si fa riferimento per semplicità alla caratterizzazione di zona del documento *Criteria for Euroairnet* [7], che contiene dieci classi con cui definire l'area di studio. Inoltre sarebbe opportuno che, all'occorrenza, venissero indicate dall'operatore particolari infrastrutture o situazioni che possono interferire con le misure.

Per quanto concerne le campagne con i laboratori mobili, come già accennato nel paragrafo 3.1.1, è già in corso un piano per ottimizzare il monitoraggio utilizzando la griglia a maglia 18x18 km già adottata per i campionatori passivi. In particolare è previsto che ogni stazione rilocabile compia durante un anno la mappatura di quattro Comuni, posizionati ai quattro vertici di una cella della griglia. Si prevede di effettuare due periodi di campionamento per ogni stazione, uno per ogni semestre. Si potrà quindi auspicabilmente ricavare per ogni inquinante un valore medio di cella, relativo ad un'ampia zona, come indicato nel D.M. 261/02 [4]. Uniformando i periodi di campionamento durante l'anno per tutta la regione, sarà possibile confrontare tra loro dati di celle diverse e raffrontarli ai limiti posti dalla normativa vigente.

### 3.6 Riferimenti bibliografici

- [1] Decreto Legislativo n° 351 del 4 agosto 1999. Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Gazzetta Ufficiale Italiana n° 241 del 13/10/1999.
- [2] Decreto Ministeriale n° 60 del 2 aprile 2002. Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 87 del 13/04/2002.
- [3] Decreto Legislativo n° 183 del 21 maggio 2004. Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 171 del 23/07/2004.
- [4] Decreto Ministeriale n° 261 del 1 ottobre 2002. Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351. Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 272 del 20/11/2002.
- [5] ISO/IEC GUIDE 43-1, Proficiency testing by interlaboratory comparisons -- Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes, ISO INTERNATIONAL GUIDES, 1997.
- [6] Nimis P.L., Ferretti M., Bini G., Bonannini M., Ferrarese R., Fornasier F., Brunialti G., Corsini A., Giordani P., Isocrono D., Mancini L., Piervittori R., Tretiach M., Visentin R., 2001. I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica, ANPA, Manuali e Linee Guida 2/2001.
- [7] EEA, AA.VV., Criteria for EUROAIRNET, the EEA air quality monitoring and information network, Technical report No.12, 1999.

Altre pubblicazioni consultate:

- ARPAV, Relazione regionale sulla qualità dell'aria, 2005;
- ARPAV, Relazione regionale sulla qualità dell'aria, 2006.

## 4 Biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante la biodiversità dei licheni epifiti

### 4.1 Introduzione

#### 4.1.1 Biomonitoraggio ambientale

Le indagini di biorilevamento della qualità dell'aria consentono di stimare il grado di naturalità/alterazione di un ecosistema e di effettuare valutazioni sui possibili effetti di tipo ambientale ed epidemiologico [1].

I licheni, associazione simbiotica tra funghi ed organismi fotosintetici (cianobatteri e/o cloroficee), in relazione alle loro peculiarità biologiche e morfologiche sono considerati ottimi indicatori della qualità ambientale. Infatti questi organismi sono estremamente esposti e reattivi alla presenza di sostanze tossiche che alterino la composizione atmosferica, in quanto strettamente dipendenti dall'atmosfera sia per l'apporto idrico, sia per la nutrizione minerale e l'apporto di gas (CO<sub>2</sub> per la fotosintesi algale).

Le seguenti peculiarità fisiologiche ed ecologiche contribuiscono a rendere i licheni degli ottimi biomonitori degli effetti dell'inquinamento atmosferico [2]:

- il loro metabolismo è basato sugli scambi gassosi e di nutrienti direttamente con l'atmosfera, grazie alla mancanza di una cuticola superficiale e di un apparato radicale;
- presentano una buona resistenza agli stress ambientali, conseguenza del loro metabolismo particolarmente lento;
- sono caratterizzati da un'ampia distribuzione;
- a differenza delle piante superiori non sono in grado di eliminare le parti intossicate del tallo;
- sono longevi e quindi forniscono informazioni relative a periodi lunghi;
- sono fissi al substrato e testimoniano le condizioni dell'area in cui si trovano;
- presentano un'attività metabolica ininterrotta, anche nel periodo invernale, quando la concentrazione di inquinanti atmosferici raggiunge, ad esempio nelle aree urbane, i massimi livelli.

Le sostanze inquinanti presenti in atmosfera possono provocare, a livello di organismo, danni morfologici fisiologici, funzionali e, a livelli organizzativi più complessi, modificazioni nella composizione od impoverimenti delle comunità licheniche. L'analisi di queste variazioni, eseguita con differenti tecniche e strumenti, consente di trarre utili indicazioni per il controllo biologico dell'ambiente soprattutto per quanto riguarda il comparto aria [3, 4].

In particolare la valutazione quali e quantitativa della diversità delle comunità licheniche (bioindicazione) è, ad oggi, una delle procedure di biorilevamento più accreditate ed utilizzate a livello nazionale ed europeo [5, 6].

Le prime osservazioni empiriche sul deperimento dei licheni in aree soggette a inquinamento atmosferico risalgono alla metà dell'Ottocento [7]. Verso la fine degli anni '20 del Novecento studi condotti nel Nord Europa evidenziarono la graduale scomparsa di licheni epifiti nel centro di molte città [8]. Agli inizi degli anni '70 venne dimostrata una correlazione tra la presenza di determinate specie licheniche e le concentrazioni di SO<sub>2</sub> [9]. A queste prime importanti osservazioni seguì in Europa, a partire dalla fine degli anni '80, un percorso di ricerca volto allo sviluppo di una metodica riproducibile per l'utilizzo della biodiversità dei licheni epifiti come indicatore della qualità dell'aria. Ricercatori elvetici misero a punto un metodo, denominato Index of Atmospheric Purity (IAP), i cui risultati esibivano una predittività molto elevata [10, 11, 12]. All'inizio degli anni '90 l'applicabilità del metodo IAP venne testata in Italia e particolarmente in Liguria e in Veneto [13, 14, 15]. La principale variazione metodologica apportata al metodo svizzero consisteva nella sostituzione del reticolo a maglia variabile, le cui dimensioni variavano con il diametro del tronco, con un reticolo a maglie di dimensioni fisse (50x30 cm; 10 maglie).

Il metodo così modificato si basa su una misura di un indice di biodiversità lichenica su substrati arborei (IBL), calcolato come somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a dieci maglie di area costante posizionato nel punto di massima biodiversità lichenica [2]. L'IBL misurato risulta correlato alla concentrazione delle principali sostanze inquinanti presenti in atmosfera, principalmente SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>: la predittività, misurata sperimentalmente in alcuni lavori [13, 16], è circa del 98%. Con questo metodo è possibile ottenere informazioni indicative dello stato di alterazione ambientale e delle sue evoluzioni sulla base della biodiversità lichenica del territorio in esame associando un giudizio di naturalità ad aree con alta biodiversità lichenica e un giudizio di alterazione ad aree con bassa biodiversità lichenica.

Questa metodologia divenne di uso diffuso sul territorio italiano in numerose campagne di biomonitoraggio promosse dall'APAT e da diverse ARPA regionali a diverse scale territoriali [es. 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Con il procedere degli studi vennero evidenziati alcuni limiti applicativi e teorici di tale protocollo legati alla soggettività insita in alcune fasi del metodo quali la strategia di campionamento adottata, la scelta degli alberi da campionare ed il posizionamento del reticolo sul tronco.

Nel corso di un workshop internazionale svoltosi a Pembroke (Galles) nell'estate 2000, l'esperienza italiana nel settore è stata messa a confronto con altri tipi di approcci sviluppati in Europa e negli Stati Uniti [23]. A seguito di questo incontro si decise, in ambito italiano, di procedere alla stesura di linee-guida sul biomonitoraggio mediante licheni al fine di migliorare la riproducibilità e l'affidabilità delle pratiche di biomonitoraggio. Il lavoro, promosso dall'ANPA, è culminato nella proposta di un protocollo nazionale [24] le cui linee di base sono condivise anche a livello europeo [25]. Questo protocollo è oggi considerato un valido strumento di valutazione dell'alterazione ambientale a diverse scale territoriali: regionale [26, 27, 28] provinciale [29, 30] ed urbana [31, 32].

#### 4.1.2 Dati pregressi in Veneto

Le prime indagini di biomonitoraggio condotte nel Veneto risalgono a quasi trent'anni fa [33, 34] e dall'inizio degli anni novanta (vedi Tabella 42) sono stati condotti una serie di lavori che hanno costituito un patrimonio tale da favorire la messa a punto della metodologia ANPA. A questo scopo nel Veneto è stata installata il primo prototipo di rete di biomonitoraggio dell'aria, sia a livello di bioindicazione tramite licheni epifiti, sia per quanto riguarda il bioaccumulo di metalli.

Inoltre in questa regione è stato condotto un apprezzabile studio epidemiologico [35] dove è stata dimostrata una correlazione inversa tra biodiversità lichenica e mortalità dovuta a cancro polmonare, suggerendo un'elevata predittività dei valori di biodiversità lichenica rispetto a misure strumentali.

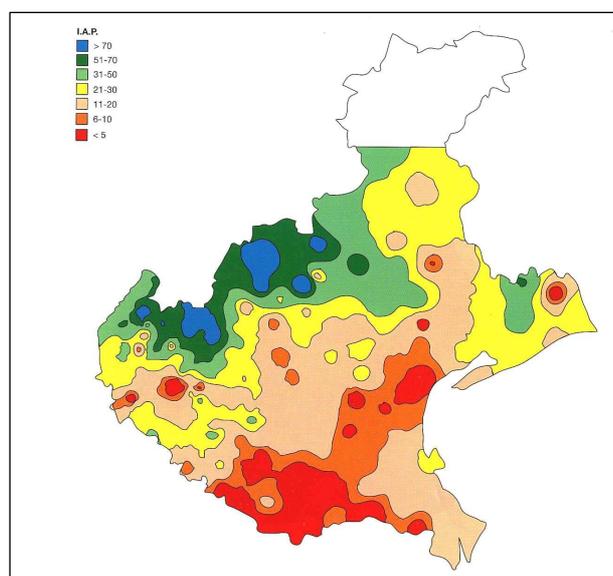


Figura 125 - Campagna di biomonitoraggio del 1989-1990  
(Fonte Morandi, 1998)

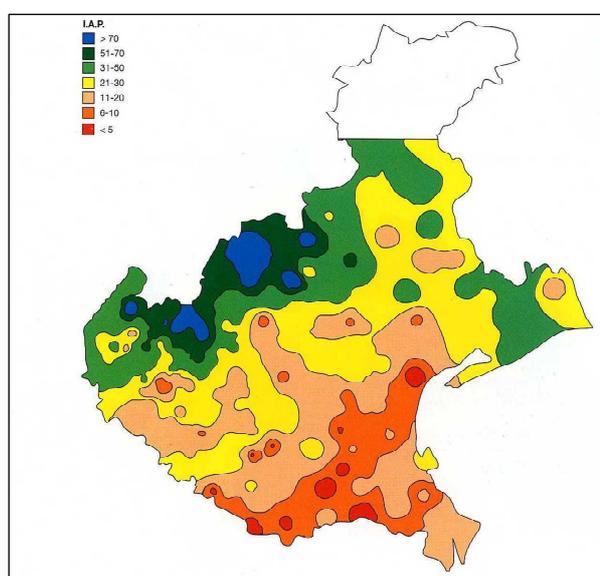


Figura 126 - Campagna di biomonitoraggio del 1995  
(Fonte Morandi, 1998)

Un importante lavoro di bioindicazione è stato condotto nel vicentino (Thiene, Breganze, Schio) nel 1989 [15], seguito da due campagne (1989-1990 e 1995) estese a tutto il Veneto [36, 37]. Nella Figura 125 e 126 si riportano le mappe di distribuzione dell'indice IAP riferite alle due campagne fatte negli anni '90.

Successivamente sono stati condotti diversi studi a livello locale che hanno permesso una buona caratterizzazione del territorio per quanto riguarda la qualità dell'aria. Nella Tabella 42 si riportano, a titolo esemplificativo, alcuni studi.

Tabella 42 - Indagini di biomonitoraggio (bioindicazione - BI e bioaccumulo – BA) nel Veneto (1989-2006)

Periodo	Zona	Provincia	Tipo	Strumento	n° stazioni	n° specie	Parametro	Metodo	Riferimento bibliografico
1989	Breganze-Thiene-Schio	Vicenza	BI/BA	licheni epifiti/ <i>Parmelia subrudecta</i>	137/27	59	IAP/ metalli	Nimis 1989	[15]
1989/90	Veneto		BI	licheni epifiti	662	45	IAP	Nimis 1989	[36]
1994/95	Veneto		BI/BA	licheni epifiti/ <i>Xanthoria parietina</i>	164/199	45	IAP/ metalli	Nimis 1989	[37]
1997	Altopiano del Cansiglio	Belluno	BI/BA	licheni epifiti/ <i>Parmelia sulcata</i>	43/21	62	IAP/ metalli	Nimis 1991	[38]
1999/02	Cà del Bue	Verona	BI/BA	licheni epifiti	14/11	25	IAP/ metalli	Nimis 1989, 1999	[39]
2000	Longaronese	Belluno	BI	licheni epifiti	28	39	BL	Nimis 1989, 1999	[40]
2000	Alto Polesine	Rovigo	BI/BA	<i>Xanthoria parietina</i>	15/9	nc	BL	Nimis 1989, 1999	[41]
2000	Entroterra Veneziano	Venezia	BI/BA	licheni epifiti/ <i>Xanthoria parietina</i>	67/92	34	BL/ metalli	Nimis	[42]
2002	Feltrino e Longaronese	Belluno	BA	<i>Xanthoria parietina</i>	18	0	metalli	Nimis, Bargagli 1999	[43]
2004	Sinistra Piave	Treviso	BI	licheni epifiti	17	25	IBL	ANPA 2001	[44]
2006	Bacino Scolante in Laguna di Venezia	Venezia	BI	licheni epifiti	3	13	IBL	ANPA 2001	[45]

## 4.2 Metodologia

### 4.2.1 Pianificazione dell'indagine

L'Osservatorio Regionale Aria dell'ARPAV è stato individuato come soggetto coordinatore del progetto in tutte le sue tappe.

La prima fase del lavoro è stata caratterizzata da una attenta valutazione della situazione iniziale nell'ottica degli obiettivi del Programma DOCUP. Nel Complemento di Programmazione del DGR n.305/2001 - Allegato 3, vengono elencati distintamente i comuni ammissibili all'Obiettivo 2 (2000-2006) e al Sostegno Transitorio (2000-2005), comuni su cui ricadeva la scelta principale per le attività di monitoraggio.

Tuttavia, nel rispetto dell'equilibrio costi-benefici, è stato necessario effettuare una selezione, il cui risultato è presentato nella Tabella 43.

Tabella 43 - Suddivisione dei comuni nel Veneto

Provincia	Sostegno transitorio (2000-2005)	Ammissibili all'Obiettivo 2 (2000-2006)	Interessati da campagne strumentali effettuate (fino al 2004)	Interessati da campagne strumentali programmate (dopo il 2004)	Sede di stazioni fisse RRQA (2004)
Belluno	0	64	10	0	4
Padova	19	33	14	3	6
Rovigo	1	49	2	0	5
Treviso	42	2	6	13	5
Venezia	16	8	20	5	5
Verona	15	23	23	10	4
Vicenza	49	25	28	0	5
<b>totali parziali</b>	93	179	75	31	29
<b>totali</b>	<b>346</b>		<b>135</b>		
<b>da monitorare</b>	<b>211</b>				

I dati forniti dai Dipartimenti Provinciali riguardanti le attività effettuate e quelle programmate nell'immediato futuro hanno permesso di selezionare i comuni già monitorati o di prossimo monitoraggio strumentale con stazioni mobili. Inoltre sono stati considerati nella scelta i comuni che ospitano stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA). Pur tenendo conto di tutto ciò rimaneva un numero molto consistente di comuni privi di dati relativi alla valutazione della qualità dell'aria.

L'adozione della rete ANPA 18x18 km permetteva, a livello nazionale, l'applicazione di una metodologia accettata, generando così informazioni confrontabili con analoghe iniziative in altre regioni e, in ambito locale, consentiva di ottenere una valutazione contemporanea della qualità dell'aria dell'intero territorio veneto su maglia regolare.

Sebbene solo il 63% delle 54 stazioni della rete ANPA ricadesse in comuni DOCUP (Tabella 44) l'esito di un'indagine estesa a tutto il Veneto avrebbe restituito un'informazione molto più significativa ed uniforme.

La messa a punto della rete regionale 18x18 km inoltre, una volta risolti i problemi riguardanti gli aspetti cartografici (cfr. par. 4.2.3), avrebbe rappresentato uno strumento utile anche ad altri ambiti del monitoraggio, come ad esempio nelle campagne condotte con i radielli per il monitoraggio di ozono, ossidi di azoto e benzene (si veda capitolo 3).

Tabella 44 - Suddivisione delle stazioni di biomonitoraggio in rapporto ai comuni DOCUP e non DOCUP

Provincia	Comuni a sostegno temporaneo	Comuni eleggibili	Comuni non DOCUP	Totale
Belluno	0	8	2	10
Padova	3	3	3	9
Rovigo	0	5	0	5
Treviso	2	0	6	8
Venezia	2	1	1	4
Verona	1	2	6	9
Vicenza	3	4	2	9
<b>totale</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>54</b>

Il metodo ANPA, suggerendo una distanza internodo di 18 chilometri, potrebbe sembrare, insufficiente per caratterizzare adeguatamente un territorio come il Veneto che si presenta molto variegato in quanto a caratteristiche orografiche.

Nella Figura 127 si riportano i punti di campionamento delle due precedenti campagne regionali. Come si può notare il numero di rilievi, specialmente per la prima campagna (1989-1990), è molto elevato mentre per la seconda campagna i punti si presentano distribuiti in modo più regolare sul territorio, ma a densità diversa (osservare la diversità tra la Provincia di Verona, in colore rosa e quella di Belluno, in colore giallo).

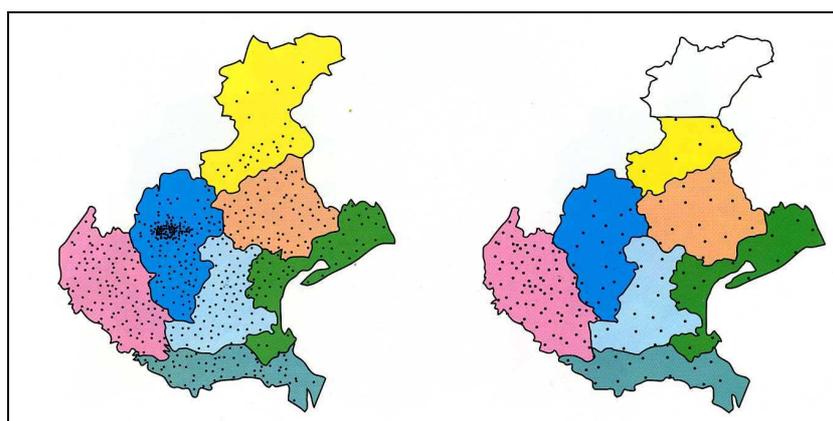


Figura 127 - Distribuzione dei punti di biomonitoraggio nelle due campagne regionali: 1989-90 a sinistra; 1995 a destra (Fonte Morandi, 1998)

E' stato dimostrato che la regolarità della maglia compensa la rarefazione del numero di stazioni nel territorio. Classicamente un'adeguata densità di campionamento è rappresentata dalla formula:

$$n = \left[ t\alpha \frac{CV}{E} \right]^2$$

dove:

n numero di unità di campionamento;

t t Student fissato al livello di probabilità p, tipicamente p=0.05, t=1.96;

CV coefficiente di variazione %;

E errore relativo (% della media).

Come si può vedere dalla Figura 128 una griglia di 18x18 km rappresenta un buon compromesso tra errore relativo e abbondanza di stazioni [46].

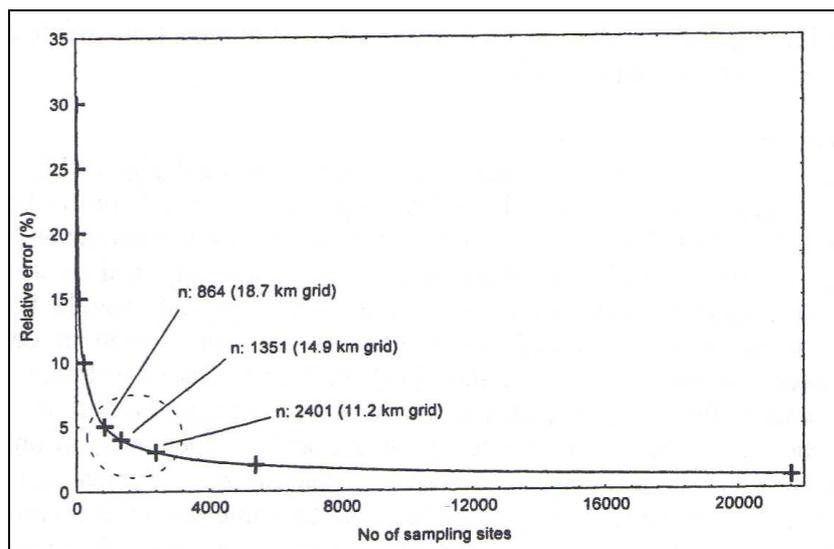


Figura 128 - Andamento dell'errore relativo in rapporto al numero di siti campionati

Nella Figura 129 si riporta la localizzazione delle stazioni prese in considerazione nell'organizzazione della presente campagna evidenziando in rosso quelle esterne ai confini regionali. Sono indicati in giallo i comuni ammissibili all'Obiettivo 2 (2000-2006) e in verde quelli al Sostegno Transitorio (2000-2005) [P27].

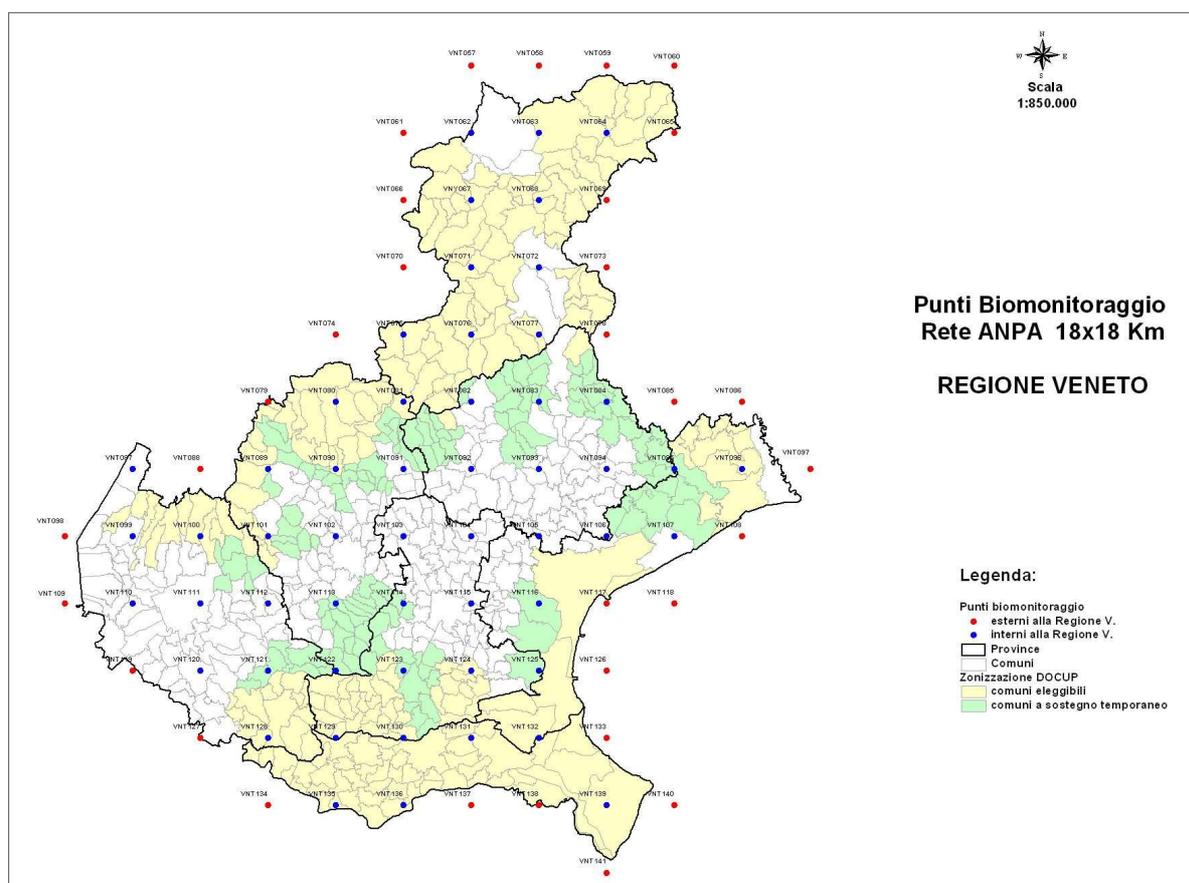


Figura 129 - Distribuzione delle stazioni di biomonitoraggio in rapporto alla classificazione DOCUP dei comuni

Inoltre particolare attenzione è stata data alla formazione e sostegno del personale, la messa a punto di strumenti operativi e gli aspetti legati alla qualità, che verranno dettagliati nei paragrafi seguenti.

#### 4.2.2 Metodologia ANPA

Il sistema di campionamento nazionale proposto dall'ANPA [24] è applicato sul territorio nazionale con un criterio di individuazione basato su una griglia a maglie quadre, concepito in modo tale da consentire, con la semplice variazione della densità di campionamento, l'integrazione nella rete nazionale di reti di biomonitoraggio a diverse scale territoriali, da sub-comunale a regionale. Il sistema si basa su *Unità di Campionamento Primarie* (UCP), formate da un campione del totale delle celle territoriali costituenti la popolazione di interesse, e su *Unità di Campionamento Secondarie* (UCS), da selezionare all'interno delle UCP.

Nella rete nazionale la selezione delle UCP avviene in maniera sistematica utilizzando una griglia di 18x18 km che si sviluppa seguendo le direzioni Nord-Est-Sud-Ovest. Applicando tale griglia alle coordinate dei punti centrali dei quadrati di 1 km<sup>2</sup> si ottiene il campione di UCP su cui effettuare i rilievi, per un totale di 929 punti per l'intero territorio italiano. Ciascuna UCP è definita dalle coordinate del suo punto centrale e da un codice avente numerazione progressiva da 001 a 929. Il manuale ANPA [24] - al quale si rimanda per maggiori approfondimenti - illustra sia la rete di siti di campionamento che i principi che hanno portato alla sua definizione, inoltre riporta la lista di coordinate che individuano il centro dei siti di campionamento di interesse nazionale suddivisi per regione, come raffigurato nella Figura 130.

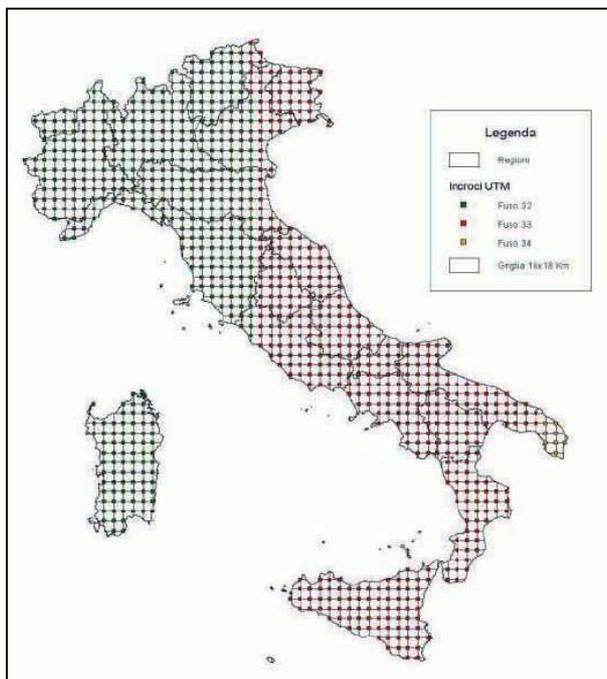


Figura 130 - Rete Nazionale. Stazioni di rilevamento di 1 km<sup>2</sup> distribuite sul territorio secondo un criterio statistico ed individuate da una griglia 18x18 km (Fonte Manuale ANPA)

La selezione degli alberi da campionare in ciascuna UCP si effettua nelle UCS individuate internamente alle UCP. UCP ed UCS sono quindi porzioni di territorio con superficie e forma definite all'interno delle quali, seguendo procedure standard (e selezionando un campione di alberi compreso tra 1 e 12 a seconda della disponibilità di alberi in possesso delle caratteristiche di rilevabilità), vanno individuati gli elementi su cui eseguire il rilevamento dell'IBL. UCP ed UCS hanno lo scopo di assicurare l'uniformità di selezione e l'omogeneità della distribuzione del campione.

