UNIONE EUROPEA

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

Sintesi divulgativa

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[1], Roberto Bianconi[1], Alessio De Bortoli, Giovanna Marson
capitolo 3: Luca Zagolin
capitolo 4: Deborah Isocrono[2], 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[3], Silvio Fiorini, Francesco Fochesato, Daniela Fossen, Claudio Franceschin, Davide Franco, Claudio Gabrieli, Gianluca Girardi, Bruno Gnech, Claudia Iuzzolino, Anna Maria Lugoboni, Giuseppina Mattiolo[4], Silvia Menegon, Luca Menini, Sergio Milan, Pierluigi Montanini, Maria Cristina Mosconi, Paola Mozzi, Renzo Mufato, Primo Munari, Juri Nascimbene[5], Antonella Pagano, Salvatore Patti, Francesca Predicatori, Maria Rosa, Paola Salmaso, Andrea Salomoni, Giuseppe Sartori, Massimo Simionato, Annalisa Spiazzi, Giulia Stocchero, Lidia Szpyrkowicz[6], 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

Capitolo 1 – **Introduzione** 6

Capitolo 2 - **Reti di monitoraggio della qualità dell'aria** 9

Capitolo 3 - **La mappatura di aree remote mediante campionatori passivi e stazioni rilocabili** 19

Capitolo 4 - **Biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante la biodiversità dei licheni epifiti** 28

Capitolo 5 - **L'attività di reporting e i prodotti realizzati** 39

Capitolo 6 – **Conclusioni** 41

ABBREVIAZIONI

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
DOCUP	Documento Unico di Programmazione
EEA	European Environment Agency
EUROAIRNET	European Air Network
FESR	Fondi Europei di Sviluppo Regionale
GBO	Gauss-Boaga ovest
GIS	Geographic Information System
IAP	Index of Atmospheric Purity
IBL	Indice di Biodiversità Lichenica
LCQ	Laboratorio Controllo Qualità
ORAR	Osservatorio Regionale Aria
RRQA	Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria
SIRAV	Sistema Informativo Regionale Ambientale Veneto
UCP	Unità di Campionamento Primario
UCS	Unità di Campionamento Secondario
SINAL	Sistema Nazionale per l'Accreditamento dei Laboratori

1 Introduzione

Il progetto di “Ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell’aria del Veneto e mappatura aree remote” è nato in ARPAV negli anni 2000-01 ed è stato motivato da molteplici esigenze. Da un lato si trattava di adeguare alle prescrizioni della normativa comunitaria e nazionale le stazioni di monitoraggio della qualità dell’aria, considerando anche i nuovi obblighi di informazione al pubblico; dall’altro è stata progettata una nuova configurazione di rete al fine di uniformare la distribuzione delle stazioni e razionalizzare le spese di gestione, garantendo un livello di qualità più elevato per i dati prodotti.

Il progetto è stato finanziato con i Fondi Europei di Sviluppo Regionale (FESR) – Obiettivo 2, in attuazione degli obiettivi indicati dal Documento Unico di Programmazione (DOCUP) per gli interventi strutturali nella Regione Veneto, per favorire la riconversione economica e sociale delle regioni con difficoltà strutturali, limitatamente a determinate zone individuate all’interno delle regioni stesse, al fine di meglio indirizzare le scelte di sviluppo future. Si tratta di aree in fase di mutazione socioeconomica nei settori dell’industria e dei servizi, di zone rurali in declino, di zone urbane in difficoltà e di zone dipendenti dalla pesca in situazione di crisi. Le zone che avevano beneficiato dei fondi nel periodo 1994-1999 hanno usufruito di un sostegno transitorio nel periodo 2000-2005. 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.

Il progetto proposto dall’ARPAV è stato definitivamente approvato dalla Commissione Tecnica Regionale-Ambiente e dalla Regione del Veneto nel 2002.

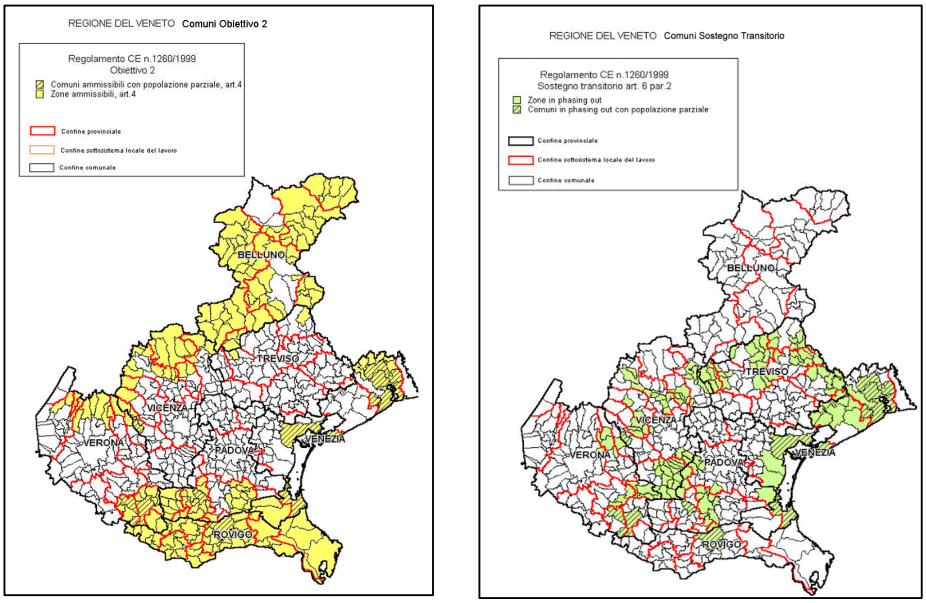


Figura 1 - Mappe dei Comuni veneti interessati dalla programmazione DOCUP 2000-2006

Le attività del progetto di ottimizzazione della rete aria

L'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV, struttura propositrice dell'iniziativa, ha suddiviso il progetto in sette task, ognuna riguardante un tema specifico sviluppato con modalità di volta in volta differenti, per una maggiore efficacia nell'utilizzo delle risorse e nel raggiungimento degli obiettivi.

TASK 1: E' stata determinata la configurazione ottimale di rete, attraverso l'analisi del territorio e lo sviluppo di un codice di calcolo che fornisce indicazioni sul posizionamento delle stazioni di monitoraggio. E' stato inoltre aggiornato il sito internet ARPAV alla sezione Qualità dell'Aria.

TASK 2: ARPAV ha instaurato un dialogo con gli Enti Locali (Province e Comuni) per condividere gli obiettivi di progetto, concordando un piano per la ricollocazione delle stazioni non correttamente posizionate, per la dismissione di quelle poco significative e per la ricerca di nuovi siti di monitoraggio.

TASK 3: L'adeguamento della rete è stato realizzato mediante l'acquisto di nuove apparecchiature (strumentazione e cabine), 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.

TASK 4: L'organizzazione di indagini a livello regionale in aree non coperte da rete fissa ha permesso la mappatura delle aree remote del Veneto e ha consentito di approfondire la conoscenza sullo stato della qualità dell'aria. Sono stati utilizzati metodi diversi, tra cui il biomonitoraggio dei licheni epifiti.

TASK 5: Sono stati fatti dei passi avanti per l'inserimento della rete di monitoraggio in un Sistema Qualità, per armonizzare le procedure di produzione dei dati di qualità dell'aria, realizzando protocolli operativi per la standardizzazione delle procedure di analisi e campionamento.

TASK 6: Le attività sviluppate in questa task intendono rendere trasparenti le informazioni sulla qualità dell'aria attraverso la pubblicazione organizzata dei dati e delle elaborazioni sul sito internet di ARPAV, con la possibilità di confrontarli con i dati della qualità dell'aria degli altri paesi europei.

TASK 7: ARPAV ha effettuato costantemente una rendicontazione alla Regione Veneto sullo stato di avanzamento delle attività e le spese sostenute. Al termine del progetto, l'organizzazione del convegno finale mira alla divulgazione degli obiettivi raggiunti, delle attività effettuate e dei prodotti realizzati.

Il finanziamento DOCUP negli anni 2001-2006

Il finanziamento DOCUP è stato stanziato dalla Regione Veneto a beneficio di ARPAV per un importo pari a 2.5 milioni di Euro nel periodo 2001-2006, suddiviso in due terzi per le zone Obiettivo 2 ed un terzo per le aree a sostegno transitorio.
Nel seguente diagramma a torta sono indicate le principali voci di spesa con la percentuale di utilizzo dei fondi rispetto al finanziamento totale. Si nota la prevalenza degli acquisti di nuova strumentazione e stazioni di monitoraggio.

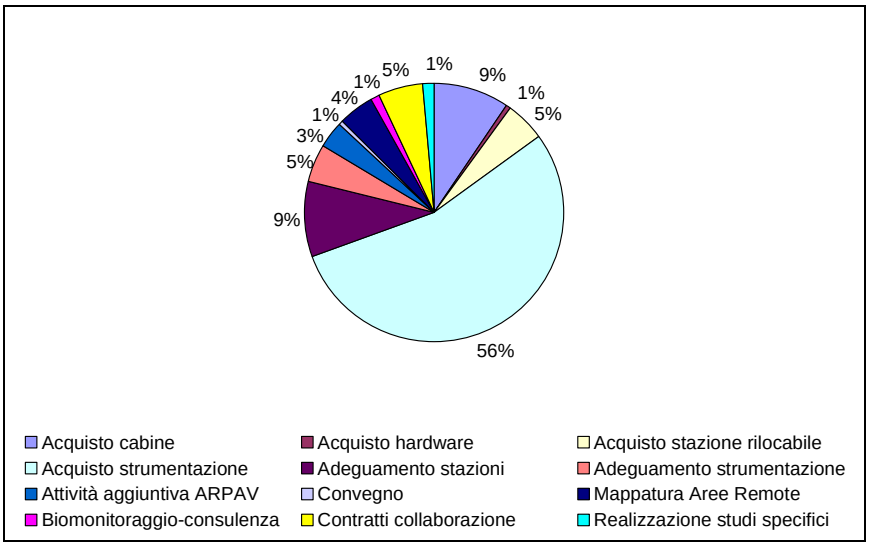


Figura 2 - Contributo percentuale delle principali voci di spesa nell'utilizzo del finanziamento

I Dipartimenti ARPAV Provinciali hanno beneficiato della quasi totalità dei contributi, utilizzati per l'acquisto di strumentazione e stazioni al fine di raggiungere la configurazione ottimale di rete, e per la mappatura di aree remote.

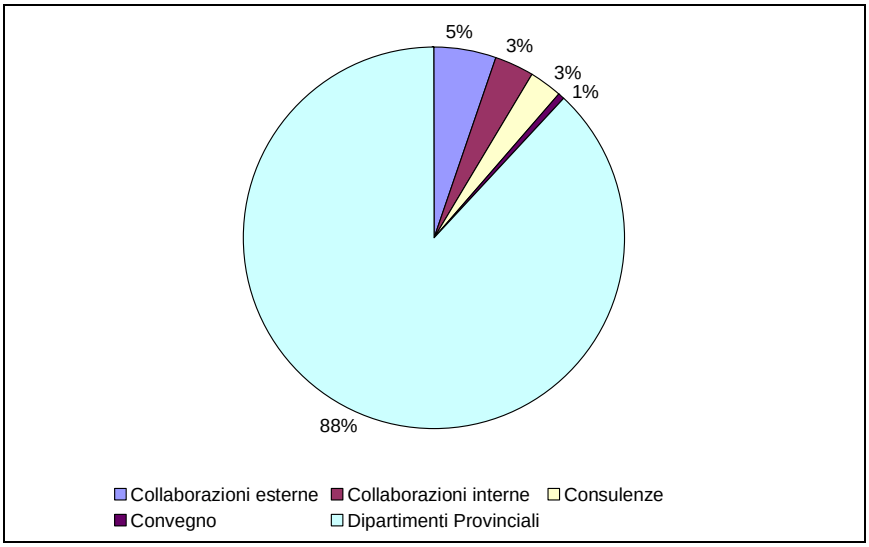


Figura 3 - Soggetti destinatari del finanziamento per lo svolgimento delle attività di progetto

2 Reti di monitoraggio della qualità dell'aria

Il programma di riqualificazione e ottimizzazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria del Veneto ha rappresentato la risposta al bisogno di informazioni sullo stato della qualità dell'aria, secondo quanto richiesto dalla 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 il controllo dell'inquinamento atmosferico. Tenuto conto che ARPAV iniziò ad esercitare effettivamente 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 dal 1999.

Il D.Lgs. 351/1999 introduce il concetto di zonizzazione, quindi di zona e di agglomerato, cioè di parte del territorio all'interno della quale la qualità dell'aria deve essere monitorata e gestita secondo precise indicazioni. Il DM 60/2002 e il D.Lgs. 183/2004 fissano il numero minimo di stazioni di monitoraggio che devono essere presenti all'interno di un agglomerato o di una zona, ma non ne definiscono il numero ottimale. Tale numero potrebbe essere determinato in base alla quantità di informazione aggiuntiva che una nuova stazione è in grado di fornire rispetto a quelle già presenti.

