



ANPA

Agenzia Nazionale per la
Protezione dell'Ambiente

I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica

Manuale ANPA

In collaborazione con



Manuali e Linee Guida 2/2001

ANPA - Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi
www.anpa.it

Centro Tematico Nazionale-Atmosfera, Clima, Emissioni

C/o ARPA Emilia Romagna-Servizio meteorologico Regionale
V.le Silvani, 6 - 40122 Bologna

© ANPA, Manuali e Linee Guida 2/2001

ISBN 88-448-0256-2

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento ed elaborazione grafica

ANPA, Immagine
Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Giorgio Brunialti e Paolo Giordani

Coordinamento tipografico

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

Contributi

Il manuale è stato predisposto nell'ambito delle attività di sviluppo del sistema informativo ambientale programmate e curate al Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi (AMB) con il supporto del CTN-ACE e con l'assistenza e consulenza tecnico-scientifica di:

Pier Luigi Nimis Università di Trieste
Marco Ferretti Limnaea Ambiente

Per il CTN-ACE hanno fornito uno specifico contributo:

Gioia Bini (ARPA Toscana), Massimo Bonannini (ARPA Toscana), Roberta Ferrarese (ARPA Val d'Aosta)

Il Dipartimento AMB ha curato il coordinamento della predisposizione del manuale attraverso uno specifico contratto di collaborazione con:

Francesca Fornasier

Hanno inoltre collaborato:

Giorgio Brunialti (Università di Genova), Adelmo Corsini (ARPA Toscana), Paolo Giordani (Università di Genova), Debora Isocronoh (Università di Torino), Laura Mancini (Istituto Superiore della Sanità), Rosanna Piervittori (Università di Torino), Mauro Tretiach (Università di Trieste), Roberto Visentin (ANPA)

Importante

Da febbraio verrà reso disponibile sul sito internet www.sinanet.anpa.it o, per chi lo richiedesse, su CD, un pacchetto software per la gestione dei dati di biodiversità lichenica e la realizzazione di alcune elaborazioni sulle matrici dei dati.

Sarà inoltre disponibile la banca dati per l'archiviazione e l'invio ad ANPA dei dati in un formato gestibile dal sistema informativo centrale.

Premessa

Tra i compiti istituzionali dell'ANPA, rilevante importanza viene attribuita alla promozione e alla messa a punto di metodologie armonizzate per la definizione e il monitoraggio delle qualità ambientali. In questo contesto si inquadrano le attività propedeutiche e di messa a regime della metodologia di bioindicazione riportata in questo documento. Il ricorso a metodiche basate sull'impiego di organismi viventi, per verificare lo stato della di salute delle diverse tipologie di ambiente, si va sempre più consolidando, sia nell'ambito delle attività di ricerca, sia in quelle operative e di servizio. Anche la legislazione ormai ne ha preso atto, tant'è che il biomonitoraggio, almeno in alcuni casi, è diventato uno strumento regolamentato per le attività di controllo.

Il livello di maturità è differente per i diversi comparti ambientali. Ormai consolidato per le acque (v. Indice IBE), molto meno maturo per i suoli. Metodi biologici per determinare la qualità dell'aria vengono utilizzati da tempo sia in Italia sia in altri contesti. Non esistono però metodi di riferimento.

Tra le numerose iniziative avviate dall'ANPA per l'armonizzazione delle attività di monitoraggio ambientale, nel 1998 è stata avviata un'indagine sulle metodiche biologiche utilizzate nell'analisi della qualità dell'aria sul territorio italiano, attraverso la realizzazione di un workshop al quale hanno partecipato operatori ARPA e rappresentanti di istituti di ricerca (Piccini & Salvati, 1999).

L'obiettivo è stato quello di svolgere una rassegna delle metodiche di biomonitoraggio come fase di avvio di un processo di individuazione e definizione di un "indice sintetico" che consenta di rappresentare le informazioni disponibili attraverso un valore unico.

Nell'ambito delle attività programmate per il 2000 per il Centro Tematico Nazionale Atmosfera, Clima ed Emissioni (CTN-ACE) è stato istituito un gruppo di lavoro integrato con esperti del settore, con lo scopo di contribuire alla standardizzazione dell'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.), di promuovere la diffusione su scala nazionale come strumento di indagine della qualità dell'aria complementare con altri strumenti convenzionali e di produrre strumenti da utilizzare per la formazione di personale specializzato.

E' stata realizzata un'indagine per definire i soggetti impegnati nella raccolta dei dati, per valutare il grado di standardizzazione del metodo e la confrontabilità dei dati già raccolti. I dati ottenuti sono stati utilizzati per calibrare le azioni da svolgere.

La funzione di ANPA come National Focal Point dell'Agenzia Europea dell'Ambiente ha rafforzato l'esigenza di coordinamento con gli altri Paesi UE nella scelta di strumenti comuni.

E' stato realizzato un tavolo di lavoro, cui hanno partecipato lichenologi di sei Paesi (Francia, Germania, Grecia, Inghilterra, Italia, Svizzera), allo scopo di confrontarsi ed elaborare il protocollo pubblicato nel libro della NATO sulle tecniche di biomonitoraggio (Asta et al., 2002) che ha ispirato quanto contenuto in questo manuale.

Tali modifiche sono state valutate, insieme all'applicabilità della strategia di campionamento suggerita, con i risultati che verranno a breve pubblicati insieme allo studio realizzato per la costruzione di un sistema nazionale di campionamento organizzato secondo un grigliato geografico.

Roberto Caracciolo

Direttore del Dipartimento Stato dell'Ambiente,
Controlli e Sistemi Informativi

Indice

INTRODUZIONE	I
I IL BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE	3
I.1 Generalità	3
I.2 Tecniche di biomonitoraggio	4
I.2.1 Bioindicazione e bioaccumulo	4
I.2.2 Metodologie attualmente più utilizzate: limiti e vantaggi	4
I.3 L'indice di Biodiversità Lichenica	6
I.3.1 Caratteristiche generali	6
2 I LICHENI	7
2.1 Caratteristiche generali	7
2.2 Struttura dei licheni	8
2.2.1 Forme di crescita	8
2.2.2 Organizzazione del tallo	9
2.2.3 Strutture talline non riproduttive	10
2.3 Riproduzione	11
2.3.1 Moltiplicazione vegetativa	11
2.3.2 Riproduzione sessuata	12
2.4 Licheni come bioindicatori	13
2.5 Ecologia e distribuzione dei licheni	14
3 LA METODICA	17
3.1 Generalità sul sistema di campionamento	17
3.1.1 Obiettivi	17
3.1.2 Caratteristiche principali	17
3.2 Disegno di campionamento	18
3.2.1 Unità di campionamento primarie (UCP)	18
3.2.2 Unità di campionamento secondarie (UCS)	18
3.3 Pianificazione del lavoro di campo	19
3.3.1 Determinazione delle UCP da monitorare	19
3.3.2 Acquisizione della cartografia	19
3.3.3 Individuazione delle UCP e delle UCS sulla carta	19
3.3.4 Individuazione dei percorsi di raggiungimento	20
3.4 Installazione delle ucs/ucp	20
3.4.1 Individuazione delle UCP/UCS	20
3.4.2 Georeferenziazione delle UCS	20
3.4.3 Delimitazione delle UCS	20
3.4.4 Individuazione e georeferenziazione degli alberi da monitorare	21
3.4.5 Sostituzione dell'UCP	22
3.4.6 Sostituzione delle UCS	23
3.5 Attività di campagna	24
3.5.1 Scelta dei forofiti	24
3.5.2 Rilevamento	25
3.6 Elaborazione dei dati	27
3.6.1 Generalità	27
3.6.2 Calcolo del valore di Biodiversità Lichenica	27

3.6.3	Cartografia	27
3.6.4	Interpretazione dei dati relativi alle stazioni	27
3.6.5	Indici ecologici	28
3.6.6	Individuazione delle comunità licheniche	31
3.6.7	Approccio statistico e suoi limiti	33
3.6.8	Geostatistica e analisi multivariata	34
3.6.9	Elaborazioni cartografiche	35
3.7	Procedure di assicurazione di qualità (quality assurance - qa)	36
3.7.1	Generalità	36
3.7.2	Definizione dei compiti della squadra di rilevamento	37
3.7.3	Definizione dei limiti di qualità dei dati (Data Quality Limits, DQLs) e obiettivi di qualità di misurazione (Measurement Quality Objectives, MQOs)	37
3.7.4	Training, intercalibrazione, certificazione	38
3.7.5	Riconoscimento di specie licheniche	39
3.7.6	Selezione cartografica e l'individuazione territoriale di UCP e UCS	39
3.7.7	Armonizzazione e intercalibrazione	39
3.7.8	Controlli di campagna	40
3.7.9	Spedizioni di campioni	40
3.7.10	Debriefing	40
BIBLIOGRAFIA		41
GLOSSARIO		45
GLOSSARIO CARTOGRAFICO INFORMATIVO		49
APPENDICE I: CHIAVI ANALITICHE PER L'IDENTIFICAZIONE DEI PIÙ COMUNI		
LICHENI EPIFITI D'ITALIA		51
CHIAVI ANALITICHE		55
LETTERATURE DI RIFERIMENTO		67
RINGRAZIAMENTI		69
APPENDICE II: LA RETE NAZIONALE		
COORDINATE DELLA RETE NAZIONALE PER REGIONE		73
APPENDICE III: TESTI DI APPROFONDIMENTO		83

Introduzione

Il presente manuale rappresenta l'impegno per la predisposizione di una metodologia riproducibile e oggettiva come strumento di valutazione della frequenza/copertura di specie licheniche su tronco d'albero.

Tale metodologia si basa sulle linee guida elaborate in Germania (VDI Guideline WIRTH, 1995) e in Italia (Nimis, 1999), ed è integrata da importanti modifiche concordate nell'ambito del confronto europeo organizzato dall'ANPA nel Novembre 2000 cui hanno partecipato esperti di sei Paesi allo scopo di elaborare un protocollo comune (Asta et al, 2001). Le principali modifiche introdotte hanno lo scopo di minimizzare gli elementi di soggettività, presenti sino ad oggi nel processo di campionamento, e riconducibili in gran parte alla localizzazione delle stazioni, all'individuazione degli alberi da monitorare e al posizionamento della griglia di rilevamento sul tronco. E' stata inoltre attribuita maggiore attenzione ai dati vegetazionali, poiché costituiscono un'importante informazione aggiuntiva per interpretare la struttura e la tipologia della diversità lichenica, come avviene estesamente nell'approccio fitosociologico francese (Van Haluwyn & Lerond, 1988).

Viene inoltre proposto un sistema di siti di campionamento distribuiti sul territorio seguendo un criterio statistico e individuati da una griglia a maglie quadre di 18 km di lato.

Tale sistema è stato costruito in modo da permettere la realizzazione di studi a diverse scale territoriali (Regionale, Provinciale, Comunale), ed è parzialmente sovrapponibile al sistema di campionamento utilizzato per l'Inventario Nazionale Forestale (INF) integrato alla rete europea EU-UN/ECE per il rilevamento dei danni causati alle foreste dall'inquinamento atmosferico.

Vengono inoltre indicate le procedure per la definizione della qualità dei dati e della rete nel suo complesso.

L'opera è organizzata in tre capitoli. I primi due sono introduttivi al monitoraggio biologico e ai licheni in generale. Il terzo illustra il metodo, la strategia di campionamento, le procedure per il rilevamento e il calcolo del valore di BL, le modalità di scelta delle stazioni e degli alberi su cui effettuare il rilievo nonché le procedure di assicurazione di qualità.

In appendice vengono illustrati la rete di siti di campionamento e i principi che hanno portato alla sua definizione.

Viene inoltre riportata la lista di coordinate che individuano il centro dei siti di campionamento di interesse nazionale suddivisi per regione.

I. Il biomonitoraggio ambientale

I.1 Generalità

Il monitoraggio dell'inquinamento dell'aria è una delle problematiche più complesse nel campo della salvaguardia ambientale. Nonostante la normativa preveda limitazioni sempre più severe delle concentrazioni al suolo degli inquinanti, la quantità delle sostanze emesse in atmosfera è ancora molto elevata, e in alcuni casi è destinata ad aumentare. Sono causa di tale aumento l'incremento demografico, le attività a esso connesse, lo sviluppo della produzione industriale e per la costante crescita del fabbisogno energetico. La presenza di sostanze inquinanti in atmosfera ha grande rilevanza nei distretti industriali e nelle aree urbane densamente popolate, oltre a determinare effetti a scala più ampia, sia transfrontaliera sia globale.

L'inquinamento, espresso in termini di concentrazioni misurate strumentalmente, è di semplice definizione operativa, ma il suo monitoraggio è complesso, per i seguenti motivi:

- le concentrazioni di inquinanti in atmosfera sono molto variabili nello spazio e nel tempo, il che implica studi condotti su base statistica, per lunghi periodi, e con dense reti di punti di misura;
- gli alti costi degli strumenti ne limitano fortemente il numero, per questo i dati strumentali hanno spesso una scarsa qualità statistica, nonostante la precisione delle singole misure;
- la strumentazione normalmente utilizzata rileva un numero esiguo di sostanze inquinanti;
- un monitoraggio puramente strumentale non permette di rilevare gli effetti dell'inquinamento sugli ecosistemi, in particolare quelli sinergici di più inquinanti.

Il biomonitoraggio invece permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento. Le tecniche di biomonitoraggio producono dati biologici: misure di biodiversità, di variazioni nell'assetto morfologico, fisiologico o genetico degli organismi, misure delle concentrazioni di sostanze negli organismi. Essi hanno un interesse intrinseco, indipendente dall'eventuale correlazione con dati strumentali di inquinamento. Il biomonitoraggio non utilizza gli organismi come *centraline*, né fornisce stime di una non meglio definita *qualità dell'aria*: esso misura deviazioni da condizioni *normali* di componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento, utili per stimare gli effetti combinati di più inquinanti sulla componente biotica. Il biomonitoraggio non è alternativo rispetto a quello strumentale, ma è un campo di ricerca autonomo, che può fornire informazioni importanti per il monitoraggio dell'inquinamento, individuando possibili zone a rischio e ottimizzando la localizzazione degli strumenti di misura.

Le variazioni ecologiche indotte dall'inquinamento sull'ambiente possono manifestarsi a tre livelli differenti:

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

1.2 Tecniche di biomonitoraggio

1.2.1 Bioindicazione e bioaccumulo

Le tecniche di biomonitoraggio permettono di identificare lo stato di alcuni parametri ambientali sulla base degli effetti da essi indotti su organismi reattivi. Questi si manifestano a due livelli, che corrispondono a due categorie di tecniche:

- 1) accumulo di sostanze: tecniche di bioaccumulo, che misurano le concentrazioni di sostanze in organismi in grado di assorbirle dall'ambiente e accumularle;
- 2) modificazioni morfologiche, fisiologiche o genetiche a livello di organismo, di popolazione o di comunità: tecniche di bioindicazione, che stimano gli effetti di variazioni ambientali su componenti sensibili degli ecosistemi.

Le tecniche di bioindicazione si basano su misure biologiche, quelle di bioaccumulo su analisi chimiche ed entrambe sono comprese nella definizione del termine "biomonitoraggio", inteso come: "analisi di componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento, per la stima di deviazioni da situazioni normali", secondo quanto proposto da Nimis (Nimis, 1999). L'inquinamento è in grado di arrecare a tutti gli organismi due tipi principali di danno, identificabili come:

- danni acuti, spesso reversibili, causati normalmente da brevi esposizioni a concentrazioni molto elevate di determinati inquinanti;
- danni cronici, dovuti a esposizioni prolungate a concentrazioni relativamente basse di inquinanti.

In alcuni casi lunghi tempi di esposizione a basse concentrazioni possono influire negativamente sui processi fisiologici e biochimici degli organismi indicatori senza provocare alterazioni visibili esteriormente (vedi Lorenzini, 1999).

Un valido bioindicatore dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:

- sensibilità agli agenti inquinanti;
- ampia diffusione nell'area di studio;
- scarsa mobilità;
- lungo ciclo vitale;
- uniformità genetica.

Le caratteristiche fondamentali degli organismi bioaccumulatori possono essere così riassunte:

- elevata tolleranza agli inquinanti in esame;
- notevoli capacità di accumulo;
- ampia diffusione nell'area in esame;
- scarsa mobilità;
- lungo ciclo vitale.

1.2.2 Metodologie attualmente più utilizzate: limiti e vantaggi

L'attività di ricerca di strumenti di analisi ambientale, ha condotto all'individuazione di alcuni indicatori biologici particolarmente efficaci e quindi capaci di integrare le informazioni ottenute dagli indicatori chimico-fisici già contemplati nella normativa nazionale ed europea. Le tecniche di biomonitoraggio esaminate sono state le seguenti:

- stima delle reazioni delle comunità licheniche epifite all'inquinamento da gas fitotossici (SO_2 , NO_x) mediante la valutazione dell'Indice di Biodiversità Lichenica su scorze d'albero (Nimis, 1999);
- valutazione delle concentrazioni atmosferiche di metalli in traccia mediante l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori (Nimis & Bargagli, 1999);

- monitoraggio dell'ozono troposferico tramite l'utilizzo di piante di *Nicotiana tabacum* (Lorenzini, 1999).

Esistono molte altre tecniche, ma ancora quasi totalmente a carattere sperimentale (Piccini & Salvati, 1999).

Ogni tecnica che impiega organismi viventi possiede sia limiti sia vantaggi specifici da considerare in relazione agli obiettivi e alle scale territoriali.

Le limitazioni più frequenti possono essere così sintetizzate:

- difficoltà, soprattutto per le metodiche che utilizzano biomonitor autoctoni, di applicazione dove sia infrequente il substrato di crescita adatto;
- difficoltà, in molti casi, a stabilire una relazione univoca tra dati biologici e concentrazioni atmosferiche di specifici inquinanti a causa degli effetti sinergici determinati dalla presenza di più sostanze tossiche su alcuni componenti degli ecosistemi
- drastica diminuzione della sensibilità di alcune tecniche per valori estremi di concentrazione atmosferica di determinati inquinanti;
- incapacità, in molti casi, di rilevare immediatamente fenomeni acuti di alterazione ambientale, in quanto la reazione degli organismi richiede un certo tempo per essere apprezzabile;
- impossibilità di elaborare un'unica scala d'interpretazione dei dati biologici in termini d'inquinamento valida per tutto il territorio nazionale, vista l'estrema variabilità climatica e geomorfologica che lo caratterizza.

I principali vantaggi sono rappresentati da:

- possibilità di ottenere rapidamente, a bassi costi e con una elevata densità di punti di campionamento, una stima degli effetti biologici indotti su organismi sensibili, dall'interazione di più sostanze nocive;
- individuazione rapida di zone con reale o potenziale superamento dei valori soglia stabiliti dalla legge per alcuni importanti inquinanti primari;
- valutazione dell'efficacia di misure adottate per la riduzione delle emissioni di inquinanti su lunghi periodi;
- localizzazione di aree potenzialmente a rischio e conseguente ubicazione ottimale delle stazioni automatiche di rilevamento;
- validazione di modelli di trasporto a lunga distanza e deposizione di inquinanti a diverse scale territoriali.

Data la sostanziale diversità delle informazioni, è evidente che l'uso di biomonitor non può essere considerato alternativo al monitoraggio strumentale. Esso fornisce utili informazioni per la valutazione globale dello stato ambientale di un'area ed è un valido strumento per l'individuazione preliminare di possibili zone a rischio e per la pianificazione e distribuzione territoriale della rete di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

1.3 L'Indice di Biodiversità Lichenica

1.3.1 Caratteristiche generali

La biodiversità dei licheni epifiti ha dimostrato di essere un eccellente indicatore dell'inquinamento prodotto da sostanze gassose fitotossiche, (Hawksworth & Rose, 1970; Ferry et al., 1973; Nash & Wirth, 1988; Richardson, 1992; Cislighi & Nimis, 1997; Purvis, 2000; Van Dobben et al., 2001). I licheni rispondono con relativa velocità alla diminuzione della qualità dell'aria e possono ricolonizzare in pochi anni ambienti urbani e industriali qualora si verificano dei miglioramenti delle condizioni ambientali, come evidenziato in molte parti d'Europa (Rose & Hawksworth, 1981; Kandler & Poelt, 1984; Seaward & Letrouit-Galinou, 1991; Seaward, 1997). I licheni sono anche sensibili ad altri tipi di alterazioni ambientali, tra queste l'eutrofizzazione rappresenta uno degli esempi più conosciuti (Van Dobben & De Bakker, 1996; Van Herk, 1999). Essendo molto sensibili ai cambiamenti delle condizioni microclimatiche e alle attività di gestione forestale, i licheni sono stati usati anche per stimare la continuità ecologica delle foreste (Rose, 1976; McCune, 2000), e perfino per stabilire reti di monitoraggio climatico (Insarov et al., 1999).

Negli ultimi decenni sono stati proposti molti metodi che, utilizzando opportune scale di interpretazione, valutano attraverso i licheni la qualità dell'aria. In Svizzera negli anni '80 è stato avviato un progetto, che ha condotto allo sviluppo di un modello oggettivo e riproducibile di bioindicazione sensibile all'effetto combinato di molti inquinanti atmosferici. La verifica, mediante analisi statistica multivariata, di 20 differenti tecniche utilizzate per il calcolo dell'IAP (*Index of Air Purity*), ha evidenziato come i campionamenti effettuati con una griglia di 10 unità rappresentino i migliori risultati e non richiedano nessuna assunzione riguardante la sensibilità delle specie (Amman et al., 1987; Herzig and Urech, 1991). Tale metodo è stato rapidamente adottato in molti paesi, specialmente Italia e Germania, spesso con l'introduzione di alcune modifiche riguardanti l'ampiezza della griglia. Nelle modalità di approccio messe a punto in Svizzera, la dimensione della griglia varia rispetto al diametro del tronco, mentre in Italia e Germania sono state adottate dimensioni fisse, seppur differenti tra loro, permettendo in questo modo di utilizzare i dati di frequenza come una stima della diversità lichenica (Badin & Nimis, 1996). Dal 1987 sono stati realizzati centinaia di studi basati su questa metodica, consentendo di compiere un importante passo verso la standardizzazione sia in Germania (VDI Guideline; WIRTH, 1995) sia in Italia (Nimis, 1999).

Gli studi di qualità dell'aria mediante licheni hanno trovato in Italia larga diffusione a partire dagli anni ottanta, in concomitanza con la ripresa dell'interesse per gli studi lichenologici. Le numerose indagini realizzate sinora riguardano centri urbani, territori comunali e provinciali, zone di interesse naturalistico, e aree con presenza di attività antropiche alteranti. Per uno stato dell'arte aggiornato al 1998 v. Piervittori in Piccini e Salvati 1999.

