

# La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino



*monitoraggio dell'aria effettuato mediante analisi dei licheni*

Casarini Patrizia  
Genoni Pietro  
Roella Valeria



**Parco Ticino**

*Lavoro eseguito dalle Sezioni di Biologia Ambientale - IV Unità Operativa Fisica e Tutela dell' Ambiente  
Presidi Multizonali di Igiene e Prevenzione di Varese, Parabiago (Mi) e Pavia  
Regione Lombardia - Aprile 1995*

# La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino

*monitoraggio mediante licheni*

Casarini Patrizia <sup>(1)</sup>

Genoni Pietro <sup>(2)</sup>

Roella Valeria <sup>(3)</sup>

Sezioni di Biologia Ambientale  
IV Unità Operativa Fisica e Tutela dell'Ambiente  
Presidi Multizonali di Igiene e Prevenzione  
Regione Lombardia

Aprile 1995

<sup>(1)</sup> P.M.I.P. di Pavia - Via Bixio 13 - Tel. 0382 432621

<sup>(2)</sup> P.M.I.P. di Parabiago (MI) - Via Spagliardi 19 - Tel. 0331 499368

<sup>(3)</sup> P.M.I.P. di Varese - Via Caretti 5 - Tel. 0332 313037

# Indice

|   |      |    |
|---|------|----|
| <i>Presentazione</i>  | Pag. | 5  |
| <b>1. Introduzione</b>  | Pag. | 7  |
| 1.1 Bioindicatori e biomonitoraggio                                   | Pag. | 7  |
| 1.2 Licheni come bioindicatori  | Pag. | 8  |
| 1.3 Licheni e salute  | Pag. | 9  |
| <b>2. Scopo dell'indagine</b>   | Pag. | 10 |
| <b>3. Area di studio</b>  | Pag. | 10 |
| 3.1 Clima   | Pag. | 10 |
| <b>4. Metodi d'indagine</b>   | Pag. | 14 |
| 4.1 Indice di Purezza Atmosferica (I.A.P.)                            | Pag. | 14 |
| 4.2 Stazioni di rilevamento   | Pag. | 14 |
| 4.3 Elaborazione cartografica dei dati:<br>carta di qualità dell'aria | Pag. | 20 |
| 4.4 Analisi statistica dei dati                                       | Pag. | 20 |
| 4.4.1 Classificazione   | Pag. | 20 |
| 4.4.2 Ordinamento   | Pag. | 20 |
| 4.5 Correlazione con l'SO <sub>2</sub> misurata                       | Pag. | 21 |
| <b>5. Risultati e commenti</b>  | Pag. | 22 |
| 5.1 Carta di qualità dell'aria  | Pag. | 22 |
| 5.2 Distribuzione delle specie  | Pag. | 25 |
| 5.3 Classificazione e ordinamento                                     | Pag. | 34 |
| 5.4 Correlazione tra I.A.P. e SO <sub>2</sub>                         | Pag. | 39 |
| <b>6. Conclusioni</b>   | Pag. | 40 |
| Bibliografia  | Pag. | 41 |

# Presentazione

Lo "Studio della qualità dell'aria nel Parco Lombardo della Valle del Ticino" che qui viene presentato, fa seguito agli altri due testi della "collana tecnico-scientifica" recentemente pubblicati dal Parco Ticino.

Il primo edito nel 1993, "Progetto Parco Pulito" ha riguardato uno studio di fattibilità per l'organizzazione di un servizio di raccolta differenziata di r.s.u., pericolosi e tossico-nocivi predisposto su un'area di 105 Comuni (750.000 abitanti) nelle Province di Varese, Milano, Pavia.

A ciò ha fatto seguito nel '95 il testo "Il Ticino: studi e proposte sull'assetto idrogeologico e sull'uso del territorio della valle fluviale - 1ª parte".

Seguiranno altri due testi, già in fase di redazione, il primo relativo alla seconda parte dello studio sull'assetto idrogeologico del Ticino e il secondo sulla qualità delle acque e sui fattori inquinanti che maggiormente mettono a rischio le stesse.

Con l'editazione di questo terzo volume si può dire pertanto consolidata quella "collana tecnico-scientifica" che da anni il Parco intendeva realizzare per rendere pubblica, se pur in numero ridotto di copie e in veste grafica modesta, la numerosa serie di studi e ricerche riguardanti la valle fluviale e i territori circostanti.

In questa collana si possono altresì annoverare i tre volumi (di cui due già pubblicati) relativi alla carta pedologica del Parco Ticino, anche se editati nella veste degli studi Ersal.

Siamo quindi di fronte a una serie di pubblicazioni che investono la ricerca sul suolo, sulle acque e sull'aria del Parco.

Un particolare ringraziamento va quindi ai tecnici dei P.M.I.P. di Pavia, Parabiago e Varese che hanno acconsentito affinché il loro lavoro, modestamente sostenuto dalle forze del Parco, venisse pubblicato e contribuisse pertanto a rendere coscienti, soprattutto tecnici e Amministratori che operano nel territorio del Parco Ticino, sui rischi derivanti da una qualità dell'aria che, complessivamente, non si può senz'altro definire buona.

Deve quindi preoccupare e far riflettere la conclusione a cui arriva questo testo: nella Valle del Ticino la qualità dell'aria è in generale compromessa e ciò soprattutto a causa dell'elevata industrializzazione ed urbanizzazione e dell'intenso traffico autoveicolare.

Questi sono gli elementi fondamentali di cui tener conto per affrontare ogni nuovo approccio pianificatore e di intervento sul territorio.

Non a caso le aree che presentano la peggiore qualità dell'aria si concentrano intorno all'Aeroporto di Malpensa e sull'asse Magenta-Vigevano.

Basterebbe questo a far raffreddare i sin troppo facili entusiasmi per progetti di nuove edificazioni, di nuove strade e infine di nuove

urbanizzazioni in aree in forte crisi ambientale e sottoposte a uno stress che potrebbe già oggi essere irreversibile.

L'auspicio che il Parco si pone nel presentare questo testo è che esso possa servire come stimolo ad un esame di coscienza delle varie componenti sociali facendo sì che per il futuro vengano fatte scelte che privilegino la qualità della vita nei suoi valori essenziali (l'aria che respiriamo, l'acqua che beviamo, il suolo che coltiviamo e che usiamo e di cui godiamo bellezze e armonia) mettendo invece nella giusta ottica, per forza secondaria ai primari valori sopra richiamati, i valori del denaro e del conseguente "sviluppo" egoista e dai toni esasperati a cui ci stiamo dissennatamente abituando.

*Il Direttore*

Dario Furlanetto

*Il Presidente*

Angelo Cordara

# 1. Introduzione

I termini "qualità dell'aria" ed "inquinamento dell'aria" non hanno lo stesso significato. La qualità dell'aria si riferisce infatti agli effetti degli inquinanti sugli esseri viventi ed anche sui substrati inorganici quali i monumenti, mentre l'inquinamento dell'aria è definito in termini di concentrazioni in atmosfera. È molto più difficile dare una valutazione di qualità dell'aria che non di inquinamento, dal momento che esistono scarse conoscenze degli effetti di numerose sostanze su organismi animali e vegetali. Inoltre il danno non dipende solo dai valori medi delle concentrazioni delle sostanze nocive, ma anche dai picchi e dalla durata dell'esposizione. Esistono poi effetti sinergici dei diversi inquinanti, effetti difficilmente prevedibili sulla base delle singole concentrazioni e sui quali le conoscenze sono piuttosto scarse. Infine molto è ancora da chiarire sul trasferimento degli inquinanti negli ecosistemi.

Anche la quantificazione dei livelli di inquinamento, requisito indispensabile per la definizione della qualità dell'aria, non si presenta però agevole. Essa si basa sulla concentrazione delle sostanze che, in una data area, superano i livelli di soglia stabiliti dalla legge, ma diverse motivazioni rendono difficoltosa una stima corretta dell'inquinamento. I principali motivi si possono così riassumere (Nimis, 1994):

- i livelli soglia, stabiliti per legge per i singoli inquinanti, sono espressi in termini di concentrazioni reali di tali sostanze nell'ambiente: questo richiede strategie di monitoraggio basate sulla misura strumentale dell'inquinamento stesso;
- le concentrazioni degli inquinanti nell'aria sono estremamente variabili nel tempo e nello spazio, in dipendenza di numerosi fattori, quali la direzione dei venti, l'orografia, il tipo di fonte inquinante. Per questo motivo la corretta mappatura dell'inquinamento di un territorio implica uno studio condotto su base statistica, incentrato su una rete di punti di misura a densità elevata e sull'analisi di dati riferiti a prolungati periodi di tempo;
- gli elevati costi della strumentazione per il monitoraggio diretto costituiscono un limite importantissimo al numero di misure effettuabili; per questo motivo, i dati delle reti di rilevamento strumentale spesso hanno uno scarso significato statistico, nonostante la precisione di ogni singola misura.

## 1.1 Bioindicatori e biomonitoraggio

L'uso di organismi viventi come bioindicatori può essere un importante e valido strumento per ottenere dati sia sull'inquinamento che sulla

qualità dell'aria: un tale approccio mostra sia gli effetti combinati di diversi inquinanti su esseri viventi, sia le concentrazioni medie di inquinanti su vaste aree.

I vantaggi del loro utilizzo stanno soprattutto nella capacità di alcuni organismi di fungere da "integratori" di dati e nei bassi costi della metodica.

Un organismo può essere considerato come buon bioindicatore se presenta reazioni identificabili a differenti concentrazioni di sostanze inquinanti. I principali sintomi evidenziabili sono generalmente modificazioni morfologiche, variazioni della vitalità (modificazioni fisiologiche) e danni genetici.

Un buon bioindicatore dovrebbe avere inoltre le seguenti caratteristiche:

- sensibilità nota a determinate sostanze inquinanti;
- ampia distribuzione nell'area di indagine;
- scarsa mobilità;
- lungo ciclo vitale;
- uniformità genetica.

Il monitoraggio dell'inquinamento mediante l'uso di organismi viventi prende il nome di biomonitoraggio. Esso si fonda sulle variazioni ecologiche indotte dall'inquinamento sull'ambiente; queste si manifestano in modo più o meno evidente a tre livelli diversi:

- 1) accumulo delle sostanze inquinanti negli organismi;
- 2) modificazioni morfologiche o strutturali degli organismi;
- 3) modificazioni nella composizione delle comunità animali e vegetali.

## *1.2 Licheni come bioindicatori*

I licheni, ed in particolare quelli epifiti, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'ambiente, in quanto il loro metabolismo dipende essenzialmente dall'atmosfera.

Le principali caratteristiche che fanno dei licheni degli ottimi strumenti per la stima dell'inquinamento atmosferico sono riassumibili in 5 punti (Nimis, 1994).

1) Elevata capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze prelevate dall'atmosfera: mancando di aperture stomatiche ed essendo sprovvisti di cuticola, i licheni attuano gli scambi gassosi attraverso tutta la loro superficie. Tale assorbimento si protrae ininterrottamente per molti anni.

2) Resistenza agli stress ambientali (idrico e termico): in condizioni di stress idrico i licheni rallentano le proprie attività metaboliche per cui aumenta la loro resistenza ai contaminanti atmosferici. Tuttavia l'aridità protratta nel tempo provoca il deterioramento di tali organismi. Inoltre, la resistenza a basse temperature permette un'attività continua, anche nel periodo invernale, quando i livelli di inquinamento atmosferico sono generalmente più elevati.

3) Impossibilità di liberarsi periodicamente delle parti vecchie o intossicate.

4) Lentò accrescimento o grande longevità del lichene: la notevole longevità permette di ottenere dai licheni una stima dell'inquinamento su tempi lunghi.

5) Sensibilità agli agenti inquinanti.

Numerosi studi hanno permesso di identificare i più evidenti tipi di risposta, da parte dei licheni, a situazioni di inquinamento:

a) riduzione della fotosintesi e della respirazione per danneggiamento della clorofilla.

Studi ecologici hanno dimostrato che l'anidride solforosa è il principale inquinante che interessa i licheni su larga scala, causando sia danni indiretti (riduzione della capacità tamponante e diminuzione del pH del substrato) che danni diretti (danneggiamento della clorofilla con riduzione dell'attività fotosintetica).

b) Riduzione della vitalità ed alterazione della forma e del colore del tallo. Avvicinandosi alle sorgenti inquinanti si assiste ad un progressivo peggioramento della condizione di salute del lichene, che si traduce nello scolorimento del tallo e nel distacco di questo dal substrato.

c) Riduzione della fertilità.

La fertilità dei licheni diminuisce in funzione del tempo di esposizione e dell'avvicinamento alla fonte inquinante.

d) Diminuzione della copertura delle specie e alterazione della comunità lichenica.

e) Riduzione del numero totale di specie nel tempo e nello spazio.

In tutti gli studi condotti finora si è notato che, passando dal centro cittadino alla periferia vi è un aumento del numero di specie di licheni, mentre si assiste ad una rarefazione nelle zone in cui aumenta l'inquinamento.

I licheni possono essere impiegati, per valutare la qualità dell'aria, oltre che come bioindicatori anche come bioaccumulatori. In questo caso si sfrutta la loro capacità di assorbire sostanze dall'atmosfera: si tratta di un approccio diretto basato sull'analisi delle concentrazioni delle sostanze nei talli lichenici.

### *1.3 Licheni e salute*

Recentemente è stato possibile dimostrare che la carta di qualità dell'aria ottenuta mediante biomonitoraggio con licheni nella Regione Veneto risulta quasi completamente sovrapponibile alla carta dell'incidenza del tumore ai polmoni ricavata da uno studio epidemiologico condotto dall'Istituto di Biometria e Statistica Medica dell'Università di Milano, in collaborazione con il Ministero della Sanità e la Regione Emilia - Romagna (Cislaghi, Conferenza Regionale sulla prevenzione dei tumori, Varese, 23-24 febbraio 1995).



## *2. Scopo dell'indagine*

In Regione Lombardia, presso i Presidi Multizonali di Igiene e Prevenzione di Varese, Parabiago (MI) e Pavia, sono state effettuate, e sono in corso di svolgimento, valutazioni di inquinamento atmosferico mediante l'uso di licheni epifiti.

Nell'ambito di una proposta di collaborazione fra i tre laboratori di Biologia Ambientale è apparso interessante effettuare il monitoraggio della qualità dell'aria in un territorio di competenza comune. A questo scopo è stato scelto il Parco Lombardo della Valle del Ticino, il quale si presenta come area a tutela ambientale, antropizzata (circa 5,5 abitanti/ha), industrializzata e con ampie zone a vocazione agricola.

Lo studio eseguito, individuando sul territorio le aree maggiormente "a rischio", risulta utile nel coadiuvare la programmazione di indagini mirate e la predisposizione di piani di risanamento.

L'indagine riveste anche interesse dal punto di vista naturalistico, dal momento che sono state censite le specie licheniche epifite (su tigli e querce) presenti nel territorio.

## *3. Area di studio*

Il Consorzio Lombardo del Parco della Valle del Ticino è un'associazione di enti locali che unisce tre Province e quarantasei Comuni, nei quali vive mezzo milione di persone, la cui distribuzione è apprezzabile in figura 1.

Dei 90640 ettari di superficie dell'area di studio, il 60% (54216, dato del censimento 1992) è destinato all'agricoltura (mais, riso, frumento, pioppi) ed il 18% (16000, dato del 1983) è occupato da boschi e zone arbustive, concentrati prevalentemente lungo l'asta fluviale.

### *3.1 Clima*

Nella maggior parte del suo territorio il Parco Lombardo della Valle del Ticino è caratterizzato da condizioni climatiche di tipo continentale; fa eccezione solo l'area più settentrionale della Provincia di Varese, con altitudini oscillanti tra i 200 ed i 300 m sul livello del mare.