La metodologia approfondita in questo studio permette di esprimere un giudizio in merito al posizionamento delle stazioni di monitoraggio, per stabilire quali stazioni forniscano un'informazione aggiuntiva e quali invece siano ridondanti. Il "giudizio" sull'ubicazione delle stazioni di monitoraggio viene espresso tramite indicatori o loro combinazioni. Un indicatore può essere definito come un numero che permette di quantificare un fenomeno complesso semplificandolo al fine di promuoverne la comunicazione.

Gli strumenti fondamentali per la creazione della metodologia sono le indicazioni contenute nel DM 60/2002, nel D.Lgs. 183/2004 e nel documento "Criteria for Euroairnet"[1] che forniscono le indicazioni per l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio. I punti di campionamento dovrebbero essere ubicati in modo da:

1) fornire dati sulle aree all'interno di zone ed agglomerati dove si raggiungono 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.

[1] Documento tecnico dell'Agenzia Europea dell'Ambiente – febbraio 1999

Ai fini della corretta ubicazione dei siti di monitoraggio occorre tenere conto:

1) della distribuzione nello spazio della popolazione, degli ecosistemi e del patrimonio artistico;
2) dell'intervallo di esposizione, in termini di spazio e tempo, dai livelli più bassi a quelli più alti.

La popolazione, gli ecosistemi e il patrimonio artistico rappresentano i bersagli principali dell'inquinamento atmosferico.

A partire dal 1999 l'Agenzia Europea per l'Ambiente invitò gli Stati Membri 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.

Nel corso del biennio 2000-2001 l'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV fece una ricognizione delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria nella regione Veneto.

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 di tipologia "traffico" nei centri urbani;
- la difficoltà a mantenere in qualità un numero così elevato di stazioni;
- le problematiche di microposizionamento delle centraline (rappresentatività limitata delle centraline 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 (Anidride Solforosa, Polveri Totali Sospese) e la carenza nel rilevamento di altri (particolato PM_{10}, Benzene, Ozono, Ossidi di Azoto, Benzo(a)pirene).

In Figura 4/a è descritta la localizzazione delle 66 stazioni che ARPAV si trovò a gestire a partire dal 1999, dopo la precedente gestione di Comuni e Province.
La maggior parte delle stazioni era localizzata nella parte centrale della regione, in corrispondenza dei comuni capoluogo, mentre vi erano vaste aree del territorio prive di monitoraggio e quindi di informazioni sullo stato della qualità dell'aria. In particolare risultava scoperta l'area orientale, la zona alpina in provincia di Belluno e la zona prealpina nelle province di Verona e di Vicenza.
La rete fissa di rilevamento della qualità dell'aria del Veneto è attualmente costituita da 58 stazioni di misura, come rappresentato in Figura 4/b.
Il processo di riqualificazione ha occupato un intervallo temporale di circa sette anni dal 2001 al 2007 e ha permesso di implementare la rete attraverso l'eliminazione delle stazioni ridondanti, l'attivazione di nuove stazioni in siti strategici ai fini informativi e l'acquisizione di strumentazione per la misura di PM_{10} e di $PM_{2.5}$.

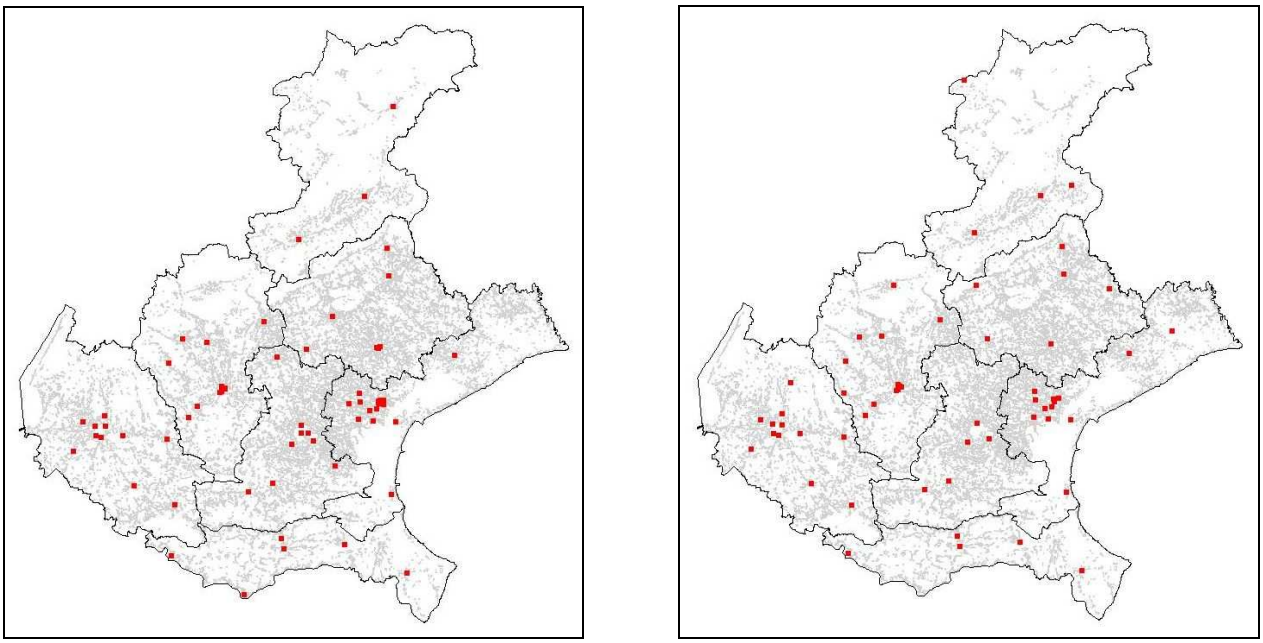


Figure 4/a e 4/b - Localizzazione delle centraline nel 1999 (a sinistra) e nel 2007 (a destra)

La Figura 5 illustra la variazione del numero di stazioni per Dipartimento ARPAV Provinciale 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, nell'area dei colli Euganei.
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.

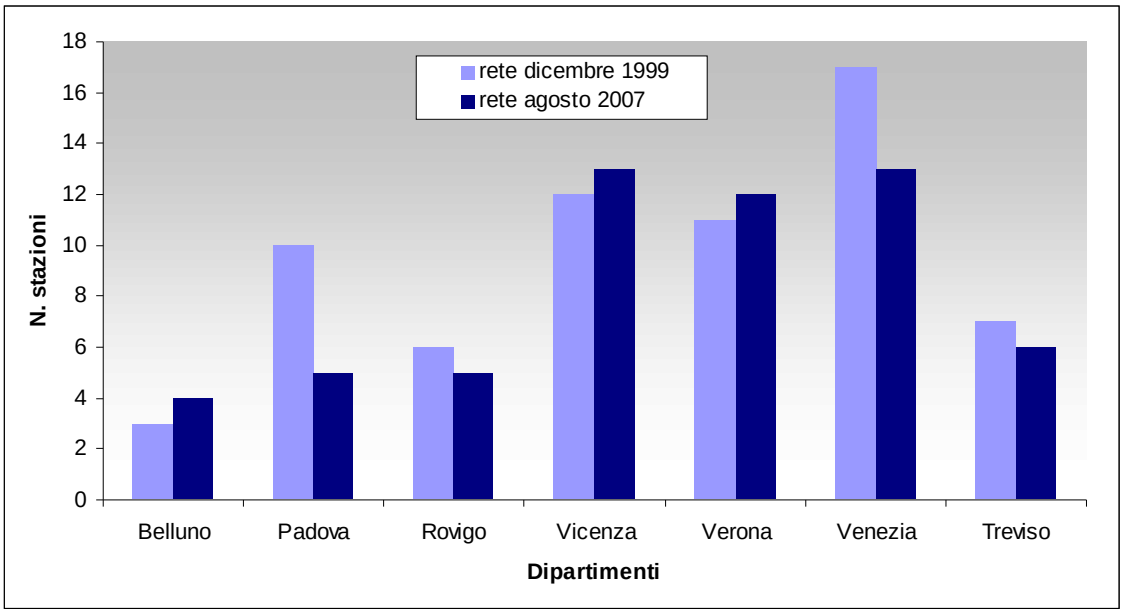


Figura 5 - Variazione del numero di centraline per Dipartimento ARPAV Provinciale dal 1999 al 2007

Le Figure 6/a e 6/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%.

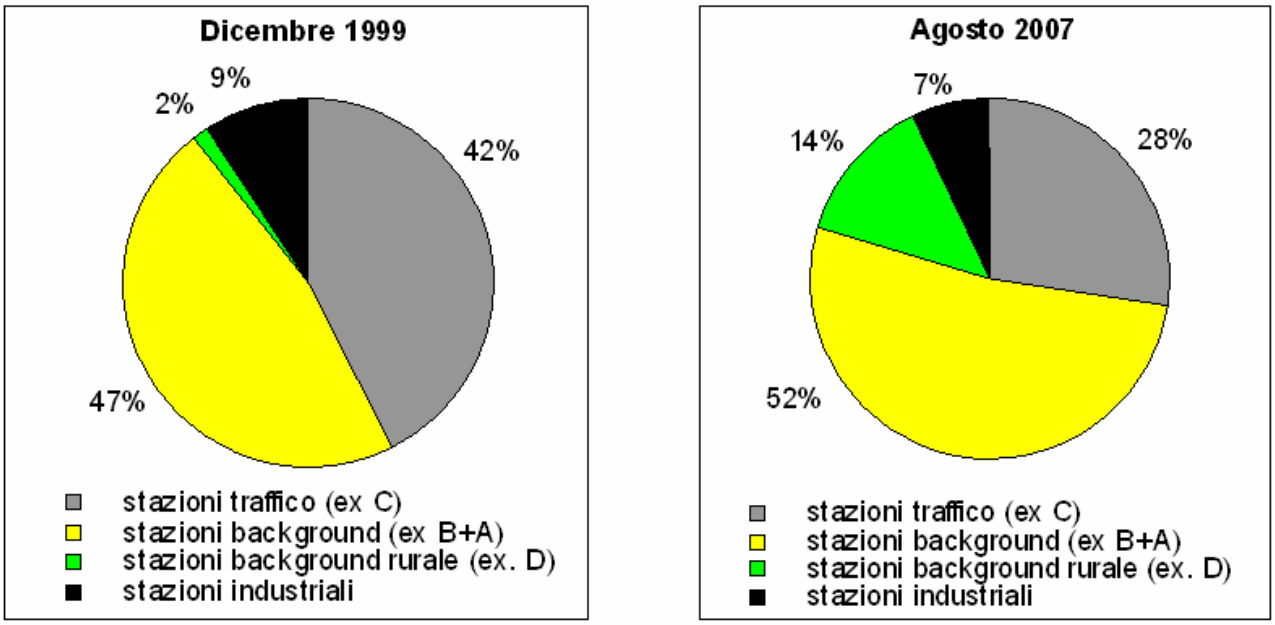


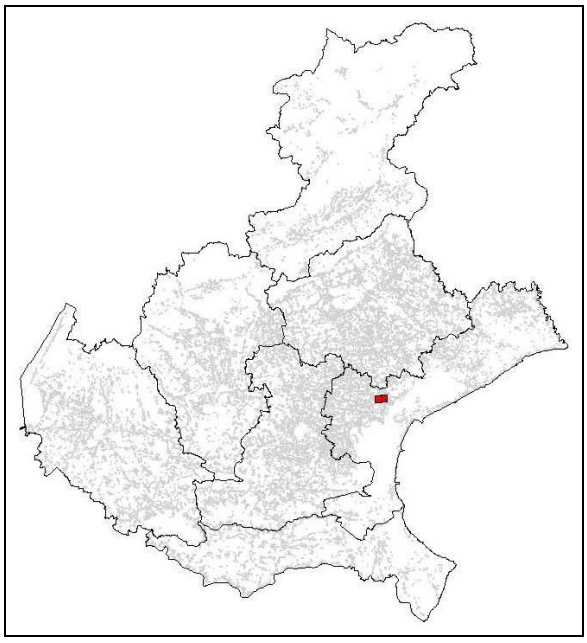
Figura 6/a e 6/b - Distribuzione della tipologia delle stazioni della rete nel 1999 (a sinistra) e nel 2007(a destra)

Nelle Figure 7/a e 7/b sono rappresentate due delle nuove stazioni attivate mediante il progetto DOCUP: Chiampo (VI) e Pieve d'Alpago (BL). Oltre a queste sono state attivate altre sette stazioni di tipologia background urbano e rurale:

Asiago (VI), Boscochiesanuova (VR), Concordia Sagittaria (VE), Mansuè, Cavaso del Tomba e Castelfranco Veneto (TV), Livinallongo-Passo Valles (BL).