La metodologia, presentata in questo documento, cerca di eliminare gli elementi di soggettività esistenti nelle precedenti linee guida messe a punto in Italia e Germania, attribuendo specifica attenzione alla selezione dei siti di campionamento, degli alberi su cui compiere il monitoraggio e la posizione della griglia di campionamento. Tale metodo stima lo stato della diversità lichenica in condizioni standard dopo una lunga esposizione a inquinamento atmosferico e/o ad altri tipi di stress ambientali.

È importante precisare che i licheni considerati per la valutazione della biodiversità sono essenzialmente quelli epifiti, il che consente di limitare la variabilità di parametri ecologici indipendenti dall'inquinamento, quali tenori in basi o capacità idrica, assai variabili nei substrati litici.

2. I licheni

2.1 Caratteristiche generali

I licheni sono organismi simbiotici composti da un partner fungino (micobionte), generalmente ascomicete, e da un'alga verde e/o un cianobatterio (fotobionte).

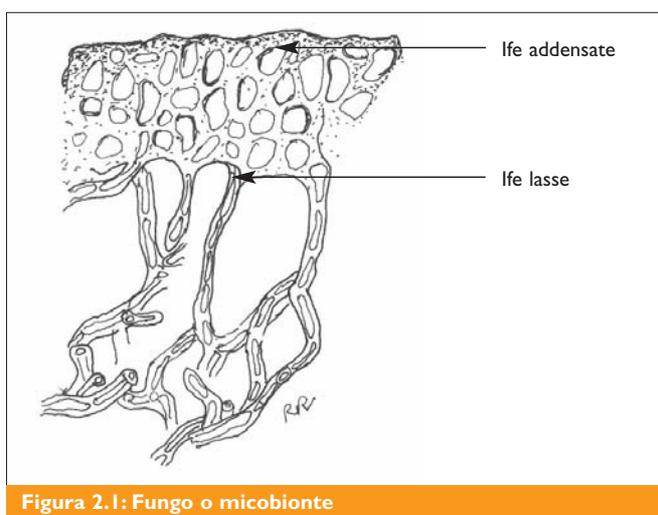


Figura 2.1: Fungo o micobionte

I licheni in cui il fotobionte è un cianobatterio (generi *Peltigera*, *Collema*, *Leptogium*) possono utilizzare direttamente l'azoto atmosferico per produrre molecole organiche. Esistono, inoltre, licheni (3-4%) con due fotobionti: un'alga verde e un cianobatterio ospitato in strutture superficiali dette cefalodi. Fino ad oggi sono state identificate 13500 specie di licheni (Hawksworth, 1988): oltre 2300 delle quali sono state censite sul territorio italiano (Nimis, 2000), tra cui 780 epifite.

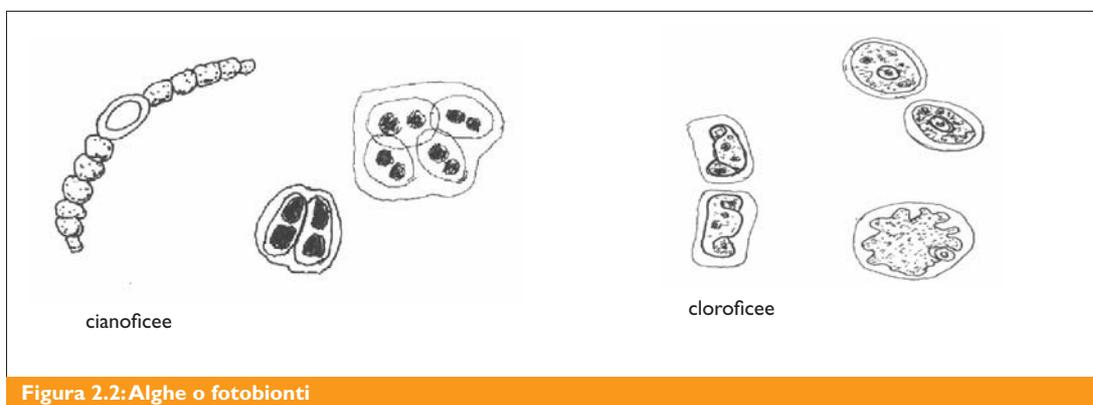


Figura 2.2: Alghe o fotobionti

La simbiosi tra alga e fungo risulta vantaggiosa per entrambi gli organismi: il fungo usufruisce delle sostanze organiche prodotte dalla fotosintesi dell'alga, mentre quest'ultima riceve dal fungo protezione, acqua e sali minerali. L'unione stabile tra fotobionte e micobionte porta alla formazione di organismi originali, dotati di un alto grado di organizzazione e con caratteri morfo-fisiologici peculiari (presenza di nuove strutture, produzione di nuovi composti chimici) non riscontrabili nei due partner separati. Proprio grazie a questo consorzio, i licheni sono in grado di colonizzare gli ambienti più diversi, a ogni latitudine e altitudine, anche quelli caratterizzati da condizioni di vita estreme, dove, da soli, fungo e alga non potrebbero sopravvivere.

2.2 Struttura dei licheni

2.2.1 Forme di crescita

Le principali forme di crescita dei licheni, individuabili su base morfologica sono cinque:

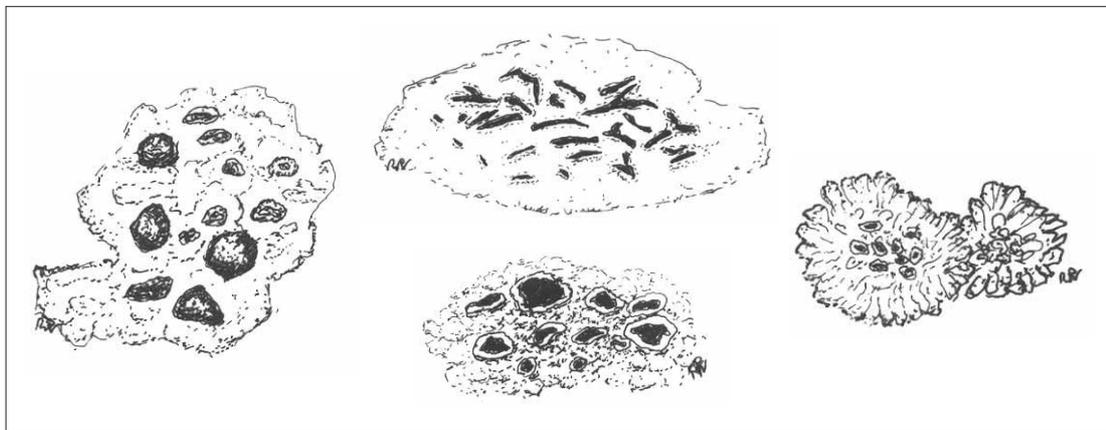


Figura 2.3: Licheni crostosi

1) Licheni crostosi: caratterizzati da un tallo strettamente aderente al substrato, privo di cortex inferiore e rizine. I talli possono essere continui, areolati (suddivisi in areole piatte), verrucosi (areole convesse), peltati (areole con margini ascendenti attaccate per un punto centrale), leprosi (di aspetto pulverulento costituiti da una massa indifferenziata di ife e alghe), placodiomorfi (lobati marginalmente).

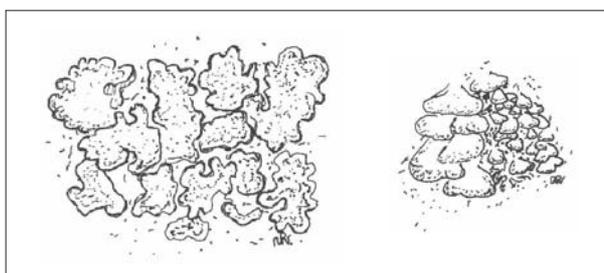


Figura 2.4: Licheni squamulosi

2) Licheni squamulosi: sono una variante dei licheni crostosi, il cui tallo è costituito da squamule ascendenti o suberette, o da verruche fortemente convesse raggruppate in cuscinetti (talli bullati). Talli di questo tipo sono caratteristici di molti licheni epigei.

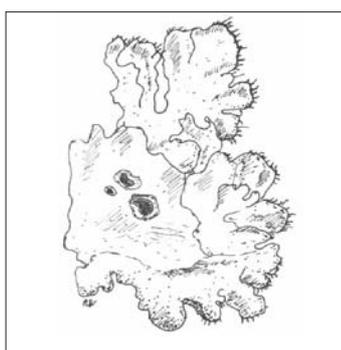


Figura 2.5: Licheni fogliosi

3) Licheni fogliosi: il tallo, facilmente asportabile, è costituito da lobi più o meno appiattiti, a organizzazione dorso-ventrale (superficie inferiore differente dalla superiore), disposti parallelamente al substrato al quale si ancorano mediante rizine. Le dimensioni dei lobi variano da pochi mm ad alcuni centimetri.

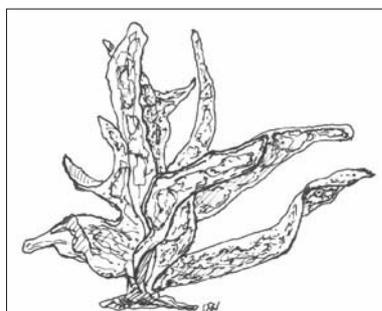


Figura 2.6: Licheni fruticosi

4) Licheni fruticosi: il tallo, a sviluppo tridimensionale, è formato da ramificazioni (lacinie) a sezione piatta o circolare. Il portamento può essere eretto, prostrato o pendente. In alcuni casi da un tallo primario crostoso o squamuloso si dipartono delle strutture suberette, di forma variabile (bastoncello, trombetta, cespuglietto, ecc.) dette podezi. Essi si originano dal tessuto generativo dell'apotecio e sono parte del corpo fruttifero, anche se spesso il tallo primario scompare e il podezio rappresenta l'intero tallo.

5) I licheni crostosi, fogliosi e fruticosi, il cui fotobionte è un cianobatterio, presentano generalmente un colore scuro e consistenza gelatinosa allo stato umido. In condizioni disidratate appaiono rigidi e fragili (licheni gelatinosi).

2.2.2 Organizzazione del tallo

L'organizzazione interna del tallo è riconducibile a due tipologie principali:

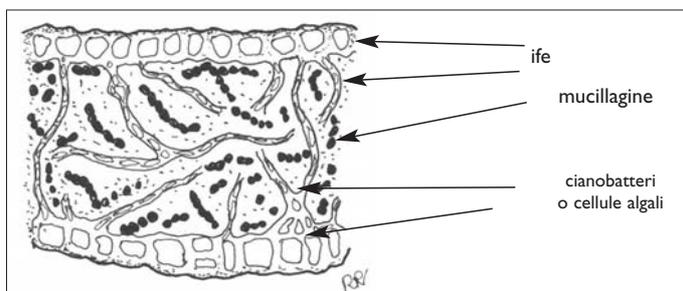


Figura 2.7: Struttura omeomera

1) omeomera: tipica di alcuni licheni crostosi e gelatinosi. Il tallo appare costituito da ife e cellule algali formando un intreccio omogeneo e indifferenziato.

2) eteromera: forma più evoluta e stratificata tipica della maggior parte dei licheni.

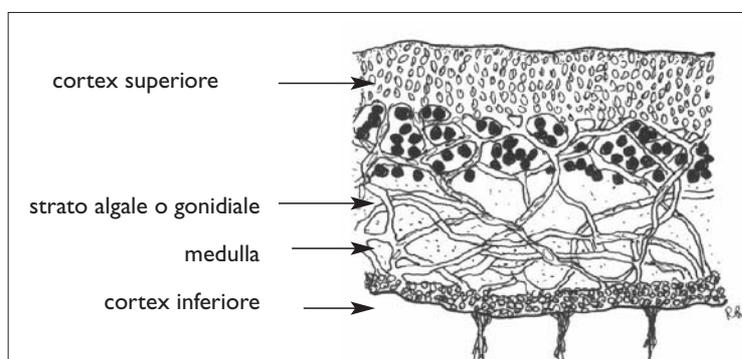


Figura 2.8: Struttura eteromera

Osservando una sezione al microscopio, a partire dall'esterno verso l'interno sono riconoscibili:

- un cortex superiore, costituito esclusivamente da ife agglutinate con funzione protettiva e sulla cui superficie si trovano strutture riproduttive e vegetative;

- uno strato algale o gonidiale, costituito da ife lasse in cui si addensano le cellule algali;
- una medulla costituita da ife lasse disposte "a rete" con ampi spazi che facilitano gli scambi gassosi;
- un cortex inferiore (presente quasi esclusivamente nei licheni foliosi) formato da ife appressate.

2.2.3 Strutture talline non riproduttive

Sulla superficie dei licheni possono essere presenti numerose strutture vegetative. Tra le più importanti vi sono:

- **Cefalodi:** strutture contenenti cianobatteri su talli il cui fotobionte è un'alga verde. Hanno un aspetto verrucoso, sono di colore scuro e si trovano sulla superficie del tallo, o più raramente al suo interno.
- **Cifelle e pseudocifelle:** le cifelle sono perforazioni del cortex delimitate da un bordo regolare, praticamente assenti nei licheni italiani. Le pseudocifelle, invece, sono interruzioni del cortex superiore o inferiore e rivestono grande importanza nella determinazione: sono in genere di colore chiaro e possono essere puntiformi (circolari o ellittiche), lineari o reticolate. La loro funzione è di favorire gli scambi gassosi tra lichene e atmosfera.

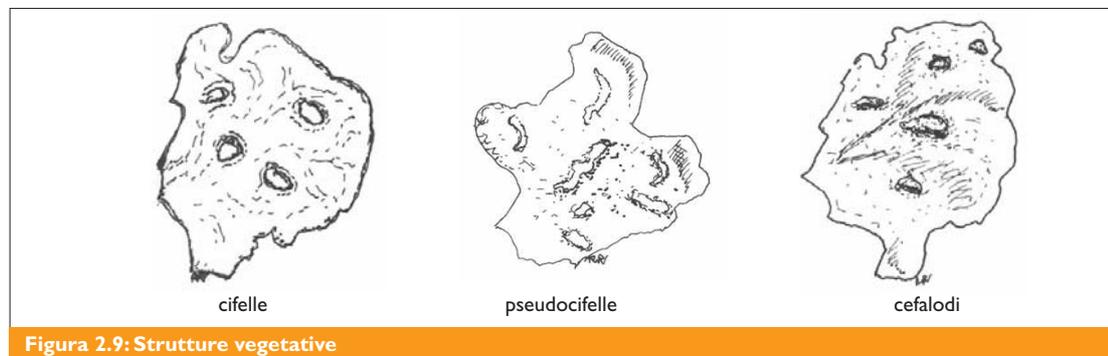


Figura 2.9: Strutture vegetative

- **Ciglia:** strutture filamentose di natura fungina, poste ai margini dei lobi e lungo il bordo delle lacinie.
- **Fibrille:** corte ramificazioni che si sviluppano al margine del tallo o lungo il bordo dei corpi fruttiferi.
- **Peli:** formazioni molto sottili, composte da una singola ifa, presenti talvolta sulla faccia superiore o inferiore del tallo.
- **Pruina:** depositi superficiali di natura cristallina o organica il cui colore può mascherare quello del lichene.
- **Rizine:** strutture originate dal cortex inferiore con funzione di ancoraggio al substrato, presenti nei licheni foliosi. Assumono forme diverse (semplici, ramificate, a pennello) di importanza tassonomica.

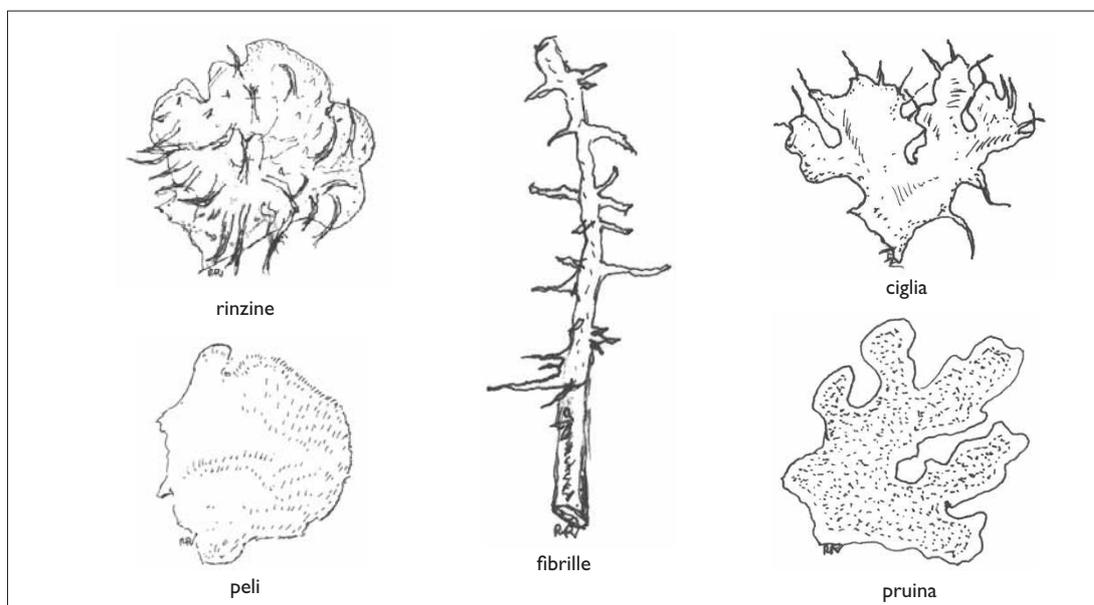


Figura 2.10. Strutture vegetative

2.3 Riproduzione

La riproduzione nei licheni è riconducibile a due principali strategie: moltiplicazione vegetativa e riproduzione sessuata.

2.3.1 Moltiplicazione vegetativa

All'interno del tallo, l'alga si riproduce attivamente solo per via agamica. La moltiplicazione vegetativa del lichene avviene sia tramite frammentazione del tallo, sia mediante propaguli specifici contenenti sia il fungo che l'alga. I principali tipi di propaguli sono:

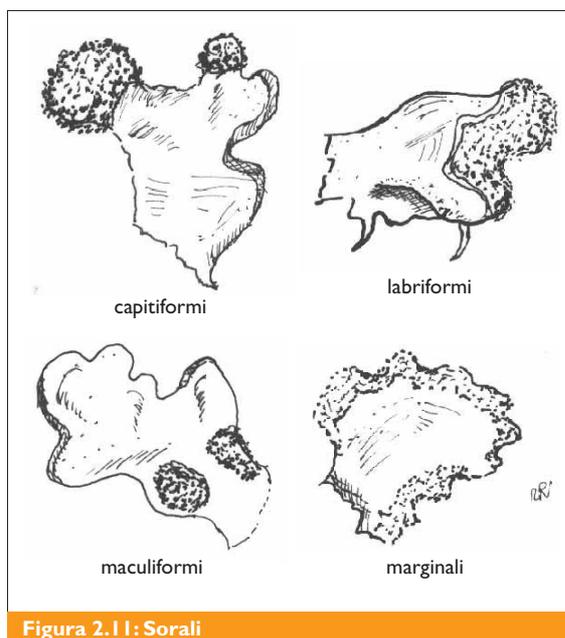


Figura 2.11: Soralia

La moltiplicazione vegetativa del lichene avviene sia tramite frammentazione del tallo, sia mediante propaguli specifici contenenti sia il fungo che l'alga. I principali tipi di propaguli sono:

Soredi: piccoli propaguli formati da ife e alghe, privi di strato corticale. I soredi originano a livello degli strati algale e medullare e sono gruppi di alghe avvolti da ife. Essi erompono dallo strato corticale. I soredi hanno in genere aspetto pulverulento (soredi farinosi) o granuloso (soredi granulosi), e non sono mai corticati. Quando determinate porzioni del tallo sono deputate alla produzione di soredi, esse prendono il nome di soralia. I **soralia** possono assumere le seguenti forme: capitiformi (a capocchia su lobi ascendenti), maculiformi (a forma circolare), lineari (di forma allungata, spesso ai margini dei lobi o lungo pseu-

docifelle lineari), labriformi (sulla faccia inferiore di lobi sollevati), a cappuccio (all'interno del lobo che si lacera e diviene convesso all'apice).

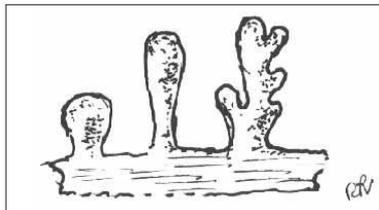


Figura 2.12: Isidi

Isidi: estroflessioni talline costituite dal cortex superiore e dallo strato algale, che si frammentano alla base. Possono assumere diverse forme: ovali, digitiformi, coralloidi, clavati, appiattiti. Al contrario dei soredi, gli isidi sono sempre corticati.

2.3.2 Riproduzione sessuata

La riproduzione sessuata interessa esclusivamente il fungo e avviene tramite la produzione e la dispersione di spore, contenute in strutture sacciformi dette aschi. Gli aschi, frammisti ad ife sterili (parafisi), formano lo strato fertile (imenio), e contengono un numero di spore variabile da una a diverse centinaia, generalmente otto. Le spore sono un importante carattere sistematico: possono essere ialine o colorate, unicellulari o pluricellulari, diritte o ricurve. Una volta disperse dal vento, dall'acqua o da altri fattori, esse daranno vita a talli lichenici qualora trovino un'alga "adatta" al momento della germinazione. In alcuni casi, già all'interno dei corpi fruttiferi, cellule algali si associano alle spore, favorendo quindi la formazione di nuovi talli lichenici.

I licheni, giunti a maturità, producono sul tallo dei piccoli organi riproduttivi di cui i fondamentali sono il peritecio e l'apotecio.

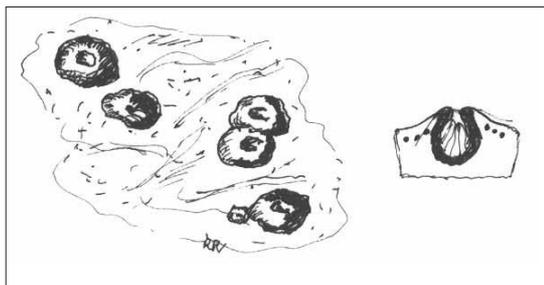


Figura 2.13: Peritecio

Peritecio: è una struttura a forma di fiasco, più o meno affossato nel tallo, al cui interno vi sono parafisi e aschi, apertesi per un poro apicale (ostiole).