Siamo quindi in presenza di inverni freddi e nebbiosi ed estati calde ed afose. Le stagioni intermedie, a causa della continentalità del clima, sono relativamente brevi e caratterizzate da spiccata variabilità.

La piovosità media annuale decresce da nord a sud, dove più frequente e più persistente risulta la nebbia, anche per il maggior spessore delle inversioni termiche, fenomeno questo che influenza negativamente la dispersione degli inquinanti.

Frequenti sono i periodi di calma strumentale di vento, conseguenti in primo luogo alla prevalenza e, a volte, persistenza di situazioni meteorologiche tipicamente anticicloniche, nonché dalla posizione topografica e dalla configurazione orografica del territorio, posto principalmente nella pianura centrale della vallata del Po, racchiusa a nord e ad ovest dalle Alpi ed a sud dall'Appennino Ligure.

Il rilevamento dell'inquinamento atmosferico e della direzione dei venti in Lombardia viene effettuato da una rete automatica gestita dalla Regione attraverso le Province ed i PMIP. I dati di questi ultimi anni, relativi alla direzione prevalente dei venti nell'area in esame, confermano i risultati dell'analisi storica tratta dalle osservazioni effettuate dall'Osservatorio di Brera nel trentennio dal 1901 al 1930. In figura 2 compaiono le rose dei venti in quota, in base ai dati forniti dalla centralina di Tavazzano (a 240 m dal suolo) nel corso del 1994 e dalla centralina di Turbigo (a 145 m) nel 1989. Non si sono presi in considerazione i molteplici dati relativi ai venti al suolo, dal momento che la grande variabilità della loro direzione in funzione di ostacoli naturali o di manufatti non li rende idonei a valutazioni di trasporto di inquinanti su ampia scala.

Per quanto riguarda la velocità dei venti, i valori medi orari più frequenti sono compresi tra 0,6 e 2,6 m/s. I venti forti, cioè con velocità media oraria superiore ai 10 m/s sono quasi trascurabili in questo quadro climatico e la maggior frequenza si ha per i venti da N-NO e per quelli da E.

# Abitanti (1991)

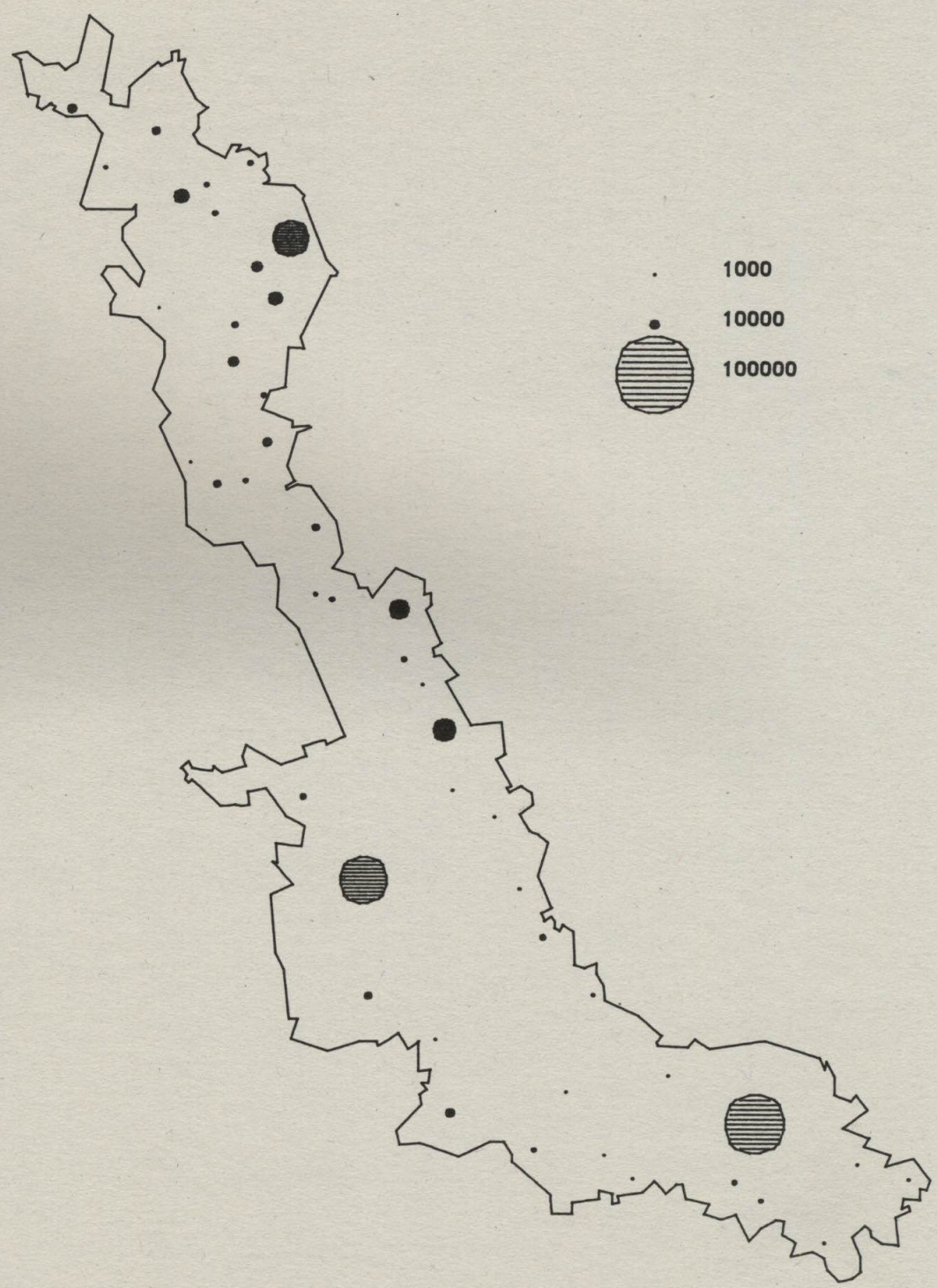
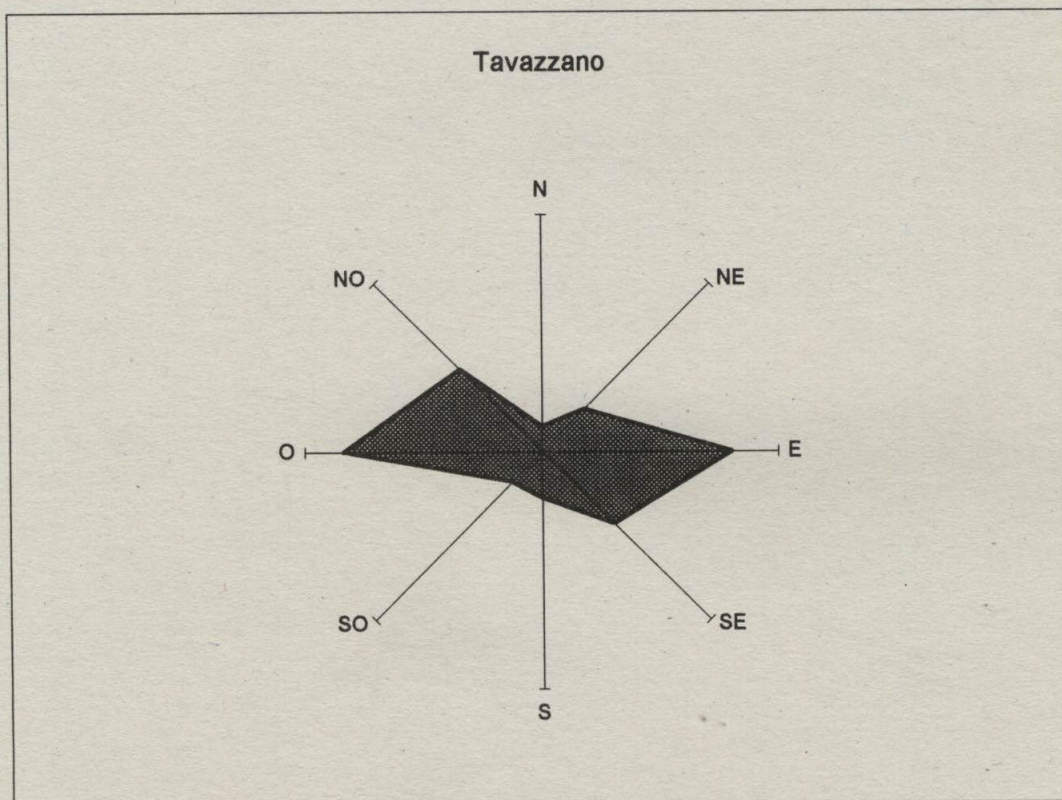
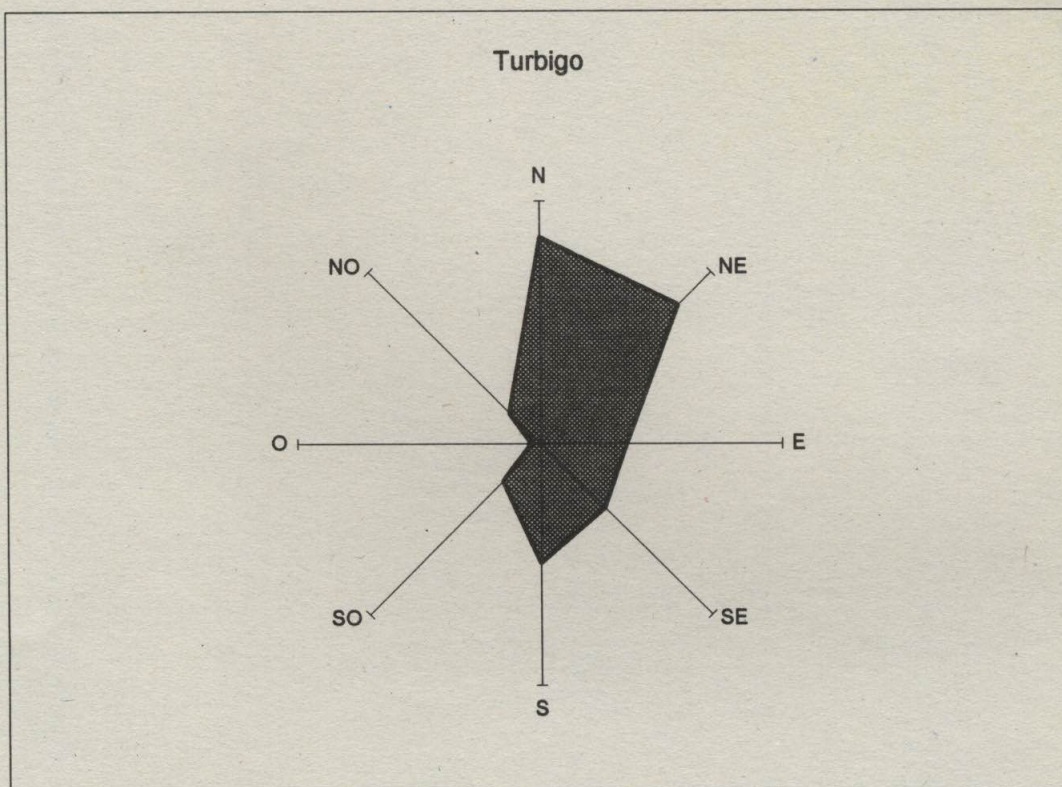


Figura 1. Distribuzione della popolazione residente nei comuni del Parco del Ticino in base al censimento del 1991.



**Figura 2.** Rose dei venti in quota relative al 1989 (Turbigo - 145 m) e al 1994 (Tavazzano - 240 m).

## 4. Metodi d'indagine

### 4.1 Indice di Purezza Atmosferica (I.A.P.)

Esistono diverse tecniche di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite i licheni. Nel nostro Paese si sta sempre più diffondendo l'utilizzo di un Indice di Purezza Atmosferica (I.A.P. - *Index of Atmospheric Purity*) proposto da De Sloover nel 1964, standardizzato da Autori svizzeri appartenenti ad una équipe diretta da Ammann (1986) ed applicato in Italia da Nimis e collaboratori (1991). Tale metodo si basa sulla presenza, varietà e frequenza di licheni epifiti: il rilevamento lichenico ha buone caratteristiche di oggettività e le elaborazioni cartografiche dei risultati permettono di evidenziare fasce di territorio con diversi gradi di inquinamento.

Di fondamentale importanza, per l'applicazione di questo indice, è la scelta degli alberi su cui effettuare i rilevamenti, dal momento che le caratteristiche fisico-chimiche della corteccia influenzano la vegetazione lichenica. La selezione degli alberi è subordinata poi al loro diametro (>70 cm), all'integrità ed inclinazione del tronco (<10%) ed alla loro distribuzione nell'area di studio. È preferibile lavorare su di una sola specie arborea, ma qualora non si riescano ad individuare stazioni di rilevamento con la specie prescelta, si possono effettuare rilievi su alberi con caratteristiche simili a livello di pH corticale.

La frequenza lichenica viene rilevata mediante una griglia fissa, composta di due serie parallele di 5 rettangoli di 15x10 cm, la quale viene applicata sul tronco degli alberi, ad un'altezza non inferiore ai 120 cm, avendo cura che la sua porzione centrale coincida con la parte che presenta la massima densità di licheni. Una stazione è costituita da 3-4 alberi, sui quali vengono eseguiti i singoli rilievi. Per ogni rilievo viene calcolata la sommatoria del numero di specie presenti in ciascuno dei 10 rettangoli; l'I.A.P. attribuito alla stazione sarà la media tra i valori di frequenza totale dei singoli rilievi:

$$\text{I.A.P.} = \Sigma F_i$$

### 4.2 Stazioni di rilevamento

La carta geografica dell'area di studio è stata suddivisa in quadrati di 4 km di lato, all'interno di ognuno dei quali è stata individuata almeno una stazione di rilevamento.

I rilievi sono stati effettuati su due tipi di alberi a pH corticale acido: tigli (pH medio 5,6), frequenti nei centri abitati, e querce (pH medio 4,5), diffuse nelle aree boschive e rinvenibili anche tra i coltivi. Attraverso una serie di sopralluoghi, svolti autonomamente o mediante l'ausilio del Servizio di Vigilanza del Parco, sono state individuate le alberature rappresentative di ogni singola stazione.

In tabella 1 compare l'elenco delle stazioni con le relative coordinate geografiche Gauss - Boaga, l'altezza sul livello del mare ed il tipo di albero prescelto.

In figura 3 è rappresentata la distribuzione geografica di tali stazioni, mentre in figura 4 vengono indicati i tipi di albero utilizzati nei rilievi.