Figura 7/a e 7/b - Le nuove stazioni di Chiampo (sinistra) e di Pieve d'Alpago (destra)

Gli acquisti realizzati tra il 2003 e il 2006 grazie al progetto DOCUP hanno permesso di implementare la rete di monitoraggio, con nuovi campionatori di PM_{10} e $PM_{2.5}$, come illustrato nelle Figure 8/a e 8/b.



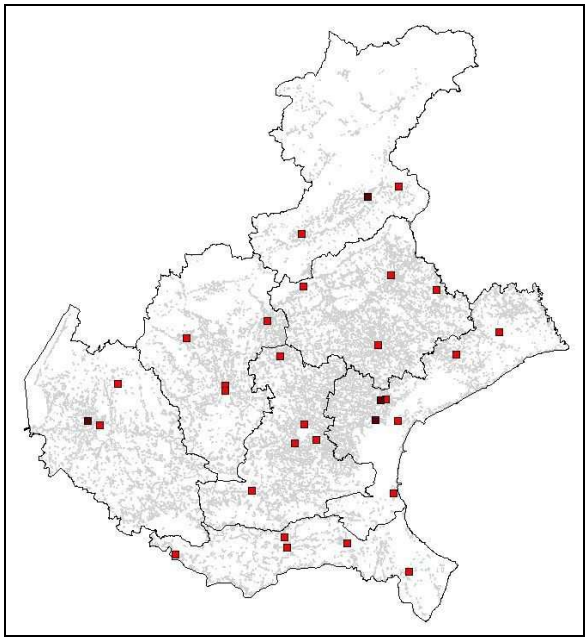


Figura 8/a e 8/b - Localizzazione dei punti di campionamento di PM_{10} (in rosso) e di $PM_{2.5}$ (in rosso scuro) nel 1999 (sinistra) e nel 2007 (destra)

Nel 1999 la rete disponeva solo di due campionatori di PM_{10}, posizionati nelle stazioni di VE_Via Circonvallazione e VE_Parco Bissuola. Attualmente la rete possiede 31 tra campionatori e analizzatori di PM_{10} e 4 siti di misura del $PM_{2.5}$.
Grazie all'acquisizione di nuovi analizzatori di ozono e al riposizionamento di quelli non ubicati secondo le indicazioni del Decreto Legislativo 183/2004, la rete di monitoraggio garantisce ora un'informazione più completa dei livelli di concentrazione su tutto il territorio regionale, sia in aree residenziali che in aree a vocazione agricola e naturale.
In Figura 9/a e 9/b è rappresentata la distribuzione degli analizzatori di ozono nelle diverse tipologie di siti di campionamento a dicembre 1999 e ad agosto 2007. Come si osserva dai grafici a torta, è diminuito il numero di stazioni situate in aree di traffico (in colore grigio), 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% (in colore verde).

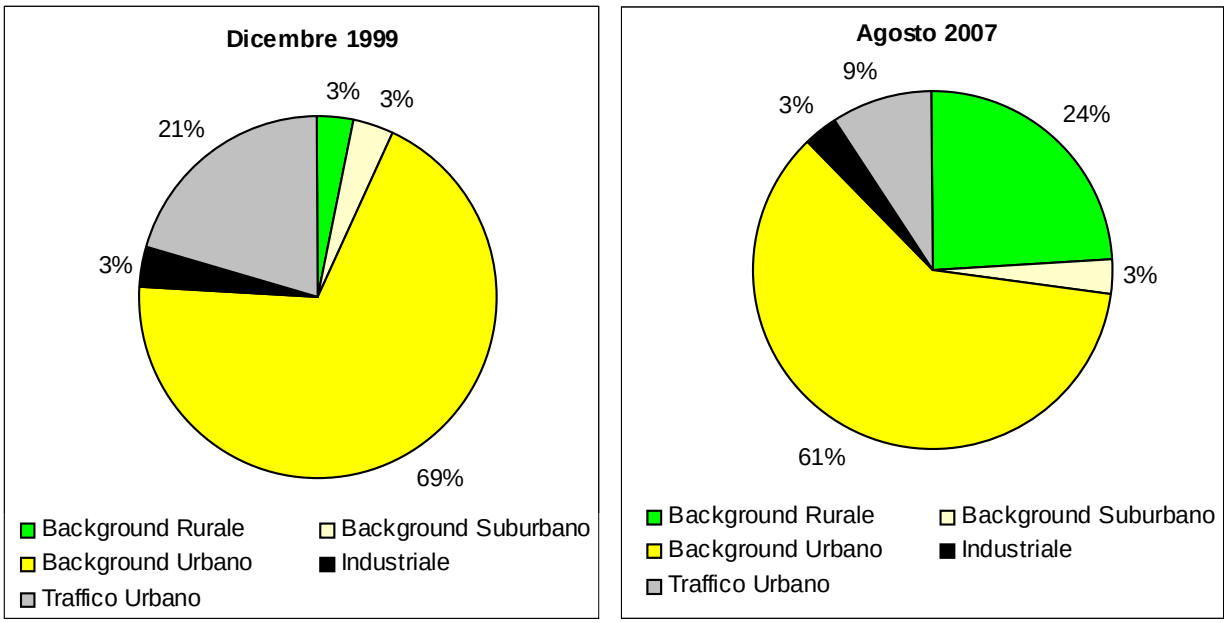


Figura 9/a e 9/b - Distribuzione dei monitor di ozono nelle diverse tipologie di siti di campionamento a dicembre 1999 e ad agosto 2007

Nelle Figure 10/a e 10/b sono riportate le mappe con la localizzazione dei punti di campionamento di ozono nella rete, a dicembre 1999 e a 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.

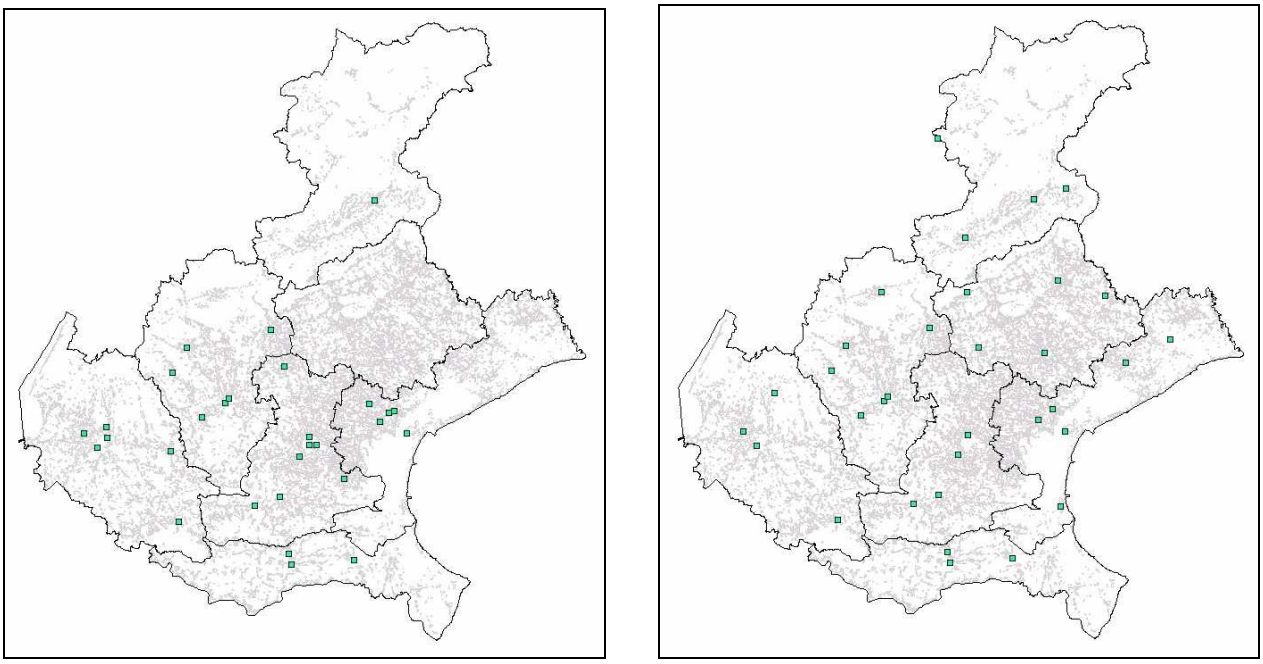


Figura 10/a e 10/b - Localizzazione dei punti di campionamento di ozono nel 1999 (sinistra) e nel 2007 (destra)

Ottimizzazione della rete ha significato non solo adeguamento delle stazioni e acquisto di nuovi analizzatori, ma anche, miglioramento della qualità dell'informazione fornita al pubblico. Come richiesto dal Decreto Ministeriale 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 internet in modo tale da implementarlo con i dati della qualità dell'aria e con le principali informazioni sulle stazioni di monitoraggio. Per rendere l'informazione semplice e chiara sono stati predisposti dei grafici con la visualizzazione dei dati giornalieri di PM_{10} e $PM_{2.5}$ (Figura 11) e di quelli, in diretta dalle centraline, di ozono (Figura12), tutti disponibili sul sito www.arpa.veneto.it.

Figura 11 - Esempi di grafici per la visualizzazione dei dati di PM_{10} disponibili al sito www.arpa.veneto.it

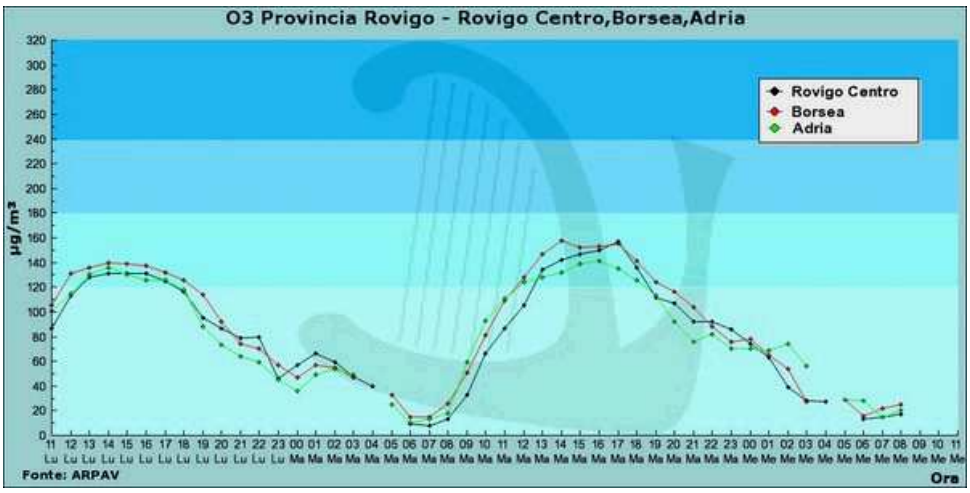


Figura 12 - Esempi di grafici per la visualizzazione dei valori di ozono disponibili al sito www.arpa.veneto.it

Seguendo le indicazioni del documento "Criteria for Euroairnet" fu progettato e realizzato, a cura dell'Osservatorio Regionale Aria di ARPAV, un archivio informatico (database) per la catalogazione delle informazioni riguardanti le centraline.

Una sezione della pagina web www.arpa.veneto.it è dedicata alla visualizzazione di tale database. Nelle Figure 13 e 14 si riporta rispettivamente una delle maschere di caratterizzazione geografica della centralina e un dettaglio della cartografia utilizzata ai fini della localizzazione del sito.