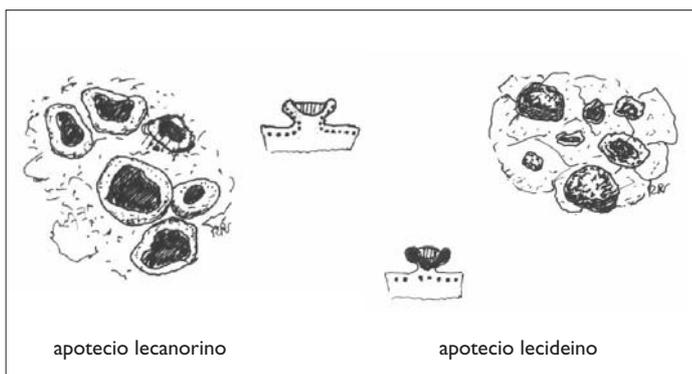
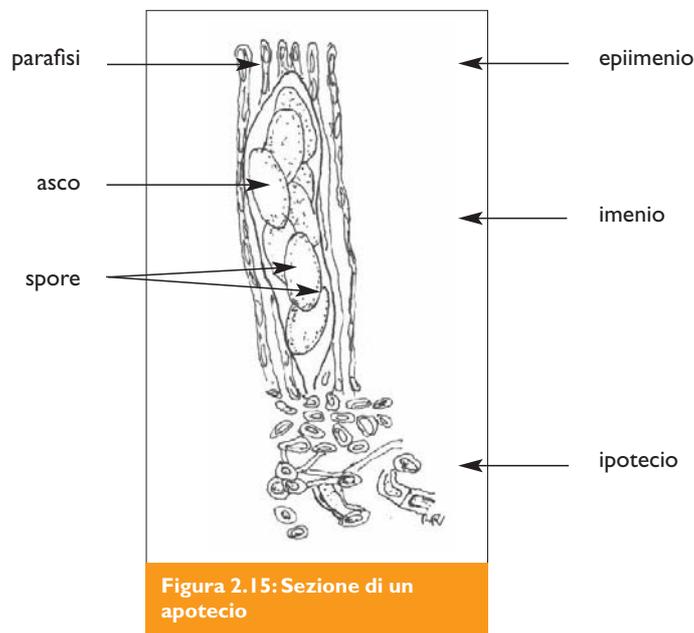


Figura 2.14

Apotecio: ha forma di disco piatto, concavo o convesso; può essere sessile, peduncolato o portato su strutture erette come i podezi. Nell'apotecio si distinguono un disco (formato dall'imenio) e un margine. Il margine può essere di colore diverso dal disco e contenere alghe (apotecio lecanorino), oppure di colore simile al disco e privo di alghe (apotecio lecideino).

In sezione, nell'apotecio si distinguono le seguenti strutture anatomiche (dall'alto in basso):

- epiimenio: sottile strato che comprende la parte apicale delle parafisi, spesso colorata.
- imenio: strato contenente gli aschi; per lo più incolore.
- ipotecio: strato sottostante l'imenio. Esso è ben distinguibile soprattutto quando è di colore diverso dall'imenio.



I picnidi sono organi apparentemente simili a piccoli periteci: hanno struttura a fiasco, o a sfera, e all'interno vi sono delle ife che all'apice liberano i conidi (o spermogoni, o picnidiospore), simili a piccole spore, che probabilmente fungono da elemento maschile nella fecondazione.

2.4 Licheni come bioindicatori

I licheni sono particolarmente sensibili agli stress ambientali, specialmente per quanto riguarda l'inquinamento, l'eutrofizzazione e i cambiamenti climatici (Galun, 1988; Richardson, 1992; Nash, 1996). Le ragioni principali sono:

- l'assorbimento delle sostanze, da parte dell'intera superficie del lichene avviene esclusivamente attraverso l'atmosfera;
- diversamente dalle piante superiori i licheni non hanno la cuticola (strato con prevalente funzione protettiva); gli inquinanti possono quindi penetrare inalterati all'interno delle cellule fungine e algali;
- i licheni hanno un lento tasso di accrescimento e scarsa capacità di riparare rapidamente ad eventuali danni;
- durante i periodi con più umidità i licheni aumentano la loro attività metabolica;
- i licheni continuano a metabolizzare a basse temperature, per questo possono anche subire danni durante i periodi invernali;
- le influenze esterne (come l'inquinamento atmosferico) possono gravemente danneggiare la fragile associazione simbiotica che li caratterizza.

I primi studi sulla sensibilità dei licheni all'inquinamento atmosferico risalgono al secolo scorso, ma solo da alcuni decenni essi sono stati utilizzati come biomonitor su larga scala, grazie alla disponibilità di misure dirette dell'inquinamento, indispensabili per quantificare le relazioni tra concentrazione atmosferica di sostanze dannose e risposta biologica. Attualmente, l'utilizzo dei licheni come biomonitor è diffuso in quasi tutte le principali città dell'Europa centro-settentrionale e in molti paesi, tale tecnica è ormai diventata un'attività di routine.

Nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico complessivo, i licheni, permettono di realizzare indagini ambientali scientificamente valide e complete. Essi, infatti, possono essere impiegati sia come bioindicatori (correlando determinate intensità di disturbo ambientale a variazioni del loro aspetto esteriore e della loro copertura) sia come bioaccumulatori (sfruttando la loro capacità di assorbire sostanze dall'atmosfera).

Le alterazioni indotte dall'inquinamento atmosferico sui licheni epifiti, si possono manifestare a tre differenti livelli:

- fisiologico, con generale depressione della fotosintesi e della respirazione cellulare (per danneggiamento della clorofilla, nonché un'evidente riduzione della fertilità). In situazioni di inquinamento particolarmente accentuato è frequente osservare anche la modificazione della permeabilità agli ioni delle membrane cellulari, accompagnata da una riduzione della fissazione del CO_2 durante il processo fotosintetico. Studi ecologici in campo e ricerche di laboratorio hanno dimostrato che l'anidride solforosa è tra gli inquinanti più dannosi per i licheni. La diversa sensibilità delle specie licheniche all'anidride solforosa è imputabile a diversi fattori: superficie disponibile per gli scambi gassosi, velocità di idratazione e idrorepellenza del tallo, attività metaboliche, pH e capacità tamponante del substrato;
- morfologico, con evidente scolorimento e modificazione della forma del tallo. In generale, avvicinandosi alle sorgenti inquinanti, si assiste ad un progressivo peggioramento delle condizioni di salute del lichene;
- ecologico, con generale diminuzione della copertura di specie e alterazione della comunità lichenica.

In zone densamente antropizzate si assiste spesso ad una modificazione della flora lichenica locale legata:

- alla riduzione del numero totale di specie;
- alla diminuzione del numero di individui appartenenti a ciascuna specie.

Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche sono difficilmente quantificabili e spesso di difficile interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici, riferibili ai diversi livelli di inquinamento atmosferico.

2.5 Ecologia e distribuzione dei licheni

Grazie alle loro caratteristiche morfologiche e fisiologiche i licheni possono insediarsi su vari tipi di substrati: sul terreno (licheni terricoli), sui muschi, sui tronchi e sui rami degli alberi (licheni epifiti), sulle superfici rocciose (licheni sassicoli) e su varie superfici prodotte dall'attività umana (come asfalto, cemento, tegole, cuoio).

Alcune specie possono crescere indifferentemente su diversi substrati, mentre altre sono strettamente legate ad un substrato preciso. Lo sviluppo dei licheni è inoltre condizionato anche dalla struttura della superficie di crescita (rugosità, porosità) e dalla sua composizione chimica. Ogni specie ha un intervallo preciso di tolleranza all'acidità nonché alla luminosità e all'umidità del substrato.

sparati e di adattarsi anche a condizioni di vita estreme: vivono nelle regioni artiche, in alta montagna, in ambienti desertici, in zone costiere e su lave vulcaniche. Molti sono organismi pionieri, capaci persino di penetrare nel substrato litico grazie alla secrezione di composti acidi in grado di disgregare le matrici rocciose. La resistenza dei licheni a condizioni di vita proibitive è da ricondurre alla loro capacità di passare da uno stato di vita attivo a uno di vita latente (riviviscenza) attraverso una rapida disidratazione del tallo. Tale fenomeno è favorito dalla mancanza di una cuticola che permetta loro di difendersi da stress idrici particolarmente acuti. Prove di laboratorio hanno dimostrato che determinati licheni, una volta disidratati, sono capaci di tollerare temperature pari a -196°C e $+100^{\circ}\text{C}$, e che comunque sopravvivono bene a temperature comprese tra -20°C e $+70^{\circ}\text{C}$. È inoltre sorprendente il fatto che lo stato di quiescenza possa durare a lungo nel tempo, in attesa dell'instaurarsi di nuove condizioni favorevoli in grado di consentire la ripresa delle normali attività metaboliche.

Nonostante la capacità di sopravvivere a condizioni di vita estreme, tuttavia, la maggior parte dei licheni predilige gli ambienti caratterizzati da temperature miti ed elevata umidità atmosferica, tipici delle zone a clima oceanico. Anche le temperature relativamente basse in alta montagna favoriscono la crescita dei licheni, in quanto l'attività fotosintetica raggiunge la sua massima efficienza a temperature intorno ai $10/15^{\circ}\text{C}$ mantenendosi comunque elevata intorno agli 0°C . In questi ambienti molte specie possono così conquistare posizioni dominanti rispetto ad altri vegetali.

3. La metodica

3.1 Generalità sul sistema di campionamento

3.1.1 Obiettivi

Il sistema di campionamento dell'indagine sulla Biodiversità Lichenica (BL) è basato su una selezione del campione oggettiva, documentata, riproducibile e coerente con gli scopi dell'indagine. La distribuzione spaziale del campione e le sue dimensioni tengono conto delle esigenze connesse al mappaggio e della variabilità dei dati, considerando sia quella all'interno di una stessa unità di campionamento, sia quella tra unità di campionamento diverse. Entrambe queste informazioni sono state desunte da vari studi condotti a livello regionale e provinciale in Italia.

Il sistema di campionamento proposto è stato inoltre 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 subcomunale a regionale.

3.1.2 Caratteristiche principali

La popolazione di interesse dell'indagine (*target population*) è costituita dai valori di BL di celle territoriali di forma e superficie definita. Il sistema di campionamento si basa su un insieme di Unità di Campionamento Primarie (UCP), costituite da un campione del totale delle celle territoriali costituenti la popolazione di interesse, e di Unità di Campionamento Secondarie (UCS), da selezionare all'interno delle UCP (cfr. paragrafi 3.2.1 e 3.2.2). UCP ed UCS sono quindi porzioni di territorio con superficie e forma definite all'interno

delle quali, seguendo procedure standard, vanno individuati gli alberi su cui eseguire il rilevamento della Biodiversità Lichenica. UCP ed UCS hanno lo scopo di assicurare l'uniformità di selezione e l'omogeneità della distribuzione del campione. La forma delle UCP è quadrata, le loro dimensioni variano, a seconda delle scale territoriali, da 1x1 km a 250x250 m. Ai fini di questo manuale, la rete nazionale di biomonitoraggio è costituita da UCP di 1x1 km distanziate fra loro di 18 km (Fig. 3.1). La densità delle UCP che costituiscono la rete nazionale è stata definita sulla base di studi pilota. La lista delle UCP di interesse nazionale, definite dalle coordinate del punto centrale, viene fornita in appendice. Gli alberi da campionare in ciascuna UCP, vengono selezionati all'interno delle UCS (cfr. paragrafo 3.4.4) individuate internamente alle UCP.

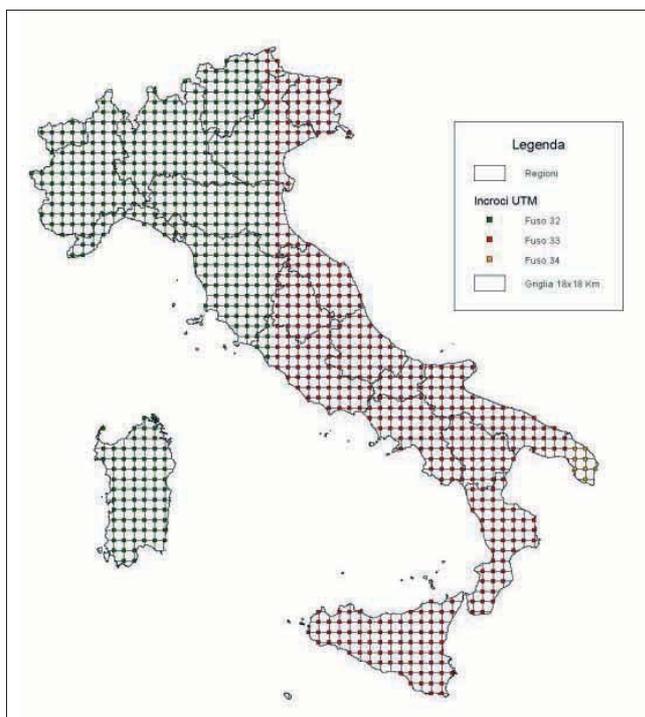


Fig. 3.1: Rete Nazionale. Stazioni di rilevamento di 1 km² distribuite sul territorio secondo un criterio statistico ed individuate da una griglia 18x18 km

3.2 Disegno di campionamento

3.2.1 Unità di Campionamento Primarie (UCP)

Forma e dimensioni

Le UCP sono rappresentate da aree di forma quadrata di dimensioni variabili da 1×1 km (nel caso di indagini con estrazione del campione di UCP in base a una griglia da 1×1 km, come per la rete nazionale) a 250×250 m (per indagini a scala locale con estrazione del campione secondo una griglia di 250×250 m). Di seguito si farà riferimento alle UCP chilometriche.

Selezione e codificazione

In Italia ci sono nominalmente 301.249 celle di 1 km^2 dalle quali estrarre il campione per l'indagine di BL. Nella rete nazionale la selezione delle UCP avviene in maniera sistematica utilizzando una griglia di 18×18 km che si sviluppa seguendo le direzioni Nord Est Sud Ovest. Applicando tale griglia alle coordinate dei punti centrali dei quadrati di 1 km^2 si ottiene il campione di UCP su cui effettuare i rilievi, per un totale di 929 (Fig. 3.1). Ciascuna UCP è definita dalle coordinate del suo punto centrale e da un codice (numerazione progressiva da 001 a 929). Le coordinate e la numerazione delle UCP di interesse nazionale comprese in ciascuna regione sono riportate in appendice.

Per studi che richiedano una maggiore densità del campione sarà sufficiente scegliere un passo di maglia che sia sottomultiplo di 18. In questo modo l'insieme di stazioni individuate comprenderà anche quelle di interesse nazionale che ricadono nel territorio indagato.

Alberi da campionare in ciascuna UCP

In ciascuna UCP viene selezionato un campione di alberi compreso tra 1 e 12, a seconda della disponibilità di alberi in possesso delle caratteristiche di rilevabilità. Gli alberi saranno selezionati all'interno delle UCS (vedi di seguito).

3.2.2 Unità di Campionamento Secondarie (UCS)

Forma e dimensioni

Le UCS sono costituite da aree circolari di **raggio pari a 125 m** e superficie di circa 4,9 ha ($0,049 \text{ km}^2$) che costituiscono un sottocampione di ciascuna UCP (Fig. 3.2). Lo scopo delle UCS è di conferire maggiore robustezza al dato di BL, indagando omogeneamente il territorio dell'UCP stessa. In ciascuna UCP di 1 km^2 vengono installate 4 UCS, una per ciascun quadrante (NE, SE, SW e NW). Con una tale suddivisione della UCP è possibile integrare reti di monitoraggio a diverse scale (Fig. 3.2) (vedi anche Fig. 3.6).

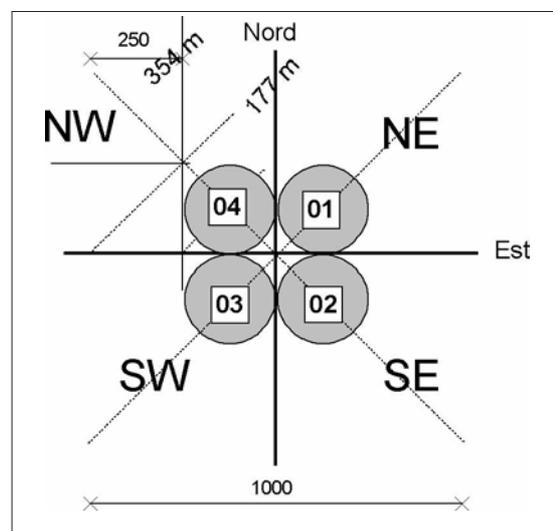


Fig. 3.2: Schema delle UCS e della loro disposizione teorica all'interno dell' UCP

Direzione	Distanza dal centro UCP (m)	
	177	531
Nord-Est (45°)	01	11
Sud-Est (135°)	02	12
Sud-Ovest (225°)	03	13
Nord-Ovest (315°)	04	14

Tabella 3.3: Codici da attribuire alle UCS in funzione della direzione azimutale sulla quale sono state impostate e della loro distanza dal centro della UCP

Selezione e codificazione delle UCS

La selezione delle UCS si svolge procedendo dal quadrante NE in senso orario sino al quadrante NW della UCP.

Il centro delle UCS è situato ad una distanza di 177 m¹ da quello della UCP sulle direzioni azimutali di 45° (Nord-Est)-135° (Sud-Est)-225° (Sud-Ovest)-315° (Nord-Ovest). L'UCS localizzata sulla direzione NE prende il codice 01, quella sulla direzione SE il codice 02, quella sulla direzione SW il codice 03 e quella sulla direzione NW il codice 04. qualora fosse necessario sostituire una UCS su una posizione diversa dello stesso quadrante (cfr. paragrafo 3.4.6) la nuova UCS prende il codice 11, 12, 13,....., 41, 42, 43 a seconda che il quadrante interessato sia NE, SE, SW o NW rispettivamente (Fig. 3.6).

3.3 Pianificazione del lavoro di campo

3.3.1 Determinazione delle UCP da monitorare

L'individuazione delle UCP comprese nell'area in studio avviene preventivamente sulla carta, utilizzando la lista di coordinate fornita dall'ANPA (vedi appendice). Ogni UCP è definita da un quadrato di 1 km di lato centrato sull'incrocio delle coordinate geografiche selezionate.

3.3.2 Acquisizione della cartografia

La cartografia di riferimento può essere diversa. Saranno necessarie sia carte a piccola scala per l'identificazione e la rappresentazione della rete nel suo complesso (es. scala 1:2.000.000 per l'Italia; 1:250.000 per le regioni più grandi), sia a grande scala (1:25.000, carte tecniche regionali a 1:10.000 e 1:5.000 secondo la disponibilità) per la localizzazione effettiva delle unità di campionamento sul territorio.

3.3.3 Individuazione delle UCP e delle UCS sulla carta

Sulla carta di riferimento (preferibilmente a scala 1:10.000 o 1:5.000) dovranno essere tracciati i limiti della UCP, delle UCS e delle eventuali sostituzioni (cfr. paragrafi 3.4.5 e 3.4.6). Ai fini pratici si consiglia di utilizzare una sagoma di carta lucida, in scala con la cartografia, in cui siano riportati il centro ed i limiti dell'UCP e delle UCS.

¹ La distanza di 177 m deriva dall'approssimazione di 176,78 m corrispondente alla metà dell'ipotenusa di uno dei 16 quadrati di 250 m di lato in cui è suddivisibile l'UCP di 1 km (Fig. 3.1.3).

3.3.4 *Individuazione dei percorsi di raggiungimento.*

Un'importante operazione da compiere sulla carta è l'individuazione del punto di viabilità più opportuno per iniziare il campionamento. Dovranno essere individuati i percorsi migliori per il raggiungimento delle UCS. In questo modo sarà immediatamente evidente l'esistenza di problemi specifici per l'avvicinamento e la realizzazione della UCP. Si dovrebbe considerare la possibilità di contattare persone esperte dei luoghi in oggetto (es. Corpo Forestale, Comunità Montane, etc.).

3.4 **Installazione delle UCP/UCS**

3.4.1 *Individuazione delle UCP/UCS*

Una volta selezionate sulla carta le UCP, la squadra di rilevamento inizia l'avvicinamento alla UCP. E' opportuno fornire una descrizione scritta sul percorso effettuato per l'avvicinamento al punto di viabilità più vicino alla UCP e le coordinate del punto di viabilità stesso. Questo faciliterà il lavoro nel caso di indagini successive.

3.4.2 *Georeferenziazione delle UCS*

Georeferenziazione mediante GPS

Ogni punto centrale di UCS deve essere verificato, posizionato e georeferenziato. Questa operazione può essere effettuata con apparecchiatura GPS (*Global Positioning System*). Per i dettagli sulle prestazioni del GPS in territori forestali si veda la scheda a pag. 22 o per maggiori approfondimenti Scrinzi et al. (2000) e Floris e Scrinzi (1995).

Georeferenziazione mediante poligonale

In assenza di GPS, il raggiungimento di un punto di coordinate definite può avvenire tramite l'esecuzione di una poligonale a partire da un caposaldo, in altre parole di un punto riconoscibile in cartografia e di cui devono essere definite con precisione le coordinate (es. angolo di un edificio, caposaldo trigonometrico IGM etc.). Dettagli su come eseguire correttamente una poligonale sono riportati da Castellani et al. (1983). L'esecuzione di una poligonale, tuttavia, non è un'operazione banale ed è soggetta ad errori talvolta non trascurabili. Anche per la fase di individuazione è opportuno compilare una monografia con la descrizione del percorso fatto per spostarsi dal punto di viabilità al centro della UCP (Modello UCP-Monografia Individuazione).

3.4.3 *Delimitazione delle UCS*

Non è necessario identificare permanentemente sul terreno il punto centrale della UCP. Tuttavia è necessaria un'identificazione provvisoria (es. una pietra o un bastone) che permetta la successiva identificazione delle UCS. Una volta identificato il centro, anche in questo caso non è necessario identificare permanentemente sul terreno i limiti delle UCS, salvo dove vi siano dubbi sull'inclusione di alberi (es. alberi posti al limite dei 125 m). In molti casi, infatti, potrà essere immediatamente verificabile se ci sono alberi campionabili nel raggio di 125 m dal centro dell'UCS. Laddove necessario, tuttavia, a partire dal centro verrà misurato il raggio di 125 m, procedendo con l'ausilio di un GPS o di una rotella metrica.

Il sistema G.P.S.