**Tabella 1.** Elenco delle stazioni considerate nello studio (X e Y: coordinate geografiche Gauss-Boaga).

| Stazioni                                 | Provincia | m s.l.m. | Piante       | X       | Y       |
|--|-----------|----------|--------------|---------|---------|
| 1: Sesto Calende                         | VA        | 306      | querce       | 1470800 | 5065500 |
| 2: Vergiate                              | VA        | 265      | querce       | 1478230 | 5063150 |
| 3: Golasecca (loc. Casc.S.Giuseppe)      | VA        | 246      | querce       | 1473280 | 5059000 |
| 4: Somma Lombardo                        | VA        | 290      | tigli        | 1477590 | 5059550 |
| 5: Arsago Seprio                         | VA        | 290      | tigli        | 1480500 | 5055150 |
| 6: Somma Lombardo (loc.Maddalena)        | VA        | 213      | tigli-querce | 1475420 | 5056400 |
| 7: Somma Lombardo (vic.Malpensa)         | VA        | 240      | querce       | 1477620 | 5055350 |
| 8: Cardano al Campo                      | VA        | 244      | querce       | 1479350 | 5059420 |
| 9: Gallarate                             | VA        | 230      | tigli        | 1484550 | 5056570 |
| 10: Vizzola Ticino (fraz. Castelnovate)  | VA        | 165      | tigli        | 1475050 | 5051870 |
| 11: Vizzola Ticino                       | VA        | 220      | querce       | 1476250 | 5051600 |
| 12: Lonate Pozzolo                       | VA        | 205      | tigli-querce | 1480570 | 5049650 |
| 13: Ferno-Samarate                       | VA        | 214      | tigli-querce | 1482000 | 5052000 |
| 14: Samarate                             | VA        | 215      | querce       | 1484900 | 5050800 |
| 15: Tornavento (loc. Ponte di Oleggio)   | VA        | 159      | tigli        | 1477100 | 5048500 |
| 16: Lonate Pozzolo (loc. Turbigaccio)    | VA        | 150      | querce       | 1477450 | 5045630 |
| 17: Lonate Pozzolo (fraz.S.Antonino)     | VA        | 200      | tigli        | 1481300 | 5048070 |
| 18: Nosate (p.zza Chiesa)                | MI        | 177      | tigli        | 1478550 | 5044350 |
| 19: Turbigo (p.zza mercato)              | MI        | 147      | tigli        | 1479800 | 5041800 |
| 20: Castano Primo (via Grandi)           | MI        | 178      | tigli        | 1482650 | 5044650 |
| 21: Malvaglio (via Novara)               | MI        | 165      | tigli        | 1482350 | 5040850 |
| 22: Cuggiono (via Cimitero)              | MI        | 159      | tigli        | 1485250 | 5039250 |
| 23: Bernate Ticino (cimitero)            | MI        | 145      | tigli        | 1486100 | 5036450 |
| 24: Marcallo (cimitero)                  | MI        | 146      | tigli        | 1489500 | 5036400 |
| 25: Ponte Nuovo di Magenta (via Micca)   | MI        | 139      | tigli        | 1488750 | 5034150 |
| 26: Magenta (via Turati)                 | MI        | 140      | tigli        | 1491300 | 5035050 |
| 27: Cascina Affori (Boffalora s/T)       | MI        | 118      | tigli        | 1486300 | 5033250 |
| 28: Casterno (Robecco sul Naviglio)      | MI        | 125      | tigli        | 1489950 | 5030700 |
| 29: Albairate (Cascina Garavaglia)       | MI        | 128      | tigli        | 1494500 | 5031200 |
| 30: Villa Giulia (S. Giacomo di Cerano)  | PV        | 125      | querce       | 1481350 | 5026600 |
| 31: Cascina Cambiaga (Robecco s/N)       | MI        | 107      | tigli-querce | 1488950 | 5028800 |
| 32: Abbiategrosso (p.zza VV.F.)          | MI        | 120      | tigli        | 1493200 | 5027550 |
| 33: Vermezzo (via dei Tigli)             | MI        | 116      | tigli        | 1498250 | 5027100 |
| 34: Cassolnovo (v.le cimitero)           | PV        | 116      | tigli        | 1484600 | 5023050 |
| 35: Buccelletta                          | PV        | 107      | querce       | 1488000 | 5022000 |
| 36: Cascina Nuova Kluzer (Abbiategrosso) | MI        | 95       | querce       | 1490200 | 5024600 |
| 37: Ozzero (via Matteotti)               | MI        | 106      | tigli        | 1494050 | 5023600 |
| 38: Morimondo (dopo cimitero)            | MI        | 110      | tigli        | 1496500 | 5022450 |
| 39: Piccolini (via F. Magna)             | PV        | 109      | querce       | 1485750 | 5019100 |
| 40: Vigevano (p.zza V. Veneto)           | PV        | 116      | tigli        | 1489150 | 5018450 |
| 41: Cascina Braghettona                  | PV        | 84       | tigli        | 1492200 | 5019000 |
| 42: Cascina Chitola (bosco)              | PV        | 84       | querce       | 1493200 | 5017000 |
| 43: Cascina Lasso (Morimondo)            | MI        | 85       | querce       | 1494000 | 5020000 |
| 44: Besate (p.zza Chiesa)                | MI        | 99       | tigli        | 1497550 | 5017550 |
| 45: Cascina Castellana - Fogliano        | PV        | 105      | querce       | 1487600 | 5015000 |

Tabella 1. (continuazione)

| Stazioni                                       | Provincia | m s.l.m. | Piante | X       | Y       |
|--|-----------|----------|--------|---------|---------|
| 46: Cascina Pecorara                           | PV        | 105      | querce | 1489300 | 5016050 |
| 47: Bosco del Modrone                          | PV        | 78       | querce | 1495150 | 5015350 |
| 48: Motta Visconti (cimitero)                  | MI        | 100      | tigli  | 1499700 | 5014300 |
| 49: Cavo Busca (rive)                          | PV        | 109      | querce | 1484450 | 5012000 |
| 50: Strada Stradella - Belcreda                | PV        | 101      | querce | 1492000 | 5012200 |
| 51: Cascina Durazzina                          | PV        | 83       | querce | 1494100 | 5011500 |
| 52: Bosco Salvadorino                          | PV        | 73       | querce | 1497500 | 5012400 |
| 53: Bereguardo (via Castello)                  | PV        | 98       | tigli  | 1502100 | 5011650 |
| 54: Tromello (p.le Stazione)                   | PV        | 97       | tigli  | 1489900 | 5006550 |
| 55: Borgo S. Siro (v.le Cimitero)              | PV        | 98       | tigli  | 1493550 | 5008650 |
| 56: Parasacco (zona Cimitero)                  | PV        | 69       | querce | 1498150 | 5008450 |
| 57: Zerbolò (via XII Marzo)                    | PV        | 68       | tigli  | 1501350 | 5005850 |
| 58: Torre d'Isola (parco giochi)               | PV        | 84       | tigli  | 1506100 | 5007100 |
| 59: S. Genesio (strada cimitero)               | PV        | 87       | tigli  | 1514100 | 5009400 |
| 60: Cascina Stramiana                          | PV        | 94       | querce | 1491100 | 5004100 |
| 61: Garlasco (via del Mulino)                  | PV        | 94       | tigli  | 1494150 | 5004050 |
| 62: Cascina Reale                              | PV        | 92       | querce | 1492500 | 5002950 |
| 63: Gropello Cairoli (via Zanotti)             | PV        | 89       | tigli  | 1500000 | 5002400 |
| 64: Villanova d'Ardenghi (v.le Cimitero)       | PV        | 86       | tigli  | 1503800 | 5002050 |
| 65: Stanga Verde (loc. Canarazzo)              | PV        | 62       | tigli  | 1506000 | 5003800 |
| 66: Pavia (p.le Tevere)                        | PV        | 68       | tigli  | 1509600 | 5004550 |
| 67: Pavia (via Verdi)                          | PV        | 64       | tigli  | 1511200 | 5003350 |
| 68: Pavia (via Solferino)                      | PV        | 79       | tigli  | 1514400 | 5004100 |
| 69: S. Martino Sic. (p.co giochi - biblioteca) | PV        | 63       | tigli  | 1510450 | 5000350 |
| 70: Linarolo (strada per S. Leonardo)          | PV        | 76       | tigli  | 1520800 | 5000850 |
| 71: Campospinoso (via Quartiere Giardino)      | PV        | 66       | tigli  | 1520000 | 4993300 |



## Stazioni

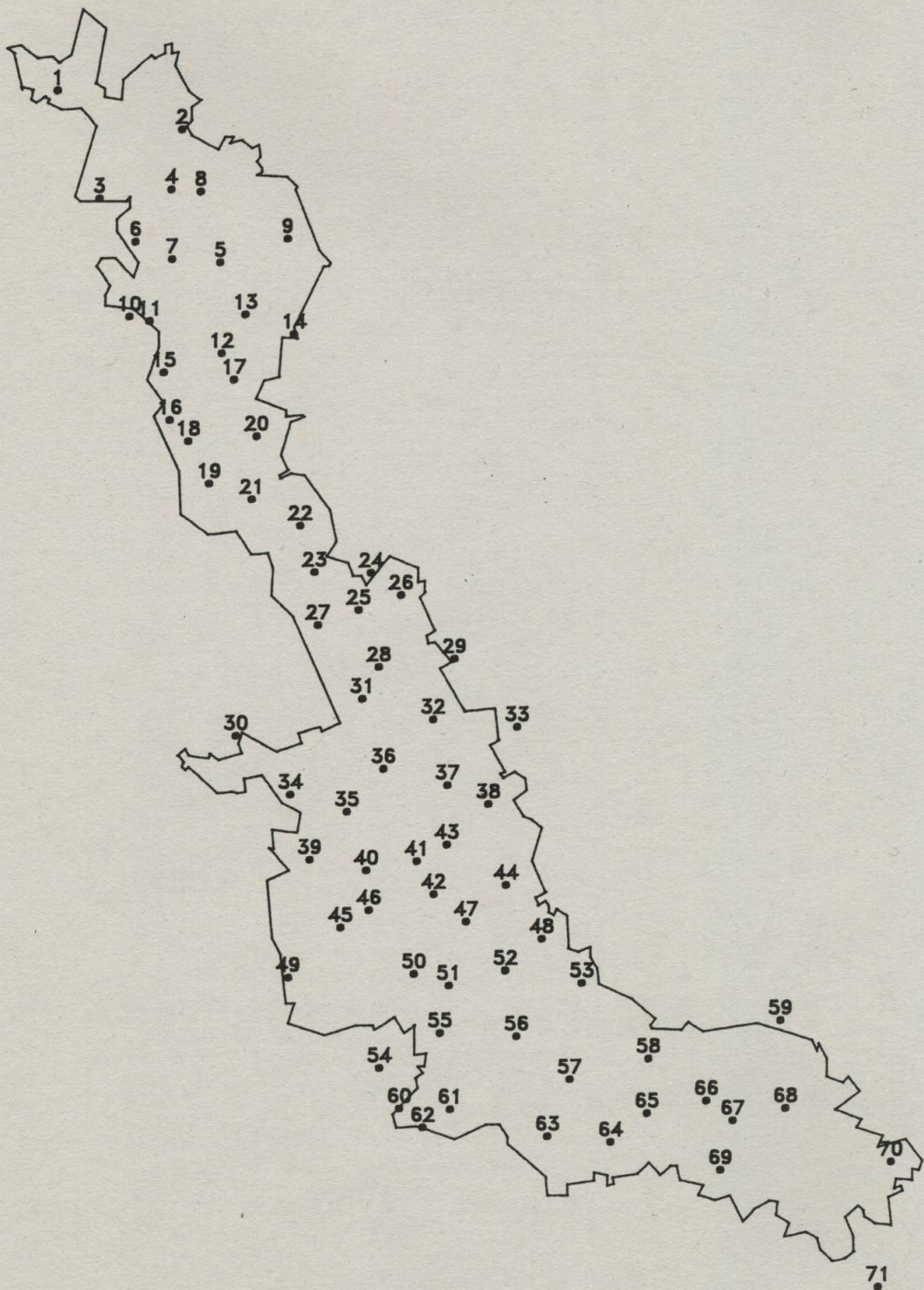


Figura 3. Distribuzione delle stazioni di rilevamento nell'area di studio.

## Alberi

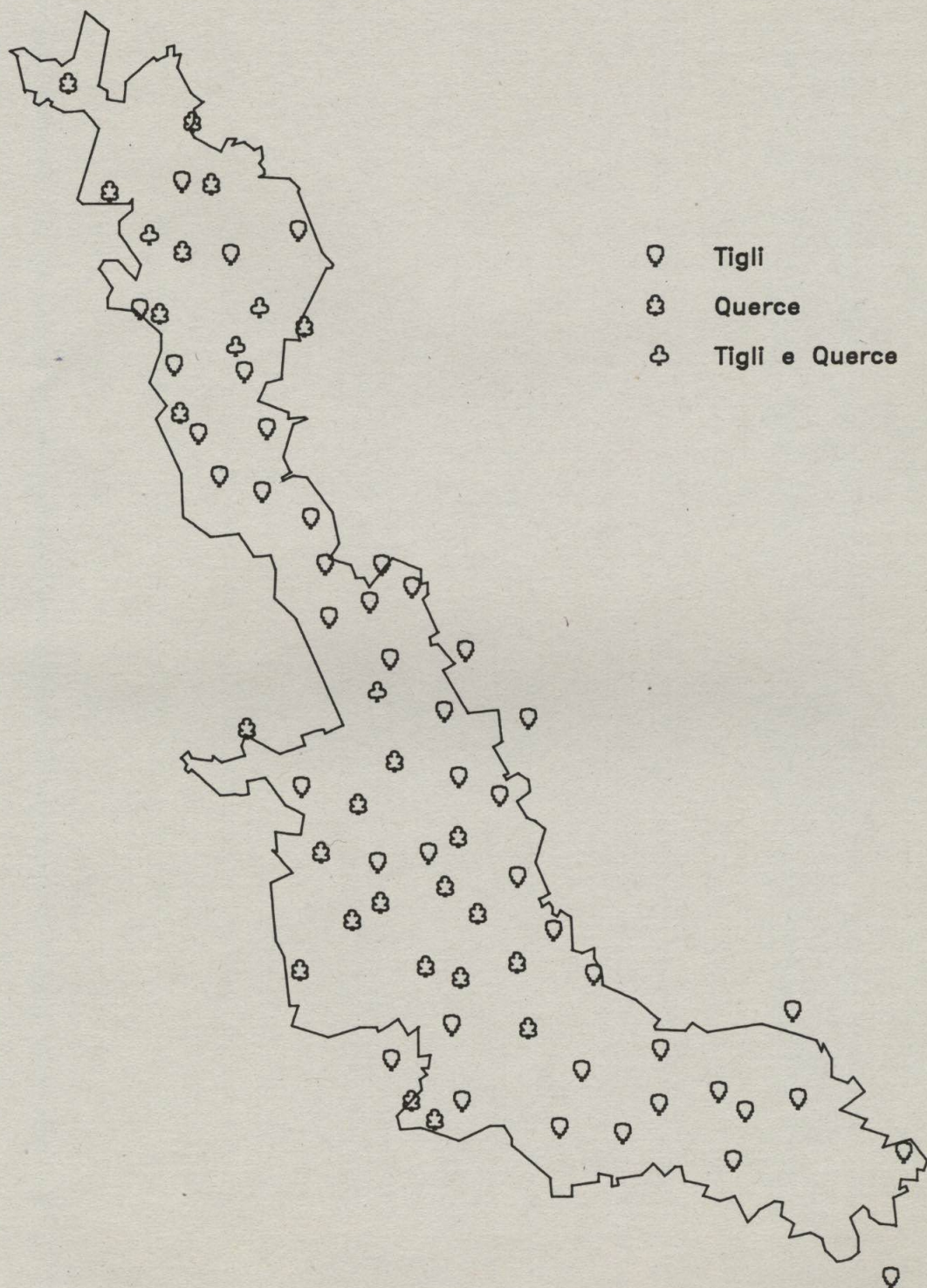


Figura 4. Alberi utilizzati nelle diverse stazioni di rilevamento.

### *4.3 Elaborazione cartografica dei dati: carta di qualità dell'aria*

I valori di I.A.P. misurati in ogni stazione sono stati utilizzati per ottenere una carta della qualità dell'aria del territorio considerato. L'elaborazione è stata condotta mediante il software SURFER versione 4.15 (1990), utilizzando, per effettuare l'interpolazione, il metodo Kriging. Ciascun valore interpolato è stato ottenuto prendendo in considerazione i 10 valori di I.A.P. più vicini.

### *4.4 Analisi statistica dei dati*

La matrice con le frequenze di ogni specie in ciascuna stazione è stata sottoposta a *classificazione* ed *ordinamento*, due tecniche di analisi statistica multivariata, che permettono di rilevare in modo oggettivo la struttura dei dati raccolti. Dalla matrice sono state tolte le specie presenti in un'unica stazione.