La forma delle UCP è quadrata, le loro dimensioni variano, a seconda delle scale territoriali, da 1x1 km a 250x250 m. La Figura 131 mostra come le UCS siano costituite da aree circolari di raggio pari a 125 m e superficie di circa 4,9 ettari (0,049 km<sup>2</sup>), che costituiscono un sottocampione di ciascuna UCP. Lo scopo delle UCS è di conferire maggiore robustezza al dato di BL, indagando omogeneamente il territorio dell'UCP stessa. In ciascuna UCP di 1 km<sup>2</sup> vengono installate 4 UCS, una per ciascun quadrante (NE, SE, SW e NW).

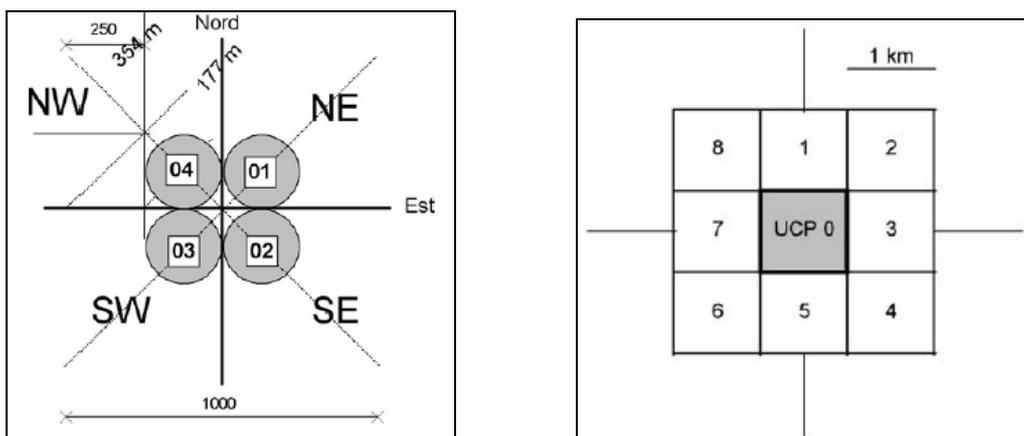


Figura 131 - Schema delle UCS e della loro disposizione teorica all'interno dell'UCP (a sinistra). Ordine delle sostituzioni della UCP qualora quella originariamente selezionata (UCP 0) risultasse non campionabile. I numeri 1-8 indicano la progressione dei tentativi (a destra) (Fonte Manuale ANPA)

La selezione delle UCS si svolge procedendo dal quadrante NE in senso orario sino al quadrante NW della UCP. Il centro delle UCS è situato ad una distanza di 177 m da quello della UCP sulle direzioni azimutali di 45° (Nord-Est)-135° (Sud-Est)-225° (Sud-Ovest)-315° (Nord-Ovest). L'UCS localizzata sulla direzione NE prende il codice 01, quella sulla direzione SE il codice 02, quella sulla direzione SW il codice 03 e quella sulla direzione NW il codice 04. Qualora fosse necessario sostituire una UCS su una posizione diversa dello stesso quadrante la nuova UCS prende il codice 11, 12, 13,..., 41, 42, 43,..., a seconda che il quadrante interessato sia NE, SE, SW o NW rispettivamente; come di seguito raffigurato.

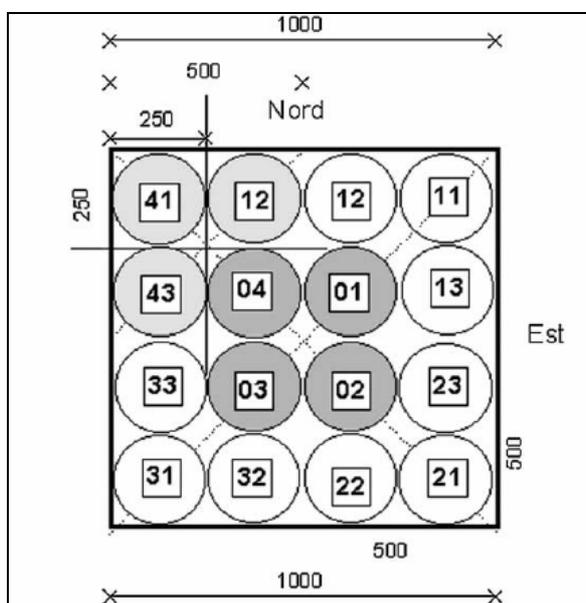


Figura 132 - Schema completo di tutte le possibili posizioni delle UCS di prima (01-04, in grigio scuro) o di seconda selezione (11-13; 21-23; 31-33; 41-43, in bianco) (Fonte Manuale ANPA)

Per la pianificazione del lavoro in campo la prima attività consiste nella determinazione delle UCP da monitorare, che avviene preventivamente sulla carta, utilizzando i punti della griglia aventi le coordinate note. Ogni UCP è definita da un quadrato di 1 km di lato centrato sull'incrocio delle coordinate x,y e viene identificata con la sovrapposizione della cartografia di base utilizzando la Carta Tecnica Regionale (CTR). L'utilizzo del Geographical Information System (GIS) consente la sovrapposizione di più livelli (o "layer") con la rappresentazione sia dei tematismi della cartografia che della griglia riportante il centro ed i limiti delle UCP e delle UCS. La localizzazione di queste ultime è necessaria in quanto, come è già stato detto in

precedenza, al suo interno avviene la selezione del campione di alberi (compreso tra 1 e 12) in possesso delle caratteristiche di rilevabilità. La scelta degli alberi su cui effettuare il rilevamento è basata sul criterio oggettivo di distanza dal centro della UCS stessa. Si selezionano i tre alberi più vicini al centro dell'UCS in grado di presentare i requisiti standard previsti dal protocollo (si considerano interni alla UCS anche gli alberi situati sulla linea del perimetro). Ciascun albero campione individuato dovrà essere georeferenziato e tale operazione potrà essere effettuata con apparecchiatura Global Positioning System (GPS) oppure direttamente sul campo con posizionamento su supporto cartaceo ed in seguito trasferimento sulla cartografia georeferenziata (ad esempio con l'utilizzo di un software GIS).

La metodologia ANPA consiglia di riportare sulla scheda di campionamento una mappa schematica dell'UCS per facilitare il ritrovamento degli alberi in campagne successive. In merito al numero minimo di alberi per singola UCS è necessario che questa abbia almeno un albero nelle condizioni di rilevabilità; per essere considerata rilevabile è necessario che ogni UCP abbia almeno una UCS rilevabile; se tra le UCS una sola è rilevabile questa deve avere 3 forofiti.

E' quindi possibile che in alcune UCP non si possa procedere al rilevamento. In tali casi è possibile spostare l'UCP originaria su una cella territoriale contigua. La ricerca di UCP alternative è limitata alle 8 celle territoriali di 1 km di lato contigue a quella originariamente selezionata, per limitare un'eccessiva distorsione della geometria dello schema di campionamento. La procedura di spostamento consiste nella ricerca di condizioni di rilevabilità in ciascuna delle 8 celle contigue alla UCP originaria, secondo la sequenza Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ovest, Ovest, Nord-Ovest (senso orario), come precedentemente descritto e rappresentato in Figura 132. Questa procedura di spostamento/sostituzione va adottata in ogni caso quando non si manifestino le condizioni di rilevabilità sulle UCS originariamente identificata. Una UCP è considerata rilevabile se almeno su uno dei quattro quadranti è possibile installare una UCS. Tuttavia, il fatto di incontrare tali condizioni subito al primo quadrante (es. in uno dei settori 01, 11, 12, 13) non esime dall'esaminare le eventuali altre possibili UCS nei quadranti rimanenti.

#### **4.2.3 Elaborazione della cartografia regionale**

Nella metodologia ANPA i punti di biomonitoraggio sono individuati da uno specifico codice e georeferenziati con il sistema di riferimento Universal Transverse Mercatore (UTM). In questo sistema di riferimento l'Italia è compresa tra i fusi 32 e 33 (34 per una piccola porzione della Regione Puglia) e molte regioni si trovano nella zona di sovrapposizione dei due fusi (Trentino Alto Adige, Emilia-Romagna, Toscana, Lazio e Puglia), ma solo nella Regione Veneto il problema è così marcato, infatti i punti di campionamento previsti da ANPA cadono per metà nel fuso 32 e per metà nel fuso 33 (Figura 130).

La necessità di costruire una griglia a maglie quadre di 18 km di lato (quindi ortogonale) come indicato dal sistema di campionamento nazionale, ha obbligato alla scelta di un unico fuso di riferimento per la proiezione dei punti centrali delle UCP, cioè alla scelta di "riproiettare" i punti georeferenziati nel fuso 32 verso il fuso 33 o viceversa. Tale operazione ha fatto emergere una incongruenza nelle coordinate dei siti della rete nazionale IBL individuata dall'ANPA in quanto i punti riferiti al fuso 32 presentavano longitudine maggiore dei punti riferiti al fuso 33 (è esatto il contrario) comportando una restituzione grafica inesatta.

I siti ricadenti all'interno del territorio regionale sono stati, necessariamente, oggetto di una accurata operazione di conversione, al fine di predisporli nel sistema di riferimento Gauss-Boaga, scelto come standard ufficiale della Regione Veneto dalla Segreteria Regionale per il Territorio – Servizio Cartografico.

Si ricorda che il sistema di riferimento Gauss-Boaga è basato su un tipo di proiezione cilindrica trasversa di Mercatore simile al sistema di riferimento UTM, con la differenza di essere riferita al meridiano passante per Roma Monte Mario (posto a 12° 27' 08" 40 ad Est di Greenwich) e non al meridiano centrale di Greenwich. Anche in questo sistema l'Italia risulta divisa tra il fuso est ed il fuso ovest e nella regione Veneto si trova proprio la zona di sovrapposizione dei due fusi. La scelta del fuso ovest come fuso di riferimento per la proiezione dei punti centrali delle UCP della griglia ortogonale di 18 km consente, inoltre, la sovrapposizione

con la Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) in formato vettoriale georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss-Boaga Ovest (GBO).

Consultazioni interne all'Agenzia hanno portato ad elaborare una serie di possibili griglie nel sistema di riferimento GBO in grado di mantenere una stretta relazione con l'origine dei punti (UTM fuso 32-33) ma senza garantire l'ortogonalità della maglia quadrata di 18 km di lato imposta dall'ANPA (come rappresentato nell'immagine sinistra della Figura 133). Il risultato era la massima coincidenza per i punti di ID ANPA 76-79 in provincia di Belluno ma contemporaneamente la massima divergenza per i punti di ID ANPA 223-125 in provincia di Rovigo, posti ad una distanza tra loro di circa 10 km anziché coincidenti; cioè i punti della griglia scelta non mantenevano l'equidistanza. E' stato quindi deciso di costruire due griglie a maglia quadrata di 18 km di lato nel sistema di riferimento GBO originate rispettivamente dai punti UTM fuso 32 e 33 e di analizzare la zona di sovrapposizione tra le due (come rappresentato nell'immagine destra della Figura 133).

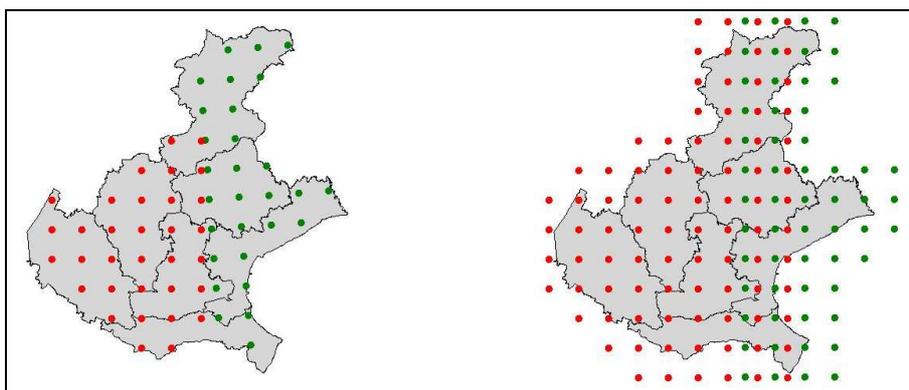


Figura 133 - Proiezione dei punti della rete ANPA nazionale appartenenti alla Regione Veneto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga ovest. Possibili elaborazioni

La seconda elaborazione ha portato alla scelta di un punto prossimo alla zona di sovrapposizione dei due fusi est ed ovest in grado di garantire la massima precisione, e quindi la minima distorsione implicata dal cambio di proiezione, che fosse baricentrico per la Regione Veneto non solo in direzione est-ovest ma anche in direzione nord-sud. Tale punto sarebbe stato parte della griglia di 18x18 km a partire dal quale costruire l'ortogonalità della rete regionale di campionamento. E' stato scelto il punto di ID ANPA 75 posto in provincia di Belluno, inizialmente georeferenziato in sistema di riferimento UTM fuso 32, come evidenziato nella Figura 134. A partire da questo punto è stata creata la "nuova griglia ANPA" 18x18 km e i punti sono stati numerati con ID progressivi >75 per i punti che seguono il punto scelto (procedendo da sinistra a destra e dall'alto al basso) e con ID progressivi <75 per i punti che precedono il punto scelto (procedendo da destra a sinistra e dal basso verso l'alto).

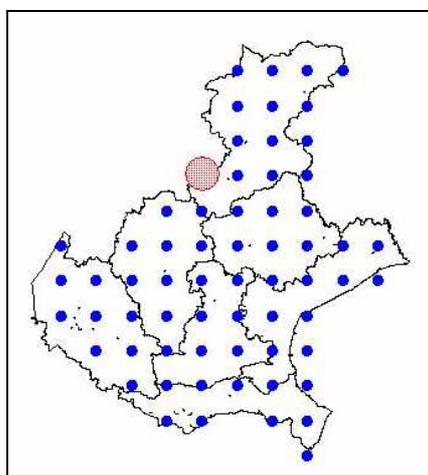


Figura 134 - Costruzione della griglia della rete ANPA 18x18 km nella Regione Veneto a partire dal punto ID ANPA 75

La nuova griglia IBL da rete ANPA 18x18 km risulta costituita da 85 punti, come rappresentato nella Figura 135, differenziati in base alla posizione interna o esterna al territorio regionale, al fine di considerare anche i punti esterni al territorio regionale (pari a 31) con potenziali UCS ricadenti nel Veneto, qualora poste in prossimità della linea di confine. La differenza rispetto alla griglia finale elaborata dall'ORAR, comprendente 54 punti, è data dall'aver eliminato i punti esterni e quindi considerato, nella presente indagine, esclusivamente i punti interni alla regione (nel DVD allegato contenuti P27, rete regionale).

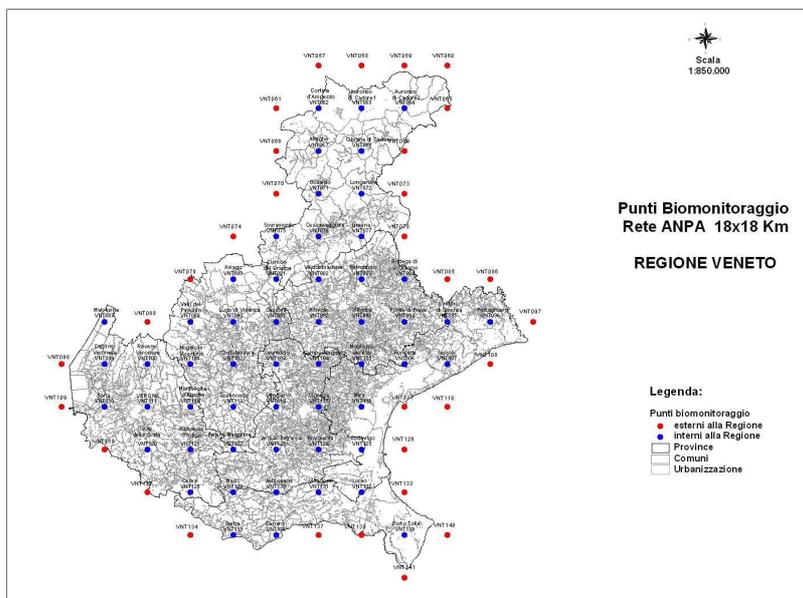


Figura 135 - Griglia dei punti di biomonitoraggio della rete ANPA nella Regione Veneto

Di seguito si presenta la tabella riassuntiva dei punti della rete IBL regionale, completi di codice identificativo (composto dalla sigla VNT e da un numero di tre cifre) e coordinate GBO, suddivisi per provincia di appartenenza. Il punto ha preso il nome del Comune in cui ricade il centro dell'UCP00.

Tabella 45 - Dati identificativi dei punti di biomonitoraggio della rete ANPA nella Regione Veneto

ID ORAR	COMUNE	PROVINCIA	X_GBO	Y_GBO
VNT062	Cortina d'Ampezzo	BELLUNO	1731949.50	5159843.50
VNT063	Auronzo di Cadore1	BELLUNO	1749949.50	5159843.50
VNT064	Auronzo di Cadore2	BELLUNO	1767949.50	5159843.50
VNT068	Cibiana di Cadore	BELLUNO	1749949.50	5141843.50
VNT071	Gosaldo	BELLUNO	1731949.50	5123843.50
VNT072	Longarone	BELLUNO	1749949.50	5123843.50
VNT075	Sovramonte	BELLUNO	1713949.50	5105843.50
VNT076	Cesiomaggiore	BELLUNO	1731949.50	5105843.50
VNT077	Limana	BELLUNO	1749949.50	5105843.50
VNT067	Alleghe	BELLUNO	1731949.50	5141843.50
VNT103	Grantorto	PADOVA	1713949.50	5051843.50
VNT104	Camposampiero	PADOVA	1731949.50	5051843.50
VNT114	Veggiano	PADOVA	1713949.50	5033843.50
VNT115	Vigonza	PADOVA	1731949.50	5033843.50
VNT123	Arqua' Petrarca	PADOVA	1713949.50	5015843.50
VNT124	Bovolenta	PADOVA	1731949.50	5015843.50
VNT125	Codevigo	PADOVA	1749949.50	5015843.50
VNT129	Masi	PADOVA	1695949.50	4997843.50
VNT130	Vescovana	PADOVA	1713949.50	4997843.50

VNT131	Villadose	ROVIGO	1731949.50	4997843.50
VNT132	Loreo	ROVIGO	1749949.50	4997843.50
VNT135	Gaiba	ROVIGO	1695949.50	4979843.50
VNT136	Canaro	ROVIGO	1713949.50	4979843.50
VNT139	Porto Tolle	ROVIGO	1767949.50	4979843.50
VNT082	Valdobbiadene	TREVISO	1731949.50	5087843.50
VNT083	Refrontolo	TREVISO	1749949.50	5087843.50
VNT084	Godega di S. Urbano	TREVISO	1767949.50	5087843.50
VNT092	Altivole	TREVISO	1731949.50	5069843.50
VNT093	Villorba	TREVISO	1749949.50	5069843.50
VNT094	Ponte di Piave	TREVISO	1767949.50	5069843.50
VNT105	Mogliano Veneto	TREVISO	1749949.50	5051843.50
VNT106	Roncade	TREVISO	1767949.50	5051843.50
VNT095	S. Stino di Livenza	VENEZIA	1785949.50	5069843.50
VNT096	Portogruaro	VENEZIA	1803949.50	5069843.50
VNT107	Jesolo	VENEZIA	1785949.50	5051843.50
VNT116	Mira	VENEZIA	1749949.50	5033843.50
VNT087	Malcesine	VERONA	1641949.50	5069843.50
VNT099	Caprino Veronese	VERONA	1641949.50	5051843.50
VNT100	Rovere' Veronese	VERONA	1659949.50	5051843.50
VNT110	Sona	VERONA	1641949.50	5033843.50
VNT111	Verona	VERONA	1659949.50	5033843.50
VNT112	Monteforte d'Alpone	VERONA	1677949.50	5033843.50
VNT120	Isola della Scala	VERONA	1659949.50	5015843.50
VNT121	Albaredo d'Adige	VERONA	1677949.50	5015843.50
VNT128	Cerea	VERONA	1677949.50	4997843.50
VNT080	Asiago	VICENZA	1695949.50	5087843.50
VNT081	Cismon del Grappa	VICENZA	1713949.50	5087843.50
VNT089	Valli del Pasubio	VICENZA	1677949.50	5069843.50
VNT090	Lugo di Vicenza	VICENZA	1695949.50	5069843.50
VNT091	Cassola	VICENZA	1713949.50	5069843.50
VNT101	Nogarole Vicentino	VICENZA	1677949.50	5051843.50
VNT102	Costabissara	VICENZA	1695949.50	5051843.50
VNT113	Zovencedo	VICENZA	1695949.50	5033843.50
VNT122	Pojana Maggiore	VICENZA	1695949.50	5015843.50

L'elaborazione della cartografia regionale è stata finalizzata a supportare la pianificazione del lavoro in campo e si è avvalsa dell'utilizzo della cartografia di base (CTRN) con la sovrapposizione dei punti della griglia, di coordinate note, della definizione delle UCP e delle UCS di campionamento [P26].

Realizzare un progetto GIS consente di individuare un punto rappresentativo sul territorio (e sulla mappa) per identificare il centro dell'UCP ed iniziare il campionamento (ad esempio partendo dagli edifici più vicini al centro dell'UCP). La descrizione della viabilità favorisce l'individuazione dei percorsi migliori per il raggiungimento delle UCS, dando precedenza alle arterie di collegamento principali (come le autostrade o le strade statali) quindi alle secondarie (strade provinciali) e da ultimo alle strade locali. La cartografia elaborata dall'ORAR ha riportato, ove possibile, le denominazioni delle vie o delle piazze utili alla definizione del sito, che sono state derivate dal layer "testi" della CTR (in origine, talvolta, con errori di toponomastica).

L'utilizzo del GIS ha consentito l'elaborazione della CTRN mediante sovrapposizione di più livelli informativi ed ha richiesto numerose e complesse elaborazioni sia dei tematismi della cartografia stessa (al fine di

ridurre l'elevato numero di elementi e selezionare gli attributi territoriali necessari) sia per la rappresentazione della griglia riportante il centro ed i limiti dell'UCP e delle UCS.

Gli elementi GIS rappresentati sono il risultato di una serie di elaborazioni/semplificazioni/agggregazioni degli elementi della cartografia di base che hanno richiesto una prima trasformazione del file nel caso fosse stato originato in formato cad, delle successive semplificazioni mediante il raggruppamento di elementi uguali (le cosiddette "features") per uno stesso tema, infine delle aggregazioni realizzate come unione di più elementi, finalizzati ad "alleggerire" la CTRN dell'area di interesse.

Scendendo nel dettaglio della singola tipologia di elemento rappresentato si elencano le componenti elaborate per la realizzazione delle mappe:

- **a:** alberature, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "vegetazione", rappresentati come simbolo puntuale;
- **c:** confini, tematismo comprendente gli elementi della CTRN dei livelli "elementi divisorii", "discontinuità" e "opere", rappresentati da una geometria lineare;
- **e:** edificato, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "fabbricati", rappresentati da una geometria poligonale;
- **i:** idrografia, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "idrografia", rappresentati da una geometria lineare;
- **q:** quote, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "curve di livello", rappresentati da una geometria lineare;
- **s:** servizi, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "fabbricati" (estrazione per i servizi di interesse comune), rappresentati da una geometria lineare;
- **t:** testi, tematismo comprendente gli elementi della CTRN del livello "toponomastica", rappresentati come simbolo puntuale;
- **v:** viabilità, tematismo comprendente gli elementi della CTRN dei livelli "viabilità" e "ferrovia", rappresentati da una geometria lineare.

I tematismi sono stati codificati da una "lettera", che è l'abbreviazione del nome dell'elemento stesso ed individua la tipologia di elemento rappresentato, e dal nome del punto IBL (come si è detto corrispondente al nome del Comune in cui ricade la UCP00) nel file GIS prodotto e consegnato agli operatori.

Il risultato è stato restituito sotto forma di mappa cartacea in formato A3 e fornito agli operatori provinciali su supporto informatico. Tutti i file prodotti, corrispondenti alle 540 tavole GIS realizzate, sono riportati nel DVD allegato [contenuti P28, cartografia].

La scala di stampa delle mappe è 1:5.000 per ogni singola UCP (n°9 mappe complessive per ogni punto IBL) e 1:15.000 per la rappresentazione iniziale del punto IBL (n°1 mappa). I contenuti delle 10 mappe complessive sono gli stessi, sia in termini di tematismi rappresentati che di testi/denominazioni, con l'unica differenza della numerazione delle UCP/UCS:

- le mappe in scala 1:5.000 presentano la numerazione delle UCS e riportano nell'intestazione della tavola il numero della UCP di riferimento (rappresentata nell'icona di Figura 137 con una cella grigia), con l'elenco in tabella delle coordinate x-y delle UCS espresse in metri nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest;
- la mappa in scala 1:15.000 presenta la numerazione delle UCP e riporta nell'intestazione della tavola la tabella con l'elenco delle coordinate x-y di ogni UCP espresse in metri nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest (si veda la Figura 136).

Al fine di presentare il risultato dell'elaborazione della cartografia regionale per la rilevazione in campo, si riportano, di seguito, due delle tavole realizzate, per ognuna delle due tipologie sopra descritte. Le tavole sono la stampa finale delle mappe GIS relative al punto della rete IBL 18x18 km denominato VNT123, situato in Comune di Arquà Petrarca (in Provincia di Padova).