Estratto da "APPLICAZIONI DEL GPS NEL CAMPO FORESTALE", Giovanni Preto - Monti e boschi, Anno XLVIII, N 4, Lug. - Ago. 97

Le stazioni riceventi GPS sono in grado di stimare la propria posizione tridimensionale attraverso un numero ripetuto di misurazioni delle distanze rispetto ad almeno 4 satelliti. Per ridurre le limitazioni di precisione (valutabili in errori planimetrici dell'ordine di 50-100 m), che erano state introdotte dal Ministero della Difesa degli Stati Uniti, è stato introdotto il sistema differenziale (DGPS), basato sull'utilizzo di un ricevitore addizionale, denominato "stazione base", collocato in una posizione di coordinate note, stabilite con precisione attraverso accurate misurazioni geotopografiche. Attraverso il sistema DGPS si realizza un significativo miglioramento dell'accuratezza (circa 10 volte maggiore rispetto al normale GPS), ma questo comporta un notevole aggravio dei costi sia per la gestione delle strumentazioni fisse e mobili, che per la necessità di personale qualificato. Ai fini pratici è importante sottolineare quello che è attualmente operativo e facilmente applicabile alla pratica forestale corrente, tenendo ben presenti tutti i requisiti necessari per conseguire i livelli di accuratezza e i costi complessivi richiesti in rapporto ai benefici attesi.

Con un GPS portatile, dotato di sufficiente autonomia di funzionamento, in grado di fornire le letture direttamente in coordinate UTM, con una bussola ed un altimetro si possono eseguire rilievi forestali speditivi a costi molto contenuti e cartografare, su tavolette 1:25.000 o sulle carte 1:50.000 e 1:100.000, con sufficiente accuratezza. Operando in zone sufficientemente aperte, dove sia possibile ricevere i segnali di 4 satelliti, gli errori planimetrici possono essere contenuti entro 25 m, mentre per la determinazione delle quote, essendo l'errore superiore di 2-3 volte quello planimetrico, è preferibile far ricorso a buoni altimetri tarati con frequenza. Molti GPS portatili hanno la possibilità di memorizzare un elevato numero di punti significativi e con le normali carte UTM si possono quindi registrare dei capisaldi, controllando lo scarto esistente tra le letture GPS e le coordinate cartografiche, in modo da evitare errori grossolani ed avere una maggior precisione nei rilievi. Quando viene richiesta una accuratezza raggiungibile solo mediante GPS differenziale, i costi sostenuti per la strumentazione necessaria, il tempo e il personale richiesto per effettuare le correzioni ed elaborare i dati si giustificano solo in lavori che richiedano una precisione elevata (scale di notevole dettaglio) o in zone dove i riferimenti cartografici siano così scarsi da rendere difficili le misurazioni topografiche con gli strumenti tradizionali.

3.4.4 Individuazione e georeferenziazione degli alberi da monitorare

All'interno delle UCS, la scelta degli alberi su cui effettuare il rilevamento è basata sul criterio oggettivo di distanza dal centro della UCS stessa. Verranno selezionati i 3 alberi più vicini al centro dell'UCS che presentino i requisiti standard previsti dal protocollo. Si considerano interni alla UCS anche gli alberi situati sulla linea del perimetro. Ciascun albero campione dovrà essere georeferenziato secondo le procedure già descritte nel paragrafo 3.4.2. È opportuno riportare sulla scheda di campionamento una mappa schematica dell'UCS per facilitare il ritrovamento degli alberi in campagne successive.

Numero minimo di alberi per singola UCS

Per essere rilevabile, è necessario che un UCS abbia almeno **1 albero** nelle condizioni di rilevabilità.

Per essere considerata rilevabile è necessario che ogni UCP abbia almeno 1 UCS rilevabile. Se tra le UCS una sola è rilevabile questa deve avere 3 forofiti.

NOTA: per studi locali il numero minimo di alberi per UCS ed UCP può subire variazioni in funzioni delle necessità e degli scopi a livello locale.

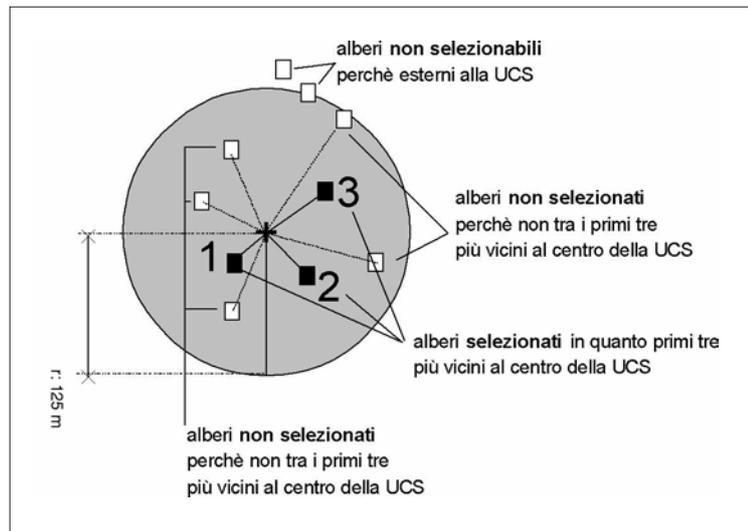


Fig. 3.3: Esempio di selezione degli alberi all'interno dell'UCS

3.4.5 Sostituzione dell'UCP

Ovvia assenza di condizione idonee al rilevamento in tutta l'UCP

Quando è possibile stabilire sulla carta che tutta la UCP non è rilevabile (es. laghi, coltivazioni particolarmente estese, luoghi comunque esplicitamente inaccessibili), non è necessario effettuare un sopralluogo dettagliato, ma occorre spostare l'UCP secondo i criteri descritti nel paragrafo successivo. In questo caso deve comunque essere riempito il modulo UCP-Spostamento con i motivi che hanno reso necessario lo spostamento.

Spostamento delle UCP

È possibile attribuire potenzialmente un valore di BL a tutte le UCP e quindi tutte le UCP sono considerate rilevabili. L'effettiva rilevabilità è però condizionata dalla presenza di un numero di alberi dalle caratteristiche che li definiscono "campionabili" e che consentano l'installazione delle UCS, o dalla situazione ambientale locale. E' quindi possibile che in alcune UCP non si possa procedere al rilevamento. In tali casi è possibile spostare l'UCP originaria su una cella territoriale contigua. La ricerca di UCP alternative è limitata alle 8 celle territoriali di 1 km di lato contigue a quella originariamente selezionata, per limitare un'eccessiva distorsione della geometria dello schema di campionamento.

La procedura di spostamento consiste nella ricerca di condizioni di rilevabilità in ciascuna delle 8 celle contigue alla UCP originaria, secondo la sequenza Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ovest, Ovest, Nord-Ovest (senso orario) (Fig. 3.4). Per ciascuna cella delle 8 contigue alla UCP originaria si ripete la ricerca delle condizioni di rilevabilità per installa-

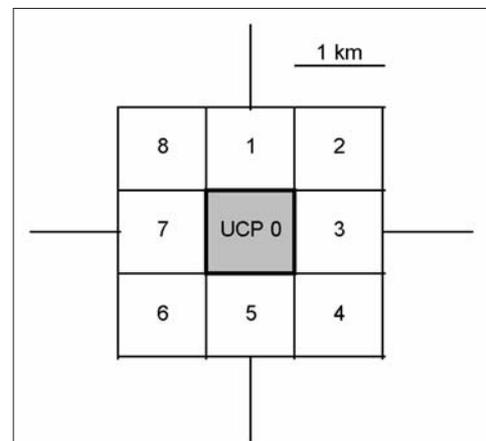


Fig. 3.4: Ordine di effettuazione degli spostamenti della UCP qualora quella originariamente selezionata (UCP 0) risultasse non campionabile. I numeri 1-8 indicano la progressione dei tentativi

re le UCS descritte nella relativa sezione di questo manuale. Non appena si incontrano le condizioni di rilevabilità, la cella può venire utilizzata come nuova UCP. Se ciò non risultasse possibile in nessuna cella, la cella territoriale risulterà non campionabile e non avrà nessuna attribuzione diretta di BL.

3.4.6 Sostituzione delle UCS

Ovvia assenza di condizione idonee al rilevamento in una UCS

Può verificarsi il caso in cui il centro della UCS cada in una situazione inaccessibile (es. corsie autostradali, impianti militari, formazioni rupestri). In questo caso non è necessario raggiungere materialmente il centro della UCS. Si procede sostituendo l'UCS secondo le modalità riportate di seguito.

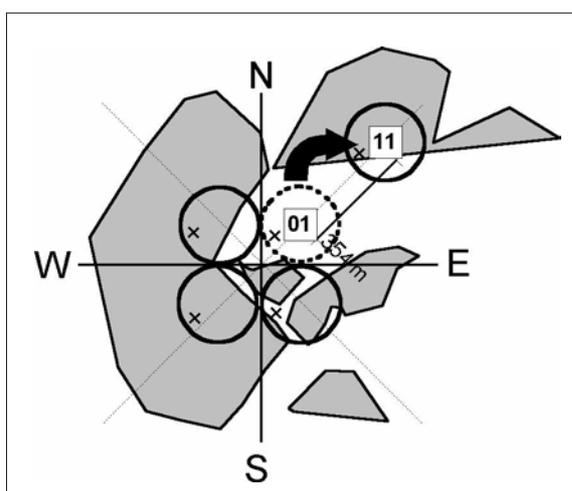


Fig. 3.5: Esempio di spostamento di UCS al venir meno delle condizioni di rilevabilità (schematizzate dalla retinatura) nella prima possibile opzione (01, in tratteggio). Al momento in cui esistono le condizioni di rilevabilità nella nuova posizione (11, linea continua) posta a 354 m dalla prima, è possibile installare l'UCS.

Procedura in caso di assenza di condizioni di rilevamento su una, due o tre UCS

Può accadere che una (o più) UCS in cui apparentemente esistevano le condizioni di rilevabilità, alla verifica risultino sprovviste di alberi rilevabili. In questo caso, è possibile spostare il centro della UCS di 354 m nella direzione azimutale iniziale² e ripetere la procedura (Fig. 3.5). Se su questo nuovo centro è possibile impostare una UCS in cui siano soddisfatte le condizioni di rilevabilità, si procede con il rilevamento e l'UCS riceve il codice 11 (quadrante NE; settore alto a dx). Se anche in questo caso non vi sono le condizioni di rilevabilità, si procede con ulteriori spostamenti secondo la successione riportata in Fig. 3.6 (11 > 12 > 13). Se, alla fine delle ispezioni nei casi 11, 12 e 13 (Fig. 3.6), le condizioni di rilevabilità non risultano soddisfatte, si abbandona il quadrante e si passa a quello successivo.

Questa procedura di sostituzione va adottata in ogni caso quando non si manifestino le condizioni di rilevabilità sulle UCS originariamente identificata.

Una UCP sarà considerata rilevabile se almeno su uno dei quattro quadranti sarà possibile installare una UCS. Tuttavia, il fatto di incontrare tali condizioni subito al primo quadrante (es. in uno dei settori 01, 11, 12, 13) non esime dall'esaminare le eventuali altre possibile UCS nei quadranti rimanenti. Similmente, non è accettabile installare più di una UCS per quadrante (sono escluse ovviamente le indagini basate su celle 500x500m).

² La misura di 354 m rappresenta il doppio di 177 m e serve a consentire il posizionamento della UCS al centro di uno dei 16 quadrati di 250 m di lato in cui è suddivisibile l'UCP. Il nuovo centro della UCS si verrà quindi a trovare a 531 m (177+354) dal centro della U.

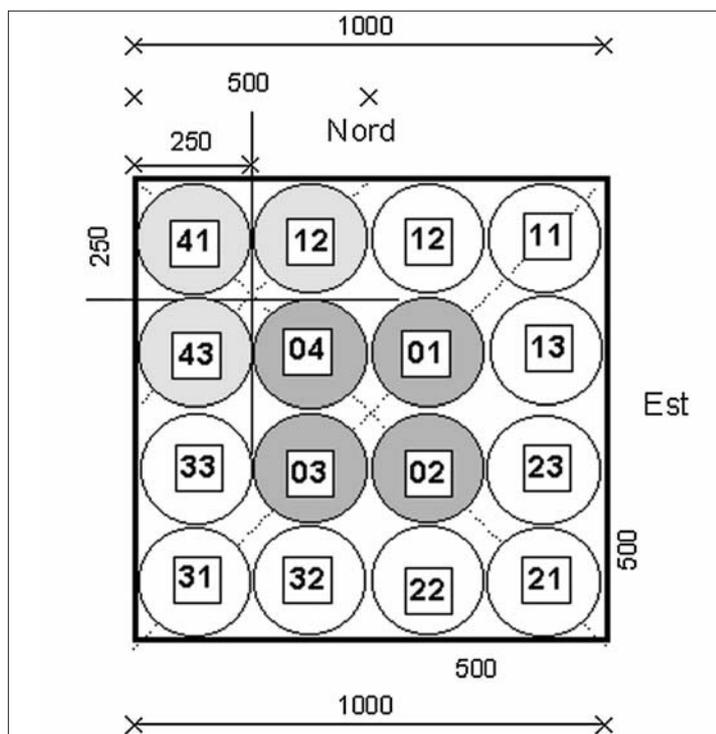


Fig. 3.6: Schema completo di tutte le possibili posizioni delle UCS di prima selezione (01-04, in grigio scuro) o spostate allorquando non sia possibile l'installazione nella prima selezione (11-13; 21-23; 31-33; 41-43, in bianco). Nel quadrante in alto a sinistra è riportato l'esempio di come sia possibile integrare questo schema in reti di monitoraggio locali basate su celle di 500 o 250 m di lato (grigio chiaro). Con celle di 500 m di lato è ancora replicabile il sistema delle UCS: nella figura le UCS 04, 41, 42, 43 diventerebbero anche le UCS della cella 500x500. Con celle di 250 m di lato non è più possibile replicare il sistema di 4 UCS, ma rimane la possibilità di averne una sola localizzata al centro della cella, in uno schema geometrico coerente ai casi precedenti di celle di 500 m ed 1 km

Procedura standard in caso di assenza delle condizioni necessarie al rilevamento su tutte le possibili UCS

In caso di assenza di condizioni di rilevamento su tutte le 8 possibili UCS, l'intera UCP verrà spostata su una delle celle territoriali contigue (cfr. paragrafo 3.4.5).

3.5 Attività di campagna

Una volta individuato sul campo il centro dell'UCP bisogna verificarne le condizioni di rilevabilità.

3.5.1 Scelta dei forofiti.

Le specie di albero si ripartiscono in due gruppi, distinti in primo luogo dal pH della scorza, ma anche da altri parametri (ritenzione idrica, durezza, tipo di scorza, etc.), come segue:

Specie con scorza subneutra	Specie con scorza acida
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Prunus domestica</i>
<i>Acer platanoides</i>	<i>Olea europaea</i>
<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Ficus spp.</i>	<i>Alnus glutinosa</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Castanea sativa</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Quercus</i>
<i>Juglans spp.</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Populus x canadensis</i>	<i>Quercus cerris</i>
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Betula pendula</i>
<i>Ulmus spp.</i>	<i>Prunus avium</i>
	<i>Tilia spp.</i>

A fini di monitoraggio vanno esclusi alberi con scorza facilmente sfogliabile (es.: *Aesculus*, *Platanus*); si sconsiglia l'uso di *Sambucus* e *Robinia pseudacacia*, con elevata capacità idrica della scorza, e di specie di *Celtis* e *Populus alba*, che mantengono a lungo una scorza liscia scarsamente colonizzabile da licheni; l'utiliz-

zo di *Fagus* è permesso soltanto nella fascia montana, e al di fuori di centri urbani. Studi basati su alberi di gruppi diversi non sono direttamente comparabili.

Preferibilmente, va utilizzata una sola specie d'albero. Quando questo non sia possibile, si può ricorrere ad altre specie nell'ambito dello stesso gruppo. E' preferibile utilizzare alberi del gruppo 2), ed in particolare *Tilia*. In via eccezionale è possibile utilizzare specie di gruppi diversi, ma solo se si riesce ad individuare un congruo numero (almeno 10) di stazioni con tutti i forofiti, per stabilire eventuali trasformazioni dei dati tramite adeguate giustificazioni statistiche.

In ogni caso si tenga presente che:

- PER L'INDAGINE NAZIONALE: le specie forofite possono essere diverse purchè appartenenti allo stesso gruppo
- PER STUDI LOCALI: occorre tenere conto della comparabilità tra le specie forofite.

Gli alberi devono avere le seguenti caratteristiche:

1. inclinazione del tronco non superiore ai 10°, per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate,
2. circonferenza minima di 60 cm, per evitare situazioni con flora lichenica pioniera,
3. assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, gravi malattie della pianta etc.).

Le aree forestali sono campionabili, escludendo però alberi in vegetazione boschiva chiusa, scegliendo alberi siti in radure, margini di formazioni forestali e margini di strade all'interno delle stesse cercando di salvaguardare una distanza di 10 m tra tronchi adiacenti.

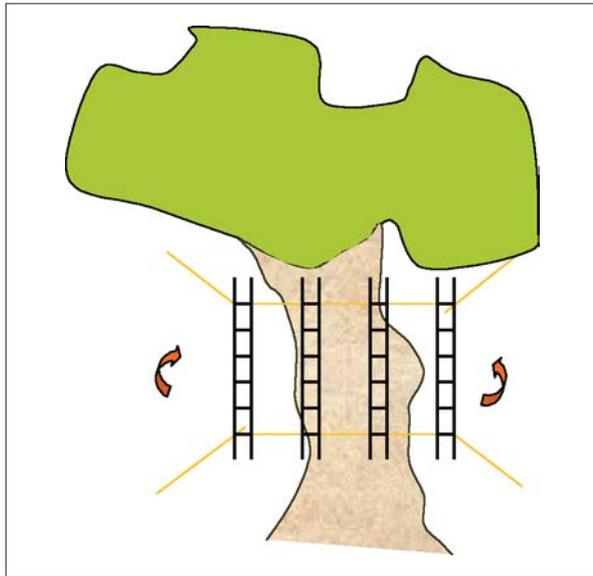
Una volta individuati gli alberi adatti si procede al rilevamento.

3.5.2 Rilevamento

Il reticolo di campionamento è costituito da quattro subunità, ciascuna formata da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm, che devono essere disposte verticalmente sul tronco. La parte inferiore di ciascuna unità deve essere disposta ad un metro dalla superficie del suolo.

In aree particolarmente aride, e specialmente nei centri urbani, la copertura lichenica è spesso ristretta alla base degli alberi (maggiore umidità dovuta all'evaporazione dal suolo). In questi casi il rilevamento è permesso ad altezze sul tronco minori di 100 cm. Questi dati, tuttavia non possono venire elaborati assieme a quelli previsti al punto precedente, ma vanno utilizzati separatamente, nelle forme ritenute più convenienti, per definire ulteriori zonazioni dell'area di studio.

I quattro elementi della griglia devono essere posizionati in corrispondenza dei quattro



punti cardinali. Una rotazione di 20° in senso orario è ammessa per evitare parti del tronco non idonee ad essere campionate (vedi oltre).

Nel posizionare i quattro elementi della griglia vanno evitate, anche se con forte copertura lichenica:

- parti del tronco danneggiate o decorticate,
- parti con presenza di evidenti nodosità,
- parti corrispondenti alle fasce di scolo con periodico scorrimento di acqua piovana,
- parti con copertura di briofite superiore al 25% (eventuali licheni muscicoli vanno comunque considerati nel calcolo della biodiversità).

Per permettere una ripetizione dello studio, nella scheda-stazione vanno riportate, per ogni albero:

- esatta localizzazione dell'albero, utilizzando un sistema satellitare (vedi scheda gps pag. 22), o tramite adeguato riporto cartografico eventualmente corredato da note e disegni schematici,
- esposizione esatta (in gradi) di ciascuna subunità del reticolo,
- altezza dal suolo della base del reticolo,
- circonferenza del tronco a metà reticolo.

Vanno annotate tutte le specie licheniche (inclusi i licheni crostosi sterili) presenti all'interno di ciascuna unità e la loro frequenza, calcolata come numero di quadrati in cui ogni specie è presente (i valori di frequenza di ciascuna specie variano quindi tra 0 e 5); se lo stesso individuo di una specie è presente in più di un quadrato, la sua frequenza è pari al numero di quadrati in cui è presente. Per ogni specie vanno inoltre annotati eventuali segni di evidente danneggiamento dei talli (decolorazione, necrosi, etc.).

Vanno evitati l'asporto ed il danneggiamento dei licheni entro l'area del reticolo, per permettere un'eventuale ripetizione dello studio. Se l'esatta identificazione di una specie richiede analisi in laboratorio, si consiglia di asportare un piccolo campione, quando presente, al di fuori del reticolo. Va comunque evitato l'asporto di specie incluse nella Lista Rossa dei licheni d'Italia (Nimis 1992).

Quando l'identificazione di certi talli sia problematica in campo e/o in laboratorio, si consiglia di includere anche questi nel calcolo della biodiversità come "Sp. nr. x", previo accertamento che non si tratti di forme danneggiate o poco sviluppate di specie già presenti nel reticolo.

Il valore di biodiversità lichenica relativo all'albero campionato (BLs) si ottiene facendo la somma delle frequenze rilevate per ciascuna subunità.

Per ciascuna unità di campionamento (quadrato di 1 km di lato) vanno rilevati da un minimo di 3 ad un massimo di 12 alberi.

3.6 Elaborazione dei dati

3.6.1 Generalità

L'elaborazione dei dati dell'indagine sulla BL ha gli scopi di fornire i valori per i descrittori statistici (medie, mediane, deviazione standard, errori connessi al campionamento) e di permettere la mappatura.

Le elaborazioni che si possono effettuare utilizzando i dati di BL sono molteplici, ma generalmente riconducibili alle seguenti categorie:

- Statistica descrittiva
- Analisi di correlazione
- Analisi multivariata
- Elaborazioni cartografiche

Nei paragrafi seguenti vengono delineati alcuni aspetti generali, fornite le indicazioni per alcuni calcoli di base e identificate le condizioni necessarie per effettuare, in un quadro statisticamente corretto, le elaborazioni la loro restituzione cartografica.

3.6.2 Calcolo del Valore di Biodiversità Lichenica

Il valore di biodiversità lichenica della stazione di campionamento è stimato statisticamente sulla base dei valori rilevati nella stazione stessa.

Il primo passo è sommare le frequenze delle specie rilevate su ciascun albero. Poiché è prevedibile una sostanziale differenza di crescita sui diversi lati del tronco, le frequenze vanno tenute separate per ciascun punto cardinale. Per ciascun albero si otterranno così quattro somme di frequenze (BL_{JN}, BL_{JE}, BL_{JS}, BL_{JW}). In ciascuna stazione si effettueranno le seguenti operazioni:

- 1) sommare, per ciascun rilievo, le frequenze di tutte le specie (BL del rilievo)
- 2) sommare le BL di tutti i rilievi realizzati nello stesso punto cardinale e dividere per il loro numero (BL del punto cardinale).
- 3) sommare le BL dei 4 punti cardinali (BL della UCP).