#### *4.4.1 Classificazione*

La classificazione assegna le stazioni di rilevamento a gruppi diversi (*clusters*), in base alla loro maggiore o minore somiglianza in composizione e frequenza di specie. La similarità (o meglio, la dissimilarità) tra le stazioni è stata misurata calcolando la distanza euclidea tra le stesse; successivamente, col metodo del legame completo, si è ottenuto un *cluster* gerarchico delle 58 stazioni che presentano I.A.P. diverso da zero, visualizzando così, mediante un dendrogramma, gruppi omogenei di stazioni.

#### *4.4.2 Ordinamento*

In natura tutte le specie tendono ad essere più abbondanti dove trovano le condizioni ecologiche migliori per la propria sopravvivenza, mentre scompaiono dove queste condizioni non sussistono. Di conseguenza la composizione delle comunità biologiche cambierà in funzione dei gradienti ambientali cui sono sottoposte. L'ordinamento permette di costruire un diagramma in cui le specie con esigenze ecologiche simili e le stazioni con analoghe comunità licheniche appaiono

più vicine mentre le entità dissimili appaiono distanti tra loro. Nel presente lavoro è stata utilizzata l'Analisi delle Componenti Principali (PCA, *Principal Components Analysis*), la quale assume una relazione lineare tra l'abbondanza delle specie ed i gradienti ambientali.

#### 4.5 Correlazione con l' $\text{SO}_2$ misurata

È stata comprovata da numerosi autori la relazione diretta tra aumento della concentrazione di inquinanti atmosferici e scomparsa di licheni.

Uno studio fitogeografico condotto in Inghilterra e nel Galles, pubblicato nel 1970, riporta una scala qualitativa di 10 zone corrispondenti ad altrettante comunità licheniche epifite in base alle quali può essere stimata la concentrazione di  $\text{SO}_2$  atmosferica.

Un'altra ricerca, condotta nella città di Biel-Bienne (Svizzera) e pubblicata nel 1986, dimostra che la scomparsa dei licheni epifiti può essere attribuita all'effetto contemporaneo di più inquinanti atmosferici (8 nello studio citato).

In Italia uno studio del 1990 condotto nella città di La Spezia riporta la correlazione tra I.A.P. e concentrazione di  $\text{SO}_2$  misurata da centraline automatiche.

Nel presente lavoro, per verificare la relazione tra il livello di inquinamento e l'I.A.P., sono stati considerati i dati della concentrazione di  $\text{SO}_2$  misurata da 8 centraline automatiche presenti sul territorio (Gallarate, Busto Arsizio, Castano Primo, Turbigo, Robecchetto con Induno, Cuggiono, Vigevano e Pavia). È stato calcolato il coefficiente di correlazione lineare tra il 98° percentile dei valori di  $\text{SO}_2$  misurati nel periodo gennaio 1992 - marzo 1994 ed i valori di I.A.P. interpolati in corrispondenza delle centraline.

## 5. Risultati e commenti

### 5.1 Carta di qualità dell'aria

I valori di I.A.P. possono essere raggruppati così da ottenere fasce di qualità corrispondenti a livelli di inquinamento crescenti. L'intervallo di queste fasce viene definito in base ai valori massimi di I.A.P. rilevati nell'area di indagine considerata. Ad esempio i valori massimi di I.A.P. sono risultati superiori a 70 nella Regione Veneto, a 58 nella Provincia di Potenza e a 30 nella città di La Spezia.

Nel presente studio, in base alla distribuzione di frequenza dei valori di I.A.P. ottenuti, che variano tra 0 e 21,5 sono state individuate 5 zone. A ciascuna zona corrisponde un giudizio di qualità dell'aria ed un colore utilizzato per la rappresentazione cartografica.

La carta ottenuta è presentata a pag. 47.

*Zona A* (rosso), qualità dell'aria: pessima. Comprende le aree con valori di I.A.P. variabili fra 0 (deserto lichenico) e 2. Copre circa l'11% dell'intero territorio.

In provincia di Varese rientrano in questa zona Gallarate, Samarate, Ferno e Vizzola Ticino, centri ad elevata industrializzazione, con intenso traffico autoveicolare e situati in prossimità dell'aeroporto civile di Malpensa. Anche Cassolnovo e Vigevano, inserite in questa zona, sono tra le aree più industrializzate della Provincia di Pavia. Per quanto riguarda la provincia di Milano, è compresa in questa zona la città di Magenta.

*Zona B* (arancio), qualità dell'aria: scadente. Comprende le aree con valori di I.A.P. variabili fra 3 e 6. Copre circa il 19% dell'intero territorio.

In provincia di Milano vi ricadono Vanzaghello, Castano Primo, Robecco sul Naviglio, Cassinetta di Lugagnano e Abbiategrasso. Nelle province di Varese e Pavia questa zona rappresenta una transizione verso le fasce descritte più avanti.

*Zona C* (giallo), qualità dell'aria: mediocre. Comprende le aree con valori di I.A.P. variabili fra 7 e 10. Copre circa il 32% dell'intero territorio.

In provincia di Varese interessa una fascia "a ferro di cavallo" che circonda la *Zona D* intorno a Somma Lombardo e Vergiate. In provincia di Milano rientrano in questa zona Nosate, Turbigo, Robecchetto con Induno, Cuggiono, Bernate Ticino, Boffalora Ticino e Motta Visconti. In provincia di Pavia vi ricadono Pavia e Gambolò.

*Zona D* (verde), qualità dell'aria: media. Comprende le aree con valori di I.A.P. variabili fra 11 e 14. Copre circa il 32% dell'intero territorio. Vi ricadono quasi tutti i centri abitati situati a S-SE della linea che congiunge i comuni di Ozzero e di Borgo S. Siro. Vergiate e Somma Lombardo vi rientrano in provincia di Varese.

*Zona E* (azzurro), qualità dell'aria: discreta. Comprende le aree con valori di I.A.P. maggiori di 14. Copre circa il 6% dell'intero territorio. Riguarda principalmente Bereguardo e Zerbolò in provincia di Pavia, oltre a due piccole aree poste lungo il confine orientale del Parco. Interessa inoltre una limitata area in provincia di Varese in corrispondenza di una stazione (Somma Lombardo), lontana da arterie stradali ad elevato traffico e da insediamenti produttivi.

I valori di I.A.P. calcolati in ogni stazione sono riportati in tabella 2. Essi risultano piuttosto bassi se confrontati con quelli ottenuti in analoghi studi svolti nell'Italia del Nord, evidenziando una generale compromissione della qualità dell'aria nel territorio considerato. Per questo motivo si è ritenuto di non attribuire alla zona E (colore azzurro) il giudizio di "buona qualità dell'aria".

I risultati mostrano una divisione territoriale abbastanza netta, definita da una linea che congiunge i comuni di Ozzero e di Borgo S. Siro. A N-NO di questa linea la qualità dell'aria risulta maggiormente compromessa, mentre a S-SE si mantiene, tranne in alcune aree, come quella della città di Pavia, in condizioni di minore degrado (fascia media - discreta). Zone con discreta qualità dell'aria sono inoltre evidenziabili a N, in corrispondenza degli abitati di Somma Lombardo e Arsago Seprio.

Le aree più compromesse sono risultate quelle ad elevata industrializzazione e ad intenso traffico autoveicolare, ossia la fascia tra Vizzola Ticino e Gallarate e la zona di Cassolnovo e Vigevano.

Le zone che presentano migliore qualità dell'aria sono risultate quelle di Bereguardo e Zerbolò, che comprendono aree boschive ed aree dedicate all'agricoltura biodinamica.

**Tabella 2.** Valori di I.A.P. calcolati in ciascuna stazione.

| Stazioni                                | I.A.P. | Stazioni                                       | I.A.P. |
|---|--------|--|--------|
| 1: Sesto Calende                        | 10,6   | 37: Ozzero (via Matteotti)                     | 14,3   |
| 2: Vergiate                             | 10     | 38: Morimondo (dopo cimitero)                  | 12,3   |
| 3: Golasecca (loc. Casc.S.Giuseppe)     | 3,3    | 39: Piccolini (via F. Magna)                   | 1,5    |
| 4: Somma Lombardo                       | 19     | 40: Vigevano (p.zza V. Veneto)                 | 0      |
| 5: Arsago Seprio                        | 18,6   | 41: Cascina Braghettona                        | 2      |
| 6: Somma Lombardo (loc.Maddalena)       | 3      | 42: Cascina Chitola (bosco)                    | 8,7    |
| 7: Somma Lombardo (vic.Malpensa)        | 0      | 43: Cascina Lasso (Morimondo)                  | 8      |
| 8: Cardano al Campo                     | 7,3    | 44: Besate (p.zza Chiesa)                      | 13     |
| 9: Gallarate                            | 0      | 45: Cascina Castellana - Fogliano              | 1,2    |
| 10: Vizzola Ticino (fraz. Castelnovate) | 0      | 46: Cascina Pecorara                           | 8      |
| 11: Vizzola Ticino                      | 0      | 47: Bosco del Modrone                          | 14,5   |
| 12: Lonate Pozzolo                      | 0      | 48: Motta Visconti (cimitero)                  | 5      |
| 13: Ferno-Samarate                      | 0      | 49: Cavo Busca (rive)                          | 8,7    |
| 14: Samarate                            | 0      | 50: Strada Stradella - Belcreda                | 6      |
| 15: Tornavento (loc. Ponte di Oleggio)  | 7,3    | 51: Cascina Durazzina                          | 0      |
| 16: Lonate Pozzolo (loc. Turbigaccio)   | 3,3    | 52: Bosco Salvadorino                          | 20     |
| 17: Lonate Pozzolo (fraz.S.Antonino)    | 9,6    | 53: Bereguardo (via Castello)                  | 19     |
| 18: Nosate (p.zza Chiesa)               | 8      | 54: Tromello (p.le Stazione)                   | 10,2   |
| 19: Turbigo (p.zza mercato)             | 7,3    | 55: Borgo S. Siro (v.le Cimitero)              | 16,7   |
| 20: Castano Primo (via Grandi)          | 4,3    | 56: Parasacco (zona Cimitero)                  | 5,7    |
| 21: Malvaglio (via Novara)              | 8      | 57: Zerbolò (via XII Marzo)                    | 21,5   |
| 22: Cuggiono (via Cimitero)             | 7,3    | 58: Torre d'Isola (parco giochi)               | 10,5   |
| 23: Bernate Ticino (cimitero)           | 6,7    | 59: S. Genesio (strada cimitero)               | 19,2   |
| 24: Marcallo (cimitero)                 | 18,7   | 60: Cascina Stramiana                          | 6      |
| 25: Ponte Nuovo di Magenta (via Micca)  | 8,8    | 61: Garlasco (via del Mulino)                  | 13,2   |
| 26: Magenta (via Turati)                | 0      | 62: Cascina Reale                              | 9,3    |
| 27: Cascina Affori (Boffalora s/T)      | 8      | 63: Gropello Cairoli (via Zanotti)             | 11     |
| 28: Casterno (Robecco sul Naviglio)     | 11     | 64: Villanova d'Ardenghi (v.le Cimitero)       | 10,5   |
| 29: Albairate (Cascina Garavaglia)      | 4,8    | 65: Stanga Verde (loc. Canarazzo)              | 12     |
| 30: Villa Giulia (S. Giacomo di Cerano) | 3,3    | 66: Pavia (p.le Tevere)                        | 6,5    |
| 31: Cascina Cambiaga (Robecco s/N)      | 8      | 67: Pavia (via Verdi)                          | 7      |
| 32: Abbiategrasso (p.zza VV.F.)         | 2      | 68: Pavia (via Solferino)                      | 9,7    |
| 33: Vermezzo (via dei Tigli)            | 20     | 69: S. Martino Sic. (p.co giochi - biblioteca) | 12     |
| 34: Cassolnovo (v.le cimitero)          | 0      | 70: Linarolo (strada per S. Leonardo)          | 11,5   |
| 35: Buccelletta                         | 0      | 71: Campospinoso (via Quartiere Giardino)      | 13,2   |
| 36: Cascina Nuova Kluzer (Abbategrasso) | 4      |  |        |

## *5.2 Distribuzione delle specie*

La tabella 3 riporta la frequenza di rinvenimento delle specie licheniche nelle stazioni e nei singoli rilievi effettuati.

La distribuzione sul territorio di alcune fra le specie più frequenti viene presentata nelle figure che seguono (5-11). Nel paragrafo successivo vengono esposti, anche alla luce dei risultati dell'analisi multivariata, alcuni commenti sul significato ecologico delle comunità licheniche riscontrate.



**Tabella 3.** Frequenza di rinvenimento delle specie nelle stazioni e nei singoli rilievi e relative percentuali.

| Specie                     | N. stazioni | %    |
|----------------------------|-------------|------|
| Physcia tenella            | 49          | 69,0 |
| Physconia grisea           | 28          | 39,4 |
| Parmelia sulcata           | 26          | 36,6 |
| Hypogymnia physodes        | 12          | 16,9 |
| Physcia adscendens         | 12          | 16,9 |
| Buellia punctata           | 11          | 15,5 |
| Phaeophyscia orbicularis   | 8           | 11,3 |
| Evernia prunastri          | 7           | 9,9  |
| Physcia biziana            | 7           | 9,9  |
| Candelariella xanthostigma | 5           | 7,0  |
| Parmelia caperata          | 5           | 7,0  |
| Physcia dubia              | 5           | 7,0  |
| Candelaria concolor        | 4           | 5,6  |
| Lecanora hagenii           | 4           | 5,6  |
| Parmelia glabratula        | 4           | 5,6  |
| Physcia sp.                | 4           | 5,6  |
| Pseudevernia furfuracea    | 4           | 5,6  |
| Hyperphyscia adglutinata   | 3           | 4,2  |
| Lecanora chlorotera        | 3           | 4,2  |
| Phaeophyscia poelti        | 3           | 4,2  |
| Physconia distorta         | 3           | 4,2  |
| Physconia sp.              | 3           | 4,2  |
| Candelariella reflexa      | 2           | 2,8  |
| Cladonia caespiticia       | 2           | 2,8  |
| Cladonia parasitica        | 2           | 2,8  |
| Cladonia sp.               | 2           | 2,8  |
| Usnea sp.                  | 2           | 2,8  |
| Lecanora symmicta          | 2           | 2,8  |
| Lecidella elaeochroma      | 2           | 2,8  |
| Leprocaulon microscopicum  | 2           | 2,8  |
| Parmelia acetabulum        | 2           | 2,8  |
| Parmelia elegantula        | 2           | 2,8  |
| Parmelia exasperata        | 2           | 2,8  |
| Parmelia sp.               | 2           | 2,8  |
| Parmelia subaurifera       | 2           | 2,8  |
| Parmelia subrudecta        | 2           | 2,8  |
| Phaeophyscia sp.           | 2           | 2,8  |
| Physcia stellaris          | 2           | 2,8  |
| Physconia venusta          | 2           | 2,8  |
| Xanthoria fallax           | 2           | 2,8  |
| Xanthoria parietina        | 2           | 2,8  |
| Arthonia punctiformis      | 1           | 1,4  |
| Cladonia coniocraea        | 1           | 1,4  |
| Cladonia fimbriata         | 1           | 1,4  |
| Opegrapha varia            | 1           | 1,4  |
| Parmelia quercina          | 1           | 1,4  |
| Parmelia tiliacea          | 1           | 1,4  |
| Physcia vitii              | 1           | 1,4  |
| Ramalina fastigiata        | 1           | 1,4  |
| Crostoso non identificato  | 1           | 1,4  |