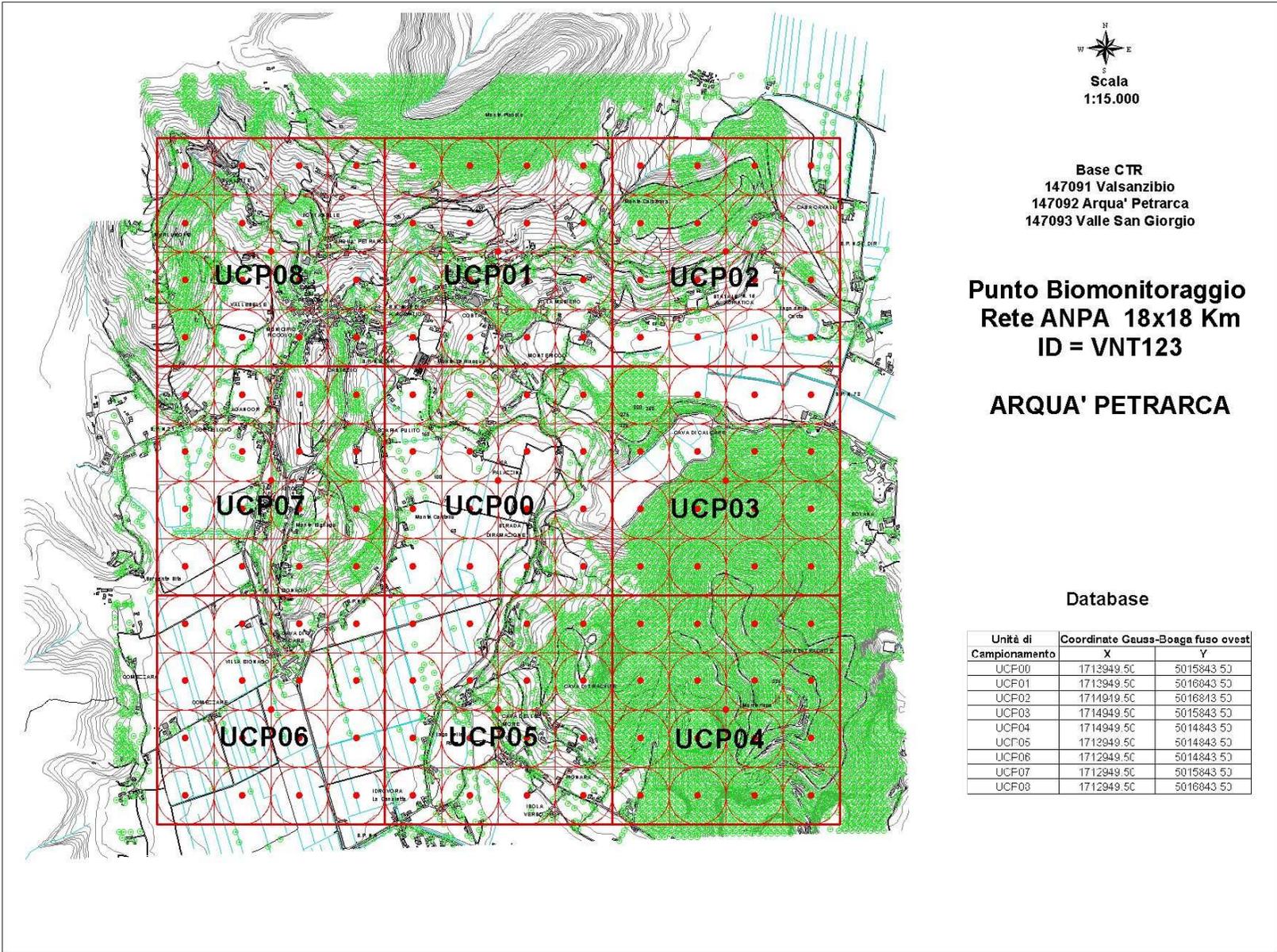


Figura 136 - Elaborazione della cartografia regionale per la rilevazione in campo. Esempio mappa iniziale stazione VNT123

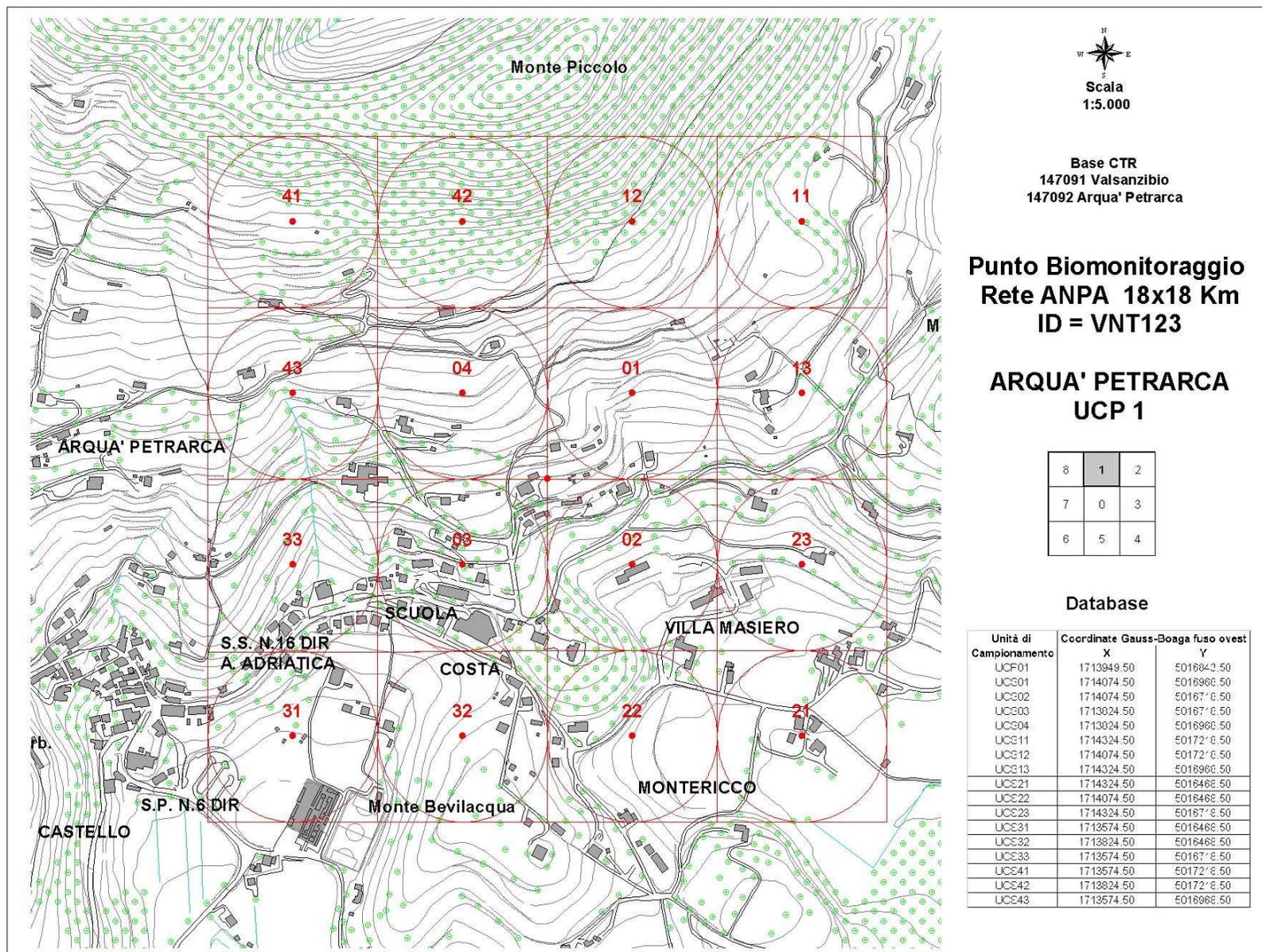


Figura 137 - Elaborazione della cartografia regionale per la rilevazione in campo. Esempio mappa UCP1 della stazione VNT123

#### 4.2.4 Formazione del personale

Uno degli aspetti più significativi della pianificazione di questo lavoro è rappresentato dall'attenzione per la formazione del personale, elemento strategico richiamato più volte anche dal manuale ANPA [24].

Il criterio è stato quello di voler dare continuità e coordinamento alle esperienze acquisite nel tempo ma, ancor prima, valorizzare le risorse umane interne all'Agenzia. La possibilità di affidare il lavoro a personale esperto, esterno all'Agenzia, è stato giudicato non adatto, non solo e non tanto per una questione strettamente economica. Si è ritenuto al contrario più proficuo investire nel capitale umano per valorizzare le professionalità già esistenti e per formare nuovo personale all'uso di tecniche di biomonitoraggio.

Sono stati dunque organizzati diversi corsi di formazione, condotti da esperti lichenologi in collaborazione con le Università di Torino e di Trieste, dedicati esclusivamente alla bioindicazione con licheni epifiti, nei quali veniva posta attenzione non solo alla parte metodologica ma anche a quella operativa, sia in campo sia in laboratorio. Alcuni di questi corsi interni sono stati accreditati dal Ministero della Salute con i criteri ECM per il personale dipendente.

Oltre ai corsi organizzati da ARPAV alcuni operatori hanno frequentato altri eventi formativi organizzati a livello nazionale e locale da APAT, Università di Trieste e dalla Società Lichenologica Italiana.

Non va dimenticata l'assidua partecipazione alle riunioni del CTN-ACE Task Biomonitoraggio [47] da parte del coordinamento ORAR.

Si è creduto opportuno costituire, fin dalle prime fasi del Progetto, un gruppo di lavoro interdipartimentale per la messa a punto della progettazione della campagna. Tale gruppo di lavoro, il cui nucleo era formato da un insieme di operatori che condividevano lo stesso interesse per questa tecnica di monitoraggio biologico è stato coinvolto in riunioni, uscite in campo, attività di intercalibrazione.

Con l'avvio del Progetto DOCUP, ovvero con la disponibilità di fondi, si è ritenuto necessario ricorrere al supporto di alcuni esperti con l'intento specifico di formare e coadiuvare il personale dell'Agenzia, sia in campo, sia in laboratorio.

Nel 2005, allo scopo di caratterizzare le risorse umane impiegate, è stata condotta una ricognizione del personale appartenente al gruppo di lavoro mediante un questionario, i cui dati sono sintetizzati nella Tabella sotto riportata:

*Tabella 46 - Eventi formativi interni e esterni ARPAV e percentuale di personale appartenente al gruppo di lavoro coinvolto*

<b>evento formativo</b>	<b>personale coinvolto</b>
corsi interni	
Bassano del Grappa 1999	33,3%
Verona 2002	58,3%
Verona 2003	83,3%
Verona 2005	100,0%
corsi esterni	
Università Trieste	33,3%
APAT	25,0%
Società Lichenologica Italiana	25,0%

Dal questionario è risultato che il 42% del personale coinvolto riveste ruolo di tecnico diplomato e il rimanente 58% è in possesso di laurea. Il profilo professionale è molto vario e circa il 30% risulta legato all'Agenzia da un rapporto di lavoro temporaneo. Analizzando i dati si nota un deciso incremento della partecipazione del personale ad eventi formativi specifici, soprattutto per quanto concerne i corsi interni.

L'interesse per il biomonitoraggio lichenico può essere correlato al fatto che oltre il 75% degli operatori svolge anche altre attività di biomonitoraggio (esempio: IBE, Daphnia, Vibrio fisheri, pollini: mediamente 50%; IFF, Tabacco, "moss bags": mediamente 17%).

Il punto critico individuato in questa fase è connesso alle modalità di partecipazione degli operatori alla campagna. L'attuale assenza di una normativa nazionale specifica che regolamenti il biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni potrebbe essere considerato il motivo che ha fatto ritenere l'attività proposta non indispensabile.

#### 4.2.5 Strumenti Operativi

Una ingente parte del lavoro è stata dedicata alla messa a punto di strumenti operativi. L'intenzione era da una parte agevolare il lavoro degli operatori, così da renderlo meno oneroso e ottimizzare i tempi, dall'altra di uniformarlo per ottenere una maggiore qualità del rilievo.

La strumentazione necessaria per la parte più impegnativa della classificazione tassonomica (microscopio e stereoscopio), così come il materiale di consumo era già disponibile presso i Laboratori dei Dipartimenti cosicché non sono stati necessari investimenti in tal senso. Di contro, per mancanza di fondi, non è stato possibile fornire agli operatori, come era nell'intenzione dell'organizzazione del presente lavoro, strumenti da campo quali, per esempio, retino standard, lenti a vario ingrandimento, bussola, GPS e, non ultimo, materiale bibliografico specialistico. Gli stessi hanno dovuto provvedere sia personalmente sia tramite i rispettivi Dipartimenti Provinciali.

Anche la disponibilità di un minimo numero di palmari, dotati della copertura cartografica a livello regionale, sarebbe risultato vantaggioso quanto a risparmio di tempo e precisione del rilievo delle coordinate e della successiva fase di restituzione cartografica.



Figura 138 - IBL – strumentazione da campo

Nella fase preparatoria del monitoraggio sono stati predisposti e diffusi diversi supporti operativi come la cartografia dettagliata (vedi par. 4.2.3), il censimento degli erbari, le schede (raccolta dati, tasso di copertura, erbario) e i manuali di riconoscimento dei forofiti e delle specie licheniche.

#### Censimento erbari

Uno strumento decisamente utile all'identificazione di una specie è il confronto tra il campione da determinare ed un esemplare di riferimento conservato in una collezione di *exsiccata*.

Essendo state realizzate, in diversi Dipartimenti Provinciali, precedenti esperienze di biomonitoraggio con l'utilizzo di licheni, l'Agenzia disponeva di prezioso materiale presente in vari erbari, collocati presso le rispettive sedi provinciali. Senza dover obbligatoriamente procedere all'unificazione del materiale esistente si è ritenuto opportuno avere un quadro della situazione distribuendo un questionario con l'elenco delle specie riscontrate in diversi lavori condotti in Veneto; agli operatori veniva chiesto di segnalare la presenza nei rispettivi erbari di campioni appartenenti alle specie elencate, ed eventualmente di integrare l'elenco base con specie mancanti.

I risultati del censimento sono stati alquanto soddisfacenti. Il materiale presente negli erbari si è dimostrato decisamente interessante. Nelle collezioni di Verona e di Treviso, per esempio, sono conservate una cinquantina di specie, numero superiore alla media delle specie riscontrate nelle varie indagini condotte nel



Si é convenuto di nominare ogni file contenente i dati rilevati per forofita con la seguente codifica: codicestazioneVNTxxx\_ucpx\_ucsxx\_alberoaxx.xls. Per esempio VNT115ucp0ucs21a3.xls identifica il file relativo al 3°albero nella UCS 21, dell'UCP0 della stazione VNT115.

Assieme a questa scheda, in fase di trasmissione di dati, è stato chiesto di fornire copia del materiale fotografico digitale acquisito in loco con bozza di planimetria sulla quale indicare i coni visuali e i relativi riferimenti fotografici, con l'obiettivo di costruire una scheda per ciascun rilievo simile a quella realizzata per le stazioni fisse della RRQA e disponibili nel sito dell'Agenzia (Figura 55).

Sono pervenute 206 schede compilate, nella totalità delle quali vi erano informazioni sulla stazione (Codice, UCP, UCS), sul forofita (numero, tipo, circonferenza) e sui rilevatori. Venivano altresì riportati gli indici più significativi (BL per punto cardinale, BL rilievo e numero di specie). Circa il 70% delle schede contenevano dati sulle percentuali di copertura e le mappe richieste, mentre vanno segnalate pesanti lacune relative alla quota (60% delle schede non avevano il rilievo altimetrico), alla planimetria e alle ortofoto (80% e 77% rispettivamente). Per quanto riguarda altre informazioni, ad esempio il calcolo della frequenza specie e le note, anche qui è stato evidenziato una sostanziale carenza (rispettivamente solo 36% e 23% delle schede compilate conteneva il dato). L'aspetto che merita maggiore attenzione riguarda due elementi fondamentali: rilievo delle coordinate e descrizione della località, ovvero la corretta identificazione del sito. Solo il 42% delle schede riportava coordinate metriche esatte, mentre nel 39% dei casi la descrizione del sito era troppo generica.

E' evidente che diventa prioritario, nelle eventuali future campagne, migliorare in modo sostanziale questo aspetto per garantire una adeguata restituzione del dato acquisito in fase di rilievo nonché creare i presupposti di continuità del lavoro in qualità (ripetibilità).

### Copertura lichenica

Per ottenere dati omogenei relativi alla copertura lichenica e facilitare il rilevamento da parte degli operatori è stato elaborato e diffuso uno schema esemplificativo (Figura 140, si veda nell'allegato DVD come P18).

Lo schema prevedeva una illustrazione grafica, divisa in nove categorie, utile per determinare in modo univoco la copertura lichenica, espressa come percentuale di area colonizzata sulla superficie totale, in ognuna delle cinque aree di campionamento di 10 x 10 cm, poste rispettivamente ai quattro punti cardinali.

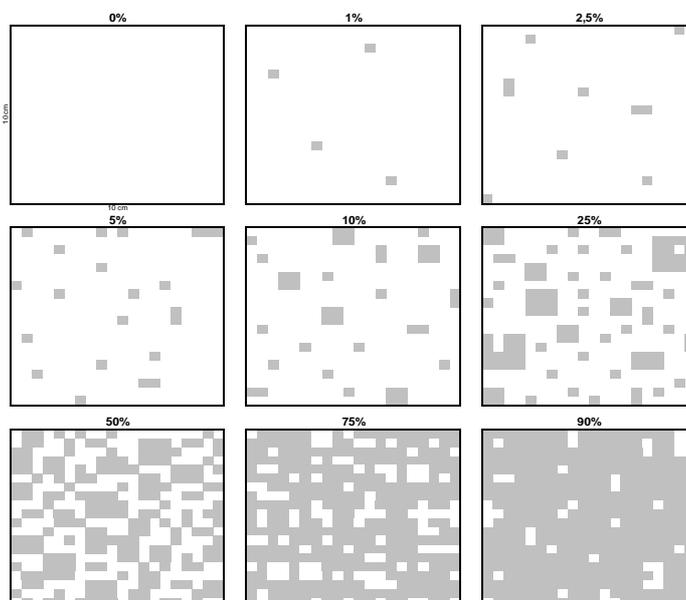


Figura 140 - Schema per la determinazione della copertura della popolazione lichenica

### Scheda erbario

Nei casi in cui l'identificazione in campo delle specie licheniche fosse risultata difficoltosa o emergesse la necessità o il desiderio di aumentare la propria collezione di *exsiccata* gli operatori procedevano al prelievamento di un campione.

Per evitare possibili errori legati a scambio di campioni e perdita di informazioni utili è stata messa a punto un'apposita scheda (Figura 141, prodotto P19 nel DVD), allegata alla busta dove conservare il campione, sulla quale riportare tutti i dati identificativi.

Regione del Veneto ARPAV-ORAR	HERBARIUM LICHENUM	MO029ORAR Rev 1.0 del 22/05/03
Titolo:		<b>SCHEDA</b>

specie	_____	
località	_____	
Comune	_____	
Provincia	<input type="text"/>	altitudine <input type="text"/>
stazione n° UCP/UCS	<input type="text"/>	coordinate <input type="text"/>
note	_____	
data	<input type="text"/>	operatore <input type="text"/>

Figura 141 - Scheda erbario

### Manuale di Riconoscimento dei Forofiti (MRF)

La metodologia ANPA fornisce una serie di indicazioni per eseguire una corretta scelta dei substrati arborei su cui effettuare i rilievi, substrati che devono essere riconosciuti a livello specifico.

Per facilitare il lavoro degli operatori è stato redatto un *Manuale di Riconoscimento Forofiti* (MRF) composto da 26 schede riproposte nel medesimo ordine del manuale ANPA [P20], suddivisi in due gruppi: specie con scorza subneutra e con scorza acida (Tabella 47).

Qualora il manuale ANPA indicasse il solo nome del genere sono state elaborate schede a livello infragenerico onde riportare le specie eventualmente riscontrabili nel territorio. Si tratta del Noce (*Juglans regia* e *J. nigra*), dell'Olmo (*Ulmus carpiniifolia*, *U. glabra*, *U. procera*, *x hollandica*) e del Tiglio (*Tilia x europea*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, *T. platyphyllos*).

Tabella 47 - Elenco dei forofiti presenti come schede del MRF

Specie con scorza subneutra		Specie con scorza acida	
Acer di monte	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Susino	<i>Prunus domestica</i>
Acer riccio	<i>Acer platanoides</i>	Olivo	<i>Olea europea</i>
Carrubo	<i>Ceratonia siliqua</i>	Rovere	<i>Quercus patraea</i>
Fico	<i>Ficus</i> spp.	Ontano	<i>Alnus glutinosa</i>
Frassino	<i>Fraxinus excelsior</i>	Castagno	<i>Castanea sativa</i>
Orniello	<i>Fraxinus ornus</i>	Roverella	<i>Quercus pubescens</i>
Noce	<i>Juglans</i> spp.	Cerro	<i>Quercus cerris</i>
Sambuco	<i>Sambucus nigra</i>	Betulla	<i>Betula pendula</i>
Olmo	<i>Ulmus</i> spp.	Ciliegio	<i>Prunus avium</i>
		Tiglio	<i>Tilia</i> spp.

Per la redazione delle schede si è utilizzato materiale iconografico già pubblicato [48, 49] corredandolo da una descrizione sintetica, tale da risultare semplice e di facile consultazione (Figura 142).

Sono state riportate foto dell'albero e della corteccia, disegni di foglie, fiori, frutti. Particolare attenzione è stata posta nel riprodurre, ove reperibile, l'ingrandimento delle gemme e il disegno dell'albero spoglio allo scopo di aiutare il riconoscimento del forofita nei periodi di riposo vegetativo in cui gli esemplari potevano essere privi dei classici elementi diagnostici (fiori, foglie...).

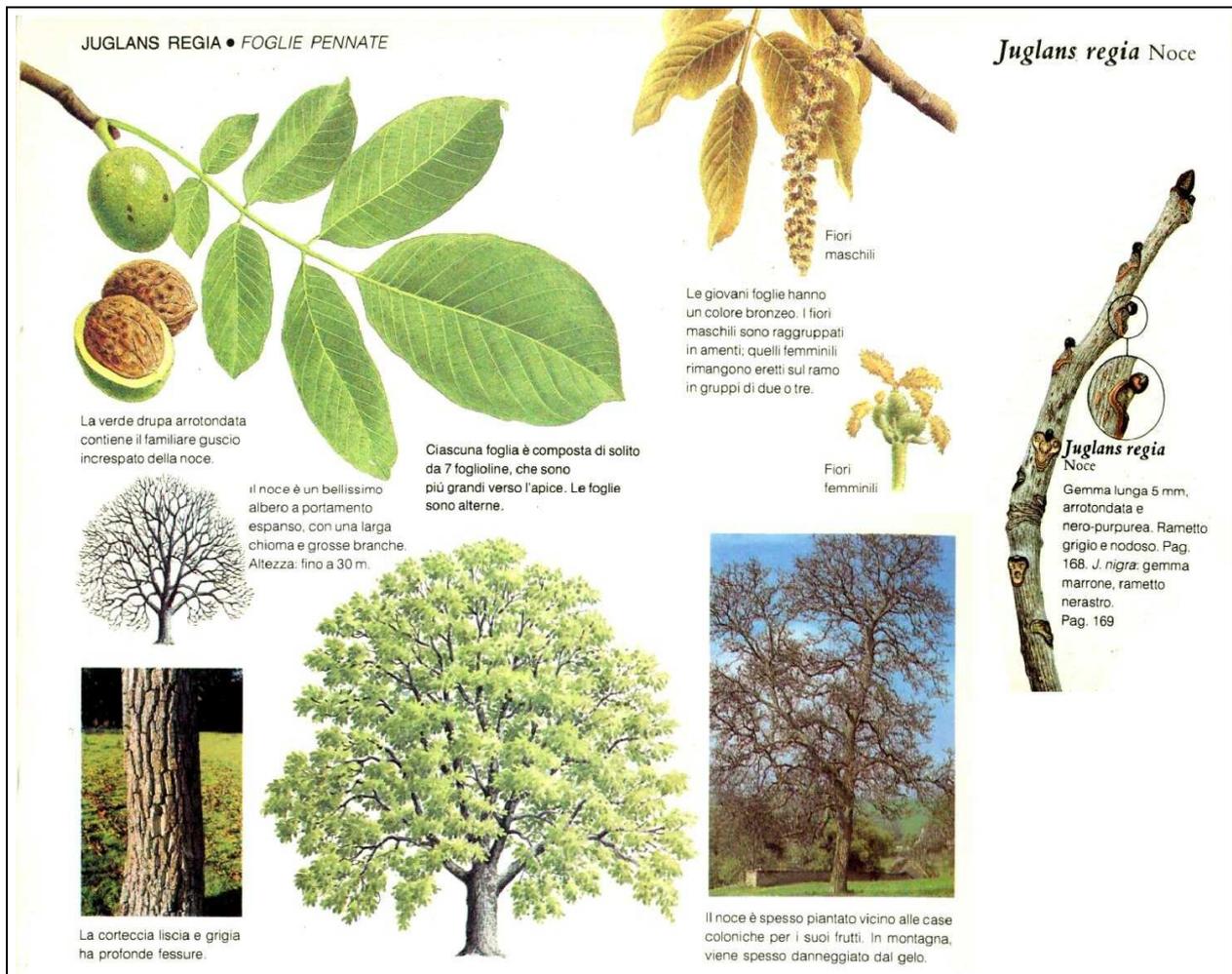


Figura 142 - Scheda identificativa di un forofita

## Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche (MRSL)

Parallelamente all'utilizzo delle chiavi analitiche disponibili in letteratura per le identificazioni, sfruttando l'esperienza accumulata nei corsi di formazione proposti dall'organizzazione e nelle attività di campo, è stato prodotto, su iniziativa dell'Unità Funzionale Biologia Ambientale del Dipartimento Provinciale di Verona, un *Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche* [P21].

Il criterio adottato è stato quello della chiarezza e della semplicità perché l'obiettivo era fornire gli operatori di uno strumento utile per il lavoro in campo.

Le schede, di cui un esempio in Figura 143, sono costituite da due parti: una prettamente descrittiva ma sintetica, con il nome della specie, la forma di crescita, richiamata anche da un'icona, il colore del tallo con allegata scala cromatica puntata, le caratteristiche morfologiche e chemotassonomiche, la chiave di determinazione utilizzata con relativo percorso e le eventuali note.

La seconda parte è iconografica, sia macro che microscopica, con foto del tallo e particolari via via più dettagliati a seconda della necessità.

Sono state redatte complessivamente 56 schede in quattro edizioni tra il 2002 e 2005, costituite da 52 schede originali, una per ogni specie rappresentata, e da 4 schede riviste.

Per quanto attiene alla forma di crescita più della metà dei licheni considerati sono fogliosi, un terzo crostosi mentre il rimanente si distribuisce tra fruticosi, leprosi e squamulosi, come riportato nella Figura 144.

## Lecanora horiza

**Forma di crescita:** lichene crostoso (fig.1).

**Colore:** tallo biancastro.

**Riproduzione:** sessuata per spore.

**Caratteristiche morfologiche:**

- **tallo** biancastro fessurato;
- **corpi fruttiferi:** apoteci lecanorini con disco marrone scuro spesso lucido e margine tallino continuo (fig. 2);
- **piccoli cristalli:** nella medulla degli apoteci presenti (fig. 3), assenti su cortex ed epitecio;
- disco degli apoteci C-, tallo K+.

**Chiave di deteminazione n° 5**

Colore del tallo

Percorso seguito:

1
20
83
84
85
89
98
99
101
104
105
106
107
109



2005



fig.1: tallo di Lecanora horiza

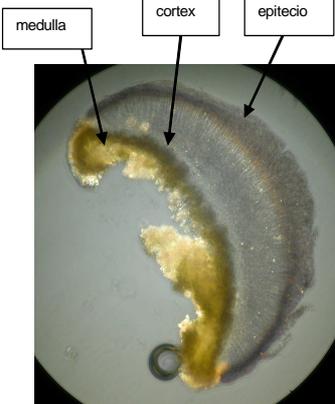


fig.2: apoteci



fig.3: cristalli sulla medulla

Figura 143 - Scheda identificativa di Lecanora horiza, un lichene crostoso

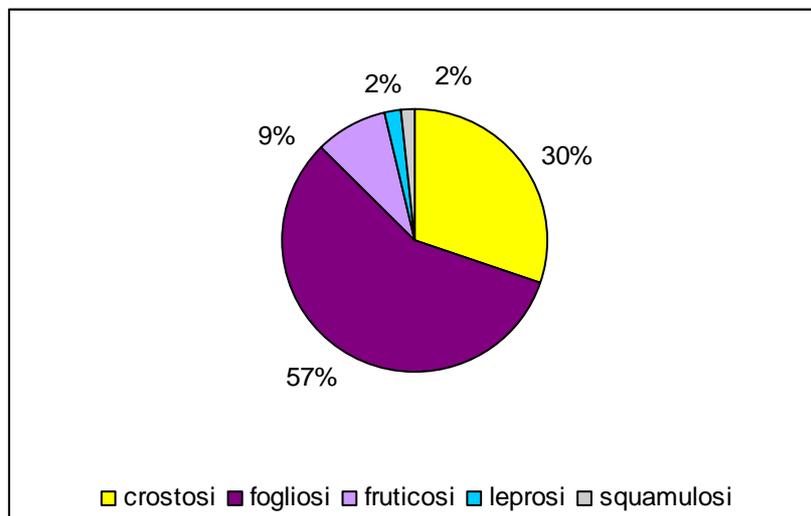


Figura 144 - Distribuzione percentuale delle schede del MRSL

#### 4.2.6 Rilevamenti

I rilevamenti dell'Indice di Biodiversità Lichenica nelle stazioni individuate sono stati condotti seguendo il protocollo nazionale ANPA [24]. La diversità lichenica epifita è stata dunque valutata come somma delle frequenze delle specie rilevate all'interno di un reticolo formato da quattro griglie (subunità di dimensioni 10x50 cm), ognuna divisa in cinque celle di 10x10 cm, posizionate a partire da 1 m da terra ai quattro punti cardinali. L'utilizzo di questo tipo di reticolo di campionamento consente di eliminare gli elementi di soggettività presenti nelle metodiche precedenti [2], di rendere confrontabili gli alberi-substrato e riproducibili i rilievi, riducendo la variabilità del dato dovuta all'operatore [50].