Figura 13 - Caratterizzazione geografica della stazione di monitoraggio disponibile nel database della rete di rilevamento dell'inquinamento atmosferico

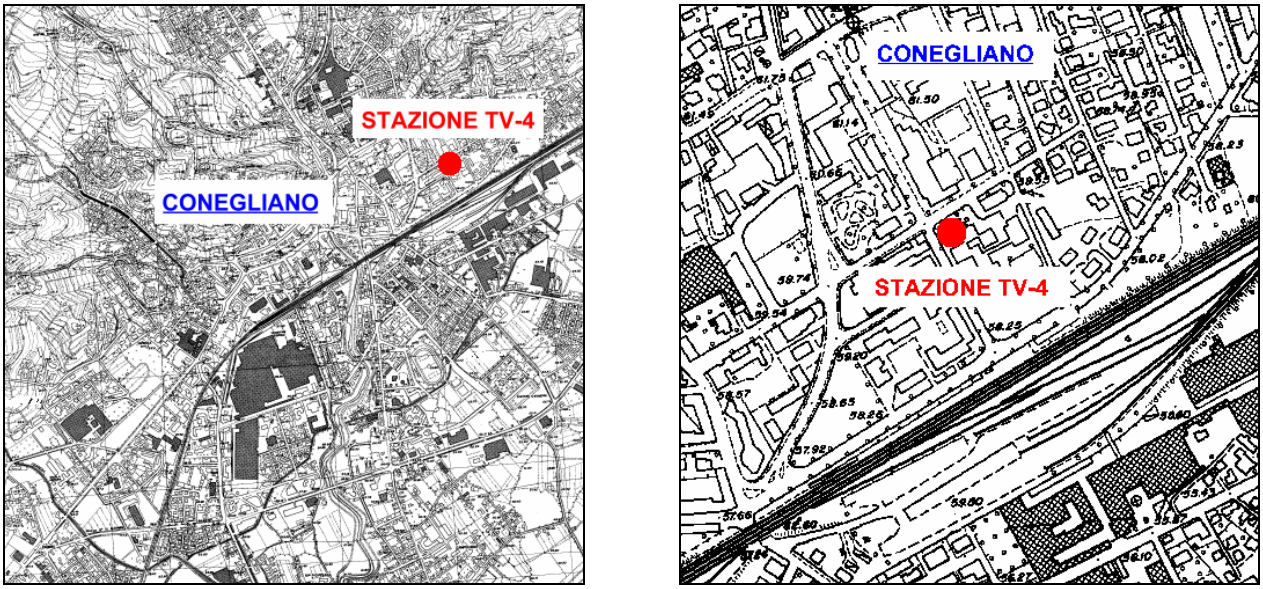


Figura 14 - Dettaglio dell'estratto cartografico della stazione di monitoraggio disponibile nel database della rete di rilevamento dell'inquinamento atmosferico

I dati ottenuti dalle stazioni per il Monitoraggio della Qualità dell'aria sono utilizzati per numerose elaborazioni, i cui risultati forniscono importanti indicazioni alle Autorità preposte per decidere in merito all'attuazione di provvedimenti per la riduzione dell'inquinamento atmosferico.

Per le implicazioni che ciò comporta, requisiti essenziali per ottenere 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.

Da anni, in ARPAV, la manutenzione viene affidata a ditte specializzate mentre il controllo dell'affidabilità del dato è garantita attraverso diversi sistemi ed a più livelli, passando dai valori "grezzi" di stazione fino ai cosiddetti "dati validati" che entrano a far parte del Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRAV) e da cui vengono utilizzati per le successive elaborazioni o per l'informazione al pubblico.

All'interno di questo processo di verifica dei dati si inserisce una parte del lavoro svolto fino ad ora dal Laboratorio Controllo Qualità, afferente all'Osservatorio Regionale Aria, che, in particolare, si è occupato e tuttora si occupa del controllo qualità degli analizzatori per il monitoraggio della qualità dell'aria. Tali analizzatori lavorano ininterrottamente giorno e notte per tutti i giorni dell'anno e sono sottoposti, quindi, ad un notevole carico di lavoro, tale da rendere necessario un controllo periodico sulla correttezza di risposta rispetto agli standard di riferimento. Tale controllo viene eseguito giornalmente ed in modo automatico per ciascun analizzatore; se l'esito è negativo è compito degli operatori ARPAV segnalare ai tecnici preposti la necessità di un intervento sulla strumentazione. Un controllo più rigoroso è costituito invece dalla taratura vera e propria degli analizzatori, eseguita dai tecnici del Laboratorio Controllo Qualità con cadenza periodica. Questo tipo di

attività ha richiesto una progettazione iniziale, l'acquisizione di nuova strumentazione e la formazione del personale destinato allo scopo. Dopo la prima fase di avviamento è stata portata in qualità la gran parte della strumentazione della rete regionale, come evidenziato nelle Figure15/a e 15/b. Nella prima si riporta la situazione delle stazioni di monitoraggio ARPAV ad agosto del 2007, mentre nella seconda si ha la previsione per la fine del 2007.

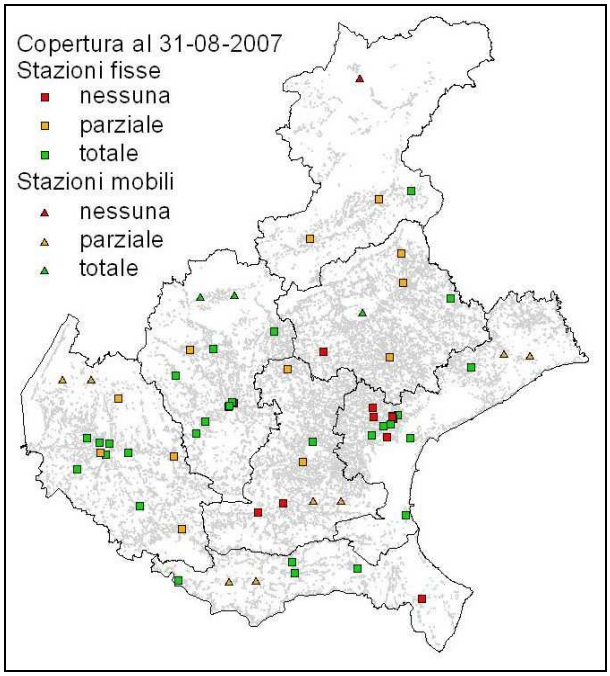


Figura 15/a - Copertura dei controlli qualità effettuati sugli strumenti delle stazioni fisse e mobili– agosto 2007

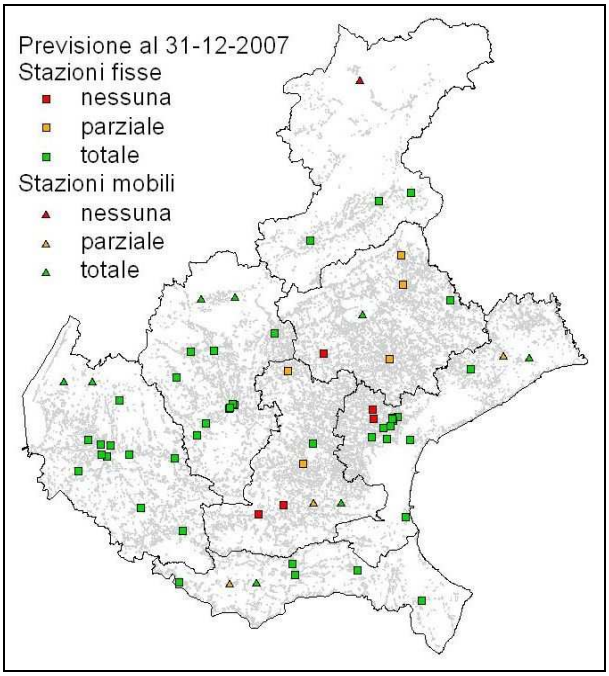


Figura 15/b - Copertura dei controlli qualità effettuati sugli strumenti delle stazioni fisse e mobili – previsione a dicembre 2007

La Figura 16 riassume la situazione complessiva, evidenziando le percentuali della strumentazione già portata in qualità rispetto a quella non ancora tarata.

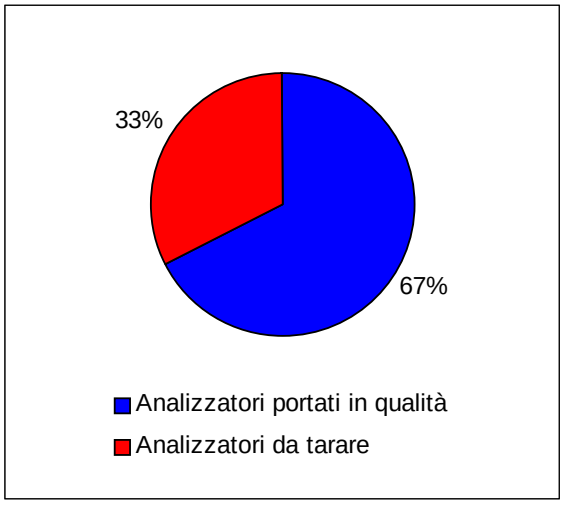


Figura 16 - Situazione del controllo qualità della rete aria del Veneto aggiornata al 1 settembre 2007

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

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 sullo stato della qualità dell'aria. In particolare si fa riferimento e quelle aree non coperte dalla rete fissa di monitoraggio, che rimane in buona parte concentrata nell'ambito urbano. E' stata posta attenzione, per le aree di salvaguardia della biodiversità floro-faunistica, e più in generale, per i siti rappresentativi di una concentrazione di fondo degli inquinanti, lontani dalle più importanti sorgenti di inquinamento atmosferico (vie di comunicazione, aree industriali e fortemente urbanizzate). Le stazioni (Figura 17) sono state posizionate in 156 Comuni che hanno beneficiato dei fondi DOCUP (in verde), cui vanno ad aggiungersi 50 Comuni, per coprire al meglio il territorio regionale. Il progetto di mappatura ha previsto il coordinamento di due tipologie di monitoraggio distinte: le campagne con i campionatori passivi e quelle effettuate con stazioni rilocabili.

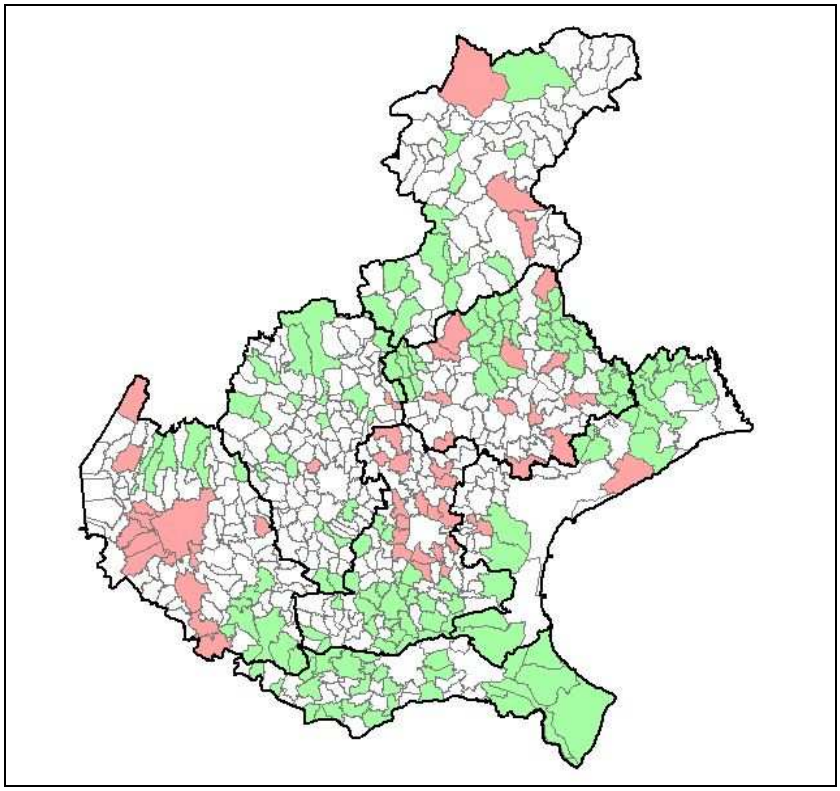


Figura 17 - Comuni interessati dal progetto di mappatura di aree remote. In verde sono evidenziati i comuni che hanno beneficiato dei finanziamenti DOCUP, mentre in rosso quelli che sono stati monitorati al di fuori del progetto

Campionatori passivi

I campionatori passivi sono dei dispositivi in grado di raccogliere i gas e i vapori inquinanti presenti nell'aria senza far uso di aspirazione forzata. Essi sono costituiti da una cartuccia di materiale opportunamente studiato per l'inquinante da campionare. Tale cartuccia, convenientemente protetta da agenti atmosferici, adsorbe l'inquinante grazie alla semplice differenza di concentrazione esistente con l'ambiente. Questo tipo di strumentazione presenta alcuni importanti vantaggi:

Figura 18 - Campionatore passivo esposto in campo

- trascurabile impatto sull'area di campionamento, sia dal punto di vista visivo che acustico (Figura 18);
- possibilità di effettuare contemporaneamente campagne di mappatura in tutto il territorio regionale;
- possibilità di misurare diversi inquinanti con più campionatori in parallelo;
- indipendenza dalla disponibilità di elettricità;
- ridotta esigenza di manutenzione.

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

1) assenza o la 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 19/a) proposta da ANPA su scala nazionale per lo studio dell'indice di biodiversità lichenica. Le stazioni sono state posizionate nelle vicinanze dei nodi della griglia.

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 tenere in considerazione anche le aree soggette a sviluppo futuro (costruzione di infrastrutture quali strade e autostrade, creazione di aree industriali).

Tenuto conto dei criteri sopra citati, per la mappatura con i campionatori passivi sono stati scelti 53 Comuni, evidenziati in rosso in Figura 19/b. La distribuzione dei Comuni nelle sette province venete è illustrata nel grafico in Figura 19/c. In ogni stazione sono state misurate le concentrazioni di biossido di azoto, benzene e ozono, durante otto settimane distribuite tra la fine del 2004 e il 2005, per una durata complessiva del progetto di circa un anno.