3.6.3 Cartografia

La cartografia può essere realizzata seguendo due diverse procedure:

- La griglia di riferimento viene riportata sulla carta: il valore di BL della stazione (UCP) viene ricondotto ad una classe di qualità a cui corrisponde un colore riportato sulla carta.
- Può essere utilizzato un programma di mappatura automatica. In questo caso vengono effettuate interpolazioni tra valori contigui. E' necessario fare particolare attenzione all'algoritmo utilizzato poiché aree morfologicamente differenti, o a differente densità di campionamenti, non possono essere trattate con il medesimo algoritmo.

3.6.4 Interpretazione dei dati relativi alle stazioni

I dati relativi alle stazioni non si limitano al solo valore di Biodiversità Lichenica. E' infatti possibile utilizzare i rilievi per ottenere importanti informazioni sulla variazione di diversi parametri ambientali nell'ambito dell'area di studio. Essenzialmente, ci sono due set di dati ricavabili dai dati stazionali:

- 1) per ogni stazione si possono ottenere 4 vettori, ciascuno dei quali è relativo alla frequenza media di ogni specie nei quattro punti cardinali degli alberi rilevati in una stazione;

2) per ogni stazione è possibile calcolare un vettore con la frequenza media di ogni specie su tutti i rilievi della stazione (e quindi senza tenere conto dell'esposizione).

La scelta se utilizzare dati di tipo 1) o di tipo 2) va lasciata all'operatore: essenzialmente i primi vanno utilizzati in tutti i casi in cui si ritiene che l'esposizione sia un fattore importante ai fini dello scopo del lavoro. In ogni caso, comunque, i dati consistono in una matrice delle specie e delle loro frequenze medie. Queste matrici si prestano ai seguenti tipi di analisi:

- un'analisi multivariata (classificazione ed ordinamento) può essere effettuata come nel caso trattato nel paragrafo precedente. In questo caso la classificazione permette di ottenere stazioni con florule simili, e gruppi di specie con simile distribuzione congiunta nelle stazioni; gli ordinamenti permettono di individuare gradienti di variazione floristica, eventualmente correlabili a variazioni di alcuni importanti parametri ambientali (clima, inquinamento, eutrofizzazione, ecc.);
- i dati di frequenza media delle singole specie possono venire utilizzati per redarre delle carte distribuzionali delle specie nell'ambito dell'area di studio, seguendo le stesse procedure adottate per cartografare i valori di Biodiversità Lichenica;
- è possibile interpretare per via indiretta l'ecologia di ciascuna stazione utilizzando gli indici ecologici attribuiti a ciascuna specie. Questi dati possono venire utilmente impiegati sia a scopi cartografici (ad es. carta dell'eutrofizzazione, carta dell'acidità), sia per l'interpretazione degli eventuali ordinamenti di cui al punto 1.

3.6.5 Indici Ecologici

Gli indici ecologici, che più correttamente dovrebbero venir chiamati "valori indicatori ecologici" (*ecological indicator values*), sono delle espressioni numeriche dell'ampiezza ecologica di una data specie rispetto ad un dato fattore ecologico. Essi possono venir espressi da un solo numero, che esprime l'optimum ecologico di una specie, o da più numeri su una scala ordinale, che allora indicano il suo spettro di tolleranza ecologica. Indici ecologici del primo tipo sono stati proposti per i licheni dell'Europa Centrale da Wirth (1991), mentre indici del secondo tipo sono disponibili per tutte le specie di licheni d'Italia nel sistema informativo ITALIC (Nimis, 2000) consultabile in rete all'indirizzo <http://dbiodbs.univ.trieste.it/>. L'uso degli indici ecologici non deve mai avvenire in maniera acritica: in particolare è sconsigliato utilizzare degli indici in aree climaticamente e floristicamente molto diverse da quelle per cui essi sono stati originariamente elaborati. Essi, tuttavia, possono fornire utili informazioni per interpretare l'influsso di diversi parametri ecologici sulle variazioni composizionali della vegetazione lichenica. ITALIC fornisce quattro indici ecologici principali:

1) Indice del pH del substrato (5 stati): 1 - Substrato molto acido (es: scorza di conifera non eutrofizzata), 2 - Substrato subacido (es: scorza di *Quercus petraea*), 3 - Substrato subneutro (es: scorza di Pioppo), 4 - Substrato leggermente basico (es. scorza di Sambuco), 5 - Substrato basico (es: scorza con forti depositi di polveri calcaree);

2) Indice di luce (5 stati): 1 - In situazioni fortemente ombrose (foreste sempreverdi chiuse, imboccature di caverne), 2 - In situazioni ombreggiate (siti esposti a Nord in fitte foreste decidue), 3 - In situazioni con luce diffusa ma scarsa irradiazione solare diretta (esposizioni a nord in boschi aperti, su versanti non esposti a settentrione), 4 - In siti esposti all'irraggiamento solare diretto, ma non esposti a mezzogiorno salvo che a basse inclinazioni della superficie: ad es. superfici suborizzontali esposte al sole), 5 - In siti con alta irradiazione diretta (superfici fortemente inclinate esposte a Sud in zone aperte);

3) Indice di aridità (5 stati, inteso principalmente come indice di umidità): 1 - Igrofiti (in

zone con frequenti nebbie), 2 - Abbastanza igrofiti, 3 - Mesofiti, 4 - Xerofiti (in situazioni secche, ma assenti da luoghi estremamente aridi), 5 - Molto xerofiti;
4) Eutrofizzazione (5 stati): 1 - Nessuna eutrofizzazione, 2 - Eutrofizzazione molto debole, 3 - Eutrofizzazione debole, 4 - Eutrofizzazione relativamente alta, 5 - Eutrofizzazione molto alta.

Di seguito si illustra la procedura per caratterizzare ecologicamente due stazioni diverse tramite gli indici ecologici. La Tab. 3.2 riporta le specie presenti nelle due stazioni (con le frequenze medie arrotondate per eccesso), e, per ogni specie, il range di valori per ciascun indice ecologico.

Tabella 3.2: Caratterizzazione ecologica di due stazioni

Specie	Staz. 1	Staz. 2	pH	Aridità	Luce	Eutrof.
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	0	34	34	45	345
<i>Candelaria concolor</i>	5	0	34	34	45	345
<i>Candelariella reflexa</i>	2	0	34	3	45	45
<i>Lecanora hagenii</i>	2	0	345	345	45	234
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	1	0	2345	34	345	45
<i>Hypogymnia physodes</i>	0	4	123	23	34	12
<i>Parmelia sulcata</i>	0	4	123	23	345	123
<i>Lecanora symmicta</i>	0	3	12	23	34	12
<i>Lecanora expallens</i>	0	3	12	23	34	12

Di seguito si mostra come calcolare la media ponderata dell'indice relativo al pH per la stazione 1. Per ogni classe dell'indice, la frequenza di ciascuna specie va moltiplicata per il valore corrispondente della classe. Si sommano i valori di ogni classe, e poi si sommano i totali parziali così ottenuti.

Specie	1	2	3	4	5	Tot. gen.
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>			5x3	5x4		
<i>Candelaria concolor</i>			5x3	5x4		
<i>Candelariella reflexa</i>			2x3	2x4		
<i>Lecanora hagenii</i>			2x3	2x4	2x5	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>		1x2	1x3	1x4	1x5	
Totale		2	45	60	15	122

Il totale generale va diviso per un numero pari alla somma di tutte le frequenze delle specie nella tabella (v. numeri in grassetto), che in questo caso è pari a 34. Il nostro indice ponderato di acidità per la stazione 1 sarà quindi di $122/34 = 3.6$ (subneutro).

Ripetendo l'operazione per gli altri parametri, e per entrambe le stazioni, si ottengono i seguenti dati:

	pH	Aridità	luce	Eutrof
Stazione 1	3.6	3.6	4.5	3.9
Stazione 2	1.8	2.5	3.7	1.7

Le maggiori differenze tra le due stazioni riguardano l'acidità del substrato e l'eutrofizzazione.

Le medie ponderate degli indici ecologici possono venire utilizzate sia per mappare la loro distribuzione nell'area di studio, sia per interpretare gli ordinamenti. Va comunque sot-

tolineato che si tratta di dati descrittivo-qualitativi, e che la predittività di una media ponderata è tanto meno elevata quanto minore è il numero delle specie coinvolte nel calcolo. In situazioni in cui sopravvivono soltanto poche specie, è consigliabile non utilizzare gli indici ecologici a fini interpretativi.

La Fig. 3.7 (tratta da Badin & Nimis 1996) riporta alcuni esempi di applicazione: essa mostra le carte delle distribuzioni di due specie (*Parmelia subrudecta* e *Hyperphyscia adglutinata*) in provincia di Gorizia, comparandole con le carte degli indici ponderati di acidità ed eutrofizzazione. Si evidenzia come i fenomeni di eutrofizzazione tipici delle aree ad agricoltura intensiva favoriscano la crescita di *Hyperphyscia*, mentre *Parmelia subrudecta* è più legata ad aree con minor tasso di eutrofizzazione, e con pH tendenzialmente più acidi.

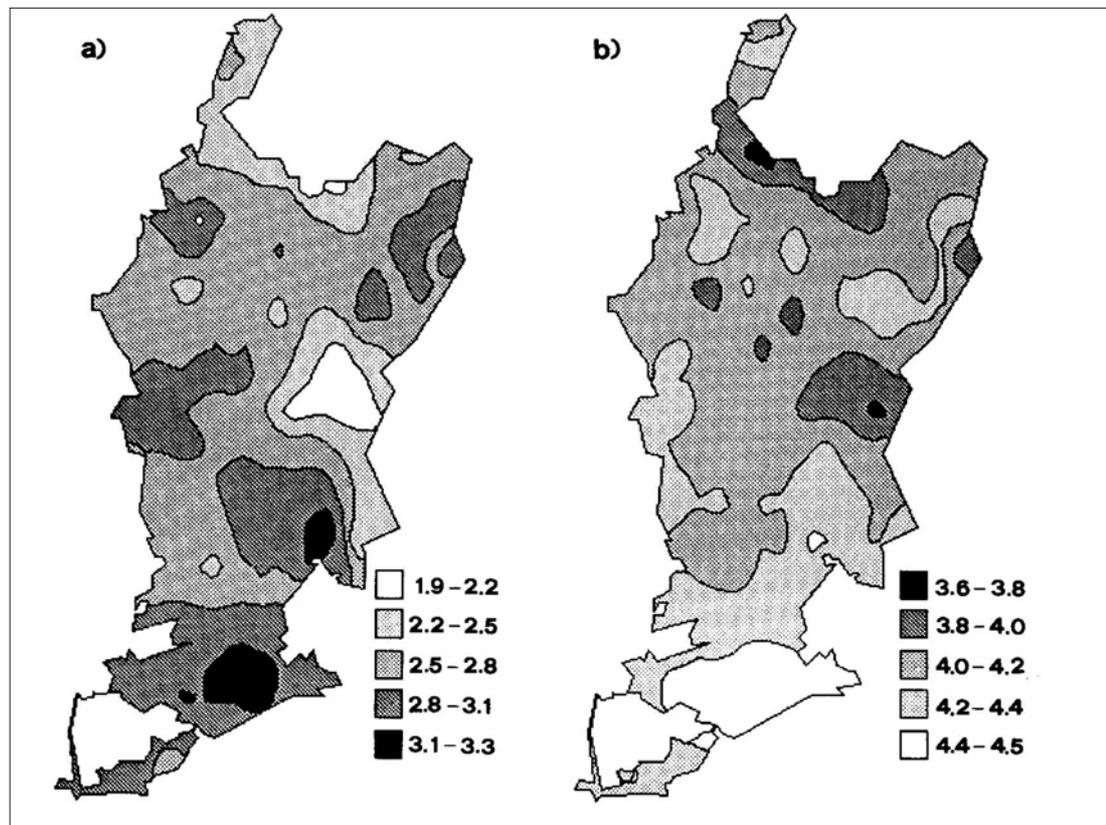


Figura 3.7: Confronto tra la distribuzione di due specie e restituzione cartografica degli indici ponderati di acidità ed eutrofizzazione (Badin & Nimis 1996)

Va sottolineato che, seguendo procedure analoghe, è possibile calcolare indici ecologici ponderati non solo per le singole stazioni, ma anche per eventuali *cluster* di stazioni ottenuti tramite classificazione numerica. In questo caso si utilizza la frequenza media delle specie in un dato *cluster* di stazioni. In questo modo è possibile, semplificando e riducendo notevolmente i calcoli, raggiungere una descrizione sintetica delle principali differenze ecologiche tra gruppi di stazioni.

3.6.6 Individuazione delle comunità licheniche

L'individuazione delle principali comunità licheniche di un'area di studio fornisce utili informazioni sulle condizioni ecologiche prevalenti. E' ovvio che all'interno di una stessa stazione possono essere presenti più tipi vegetazionali diversi, in dipendenza di numerosi fattori, il principale dei quali è l'esposizione sul tronco dell'albero, e quindi la quantità di radiazione solare incidente sul tronco. Variazioni vegetazionali possono essere anche indotte da fenomeni di eutrofizzazione o inquinamento che agiscano differenzialmente in diverse porzioni del tronco, in funzione della localizzazione delle fonti e dei venti dominanti. Dal momento che lo scopo di questa elaborazione non è una generica caratterizzazione delle florule licheniche presenti nelle stazioni, ma la definizione dei tipi di vegetazione in esse presenti, è necessario utilizzare la matrice delle specie e dei singoli rilievi effettuati ai quattro punti cardinali dei tronchi. Si consiglia di sottoporre la matrice a classificazione numerica per individuare gruppi di specie con simile comportamento ecologico e gruppi di rilievi con simile composizione floristica. La scelta delle misure di somiglianza e degli algoritmi di classificazione non può venire consigliata "a priori" in quanto può dipendere dalla struttura dei dati. Generalmente comunque si può lavorare su dati binari, utilizzando il Coefficiente di Correlazione come misura di somiglianza, e l'*Average Linkage Clustering* come algoritmo di classificazione. L'utilizzo del *Single Linkage Clustering* non è consigliabile, in quanto generalmente non permette di ottenere un soddisfacente raggruppamento dei rilievi in gruppi ben distinti. Per l'attribuzione dei gruppi di rilievi a precise unità vegetazionali è necessario consultare la letteratura fitosociologica. In prima approssimazione è comunque possibile distinguere sei unità vegetazionali prevalenti, di cui in Tab. 3.3 si danno le principali specie indicatrici.

- 1) Xanthorion: comunità relativamente eliofile, xerofile, neutro-basifile e nitrofile comuni in ambienti antropizzati ed al lato sud di alberi isolati. Nelle parti del paese in cui l'umidità atmosferica è fattore limitante, alcune di queste specie penetrano anche in ambienti antropizzati, e si rivelano resistenti all'inquinamento atmosferico. Esistono diverse associazioni di Xanthorion, essenzialmente distinte dalla maggiore o minore nitrofilia. Il *Physcietum adscendentis*, più o meno impoverito e con diverse varianti regionali, è l'associazione più diffusa in Italia. Due associazioni particolari, relativamente sensibili all'inquinamento e rare in ambienti fortemente antropizzati, sono il *Parmelietum acetabulae*, caratterizzato da specie come *Parmelia acetabulum*, *Parmelia glabra*, *Parmelia quercina*, *Anaptychia ciliaris*, *Caloplaca ferruginea*, *Bacidia rubella*, ed il *Ramalinetum fastigiatae*, caratterizzato dalla dominanza di specie di *Ramalina*, soprattutto *Ramalina fastigiata* e *Ramalina fraxinea*.
- 2) Parmelion: comunità mesofile e subacidofile, meno xero- e nitrofile dello Xanthorion. Includono specie generalmente più sensibili all'inquinamento, ma che in parti dell'Italia tirrenica sono diffuse anche in aree antropizzate. Su alberi isolati, ed in assenza di forti fenomeni di eutrofizzazione, le comunità di Parmelion tendono ad occupare le parti dei tronchi rivolte a settentrione. La loro presenza è indice di minore eutrofizzazione. Alcune specie (ad es. *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*) sono relativamente resistenti all'inquinamento atmosferico, ma entrano in aree antropizzate soltanto ove lo permettano le condizioni di umidità atmosferica.
- 3) Lobarion: comunità di licheni fortemente igrofilo ed anitrofilo, molto sensibili all'inquinamento e generalmente molto rare o assenti in aree antropizzate. Specie di lobarion possono però essere presenti in stazioni poco inquinate dell'area tirrenica, e generalmente indicano scarsi livelli di inquinamento, di eutrofizzazione e di antropizzazione in genere.
- 4) Lecanorion: comunità di licheni crostosi pionieri su scorza liscia, generalmente su alberi isolati; spesso precedono o si mescolano a specie di Xanthorion. Relativamente frequenti in ambienti antropizzati.

- 5) Graphidion: comunità di licheni crostosi pionieri su scorza liscia, generalmente nell'ambito di boschi, o in ogni caso con maggiori esigenze igriche delle specie precedenti; spesso precedono o si mescolano con specie di Parmelion o di Lobarion. Più rare in ambienti antropizzati-
- 6) Calicion: comunità di superfici raramente bagnate dalla pioggia su scorza fortemente acida o legno in aree naturali o seminaturali a clima umido. La maggior parte delle specie è sensibile all'inquinamento ed entra nel calcolo di indici di lunga continuità ecologica dei boschi. Alcune specie però sono presenti anche in aree relativamente antropizzate.

Tabella 3.3: Principali specie indicatrici di sei tipi principali di vegetazione lichenica epifita

Specie di Xanthorion	Specie di Parmelion	Specie di Lobarion
<i>Caloplaca cerina</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Cetrelia olivetorum</i>
<i>Caloplaca pyracea</i>	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	<i>Degelia plumbea</i>
<i>Candelaria concolor</i>	<i>Normandina pulchella</i>	<i>Dendriscoaulon umhausense</i>
<i>Candelariella reflexa</i>	<i>Parmelia caperata</i>	<i>Fuscopannaria ignobilis</i>
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	<i>Parmelia revoluta</i>	<i>Fuscopannaria mediterranea</i>
<i>Lecania cyrtella</i>	<i>Parmelia saxatilis</i>	<i>Leptogium cyanescens</i>
<i>Lecanora hagenii</i>	<i>Parmelia subaurifera</i>	<i>Lobaria amplissima</i>
<i>Parmelia subrudecta</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Lobaria pulmonaria</i>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Parmelia tiliacea</i>	<i>Menegazzia terebrata</i>
<i>Physcia adscendens</i>	<i>Parmotrema chinense</i>	<i>Nephroma laevigatum</i>
<i>Physcia aipolia</i>	<i>Parmotrema reticulatum</i>	<i>Pachyphiale carneola</i>
<i>Physcia biziana</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Parmelia submontana</i>
<i>Physcia stellaris</i>	<i>Ramalina farinacea</i>	<i>Peltigera collina</i>
<i>Physconia distorta</i>		<i>Sticta fuliginosa</i>
<i>Physconia grisea</i>		
<i>Xanthoria fallax</i>		
<i>Xanthoria parietina</i>		
Specie di Lecanorion	Specie di Graphidion	Specie di Calicion
<i>Arthonia dispersa</i>	<i>Graphis scripta</i>	<i>Calicium viride</i>
<i>Arthonia punctiformis</i>	<i>Lecanora intumescens</i>	<i>Chaenotheca ferruginea</i>
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	<i>Ochrolechia balcanica</i>	<i>Chaenotheca furfuracea</i>
<i>Lecanora allophana</i>	<i>Opegrapha atra</i>	<i>Chrysotrix candelaris</i>
<i>Lecanora argentata</i>	<i>Opegrapha rufescens</i>	<i>Lepraria spp.vv.</i>
<i>Lecanora carpineae</i>	<i>Pertusaria amara</i>	
<i>Lecanora chlorotera</i>	<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	
<i>Lecanora horiza</i>	<i>Pertusaria hymenaea</i>	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Pertusaria pertusa</i>	
<i>Rinodina exigua</i>	<i>Phlyctis argena</i>	
<i>Rinodina pyrina</i>	<i>Pyrenula nitida</i>	
<i>Rinodina sophodes</i>	<i>Thelotrema lepadinum</i>	

Una volta ottenuto il dendrogramma dei rilievi, ognuno dei *cluster* principali va attribuito ad un tipo particolare di vegetazione lichenica. Va sottolineato il fatto che in aree molto omogenee i vari *cluster* spesso corrispondono a diverse facies, più o meno impoverite, della stessa comunità. Una volta effettuata questa operazione, è possibile mappare la presenza delle comunità nell'area di studio, considerando anche la porzione del tronco in cui le varie comunità sono presenti. E' infatti possibile che, con il variare delle perturbazioni ambientali, determinate comunità cambino la loro esposizione sul tronco in diverse parti dell'area di studio. Ad esempio, in aree a bassa eutrofizzazione lo Xanthorion può essere limitato alla porzione esposta a sud dei tronchi, mentre in aree a forte eutrofizzazione esso può estendersi tutt'intorno ai tronchi.

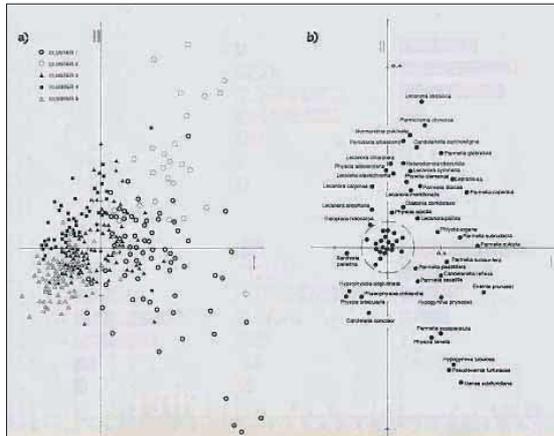


Figura 3.8 a, b: Esempio di interpretazione di un ordinamento reciproco

Un'interpretazione ancora più spinta può essere effettuata tramite ordinamento reciproco della matrice delle specie e dei rilievi. In questo caso i diagrammi di ordinamento permettono di evidenziare i principali gradienti di variazione floristico-vegetazionale nell'ambito dell'universo dei dati. L'interpretazione dei diagrammi di ordinamento può avvenire sulla base di dati "esterni" quali posizione sul tronco (radiazione solare), indici di BL del rilievo o della stazione in cui esso è inserito, indici ecologici di eutrofizzazione, aridità, luce e pH (v. oltre). Nel caso la matrice contenga un grande numero di rilievi (in genere più di cento), è possibile che alcuni programmi non siano in grado

di elaborare gli ordinamenti per raggiunti limiti di memoria. In questo caso è possibile effettuare degli ordinamenti sulla base di una nuova matrice, che riporti, per tutte le specie, le frequenze nei principali cluster ottenuti dalla classificazione (tabella sintetica). In questo caso, infatti, il numero delle righe (specie) rimane uguale, mentre il numero delle colonne si riduce al numero di cluster principali distinti nel dendrogramma dei rilievi.