Ogni rilevamento, corredato dalle informazioni stazionali e morfometriche, è stato riassunto in una scheda monografica (cfr. par. 4.3. - Risultati).

La copertura lichenica è stata visualizzata nelle schede sotto forma di grafici N.E.S.O. (si veda Figura 145), che riportano su ogni asse la percentuale di copertura relativa allo specifico punto cardinale.

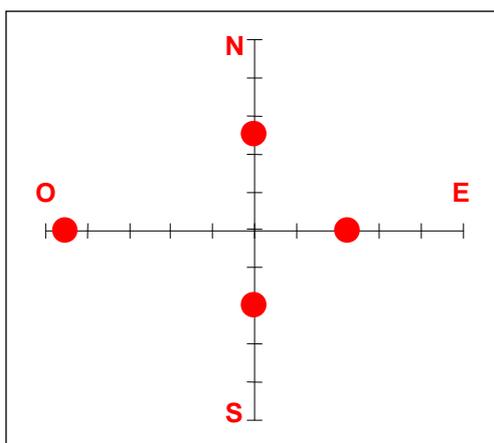


Figura 145 - Distribuzione della copertura muscinale nei quattro punti cardinali

Gli esemplari di licheni raccolti sono stati analizzati e determinati in laboratorio sulla base delle caratteristiche macro- e micro-morfologiche mediante tecniche di microscopia convenzionale (microscopia binoculare, microscopio ottico in luce bianca e polarizzata) e spot-test colorimetrici.

Le determinazioni sono state effettuate dagli operatori prevalentemente con le chiavi ANPA [24], Nimis (1987) [51] e con il *Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche* prodotto.

Sono state poi verificate, ove necessario, dai consulenti con le chiavi analitiche generiche e monografiche d'uso [52, 53, 54, 55, 56, 57].

La nomenclatura è stata aggiornata secondo "A second checklist of the lichens of Italy" [58].

#### 4.2.7 Elaborazioni dati

##### Indice di Biodiversità lichenica

Le frequenze delle specie rilevate sono state elaborate per il calcolo degli indici di Biodiversità Lichenica a livello di rilievo e di UCP. Il valore dell'Indice di Biodiversità Lichenica del rilievo è la sommatoria delle frequenze delle specie secondo la formula seguente:

$$\text{IBL rilievo} = \sum (\sum f_i \text{Nord} + \sum f_i \text{Est} + \sum f_i \text{Sud} + \sum f_i \text{Ovest})$$

dove  $f_i$  = frequenza della specie  $i$ .

Il valore di IBL della UCP risulta dalla media aritmetica dell'IBL dei rilievi.

## Parametri ecologici

Le specie rilevate sono state analizzate mediante l'elaborazione di diversi parametri ecologici e distribuzionali al fine di evidenziare la composizione e la tipologia delle comunità licheniche presenti. I valori sono stati desunti dal database ITALIC-The Information System on Italian Lichens [59].

Le variabili considerate sono:

- *Forma di crescita* delle specie licheniche (licheni crostosi, fogliosi a lobi larghi, fogliosi a lobi stretti, squamulosi, leprosi e fruticosi): parametro che fornisce informazioni sul tipo di colonizzazione;
- *Strategia riproduttiva* (S: sessuale; A.s: asessuale mediante soredi; A.i: asessuale mediante isidi, A.f asessuale per frammentazione): parametro che valuta la modalità di diffusione della specie sul territorio;
- *Fotobionte* (alghe verdi clorococcoidi, alghe appartenenti al genere Trentepohlia, cianobatteri): parametro che fornisce indicazioni indirette sulle necessità idriche delle specie.

Sulla base delle esigenze ecologiche di ciascuna specie lichenica è possibile definire degli indici organizzati in scala ordinale per ciascun parametro ambientale in grado di influenzare la distribuzione dei licheni.

Gli indici utilizzati in questo studio sono ispirati a quelli proposti da Wirth [56] per la flora lichenica centroeuropea e adattati al comportamento delle specie sul territorio italiano [59]. Per evidenziare eventuali trend locali legati all'eutrofizzazione sono state condotte elaborazioni sull'indice di eutrofizzazione.

L' eutrofizzazione (comprendente deposizione di polveri e di composti azotati) viene distinta in 5 classi:

- 1) Assenza di eutrofizzazione;
- 2) Eutrofizzazione molto debole;
- 3) Eutrofizzazione debole;
- 4) Eutrofizzazione piuttosto alta;
- 5) Eutrofizzazione molto alta.

Sono state selezionate le specie *strettamente nitrofile* (valore dell'indice ecologico = 5) ed è stata calcolata la loro percentuale (somma delle frequenze in ogni UCP) per ogni stazione monitorata.

I dati sono stati elaborati facendo uso di indici statistici classici come, ad esempio, test di Fisher e test di Student [60, 61, 62, 63].

## Interpretazione dei valori di BL

L'interpretazione dei dati di biodiversità lichenica, sebbene rappresenti uno degli argomenti più discussi nel monitoraggio ambientale, viene di norma effettuata basandosi sullo scostamento percentuale dai valori massimi dell'IBL, rilevati nelle diverse regioni bioclimatiche italiane [64, 65].

Il metodo si basa sulla definizione di Nimis [2] secondo cui le tecniche di biomonitoraggio stimano il grado di deviazione (alterazione) da condizioni "normali" o "naturali" provocato dagli effetti di disturbo ambientale (tra cui l'inquinamento atmosferico) su componenti sensibili degli ecosistemi.

In accordo con altri studi di biomonitoraggio [66], la soglia di naturalità è stata identificata come il valore di IBL corrispondente al 98° percentile della distribuzione.

La media dei valori maggiori rispetto alla soglia di naturalità è stata considerata come massimo valore IBL potenziale (100% naturalità). Le classi di naturalità/alterazione sono ottenibili sulla base di scostamenti percentuali da questo valore.

Nel presente studio i dati sono stati interpretati, in accordo con il metodo prima esposto, secondo la scala di interpretazione relativa all'area submediterranea secca occidentale [31] che viene riportata qui di seguito:

Tabella 48 - Scala di naturalità/alterazione utilizzata nel presente studio

IBL	CLASSE	SOTTOCLASSE	IBL
> 90	Naturalità		> 90
61-90	Semi naturalità	Naturalità media	76-90
		Naturalità bassa	61-75
31-60	Semi alterazione	Alterazione bassa	46-60
		Alterazione media	31-45
1-30	Alterazione	Alterazione elevata	16-30
		Alterazione molto elevata	1-15
0	Deserto lichenico		0

I valori di BL sono stati interpolati e visualizzati nella mappa di naturalità/alterazione che permette di evidenziare il giudizio di naturalità/alterazione relativo ai diversi ambiti territoriali regionali. Le elaborazioni cartografiche sono state realizzate con un software GIS utilizzando un algoritmo di interpolazione che trasforma singoli dati discreti in un modello distribuzionale continuo utilizzando la relazione spaziale esistente tra i valori BL rilevati.

#### 4.2.8 Aspetti legati alla Qualità

Pur non essendo un'attività formalizzata dalla normativa e, allo stato di fatto, non esistendo in Italia una norma specifica in materia come invece in Germania [67], il Manuale ANPA dà ampio risalto agli aspetti qualitativi della metodica proposta. Infatti vengono illustrati i criteri riguardanti l'assicurazione di qualità, affinché la metodica applicata sia non solo riproducibile, ma si possa dare evidenza dell'incertezza ad essa associata. Nella Figura 146 si riportano i limiti di qualità dei dati (DQL<sub>s</sub>) e gli obiettivi di qualità di misurazione (MQO<sub>s</sub>) così come elencati nel Manuale ANPA.

Tab. 3.5: Operazione, relative misurazioni coinvolte, unità di reporting e limiti di qualità dei dati (espressi come % di accordo in un determinato campo di variazione)

Operazione/misurazione	Unità	DQLs
(viii) posizionare il reticolo di rilevamento		
(viii.i) altezza della base dal suolo	1 cm	90%+/-10 cm
(viii.ii) esposizione	8 classi	95%+/-1 classe
(ix) identificare i licheni sino al livello della specie	codice	65% @
(x) conteggiare le specie rilevate	unità	75% @
(xi) effettuare i calcoli di Bia	unità	99% @
(xi) effettuare i calcoli di ELs	unità	95% @

Tab. 3.6: Obiettivi di qualità di misurazione e relativo metodo di valutazione (da Tallent - Hassel, 1994)

Caratteristica dei dati	MQO	Metodo di valutazione
Precisione	12%	Differenza tra rilievi successivi
Bias	12%	Deviazione +/- operatore/esperto
Accuratezza	12%	Deviazione assoluta operatore/esperto

Figura 146 - Limiti ed obiettivi di qualità per le varie fasi del monitoraggio (Fonte Manuale ANPA)

## Procedura Operativa

A seguito delle esperienze condotte nel presente lavoro si è ritenuto opportuno produrre una Bozza di Procedura Operativa da condividere con il gruppo di lavoro interessato per meglio uniformare il lavoro, specialmente in campo. L'ARPAV ha maturato una lunga ed estesa esperienza nelle procedure di qualità avendo ad oggi gran parte delle proprie prestazioni di laboratorio accreditate ai sensi della UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Si ritiene significativo puntare alla messa in qualità anche delle tecniche di biomonitoraggio, in particolare la bioindicazione con licheni epifiti.

La prima fase è stata l'adozione della metodica ANPA con particolare cura per gli aspetti legati alla formazione del personale, la messa a disposizione di strumenti operativi, come per esempio la modulistica e la stima dell'incertezza. Con la bozza di Procedura Operativa, presente nel DVD allegato come prodotto P25 si propone l'inizio di un sistematico percorso di messa in qualità.

## Circuiti di Intercalibrazione

Come recentemente proposto da Brunialti e collaboratori [68], per incrementare l'accuratezza e la precisione dal lavoro degli operatori sono state attivate due ambiti di controllo della qualità dei dati: un *circuito di intercalibrazione sistematica* ed un *circuito di intercalibrazione dell'attività degli operatori nelle fasi di campo*.

Il circuito di intercalibrazione sistematica ha preso l'avvio nel febbraio 2004 ed è proseguito fino a maggio 2005. Sono stati coinvolti i sette Dipartimenti Provinciali per un totale di 15 operatori, e una decina di altri Dipartimenti Provinciali di Agenzie Ambientali Italiane (gruppo esterno). La partecipazione era completamente gratuita.

Sono stati realizzati otto invii costituiti da mediamente quattro campioni epifiti per un totale di 228 campioni riferiti a 50 specie. I campioni, racchiusi in capsule Petri e contrassegnati da un codice (CLnn), venivano spediti per posta ai partecipanti, accompagnati da una prospetto riassuntivo del circuito, a sua volta identificato da una sigla (CICLnn) che caratterizzava ogni tornata di invio. Nel prospetto (Figura 147) si dava visibilità della scadenza fissata per l'invio della risposta (di norma 30 giorni), del numero dei partecipanti, pur mantenendo l'anonimato, e gli estremi del referente del circuito.

ARPAV AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO OSSERVATORIO REGIONALE ARIA	
<b>IBL – CIRCUITO DI INTERCALIBRAZIONE</b> <b>campioni di licheni epifiti</b>	
<b>CICL07</b>	
Data di invio campioni	10/03/05
Data di scadenza risposta	10/04/05
Numero di campioni inviati	6(x3)
Numero di partecipanti	12
Numero di gruppi partecipanti	6
Numero di agenzie regionali	1
Numero di dipartimenti ARPAV	6
<u>Referente per il circuito</u> Paulo Tieppo Osservatorio Regionale Aria Via Lissa, 6 30170 Mestre tel 041/5445541 cel.3391767124 fax 041/5445500 email ptieppo@arpa.veneto.it	
<small>SEDE: via Lissa, 6 - 30170 Mestre TEL 041/5445502 - FAX 041/5445500 DIREZIONE REGIONALE: PIAZZALE STAZIONE, 1 35131 PADOVA TEL. 049/8239301</small>	

Figura 147 - Prospetto riassuntivo dell'invio

Inoltre veniva spedita, assieme ai campioni e per posta elettronica, una scheda (riportata in Figura 148) da utilizzare per l'identificazione di ogni singolo lichene e da compilare con il numero identificativo del campione, il binomio riferito alla specie, il percorso e la chiave analitica utilizzata, il nome dell'operatore, la

data di compilazione ed eventuali osservazioni. Il partecipante al circuito poteva scegliere di inviare la risposta su modulo cartaceo oppure su file (vedi allegato modulo identificazione lichene.pdf – Prodotto P22). Quasi sistematicamente sono pervenute entrambe le modalità, il file per posta elettronica entro i termini fissati, le schede cartacee assieme ai campioni per posta.

La scheda si è dimostrata di semplice uso, pratica e chiara, compilata sia da singoli operatori che da equipe. Infatti in questa fase si è ritenuto utile stimolare il lavoro in gruppo, allo scopo di rafforzare le conoscenze individuali e far nascere dei nuclei stabili di lavoro nel campo della bioindicazione mediante l'uso di licheni epifiti all'interno dell'Agenzia. In effetti tale circuito aveva non solo lo scopo di ottemperare ai presupposti di partenza ma si presentava anche come una occasione di costante aggiornamento proprio nella fase più critica del processo, ovvero l'identificazione della specie.

In fase di attivazione del circuito e durante il suo svolgersi è stato diramato un documento, più volte aggiornato, contenente note informative. Nell'allegato DVD si riporta la terza versione (note circuito licheni.pdf – Prodotto P23).

**ARPAV**  
AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO  
OSSERVATORIO REGIONALE ARIA

**IBL - CIRCUITO INTERCALIBRAZIONE** CICL/08

**campioni di licheni epifiti**

spedire entro il **30/05/2005**

Per il riconoscimento si consiglia di avvalersi della chiave proposta dal manuale ANPA-APAT

**campioni n°**

**codifica del percorso**

**genere e specie**

**chiave utilizzata**   
(se diversa da manuale IBL-ANPA)

**nome operatore**  **data**

**note**

MO035schedacircintercaliblicheriver4.0 del 08.03.05

Figura 148 - Scheda circuito intercalibrazione

I medesimi campioni inviati ai partecipanti sono stati consegnati in un secondo momento, assieme ad una scheda riassuntiva contenente l'elenco dei campioni e la data di scadenza per la risposta (Figura 149) separatamente a tre lichenologi esperti per la fase di determinazione.

**ARPAV**  
AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO  
OSSERVATORIO REGIONALE ARIA

**IBL - CIRCUITO DI INTERCALIBRAZIONE**  
**Determinazione di campioni di licheni epifiti**

**Quarto invio**

**Campioni:**

**Lichenologo esperto:** cognome nome

**Data consegna:** 28/04/05  
**Data chiusura:** 20/05/05

**Referente per il circuito**  
Paulo Tieppo  
Osservatorio Regionale Aria  
Via Lissa, 6  
30170 Mestre  
tel 041/5445541  
cel.3391767124  
fax 041/5445500  
email [ptieppo@arpa.veneto.it](mailto:ptieppo@arpa.veneto.it)

CL010  
CL015  
CL018  
CL020  
CL021  
CL022  
CL023  
CL028  
CL032  
CL033  
CL036  
CL040  
CL045  
CL046  
CL050  
CL051  
CL062  
CL075  
CL081  
CL104

SEDE: via Lissa, 6 - 30170 Mestre TEL 041/5445502 - FAX 041/5445500  
DIREZIONE REGIONALE - PIAZZALE STAGIONE, 1 - 35131 PADOVA TEL. 049/823981

Figura 149 - Prospetto riassuntivo dei campioni da determinare

Le risposte, esclusivamente in forma cartacea e firmate, venivano inviate al referente del circuito utilizzando un modulo dove l'esperto doveva riportare il codice del campione, genere e specie del lichene e il percorso della chiave utilizzata (normalmente ANPA per agevolare il confronto con le schede degli operatori). Dopo aver ricevuto le tre risposte si procedeva con l'emissione del "Certificato di Determinazione" come riportato nell'allegato DVD (certificato.pdf, prodotto P24). In Figura 150 se ne riporta un esempio.

 <b>ARPAV</b> AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO OSSERVATORIO REGIONALE ARIA			
<b>IBL</b> <b>CIRCUITO DI INTERCALIBRAZIONE LICHENI</b>			
<b>CERTIFICATO DI DETERMINAZIONE</b>			
Il campione di lichene epifita, appartenente all'Erbario dell'Osservatorio Aria - ARPAV e siglato come			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">CL001</div>			
è stato determinato come			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><i>Evernia prunastri</i></div>			
da una commissione di lichenologi esperti, i cui membri, firmatari della presente, hanno operato in modo autonomo utilizzando le chiavi sotto riportate.			
<b>Chiave</b>	ANPA	ANPA	ANPA
<b>percorso</b>	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5
<b>Lichenologo</b>	Deborah Isocrono	Giuseppina Mattiolo	Juri Nascimbene
<b>Ente</b>	Università di Torino	Libero professionista	Libero professionista
<b>firma</b>			
<b>data</b>	9/11/04	30/11/04	21/01/05
Il referente per il circuito Paulo R. Tieppo			
<small>SEDE: via Lissa, 6 - 30170 Mestre TEL 041/5445540 - FAX 041/5445500</small>			

Figura 150 - Esempio di un certificato di determinazione

Il tempo medio di risposta dei partecipanti è stato di 28 giorni (22-31) e nella maggior parte dei casi i campioni sono stati riconsegnati in buono stato di conservazione.

Le principali osservazioni mosse dagli aderenti al circuito possono essere riassunte in queste voci:

- difficoltà nella corretta attribuzione del colore;
- difficile interpretazione delle reazioni colorimetriche;
- campioni poco sviluppati.

Per consentire una autovalutazione dei risultati è stato inviato ai partecipanti un tabulato contenente, per ogni campione analizzato, la propria risposta confrontata con le risposte degli altri partecipanti e degli esperti, affiancato da un voto. Le votazioni sono state inviate esclusivamente ai partecipanti.

Nel caso in cui l'identificazione dell'operatore corrispondesse a quella del gruppo di controllo veniva attribuita una votazione pari a 2; se l'attribuzione era corretta a livello di genere veniva assegnato un punteggio pari a 1; veniva assegnato 0 nel caso non vi fosse alcuna concordanza. La votazione complessiva veniva poi ridefinita per tenere conto della eventuale discordanza tra i tre esperti del team di controllo: si è attribuito un peso di 0,5 nel caso di piena concordanza tra esperti; 0,2 nel caso di parziale concordanza; 0,1 nel caso di completa discordanza. Così, per esempio, se il partecipante classificava un campione in accordo con gli esperti, tra loro perfettamente in sintonia, gli veniva attribuito un punteggio pari a 2,5.

Nell'elaborazione è stata considerata soddisfacente una votazione superiore a 2,0, mentre insoddisfacente se inferiore a 1,7. Il grado di concordanza nel gruppo di controllo è stato dell'83,8% su 255 campioni.

Sono state utilizzate due procedure di valutazione della qualità dei dati: l'accuratezza e la precisione [69].

L'accuratezza viene calcolata come la deviazione percentuale dei dati forniti dagli operatori rispetto al valore del controllo. E' calcolata secondo questa formula:

$$\text{accuratezza \%} = 100 - [100 \cdot (1 - \text{op/exp})]$$

dove

*op* è il valore fornito dall'operatore

*exp* è il valore fornito dal gruppo di riferimento sullo stesso albero.

La precisione è la percentuale di riproducibilità del medesimo rilevamento dal medesimo operatore valutata confrontando i dati ottenuti nel rilevamento ripetuto. E' calcolata secondo questa formula:

$$\text{precisione \%} = 100 - [100 \cdot (1 - \text{opmin/opmax})]$$

dove

'opmin' e 'opmax' sono i valori massimo e minimo rilevati dall'operatore in un singolo rilevamento ripetuto.

In sintesi si può dire che sono stati testati con questo circuito entrambi i parametri di performance (precisione e accuratezza) della fase di determinazione dei licheni e che i valori riscontrati rientrano, con le loro variabilità, all'interno degli obiettivi di qualità fissati (si veda Figura 146).

L' 68,2% delle medie di invio per dipartimento superava il punteggio di 2,0 (20% nel gruppo esterno), mentre il 18,2% è risultato insoddisfacente (40% nel gruppo esterno).

I dati elaborati, per i soli operatori ARPAV, dimostrano una accuratezza nell'identificazione delle specie pari a 75,9% (variabile tra 58,3% e 87,0%) all'interno di ciascun gruppo di lavoro. A questo si aggiunge un ulteriore 9,5% se si tiene conto di un'identificazione corretta almeno a livello di genere.

Nell'arco degli otto invii (16 mesi) non si è registrato nessun trend significativo mentre la variabilità complessiva (CV%) è del 10,4% nel gruppo di operatori ARPAV. Per quanto riguarda il gruppo esterno l'accuratezza, all'interno di quattro invii, scende dall'83,3% al 63,2% con una variabilità del 12,2%.

La precisione stimata tra gli operatori ARPAV è risultata pari a 73,9% (62,5-100%) mentre quella del gruppo di controllo 78,5%.

La maggior parte dei partecipanti ha preferito lavorare in gruppo, mentre un Dipartimento Provinciale ha optato sistematicamente per fornire risposte individuali. I risultati ottenuti da questo Dipartimento non si discostano in modo significativo dal gruppo complessivo. Su un campione di 19 determinazioni è stata riscontrata un'accuratezza del 78,8% ed una precisione del 91,7%, entrambi all'interno dei rispettivi range sopra descritti.

Nel 2005 è stato condotto un sondaggio formato da 13 quesiti con 4 possibili risposte chiuse, per testare la validità del circuito. Il 77% degli operatori interpellati ha fornito risposta e nella totalità ha ritenuto utile questo circuito, gradendo di ricevere il responso sull'identificazione dopo ogni invio. Il 90% ha ritenuto ideale un invio ogni 60 giorni di tre campioni con un tempo di risposta di 20 giorni. Metà degli intervistati ha dedicato indicativamente trenta minuti per classificare un campione di lichene foglioso, mentre per un crostoso il tempo variava dai 30 ai 60 minuti a campione. Metà dei partecipanti ha ritenuto che questo circuito dovesse avere maggiore visibilità e maggior ufficialità e ha sostenuto che dovessero essere esclusi i partecipanti che per tre volte non avessero rispettato le scadenze. Due terzi ha dichiarato di lavorare da solo in un primo momento confrontandosi poi con i colleghi dell'equipe per arrivare ad un responso unanime e avrebbe desiderato avere nella risposta, qualora la determinazione fosse stata errata, maggiori indicazioni e precisazioni sugli errori commessi.

Alla luce dei risultati ottenuti e delle valutazioni derivanti dal sondaggio si ritiene che questo circuito di intercalibrazione debba continuare ed essere sostenuto, rappresentando un'occasione di aggiornamento

continuo degli operatori ed un adeguato strumento di valutazione della qualità della fase di determinazione, essendo questa una delle fasi a maggiore criticità del processo andrebbe costantemente monitorata con l'obiettivo di arrivare ad una corretta stima dell'incertezza di misura.

Come accennato in precedenza sono state condotte delle attività di intercalibrazione dell'attività degli operatori anche nelle fasi di campo. La prima prova ha riguardato la valutazione della corretta localizzazione delle unità di campionamento e degli alberi ed è stata realizzata con una uscita in zona collinare. Obiettivo era, facendo uso della cartografia messa a disposizione in scala 1:15.000 e 1:5.000, individuare UCP, UCS e forofiti adatti in una stazione test. L'errore medio commesso dagli operatori nell'individuazione delle UCS e nella localizzazione dei forofiti è stato dell'ordine di 5-10 m.

In un secondo momento sono state organizzate, assieme ai consulenti, uscite sia in piccoli gruppi, sia collettive, per eseguire rilievi in campo. La prima ha visto coinvolti 10 operatori che hanno eseguito un test di calibrazione su due tigli con tre specie licheniche riscontrate. La precisione media del gruppo si è attestata intorno al 87% con una dispersione dell' 11,8%.

Nell'ottobre del 2004 è stato condotto, a Mestre, in un parco privato urbano, un test di intercalibrazione tra tutti i 12 operatori impegnati nel progetto di biomonitoraggio suddivisi in tre gruppi di uguale numerosità. La prova è stata condotta su tre tigli che ospitavano 10 specie di licheni. Il gruppo di controllo era formato dai tre consulenti. In totale sono stati eseguiti, seguendo la metodica ANPA, 256 rilievi e 72 di controllo. In Tabella 49 si riporta il quadro sinottico dei parametri statistici, per ciascuno dei tre gruppi e complessivi. La mediana dell'accuratezza dell'IBL si è attestata su 84,0% con un CV abbastanza alto (31%), molto simile per mediana e dispersione all'accuratezza stimata del numero di specie. Va osservato come l'accuratezza sistematica tende ad abbassarsi mentre la dispersione rimane sostanzialmente invariata.

Tabella 49 - Dati sintetici di una prova di intercalibrazione in campo

<b>Accuratezza - IBL</b>						
	Media	Mediana	Scarto tipo	CV	Min	Max
Gruppo 1	84,7%	78,9%	22,0%	26,0%	55,6%	138,9%
Gruppo 2	86,7%	86,2%	19,0%	21,9%	41,7%	115,4%
Gruppo 3	85,3%	86,4%	36,9%	43,3%	0,0%	150,0%
<b>Totale</b>	<b>85,6%</b>	<b>84,0%</b>	<b>26,6%</b>	<b>31,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>150,0%</b>
<b>Accuratezza - n<sub>sp</sub></b>						
	Media	Mediana	Scarto tipo	CV	Min	Max
Gruppo 1	90,3%	90,0%	24,1%	26,7%	50,0%	133,3%
Gruppo 2	83,9%	87,5%	24,6%	29,4%	33,3%	133,3%
Gruppo 3	79,2%	83,3%	26,2%	33,1%	0,0%	100,0%
<b>Totale</b>	<b>84,4%</b>	<b>83,3%</b>	<b>24,9%</b>	<b>29,5%</b>	<b>0,0%</b>	<b>133,3%</b>
<b>Accuratezza Sistematica</b>						
	Media	Mediana	Scarto tipo	CV	Min	Max
Gruppo 1	80,2%	77,5%	16,3%	20,4%	50,0%	100,0%
Gruppo 2	81,8%	87,5%	21,3%	26,1%	33,3%	100,0%
Gruppo 3	67,7%	66,7%	28,2%	41,6%	0,0%	100,0%
<b>Totale</b>	<b>76,6%</b>	<b>75,0%</b>	<b>22,9%</b>	<b>29,9%</b>	<b>0,0%</b>	<b>100,0%</b>

Dal risultato del test di Student effettuato, dopo avere verificato le varianze con il test di Fisher, sui valori di accuratezza dei tre gruppi di operatori per i tre parametri considerati (IBL, numero specie e accuratezza sistematica) non si riscontra alcuna differenza significativa al livello di probabilità prefissato ( $p < 0.05$ ). Nonostante il valore mediano dei tre parametri sia abbastanza vicino alle soglie fissate come obiettivo di qualità va segnalato che rimane da colmare il divario esistente tra i vari operatori, tale da ottenere una minore dispersione dei dati, con conseguente incremento della precisione e della accuratezza sul totale dei dati a livello regionale.

Questo induce a riflettere molto seriamente sulla necessità di organizzare sistematici incontri di intercalibrazione a cadenza regolare tra gli operatori interessati a questo tipo di attività, supportati da lichenologi qualificati.

Assieme al mantenimento del circuito di intercalibrazione di campioni di licheni si propone di ampliare questo tipo di attività a contatti extra-regionali, come buona prassi di interscambio al fine di contenere gli errori sistematici legati alla determinazione dei licheni epifiti.

E' stato anche condotto un interconfronto tra rilievi di IBL eseguiti su forofiti diversi. In una località della bassa pianura trevigiana, ai confini con la Provincia di Padova, due gruppi di operatori, in totale 9 persone, hanno rilevato l'IBL e il numero di specie licheniche su tiglio, noce e frassino. In una località vicina 500 metri gli stessi operatori, suddivisi in due gruppi, hanno eseguito il rilievo su due tigli, presi come riferimento.