| Specie                     | N. rilievi | %    |
|----------------------------|------------|------|
| Physcia tenella            | 135        | 53,6 |
| Physconia grisea           | 63         | 25,0 |
| Parmelia sulcata           | 57         | 22,6 |
| Buellia punctata           | 22         | 8,7  |
| Hypogymnia physodes        | 21         | 8,3  |
| Physcia adscendens         | 18         | 7,1  |
| Phaeophyscia orbicularis   | 12         | 4,8  |
| Physcia biziana            | 11         | 4,4  |
| Candelariella xanthostigma | 10         | 4,0  |
| Evernia prunastri          | 9          | 3,6  |
| Cladonia sp.               | 8          | 3,2  |
| Lecanora hagenii           | 6          | 2,4  |
| Physcia dubia              | 6          | 2,4  |
| Pseudevernia furfuracea    | 6          | 2,4  |
| Candelaria concolor        | 5          | 2,0  |
| Cladonia caespiticia       | 5          | 2,0  |
| Hyperphyscia adglutinata   | 5          | 2,0  |
| Lecidella elaeochroma      | 5          | 2,0  |
| Parmelia caperata          | 5          | 2,0  |
| Physcia sp.                | 5          | 2,0  |
| Physconia distorta         | 5          | 2,0  |
| Candelariella reflexa      | 4          | 1,6  |
| Cladonia parasitica        | 4          | 1,6  |
| Lecanora chlorotera        | 4          | 1,6  |
| Parmelia glabratula        | 4          | 1,6  |
| Parmelia subaurifera       | 4          | 1,6  |
| Physconia sp.              | 4          | 1,6  |
| Leprocaulon microscopicum  | 3          | 1,2  |
| Parmelia acetabulum        | 3          | 1,2  |
| Parmelia elegantula        | 3          | 1,2  |
| Parmelia subrudecta        | 3          | 1,2  |
| Phaeophyscia poelti        | 3          | 1,2  |
| Phaeophyscia sp.           | 3          | 1,2  |
| Physcia stellaris          | 3          | 1,2  |
| Physconia venusta          | 3          | 1,2  |
| Arthonia punctiformis      | 2          | 0,8  |
| Cladonia fimbriata         | 2          | 0,8  |
| Usnea sp.                  | 2          | 0,8  |
| Lecanora symmicta          | 2          | 0,8  |
| Parmelia exasperata        | 2          | 0,8  |
| Parmelia sp.               | 2          | 0,8  |
| Physcia vitii              | 2          | 0,8  |
| Xanthoria fallax           | 2          | 0,8  |
| Xanthoria parietina        | 2          | 0,8  |
| Cladonia coniocraea        | 1          | 0,4  |
| Opegrapha varia            | 1          | 0,4  |
| Parmelia quercina          | 1          | 0,4  |
| Parmelia tiliacea          | 1          | 0,4  |
| Ramalina fastigiata        | 1          | 0,4  |
| Crostoso non identificato  | 1          | 0,4  |

*Physcia tenella*

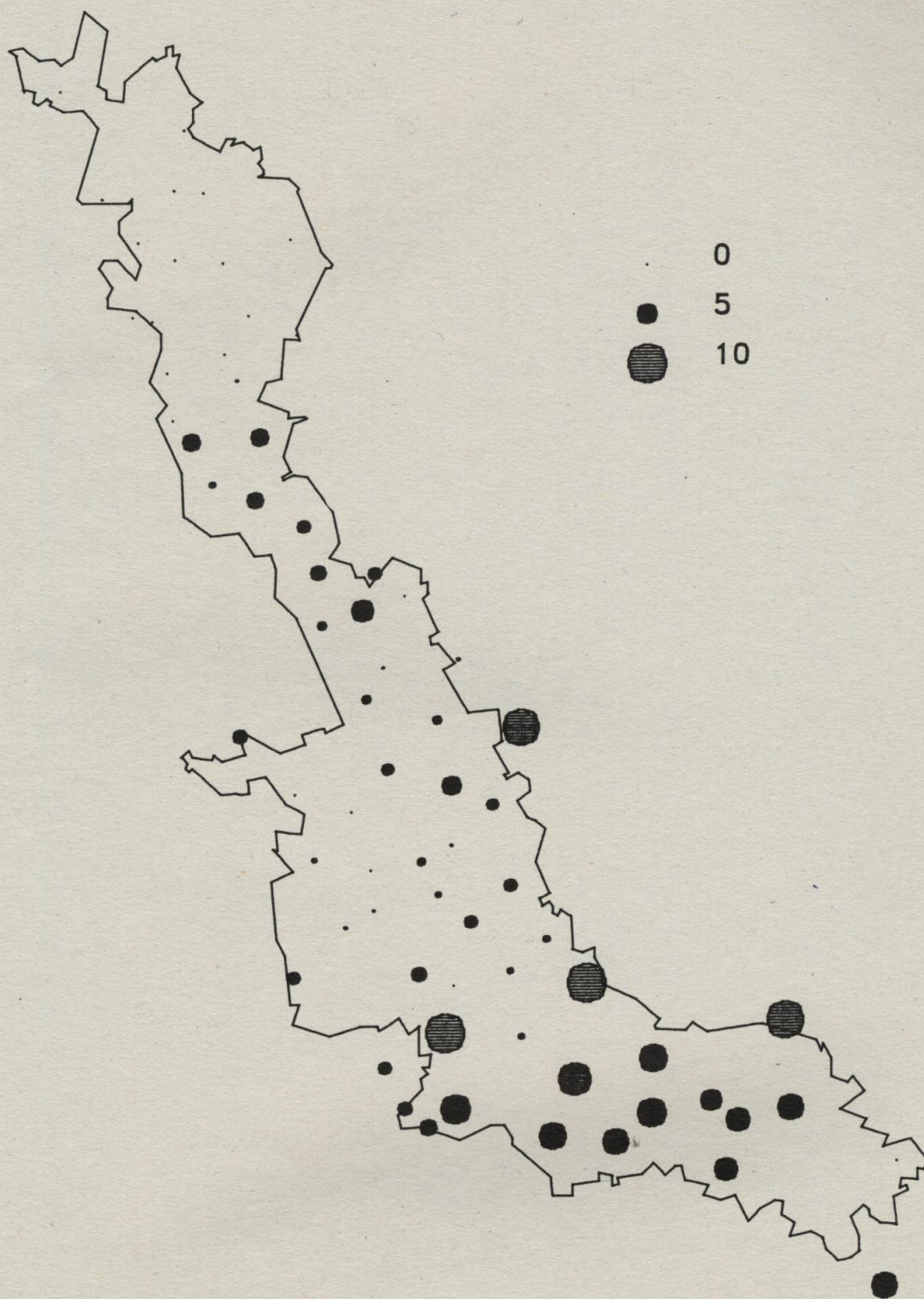


Figura 5. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Physcia tenella*.

*Physconia grisea*

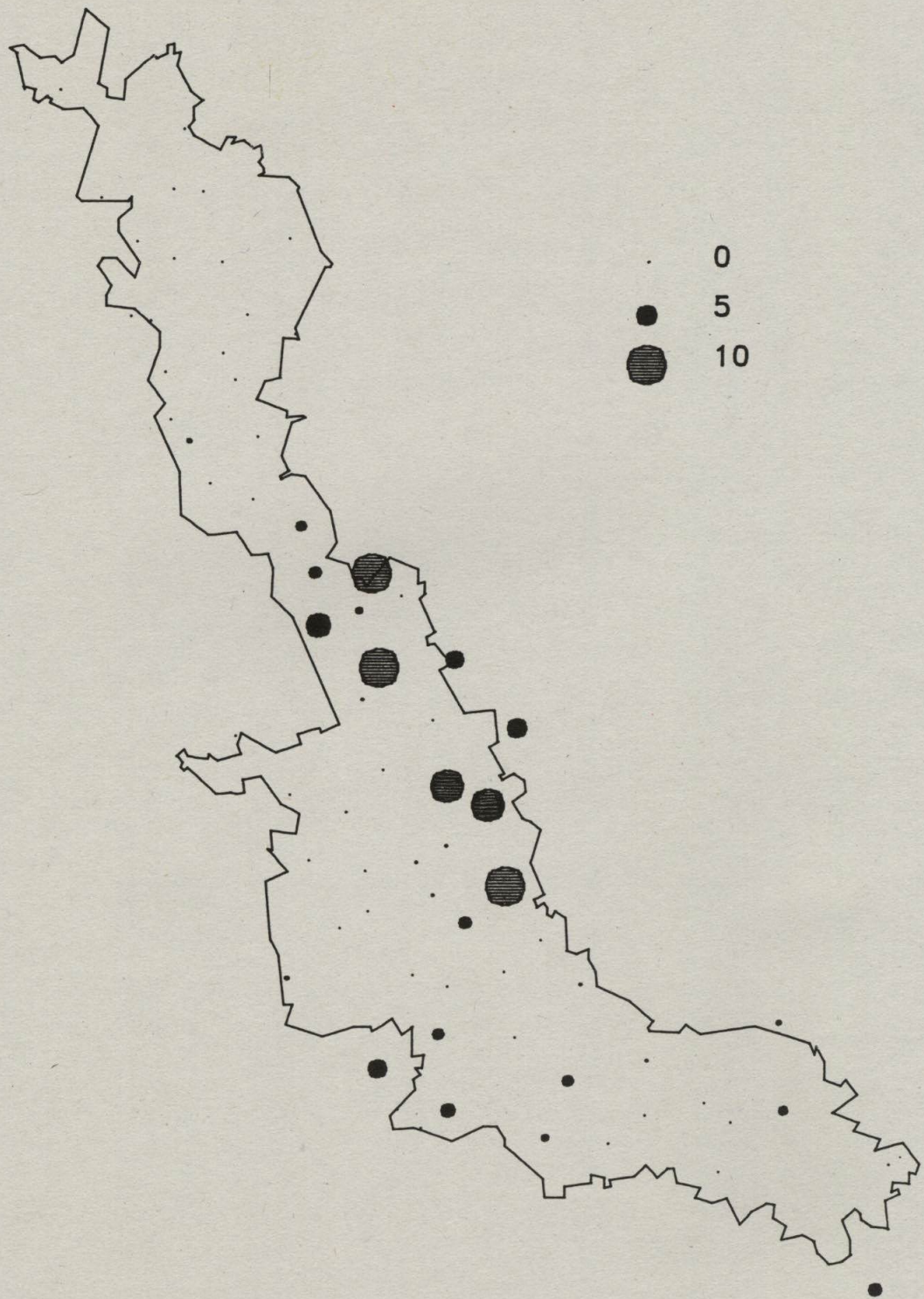


Figura 6. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Physconia grisea*.

*Parmelia sulcata*

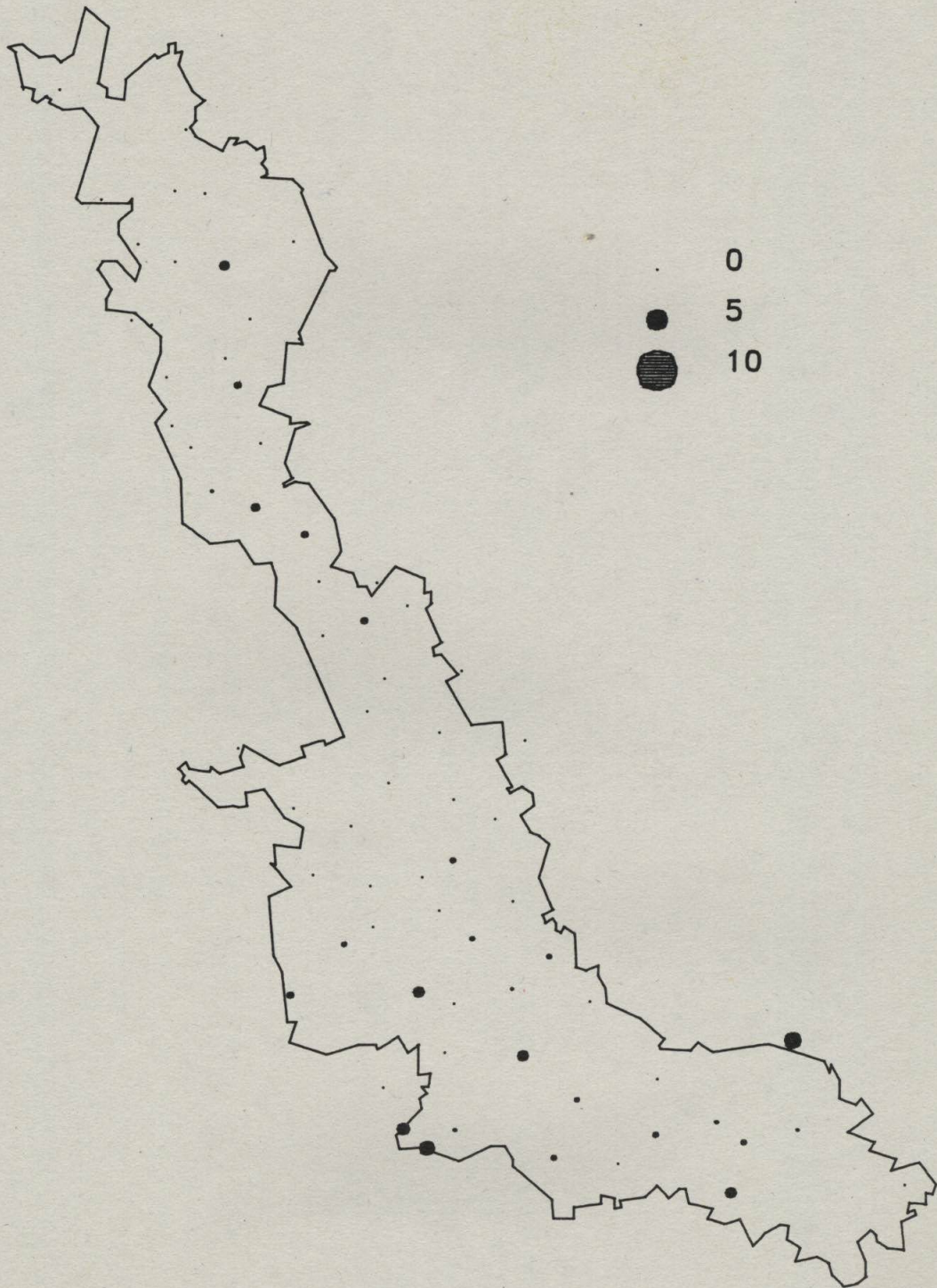


Figura 7. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Parmelia sulcata*.