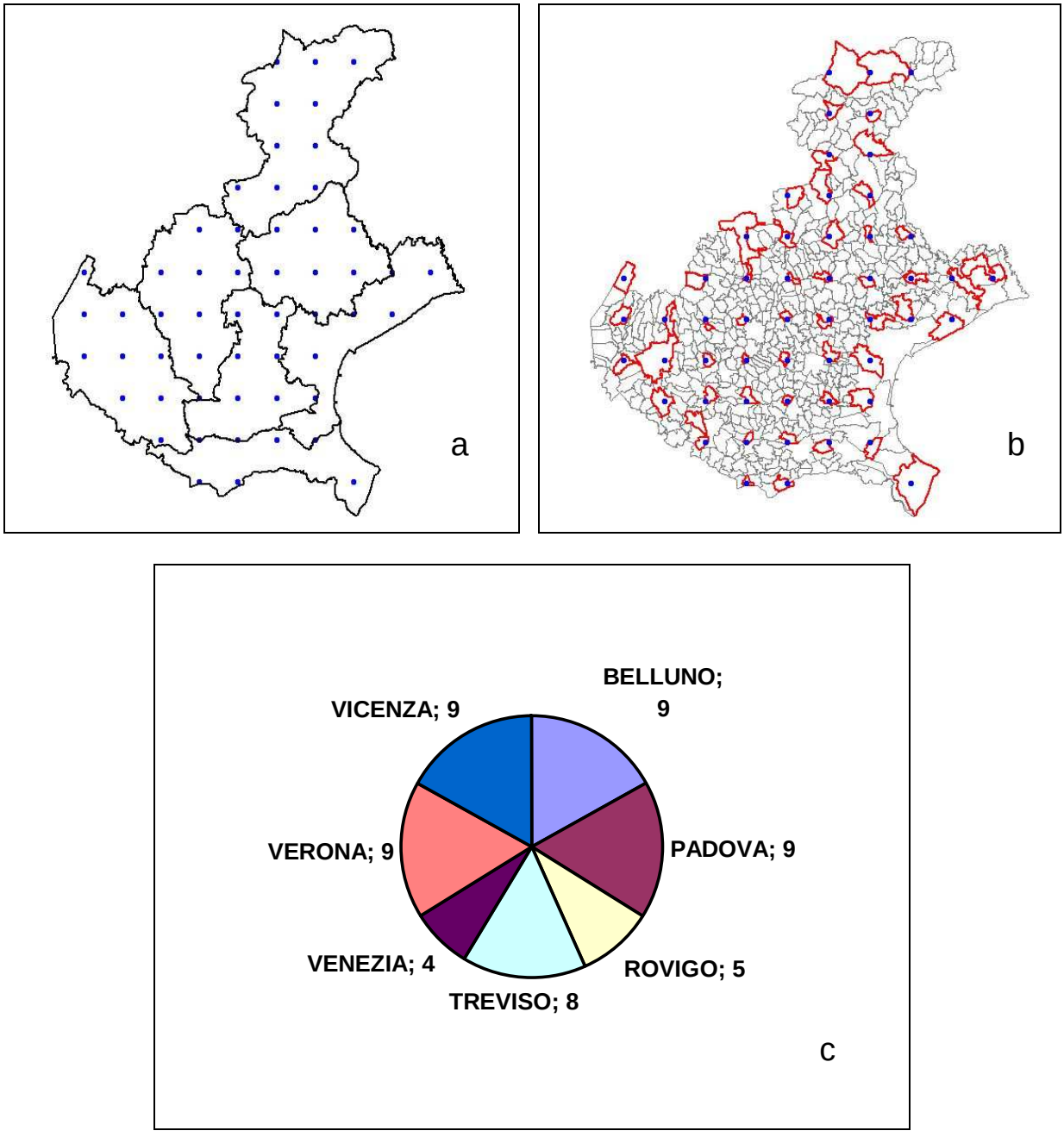


Figura 19 - a) Griglia 18x18km utilizzata per la dislocazione dei campionatori passivi (IBL ANPA); b) Comuni mappati con campionatori passivi (in rosso) in sovrapposizione alla griglia ANPA; c) Distribuzione dei Comuni mappati con campionatori passivi nelle diverse province venete

Il monitoraggio con i campionatori passivi è stato attentamente pianificato per avere a disposizione dati il più possibile confrontabili tra loro e con le prescrizioni normative. 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 56 Comuni mappati, non hanno messo in evidenza concentrazioni medie superiori ai limiti di legge (D.M.60/02). 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 (rispettivamente di 5 $\mu g/m^3$ e 40 $\mu g/m^3$).

La valutazione della diversità tra i siti su scala regionale, ha dato delle indicazioni di carattere generale sulla diversa influenza degli inquinanti nel territorio veneto.

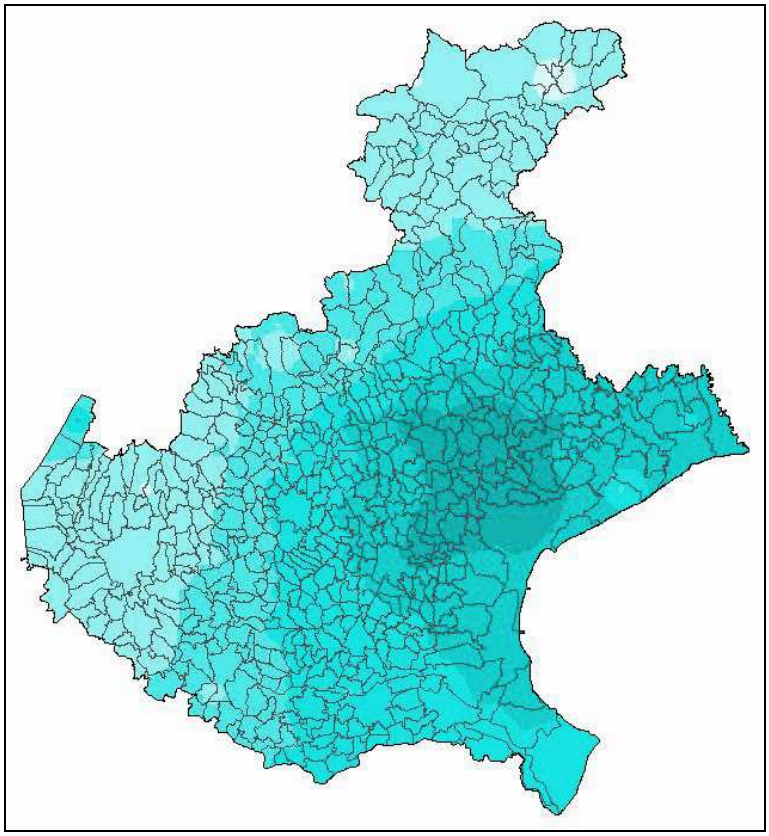


Figura 20 - Mappa di concentrazione media di biossido di azoto realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi

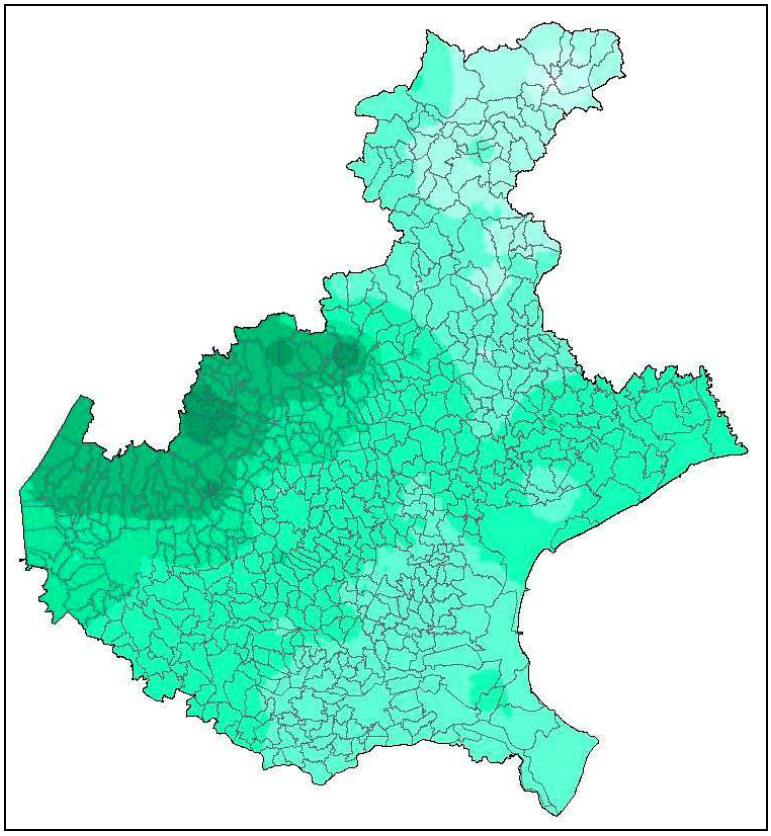


Figura 21 - Mappa di concentrazione media di ozono realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi

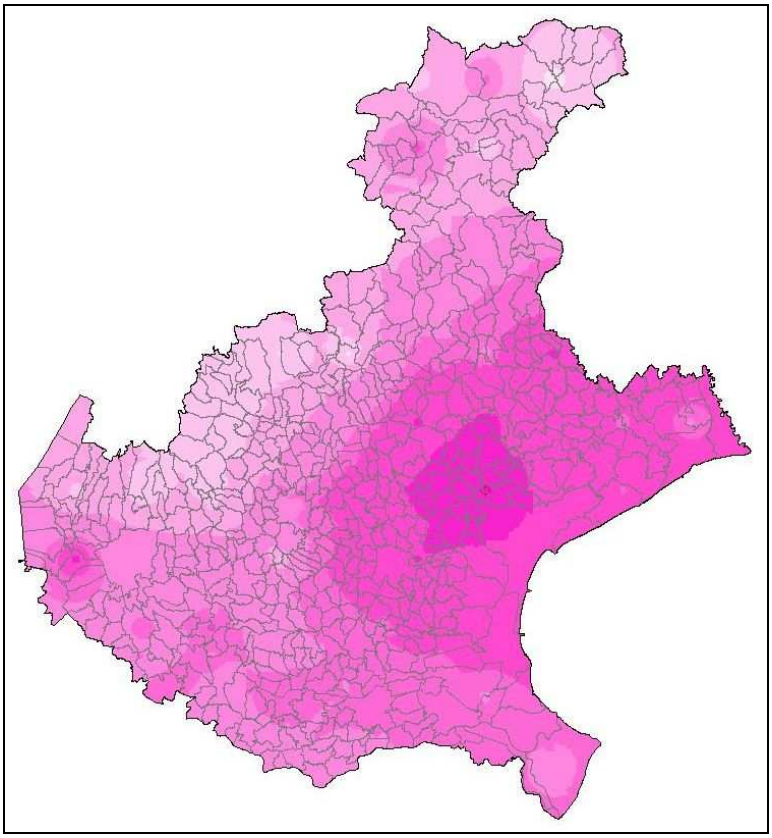


Figura 22 - Mappa di concentrazione media di benzene realizzata per interpolazione dei dati di mappatura con campionatori passivi

Pur nel pieno rispetto dei limiti di legge, dal confronto tra le mappe sopra riportate, 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 tutti i tre inquinanti mappati. Infine la provincia di Belluno sembra distinguersi per i livelli inferiori alla media di benzene, biossido di azoto e ozono.

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 23).

Figura 23 - Stazione rilocabile posizionata in un cantiere per il monitoraggio della qualità dell'aria durante la realizzazione di un'infrastruttura

Sin dalla creazione di ARPAV, le stazioni rilocabili 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 veneto 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.

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_{10};
- utilizzare una strumentazione automatica del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse, con la possibilità di confrontare i dati ottenuti.

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 rimangono quindi le stazioni della rete fissa.
La pianificazione del campionamento effettuata con i mezzi rilocabili è stata diversa e per molti versi più complessa da organizzare rispetto alla campagna con i campionatori passivi. Ciò è legato al fatto che i mezzi erano già da tempo in funzione per diversi utilizzi nei vari Dipartimenti Provinciali ed è stato necessario coordinare le attività pregresse con quella di mappatura delle aree remote.
Le condizioni fondamentali per la scelta del sito da campionare sono state le seguenti:

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

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 (fonti di riscaldamento, emissioni di traffico *etc.*) 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. Le specie chimiche mappate sono state il biossido d'azoto, l'ozono e i PM_{10}. Questi ultimi 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 PM_{10} per loro natura non possono essere monitorati con i campionatori passivi.
A differenza dei campionatori passivi, che nel 2005 hanno portato ad una stima preliminare della situazione su scala regionale per ozono, biossido di azoto e benzene nel 2005, illustrata nelle mappe, l'informazione che può essere ricavata dall'uso delle stazioni mobili è di diverso tipo. In particolare si sono voluti caratterizzare gli andamenti nei vari siti indagati rispetto alle stazioni della rete fissa. In generale sembrerebbe che i siti abbiano andamenti mediamente confrontabili con le centraline fisse di background (cioè non a contatto diretto con sorgenti importanti di inquinanti). 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.