Tabella 50 - Interconfronto su forofiti diversi

	tiglio				noce				frassino				gruppo 1				gruppo 2			
	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
BL p.cardinale	17	13	15	9	12	16	14	7	5	7	10	10	19	17	15	9	10	15	10	18
BL forofita	54				49				32				60				53			
n°specie p.cardinale	4	3	3	2	3	4	3	2	1	2	2	4	6	3	3	2	2	5	2	6
n°specie forofita	4				4				4				6				7			
BL media					45,00								56,50							
CV					25,6%								8,8%							
n°specie media					4								4							
CV					24,1%								48,8%							

In Tabella 50 vengono riportati i dati dell'interconfronto. I valori di BL riscontrati sono pari a 54, 49 e 32 rispettivamente su tiglio, noce e frassino, mentre sul gruppo di riferimento si sono riscontrati BL pari a 60 e 53 per i due tigli.

E' stato applicato il test di Student, dopo la verifica delle varianze con il test di Fisher e, ad un livello di significatività del 5%, non sono state riscontrate differenze significative tra i due tigli di riferimento e neppure tra il gruppo dei tre forofiti indagati ed i due tigli di riferimento (quindi la distanza è risultata ininfluente).

Va segnalata una piccola differenza significativa tra il frassino e tutti gli altri forofiti. Il frassino, in ogni caso, è stato escluso dalla scelta degli alberi substrato nella presente attività di monitoraggio.

## 4.3 Risultati

### 4.3.1 Analisi della biodiversità

Nel complesso la flora epifita rilevata in Veneto nelle 46 UCP analizzate, ammonta a 98 specie (Tabella 51).

Tabella 51 - Elenco delle specie licheniche rilevate nell'area di studio

1. <i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	50. <i>Melanelia glabra</i> (Schaer.) Essl.
2. <i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach.	51. <i>Melanelia subargentifera</i> (Nyl.) Essl.
3. <i>Arthopyrenia</i> sp.	52. <i>Melanelia subaurifera</i> (Nyl.) Essl.
4. <i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo & D.Hawksw.	53. <i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris
5. <i>Buellia schaereri</i> De Not.	54. <i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.
6. <i>Calicium viride</i> Pers.	55. <i>Ochrolechia alboflavescens</i> (Wulfen) Zahlbr.
7. <i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th.Fr. var. <i>cerina</i>	56. <i>Opegrapha atra</i> Pers.
8. <i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th.Fr.	57. <i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.
9. <i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R.Laundon v. <i>flavorubescens</i>	58. <i>Parmelia sulcata</i> Taylor
10. <i>Caloplaca haematites</i> (St.Amans) Zwackh	59. <i>Parmelina pastillifera</i> (Harm.) Hale
11. <i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th.Fr.	60. <i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale
12. <i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein	61. <i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.
13. <i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau	62. <i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold
14. <i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	63. <i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.
15. <i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	64. <i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer.
16. <i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Ach.) Th.Fr.	65. <i>Phaeophyscia chloantha</i> (Ach.) Moberg
17. <i>Chaenotheca ferruginea</i> (Sm.) Mig.	66. <i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg
18. <i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R.Laundon	67. <i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereschk.) Essl.
19. <i>Cladonia</i> sp.	68. <i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg
20. <i>Cyphelium tigillare</i> (Ach.) Ach.	69. <i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.
21. <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	70. <i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H.Olivier
22. <i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	71. <i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fürnrh.
23. <i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	72. <i>Physcia biziana</i> (A.Massal.) Zahlbr. v. <i>biziana</i>
24. <i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	73. <i>Physcia clementei</i> (Turner) Maas Geest.
25. <i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M.Choisy	74. <i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.
26. <i>Hypogymnia bitteri</i> (Lyngé) Ahti	75. <i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.
27. <i>Hypogymnia farinacea</i> Zopf	76. <i>Physcia vitii</i> Nadv.
28. <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	77. <i>Physconia distorta</i> (With.) J.R.Laundon
29. <i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	78. <i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt
30. <i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S L.F.Meyer	79. <i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt subsp. <i>grisea</i>
31. <i>Japewia tornøensis</i> (Nyl.) Tønberg	80. <i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg
32. <i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr.	81. <i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt
33. <i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme	82. <i>Placynthiella</i> sp.
34. <i>Lecanora cadubriae</i> (A.Massal.) Hedl.	83. <i>Platismatia glauca</i> (L.) W.L.Culb. & C.F.Culb.
35. <i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	84. <i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch
36. <i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	85. <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf
37. <i>Lecanora circumborealis</i> Brodo & Vitik.	86. <i>Punctelia borrieri</i> (Sm.) Krog
38. <i>Lecanora expallens</i> Ach.	87. <i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog
39. <i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>hagenii</i>	88. <i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.
40. <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	89. <i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.
41. <i>Lecanora</i> gr. <i>subfusca</i>	90. <i>Ramalina obtusata</i> (Arnold) Bitter
42. <i>Lecanora umbrina</i> (Ach.) A.Massal.	91. <i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray
43. <i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.	92. <i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale
44. <i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy	93. <i>Usnea ceratina</i> Ach.
45. <i>Lecidella laureri</i> (Hepp) Körb.	94. <i>Usnea hirta</i> (L.) F.H.Wigg.
46. <i>Lepraria</i> sp.	95. <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.E.Mattsson & M.J.Lai
47. <i>Melanelia elegantula</i> (Zahlbr.) Essl.	96. <i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th.Fr.
48. <i>Melanelia exasperatula</i> (Nyl.) Essl.	97. <i>Xanthoria fallax</i> (Hepp) Arnold
49. <i>Melanelia fuliginosa</i> (Duby) Essl. subsp. <i>glabratala</i>	98. <i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.

Per quanto riguarda *Japewia tornuensis* (Nyl.) Tønsberg, una specie circumboreale montana, risulta la prima segnalazione per la regione ed è stata raccolta anche al di fuori di questo studio in un sito nelle Dolomiti (Nascimbene, pers.comm.).

Le specie più frequenti nell'area di studio sono *Xanthoria parietina*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* e *Candelaria concolor*, presenti in oltre il 70% delle stazioni (Figura 151).

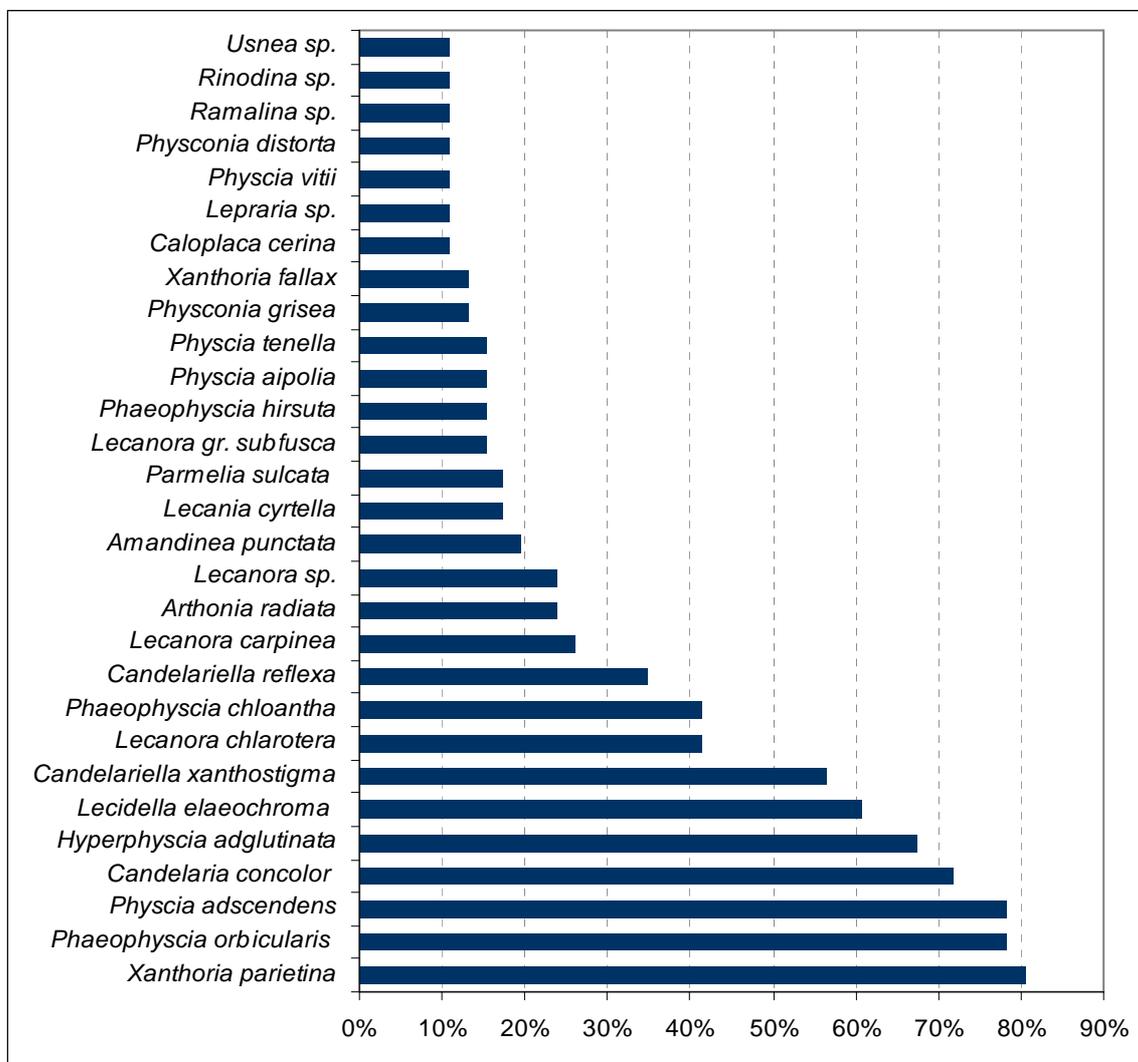


Figura 151 - Frequenza percentuale delle specie nelle UCP monitorate.  
Sono mostrate nel grafico le specie con frequenza superiore al 10%

Si tratta di specie molto diffuse in Italia, appartenenti all'alleanza *Xanthorion parietinae*, che raggruppa comunità licheniche eliofile e xerofile che prediligono substrati eutrofizzati. Questa comunità lichenica, la cui distribuzione può considerarsi in estensione negli ultimi anni, è una presenza tipica in contesti urbani e agricoli, ambienti in cui si verificano le condizioni di xerofitismo ed eutrofizzazione favorevoli al suo sviluppo. Per quanto riguarda le forme di crescita (Figura 152) è presente un sostanziale equilibrio tra le forme crostose e fogliose; le specie fruticose rappresentano il 15% del totale e trascurabile è la quota delle squamulose, rappresentate dall'unica specie *Normandina pulchella*.

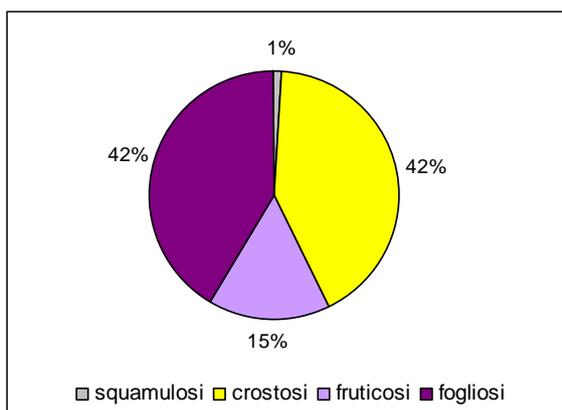


Figura 152 - Forme di crescita delle specie censite

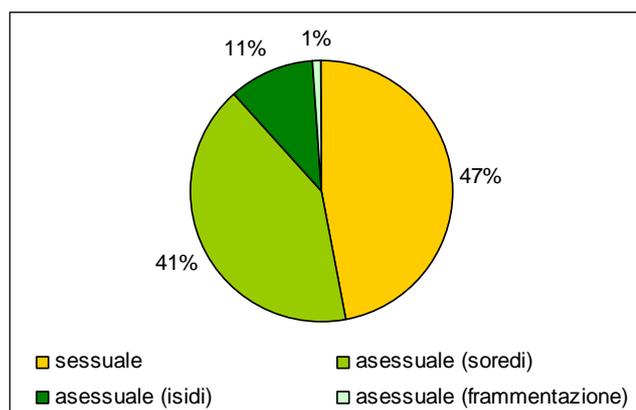


Figura 153 - Strategia riproduttiva delle specie censite

Nel complesso la strategia riproduttiva (Figura 153) prevalente è quella asexuale (53%) e, all'interno di questa, la maggioranza delle specie si riproduce mediante soredi. A questa categoria appartengono i licheni più diffusi nell'area di studio (ad esempio specie dei generi *Candelaria*, *Hyperphyscia*, *Physcia*, *Phaeophyscia*) che tendono a sopravvivere più facilmente in condizioni di alterazione ambientale avendo la possibilità di una diffusione più efficiente sul territorio.

Il partner fotosintetico della grande maggioranza delle specie censite (97%) è un'alga verde, risultano assenti dall'area di studio i cianolicheni, specie sensibili e considerate indicatrici di habitat con condizioni di elevata umidità atmosferica.

Analizzando le esigenze ecologiche delle specie censite queste possono essere divise in due gruppi principali: specie ad ecologia prevalentemente nitrofila (23% del totale) e specie acidofile che rappresentano il 38% del totale. Le specie nitrofile caratterizzano gli ambienti urbano, periurbano e agricolo di pianura, le specie acidofile sono localizzate per lo più negli ambienti montano-subalpini (Figure 154-155).

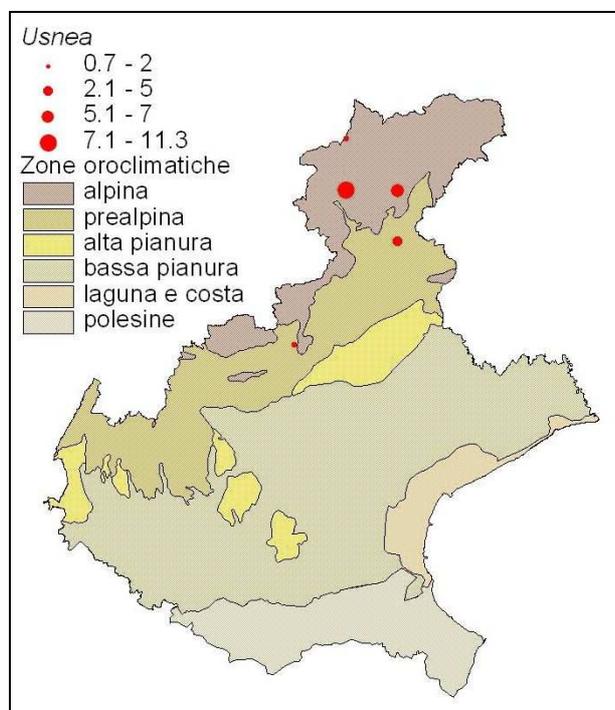


Figura 154 - Distribuzione su base di frequenza percentuale di *Usnea* (specie acidofila)

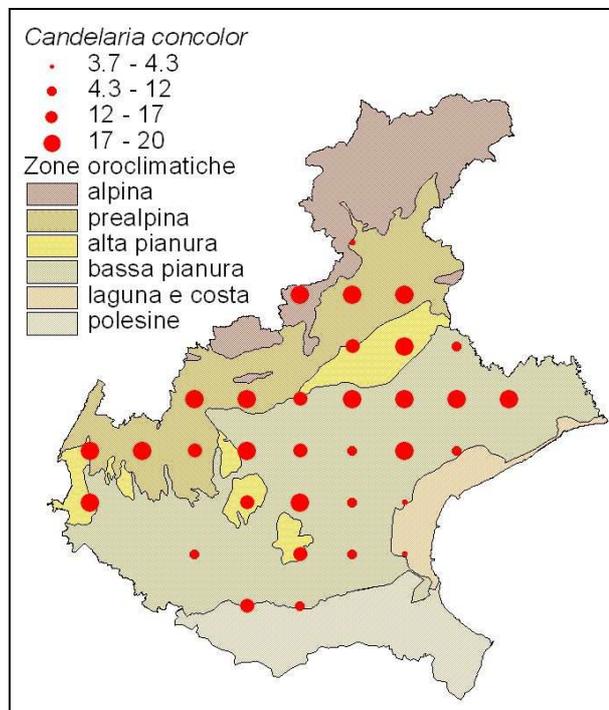


Figura 155 - Distribuzione su base di frequenza percentuale di *Candelaria concolor* (specie nitrofila)

### 4.3.2 Indice di biodiversità lichenica

#### Rilevamenti e presentazione dei dati

Sono state analizzate in totale 46 unità di campionamento primarie (UCP) per un totale complessivo di 728 rilevamenti. I dettagli del campionamento, presentati per ambito provinciale, sono riportati in Tabella 52.

Tabella 52 - Statistiche dei rilievi effettuati nel monitoraggio ambientale nella Regione Veneto

Provincia	UCS monitorate	Forofiti rilevati	Rilievi effettuati
Belluno	18	40	160
Padova	15	34	136
Rovigo	5	15	60
Treviso	11	33	132
Venezia	2	6	24
Verona	13	21	84
Vicenza	8	33	132
<b>totale</b>	<b>72</b>	<b>182</b>	<b>728</b>

La Figura che segue riepiloga l'attività di biomonitoraggio nella Regione Veneto rappresentando, per ogni provincia, il numero di UCP e UCS monitorate ed il totale dei rilievi effettuati.

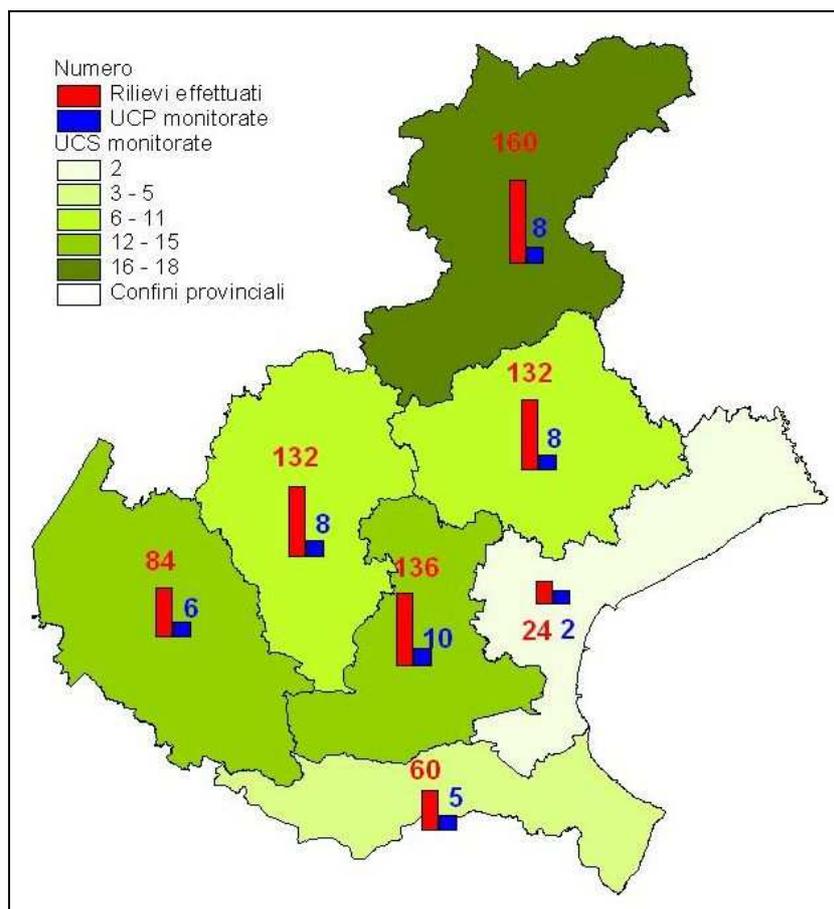


Figura 156 - Risultati dell'attività di biomonitoraggio nella Regione Veneto

I risultati dell'attività di monitoraggio effettuata sulle stazioni della rete regionale 18x18 km sono stati organizzati, per una migliore lettura, in schede riepilogative appositamente predisposte, che riassumono le informazioni relative ad ogni stazione. In Figura 157 si riporta un modello di scheda che illustra il significato degli elementi rappresentati.

Le schede sono costituite da una descrizione anagrafica della stazione e dal riepilogo dell'attività di monitoraggio vera e propria.

La sezione anagrafica riporta nell'ordine:

- l'identificativo della stazione, definito dalla sigla adottata per la Regione Veneto (VNT) e dal numero del punto della griglia IBL 18x18 km;
- il nome della Provincia in cui ricade il punto di griglia IBL;
- il nome del Comune in cui ricade il punto di griglia IBL, corrispondente quindi al centro dell'UCP00;
- il nome della eventuale località territoriale;
- l'ambito territoriale definito dalle zone oroclimatiche regionali;
- la destinazione di uso del suolo definita dal Corine Land Use;
- le coordinate x,y del punto di griglia IBL nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest (in metri);
- la quota del punto di griglia IBL (in metri sul livello del mare).

Un'icona della Regione Veneto riportante i confini provinciali e la griglia della rete regionale 18x18 km raffigura il punto della griglia IBL preso in esame.

La sezione dell'attività di monitoraggio riporta nell'ordine:

- l'estratto della Carta Tecnica Regionale (elaborata come descritto al punto 4.2.3) in scala 1:5.000 della UCP monitorata;
- l'estratto dell'ortofoto in scala 1:5.000 della UCP monitorata;
- la descrizione della data di effettuazione dei rilievi, della UCS monitorata, del numero e tipologia di forofiti monitorati, del numero di specie individuate. Il valore IBL assegnato alla stazione ed il corrispondente giudizio di alterazione;
- l'icona dell'UCP monitorata, selezionata tra le 9 possibili UCP;
- l'icona del forofita individuato, selezionato tra le tipologie monitorate nella regione;
- il valore IBL e il giudizio di alterazione, selezionato tra i colori della mappa di cui alla Tabella 48;
- il numero di specie individuate;
- il grafico con l'istogramma BL del punto cardinale;
- la tabella con l'elenco delle specie rilevate per stazione e per forofita. Il valore BL specifico per forofita;
- la descrizione di ogni albero con dettaglio del grafico copertura N.E.S.O., delle coordinate metriche x,y nel sistema GBO, della quota espressa in metri s.l.m., delle fotografie (se presenti).

Le schede riepilogative sono state redatte per ognuno dei 54 punti della griglia IBL della rete regionale 18x18 km, sia nel caso dell'aver svolto l'attività di monitoraggio, sia nel caso di non aver eseguito il rilievo per mancanza di forofiti adatti. In quest'ultimo caso la scheda risulta costituita dalla sezione anagrafica descritta nel dettaglio precedente, dall'estratto della Carta Tecnica Regionale e dall'estratto dell'ortofoto (entrambe in scala 1:5.000) relative alla totalità delle 9 celle territoriali di campionamento (UCP).

La Figura 158 riporta l'esempio di una stazione IBL nella quale il monitoraggio è stato regolarmente svolto; al contrario la Figura 159 riporta l'esempio di una stazione IBL nella quale non è stato possibile eseguire il rilievo.

Le 54 schede riepilogative finali dell'attività di biomonitoraggio nella Regione Veneto sono contenute nel DVD allegato alla presente pubblicazione, suddivise per provincia e contraddistinte dal codice di stazione IBL [P29].

## ANAGRAFICA STAZIONE

### ID = VNTnnn

Identificativo stazione =  
sigla Regione Veneto e numero punto di griglia IBL

**Comune:** nome comune in cui ricade il punto di griglia IBL della rete regionale 18x18 Km

**Località:** nome località (eventuale)

**Ambito territoriale:**  
zona oroclimatica regionale

**Corine Land Use:**  
destinazione di uso del suolo

**Provincia:**

nome provincia in cui ricade il punto di griglia IBL della rete regionale 18x18 Km

**Coordinata GBO X:**

Coordinata metrica x del punto di griglia IBL nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest

**Coordinata GBO Y:**

Coordinata metrica y del punto di griglia IBL nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest

**Quota:** quota del punto di griglia IBL espressa in metri sul livello del mare

Selezione del punto di griglia IBL della rete regionale 18x18 Km

## ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Estratto Carta Tecnica Regionale  
in scala 1:5.000 della UCP monitorata

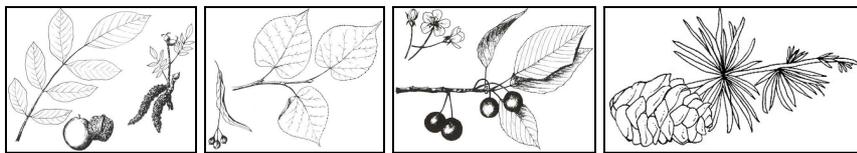
Estratto Ortofoto  
in scala 1:5.000 della UCP monitorata

Icona UCP monitorata  
(selezione tra le  
9 UCP possibili)

8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2
7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3
6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4
8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2	8	1	2
7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3
6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4



Icona forofita individuato  
(selezione tra le  
tipologie monitorate)



noce

tiglio

ciliegio

larice



Valore IBL  
e giudizio di  
alterazione  
(selezione tra  
colori mappa)



Descrizione della data di effettuazione dei rilievi, della UCS monitorata, del numero e tipologia di forofiti monitorati, del numero di specie individuate.

Valore IBL assegnato alla stazione e corrispondente giudizio di alterazione.

Numero di specie  
individuate

Grafico istogramma  
BL/punto cardinale

Tabella specie rilevate per stazione e per forofita.  
Valore BL per forofita.

Albero 1	Albero 2	Albero 3
Grafico copertura N.E.S.O.	Grafico copertura N.E.S.O.	Grafico copertura N.E.S.O.
Coordinata metrica x,y del forofita 1 nel sistema GBO Quota del forofita 1 in metri s.l.m.	Coordinata metrica x,y del forofita 1 nel sistema GBO Quota del forofita 1 in metri s.l.m.	Coordinata metrica x,y del forofita 1 nel sistema GBO Quota del forofita 1 in metri s.l.m.
Fotografia	Fotografia	Fotografia

Figura 157 - Scheda riepilogativa finale biomonitoraggio nella Regione Veneto. Descrizione

## ANAGRAFICA STAZIONE

**ID = VNT116**

Comune: Mira  
Località: Dogaletto  
Ambito territoriale: bassa pianura  
Corine Land Use: seminativo

Provincia: Venezia

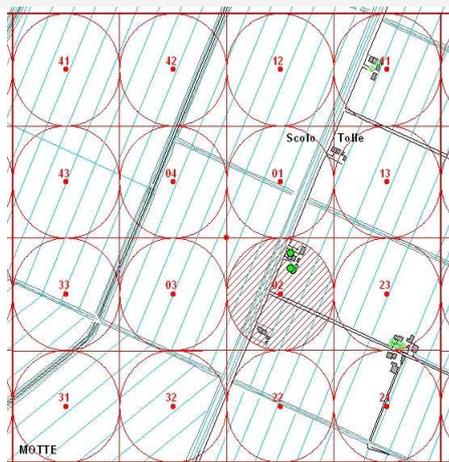
Coordinata GBO X: 1749949,5

Coordinata GBO Y: 5033843,5

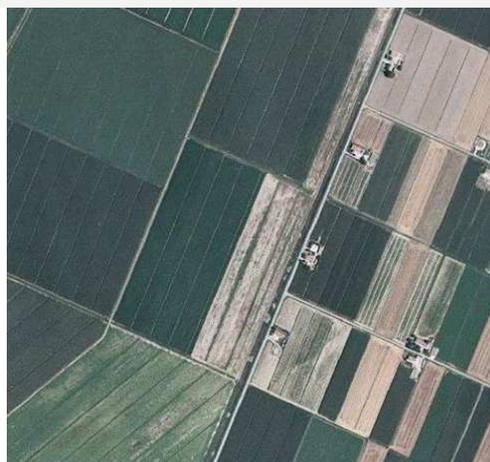
Quota: -0,1 m s.l.m.



## ATTIVITA' DI MONITORAGGIO



C.T.R. 1:5.000



Ortofoto

8	1	2
7	0	3
6	5	4

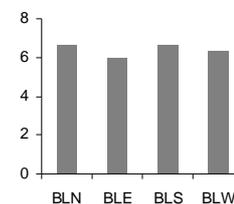
UCP monitorata



**BL<sub>s</sub> = 25.67**

**n<sub>sp</sub> = 3**

I rilievi sono stati effettuati in data 20.12.2004. Sono stati monitorati n°3 tigli, ad una altitudine di 1 metro s.l.m., ricadenti nella UCS12, ed individuate n°3 specie licheniche. Il valore IBL della stazione è 25.67 corrispondente ad un giudizio di alterazione alta.