Hypogymnia physodes

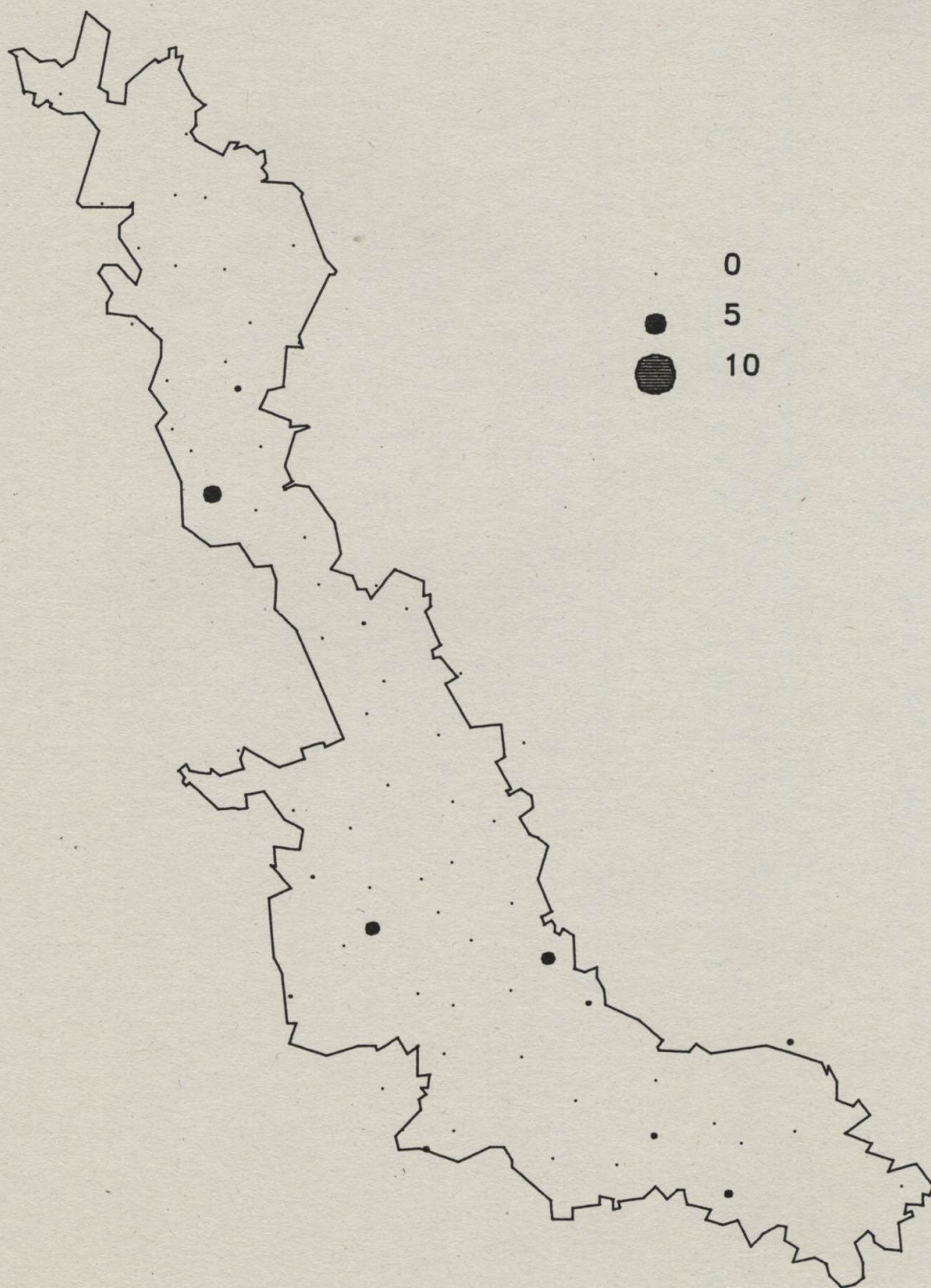


Figura 8. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Hypogymnia physodes*.

*Physcia adscendens*

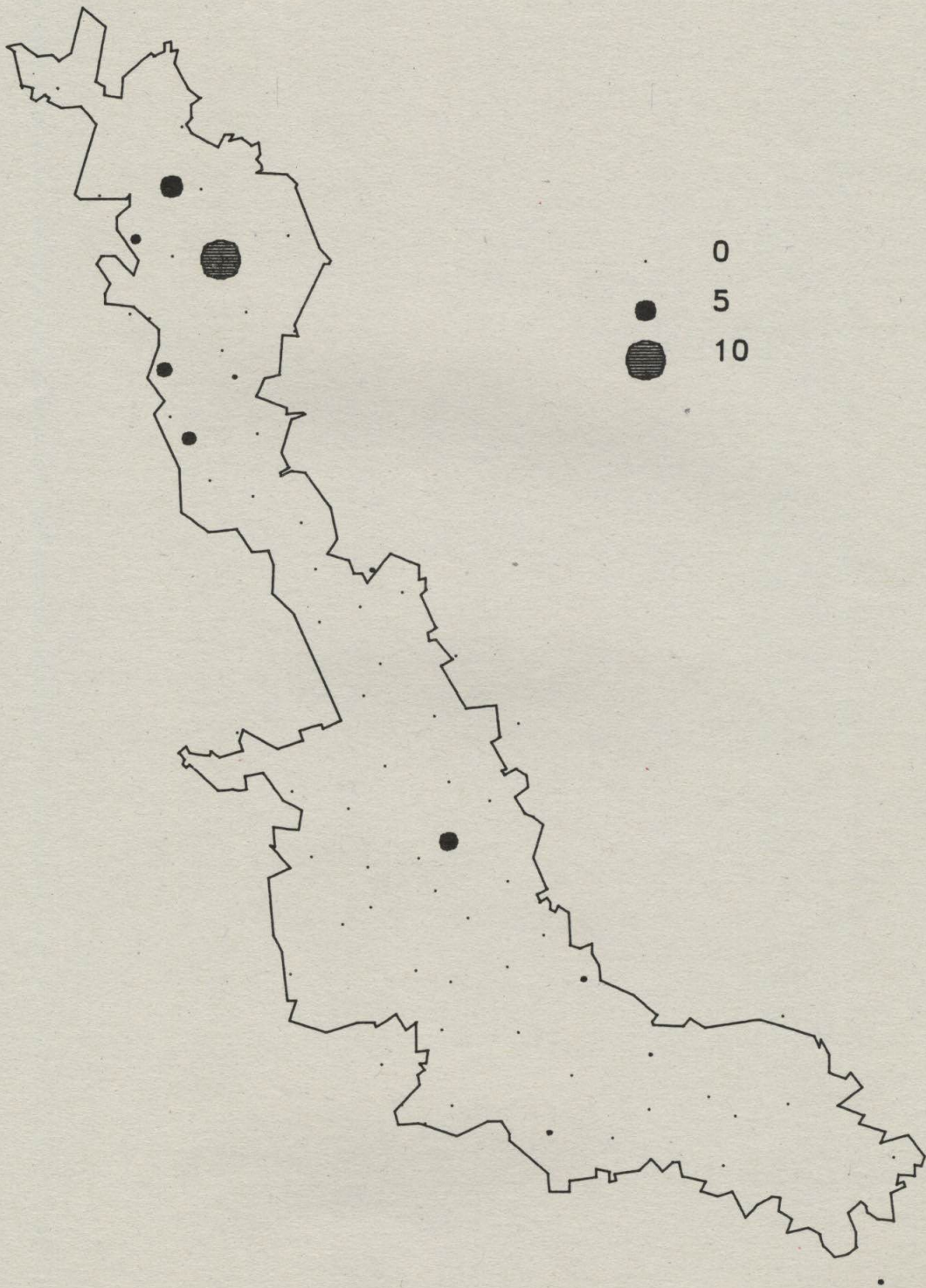


Figura 9. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Physcia adscendens*.

*Buellia punctata*

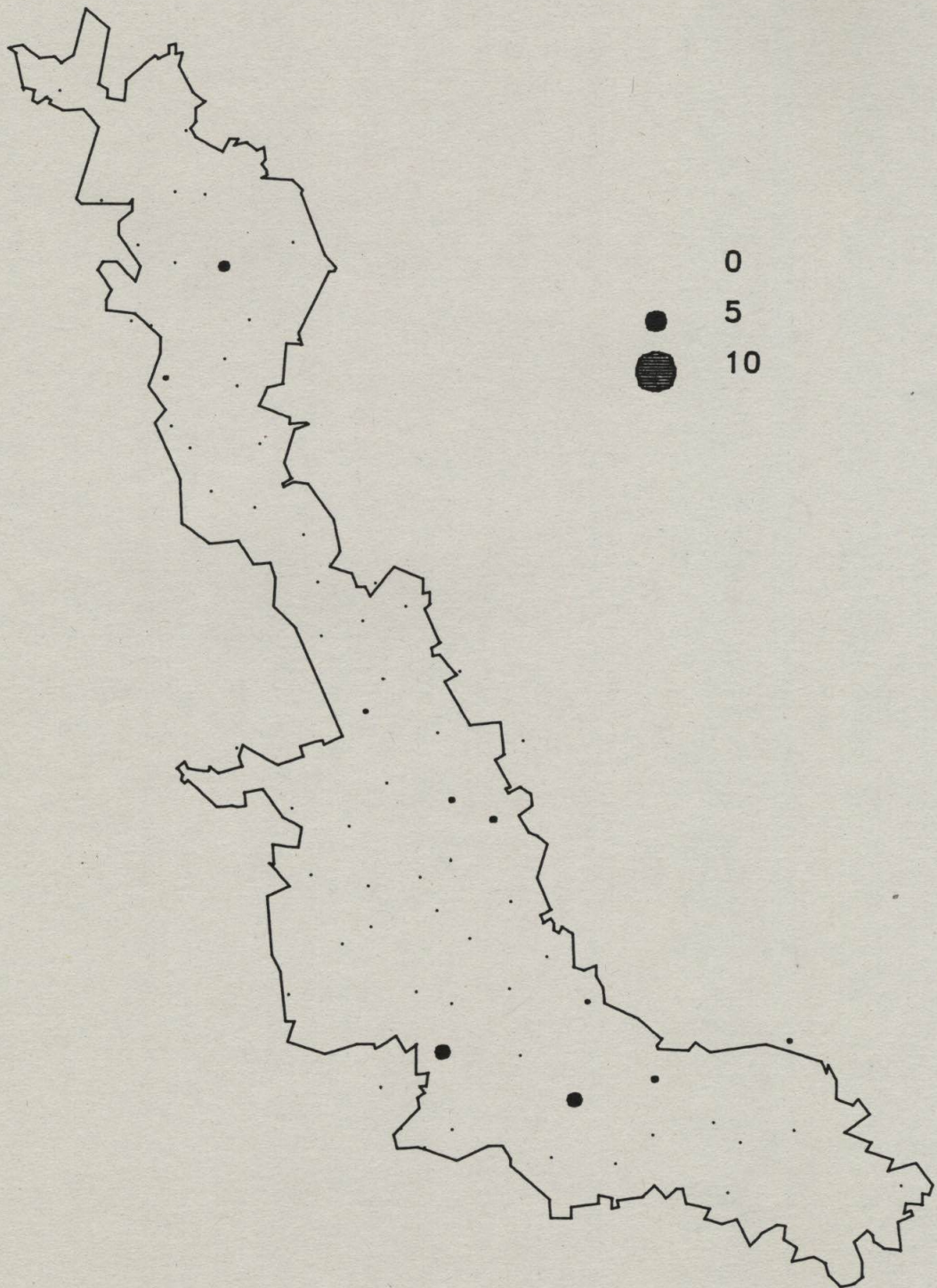


Figura 10. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Buellia punctata*.

*Candelariella xanthostigma*

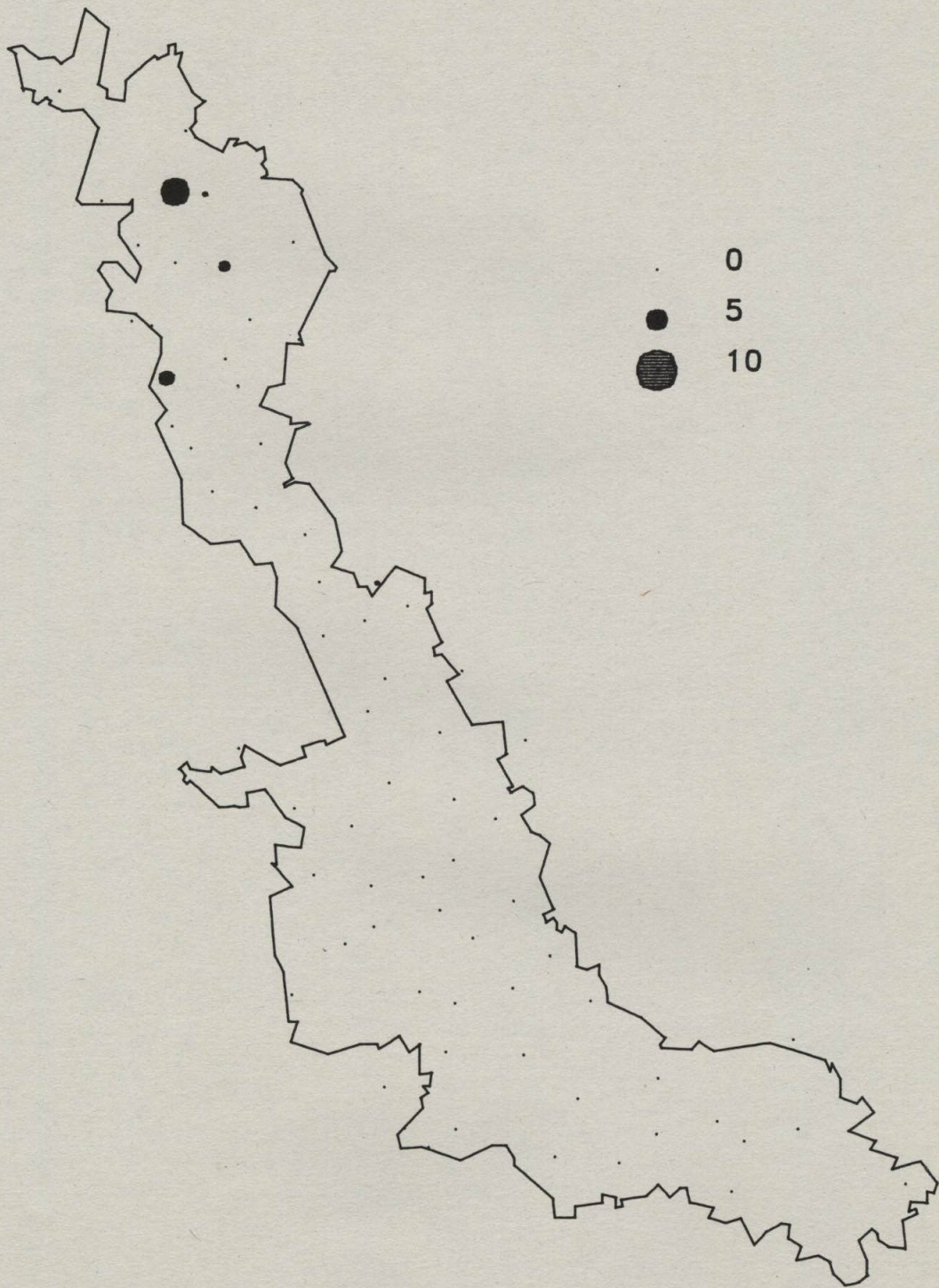


Figura 11. Distribuzione nell'area di studio e frequenza media nel reticolo di rilevamento di *Candelariella xanthostigma*.



### 5.3 Classificazione e ordinamento

Il dendrogramma ottenuto tramite la classificazione dei dati permette di distinguere 4 principali sottogruppi di stazioni, indicati con le lettere A (33 stazioni), B (2 stazioni), C (8 stazioni) e D (15 stazioni). Il risultato è mostrato in figura 12.

Ciascuno di questi sottogruppi è stato quindi rappresentato con un simbolo diverso nel diagramma di ordinamento (figura 13). I 4 sottogruppi risultano chiaramente distinti nello spazio formato dai primi due assi di ordinamento calcolati dalla PCA, i quali insieme spiegano il 50,8% della varianza totale dei dati.

Il confronto tra il diagramma di ordinamento delle stazioni e quello delle specie permette di interpretare le differenze tra le comunità licheniche in termini di composizione in specie. In figura 14 ciascuna specie viene rappresentata da una freccia rivolta nella direzione della massima variazione di abbondanza della specie stessa. Le specie lontane dall'origine degli assi (rappresentate da una freccia lunga) sono le più importanti nell'indicare le differenze tra stazioni, mentre le specie vicino al centro sono, sotto questo aspetto, di minore importanza.

Il sottogruppo A è caratterizzato dalla presenza di numerose specie, tra le quali si distinguono *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia caperata* e *Cladonia* spp., mentre nel sottogruppo B, costituito dalle stazioni 4 e 5, domina *Physcia adscendens* accompagnata da *Candelariella xanthostigma*.