La Fig. 3.8 tratta da Badin & Nimis (1996) mostra un esempio di interpretazione di un ordinamento reciproco: in Fig. 3.8a i rilievi sono associati simboli relativi ai principali cluster della classificazione; in Fig. 3.8b si mostra l'ordinamento reciproco delle specie, con l'individuazione delle specie indicatrici per i vari cluster; in Fig. 3.9 ad ogni rilievo è associato un simbolo di dimensioni proporzionali al suo valore di Biodiversità Lichenica: si evidenzia un gradiente di progressivo impoverimento della vegetazione lichenica sul primo asse (da destra a sinistra).

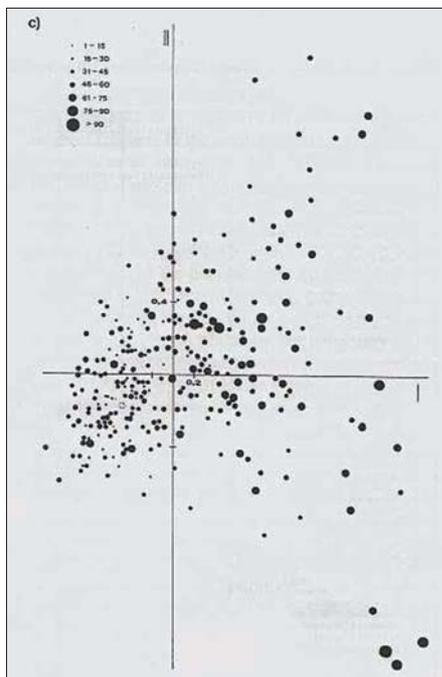


Figura 3.9: Simboli di dimensioni proporzionali al valore di BL evidenziano gradienti di progressivo impoverimento della vegetazione lichenica (da dx a sin)

3.6.7 Approccio statistico e suoi limiti

Tutte le discipline che studiano l'ambiente e le sue componenti per ricavare stime affidabili di alcune delle sue caratteristiche, devono affrontare il problema della variabilità degli attributi nello spazio. L'analisi dei dati secondo l'approccio statistico classico presuppone l'indipendenza spaziale dei campioni e la presenza di una variabilità casuale regolata da procedure codificate di randomizzazione, per cui il valore di una proprietà in una località non campionata potrà essere stimato attraverso il valore medio delle osservazioni effettuate nella regione indagata, e con una misura di dispersione (varianza, deviazione standard, limiti fiduciali, ecc.) che definisce il livello di precisione della stima realizzata.

L'approccio utilizzato comunemente per la trattazione dei dati di biodiversità lichenica non si discosta da un'impostazione statistica classica.

La variabilità di un campione è l'intervallo all'interno del quale variano le misure rilevate ed è quindi compreso tra il valore più alto e quello più basso. La variabilità, se può essere un'informazione utile in alcuni tipi limitati di problematiche analizzate, è generalmente poco significativa per capire come realmente sia la distribuzione dei dati all'interno del campione. Per questo e come valutazione della precisione dei campionamenti realizzati viene normalmente utilizzata anche la deviazione standard e l'intervallo di confidenza. La deviazione standard o scarto quadratico medio, il cui simbolo è σ nel caso della popolazione e S nel caso di un campione da essa estratto, è la radice quadrata della varianza, ed è una misura del quadrato della distanza dei valori campionari dalla media.

L'intervallo di confidenza è l'intervallo di valori entro cui ricade il 95% delle osservazioni.

3.6.8 Geostatistica e analisi multivariata

Nelle indagini che hanno per oggetto elementi biologici si ha tuttavia a che fare con attributi caratterizzati da elevata dispersione e sui quali agiscono, con diversi gradi di pressione, più fattori esterni. In alcuni studi ambientali la strategia adottata per incrementare la precisione della stima si fonda sulla suddivisione del territorio in sub-regioni a variabilità presumibilmente più contenuta. In questo tipo di approccio non viene presa in considerazione la configurazione spaziale dei dati, e le valutazioni che occorre fare diventano sempre più soggettive quanto più dettagliata è la scala d'osservazione e quanto più graduale è la variazione.

Nella realtà, la biodiversità e tutti quei parametri che la accompagnano e ne sono causa ed in parte effetto, varia gradualmente e in modo continuo nello spazio geografico.

I valori generalmente manifestano uno stretto legame con la distanza di separazione tra le località di campionamento, presentando un'autocorrelazione spaziale che può essere trattata con la teoria delle variabili regionalizzate, e con le tecniche geostatistiche da essa derivate. Le variabili regionalizzate sono variabili casuali continue definite nello spazio geografico. Il loro valore in una data località viene stimato dal valore medio locale, misurato in una piccola regione intorno al punto non campionato, e da una misura di variabilità spaziale, denominata semivarianza, che rappresenta la varianza dell'incremento quando le località di osservazione, prese a due a due, sono separate da una distanza vettoriale. La geostatistica si basa sull'ipotesi di stazionarietà (ipotesi intrinseca), la quale postula che valore medio e semivarianza siano finiti, che essi non dipendano dalla localizzazione geografica e che la semivarianza sia funzione della distanza tra le località di osservazione.

La relazione tra semivarianza e vettore distanza viene rappresentata nel variogramma. Quando l'ipotesi di stazionarietà è soddisfatta, la semivarianza presenta prima un incremento al crescere del vettore distanza, poi un valore costante.

A questo punto è opportuno ricordare che l'attuale grande disponibilità di pacchetti statistici permette elaborazioni di varia complessità, ma che molte di queste elaborazioni sono soggette alla verifica di alcune caratteristiche dei dati. In particolare, tutta la statistica definita "parametrica" necessita di dati che soddisfino la condizione di "normalità"; tutte le elaborazioni di natura multivariata necessitano di un rapporto casi-variabili pari ad almeno 5; l'interpolazione di dati utilizzando Kriging necessita del calcolo del semivariogramma, che non è valido sempre e comunque.

3.6.9 Elaborazioni cartografiche

I valori di BLs ottenuti sono interpretati attraverso scale di naturalità/alterazione dell'aria diverse per le quattro regioni biogeografiche in cui è stato suddiviso il territorio italiano (vedi Figura 3.10).

Tali scale saranno messe appunto utilizzando i dati delle prossime campagne di rilevamento.

Ad ogni classe di valori corrisponde un'espressione verbale ed un colore che ne permette la rappresentazione cartografica.

Le elaborazioni cartografiche possono essere realizzate manualmente anche se è largamente diffuso l'utilizzo di sistemi cartografici computerizzati.

Sia che si scelga l'una o l'altra via, è comunque consigliata la realizzazione di una carta relativa alla distribuzione delle specie più frequenti, realizzata utilizzando i valori medi di frequenza di ciascuna specie in ogni singola stazione in aggiunta alla carta della Biodiversità Lichenica.

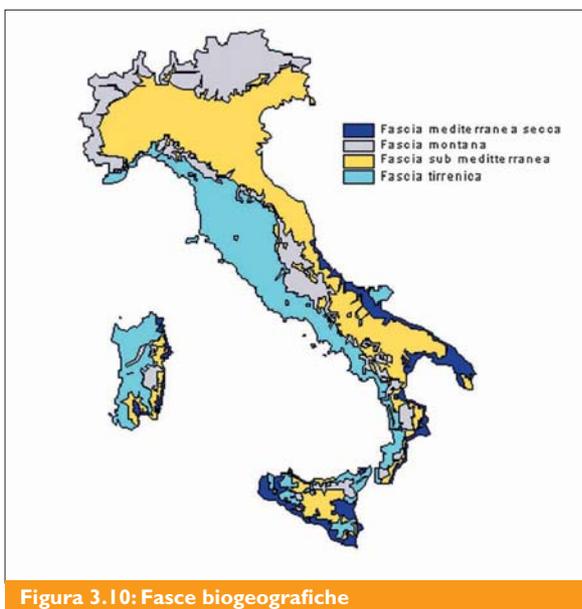


Figura 3.10: Fasce biogeografiche

Elaborazioni cartografiche manuali e automatiche

La cartografia manuale può essere realizzata in due modi.

1. Ad ogni quadrato del reticolo scelto si assegna il valore di BL ottenuto facendo la media tra i valori delle celle poste ai quattro angoli del quadrato in esame, si procede quindi a colorare il quadrato secondo il colore corrispondente alla classe di naturalità/alterazione in cui ricade il valore medio ottenuto.
2. Un altro metodo che permette una rappresentazione cartografica manuale più preciso del precedente è il cosiddetto isogramma o metodo a stella. Inizialmente il valore di BL viene attribuito al centro di un'area omogenea definita dalla UCP. Successivamente si tracciano delle linee di connessione con tutti i valori vicini. Si individuano i punti di intersezione delle linee con le isometriche e si utilizzano tali punti per tracciare dei poligoni.

Le elaborazioni cartografiche automatiche vanno compiute in modo da ridurre al minimo il margine di soggettività e devono essere presentate in modo chiaro e facilmente utilizzabile per gli eventuali committenti impegnati in attività di pianificazione ambientale.

Sistemi informativi territoriali

I metodi statistici multivariati sono talvolta molto complessi ed hanno trovato nei sistemi di informazione geografica un valido strumento per l'archiviazione e l'analisi dei dati.

Le tecniche statistiche multivariate hanno come scopo quello di prevedere il comportamento di una variabile dipendente sulla base di un gruppo di variabili indipendenti note. Con queste tecniche è possibile controllare il contributo deviante di fattori esterni e classificare nuove osservazioni di cui è ancora incognita la classe di appartenenza, con funzione quindi predittiva.

I SIT, Sistemi Informativi Territoriali (Geographical Information Systems, GIS), hanno ac-

quisito negli ultimi anni un ruolo predominante nell'analisi dei dati ambientali. Essi infatti permettono di visualizzare, gestire, modificare, interrogare e analizzare dati georeferenziati, ovvero dati che hanno riferimenti geografici sul territorio, usufruendo di nuove opportunità di analisi rispetto a quelle possibili con dati non georeferenziati.

I dati gestiti dai SIT non vengono presi in considerazione in modo univoco, ma possono essere elaborati in relazione alla loro collocazione spaziale e confrontati con altri dati anch'essi localizzati geograficamente. Una caratteristica propria dei Sistemi Informativi Territoriali è infatti la capacità di associare attributi e informazioni di vario tipo (database) a delle strutture geografiche rappresentanti elementi del territorio.

I Sistemi Informativi Territoriali si dividono in vettoriali o raster, benché alcuni recenti prodotti permettano di gestire entrambi i formati. La differenza fondamentale tra le due tipologie è la modalità di gestione dei dati. Nel tipo raster ogni punto dell'immagine (cartografia) è associato ad una sola variabile che lo identifica (quota altimetrica, uso del suolo, tipo di vegetazione, appartenenza ad una determinata area, ecc.). Nei Sistemi Informativi Territoriali vettoriali, invece, ad ogni elemento cartografico (punto, linea, poligono) può essere associato un database con diverse variabili. Un poligono raffigurante un comune, per esempio, può essere collegato ad un record contenente la superficie comunale, gli abitanti del comune, il nome del comune, ecc. I dati geografici in formato raster sono rappresentati da una griglia regolare il cui elemento base è il pixel, cioè il più piccolo elemento distinguibile della cartografia. Quelli in formato vettoriale, invece, sono rappresentati da punti, linee e poligoni delimitati da coordinate geografiche. Il formato raster dei dati, oltre ad essere più idoneo alla rappresentazione di dati continui e univoci (altitudine, pendenza, esposizione, ecc.), grazie alla sua struttura matriciale consente maggiori possibilità di analisi rispetto a quello vettoriale. Quest'ultimo si dimostra, al contrario, più adatto alla rappresentazione di elementi discreti con molti attributi (confini amministrativi, aree ben definite, strade, fiumi, ecc.).

I SIT lavorano sui dati in modo stratificato e gerarchico. Ogni elemento cartografico (uso del suolo, confini comunali, idrografia, altimetrie, ecc.) rappresenta cioè uno strato tematico (layer). Più strati tematici possono essere sovrapposti e combinati tra loro a formare di nuovi con informazioni derivanti dall'intreccio dei dati di partenza.

I Sistemi Informativi Territoriali sono uno strumento importante per l'analisi territoriale. Essi consentono, infatti, di estrapolare una mole di dati utili per analizzare più variabili contemporaneamente e valutare l'ambiente in modo complessivo, cosa questa non possibile o molto dispendiosa in termini di tempo con i tradizionali strumenti.

I SIT ci offrono dei potenti strumenti anche per la visualizzazione dei dati. È facile infatti creare delle mappe tematiche, per esempio di densità, con varie gradazioni di colori, corrispondenti al valore della variabile presa in considerazione, per dare subito una visualizzazione della situazione.

I Sistemi Informativi Territoriali permettono inoltre un facile aggiornamento dei dati. Per ogni cambio nelle variabili sarà infatti sufficiente modificare i valori, senza dover ripetere tutte le operazioni come avviene con la tradizionale cartografia cartacea.

3.7 Procedure di assicurazione di qualità (Quality Assurance – QA)

3.7.1 Generalità

Le procedure di QA servono a far sì che i dati siano raccolti in maniera coerente agli scopi dell'indagine e che siano comparabili nello spazio (es. tra operatori diversi) e nel tempo (es. per lo stesso operatore in due indagini successive). Fanno parte delle procedure di

QA la progettazione dell'indagine, la documentazione degli stadi di progettazione, la preparazione di manuali specifici da adottare formalmente, l'identificazione di limiti di qualità dei dati e degli obiettivi di qualità di misurazione, l'istruzione, l'armonizzazione e l'intercalibrazione degli operatori, le attività indipendenti di controllo, gli incontri di "debriefing", dove sono gli operatori che forniscono indicazioni su cosa funziona e non funziona nelle procedure.

In questa sezione del manuale l'attenzione è centrata su: obiettivi di qualità dei dati, istruzione ed intercalibrazione del personale e controllo.

3.7.2 Definizione dei compiti della squadra di rilevamento

I dati devono essere raccolti a predefiniti livelli di qualità. Per definire i livelli di qualità cui deve essere effettuato il lavoro è importante stabilire esplicitamente quali sono i compiti della squadra di rilevamento. La squadra di rilevamento deve:

- i. identificare sulla propria cartografia le UCP,
- ii. raggiungere sul territorio le UCP,
- iii. identificare sul territorio le UCP,
- iv. riempire la scheda monografica e stazionale
- v. identificare sul territorio le UCS,
- vi. delimitare sul territorio le UCS,
- vii. identificare gli alberi (forofiti) almeno come gruppo di specie e caratteristiche morfologiche,
- viii. posizionare il reticolo di rilevamento,
- ix. identificare i licheni presenti nelle maglie del reticolo sino al livello della specie,
- x. conteggiare le specie rilevate,
- xi. effettuare i calcoli di BLa (BL dell'albero),
- xii. effettuare i calcoli di BLs (BL della stazione),
- xiii. riempire la scheda di rilevamento.

3.7.3 Definizione dei limiti di qualità dei dati (Data Quality Limits, DQLs) ed obiettivi di qualità di misurazione (Measurement Quality Objectives, MQOs)

Ognuno dei compiti sopra riportati deve essere compiuto entro certi livelli qualitativi. Tuttavia, per i punti (iii), (v), (vi), (vii), (viii), (ix) tale aspetto è particolarmente importante. È necessario poter avere una misura del livello qualitativo cui i rilevamenti sono stati effettuati e ciò può ottenersi al momento in cui vengano stabiliti appositi obiettivi di qualità. La percentuale di raggiungimento degli obiettivi di qualità indica il complessivo livello qualitativo dell'indagine.

NOTA: tali obiettivi sono da considerare in costante revisione in base alle evidenze suggerite dagli esercizi di campagna in fase di realizzazione.

Dati da rilevare ed obiettivi di qualità per l'individuazione e l'installazione delle UCP e UCS

Nella tabella 3.4 sono riportati compiti e misurazioni/osservazioni connesse all'individuazione ed installazione delle UCS con le unità di reporting da utilizzare ed i relativi DQLs considerati accettabili (Tallent-Halsell, 1994). Nella scelta degli alberi sono state considerati i requisiti di inclinazione e disturbo in quanto elementi di decisione per la scelta o meno dell'albero.

Per l'inclinazione dei forofiti sono state considerate tre classi: 0-5°, 5-10°, oltre 10°.

Per le condizioni di disturbo sono state considerate due classi: presente; assente.

Dati da rilevare ed obiettivi di qualità per il rilevamento di BL

Vengono definiti obiettivi di qualità per tre diverse caratteristiche dei dati:

precisione dei rilievi: deviazione percentuale tra indice calcolato sui dati rilevati dallo stesso team in 2 occasioni diverse sulla stessa unità di campionamento;

accuratezza: percentuale di accordo (valore assoluto) tra il team operativo ed il team esperto (assunto come fornitore del valore vero);

bias: deviazione di segno positivo o negativo del team operativo rispetto al team esperto (assunto come fornitore del valore vero).

Gli obiettivi di qualità relative a queste tre caratteristiche sono riportate in Tab. 3.4, 3.5, 3.6.

3.7.4 Training, intercalibrazione, certificazione

Le fasi di training, relativa certificazione ed intercalibrazione sono essenziali per il raggiungimento degli obiettivi di qualità e solo chi ha superato con successo la certificazione può partecipare ai rilievi della rete nazionale. Una procedura completa di training ed intercalibrazione comprende diversi moduli: riconoscimento di specie licheniche, un addestramento per la selezione cartografica e l'individuazione territoriale di UCP ed UCS, test comparativi di armonizzazione dei metodi per far sì che di fronte a problemi analoghi le scelte operative siano coerenti tra i diversi rilevatori e test di intercalibrazione, per raggiungere livelli accettabili di comparabilità.

Tab. 3.4: Operazione, relative misurazioni coinvolte, unità di reporting e limiti di qualità dei dati (espressi come % di accordo in un determinato campo di variazione)

Operazione/misurazione	Unità	DQLe
<i>(i) identificare in cartografia UCP</i>		
(i.i) latitudine	da definire	99%
(i.ii) longitudine	da definire	99%
<i>(ii) identificare UCP sul territorio</i>		
(ii.i) latitudine	da definire	95%
(ii.ii) longitudine	da definire	95%
<i>(iv) riempire la scheda monografica e stazionale (a)</i>		
(iv.i) giorno	31 classi	-
(iv.ii) mese	12 classi	-
(iv.iii) anno	1000 classi	99%
(iv.iv) codice operatore	(da definire)	99%
(iv.v) altitudine	50 m	90% \pm -50m
(iv.vi) esposizione	1°	90% \pm -1°
<i>(v) identificare sul territorio le UCS</i>		
(v.i) direzione azimutale	8 classi	99%
(v.ii) distanza dal centro UCP	1 m	90% \pm -1m
<i>(vi) delimitare sul territorio le UCS</i>		
(vi.i) misura del raggio	1 m	90% \pm -1m
<i>(vii) identificare gli alberi (foraggi) (b)</i>		
(vii.i) distanza dal centro dell'UCS	1 m	90% \pm -1m
(vii.ii) genere	n classi	95%
(vii.iii) gruppi di specie	n classi	99%
(vii.iv) inclinazione	3 classi	90% \pm -1m
(vii.v) circonferenza	1 cm	90% \pm -5% vera circonferenza
(vii.vi) diametro	2 classi	99%
(a) parametri stazionali ancora in gran parte da definire		
(b) caratteristiche suggerite da Nimis, 1999.		

Tab. 3.5: Operazione, relative misurazioni coinvolte, unità di reporting e limiti di qualità dei dati (espressi come % di accordo in un determinato campo di variazione)

Operazione/misurazione	Unità	DQLs
(viii) posizionare il reticolo di rilevamento		
(viii.i) altezza della base dal suolo	1 cm	90%+/-10 cm
(viii.ii) esposizione	8 classi	95%+/-1 classe
(ix) identificare i licheni sino al livello della specie	codice	65% @
(x) conteggiare le specie rilevate	unità	75% @
(xi) effettuare i calcoli di Bla	unità	99% @
(xii) effettuare i calcoli di BLs	unità	95% @

Tab. 3.6: Obiettivi di qualità di misurazione e relativo metodo di valutazione (da Tallent - Hassel, 1994)

Caratteristica dei dati	MQD	Metodo di valutazione
Precisione	12%	Differenza tra rilievi successivi
Bias	12%	Deviazione +/- operatore/esperto
Accuratezza	12%	Deviazione assoluta operatore/esperto

3.7.5 Riconoscimento di specie licheniche

Un corso del genere deve necessariamente essere preparato da riconosciuti specialisti nella sistematica dei licheni e deve avere per obiettivo il raggiungimento di definiti livelli di accordo tra esperto (colui che fornisce il riferimento) e partecipante al corso. Idealmente il corso si svolge sia in aula sia in campagna. Alla fine del corso dovrebbe essere rilasciata una certificazione basata sulla performance dei singoli partecipanti. Nell'indagine sulle comunità licheniche incorporata nell'EMAP Forest Health Monitoring, la certificazione viene rilasciata a coloro che identificano almeno il 65 % delle specie identificate dall'esperto (Tallent-Halsell, 1994). Solo coloro che ricevono la certificazione possono effettuare i rilevamenti nelle varie indagini.

3.7.6 Selezione cartografica e l'individuazione territoriale di UCP ed UCS

L'abilità nell'individuare sulla carta e sul terreno le UCP e le UCS è – assieme alla capacità di riconoscere le specie licheniche – un elemento importante per la qualità dei risultati. Esercizi in questo senso devono includere elementi di base di cartografia, topografia e utilizzo di GPS. Identificata un'area di riferimento, essa viene suddivisa in vari lotti (teoricamente uno per rilevatore o squadra di rilevamento) cui vengono assegnati a rotazione i rilevatori, che devono procedere all'identificazione e materializzazione di UCP ed UCS in armonia con il metodo del manuale. I risultati in termini di spostamento relativo (tra i rilevatori) ed assoluto (tra un esperto ed i vari rilevatori) costituiscono la base per evidenziare ad esempio le necessità di nuovo addestramento.