Prospettive e sviluppi futuri

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. Si fa riferimento in particolare alle informazioni topografiche accurate e ad indicazioni specifiche della zona in cui localizzare la stazione: questo permetterà un’interpretazione del dato chimico più agevole.
Per quanto concerne le campagne con i laboratori mobili è già in corso un piano per ottimizzare il monitoraggio utilizzando una griglia a maglia 18x18 km, simile a quella 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 posti dalla normativa vigente.

4 Biomonitoraggio della qualità dell'aria mediante la biodiversità dei licheni epifiti

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.
I licheni, associazione simbiotica tra funghi ed organismi fotosintetici (cianobatteri e/o alghe verdi), 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'aria sia per l'apporto idrico, sia per la nutrizione minerale e l'apporto di gas (anidride carbonica per la fotosintesi algale).
Le seguenti peculiarità contribuiscono a rendere i licheni degli ottimi bioindicatori degli effetti dell'inquinamento atmosferico:

- 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.

In particolare la valutazione qualitativa 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. Le prime osservazioni empiriche sul deperimento dei licheni in aree soggette a inquinamento atmosferico risalgono alla metà

Figura 24 - Lichene su corteccia d'albero [Xanthoria fallax (Hepp) Arnold]

dell'Ottocento. 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. Agli inizi degli anni '70 venne dimostrata una correlazione tra la presenza di determinate specie licheniche e concentrazioni di anidride solforosa.
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.
All'inizio degli anni '90 l'applicabilità del metodo IAP venne testata in Italia, particolarmente in Liguria e in Veneto, e vennero apportate alcune variazioni metodologiche.

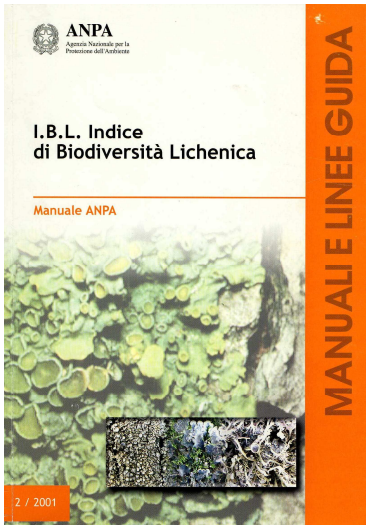


Figura 25 - Manuale ANPA

Nel 2001 l'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, ora APAT), pubblicò un Manuale contenente le Linee Guida per l'applicazione dell'Indice di Biodiversità Lichenica in Italia (Figura 25).
Il metodo si basa sul conteggio di un indice sintetico, calcolato come somma delle frequenze delle specie licheniche epifite presenti entro un reticolo standardizzato.
L'IBL misurato risulta ben correlato alla concentrazione di inquinanti in atmosfera e soprattutto, con la standardizzazione del metodo, è stato possibile ridurre alcuni aspetti limitativi del metodo IAP legati alla soggettività degli operatori nell'effettuare i rilievi. L'applicazione di questo metodo permette di ottenere informazioni indicative sullo stato di alterazione ambientale e sulla sua evoluzione nel tempo, associando un giudizio di naturalità ad aree con alta biodiversità lichenica e un giudizio di alterazione ad aree con bassa biodiversità lichenica.
La metodologia proposta da ANPA si è diffusa sul territorio italiano in numerose campagne di biomonitoraggio promosse dall'APAT e da diverse ARPA regionali ed Università, a diverse scale territoriali. In particolare nel Veneto la campagna di biomonitoraggio realizzata nel 2004-2005 risulta la terza condotta a scala regionale.

Metodologia ANPA

Il sistema di campionamento nazionale proposto dall'ANPA è applicato sul territorio con un criterio di individuazione basato su una griglia a maglie quadre di 18x18 km, che si sviluppa seguendo le direzioni Nord-Est-Sud-Ovest, ed é 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) e su *Unità di Campionamento Secondarie* (UCS). UCP ed UCS sono porzioni di territorio con superficie e forma definite all'interno delle quali, mediante procedure standard, vengono eseguiti i rilievi di diversità lichenica su un campione di alberi compreso tra 1 e 12. Le UCP (929 celle in tutta Italia) sono aree quadrate di 1 km^2 il cui centro coincide con un nodo della griglia ANPA; le UCS sono aree circolari (con raggio pari a 125 m e superficie di circa 4.9 ettari) interne alle UCP in cui si effettua la scelta degli alberi da campionare. UCP ed UCS hanno lo scopo di assicurare l'uniformità di selezione e l'omogeneità della distribuzione del campione in modo tale da rendere confrontabili i dati su tutto il territorio nazionale.

Se nella prima UCP monitorata, definita UCP0, non si riscontrano alberi adatti si procede con la sua sostituzione analizzando celle attigue e procedendo in senso orario. Nel caso in cui non si riscontrassero forofiti idonei anche in queste otto celle sostitutive la stazione viene dichiarata non campionabile.

Il rilievo della biodiversità lichenica viene eseguito in campo sul tronco di alberi adatti tramite un reticolo costituito da quattro subunità, ciascuna composta da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm.

Il reticolo di campionamento viene posto ad un'altezza di un metro da terra e ogni subunità viene posizionata, servendosi di una bussola, sui punti cardinali.

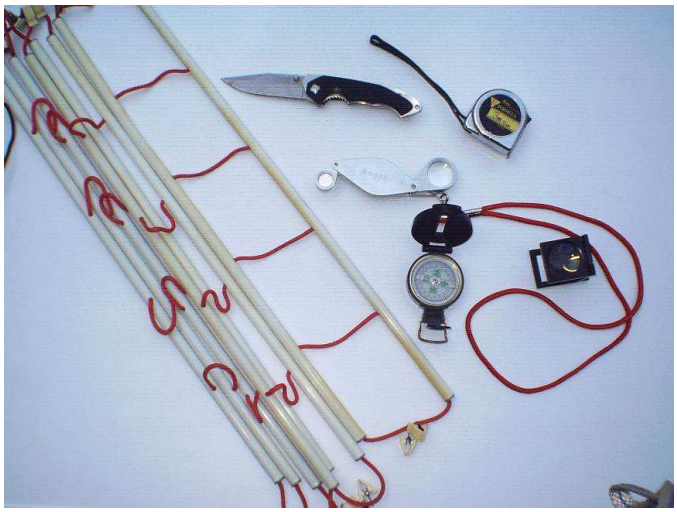


Figura 26 - Strumenti di lavoro

L'albero scelto deve avere caratteristiche standard al fine di minimizzare gli effetti di fattori diversi dall'inquinamento atmosferico: la circonferenza non deve essere inferiore a 60 cm, devono essere assenti evidenti segni di disturbo (tagli, cicatrici, nodi, verniciatura, ecc), il tronco non deve essere invaso da muschi e deve avere una inclinazione minore di 10°. I licheni presenti all'interno delle cinque celle vengono identificati in campo, con l'ausilio di lenti di ingrandimento, o in laboratorio mediante microscopio e test chimici in base a caratteri morfologici. Successivamente vengono calcolate la frequenza ed il numero di specie rilevate.

Per la determinazione della specie si fa uso di chiavi analitiche e di schede di riconoscimento. ARPAV ha prodotto un Manuale con 54 schede monografiche come quella illustrata in Figura 27.

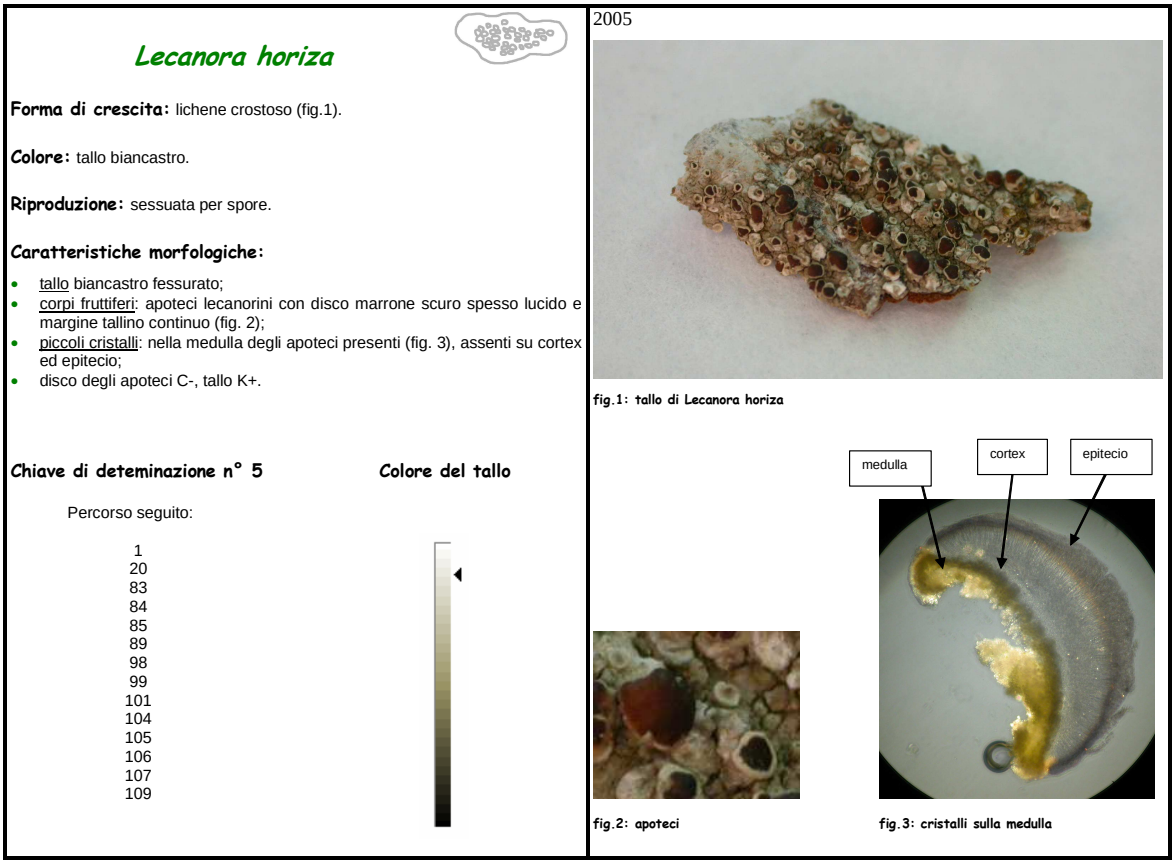


Figura 27 - Scheda di un lichene crostoso

Pianificazione dell'indagine

L'Osservatorio Regionale Aria dell'ARPAV è stato individuato come soggetto coordinatore di questa campagna in tutte le sue tappe.
La prima fase del lavoro è stata caratterizzata da una attenta valutazione della situazione pregressa nell'ottica degli obiettivi del Programma DOCUP che interessa 356 Comuni del Veneto, di cui più della metà già sottoposti a monitoraggio strumentale. Per il biomonitoraggio della qualità dell'aria nei rimanenti comuni è stato deciso di applicare la griglia ANPA effettuando quindi una selezione, nel rispetto dell'equilibrio costi-benefici.
L'adozione della rete nazionale ANPA permetteva, a livello nazionale, l'applicazione di una metodologia consolidata, generando informazioni confrontabili con iniziative svolte in altre regioni e, in ambito locale, consentiva di ottenere una valutazione contemporanea della qualità dell'aria dell'intero territorio veneto su maglia regolare.
La griglia regionale 18x18 km è stata costruita nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest e risulta costituita da 85 punti (Figura 28), 54 dei quali ricadenti all'interno del confine regionale e determinanti i punti di biomonitoraggio regionali.
Sebbene solo il 63% delle 54 stazioni dalla rete ANPA ricadesse in Comuni DOCUP l'esito di un'indagine estesa a tutta la regione avrebbe restituito un'informazione molto più significativa ed uniforme.