I sottogruppi C e D sono invece distinti per la dominanza di, rispettivamente, *Physconia grisea* e *Physcia tenella* (*Buellia punctata* in subordine). I generi *Physcia* e *Physconia*, che sono tra i più frequenti nell'area di studio, insieme a *Buellia*, caratterizzano, tra gli altri, l'alleanza *Xanthorion parietinae* (ordine *Physcetalia adscendentis*), uno dei tipi di vegetazione lichenica più diffusi a livello mondiale. Essa comprende comunità di scorze eutrofizzate, da sub-acide a basiche, esposte alla luce solare diretta e con condizioni di aridità relativamente elevata. La diffusione di *Xanthorion* è favorita dalle attività agricole, le quali creano habitat adatti al suo sviluppo (alberi isolati e apporto di nitrati derivanti dalle concimazioni).

Accanto agli elementi tipici di *Xanthorion*, che meglio si esprime nei sottogruppi di rilievi C e D, si inseriscono specie proprie di altri raggruppamenti lichenici (sottogruppo di rilievi A). *Hypogymnia physodes* e *Parmelia sulcata* sono infatti specie acidofitiche e relativamente poco nitrofitiche, inquadrabili, insieme ad *Evernia prunastri* e *Pseudevernia furfuracea*, presenti sporadicamente nel sottogruppo A, nell'ordine

*Hypogymnetalia physodo-tubulosae*. La penetrazione di queste specie all'interno di *Xanthorion*, soprattutto in ambito urbano, è favorita dall'acidificazione delle scorze da parte degli agenti inquinanti (specie l' $\text{SO}_2$ ), dallo scarso apporto di nitrati e da una sufficiente umidità atmosferica.

Infine il genere *Cladonia*, presente in pochi rilievi del sottogruppo A, caratterizza ambienti ombreggiati ed umidi e predilige, di solito, la base dei tronchi.

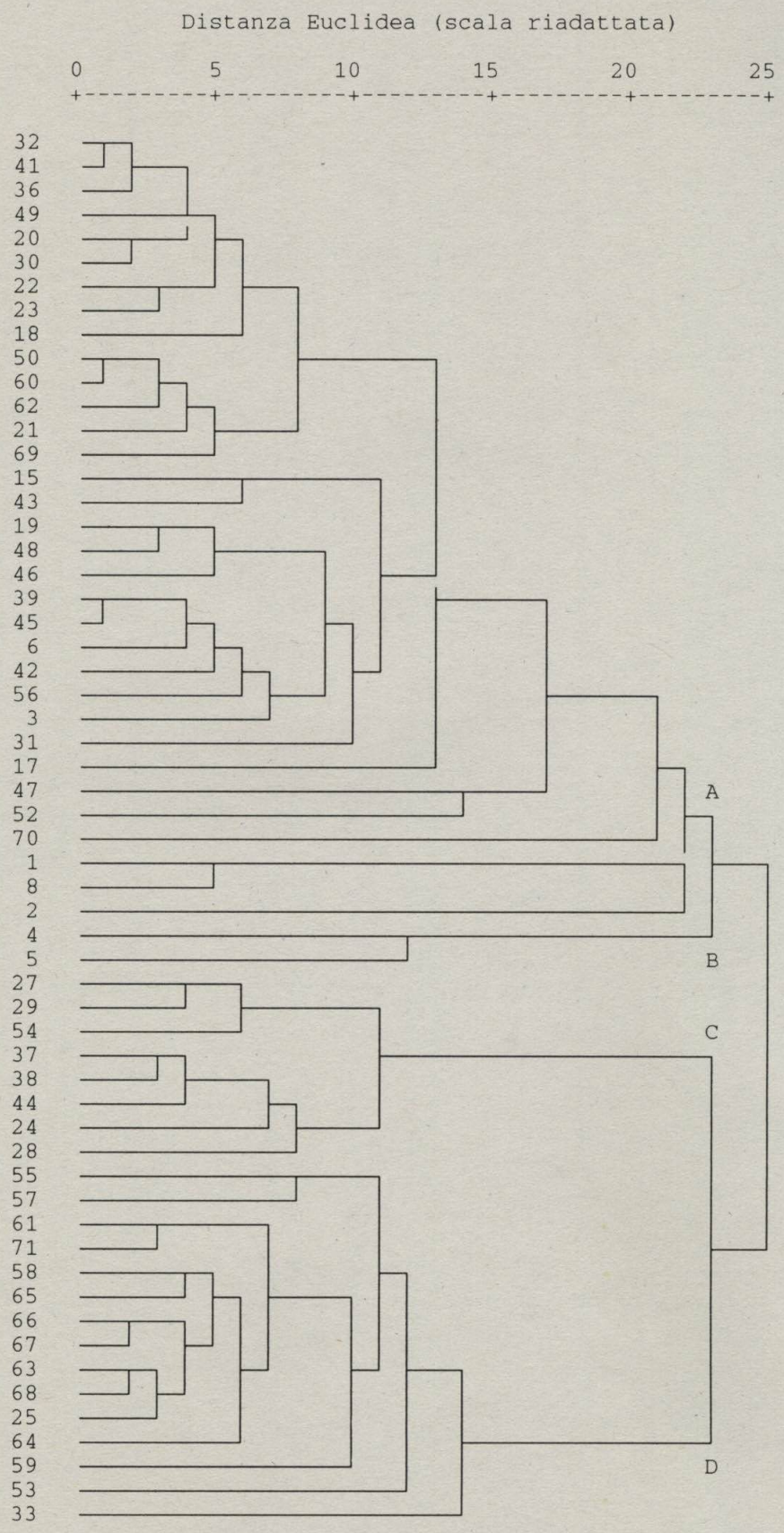


Figura 12. Dendrogramma ottenuto tramite la classificazione delle stazioni di rilievo.

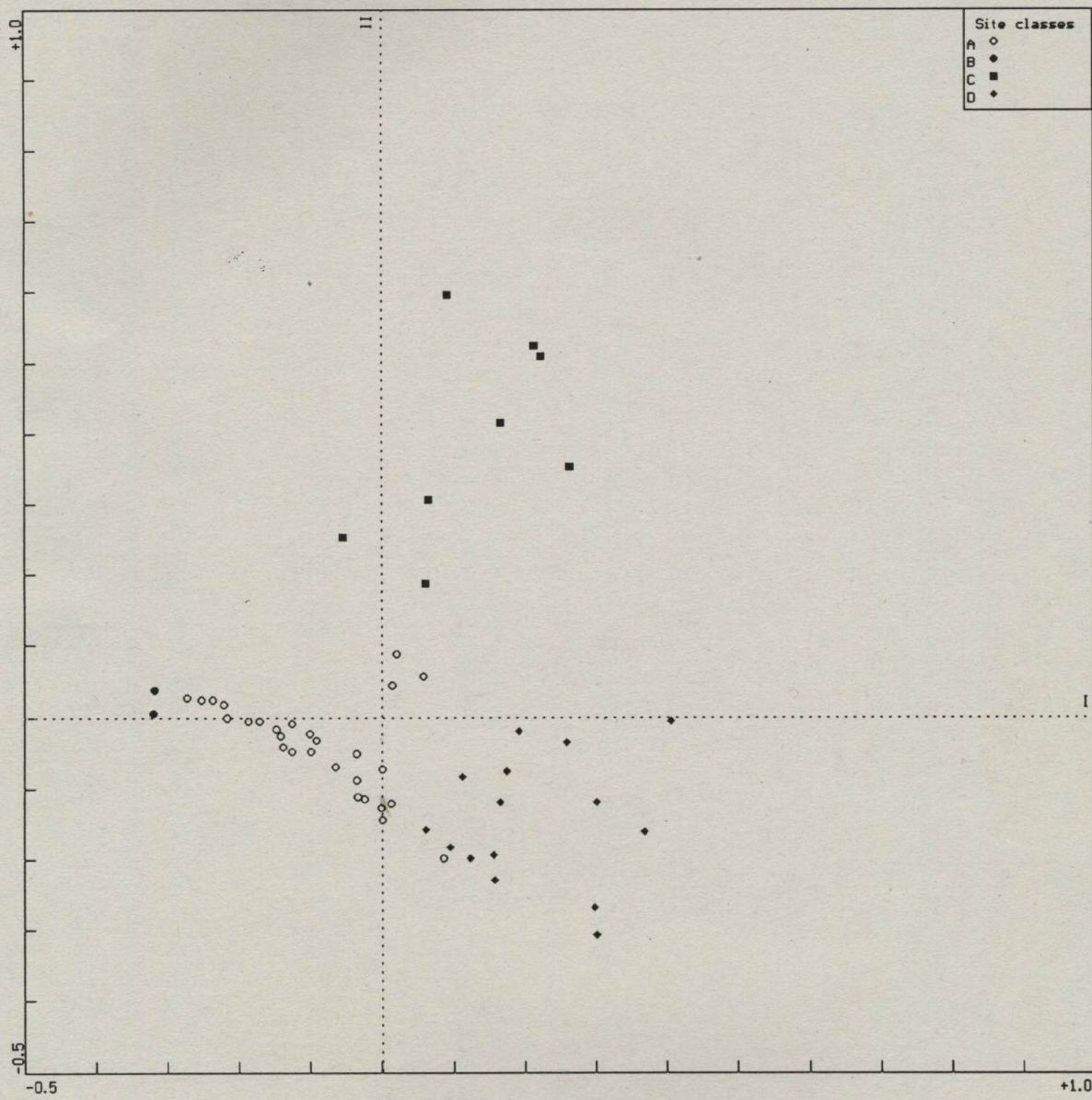
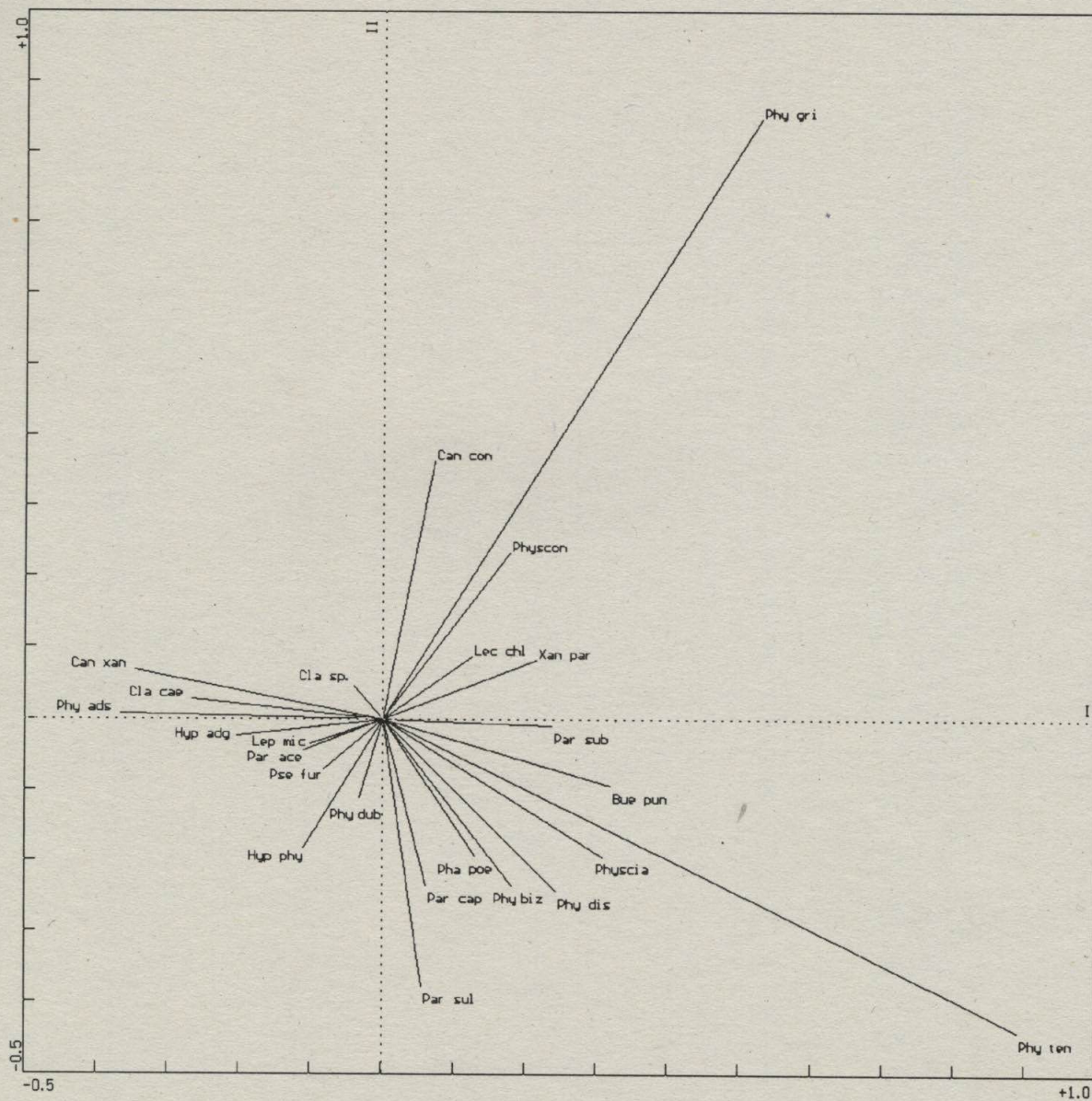


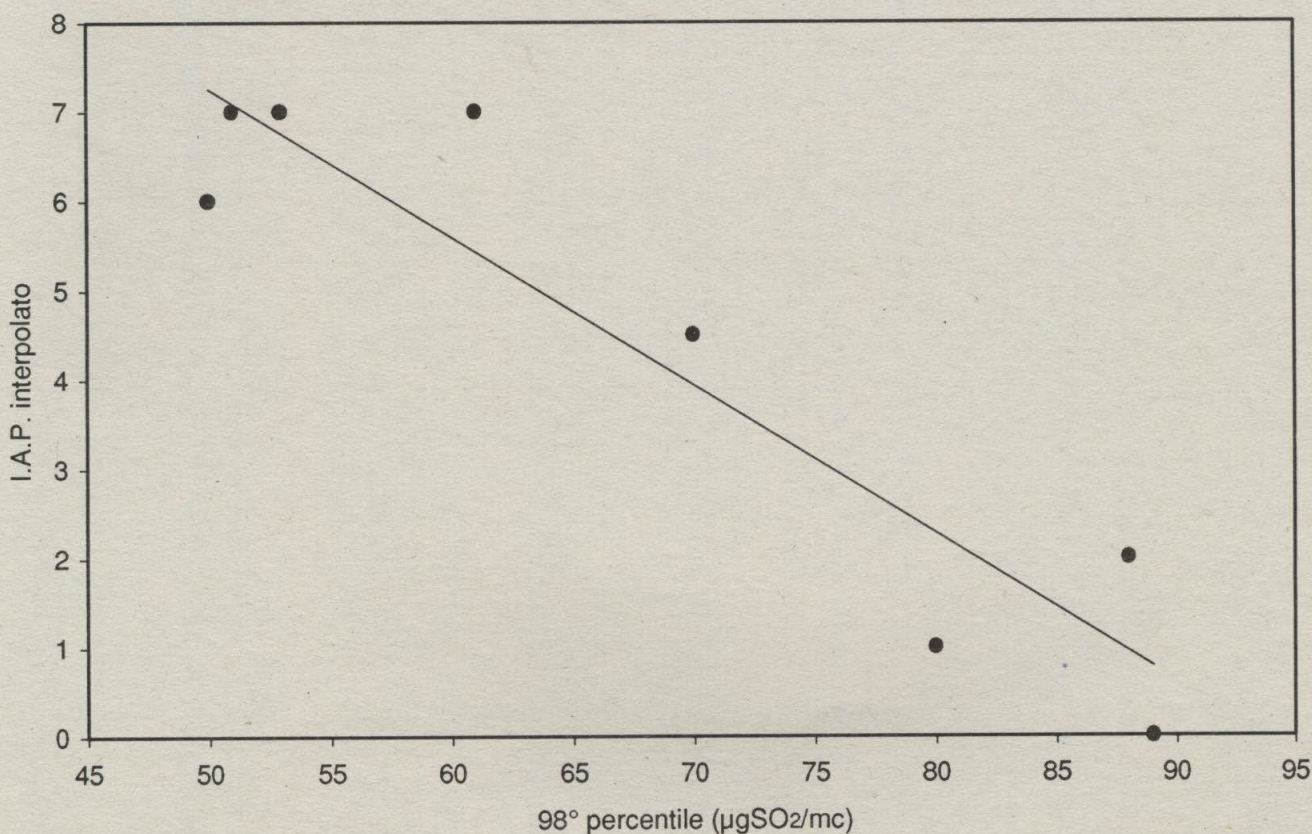
Figura 13. Ordinamento delle stazioni di rilevamento secondo i primi due assi della PCA.