Specie	Albero		
	1	2	3
Circonferenza cm	112	102	117
<i>Candelaria concolor</i>	10	1	2
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	-	2	2
<i>Physcia adscendens</i>	20	20	20
<b>BLr</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>n. specie</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

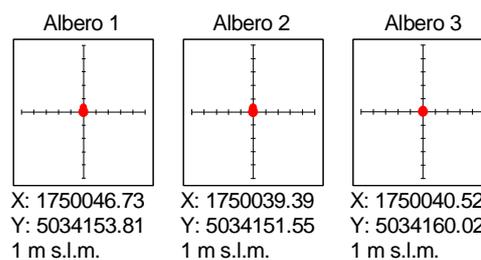


Figura 158 - Scheda riepilogativa finale biomonitoraggio nella Regione Veneto. Esempio stazione VNT116

## ANAGRAFICA STAZIONE

**ID = VNT096**

Provincia: Venezia

Comune: Portogruaro

Ambito territoriale: bassa pianura

Corine Land Use: seminativo

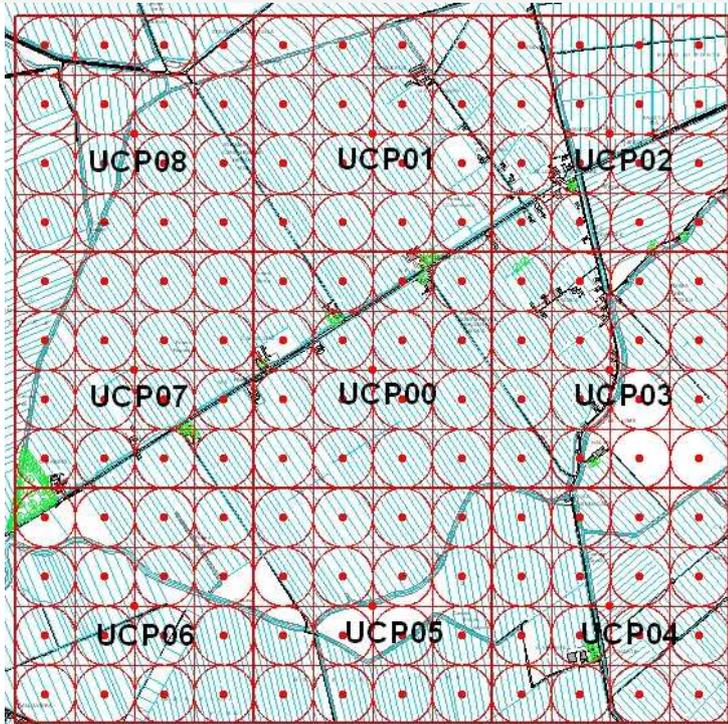
Coordinata GBO X: 1803949,5

Coordinata GBO Y: 5069843,5

Quota: -1,4 m s.l.m.



## ATTIVITA' DI MONITORAGGIO



C.T.R. 1:5.000

Rilievo non eseguito  
per mancanza di  
forofiti adatti



Ortofoto

Figura 159 - Scheda riepilogativa finale biomonitoraggio nella Regione Veneto. Esempio stazione VNT096

## Analisi dei dati

I valori di biodiversità lichenica rilevati sono riportati nella seguente Tabella 53.

Tabella 53 - Valori di biodiversità lichenica e n. di specie rilevate nelle UCP prese in esame

ID ORAR	COMUNE	PROVINCIA	BL	n. specie
VNT062	Cortina d'Ampezzo	BELLUNO	36,00	11
VNT067	Alleghe	BELLUNO	97,00	18
VNT068	Cibiana di Cadore	BELLUNO	99,11	26
VNT071	Gosaldo	BELLUNO	117,33	20
VNT072	Longarone	BELLUNO	98,33	22
VNT075	Sovramonte	BELLUNO	118,50	30
VNT076	Cesiomaggiore	BELLUNO	88,20	18
VNT077	Limana	BELLUNO	123,00	37
VNT081	Cismon del Grappa	VICENZA	101,00	24
VNT082	Valdobbiadene	TREVISO	35,33	2
VNT083	Refrontolo	TREVISO	61,00	10
VNT084	Godega di S. Urbano	TREVISO	53,00	9
VNT087	Malcesine	VERONA	99,33	13
VNT089	Valli del Pasubio	VICENZA	99,33	13
VNT090	Lugo di Vicenza	VICENZA	56,75	9
VNT091	Cassola	VICENZA	39,67	6
VNT092	Altivole	TREVISO	49,67	6
VNT093	Villorba	TREVISO	52,44	11
VNT094	Ponte di Piave	TREVISO	64,67	10
VNT095	S. Stino di Livenza	VENEZIA	69,00	10
VNT099	Caprino Veronese	VERONA	91,33	16
VNT100	Rovere' Veronese	VERONA	91,00	10
VNT101	Nogarole Vicentino	VICENZA	80,33	15
VNT102	Costabissara	VICENZA	56,83	7
VNT103	Grantorto	PADOVA	68,67	8
VNT104	Camposampiero	PADOVA	36,00	5
VNT105	Mogliano Veneto	TREVISO	84,00	14
VNT106	Roncade	TREVISO	46,50	11
VNT110	Sona	VERONA	86,33	13
VNT111	Verona	VERONA	12,67	3
VNT113	Zovencedo	VICENZA	59,75	13
VNT114	Veggiano	PADOVA	90,50	13
VNT115	Vigonza	PADOVA	51,63	17
VNT116	Mira	VENEZIA	25,67	3
VNT121	Albaredo d'Adige	VERONA	70,33	14
VNT122	Pojana Maggiore	VICENZA	35,50	8
VNT123	Arqua' Petrarca	PADOVA	92,33	18
VNT124	Bovolenta	PADOVA	86,00	13
VNT125	Codevigo	PADOVA	62,67	10
VNT129	Masi	PADOVA	86,00	12
VNT130	Vescovana	PADOVA	87,25	16
VNT131	Villadose	ROVIGO	72,67	12
VNT132	Loreo	ROVIGO	46,33	8
VNT135	Gaiba	ROVIGO	65,33	8
VNT136	Canaro	ROVIGO	38,00	8
VNT139	Porto Tolle	ROVIGO	35,67	9

I valori di biodiversità lichenica rilevati variano da un minimo 12,67 nella stazione di Verona (VNT111) ad un massimo di 123,00 a Limana (VNT077) in Provincia di Belluno. I campionamenti della stazione di Verona sono stati effettuati in un'area fortemente urbanizzata che ha influito in modo determinante sul valore di BL.

In base al valore dell'IBL e alla scala di naturalità/alterazione adottata, ogni stazione campionata è stata assegnata alla rispettiva zona di pertinenza (Figura 160):

- *deserto lichenico* 0% delle stazioni
- *alterazione molto alta* 2,2% delle stazioni
- *alterazione alta* 2,2% delle stazioni
- *alterazione media* 15,2% delle stazioni
- *bassa alterazione* 19,6% delle stazioni
- *bassa naturalità* 17,4% delle stazioni
- *media naturalità* 15,2% delle stazioni
- *naturalità* 28,3% delle stazioni

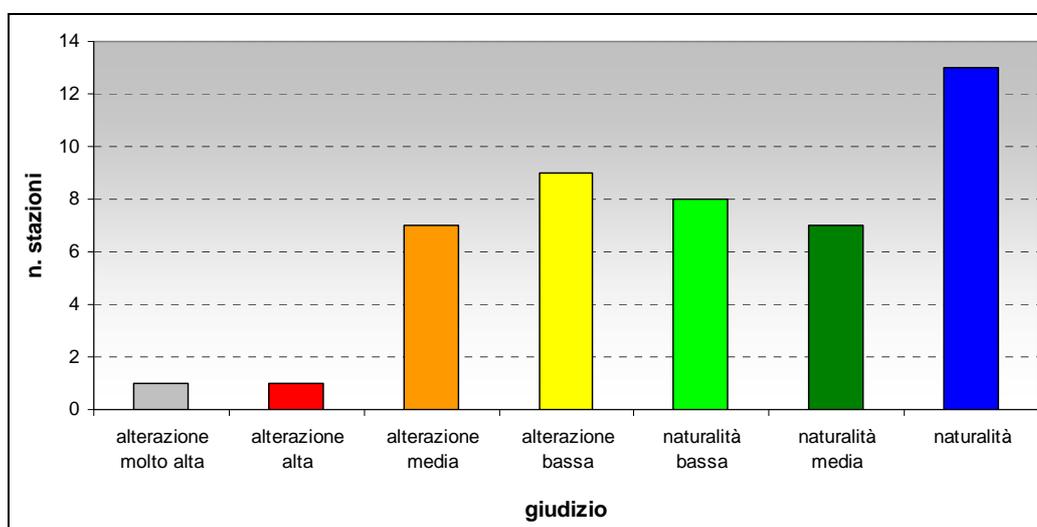


Figura 160 - Distribuzione delle stazioni di campionamento nelle zone di naturalità/alterazione considerate

Nella Tabella 54 vengono riportati i dati riassuntivi dei rilievi raggruppati per ambiti provinciali. Per quanto riguarda il valore medio di BL si va da un massimo di 97,20 a Belluno a un minimo di 47,30 a Venezia. Anche il numero di specie riscontrate presenta le stesse caratteristiche: 23 a Belluno, 3 a Venezia.

Tabella 54 - Medie provinciali di BL e numero specie riscontrate

	BL		n.specie	
	media	CV	media	CV
Belluno	97,20	28,5%	23	35,5%
Padova	73,50	27,1%	12	34,4%
Rovigo	51,60	32,1%	9	19,2%
Treviso	55,80	25,9%	9	39,9%
Venezia	47,30	21,1%	3	113,5%
Verona	75,20	42,7%	12	39,9%
Vicenza	66,10	37,8%	12	49,4%
<b>media Veneto</b>	<b>66,67</b>	<b>30,7%</b>	<b>11</b>	<b>47,4%</b>
minimo	12,67		3	
massimo	123,00		37	

Come si può constatare dalla Figura 160 circa il 30% delle stazioni si attesta su valori di BL corrispondenti a giudizi di alterazione.

Nella Figura 161 si riporta la mappa di alterazione/naturalità del Veneto, ottenuta dall'interpolazione dei valori di IBL.

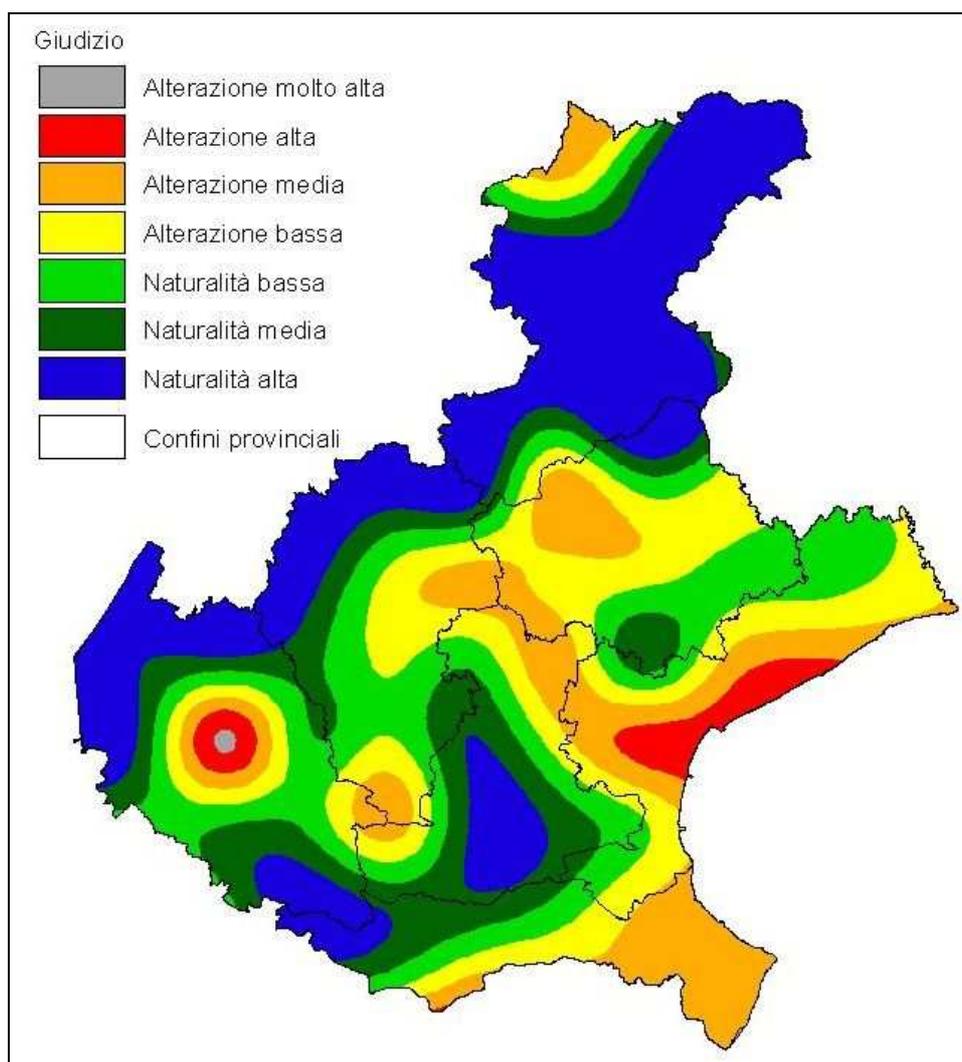


Figura 161 - Mappa di naturalità/alterazione basata sull'Indice di Biodiversità Lichenica nel Veneto

L'ambiente alpino e prealpino, dalle Dolomiti settentrionali all'altipiano del Cansiglio e al lago di Garda, risulta caratterizzato da condizioni di elevata naturalità. Interessante la situazione che si viene a delineare nella zona di Cortina (nord-ovest del territorio regionale): qui infatti si registra un BL decisamente basso (BL=36,00; alterazione media, n. specie 11) in accordo con l'uso turistico della zona che determina una pressione antropica non trascurabile.

Rientrano sempre in un giudizio di naturalità le stazioni monitorate riferite all'ambiente collinare con particolare rilevanza delle zone dei Colli Euganei e delle colline moreniche del Garda.

Negli ambienti pianiziale e costiero, caratterizzati dalla maggiore pressione antropica (Figure 162 e 163) sono stati registrati i più bassi valori di biodiversità lichenica. Le aree maggiormente problematiche, così come risultate dal disegno di campionamento adottato, sono la zona urbana del veronese e la zona a ridosso della Laguna di Venezia.

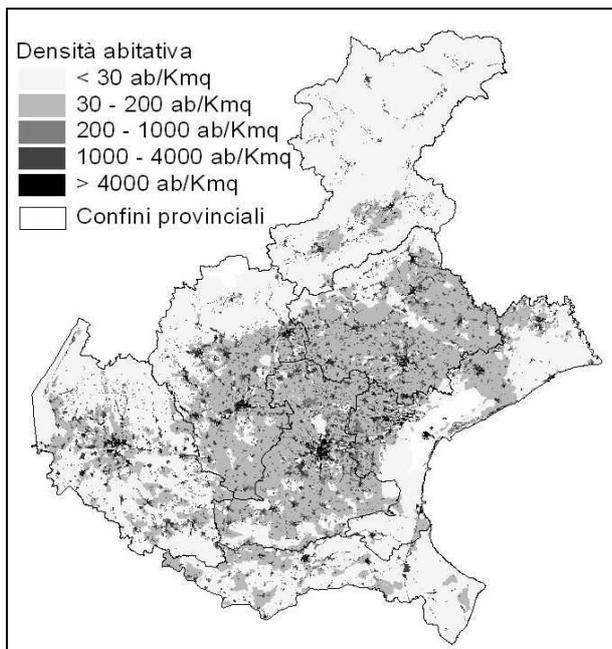


Figura 162 - Densità abitativa nel Veneto

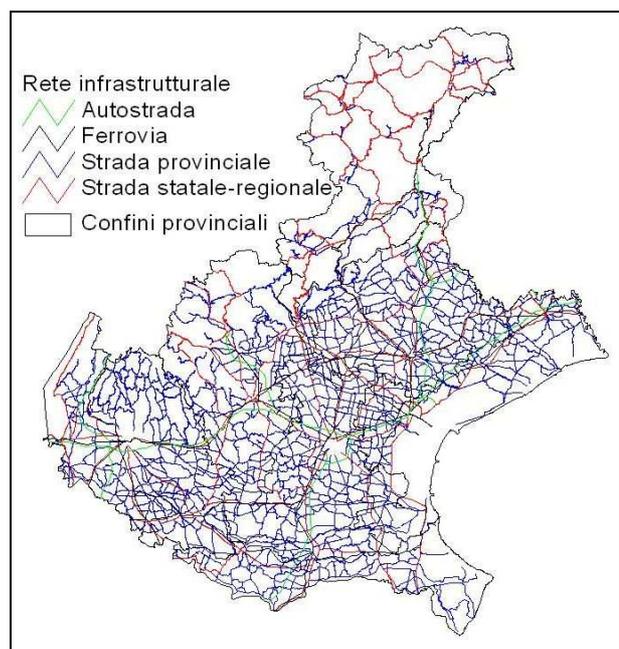


Figura 163 - Rete viaria nel Veneto

Analizzando il numero di specie rilevato per ogni UCP monitorata si evince una correlazione altamente significativa tra questo valore e l'indice di biodiversità lichenica (Figura 164).

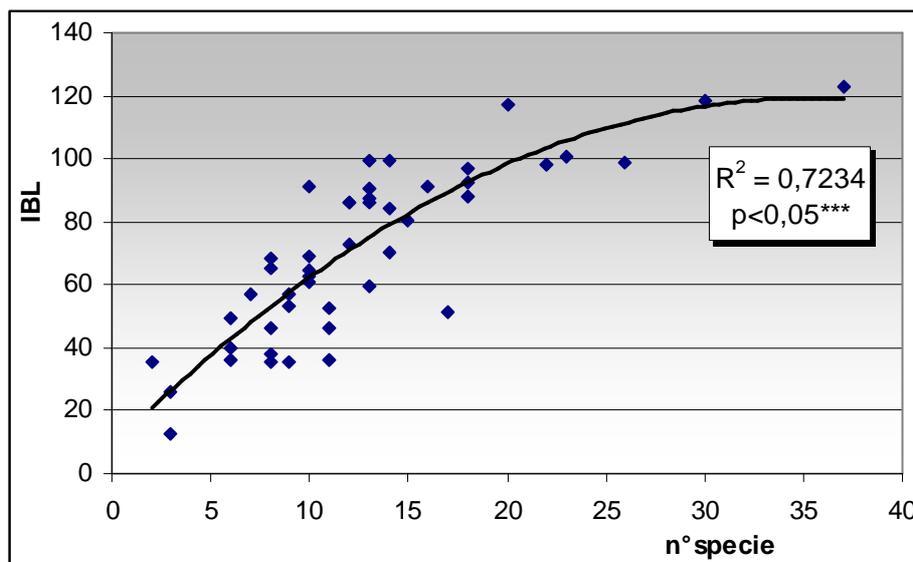


Figura 164 - Correlazione tra IBL e numero di specie licheniche riscontrate

Analizzando la distribuzione del numero di specie in relazione alle classi di alterazione (Figure 165 e 166) appare evidente come ai giudizi di alterazione più elevata corrispondano i più bassi valori del numero di specie (es. VNT111-Verona e VNT116-Mira).

Nelle classi di alterazione intermedie l'analisi del numero e dell'ecologia delle specie fornisce un ulteriore dato interessante per caratterizzare il giudizio di naturalità/alterazione. Ad esempio nella fascia di alterazione media lo scostamento tra i valori minimi e massimi del numero di specie è elevato ( $\Delta = 9$ ). Analizzando il comportamento di colonizzazione dell'insieme delle specie rilevate si osserva che la stazione con il minor numero di specie (VNT082-Valdobbiadene, pari a 2) è caratterizzata esclusivamente da specie che si avvantaggiano di eutrofizzazioni secondarie della scorza tipiche di ambienti agricoli o urbani, la stazione con il numero di specie più elevato (VNT075-Sovramonte, pari a 30) non presenta alcuna specie con questa ecologia.

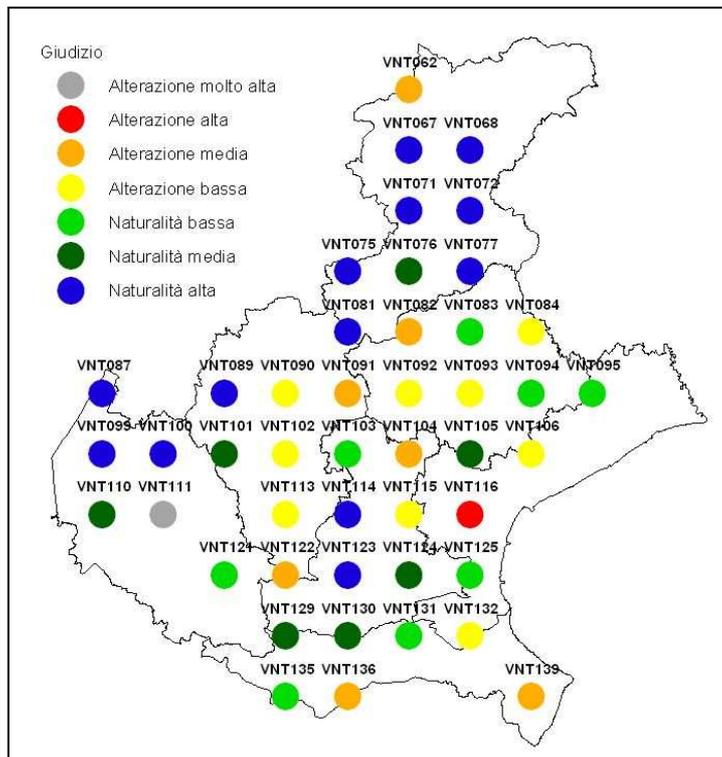


Figura 165 - Naturalità/alterazione delle UCP monitorate

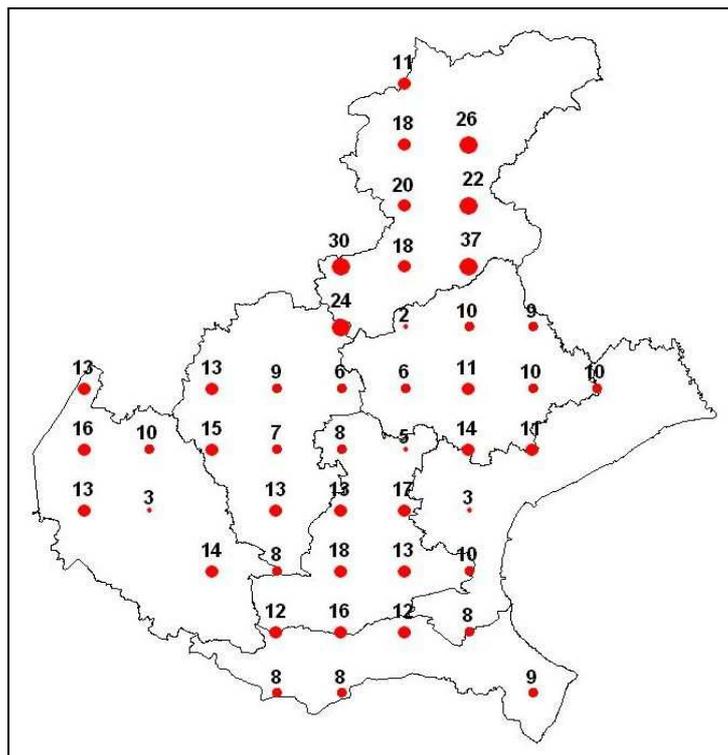


Figura 166 - Numero di specie licheniche riscontrate nelle UCP monitorate

E' stata analizzata la distribuzione delle specie rinvenute nelle 46 stazioni monitorate suddivisa in classi di presenza. La diffusione delle specie, in un territorio ampio e variegato quale quello analizzato, comporta livelli di frequenza bassi, per ogni singola specie, evidenziando una buona eterogeneità del territorio. Solo quattro specie sono presenti in oltre la metà delle stazioni. La grande maggioranza delle specie è presente tra l'1 e il 5% delle stazioni (Figura 167).

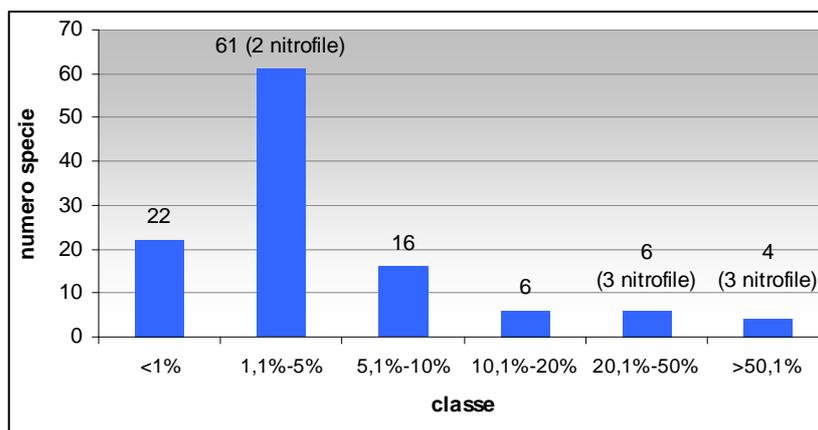


Figura 167 - Numero di specie distribuite per classi di frequenza

La composizione floristica della zona collinare e planiziale è caratterizzata dalla presenza, spesso in percentuale superiore al 50% di specie nitrofile, come emerge dalla Figura 168. La maggioranza delle specie nitrofile si presenta poi in una percentuale relativamente alta di stazioni (dal 20 al 68%).

In due stazioni (VNT082-Valdobbiadene e VNT111-Verona) le specie nitrofile costituiscono la totalità delle specie presenti. In altre tre stazioni (VNT092-Altivole, VNT116-Mira e VNT110-Sona) le stesse specie rappresentano oltre il 90% delle specie rilevate. E' interessante osservare che delle 8 specie nitrofile sulle 98 riscontrate ben il 50% si presenta nella metà di tutte le stazioni.

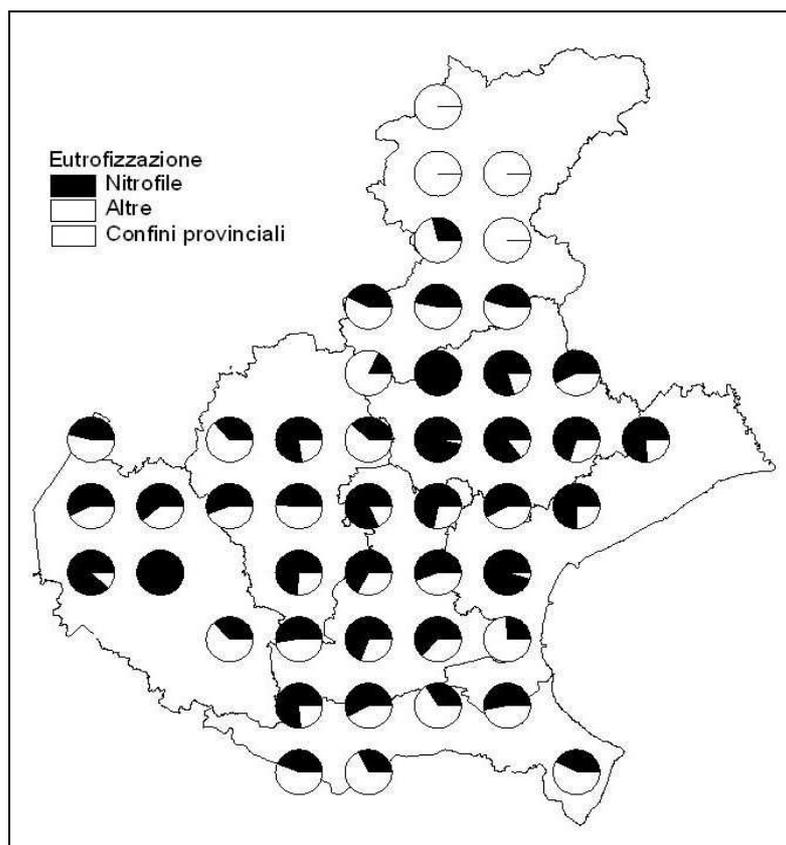


Figura 168 - Percentuale di specie nitrofile sul totale di specie riscontrate

Una elevata percentuale di specie con tali caratteristiche ecologiche può essere indice di un arricchimento secondario, di origine antropica, delle scorze dei forofiti analizzati riferibile a traffico veicolare o ad attività agricole.