3.7.7 Armonizzazione ed intercalibrazione

L'esercizio di armonizzazione viene effettuato a partire da un esperto che mostra, su UCP/UCS comuni a tutti i rilevatori, la corretta procedura ed effettua i rilevamenti assieme ai rilevatori. Definite le UCS, si verifica (esempio) che la scelta degli alberi sia coerente, che il posizionamento del reticolo sia coerente e che i valori finali di Bla e BLs siano

comparabili. Il livello di accordo che definisce la comparabilità è specificato in Tabella 3.6. L'esercizio di intercalibrazione viene effettuato individualmente dai rilevatori su UCP/UCS predefinite con alberi già selezionati con e senza previa collocazione del reticolo. I risultati vengono poi confrontati con quelli ottenuti separatamente dal rilevatore esperto.

3.7.8 *Controlli di campagna*

I controlli servono a verificare difficoltà nell'applicazione dei metodi ed a documentare la qualità dei dati. Il primo obiettivo è raggiunto osservando gli operatori al lavoro e fornendo un immediata risposta ad eventuali problemi. Il secondo obiettivo è raggiunto tramite misurazioni indipendenti. Queste ultime, servono esclusivamente a verificare i livelli di raggiungimento degli obiettivi di qualità ed il livello di attendibilità dell'indagine.

I controlli possono essere portati avanti utilizzando uno o più team esperti di riferimento che effettuano una campagna parallela su un certo numero di UCP/UCS, o invitando varie squadre su UCP/UCS di riferimento.

Nel primo caso un team esperto visita una percentuale del 5-10% di UCP selezionate casualmente su una base costituita o dal campione totale o dal campione relativo delle singole squadre di rilevamento. Il team esperto effettua gli stessi rilevamenti della squadra e successivamente i risultati vengono confrontati.

In caso di evidenza di problemi seri (grosse deviazioni, mancato riconoscimento di numerose specie) gli operatori devono ricevere ulteriore training.

3.7.9 *Spedizioni di campioni*

In caso di incertezze e/o difficoltà di determinazione tassonomica di una o più specie licheniche, è necessario spedire un campione della specie da determinare al team di riferimento.

3.7.10 *Debriefing*

E' importante che alla fine della campagna gli operatori facciano presente al coordinamento i problemi incontrati nell'applicazione del metodo di lavoro. Ciò servirà a migliorare le successive edizioni del manuale.

Bibliografia

Amman, K., Herzig, R., Liebendorfer, L. & Urech, M. (1987). Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland. In: *Advances in Aerobiology*. pp. 401-406. Birkhäuser. Basel.

Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P. L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., van Haluwyn C. and Wirth V. (2001) - Mapping lichen diversity as an Indicator of environmental quality.- in: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P.A. (eds.): *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 273-279

Badin G., Nimis P.L. (1996). Biodiversity of epiphytic lichens and air quality in the province of Gorizia (NE Italy). *Studia Geobot.*, 15: 73-89.

Castellani C., Scrinzi G., Tabacchi G., Tosi V., 1983. *Inventario Forestale Nazionale Italiano. Istruzioni per le squadre di rilevamento*. Ministero agricoltura e Foreste, Direzione Generale per l'Economia Montana e per le Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura: 172 pp.

Cislaghi C., Braga M., Nimis P.L. (1996). Methodological aspects of an ecological study on the association between two biological indicators. *Stat. Appl.*, 8, 1: 213-227.

Cislaghi C., Nimis P.L., (1997). Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature*, 387:463-464.

Ferry B.W., Baddeley M.S., Hawksworth D.L. (eds.) (1973). *Lichens and Air Pollution*. University of Toronto Press, Toronto, 390 pp.

Floris A., Scrinzi G., 1995. GPS in foresta: esperienze d'uso. *Sherwood*, 5: 33-39.

Galun, M. (ed.) (1988). *CRC Handbook of Lichenology*. 3 voll. CRC Press. Boca Raton, Florida.

Hawksworth D.L. Rose L. (1970). Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227: 145-148.

Hawksworth D.L. (1988). *Handbook of lichenology*. Galun M. (ed.) Boca Raton: CRC Press, vol. 1, pp. 35-38.

Herzig R., Urech M. (1991). Flechten als Bioindikatoren - Integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. *Bibl. Lichenol.*, 43, 283 pp.

Insarov, G.E., Semenov, S.M. & Insarova, I.D. (1999). A system to monitor climate change with epilithic lichens. - *Environmental Monitoring and Assessment*, 55: 279-298.

Kandler, O. & Poelt, J. (1984). Wiederbesiedlung der Innenstadt von München durch Flechten. - *Naturwiss. Rundschau*, 37: 90-95.

Lorenzini G. (1999). Piante vascolari come bioindicatori della qualità dell'aria (inquinamento da ozono): proposte metodologiche. *Atti Workshop*, Roma 26-27 novembre 1998. A.N.P.A.

McCune, B. (2000). Lichen communities as indicators of forest health. – *Bryologist*, 103: 353-356.

Morandi R. (1998). Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico mediante l'uso dei licheni. In: *Ambiente. Il Veneto verso il 2000*. Giunta Regionale del Veneto, 187-206.

Nash III T.H. (ed.) (1996). *Lichen biology*. Cambridge, University Press.

Nash III T.H., Wirth V. (1988) *Lichens, Bryophytes and Air Quality*. Cramer, Berlin, 297 pp.

Nimis P.L. (1992). Lista rossa dei Licheni d'Italia. In: *Libro rosso delle Piante d'Italia*. WWF. Roma, 501-556.

Nimis P.L., 2000, Checklist of the Lichens of Italy 2.0., University of Trieste, Dept. of Biology, IN2.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>)

Nimis P.L., Bargagli R. (1999). Linee guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. *Atti Workshop*, Roma 26-27 novembre 1998. A.N.P.A.

Nimis P.L. (1999). Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. *Atti Workshop*, Roma 26-27 novembre 1998. A.N.P.A.

Nimis P.L., Castello M., Perotti M. (1990). Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). *Lichenologist*, 22: 333-344.

Nimis P.L., Lazzarin G., Gasparo A.D. (1991). Lichens as bioindicators of air pollution by SO₂ in the Veneto Region (NE Italy). *Studia Geobot.*, 11: 3-76.

Piccini C., Salvati S., (1999). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"* Roma, 26-27 novembre 1998.

Purvis, W. (2000). *Lichens*. - The Natural History Museum. London.

Richardson, D.H.S. (1992). *Pollution monitoring with lichens*. – Richmond. Slough, UK

Rose, F (1976). Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. - In: Brown, D.H., Hawksworth, D.L. & Bailey, R.H. (eds.): *Lichenology: Progress and Problems*. Academic Press. London. pp. 279-307

Rose, C. I. & Hawksworth, D. L. (1981). Lichen recolonization in London's cleaner air. – *Nature*, 289: 289-292.

Scrizzi G., Floris A., Picci M., 2000. GPS e inventari forestali: posizionamento e ritrovamento di precisione dei punti in bosco. *Comunicazioni di ricerca dell'Istituto Sperimentale per l'Assessment Forestale e per l'Alpicoltura*, 99/1: 21 pp.

Seaward, M.R.D. (1997). Urban deserts bloom: a lichen renaissance. - *Bibliotheca Lichenologica* 67, 297-309.

Seaward, M. R. D. & Letrouit-Galinou, M.-A. (1991). Lichen recolonization of the trees in the Jardin du Luxembourg, Paris. – *Lichenologist*, 23: 181-186

42 Tallent-Halsell, N. G.: 1994, 'Forest Health Monitoring 1994. Field Methods Guide'. EPA/620/R-94/027. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D. C.

Van Dobben, H.F. & De Bakker, A.J. (1996). Re-mapping epiphytic lichen biodiversity in the Netherlands: effects of decreasing SO₂ and increasing NH₃. - *Acta Botanica Neerlandica*, 45: 55-71.

Van Dobben, H.F., Wolterbeek, H.T., Wamelink, G.W.W. & Ter Braak, C. J. F. (2001). Relationships between epiphytic lichens, trace elements and gaseous atmospheric pollution. - *Environmental Pollution*, 112, 2 ; 163-169.

Van Haluwyn C. & Lerond, M. (1988). Lichénosociologie et qualité de l'air; protocole opératoire et limites. - *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, 9: 313-336.

Van Herk, C.M. (1999). Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. - *Lichenologist* 31, 9-20.

Wirth, V. 1991. Zeigerwerte von Flechten. In: Ellenberg, H. et al. (eds.): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica* 18: 215-237.

Wirth V. (1995). Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten. Flechtenkartierung zur Ermittlung des Luftgütewertes (LGW). VDI-Richtlinien 3799 Blatt 1.

Glossario

Apotecio:

Corpo fruttifero del fungo, a forma di disco, al cui interno sono presenti ife fertili (aschi) che formano le spore ed ife sterili (parafisi).

Asco:

Ifa fertile contenuta nei corpi fruttiferi (apotemi e periteci), al cui interno si formano, per meiosi, le spore.

Capitifforme:

Soralio fortemente convesso sviluppato all'estremità di un lobo ascendente.

Carbonaceo:

Di consistenza simile al carbone, nero, fragile e opaco.

Cefalodio:

Struttura ad organizzazione omeomera contenente alghe azzurre che si sviluppa da un tallo eteromero ad alghe verdi; può assumere diverse forme

Ciglio: Struttura che si sviluppa sui margini dei lobi, di aspetto filiforme, formata da ife agglutinate

Cortex:

Strato superiore o inferiore del tallo lichenico, formato da ife agglutinate

Coralloide:

Struttura a sezione più o meno circolare, fortemente ramificata

Disco:

Superficie dell'apotecio a sezione circolare, delimitata dal margine

Endolitico:

Tallo infossato nella roccia, per cui la sua presenza è rilevata soltanto dai corpi fruttiferi

Epiimeno:

Vedi: epitecio

Epitelio:

Parte superiore del disco dell'apotecio, costituito dalle estremità delle parafisi (ife sterili), di norma pigmentata o con cristalli di sostanze licheniche

Eteromero:

Tipo di tallo organizzato in strati, anatomicamente diversi: cortex superiore (ife fungine agglutinate, spesso pigmentate), strato gonidiale (algale), medulla (ife fungine lasse), cortex inferiore (ife fungine agglutinate)

Excipolo:

Parte dell'apotecio con funzione di protezione formata da ife sterili che sono poste tra bordo tallino (se presente) ed imenio e che formano, nella loro parte superiore, il margine proprio dell'apotecio.

Ficobionte:

Alga (gonidio) in simbiosi con il fungo.

Gonidiale:

Strato algale, presente sotto il cortex superiore

Imenio:

Parte dell'apotecio in cui sono disposti gli aschi e le parafisi

Ipotecio:

Parte sottostante l'imenio, sesso pigmentata

Isidio:

Struttura per la propagazione vegetativa, formata da una estroflessione del cortex superiore contenente alghe. La forma degli isidi può essere semplice (a cilindro con base più o meno larga), coralloide, squamulosa

Labriforme:

Soralio che si forma sulla parte inferiore di un lobo o di una lacinia assumendo la forma di un labbro

Lacinia:

Parte del tallo di un lichene fruticoso fortemente suddiviso in lobi piatti

Lecanorino:

Apotecio in cui sono presenti alghe nella sua parte laterale, di origine tallina (margine tallino), per cui il bordo ha la stessa tonalità di colore del tallo, e spesso colore diverso dal disco

Lecideino:

Apotecio in cui non sono presenti alghe nella sua parte laterale (margine proprio), che è formata da ife che si sviluppano dal primordio dell'apotecio, per cui il bordo ha colore diverso da quello del tallo, e simile a quello del disco

Leproso:

Tallo ridotto ad una massa soresioso-pulverulenta, idrorepellente, non corticato

Lirella:

Apotecio di forma decisamente allungata, spesso ramificato, il cui margine ha consistenza carbonacea

Lobo:

Parte del tallo dei licheni foliosi o di quelli crostosi placodiomorfi, allungata radialmente

Medulla:

Strato del tallo eteromero formato dall'intreccio più o meno lasso di ife fungine

Muriforme:

Spora pluricellulare con setti disposti secondo piani diversi, longitudinali o trasversali, per cui la spora assume l'aspetto di un muro di mattoni

Omeomero:

Tipo di tallo lichenico in cui non si nota una organizzazione in strati, poiché le cellule algali sono disperse tra le ife per tutto lo spessore del tallo

Parafisi:

Ife sterili di protezione che si frappongono agli aschi

Peritecio:

Corpo fruttifero racchiuso da una struttura subsferica o piriforme, che si apre all'esterno attraverso un piccolo poro (ostiolo)

Picnidio:

Struttura a forma di fiaschetto o subsferica, infossata nel tallo, al cui interno le ife si frammentano dando origine alle picnidiospore

Picnidiospora:

Spora che si forma per semplice frammentazione di ife asessuate, all'interno di strutture specializzate (picnidi)

Placodiomorfo:

Tallo crostoso lobato ai margini, a forma di rosetta più o meno regolare

Podezio:

Struttura tridimensionale tipica delle Cladionaceae, a forma di trombetta, cilindretto o cespuglietto che si forma per proliferazione di un primordio di apotecio a partire da un tallo primario crostoso o squamuloso

Polardiblastica:

Spora bicellulare divisa da un setto attraversato da un canale citoplasmatico più o meno largo, che mette in comunicazione le due cellule, situate ai poli opposti della spora. Tipica delle Teloschistaceas (Caloplaca, Teloschistes, Xanthoria)

Pruina:

Deposito di sostanze cristalline sulla superficie del cortex superiore, che assume un aspetto farinoso

Pseudocifella:

Lacerazione del cortex superiore attraverso cui sporge la medulla. Le pseudocifelle appaiono come una rete di linee o come una serie di punteggiature più chiare sulla faccia superiore od inferiore del lichene. A volte dalle pseudocifelle iniziano a formarsi i soredi

Rizina:

Struttura di ancoraggio al substrato dei licheni foliosi, formata da ife agglutinate, di forma molto diversa (semplice, ramificata, a pennello, squarrosa) che si sviluppa dal cortex inferiore

Soralio:

Insieme di più soredi che si sviluppano dalla stessa porzione di tallo

Soredio:

Struttura per la propagazione vegetativa, formata da un batuffolo di ife lasse, di origine medullare, che racchiude delle alghe

Glossario cartografico informativo

Algoritmo:

Complesso ben definito di istruzioni o di richieste operative che regolano il comportamento di un operatore (meccanico, elettronico o anche umano) per la risoluzione di un problema. In un software corrisponde ad un insieme di istruzioni date al computer.

Attributo:

Informazione descrittiva associata ad un oggetto geografico e che lo caratterizza. Generalmente nei GIS indica le caratteristiche non grafiche dell'elemento o quelle grafiche non rappresentabili nella scala d'acquisizione.

Carta geografica:

Una carta geografica è una rappresentazione grafica di elementi geografici o altri fenomeni spaziali (laghi, fiumi, strade, città) che fornisce due tipi di informazioni circa l'area rappresentata: la posizione e l'aspetto. La posizione consente di capire dov'è un particolare elemento geografico sulla superficie della terra e quali sono le sue relazioni con gli altri elementi. L'aspetto ci illustra sia le caratteristiche qualitative (nome, tipo) che quelle quantitative (area, lunghezza) dell'elemento rappresentato. Ciascuna carta geografica presenta, oltre alle informazioni spaziali e descrittive, alcune caratteristiche tecniche che la definiscono e ne determinano l'uso. Tali caratteristiche includono la scala, l'accuratezza, il sistema di proiezione, il sistema di coordinate.

Cartografia di base:

È l'insieme delle carte che riguardano un certo territorio, costruite con tecniche topografiche e fotogrammetriche, che rappresentano le pianimetrie (corsi d'acqua, strade, ferrovie, ponti, case, ecc.) e l'altimetria composta da punti quotati o curve di livello.

Gauss-Boaga:

È un sistema di coordinate in proiezione cilindrica inversa, tipicamente utilizzato per la cartografia del territorio in Italia (IGMI, Catasto, Carte Tecniche Regionali, ecc.).

Georeferenziare:

Procedura software che consiste nel posizionare, mediante punti a coordinate note (punti di controllo), dati vettoriali o un'immagine raster nella rispettiva zona del territorio reale, secondo un determinato sistema di riferimento.

GIS (Geographical Information System):

Un insieme complesso di componenti hardware, software, umane ed intellettive per acquisire, processare, analizzare, immagazzinare e restituire in forma grafica ed alfanumerica dati riferiti ad un territorio.

GPS (Global Positioning System):

È un sistema che consente, per mezzo di un ricevitore, un software dedicato e una costellazione di satelliti, di determinare la posizione al suolo e l'altimetria di un punto con una precisione che varia da pochi millimetri ad alcuni metri in funzione del tipo di apparecchiatura e delle procedure operative di rilievo.

Proiezione geografica:

È un sistema di proiezione globale, utilizzato storicamente per primo, basato sulla suddivisione della terra in meridiani e paralleli. Il suo sistema di riferimento, latitudine/longitudine, misura le distanze angolari partendo rispettivamente dal piano di riferimento dell'equatore e da quello del meridiano di Greenwich.

Scala:

La scala di una carta geografica indica, in pratica, quante volte una porzione della superficie terrestre è stata ridotta per poter essere rappresentata su un foglio di carta. È espressa, in genere, come il rapporto tra una distanza sulla carta e la corrispondente distanza sul terreno. Il rapporto di scala utilizzato per una carta geografica determina il contenuto di informazioni e la dimensione dell'area che può ragionevolmente essere rappresentata. Si

definiscono carte a grande scala (1:500, 1:1000, 1:2000), a media scala (1:5000, 1:10000) e a piccola scala (da 1:25000 in poi).

Sistema di coordinate:

Vedi sistema di riferimento.

Sistema di proiezione:

Sono sistemi che consentono di rappresentare la superficie quasi sferica della Terra su un piano, mantenendo alcune conformità (isogonia, equivalenza, equidistanza, ecc.): le più conosciute sono la Geografica, l'UTM, la GAUSS-BOAGA, la LAMBERT, altre sono la Conica, la Polare, la Stereografica, la Cilindrica e la Planare anche variamente combinate.

Sistema di riferimento:

Ogni proiezione ha un proprio sistema di riferimento, dal quale si parte per calcolare le distanze. Ad esempio la Proiezione Geografica ha come riferimenti l'incrocio tra il meridiano di Greenwich e l'Equatore, la UTM prevede spicchi predeterminati di sei gradi, detti fusi, a loro volta divisi in zone (L'Italia è a cavallo dei fusi 32, 33 e 34), la GAUSS-BOAGA, tutta italiana, parte da Monte Mario (a Roma) e utilizza coordinate chilometriche misurate convenzionalmente partendo da 1500 a sinistra e da 2520 a destra del meridiano di riferimento.

SIT (Sistema Informativo Territoriale):

Acronimo italiano corrispondente all'anglosassone GIS.

Strato informativo, strato geografico o layer:

Lo strato informativo o layer è l'unità base della gestione dei dati e definisce attributi posizionali e tematici per gli elementi di mappa di una data area. Lo strato informativo, o strato geografico, è l'insieme degli elementi omogenei che compongono una mappa, come per esempio strade, corsi d'acqua, foreste, ecc.

Tematismo:

Rappresentazione di una cartografia raster o vettoriale nella quale punti, linee o superfici sono associati a simboli, retini o colori che rappresentano il risultato di un'analisi di qualità (uso del suolo, zone di piano regolatore, intensità del traffico su una strada, ecc.).

UTM (Universal Transverse Mercatore):

E' una proiezione cilindrica inversa adottata a livello mondiale.

Appendice I: Chiavi analitiche per l'identificazione dei più comuni licheni epifiti d'Italia

Mauro Tretiach

Dipartimento di Biologia, Università di Trieste, Via Giorgieri 10, I 34127 Trieste

Consigli per la determinazione

I caratteri che si devono conoscere molto bene per poter identificare i licheni sono la forma di crescita, i diversi tipi di organi propagativi e riproduttivi, le strutture della superficie del tallo e il suo colore, i risultati di semplicissimi test chimici. Mentre la morfologia dei licheni è illustrata in un altro capitolo, qui vorrei soffermarmi sugli ultimi due caratteri.

I colori dei licheni

A proposito di colori, sono certo che più di uno di voi penserà che l'autore di queste chiavi è daltonico, ma questa è un'accusa che viene mossa molto spesso ai lichenologi da parte di chi ha appena iniziato a studiare i licheni. Questi organismi solo raramente presentano colori facilmente definibili, per cui bisogna prestarvi grande attenzione. Il colore del tallo - qualora non si dica espressamente il contrario - va osservato in campioni secchi, in quanto i talli bagnati presentano colorazioni molto falsate e molto più uniformi. Bisogna considerare inoltre che campioni raccolti in ombra hanno di solito colorazioni più deboli, con sfumature spesso tendenti al verde. Solo dopo un po' di esperienza, e comparando molti campioni, si potrà scegliere con facilità tra le opzioni "tallo verde-giallastro" e "tallo verde-grigiastro pallido". Fate attenzione ad osservare i vostri campioni sotto luce naturale, oppure usando gli appositi filtri, perché altrimenti i colori possono risultare falsati da una dominante gialla (lampadina a incandescenza) o azzurra (neon). I colori dei licheni nascondono ancora molti enigmi: per chi fosse interessato ad approfondire questa tematica, raccomando un libro certamente difficile da reperire, ma molto interessante: J. Rikkinen, *What's behind the pretty colors: a study on the photobiology of lichens*. Bryobrothera 4: 1-239, 1995.

I test chimici

I test chimici si basano sulle reazioni che avvengono tra alcune sostanze licheniche e delle soluzioni reagenti. Le sostanze licheniche, appartenenti al grande gruppo dei metaboliti secondari, vengono prodotte dal micobionte (il fungo che forma la simbiosi lichenica), e si depositano sulle pareti esterne delle ife e delle cellule algali. Si tratta in genere di molecole organiche complesse che hanno funzioni molto diverse. Esse svolgono ad esempio attività biocida: i licheni si mantengono molto bene negli erbari, senza rendere necessarie opere di disinfestazione anche dopo decenni. Alcune sostanze licheniche rendono inoltre inappetibili i talli da parte di lumache e artropodi, assicurando un certo vantaggio selettivo alle specie che li producono. Alcune di queste sostanze, e in particolare quelle che vengono deposte sullo strato esterno ("cortex") del corpo del lichene ("tallo"), servono per schermare l'eccessiva intensità luminosa che danneggerebbe la popolazione di alghe presenti all'interno del lichene. Negli ultimi anni è stato infine ipotizzato che la deposizione delle sostanze licheniche sulle ife e sulle alghe, formando uno strato idrorepellente, giochi un ruolo fondamentale del determinare il flusso di sostanze tra i partner della simbiosi. Le sostanze licheniche rappresentano ottimi caratteri tassonomici, e la loro presenza è evidenziabile mediante alcuni reattivi chimici, indicati con delle lettere, quali C (ipoclorito

di sodio), K (idrossido di potassio), I (soluzione iodo-iodurata), P (parafenilendiamina, in alcool).