**Figura 14.** Ordinamento delle specie secondo i primi due assi della PCA. Le specie sono indicate con il nome scientifico abbreviato.

## 5.4 Correlazione tra I.A.P. e $SO_2$

La correlazione tra il 98° percentile dei valori di  $SO_2$  misurati dalle centraline automatiche ed i valori di I.A.P. interpolati in loro corrispondenza è risultata molto buona ( $r=0,93$ ;  $p=0,001$ ), confermando l'esistenza di uno stretto legame tra inquinamento atmosferico e scomparsa di licheni (figura 15).



**Figura 15.** Relazione tra il 98° percentile dei valori di  $SO_2$  misurati da 8 centraline automatiche ed i valori di I.A.P. interpolati in loro corrispondenza.

## 6. Conclusioni

I risultati della presente indagine, effettuata nel corso del 1994 sul territorio del Parco Lombardo della Valle del Ticino, evidenziano una situazione di generale compromissione della qualità dell'aria a causa dell'elevata industrializzazione ed urbanizzazione di alcuni centri e dell'intenso traffico autoveicolare. Molto ridotte (circa il 6% del territorio) sono le aree con caratteristiche di modesto inquinamento atmosferico ed in nessuna zona si supera il valore di I.A.P. di 21,5. Tali aree sono ubicate principalmente nella parte meridionale del Parco. La distribuzione delle specie è in buon accordo con le condizioni meteorologiche, la localizzazione delle attività agricole e le fonti inquinanti, che, nel loro insieme, contribuiscono all'instaurarsi di comunità licheniche caratteristiche.

La buona correlazione tra valori di I.A.P. e concentrazione di  $\text{SO}_2$ , misurata dalle centraline automatiche, conferma quanto riportato in altri studi, cioè lo stretto legame esistente tra apporto di  $\text{SO}_2$  e rarefazione della comunità lichenica.

Questo studio può rappresentare uno strumento utile nella progettazione di interventi atti a ridurre gli inquinanti derivanti dai processi di combustione e nella predisposizione di piani viabilistici alternativi che attenuino la pressione del traffico soprattutto nelle zone "a rischio", evidenziate con il colore rosso nella carta di qualità dell'aria riportata.

# Bibliografia

AMMANN K., HERZIG R., LIEBENDORFER L., URECHT M., 1986. Multivariate Correlation of Deposition Data of 8 different air Pollutants to Lichen Data in a Small Town in Switzerland. *Proc. 3 Int. Congr. on Aereobiology*, Basel.

CANIGLIA G., 1989. La qualità dell'aria secondo i licheni. *Difesa Ambientale*, 6/7: 55-57.

CANIGLIA G., DRUDI C., 1984. Considerazioni sulla distribuzione dei licheni in Laguna di Venezia. *Rend. Sem. Fac. Sc. Cagliari*, 54: 197-213.

CANIGLIA G., GIULINI P., SPAMPANI M., 1978. Inquinamento atmosferico e licheni. Saggi di distribuzione nella Valle del Boite e a Cortina d'Ampezzo. *Atti IV Conv. Ecol. Prealpi Or.*, 279-293.

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). *Boll. Soc. Adr. Sc.*, LXXV, Tomo I: 61-83.

DE SLOOVER J., 1964. Vegetaux epiphytes et pollution de l'air. *Revue Quest. Scient.*, 25: 531-561.

DERUELLE S., 1978. Etude comparée de la sensibilité de trois méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique. *Rev. Byrol. Lichenol.*, 44 (4): 429-441.

GASPARO D., CASTELLO M., BARGAGLI R., 1989. Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata). *Studia Geobot.*, 9: 3-51.

GAUCH H.G., 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

HAWKSWORTH D.L., ROSE L., 1970. Qualitative scale for estimating sulfur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227: 145-148.

HERZIG R., LIEBENDORFER L., URECH H., AMMANN 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. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 35: 43-57.

LO PORTO A., MACCHIATO N., RAGOSTA M., 1992. Bioindicazione della qualità dell'aria tramite licheni epifiti nella provincia di Potenza. *Acqua-Aria*, 1: 11-18.

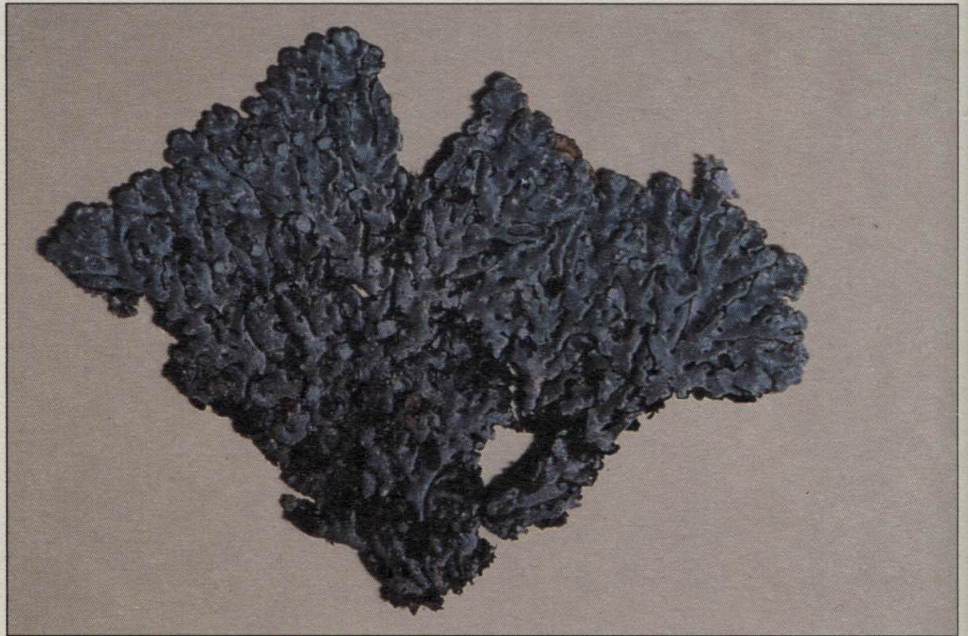
NICOLAI P., 1992. *La scienza della bioindicazione*. ENEA, Roma.



*Parmelia Sulcata*



*Menegazzia Terebrata*



42 *Ramalina Fraxinea*





Usnea Sp.



Parmelia Tiliacea



Graphis Scripta

- NIMIS P.L., 1985. Urban Lichens Studies in Italy. I: the town of Trieste. *Studia Geobot.*, 5: 49-74.
- NIMIS P.L., 1986. Urban Lichens Studies in Italy. II: the town of Udine. *Gortania*, 7: 147-172.
- NIMIS P.L., 1987. I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione. *Gortania*, 8: 101-220.
- NIMIS P.L., 1993. Urban Lichen Studies in Italy. III: the city of Rome. *Braun - Blanquetia*, 3,2: 279-286.
- NIMIS P.L., 1993. The lichens of Italy: an annotated catalogue. *Mus. Reg. Scie. Nat.*, Torino. Monografia XII.
- NIMIS P.L., 1994. Tecniche di biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico basate sull'utilizzo di licheni come bioindicatori e bioaccumulatori. *Biologi Italiani*, 8: 27-31.
- NIMIS P.L., BOLOGNINI G., 1993. Chiavi analitiche del genere *Lecanora* Ach. in Italia. *Not. Soc. Lich. Ital.* 6: 29-46.
- NIMIS P.L., CASTELLO M., 1990. L'uso dei licheni nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico. *Biologia Ambientale*, 2: 5-25.
- NIMIS P.L., CASTELLO M., PEROTTI M., 1990. Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). *Lichenologist*, 22 (3): 333-344.
- NIMIS P.L., CASTELLO M. & PEROTTI M., 1992. Lichens as bioindicators of Heavy Metal Pollution: a case study at La Spezia (N Italy). In: Markert B. (ed.). *Plants as biomonitors*. VCH Publishers. 265-284.
- NIMIS P.L., CICCARELLI A., LAZZARIN G., BARGAGLI R., BENEDET A., CASTELLO M., GASPARO D., LAUSI D., OLIVIERI S., TRETACH M., 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio - Thiene - Breganze (VI). *Boll. Mus. civ. St. nat. Verona*, 16: 1-154.
- NIMIS P.L., LAZZARIN A. & G., GASPARO D., 1991. Lichens as bioindicators of air pollution by SO<sub>2</sub> in the Veneto region (NE Italy). *Studia Geobotanica*, 11: 3-76.
- OZENDA P., CLAUZADE G., 1970. *Les lichens. Etude biologique et flore illustrée*. Masson, Paris.
- PALMIERI F., 1990. I licheni come indicatori alternativi di inquinamento atmosferico. *Analysis*, 2: 80-106.

PIERALLI P., TRAQUANDI S., 1991. *I licheni. Guide all'aria pura*. Editoriale Tosca, Firenze.

PIERVITTORI R., MONTACCHINI F., 1980. Regressione della presenza lichenica in zone montane per effetto della progressiva urbanizzazione: Bardonecchia. *Allionia*, 24: 139-141.

QUARANTA L., MARTINENGO M., 1990. Licheni. *Quaderni di educazione ambientale*, 11, WWF Italia.

RECCHIA F. & POLIDORO F., 1988. Osservazioni sui licheni nelle vicinanze di un cementificio. *Arch. Bot. Ital.*, 64 (1-2): 8-18.

ROELLA V., BATTIOLI M. T., GERVASINI E., GUIDETTI L., 1992. Lichens as bioindicators of air quality in the area surrounding lake Maggiore. *Habitat e Salute, Atti, Montecatini T.* 381-388.

SPAMPANI M., 1982. I licheni: indicatori fisiologici della qualità dell'aria. *Le Scienze*, 167: 60-69.

SURFER vers. 4.15, 1990. Golden Software Inc., Colorado, USA.

TER BRAAK C.J.F., PRENTICE I., 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18: 271-317.

TURIAN G., DESBAUMES P., 1975. Cartographie de quelques lichens indicateurs de la pollution atmosphérique à Genève. *Saurea*, 6: 317-324.

WANNER H., AMMANN K., BERINCOURT P., FILLIGER P., HERZIG R., LIEBENDORFER L., RICKLI R., URECH M., 1986. Urban meteorology and air pollution in Biel-Bienne (Switzerland). *International Symposium on Climatology. In Freiburger Geografische Hefte*, 1986.

WIRTH V., 1980. *Flechtenflora*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

WIRTH V., 1987. *Die Flechten. Baden-Württembergs*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

*Si ringraziano i collaboratori:*

*Barbarewicz Caterina, Garavani Manuela - P.M.I.P. di Pavia.*

*Cerana Davide, Schipani Raffaele, Cribio Ambrogio - P.M.I.P. di Parabiago.*

*Borlandelli Cristina - P.M.I.P. di Varese.*

*Valcuvia Passadore Mariagrazia - Università degli Studi di Pavia.*

*Si ringrazia inoltre il Servizio Vigilanza del Parco Lombardo della Valle del Ticino per l'aiuto fornito durante i sopralluoghi.*

# Comuni del Parco Lombardo della Valle del Ticino

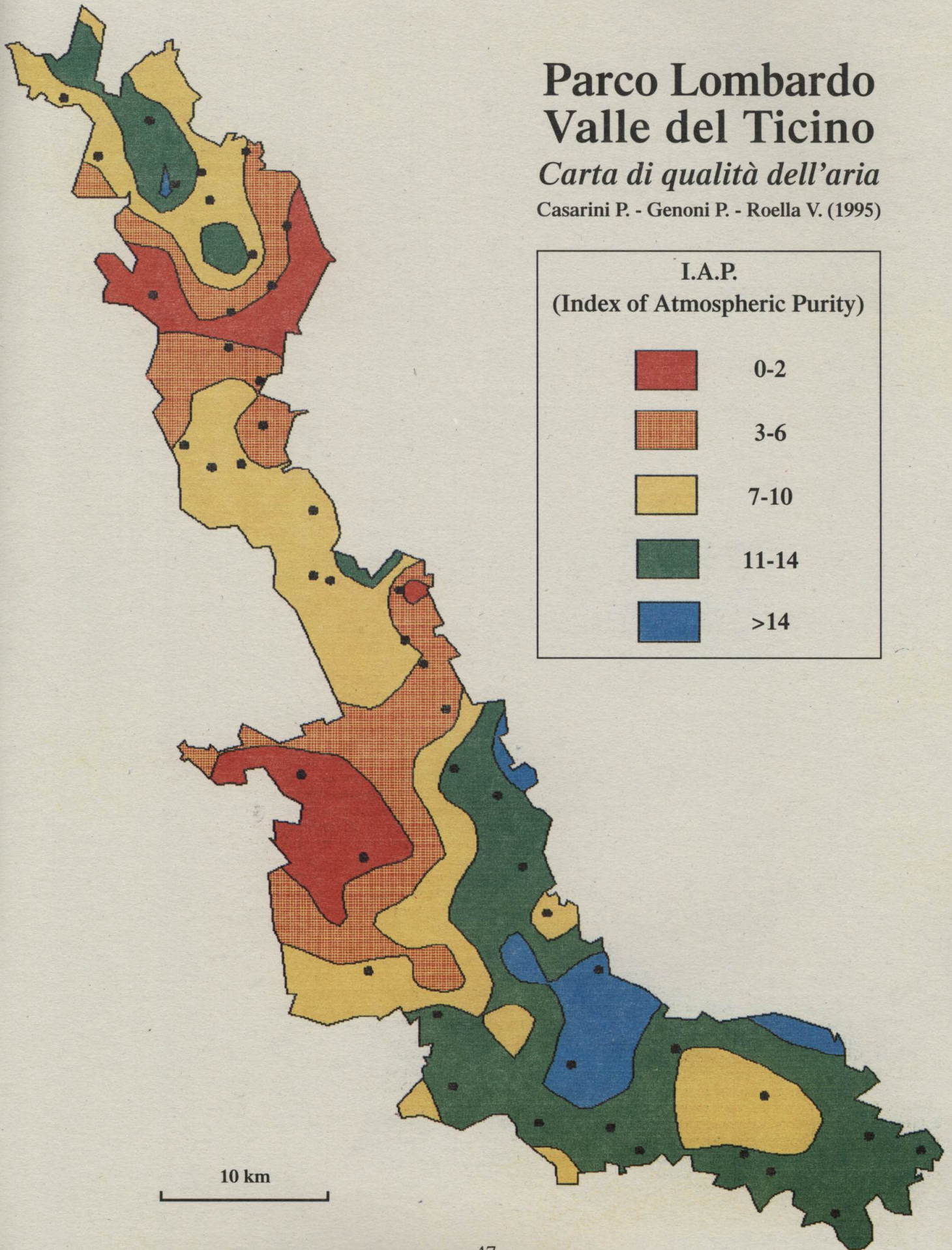


## Comuni del Parco Lombardo della Valle del Ticino

# Parco Lombardo Valle del Ticino

*Carta di qualità dell'aria*

Casarini P. - Genoni P. - Roella V. (1995)



*Stampato con il contributo della*



**Banca Popolare  
di Abbiategrasso**