## Analisi delle criticità

Nella Tabella 55 si riportano in breve le principali criticità riscontrate nell'esecuzione del monitoraggio. Nella Provincia di Belluno e, parzialmente, in quelle di Verona e Vicenza, l'orografia complessa ha determinato un rallentamento nell'esecuzione del lavoro, soprattutto nella fase di individuazione delle unità di campionamento, e nel raggiungimento dei forofiti. Di contro alcune situazioni ambientali planiziali riscontrate nelle province di Rovigo, Venezia e, parzialmente, Verona, hanno determinato una scarsa copertura vegetale sul territorio. Di conseguenza la ricerca dei forofiti su cui effettuare il rilievo ha richiesto un grande investimento (ore/uomo). La determinazione della posizione dei forofiti, tuttavia, rimane costante e già effettuata per tutte le campagne future.

*Tabella 55 - Analisi delle criticità nel territorio*

<b>Provincia</b>	<b>Orografia</b>	<b>Disponibilità forofiti</b>	<b>Numero specie</b>
Belluno	complessa	elevata	elevato
Padova	semplice	medio-alta	medio
Rovigo	semplice	molto bassa	medio
Treviso	semplice	elevata	medio-alto
Venezia	semplice	molto bassa	basso
Verona	parzialmente complessa	media-bassa	medio-alto
Vicenza	parzialmente complessa	media	medio

Per quanto l'attività di determinazione delle specie licheniche la ricchezza riscontrata nelle province di Belluno e, in parte, Treviso e Verona, ha richiesto un maggiore impegno in termini di tempo.

## 4.4 Conclusioni

Il pregio dell'utilizzo di un indicatore biologico è che esso esprime molto bene il grado di pressione antropica sull'ambiente senza essere vincolato ad un singolo fattore come per esempio un inquinante specifico e, contrariamente alle classiche tecniche di monitoraggio che presuppongono strumentazione onerosa, è comodamente estensibile a tutto il territorio e ripetibile alla frequenza desiderata. Pur non rappresentando un sostituto delle tecniche tradizionali la bioindicazione è molto versatile e quindi si presta, se usata adeguatamente, ad essere un regolare strumento di valutazione della qualità di un comparto ambientale.

Le campagne di bioindicazione forniscono quindi uno strumento utile, sintetico e a basso costo per monitorare condizioni di naturalità/alterazione in ambiti territoriali regionali.

La presente campagna di biomonitoraggio ha permesso di fotografare la qualità dell'aria dell'intero territorio regionale con una restituzione, in termini di valutazioni ambientali, altamente significativa seppur sintetica.

Le variazioni della biodiversità lichenica si sono dimostrate rispondenti ai livelli di pressione antropica, in perfetto accordo con i risultati ottenuti con altre tecniche di indagine e con le serie storiche di dati di monitoraggio.

Per ottenere risultanze significative nel tempo è necessaria una programmazione che preveda una certa continuità temporale al fine di restituire un'informazione sistematica, valida e confrontabile.

La parte più consistente del lavoro è stata svolta in questa prima campagna operativa in cui l'Agenzia ha promosso la formazione in proprio di una competenza specifica interna al proprio organico formando un gruppo stabile di operatori che possano condurre regolari indagini di biomonitoraggio. La scelta di puntare alla valorizzazione delle risorse interne si è dimostrata vincente sia in termini economici (risparmio pari al 30%) sia metodologica. E' necessario infatti considerare la positiva ricaduta indiretta come la formazione del personale, l'aver instaurato collaborazioni con altri enti (Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Torino), lo stimolo a procedere in qualità (con l'attenzione dedicata alla stima dell'incertezza di misura), la messa a punto di una metodologia cartografica e l'estensione della griglia IBL 18x18 km ad altri settori di intervento di monitoraggio. Le elaborazioni cartografiche relative alla costruzione della griglia di campionamento georeferenziata hanno costituito la base nel monitoraggio con i radielli (si veda capitolo 2) e anche la base di programmazione di campagne di monitoraggio strumentale con stazioni mobili secondo i dettami dell'Allegato I del DM 261/2002, così come presente nel "Piano di Monitoraggio 2007-2008 della Qualità dell'Aria" redatto da ARPAV.

Il presente lavoro rappresenta, infine, non solo una continuità rispetto alle esperienze precedenti, ma anche il primo lavoro che ha visto l'applicazione, su tutto l'ambito territoriale del Veneto, della metodica ANPA.

## 4.5 Prospettive future

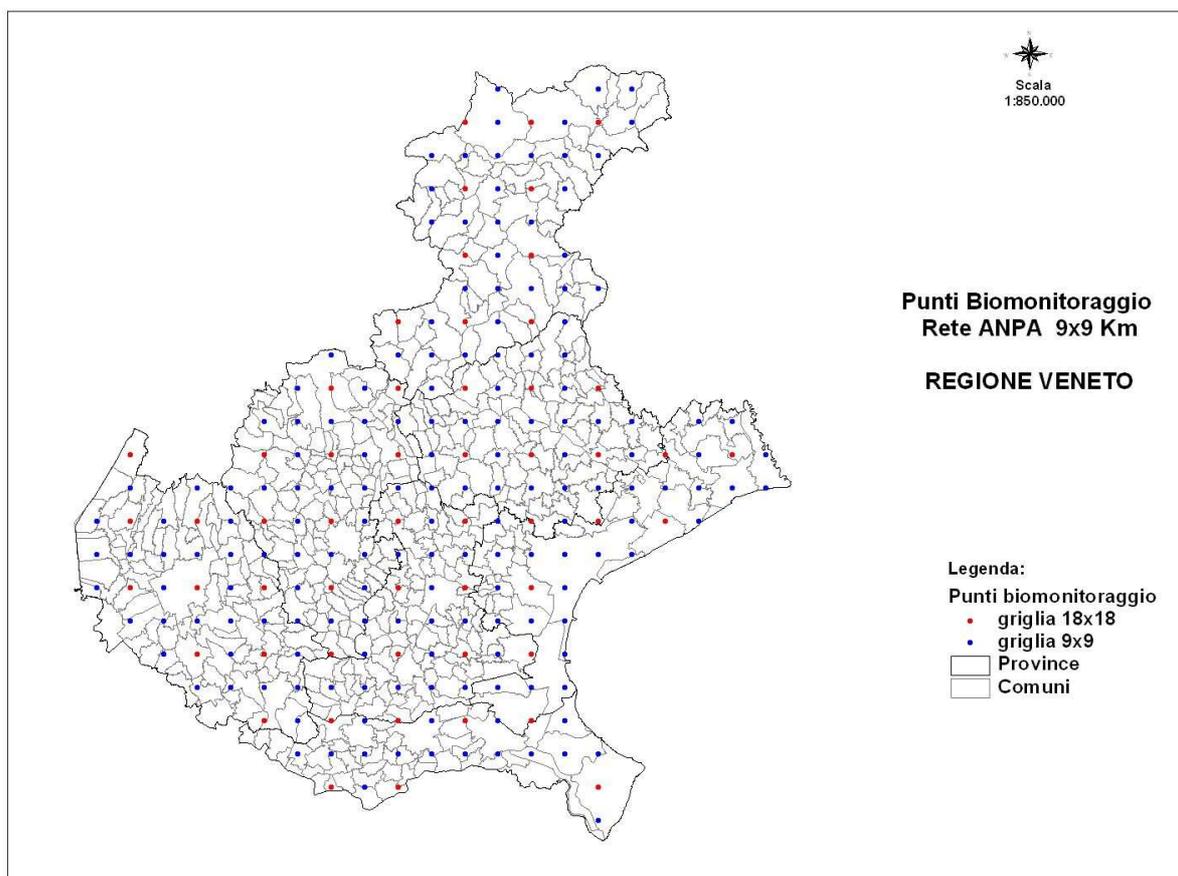
### 4.5.1 Bioindicazione

L'esperienza accumulata durante lo svolgimento della presente indagine costituisce un importante patrimonio di conoscenza: la programmazione di regolari campagne di bioindicazione con licheni epifiti, rappresenterebbe il consolidamento di una linea di attività che non deve essere occasionale. Si propone di ripetere l'indagine con la griglia 18x18 km a cadenza quinquennale mantenendo la ripetibilità della stessa a tutti i livelli.

La seconda campagna di rilevamento potrebbe inoltre rappresentare l'occasione per includere alcune stazioni che, essendo formalmente esterne al territorio della Regione del Veneto, non sono state considerate in fase di rilievo. Questo consentirebbe una migliore interpolazione dei dati. Considerando tali stazioni, esterne ai confini regionali, il numero totale stimato di forofiti da rilevare sarebbe pari a 171, con una media per Dipartimento attorno alle 24 unità (minimo 15 a Venezia, massimo 36 a Belluno), molto vicina ai valori della presente campagna (162 teorici, media reale: 20 unità per Dipartimento).

In seconda istanza per ottenere un maggior dettaglio territoriale si propone di estendere il lavoro adottando una maglia più fitta. La griglia 18x18 km é la minima consigliata dal metodo ANPA, ma il raddoppio della

densità permetterebbe una restituzione molto più accurata dell'informazione: dalle 54 stazioni della rete 18x18 km alle 167 stazioni della rete 9x9 km (Figura 169).



*Figura 169 - Mappa del Veneto con i punti della maglia 9x9 km (in colore blu), unitamente ai punti della rete 18x18 km (in colore rosso)*

Il monitoraggio del territorio regionale utilizzando la maglia 9x9 km potrebbe essere pianificato, nell'arco di tre anni, portando ad un carico di lavoro per Dipartimento di mediamente 8 stazioni all'anno, esattamente la media delle stazioni del presente lavoro.

Essendo le fonti di pressioni molto variegata e diffuse nel territorio, i Dipartimenti potrebbero optare per una mappatura in fasi successive, suddividendo il territorio provinciale in parti omogenee. Rispettando la periodicità quinquennale proposta per le campagne regionali su maglia 18x18 km, l'intero territorio regionale potrebbe essere monitorato in modo molto più fitto utilizzando la rete 9x9 km in soli tre anni, senza particolare aggravio sul carico di lavoro degli operatori.

Questa attività può essere preventivata ed inserita nel piano annuale di attività, distribuendo i rilievi nei mesi primaverili-estivi.

Da una recente campagna condotta dagli operatori del Dipartimento Provinciale di Treviso nel territorio della destra Piave [70], si stima un tempo di esecuzione di 2 giornate-uomo per stazione con una media di 4 forofiti rilevati per stazione.

Inoltre, nell'ultimo decennio, sono state realizzate, da parte di alcuni Dipartimenti Provinciali, diverse indagini locali che tuttavia sono per ora rimaste poco visibili e fruibili se non dagli addetti ai lavori mentre sarebbe auspicabile che fossero inserite in una visione globale ed omogenea.

## Bioaccumulo

Le indagini sul bioaccumulo degli inquinanti atmosferici tramite sensori biologici permettono di stimare la diffusione ed i *pattern* di deposizione dei contaminanti e di risalire alle fonti di inquinamento localizzate o disperse. Rispetto agli studi di bioindicazione le indagini di bioaccumulo, a causa del necessario utilizzo di strumentazioni e materiali anche molto costosi, sono meno diffuse nonostante la metodologia non richieda conoscenze lichenologiche approfondite e non presenti particolari difficoltà analitiche. Tuttavia, le ampie possibilità offerte da questo tipo di indagini e la flessibilità della metodologia, che permette di utilizzare sia specie presenti spontaneamente, sia trapianti di biomonitor raccolti in aree non contaminate, hanno fatto sì che anche in Italia siano state effettuate diverse indagini [3].

Recentemente la metodologia del trapianto di organismi bioaccumulatori è stata oggetto di studio nell'ambito di un importante progetto di ricerca cofinanziato dal Ministero per l'Università intitolato "Sviluppo di metodologie per il monitoraggio biologico dell'inquinamento atmosferico da metalli in traccia nelle aree urbane ed industriali italiane" che ha coinvolto varie sedi universitarie italiane. Tale progetto ha avuto lo scopo di definire e ottimizzare - ricorrendo ad approcci di tipo chimico, biochimico, istochimico, ecofisiologico e di microscopia elettronica le procedure per il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche di metalli in aree urbane e industriali, basate su trapianti di muschi (*Hypnum cupressiforme*) e licheni (*Pseudevernia furfuracea*) esposti in reti di nylon ("bags"). I risultati di queste ricerche hanno permesso di fare luce su alcuni aspetti di particolare importanza e di costituire una base per la stesura di un protocollo standardizzato che è tuttora in fase di sviluppo (APAT, manuale in fase di preparazione).

A completamento del presente lavoro e delle eventuali future campagne di bioindicazione, si propone di attivare una campagna di bioaccumulo di metalli pesanti per mezzo di biosensori. La disponibilità di strumentazione ad altissima sensibilità consente di valutare il bioaccumulo anche di metalli ritenuti, fino a poco tempo fa, di bassa rilevanza.

Dal momento che il bioaccumulo rappresenta un carico di lavoro ed un costo non indifferente per gli aspetti analitici e pre-analitici vengono avanzate due ipotesi di lavoro:

A) campagne quinquennali di bioindicazione su maglia 18x18 km, intercalate da tre campagne annuali su maglia 9x9 km e una campagna quinquennale di bioaccumulo. In questo modo si privilegia la conoscenza sistematica del territorio utilizzando l'IBL.

B) si lascia inalterata la proposta di bioindicazione sulla rete 18x18 km da ripetersi ogni anno, intercalando campagne su maglia 9x9 km con campagne annuali di bioaccumulo su maglia 3x3 km, raddoppiando il numero di punti negli anni dove non ci sono altre campagne.

Le due ipotesi di lavoro (A e B) sono illustrate in Figura 170.

		ANNO										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IPOTESI A	Campagna 18x18											
	Campagna 9x9											
	Bioaccumulo 18x18											
IPOTESI B	Campagna 18x18											
	Campagna 9x9											
	Bioaccumulo 3x3											

Figura 170 - Cronoprogramma

#### 4.5.2 Altri progetti di monitoraggio

Va ricordato che attualmente l'interesse nell'ambito del monitoraggio si sta estendendo ad altre sostanze al di là degli inquinanti tradizionali, come ad esempio l' $\text{SO}_2$ , che a seguito di specifiche azioni intraprese presentano concentrazioni ormai non più preoccupanti.

Esistono molti altri campi di applicazione del biomonitoraggio, mediante utilizzo di altri "strumenti" biologici, in senso lato come l'utilizzo di piante vascolari (es. tabacco nel monitoraggio dell'ozono, aghi di pino nel monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), gladioli per il monitoraggio dei fluoruri ecc.).

Sarebbe poi auspicabile dedicare maggiore attenzione ad altri settori come, per esempio, la tutela del patrimonio artistico e della vegetazione stessa come da indicazioni di normativa. Per ultimo, ma non per importanza, sarebbe interessante dedicare risorse al biomonitoraggio dei cambiamenti climatici.

*Tabella 56 - Altre proposte di attività*

<b>Monitoraggio</b>	<b>Biomonitor</b>
IPA	licheni, aghi di Pino
$\text{O}_3$	Tabacco
fluoruri	Gladioli, Prunus
qualità aria	polline
inquinanti organici	cera e propoli
tutela patrimonio artistico	licheni
cambiamenti climatici	licheni

In Tabella 56 si riportano alcune delle possibili proposte di attività future che saranno da valutare in relazione agli scopi, necessità e disponibilità dei singoli Dipartimenti interessati.

## 4.6 Bibliografia

- [1] Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.), 2002. *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Dordrecht, Kluwer Publisher.
- [2] Nimis P.L., 1999. Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. In: Piccini C. & Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*. Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, serie Atti 2: 267-278.
- [3] Loppi S., 1999. Licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia: stato dell'arte in Italia. In: Piccini C. & Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*. Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, serie Atti 2: 123-143.
- [4] Piervittori R., 1999. Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte in Italia. In: C. Piccini C. & S. Salvati (eds.), *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, serie Atti 2: 97-122.
- [5] Kricke R. & Loppi S., 2002. Bioindication: the I.A.P. approach. In: Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P.A. (Eds.), *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 21-37.
- [6] Van Haluwyn C., Van Herk C.M., 2002. Bioindication: the community approach. In: Nimis, P.L., Scheidegger, C., Wolseley, P.A. (Eds.) *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 39-64.
- [7] Nylander W., 1866. Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bulletin de la Société Botanique de France* 13: 364-372.
- [8] Sernander R., 1926. *Stockholms natur*. Uppsala, Almquist & Wiksells.
- [9] Hawksworth D.L. & Rose L., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227: 145-148.
- [10] Ammann K., Herzig R., Liebendoerfer L. & Urech M., 1987. Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland. *Advanced Aerobiology* 51: 401-406.
- [11] Herzig R., Liebendoerfer L., Urech M., Amman K., Cuecheva M. & Landolt W., 1989. Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 35: 43-57.
- [12] Liebendoerfer L., Herzig R., Urech M. & Ammann K., 1988. Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten-Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. *Staub-Reinhalung der Luft* 48: 233-238.
- [13] Nimis P.L., Castello M. & Perotti M., 1990. Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). *Lichenologist* 22: 333-344.
- [14] Castello M., Nimis P.L., Alleteo D. & Bellio M.G., 1994. Biomonitoring of SO<sub>2</sub> and metal pollution with lichens and barks in Savona (N Italy). *Bollettino della Società Adriatica di Scienze* 75: 61-83.
- [15] Nimis P.L., Bargagli R., Benedet A., Castello M., Ciccarelli A., Gasparo D., Lausi D., Lazzarin G., Olivieri S. & Tretiach M., 1992. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio, Thiene, Breganze (Vicenza). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Verona* 16: 1-154.
- [16] Giordani P., 2006. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. *Environmental Pollution* 146: 213-217.
- [17] Giordani P., Brunialti G. & Alleteo D., 2002. Effects of atmospheric pollution on Lichen Biodiversity (LB) in a Mediterranean region (Liguria, NW Italy). *Environmental Pollution* 118: 53-64.
- [18] Griselli B., Bari A., Magnoni M., Bertino S., Isocrono D. & Piervittori R., 2003. Biomonitoring in evaluation of human impact: use of lichen biodiversity and mosses accumulation of radioisotopes in an alpine valley (Valle Orco, Piedmont, Italy). *Plant Biosystem*, 137: 35-46.
- [19] Isocrono D., Usai L., Alessio F., Massara M. & Piervittori R., 2003. Valutazione della qualità dell'aria della provincia di Torino. In: Piervittori R. (ed.) *Biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni: studio relativo alle province di Torino e Cuneo*. Quaderni della Regione Piemonte, Torino, pp.12-37.
- [20] Morisi A., Isocrono D., Usai L., & Piervittori R., 2003. Valutazione della qualità dell'aria della provincia di Cuneo. In: Piervittori R. (ed.) *Biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni: studio relativo alle province di Torino e Cuneo*. Quaderni della Regione Piemonte, Torino, pp. 38-106.

- [21] Piervittori R., Maffei S., 2001. The importance of indicator species in the biomonitoring of atmospheric pollution. *Cryptogamie Mycologie* 22: 297-310.
- [22] Contessi L. 2000. Bioindicazione della qualità dell'aria nella piana di Osoppo attraverso l'uso di Licheni Epifiti. *Biologi Italiani* 11: 14-17.
- [23] AA.VV., 2000 - Abstracts of Lichen Monitoring NATO Advanced Research Workshop, Pembroke (UK), 16-22 August 2000.
- [24] Nimis P.L., Ferretti M., Bini G., Bonannini M., Ferrarese R., Fornasier F., Brunialti G., Corsini A., Giordani P., Isocrono D., Mancini L., Piervittori R., Tretiach M., Visentin R., 2001. I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica, ANPA, Manuali e Linee Guida 2/2001.
- [25] Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P.L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn C. & Wirth V., 2002. Mapping Lichen Diversity as an Indicator of Environmental Quality. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.). *Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 273-279.
- [26] Isocrono D., Griselli B., Rampa P.L. & Piervittori R., 2002 - Rete di biomonitoraggio della qualità ambientale tramite licheni epifiti: l'esperienza piemontese. Abstract Seminario di studi Nuovi orizzonti dell'ecologia, Trento 18-19 aprile 2002.
- [27] Anzini L., Bonanni P., Genovesi V., Massari G., Ravera S. & Silli V., 2005 - Biomonitoraggio in Italia centrale con l'Indice di Biodiversità Lichenica: la Rete dell'Umbria. *Biologi Italiani* 6: 32-40.
- [28] Silli V., Bonanni P., Ravera S. & Genovesi V., 2005. Rete di biomonitoraggio in Italia Centrale con l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.). *Informatore Botanico Italiano* 37: 244-245.
- [29] Isocrono D., Coppo F., Finotti S. & Piervittori R., 2005. Licheni come indicatori biologici in provincia di Vercelli. *Atti del 2° Convegno Nazionale di Ecotossicologia. Biomarcatori ed organismi sentinella: nuove frontiere per valutare e controllare lo stato di salute dell'ambiente e dell'uomo*: 32-36.
- [30] Arpa Emilia Romagna - Sezione di Rimini, 2003. Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Rimini mediante la biodiversità dei licheni epifiti. Rapporto.
- [31] Isocrono D., Matteucci E., Ferrarese A., Pensi E., Piervittori R., 2007. Lichen colonisation in the city of Turin (North Italy) based on current and historical data. *Environmental Pollution* 145: 258-265.
- [32] Munzi S., Ravera S., Caneva G., 2007. Epiphytic lichens as indicators of environmental quality in Rome. *Environmental Pollution* 146: 350-358.
- [33] Caniglia G., Giulini P., Spampani M., 1978. Inquinamento atmosferico e licheni. Saggio di distribuzione nella Valle del Boite e a Cortina d'Ampezzo. *Atti del Convegno: Ecologia delle Prealpi Orientali*, Gr. Gadio, pp. 279-293.
- [34] Spampani M., 1982. I licheni: indicatori fisiologici della qualità dell'aria. *Le Scienze* 167: 60-69.
- [35] Cislighi C., Nimis P.L., 1997. Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature* 387: 463-464.
- [36] Morandi R., 1998. Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico mediante l'uso dei licheni - In: AA.VV., *Ambiente: il Veneto verso il 2000*, Regione del Veneto, pp. 107-206.
- [37] Nimis P.L., 2001. Licheni e biomonitoraggio nella Regione Veneto: un'esperienza pilota. *Convegno Urbana-Città e ambiente urbano*, 28 febbraio-3 marzo 2001, Padova, pp. 93-108.
- [38] Dissegna M., Lazzarin G., 1997. Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico con l'utilizzo di licheni epifiti come bioindicatori e bioaccumulatori nel settore veneto dell'altopiano del Consiglio. Regione del Veneto, Direzione foreste ed economia.
- [39] AA.VV., 2003. La qualità dell'aria in Comune e Provincia di Verona negli anni 2002-2003, ARPAV.
- [40] Burigo R., Oppo C., 2000. Biomonitoraggio di metalli tramite licheni nella provincia di Belluno: area del Feltrino e del Longaronese, ARPAV-Dipartimento Provinciale di Belluno, Provincia di Belluno, Belluno.
- [41] Sanavio G., 2000. Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico mediante utilizzo di licheni e strumentazione per l'analisi dello stato, Rovigo.
- [42] AA.VV., 2001. Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel territorio circostante le centrali ENEL di Fusina, e Marghera e Edison di Marghera Levante. *Terra Viva*, Vigevano.
- [43] Burigo R., Oppo C., 2002. Intervento pilota per il controllo delle zone industriali del Longaronese mediante utilizzo di licheni, ARPAV-Dipartimento Provinciale di Belluno, Provincia di Belluno, Belluno.
- [44] Raris M., Lazzarin G., 2004. Biomonitoraggio della qualità dell'aria in Provincia di Treviso (Sinistra Piave) mediante l'impiego di licheni epifiti, ARPAV-Dipartimento Provinciale di Treviso, Treviso.

- [45] Vianello L., Franceschini C., 2006. Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel territorio del Bacino Scolante e della laguna di Venezia mediante impiego di licheni epifiti (2000-2005) nell'ambito del Progetto SIMAGE, Mestre.
- [46] Ferretti, 2002. Key issues in designing biomonitoring programmes in Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.). *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Dordrecht, Kluwer Publisher.
- [47] Tieppo P., Mosconi M. C., Mattioli G., 2003. Approccio metodologico propedeutico all'applicazione del metodo IBL: l'esperienza del Veneto. Relazione presentata al Seminario "L'Indice di Biodiversità Lichenica, strumenti metodologici e casi applicativi", APAT CTN-ACE, 10 dicembre 2003, Roma.
- [48] AA.VV., 1985. Guida pratica agli alberi e arbusti in Italia, Selezioni dal Reader's Digest, Milano.
- [49] Aas G., Riedmiller A., 1991. *Alberi*, Tutto Natura-Gruppo Mondadori, Milano.
- [50] Brunialti G. & Giordani P., 2002. Applicabilità del nuovo protocollo di campionamento del metodo di Biodiversità Lichenica (BL). In: Ferretti M. & Fornasier F. (eds.). *Verso una rete nazionale per il rilevamento della qualità dell'aria mediante l'indice di biodiversità lichenica. Una valutazione preliminare per la progettazione e le procedure di assicurazione di qualità*. ANPA, Roma.
- [51] Nimis P.L., 1987 - I macrolicheni d'Italia: chiavi analitiche per la determinazione. *Gortania* 8:101-220.
- [52] Clauzade G. & Roux C., 1985 - *Likenoj de okcidenta europo*. *Ilustria determinlibro*, Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, Nouvelle série, Numéro Spécial 7: 3-893.
- [53] Nimis P.L., 1992. Chiavi analitiche del genere *Caloplaca* Th Fr. In Italia. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana* 5: 9-28.
- [54] Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W. & Moore D.M., 1992. *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publication and British Lichen Society, London.
- [55] Nimis P.L. & Bolognini G., 1993. Chiavi analitiche del genere *Lecanora* Ach. in Italia. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana* 6: 29-46.
- [56] Wirth V., 1995. *The lichens*. Baden-Wurttemberg - Ulmer, Stuttgart.
- [57] Dobson F.S., 2000. *Lichens. An illustrated Guide to the British and Irish Species*. The Richmond Publishing Co., England.
- [58] Nimis P.L. & Martellos S., 2003. A second checklist of the lichens of Italy. *Monografie*, 4. Museo Regionale di Scienze Naturali, Saint-Pierre, Valle d'Aosta.
- [59] Nimis P.L., 2003. Checklist of the Lichens of Italy 3.0, University of Trieste, Dept. of Biology, IN3.0/02 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- [60] Soliani L., 2003. *Statistica applicata alla ricerca biologica ambientale*, Uni.Nova, Parma.
- [61] Gambotto Manzone A.M., Susara Longo C., 2004. *Probabilità e Statistica*, Tramontana Edit., Milano.
- [62] Wonnacott T.H., Wonnacott R.J., 2002. *Introduzione alla Statistica*, Franco Angeli, Milano.
- [63] Taylor J.R., 2000. *Introduzione all'analisi degli errori*, Zanichelli, Bologna.
- [64] Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D. & Piervittori R., 2002a. A new scale for the interpretation of lichen biodiversity values in the Thyrrenian side of Italy. *Bibliotheca Lichenologica* 82: 235-243.
- [65] Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D. & Piervittori R., 2002b. Identifying deviations from naturalness of lichen diversity for bioindication purposes. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.). *Monitoring with lichens - Monitoring lichens*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 281-284.
- [66] Nimis P.L. & Bargagli R., 1999. Linee guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di elementi in traccia. In: Piccini C. & Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"*. Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, serie Atti 2: 279-289.
- [67] VDI 3957-Sheet 13, 2004. Biological measurement procedures for determining and evaluating the effects of ambient air pollutants on lichens (bio-indication)-Mapping the biodiversity of epiphytic lichens as indicators of air quality, Guideline VDI, Berlin.
- [68] Brunialti G., Giordani P., Isocrono D., Loppi S., 2002 - Evaluation of data quality in lichen biomonitoring studies: the Italian experience. *Environmental Monitoring and Assessment* 75: 271-280.
- [69] Tallent-Halsell N. G., 1994. *Forest Health Monitoring. Field Methods Guide*, EPA/620/R-94/027. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- [70] Menegon S., Girardi G., 2007. *Biomonitoraggio della qualità dell'aria nella Provincia di Treviso (destra Piave) mediante l'impiego di licheni epifiti (2006)*, ARPAV-Dipartimento Regionale Laboratori-Dipartimento Provinciale di Treviso (in corso di pubblicazione).