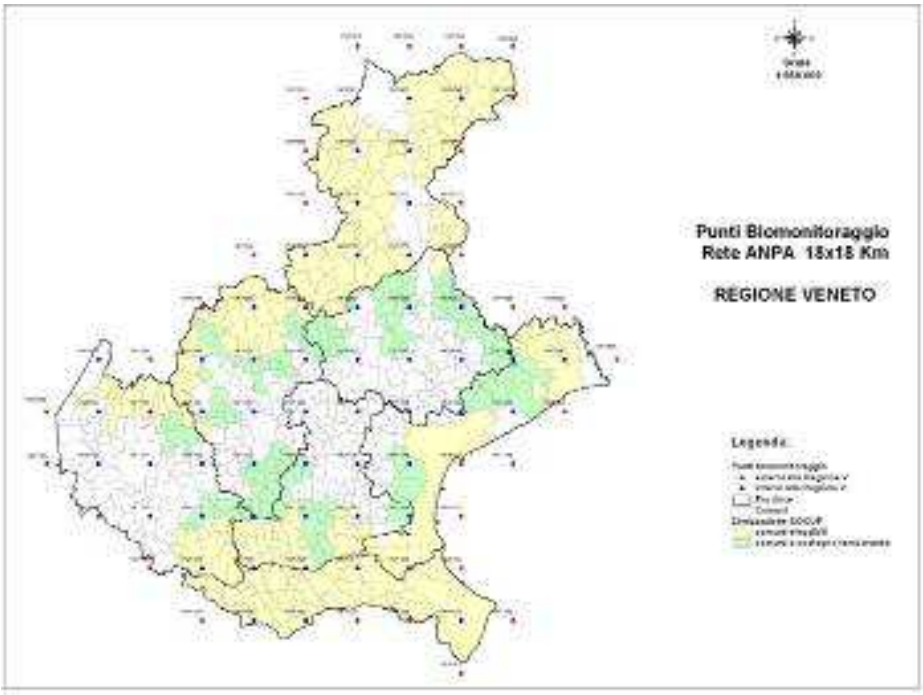


Figura 28 - Distribuzione delle stazioni di biomonitoraggio nel Veneto

La cartografia elaborata in supporto alla campagna di biomonitoraggio è stata prodotta utilizzando un programma GIS e i tematismi della Carta Tecnica Regionale. Nella Figura 29 si illustra una delle mappe prodotte.

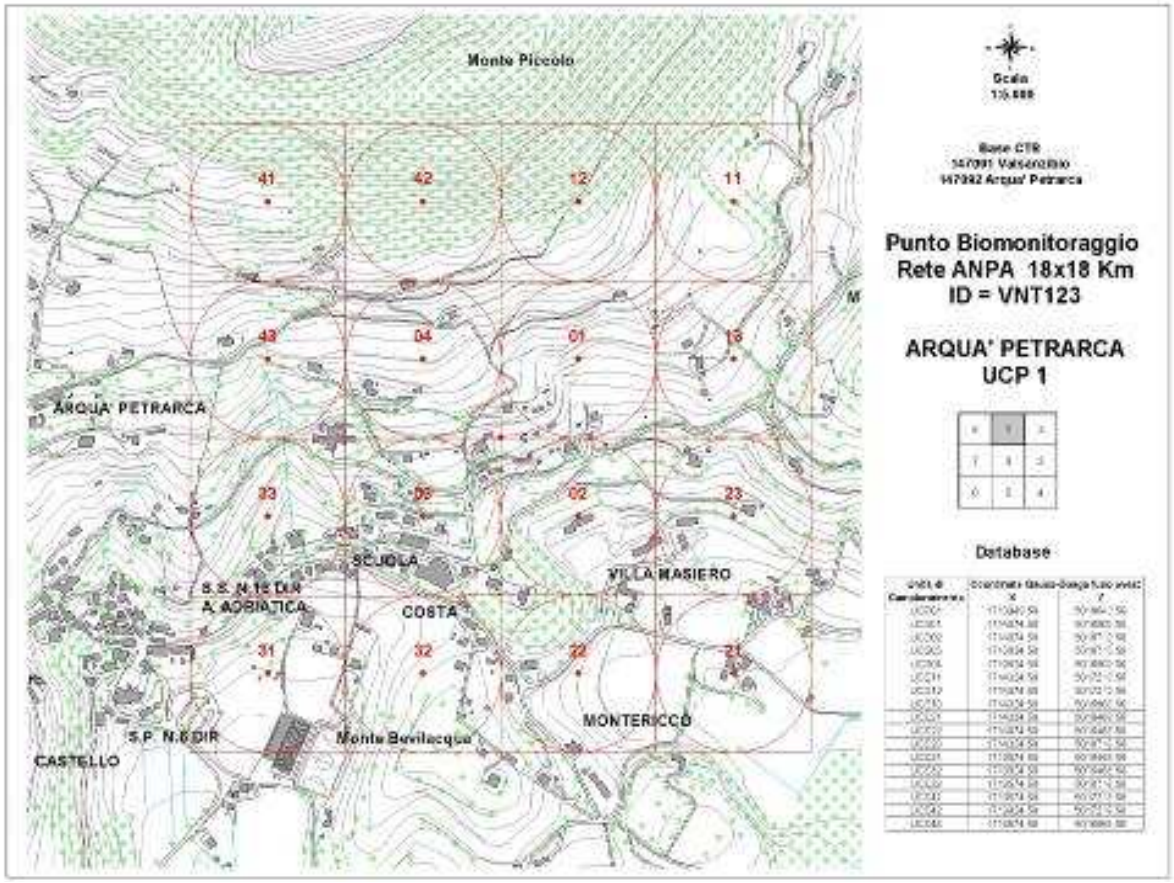


Figura 29 - Elaborazione della cartografia regionale per i rilevamenti in campo

Analisi della biodiversità

I risultati del monitoraggio sono stati raccolti in schede riepilogative delle informazioni di ogni stazione, come quella riportata in Figura 30.

ANAGRAFICA STAZIONE

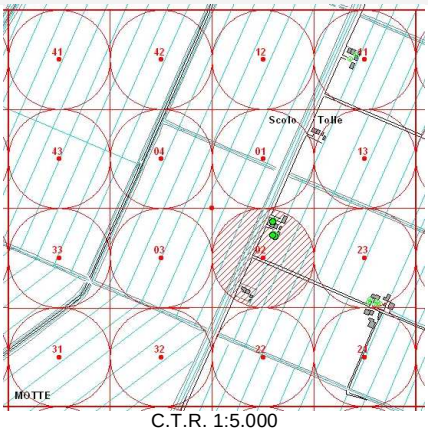
ID = VNT116

Comune: Mira
Località: Dogaletto
Ambito territoriale: bassa pianura
Corine Land Use: seminativo

Provincia: Venezia

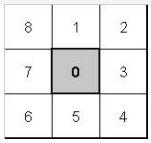
Coordinata GBO X: 1749949,5
Coordinata GBO Y: 5033843,5
Quota: -0,1 m s.l.m.

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO



C.T.R. 1:5.000

Ortofoto

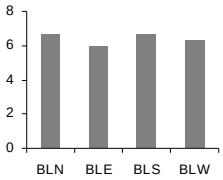


UCP monitorata

BL_s = 25.67

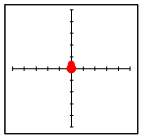
n_{sp} = 3

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.



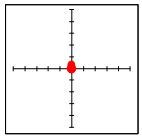
Specie \ Albero	1	2	3
Circonferenza cm	112	102	117
Candelaria concolor	10	1	2
Hyperphyscia adglutinata	-	2	2
Physcia adscendens	20	20	20
BLr	**30**	**23**	**24**
n. specie	**2**	**3**	**3**

Albero 1



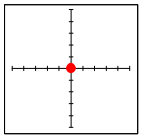
X: 1750046.73
Y: 5034153.81
1 m s.l.m.

Albero 2



X: 1750039.39
Y: 5034151.55
1 m s.l.m.

Albero 3



X: 1750040.52
Y: 5034160.02
1 m s.l.m.

Figura 30 - Scheda riepilogativa finale biomonitoraggio nella Regione Veneto Esempio stazione VNT116

Il valore di IBL della stazione di campionamento risulta dalla media aritmetica dell'IBL dei singoli rilievi.
Le tecniche di biomonitoraggio stimano il grado di deviazione da condizioni "normali" o "naturali" provocata dagli effetti di disturbo ambientale (tra cui l'inquinamento atmosferico) su componenti sensibili degli ecosistemi. In accordo con altri studi di biomonitoraggio, la soglia di naturalità è stata definita come il valore di IBL corrispondente al 98° percentile dell a 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 valutati secondo la scala di interpretazione relativa all'area submediterranea secca occidentale, riportata nella Figura 31.

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

Figura 31 - Scala interpretativa dei valori di BL

I valori di IBL rilevati sono stati interpolati al fine di realizzare una mappa (Figura 32), che presenta un gradiente di naturalità/alterazione nella regione Veneto, cosi come si deduce dalla biodiversità dei licheni epifiti. Si può notare come l'ambiente alpino e prealpino, dalle Dolomiti settentrionali all'altipiano del Cansiglio e al lago di Garda, risulti caratterizzato da condizioni di elevata naturalità.

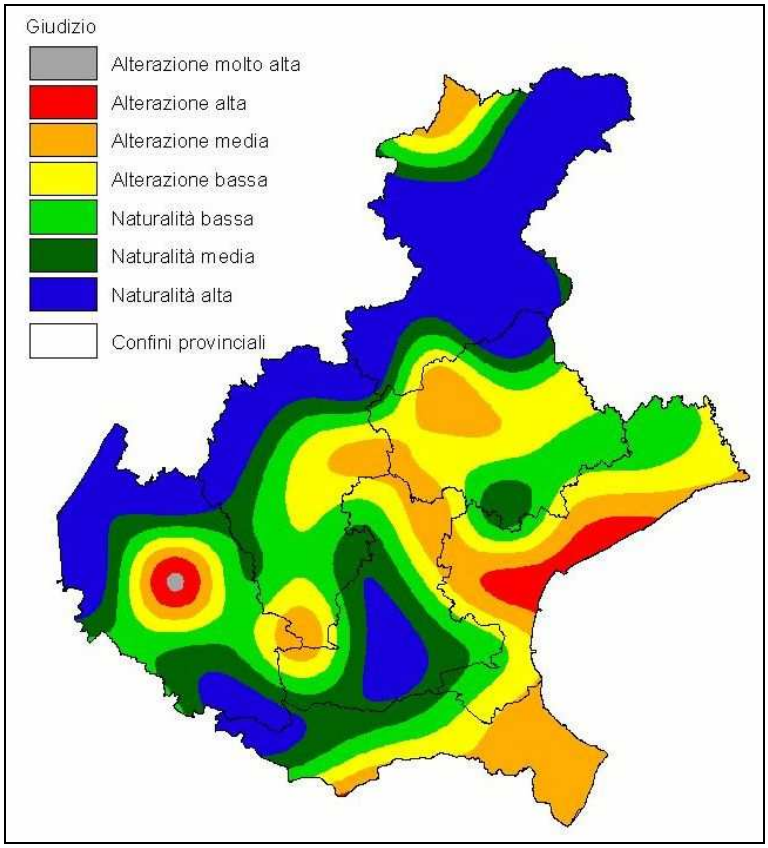


Figura 32 - Mappa di naturalità/alterazione nel Veneto

Interessante la situazione che si viene a delineare nella zona di Cortina (nord-ovest del territorio regionale): qui infatti si registra un valore di BL decisamente basso 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 planiziale e costiero, caratterizzati dalla maggiore pressione antropica sono stati registrati i più bassi valori di biodiversità lichenica.

Le aree con maggiore stato di alterazione sono la zona urbana del veronese e la zona a ridosso della Laguna di Venezia.

Circa il 30% dei rilievi eseguiti (su un totale di 728) rientra in un giudizio di alterazione (Figura 33). La Figura 34 mostra la frequenza delle principali specie censite nella presente campagna.

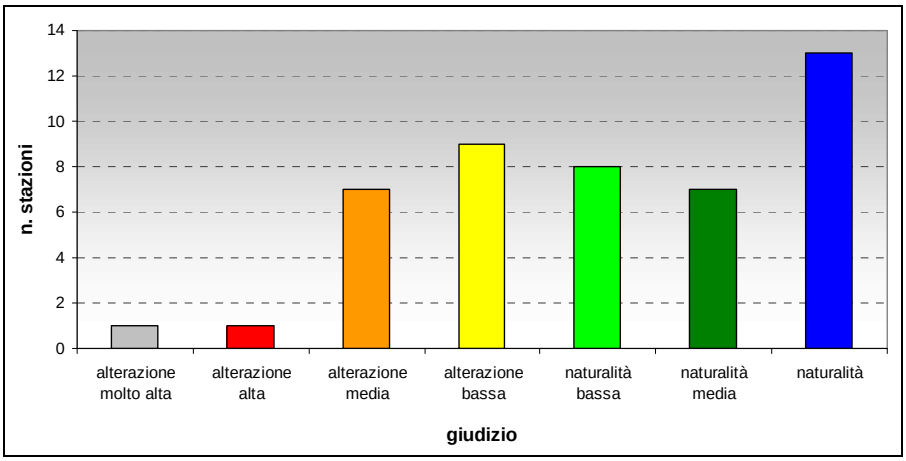


Figura 33 - Distribuzione delle stazioni

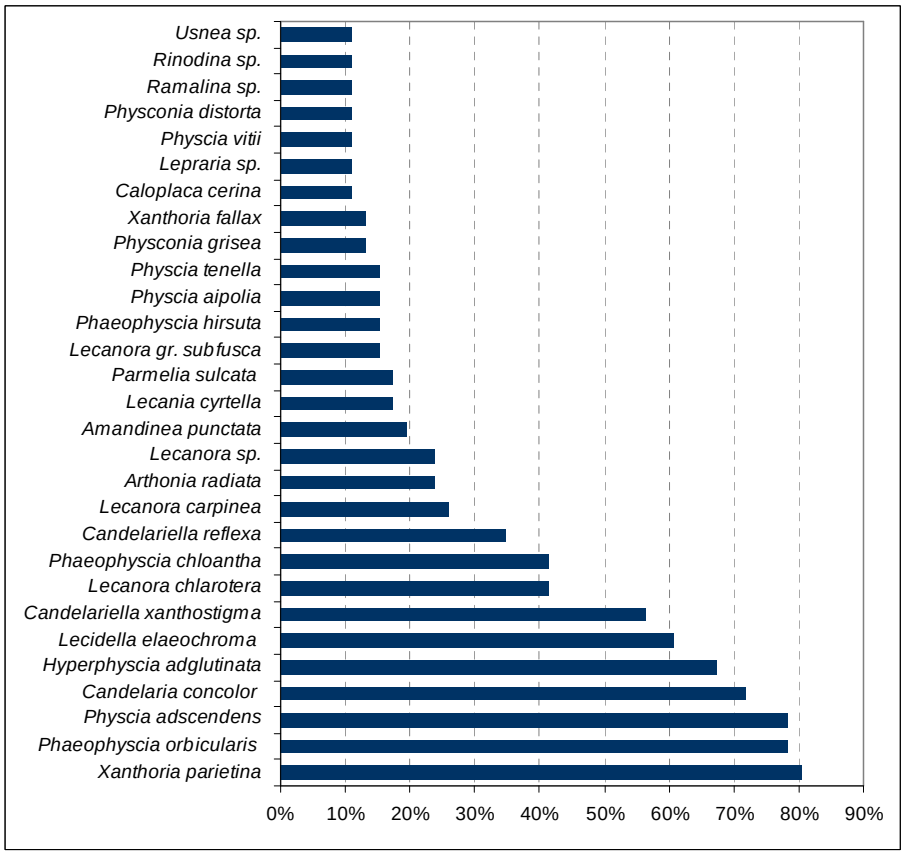


Figura 34 - Frequenza delle specie riscontrate in Veneto (frequenza > del 10%)

Nel complesso la flora epifita rilevata ammonta a 98 specie. Le specie più frequenti sono *Xanthoria parietina, Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* e *Candelaria concolor*, presenti in oltre il 70% delle stazioni. 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 è presente un sostanziale equilibrio tra le forme crostose e fogliose, mentre le specie fruticose sono scarse. Nel complesso la strategia riproduttiva prevalente è quella asessuale e, all'interno di questa, la maggioranza delle specie si riproduce mediante soredi, una strategia che, in condizioni di alterazione ambientale, consente una diffusione più efficiente sul territorio e quindi una maggiore possibilità di sopravvivenza.

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.

Le specie censite possono essere suddivise in due gruppi principali: specie ad ecologia prevalentemente nitrofila e specie acidofile. Le specie nitrofile, come *Candelaria concolor*, caratterizzano gli ambienti urbano, periurbano e agricolo di pianura, mentre quelle acidofile, come le specie appartenenti al genere *Usnea* sono localizzate per lo più negli ambienti montano -subalpini, come illustrato nella Figura 35. 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 36).

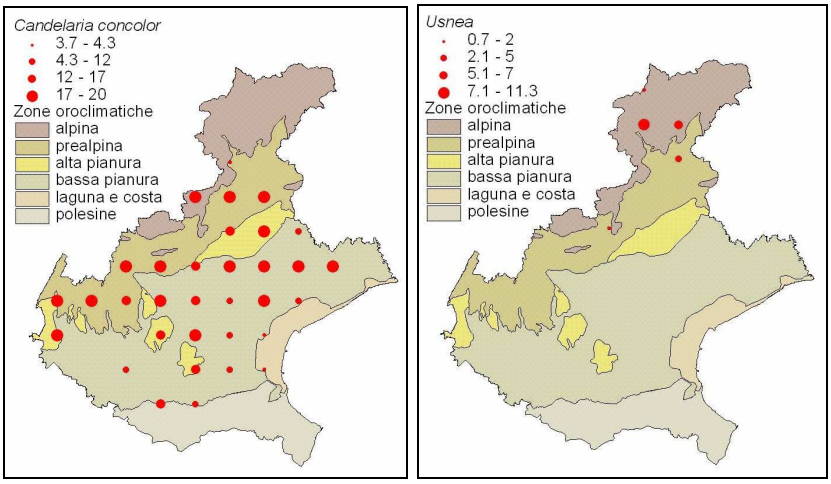


Figura 35 - Distribuzione su base di frequenza percentuale di Candelaria concolor e di Usnea

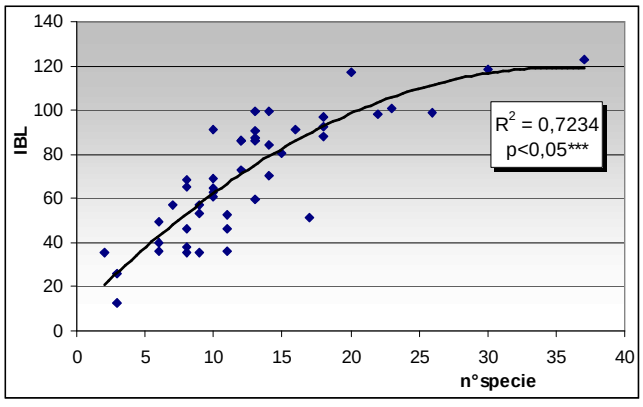


Figura 36 - Andamento IBL in funzione del n° specie

Analizzando la distribuzione del numero di specie in relazione alle classi di alterazione (Figura 37) appare evidente come ai giudizi di alterazione più elevata corrispondano i più bassi valori del numero di specie (es. Verona e 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 ($\Delta = 9$).

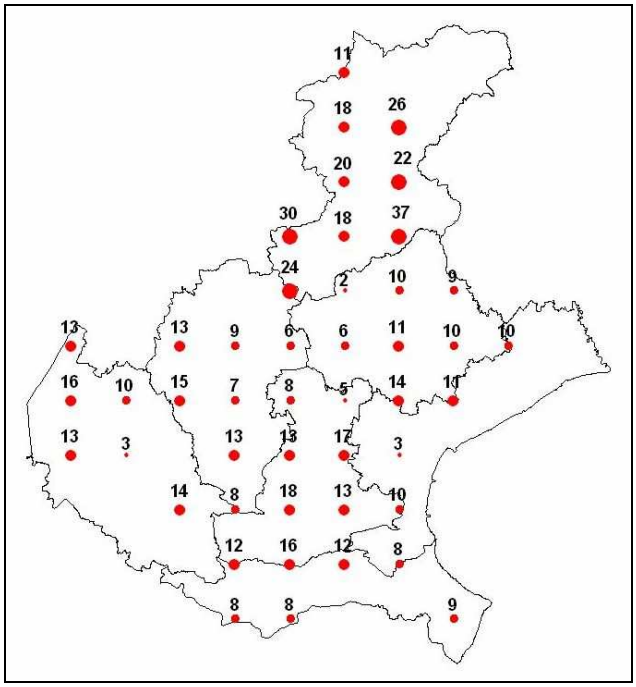


Figura 37 - Numero di specie licheniche riscontrate nelle UCP monitorate

Analizzando il comportamento di colonizzazione dell'insieme delle specie rilevate si osserva che la stazione con il minor numero di specie (Valdobbiadene, n 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 (Sovramonte, pari a 30) non presenta alcuna specie con questa ecologia.

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 38.

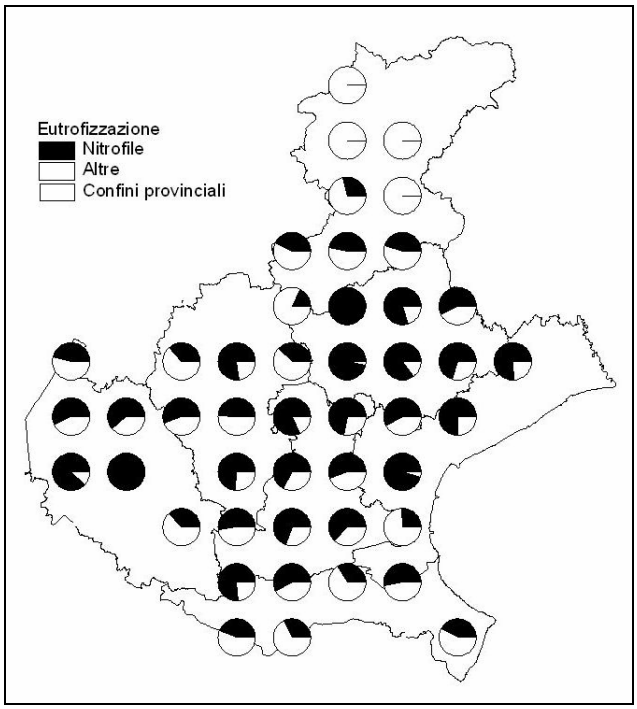


Figura 38 - Percentuale di specie nitrofile (in nero) sul totale di specie riscontrate

In due stazioni (Valdobbiadene e Verona) le specie nitrofile costituiscono la totalità delle specie presenti. In altre tre stazioni (Altivole, Mira e Sona) le stesse specie rappresentano oltre il 90% delle specie rilevate.

Glossario…

Simbiosi: termine coniato da Anton de Bary nel 1879 per definire la natura dei licheni, indica una stretta associazione fra organismi diversi per trarne un beneficio reciproco.
Epifite: piante o licheni che crescono su altre piante.
Forofiti: nel monitoraggio indica l'albero su cui si effettua il rilevamento.
Predittività: capacità di un modello di fornire misurazioni attendibili.
Chiavi analitiche: testi con percorsi dicotomici utilizzati per la determinazione di organismi.
Eliofilo: di organismo che predilige condizioni di buona illuminazione.
Xerofilo: di organismo tollerante climi aridi.
Eutrofizzazione: arricchimento di sostanze nutrienti (per lo più composti del fosforo e dell'azoto).
Crostosi: forma di crescita di licheni il cui tallo ha l'aspetto di una crosta strettamente aderente al substrato.
Fogliosi: forma di crescita di licheni in cui il tallo si sviluppa come una foglia.
Fruticosi: forma di crescita di licheni il cui tallo è tridimensionale ed è attaccato al substrato per una piccola porzione.
Soredi: strutture di riproduzione asessuale dei licheni formate da alghe racchiuse da ife fungine.
Nitrofilo: di organismo che vive su substrati ricchi o arricchiti in composti azotati.
Acidofilo: che si sviluppa su substrati acidi.
GIS: Geographic Information System, sistema informatico per produrre, gestire e analizzare dati spaziali che associa a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche.
Tematismo: layer o strato informativo, rappresentazione di un elemento territoriale con punti, linee o poligoni mediante simboli grafici associati a dati o informazioni.

5 L’attività di reporting e i prodotti realizzati

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 sulle 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 e in fase di realizzazione.
Per ciascuna task del progetto erano stati fissati e descritti degli obiettivi, dei tempi da rispettare e dei prodotti da realizzare.
Al termine del progetto, nell’ambito della task 7 “Reporting delle attività” era prevista la realizzazione del seminario conclusivo finalizzato all’illustrazione dei risultati raggiunti e dei prodotti realizzati.

Di seguito si riporta una breve descrizione di alcuni dei prodotti realizzati che possono essere di interesse pubblico. Tali prodotti saranno, a breve, disponibili sul sito www.arpa.veneto.it.

1) *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.

2) *Protocollo e risultati del ring test per la misura di NO_2, O_3 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_2, O_3 e benzene mediante campionatori passivi. Il secondo (report) contiene i risultati ottenuti dalla realizzazione del ring test.

3) *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.

4) *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.

5) *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.

6) *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.

7) *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.

6 Conclusioni

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.

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.

Prospettive future

Attualmente le problematiche principali legate all'inquinamento atmosferico sono derivanti dagli elevati 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 composti organici volatili che rappresentano insieme agli ossidi di azoto i principali precursori dell'ozono. Infine, alla luce del recente recepimento della Direttiva 2004/107/CE nel Decreto Legislativo n. 152/2007 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 LCQ 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.
Per quanto concerne le campagne con i laboratori mobili, è già in corso di realizzazione 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 (estivo e invernale). 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 solo di recente. 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 monitoraggi dei fluoruri.
Per ultimo, ma non per importanza, sarebbe interessante approfondire il tema del 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

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 TerraItaly-it2000TM, © Copyright Compagnia Generale Ripreseaeree 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
www.arpa.veneto.it

ISBN 88-7504-118-0