## 5 L'attività di reporting e i prodotti realizzati

### 5.1 L'attività di reporting del progetto

Durante il periodo di attuazione del progetto, l'Osservatorio Regionale Aria ha costantemente mantenuto l'attività di rendicontazione trimestrale alla Regione Veneto attraverso la stesura di un documento di volta in volta aggiornato sullo stato di avanzamento del progetto e le spese sostenute. Le relazioni a carattere tecnico-economico hanno recato informazioni sui provvedimenti adottati interni ad ARPAV, i progressi nelle varie task, la descrizione delle spese sostenute, le attività previste nel trimestre successivo e gli indicatori ambientali. La rendicontazione trimestrale permette quindi alla Regione di valutare il raggiungimento degli obiettivi preposti dal progetto. Complessivamente sono state redatte, a cura dell'Osservatorio Regionale Aria dodici rendicontazioni trimestrali che hanno seguito tutte le fasi di progettazione e sviluppo delle attività. La Gestione Amministrativa Progetti, struttura di ARPAV, ha curato la gestione amministrativa del progetto sia nella fase di gestione delle gare e della fatturazione delle spese che per quanto riguarda la rendicontazione economica dettagliata. Quest'ultima è stata realizzata mediante l'aggiornamento di un file opportunamente predisposto che veniva man mano aggiornato con le spese sostenute per il progetto. Per quanto riguarda la realizzazione delle Deliberazioni e dei contenuti tecnici dei capitolati di gara, l'Osservatorio Regionale Aria – Ufficio Supporto Politiche Regionali Inquinamento Atmosferico ha lavorato in collaborazione con i gestori delle reti di monitoraggio.

### 5.2 I prodotti realizzati

Per ciascuna task del progetto erano stati fissati e descritti degli obiettivi, dei tempi e dei prodotti da realizzare. Al termine del progetto, nell'ambito della task 7 "Reporting delle attività" era prevista la realizzazione di un seminario conclusivo. Nel presente paragrafo vengono descritti brevemente i prodotti realizzati nell'ambito del progetto.

Tutti i prodotti ivi descritti sono contenuti in formato informatico nel DVD allegato alla presente pubblicazione.

#### Descrizione dei prodotti

Di seguito si riporta una breve descrizione del contenuto dei prodotti realizzati. In Tabella 57, a fianco di ciascun prodotto è indicato il nome del file contenuto nel DVD allegato, al fine di agevolare l'utilizzatore nella ricerca della documentazione. L'identificazione di ogni prodotto è univoca, determinata da una sigla costituita dalla lettera P e da un numero progressivo.

**P1 - Progetto EMEP. Rete Regionale di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico della Regione Veneto. Relazione sui dati raccolti nel periodo 1989-2000.**

Il documento descrive la struttura della rete EMEP, dismessa a partire dall'anno 2000, il tipo di dati raccolti (meteorologici, campioni di polveri, campioni di pioggia) e le analisi eseguite sui campioni riferiti al periodo 1989-2000. Sono riportati nel dettaglio tabelle e grafici descrittivi dei risultati ottenuti per le nove stazioni della rete EMEP. Tali risultati sono stati utilizzati per raccogliere delle informazioni di rappresentatività dei siti di monitoraggio al fine del loro riutilizzo come siti di background rurale nell'ambito della rete regionale per la qualità dell'aria.

**P2 - Procedura Gestionale "Controllo dei dati di qualità dell'aria".**

Il documento, destinato ai responsabili delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria, rappresenta un utile strumento di supporto al fine della conoscenza del numero minimo di campioni da determinare per ciascun inquinante per anno, le tempistiche e le modalità di controllo e validazione dei dati.

La procedura stabilisce anche come effettuare il trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità strumentale (LR). In allegato alla procedura, vi è una tabella con i limiti di rilevabilità degli analizzatori e le metodiche da utilizzare per la determinazione degli inquinanti.

**P3 - Linee Guida per la caratterizzazione del particolato atmosferico.**

Il documento fornisce alcune indicazioni per effettuare la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico, tenendo conto della normativa in vigore, della documentazione tecnica e delle procedure operative in uso presso i Dipartimenti ARPAV Provinciali.

Tale documento è alla base della prossima definizione di un protocollo comune per la caratterizzazione del particolato. Le Linee Guida contengono i riferimenti bibliografici di interesse e i link utili per la caratterizzazione chimica del particolato atmosferico.

**P4 - Criteri per la realizzazione di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria mediante stazioni rilocabili.**

Lo scopo del documento è quello di proporre una metodologia per l'organizzazione e la realizzazione di una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, tenendo conto dei dettami normativi, in particolare del DM 261/2002. Sono descritti gli scopi per i quali una campagna è realizzata, le fasi di progettazione e le tempistiche necessarie e fornisce alcuni suggerimenti per la scelta dei siti di campionamento, degli inquinanti chimici e dei parametri meteorologici.

**P5 - Bozza di Protocollo di Campionamento degli inquinanti Atmosferici.**

Il documento, proposto come Bozza, ha lo scopo di raccogliere le informazioni riguardanti il campionamento degli inquinanti atmosferici allo scopo di produrre un protocollo unico valido per tutta l'Agenzia.

**P6 - Rapporto Conclusivo "Interconfronto ARPAV-ORAR-01\_2005-misure gravimetriche PM<sub>10</sub>".**

Rapporto Conclusivo dell'interconfronto relativo alla determinazione gravimetrica del PM<sub>10</sub>, redatto dal Centro Qualità Dati di Vicenza in collaborazione con il Laboratorio Controllo Qualità dell'ORAR. L'interconfronto è stato svolto con la partecipazione dei laboratori dipartimentali per valutare la qualità delle pesate dei filtri di particolato internamente ad ARPAV.

**P7 - Presentazione: Normalizzazione della massa di particolato atmosferico tramite l'utilizzo dei filtri spia – bozza di Istruzione Operativa**

Presentazione in MS Power Point che illustra la bozza di Istruzione Operativa relativa all'utilizzo dei filtri spia per la normalizzazione della massa del particolato atmosferico, messa a punto dal LCQ su indicazioni del Prof. Antonio Febo del CNR-Roma.

**P8 - Normalizzazione della massa di particolato atmosferico tramite l'utilizzo dei filtri spia – bozza di Istruzione Operativa.**

Bozza di Istruzione Operativa redatta dal LCQ per la normalizzazione della massa del particolato atmosferico mediante filtri spia e presentata ai laboratori dipartimentali come metodo da adottare nei locali privi di sistema di condizionamento, per minimizzare l'errore di pesata dovuto all'igroscopicità dei filtri.

**P9 - Presentazione: Massa di particolato normalizzata mediante l'utilizzo di filtri spia – esempio di calcolo automatico con fogli MS Excel.**

Presentazione in MS Power Point per l'utilizzo di un foglio di calcolo dedicato alla normalizzazione della massa del particolato atmosferico mediante filtri spia.

**P10 - Normalizzazione con filtri spia\_proposta orar.**

Foglio MS Excel predisposto per l'inserimento dei dati delle determinazioni gravimetriche di particolato che corregge automaticamente i valori di pesata in base ai dati gravimetrici dei filtri spia.

**P11 - Relazione di Taratura.**

Esempio di Relazione di Taratura emessa dal LCQ al termine della taratura di un analizzatore per il monitoraggio della qualità dell'aria e inviato al gestore dello strumento.

**P12 - MO042\_Modulo accettazione analizzatori.**

Fac-simile del modulo redatto dal LCQ per la registrazione degli analizzatori in entrata ed in uscita dal laboratorio in seguito alle operazioni di taratura.

**P13 - Procedura collaudo analizzatori PM<sub>10</sub>.**

Documento contenente le modalità con cui è stata condotta la fase di collaudo di una nuova fornitura di analizzatori per il monitoraggio del PM<sub>10</sub>, redatta dal LCQ e distribuita ai dipartimenti, detentori dei nuovi strumenti, per la partecipazione al circuito di lavoro.

**P14 - Registro bombole.**

Database in Access realizzato da personale del LCQ per la gestione degli approvvigionamenti delle bombole contenenti le miscele di taratura, nonché le bombole fornite dalla ditta manutentrice, verificate dal LCQ, e destinate ai controlli di stazione.

**P15 - Report condizioni ambientali.**

Stampato che riassume l'andamento delle condizioni ambientali del LCQ (misurate dalla sonda certificata) e l'elaborazione statistica con i criteri di accettabilità per le determinazioni gravimetriche dei PM<sub>10</sub>.

**P16 - Protocollo e risultati del ring test per la misura di NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e benzene mediante campionatori passivi.**

Il prodotto è costituito da due documenti. Il primo (protocollo) illustra come è stato organizzato il primo ring test realizzato in ARPAV per la misura delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e benzene mediante campionatori passivi. Il secondo (report) contiene i risultati ottenuti dalla realizzazione del ring test.

**P17 - Scheda di registrazione delle specie licheniche rilevate durante le campagne di biomonitoraggio della qualità dell'aria – MO027ORARrev3.**

Scheda che raccoglie tutte le informazioni del rilievo a campo e le prime elaborazioni da fare *in situ*.

**P18 - IBL rilievo licheni – tasso di copertura.**

Tabella che riporta le nove categorie di percentuale di copertura della popolazione lichenica rinvenute nelle celle del retino di campionamento.

**P19 - Scheda di registrazione di campioni di licheni raccolti a campo e conservati in erbario – MO029ORARrev1.**

Scheda che registra le informazioni riguardanti i campioni di licheni raccolti a campo durante i sopralluoghi, i rilievi, gli interconfronti e conservati in erbario. La scheda viene incollata o stampata sulla busta contenente il campione.

**P20 - Manuale di Riconoscimento Forofiti (MRF.)**

Manuale costituito da 26 schede illustranti le diverse specie di alberi (forofiti) adatte per il rilievo dell'Indice di Biodiversità Lichenica.

**P21 - Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche (MRSL).**

Raccolta di 52 schede di specie licheniche riscontrabili nel territorio del Veneto. Esse sono costituite da una sintetica descrizione delle principali caratteristiche del lichene con riportata la chiave utilizzata per l'identificazione della specie e il relativo percorso, e da materiale fotografico illustrante le caratteristiche macro e microidentificative. Il Manuale è stato prodotto dall'Unità Funzionale Biologia Ambientale del Dipartimento Provinciale di Verona tra il 2000 e il 2005.

**P22 - Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: scheda di riconoscimento – MO035ORARrev4.**

Modulo che costituisce lo strumento di registrazione della classificazione del campione di lichene inviato ai partecipanti al Circuito di Intercalibrazione di Licheni Epifiti.

**P23 - Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: note informative – cicl\_v3.**

Il documento, prodotto in varie versioni aggiornate nel tempo, contiene le informazioni sul funzionamento del Circuito, le modalità di adesione e di lavoro, nonché quelle riguardanti la tempistica.

**P24 - Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: certificato di determinazione.**

Documento inviato ai partecipanti al circuito a fine lavoro con il quale si dava ufficialità alla fase di identificazione tassonomica eseguita autonomamente dai tre esperti lichenologici contattati.

Il certificato, riguardante ogni singolo campione inviato, contiene la denominazione ufficiale della specie secondo i criteri più aggiornati.

**P25 - Procedura Operativa: biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante biodiversità dei licheni epifiti. Bozza.**

Bozza di Procedura Operativa per uniformare l'applicazione del metodo IBL, proposto da ANPA nel 2001, all'interno di ARPAV.

**P26 – Descrizione ORAR per applicazione metodologia ANPA IBL.**

Relazione descrittiva dell'applicazione della metodologia IBL proposta dall'ANPA (Manuale 2/2001) al progetto di biomonitoraggio nella Regione Veneto: traduzione della griglia nazionale 18x18 km, costruzione della griglia regionale, elaborazione della cartografia per la rilevazione a campo. Documento consegnato agli operatori dei Dipartimenti Provinciali.

**P27 – Rete regionale.**

Tavole realizzate con software GIS rappresentanti la griglia regionale 18x18 km con sovrapposizione della classificazione DOCUP dei Comuni o dell'urbanizzazione della Regione Veneto. Tavole analoghe alle precedenti rappresentanti i punti della griglia 18x18 km relativi ad ogni singola Provincia.

**P28 – Cartografia.**

Tavole realizzate con software GIS predisposte per supportare la pianificazione del lavoro in campo. Elaborate con l'utilizzo della cartografia di base (CTRNI) alla quale sono stati sovrapposti i punti della griglia 18x18 km, di coordinate note, la definizione delle UCP e delle UCS di campionamento. La scala di stampa delle mappe è 1:5.000 per ogni singola UCP (n°9 mappe complessive per ogni punto della rete) e 1:15.000 per la rappresentazione iniziale del punto di griglia (n°1 mappa); per un totale di 10 mappe per ogni punto della rete, raggruppate in un unico documento identificato dal codice VNT e dal nome della stazione.

**P29 – Schede riepilogative finali.**

Scheda che raccoglie i risultati dell'attività di monitoraggio effettuata sulle stazioni della rete regionale 18x18 km, costituita da una descrizione anagrafica della stazione e dal riepilogo dell'attività di monitoraggio vera e propria. Ogni scheda riassume le informazioni relative ad un punto di griglia, è contraddistinta dal codice di stazione VNT e dal nome della stazione.

Tabella 57 - I prodotti realizzati

<b>Numero prodotto</b>	<b>Titolo del prodotto</b>	<b>Nome del file contenuto nel DVD</b>	<b>Capitolo di riferimento</b>
<b>P1</b>	Progetto EMEP. Rete Regionale di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico della Regione Veneto. Relazione sui dati raccolti nel periodo 1989-2000	Documento_finale_rete_EMEP.pdf	Capitolo 2
<b>P2</b>	Procedura Gestionale "Controllo dei dati di qualità dell'aria"	Procedura_gestionale_Controllo_dati_qualità_aria.pdf	Capitolo 2
<b>P3</b>	Linee Guida per la caratterizzazione del particolato atmosferico	LGcaratterizzazione_PM10.pdf	Capitolo 2
<b>P4</b>	Criteri per la realizzazione di campagne di monitoraggio della qualità dell'aria mediante stazioni rilocabili	Procedura_campagne_stazioni_rilocabili.pdf	Capitolo 2
<b>P5</b>	Bozza di Protocollo di Campionamento degli inquinanti Atmosferici	Protocollo_campionamento_aria.pdf	Capitolo 2
<b>P6</b>	Rapporto Conclusivo "Interconfronto ARPAV-ORAR-01_2005-misure gravimetriche PM <sub>10</sub> "	2005_RapportoConclusivo_PM10_1_05_ORAR_CQD.pdf	Capitolo 2
<b>P7</b>	Presentazione: Normalizzazione della massa di particolato atmosferico tramite l'utilizzo dei filtri spia – bozza di Istruzione Operativa	CI_05-Filtri spia-presentazione Istruzione Operativa.pdf	Capitolo 2
<b>P8</b>	Normalizzazione della massa di particolato atmosferico tramite l'utilizzo dei filtri spia – bozza di Istruzione Operativa	Filtri spia-Istruzione Operativa.pdf	Capitolo 2
<b>P9</b>	Presentazione: Massa di particolato normalizzata mediante l'utilizzo di filtri spia – esempio di calcolo automatico con fogli MSExcel	CI_05-Filtri spia-presentazione foglio di calcolo.pdf	Capitolo 2
<b>P10</b>	Normalizzazione con filtri spia_proposta orar	Normalizzazione con filtri spia_proposta orar.xls	Capitolo 2
<b>P11</b>	Relazione di Taratura	Esempio di Relazione di Taratura.pdf	Capitolo 2
<b>P12</b>	MO042_Modulo accettazione analizzatori	MO042_Modulo accettazione analizzatori.pdf	Capitolo 2
<b>P13</b>	Procedura collaudo analizzatori PM10	Procedura collaudo analizzatori PM10.pdf	Capitolo 2

<b>P14</b>	Registro bombole	Registro bombole.mde	Capitolo 2
<b>P15</b>	Report condizioni ambientali	Report condizioni ambientali.pdf	Capitolo 2
<b>P16</b>	Protocollo e risultati del ring test per la misura di NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> e benzene mediante campionatori passivi	Protocollo_ARPAVRING_passivi.pdf Report_ARPAVRING_passivi.pdf	Capitolo 3
<b>P17</b>	Scheda di registrazione delle specie licheniche rilevate durante le campagne di biomonitoraggio della qualità dell'aria – MO027ORARrev3	Scheda_raccolta_dati.pdf	Capitolo 4
<b>P18</b>	IBL rilievo licheni – tasso di copertura	Tasso_copertura.pdf	Capitolo 4
<b>P19</b>	Scheda di registrazione di campioni di licheni raccolti a campo e conservati in erbario – MO029ORARrev1	Scheda_erbario.pdf	Capitolo 4
<b>P20</b>	Manuale di Riconoscimento Forofiti (MRF)	Manuale_riconoscimento_forofiti.pdf	Capitolo 4
<b>P21</b>	Manuale di Riconoscimento delle Specie Licheniche (MRSL)	Manuale_riconoscimento_licheni.pdf	Capitolo 4
<b>P22</b>	Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: scheda di riconoscimento – MO035ORARrev4	Modulo_identificazione_licheni.pdf	Capitolo 4
<b>P23</b>	Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: note informative – cicl_v3	Note_circuito_licheni.pdf	Capitolo 4
<b>P24</b>	Circuito di Intercalibrazione Licheni Epifiti: certificato di determinazione	Certificato.pdf	Capitolo 4
<b>P25</b>	Procedura Operativa: biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante biodiversità dei licheni epifiti. Bozza	Procedura_operativa_IBL.pdf	Capitolo 4
<b>P26</b>	Descrizione ORAR per applicazione metodologia ANPA IBL	Descrizione metodologia ORAR IBL.pdf	Capitolo 4
<b>P27</b>	Rete regionale	Punti Rete ANPA 18x18 km_Regione Veneto.pdf Punti Rete ANPA 18x18 km_Provincia nome.pdf	Capitolo 4
<b>P28</b>	Cartografia	VNTnnn_nome punto rete IBL.pdf	Capitolo 4
<b>P29</b>	Schede riepilogative finali	VNTnnn_nome punto rete IBL_ scheda finale.pdf	Capitolo 4

## 6 Conclusioni

### 6.1 Considerazioni finali

In conclusione si può affermare che gli obiettivi posti in fase di progettazione sono stati raggiunti. E' stato completato l'aggiornamento del parco degli analizzatori di proprietà e gestione ARPAV, l'adeguamento delle stazioni rilocabili e il ricollocamento delle stazioni non posizionate secondo i criteri normativi vigenti. Sono state implementate le pagine internet sulla qualità dell'aria al fine di garantire un'efficace informazione al pubblico. Il progetto DOCUP ha permesso, dal 2001 al 2007, di ottimizzare la rete anche dal punto di vista della qualità dei dati forniti sia per effetto dell'aumento della rappresentatività delle stazioni sia per effetto dell'implementazione delle attività di controllo e assicurazione qualità. I risultati delle attività di taratura degli analizzatori e la verifica delle bombole da parte del Laboratorio Controllo Qualità sono stati molto soddisfacenti.

I dati prodotti costituiscono la base per la valutazione della qualità dell'aria prevista dall'art. 6 del Decreto Legislativo 351/99. Complessivamente la quantità di informazione fornita dalla rete è incrementata e rappresenta un utile strumento nelle mani delle Autorità preposte ai fini pianificatori e di risanamento della qualità dell'aria.

La mappatura delle aree remote, condotta attraverso l'utilizzo di campionatori passivi e di stazioni rilocabili, ha permesso di ottenere una prima stima della qualità dell'aria nelle zone di fondo del Veneto.

I dati ottenuti con i campionatori passivi per il benzene e il biossido di azoto hanno fornito la possibilità di calcolare un dato medio rappresentativo di un anno per ogni punto di campionamento. I risultati, relativi ai 53 Comuni mappati, non hanno messo in evidenza concentrazioni medie superiori ai limiti di legge individuati dal D.M. 60/02, al contrario i livelli di benzene e biossido di azoto sono già in linea con i valori limite per la protezione della salute umana da rispettare entro il 2010.

La valutazione della diversità tra i siti su scala regionale, attraverso un'analisi multivariata, ha dato delle indicazioni di carattere generale sulla diversa influenza degli inquinanti nel territorio veneto.

Le campagne con le stazioni rilocabili hanno permesso di caratterizzare i Comuni monitorati e non coperti dalla rete fissa.

Si è dimostrato che le campagne di bioindicazione rappresentano uno strumento utile, sintetico e a basso costo per monitorare condizioni di naturalità e di alterazione dei diversi ambiti territoriali regionali.

La campagna di biomonitoraggio realizzata nell'ambito del progetto DOCUP ha permesso di fotografare la qualità dell'aria dell'intero territorio regionale con una restituzione, in termini di valutazioni ambientali, altamente significativa seppur sintetica.

Le variazioni della biodiversità lichenica si sono dimostrate rispondenti ai livelli di pressione antropica, in perfetto accordo con i risultati ottenuti con altre tecniche di indagine e con le serie storiche di dati di monitoraggio.

Per ottenere risultanze significative nel tempo è necessaria una programmazione che preveda una certa continuità temporale al fine di restituire un'informazione sistematica, valida e confrontabile.

Il presente lavoro rappresenta, infine, non solo una continuità rispetto alle esperienze precedenti, ma anche il primo lavoro che ha visto l'applicazione, su tutto l'ambito territoriale del Veneto, della metodica ANPA.

### 6.2 Prospettive future

Attualmente le problematiche principali legate all'inquinamento atmosferico sono derivanti dai livelli di concentrazione di  $PM_{10}$  nel periodo invernale e di  $O_3$  nel periodo estivo. Al fine di attuare politiche efficaci per la riduzione di tali inquinanti è necessario procedere all'individuazione delle sorgenti di emissione del  $PM_{10}$  e dei processi di formazione dei precursori dell' $O_3$ .

Si prevede, pertanto di implementare il monitoraggio del particolato attraverso l'analisi e la caratterizzazione chimica e fisica del  $PM_{10}$ , del  $PM_{2.5}$  e delle frazioni a granulometria inferiore. E' previsto lo sviluppo di modelli a recettore che permettano per un sito di misura, di determinare i contributi delle diverse sorgenti emissive alle concentrazioni locali di molti inquinanti ( $PM_{10}$ , composti gassosi, semivolatili, organici ed inorganici).

Le quote stimate per ciascuna sorgente (source apportionment) permetterebbero di comprendere se le azioni di contenimento dell'inquinamento applicate in un sito siano state adeguate e, inoltre, su quali sorgenti andare ulteriormente ad agire ai fini della riduzione delle emissioni. Sarà necessario approfondire l'analisi di quello che viene chiamato "aerosol atmosferico" e che rappresenta una miscela complessa di composti organici, inorganici, gassosi, solidi e liquidi.

L'utilizzo di strumentazione via via più sofisticata permetterà di stimare i costituenti della frazione organica di COV che rappresentano insieme agli NO<sub>x</sub> i principali precursori dell'ozono. Infine, alla luce del recente recepimento della Direttiva 2004/107/CE nel Decreto Legislativo n. 152/2007 [14] dovrà essere implementato il monitoraggio dei metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel e Mercurio) al fine di un approfondimento della conoscenza dello stato della qualità dell'aria anche rispetto a questi inquinanti.

Il Laboratorio Controllo Qualità dell'ORAR intende proseguire l'attività di controllo qualità effettuata fino ad ora, migliorandola ed adeguandola alle esigenze della RRQA. Ciò sarà possibile mettendo a disposizione dei Dipartimenti un numero maggiore di bombole verificate internamente, permettendo così di raggiungere tutti gli analizzatori della rete. Estendendo i controlli all'intera stazione di monitoraggio mediante campagne di interconfronto con la propria stazione mobile ed indagando su tutti i segmenti responsabili della produzione del dato (dalla linea di campionamento all'acquisizione), sarà possibile estendere e rendere completa la conoscenza dell'incertezza che accompagna ciascun valore prodotto dall'Agenzia.

Parallelamente a tutto ciò, è previsto il completamento del percorso interno di qualità del LCQ che porterà all'accreditamento delle tarature.

Si prevede di essere attivi nell'organizzazione e nella partecipazione a circuiti di interconfronto per le misure dei vari inquinanti, al fine di garantire un costante controllo di qualità sia in campo sia in laboratorio, mediante una sistematica verifica tra i soggetti coinvolti.

Per quanto concerne le campagne con i laboratori mobili, come già accennato nel paragrafo 3.1.1, è già in corso un piano per ottimizzare il monitoraggio utilizzando la griglia a maglia quadrata 18x18 km, già adottata per i campionatori passivi. In particolare è previsto che ogni stazione rilocabile compia durante un anno la mappatura di quattro Comuni, posizionati ai quattro vertici di una cella della griglia. Si prevede di effettuare due periodi di campionamento per ogni stazione, uno per ogni semestre. Si potrà quindi auspicabilmente ricavare per ogni inquinante un valore medio di cella, relativo ad un'ampia zona, come indicato nel D.M. 261/02. Uniformando i periodi di campionamento durante l'anno per tutta la regione, sarà possibile confrontare tra loro dati di celle diverse e raffrontarli ai limiti della normativa vigente.

L'esperienza accumulata durante lo svolgimento dell'indagine di biomonitoraggio ha costituito un importante patrimonio di conoscenza: la programmazione di regolari campagne di bioindicazione con licheni epifiti, rappresenterebbe il consolidamento di una linea di attività intrapresa. Si propone di ripetere l'indagine, con la griglia 18x18 km, a cadenza quinquennale mantenendo la ripetibilità della stessa a tutti i livelli.

Per ottenere un maggior dettaglio territoriale si propone inoltre di estendere il lavoro adottando una maglia più fitta. La griglia 18x18 km é la minima consigliata dal metodo ANPA, ma il raddoppio della densità permetterebbe una restituzione molto più accurata dell'informazione: dalle 54 stazioni della rete 18x18 km alle 167 stazioni della rete 9x9 km.

A completamento del presente lavoro e delle eventuali future campagne di bioindicazione, si propone di attivare una campagna di bioaccumulo di metalli pesanti per mezzo di biosensori. La disponibilità di strumentazione ad altissima sensibilità consente di valutare il bioaccumulo anche di metalli ritenuti, fino a poco tempo fa, di bassa rilevanza.

Esistono molti altri campi di applicazione del biomonitoraggio, mediante utilizzo di altri "strumenti" biologici, come ad esempio l'impiego di piante vascolari quali il tabacco nel monitoraggio dell'ozono, gli aghi di pino nel monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i gladioli per il monitoraggio dei fluoruri.

Per ultimo, ma non per importanza, sarebbe interessante dedicare risorse al biomonitoraggio dei cambiamenti climatici.



**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PADOVA  
SERVIZIO OSSERVATORIO REGIONALE ARIA**

Via Lissa, 6 – 30171 Mestre (Venezia)

Tel. 041 5445549

Fax 041 5445500

e-mail: [orar@arpa.veneto.it](mailto:orar@arpa.veneto.it)

Copyright: ARPAV

Tutti i diritti sono riservati. Al fine di favorire la diffusione e l'utilizzazione dell'opera, si autorizza la sola riproduzione, anche parziale, di testi e tabelle, previa citazione della fonte e trasmissione della copia dell'elaborato all'editore.

Gli stralci di ortofoto riportati nel testo sono: Ortofoto Terraltaly-it2000TM, © Copyright Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. Parma

Gli stralci di cartografia riportati nel testo sono: Carta Tecnica Regionale Numerica, Segreteria Regionale per il Territorio – Servizio Cartografico, Regione del Veneto

Finito di stampare nel mese di Ottobre 2007 da Centro Offset, Padova.



Stampato su carta ECOLABEL Dalum Cyclus



ARPAV  
Agenzia Regionale  
Per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale  
del Veneto

Direzione Generale  
Via Matteotti, 27  
35137 Padova  
Italy

Tel. +39 049 823 93 01  
Fax +39 049 660 966  
e-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)  
[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)