Il K si ottiene facendo sciogliere delle pastiglie di KOH in una boccetta di acqua distillata fino ad ottenere una soluzione satura; questo reattivo rimane attivo per mesi (attenzione! lo scioglimento del KOH avviene con liberazione di calore, la bottiglietta si può surriscaldare e rompersi).

Il C si ottiene diluendo circa al 50% la comune varechina (non prendete quella profumata!); questo reattivo si deteriora rapidamente, per cui deve essere sostituito settimanalmente.

Talvolta è necessario usare i due reattivi quasi contemporaneamente: in questo caso si applica prima il K, poi il C: questa reazione viene indicata con la sigla KC. Le osservazioni andrebbero sempre effettuate allo stereomicroscopio, osservando in tempo reale cosa succede con l'applicazione del reagente, perché in alcuni casi le reazioni sono effimere, e scompaiono dopo pochi secondi (soprattutto quelle con il C).

Il P si ottiene sciogliendo alcuni cristalli di parafenilendiamina in alcool etilico al 90%. Questo reattivo si deteriora in alcune ore, diventando di color rosso-marrone scuro, e ha il pessimo difetto di essere cangerogeno, per cui il suo uso dovrebbe essere escluso nelle esercitazioni con gli studenti, anche se va detto che la quantità da utilizzare è veramente minima e si possono usare delle precauzioni per escludere qualsiasi contatto con questa sostanza che solo qualche anno fa veniva usata per la colorazione dei capelli.

Applicando una goccia di reagente al tallo mediante la punta di un ago o una pipetta pasteur, le sostanze licheniche eventualmente presenti nel tallo si sciolgono e reagiscono con la soluzione, formando dei composti colorati. Nelle chiavi di determinazione si indica con un "+" le reazioni che comportano un cambiamento di colore, per esempio "K+ giallo, poi rosso" significa che la goccia di soluzione di idrossido di potassio da incolore diventa prima gialla, poi rossa. In ogni caso bisogna fare attenzione a non eccedere mai con il reagente per non annegarvi il tallo, ma soprattutto per poter osservare bene la reazione, e il tallo deve essere sempre secco, perché altrimenti la reazione si osserva con molta più difficoltà. Talvolta le sostanze licheniche si accumulano nella medulla del lichene, cioè al suo interno: in questo caso è necessario mettere a nudo la medulla con una lametta, asportando il cortex da una zona piuttosto vasta, per evitare che la reazione della medulla venga mascherata da quella corticale. Per ovviare a questo problema si può, nel caso di licheni fogliosi, compiere l'operazione sulla faccia inferiore del lichene, che non contiene sostanze licheniche, ma solo pigmenti marroni o neri che sono inerti ai reagenti. Va sottolineato che talvolta anche le reazioni al K, che sono molto più persistenti di quelle con il C, non sono molto vivaci, per cui si consiglia di aspirare con una molto sottile il liquido, deponendolo su un foglio di carta bianca: dal confronto con una goccia di reagente o di acqua si potrà decidere se la reazione è stata positiva o meno.

Avvertenze

Nelle chiavi analitiche che seguono sono riportate i più comuni licheni epifiti (per un totale di 149 *taxa* infragenerici) che sono stati rinvenuti negli studi di biomonitoraggio ambientale effettuati in Italia nella fascia pianiziale e collinare [per una bibliografia esaustiva, vedi R. Piervittori, Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte in Italia. In: C. Piccini, S. Salvati (a cura di), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", ANPA, Atti/2, pp. 97-122, 1999], mentre sono state volutamente ignorate le specie rinvenute in studi effettuati nella fascia montana; sono state inoltre tralasciate le specie trovate sporadicamente, e che sono rare o rarissime su tutto il

territorio nazionale. Nelle chiavi compaiono invece specie che sono molto rare (se non assenti) in ampie zone del nostro Paese, ma che sono invece relativamente comuni in alcune regioni (per esempio, *Pyxine subcinerea* in Liguria orientale, o *Physcia clementei* nell'alta pianura Friulana).

Queste chiavi di determinazione sono dicotomiche: ciò significa che di volta in volta vengono offerte due opzioni che vanno attentamente soppesate: basta che una delle informazioni riportate in una di esse non corrisponda a quanto da voi osservato per far scartare l'opzione. Esse presentano due limiti principali: da un lato, si possono sempre rinvenire specie che non vi sono contenute, dall'altro le chiavi sono ridondanti (c'è troppa "massa", diciamo) nel momento in cui si studia un territorio limitato, magari una zona molto inquinata della pianura Padana.

Per ovviare al primo problema, consigliamo vivamente di verificare la dettagliata descrizione di ciascuna specie che viene fornita alla fine delle chiavi, e di controllare la corrispondenza tra il vostro campione e il materiale iconografico eventualmente disponibile (questo sistema viene chiamato, tra gli addetti ai lavori, "metodo Pinkerton" ed è in genere sempre molto efficace). Se non c'è corrispondenza, dopo aver verificato di non aver commesso errori nella scelta delle opzioni (il caso più frequente), significa che forse il vostro lichene non è effettivamente tra quelli riportati in chiave, per cui avete due possibilità: cimentarvi nella sua identificazione ricorrendo a chiavi più rigorose e di carattere generale (vedi il capitolo "Letteratura di riferimento"), oppure contattare qualche specialista (di solito si tratta di persone sempre molto disponibili, per quanto indaffarate).

Per ovviare al secondo problema, suggeriamo di redigere le proprie chiavi semplificate in base a una lista di specie che è stata ottenuta identificando tutto (tutto? tutto!) il materiale raccolto nella vostra area di indagine mediante le chiavi qui disponibili. La chiave semplificata potrà quindi essere utilizzata in campo, fino a quando non si acquisisce la sicurezza necessaria per procedere all'identificazione diretta delle specie.

A questo punto è d'obbligo un'ultima avvertenza: alcuni gruppi di licheni sono difficilmente identificabili a livello specifico, in quanto i caratteri diacritici (cioè quelli che ne permettono appunto l'identificazione, distinguendo una specie dall'altra) sono di difficile osservazione. Nelle chiavi abbiamo identificato questi gruppi con nomi di lavoro (es. "*Parmelia dubia* s.lat.", "*Lecanora* gr. *subfusca*"), ma abbiamo riportato anche i caratteri che dovrebbero permetterne l'identificazione a livello specifico. Nell'ambito di un lavoro didattico l'identificazione a livello di gruppo è più che sufficiente, mentre in uno studio di carattere professionale può non esserlo: la stima della biodiversità si basa non solo sulle specie facilmente identificabili ma anche sulle specie criptiche, che richiedono necessariamente uno studio critico in laboratorio.

Si raccomanda, almeno durante la prima fase di approccio a questo nuovo mondo, di raccogliere esemplari ben sviluppati, per rendere almeno un po' più facile il lavoro. In seguito, però, nella fase di campionamento per lo studio della biodiversità del territorio, sarà estremamente importante riconoscere anche il più minuto tallo lichenico che si troverà all'interno del reticolo di riferimento. In questo lavoro gli studenti sono di solito estremamente più bravi di chi li sta guidando.

La nomenclatura segue generalmente Nimis (2000).

Chiavi analitiche

- 1 Tallo fruticoso 2
- 1 Tallo foglioso o crostoso 20
- 2 Tallo filamentoso, verde-giallastro, composto da lacinie a sezione circolare che, tirando con delicatezza, mostrano un cordone centrale compatto che si stacca dalla porzione più esterna. L'identificazione a livello specifico di questi licheni è al momento problematica **Usnea** sp.
- 2 Tallo non filamentoso, o se filamentoso, senza il cordone centrale 3
- 3 Tallo verde-giallastro o giallo vivo 4
- 3 Tallo grigio, grigio-verde, bruno o bruno verdastro 10
- 4 Tallo giallo vivo, di piccole dimensioni, formato da lobi di c. 0.1-0.5 mm in larghezza, appiattiti, riccamente ramificati, alla fine sorediosi, K-; apotecari rari, con bordo granuloso, talvolta sorediato; ascospore semplici, incolori, 16-32 per asco **Candelaria concolor**
- 4 Tallo verde-giallastro di dimensioni decisamente maggiori 5
- 5 Tallo K+ giallo intenso, con la faccia inferiore un po' più chiara di quella superiore, con soredi da marginali a diffusi su tutta la superficie superiore delle lacinie, che sono leggermente ripiegate su sé stesse (revolute) **Evernia prunastri**
- 5 Tallo K-, non chiaramente dorsoventrale, con lacinie rigide 6
- 6 Tallo con soredi 7
- 6 Tallo senza soredi, spesso con apotecari 9
- 7 Sorali a forma di piccole macchie ellittiche o rotonde, ben delimitati, piatti o leggermente convessi, soprattutto sui margini delle lacinie **Ramalina farinacea**
- 7 Sorali diffusi e più o meno irregolari 8
- 8 Lacinie larghe più di 10 mm, decisamente appiattite, con superficie opaca e più o meno liscia o con delle reticolature **Ramalina lacera**
- 8 Lacinie larghe al massimo 5 mm, spesso a sezione circolare almeno alle estremità; superficie delle lacinie più o meno lucida, senza reticolature **Ramalina pollinaria**
- 9 Lacinie robuste, appiattite, larghe anche 2-2.5 cm, poco ramificate, rigide allo stato secco, con una rete di pseudocifelle che sono però talvolta poco visibili; apotecari disposti sulla superficie delle lacinie o sui loro bordi **Ramalina fraxinea**
- 9 Lacinie non molto appiattite, molto ramificate a formare un tallo a forma di cespuglietto denso, con apotecari nella porzione terminale (subterminali) **Ramalina fastigiata**
- 10 Tallo distintamente fruticoso 11
- 10 Tallo distinto in due parti, un tallo primario formato da squamule o granuli basali e un tallo secondario formato da strutture erette di dimensioni comunque ridotte (1-1.5 cm al massimo) a forma di cornetto, di coppetta o di calice 16
- 11 Tallo riccamente isidiato, con lobi appiattiti, a volte arrotolati su se stessi, di color grigio più o meno scuro sopra e nero sotto, tranne agli apici dei lobi, che possono essere rosa o biancastri **Pseudevernia furfuracea**
- 11 Tallo sorediato o con apotecari, ma sempre senza isidi 12
- 12 Tallo non sorediato, K-, con lacinie appiattite prive di cortex inferiore e feltrose sulla faccia superiore, con ciglia marginali **Anaptychia ciliaris**
- 12 Tallo sorediato, K+ giallo 13
- 13 Tallo con la faccia inferiore un po' più chiara, biancastra. Soredi da marginali a diffusi su tutta la superficie superiore delle lacinie, che sono leggermente ripiegate su se stesse (revolute) **Evernia prunastri** var. **herinii**
- 13 Faccia inferiore nera e lucida, al massimo di color marrone chiaro verso il margine... 14
- 14 Lobi del tallo piatti, larghi 1-2 cm, con ciglia sottili nere e sorali marginali, globulosi quando ben sviluppati; medulla e sorali K+ giallo-arancio **Parmotrema chinense**
- 14 Lobi del tallo cavi; medulla K- 15
- 15 Sorali labriformi; tallo formato da lobi prima appressati al substrato, quindi parzialmente eretti e sovrapposti **Hypogymnia physodes**

15	Sorali capitiformi; tallo formato da lobi eretti	Hypogymnia tubulosa
16	Tallo primario ridotto ad una crosta granulosa da verde a blu-grigiastra, e tallo secondario formato da strutture biancastre (“pseudopodezi”) ricoperte parzialmente da sore di verdi facilmente staccabili	Leprocaulon microscopicum
16	Tallo primario formato da squamule su cui sono presenti strutture a forma di conetto allungato o di calice (“podezi”), corticate o ricoperte da sore di	17
17	Squamule K+ giallo; podezi allungati, appuntiti all’apice, interamente coperti da sore di farinosi e portanti all’estremità piccole strutture rosse (apoteci o picnidi)	Cladonia macilenta
17	Squamule K-; apoteci e picnidi di color marrone, su podezi allungati o a forma di calice	18
18	Podezi coperti da granuli corticati, particolarmente frequenti all’interno dei podezi, che sono a forma di trombetta	Cladonia pyxidata
18	Podezi coperti almeno parzialmente da sore di	19
19	Podezi allungati, appuntiti, corticati alla base e sore diati all’apice	Cladonia coniocraea
19	Podezi a forma di calice, completamente coperti da sore di	Cladonia fimbriata
20	Tallo foglioso	21
20	Tallo crostoso o squamuloso	83
21	Tallo di color nero-bluastro o marrone-nerastro, rigido e fragile allo stato secco, gelatinoso quando umido, a struttura non stratificata (tallo omeomero), con cianobatteri	22
21	Tallo d’altro colore, al massimo marrone o bruno scuro, ma mai nero, a struttura stratificata (tallo eteromero), con alghe verdi	28
22	Tallo senza isidi	23
22	Tallo isidiato	25
23	Tallo non pustulato, a forma di cuscinetto, con lobi larghi fino a 1.5 mm, eretti; spore prevalentemente unisetate, raramente bisetate	Collema conglomeratum
23	Tallo pustulato, con lobi larghi fino a 15 mm, appressati al substrato; ascospore 4-5 settate	24
24	Spore ingrossate a un’estremità (claviformi), incurvate, c. 40-75 x 6-6.5 µm; apoteci fino a 1.5 mm in diametro, spesso di più	Collema subnigrescens
24	Spore da aciculari a bacillari, c. 50-90 x 3-4.5 µm; apoteci al massimo 1 mm in diametro	Collema nigrescens
25	Isidi appiattiti, a forma di piccole squamette, disposti soprattutto lungo le costolature ai margini dei lobi	Collema flaccidum
25	Isidi di altra forma	26
26	Isidi coralloidi, cioè fortemente ramificati; tallo pustulato	Collema furfuraceum
26	Isidi globulosi	27
27	Tallo con lobi lisci, senza pustule	Collema subflaccidum
27	Tallo con lobi fortemente pustulati, con pochi isidi	Collema nigrescens
28	Tallo in almeno alcune parti giallo vivo o arancione	29
28	Tallo di altro colore	31
29	Tallo K-, di color giallo o giallo-verde, di piccole dimensioni, formato da lobi sottili di c. 0.1-0.5 mm in larghezza, appiattiti, riccamente ramificati, alla fine sore diosi; apoteci rari, con bordo granuloso, talvolta sore diato; ascospore semplici	Candelaria concolor
29	Tallo K+ rosso, chiaramente foglioso; ascospore polardiblastiche	30
30	Tallo sore diato, con lobi tallini ascendenti, cioè sollevati verso l’alto nella parte terminale, almeno parzialmente convessi, larghi c. 1 mm, con sore di aranciati distribuiti lungo i bordi o sull’apice	Xanthoria fallax s.lat.

- 30 Tallo non sorediato, apoteci spesso molto abbondanti; lobi del tallo appressati, di grandi dimensioni (4-8 mm), piatti o leggermente concavi.....**Xanthoria parietina**
- 31 Tallo formato da piccole squamule (1-2 mm) circolari o reniformi di colore verde-gri-giastro o grigio glauco, con soredi diffusi soprattutto lungo il margine, che è ingros-sato; lichene che vive soprattutto su epatiche e talli di altri licheni, più raramente nel-le fessure della scorza.....**Normandina pulchella**
- 31 Tallo con altre caratteristiche, di dimensioni decisamente maggiori.....32
- 32 Tallo con isidi o soredi.....33
- 32 Tallo senza isidi o soredi, spesso con apoteci.....70
- 33 Tallo con isidi.....34
- 33 Tallo con soredi.....43
- 34 Tallo grigio, più o meno scuro.....35
- 34 Tallo marrone, verde-marrone o verde oliva.....39
- 35 Tallo con lobi larghi al massimo 1 mm, con faccia inferiore chiara, al massimo color nocciola nelle parti più vecchie, e rizine biancastre; gli isidi danno origine col tempo a soredi che coprono tutta la parte centrale del tallo.....**Physcia clementei**
- 35 Tallo con lobi molto più larghi, con faccia inferiore nera, color nocciola o rosa solo all'estremità dei lobi.....36
- 36 Rizine assenti; tallo con lobi spesso arrotolati su se stessi, ascendenti
.....**Pseudevernia furfuracea**
- 36 Rizine frequenti, nere; lobi non come sopra, chiaramente appiattiti.....37
- 37 Lobi coperti da una fitta rete di pseudocifelle lineari, larghi fino a 3-4 (-5) mm, me-dulla K+ arancio, C-.....**Parmelia saxatilis**
- 37 Lobi privi di pseudocifelle, larghi fino a 8-10 mm; medulla K-, C+ rosso.....38
- 38 Isidi allungati, coralloidi, di color grigio più o meno scuro, spesso bruni all'apice, ad-densati nella parte centrale del tallo.....**Parmelia tiliacea**
- 38 Isidi schiacciati a forma di pastiglia, di color da bruno scuro a blu-nero, costretti alla base.....**Parmelia pastillifera**
- 39 "Isidi" di forma conica, a base molto larga, uniformemente distribuiti sul tallo (si trat-ta in realtà di papille portanti una piccola pseudocifella all'apice, che sono comunemente scambiate per isidi); medulla K-, C-, KC-, P-.....**Parmelia exasperata**
- 39 Isidi di altra forma.....40
- 40 Isidi di forma clavata o spatolata, appiattiti lateralmente; medulla K-, C-, KC-, P-
.....**Parmelia exasperatula**
- 40 Isidi di altra forma.....41
- 41 Insieme agli isidi sono presenti anche piccoli sorali di colore giallo sporco, prima pun-tiformi, quindi confluenti; isidi globosi, cilindrici o di forma irregolare; lobi general-mente opachi; medulla C+ rosa.....**Parmelia subaurifera**
- 41 Sorali assenti, presenti solo numerosi isidi cilindrici, spesso ramificati (coralloidi); lo-bi lucidi.....42
- 42 Medulla C-; tallo molto sottile a causa dello scarso sviluppo della medulla
.....**Parmelia elegantula**
- 42 Medulla C+ rosa; tallo più spesso e robusto; talvolta all'interno della medulla è pre-sente un pigmento aranciato (rodofiscina).....**Parmelia glabratula**
- 43 Tallo verde-giallastro.....44
- 43 Tallo di altro colore (bianco- grigiastro, grigio più o meno scuro, verde-grigio, verde olivastro o marrone verdastro).....45
- 44 Soredi e medulla K+ giallo, poi rosso; sorali maculiformi a contorno circolare, rego-larmente distribuiti sulla superficie dei lobi, che sono larghi fino a 7 mm e sono ade-renti al substrato.....**Parmelia sorediens**

44	Soredi e medulla K-; soredi dapprima puntiformi, poi diffusi a coprire larga parte della parte centrale del tallo; lobi da 5 a 13 mm, non così aderenti al substrato come nella specie precedente.....	Parmelia caperata
45	Tallo K+ giallo.....	46
45	Tallo K-.....	57
46	Lobi del tallo fortemente convessi, cavi all'interno; faccia inferiore nera, lucida, quasi completamente priva di rizine.....	15
46	Lobi del tallo non cavi.....	47
47	Lobi larghi almeno 2 mm, in genere 5-8 mm o più.....	48
47	Lobi larghi al massimo 1.5-1.8 mm.....	53
48	Lobi senza pseudocifelle, piatti, larghi anche 1-2 cm, con ciglia marginali sottili, nere e soredi marginali, globulosi; medulla e soredi K+ giallo-arancio.....	Parmotrema chinense
48	Lobi con pseudocifelle.....	49
49	Pseudocifelle lineari, spesso formanti una rete; medulla C-.....	50
49	Pseudocifelle circolari o ellittiche, da cui si formano soredi della stessa forma, medulla C+ rosa (<i>Parmelia dubia</i> s.lat.).....	51
50	Soredi lineari, superficiali, che si sviluppano dalle pseudocifelle; lobi larghi 5-6 mm, troncati alle estremità, senza ciglia marginali, al massimo con qualche rizina che sporge dalla pagina inferiore.....	Parmelia sulcata
50	Soredi ristretti ai margini dei lobi, larghi anche 1-2 cm e con ciglia marginali sottili, nere.....	Parmotrema reticulatum
51	Soredi prevalentemente lungo i margini dei lobi, di forma lineare.....	Parmelia ulophylla
51	Soredi prevalentemente distribuiti sulla superficie dei lobi (laminari), a contorno circolare o ellittico.....	52
52	Lobi non strettamente aderenti al substrato e molto spesso con una sottile pruina sulle loro estremità; faccia inferiore al centro del tallo di colore nero (questo carattere è distinguibile con certezza solo in esemplari di grandi dimensioni!).....	Parmelia borrieri
52	Lobi più strettamente aderenti al substrato, sempre senza pruina; faccia inferiore al centro del tallo di colore marrone chiaro.....	Parmelia subrudecta
53	Tallo con corte ciglia marginali biancastre (spesso con la punta nera).....	54
53	Tallo senza ciglia.....	56
54	Soredi all'apice di lobi ascendenti ripiegati a cappuccio.....	Physcia adscendens
54	Soredi labriformi.....	55
55	Faccia inferiore non corticata, con macchie pigmentate arancioni, K+ rosso.....	Heterodermia obscurata
55	Faccia inferiore corticata, sempre K-.....	Physcia tenella
56	Soredi diffusi su tutta la parte centrale del tallo, derivanti da papille (isidi) di forma irregolare.....	Physcia clementei
56	Soredi limitati all'apice di corti lobi ascendenti, che si lacerano all'estremità; aspetto simile a quello di <i>Physcia adscendens</i>	Physcia vitii
57	Lobi più larghi di 2.5 mm, in genere c. 4-6 mm; medulla C+ rosa.....	58
57	Lobi larghi al massimo 2 mm; medulla C-.....	59
58	Lobi coperti spesso da una pruina biancastra e, all'apice, da sottili peli; soredi marginali, che diventano confluenti nella parte centrale del tallo.....	Parmelia subargentifera
58	Lobi generalmente opachi, ma senza pruina né peli; soredi di colore giallo sporco, prima puntiformi, quindi confluenti, presenti insieme a isidi globosi, cilindrici o di forma irregolare, che se spezzati lasciano trasparire un colore giallastro.....	Parmelia subaurifera
58	59 Tallo subcrostoso, in rosette larghe al massimo 1 cm, spesso confluenti, lobate, con	

	lobi larghi 0.3-0.5 mm e sorali di forma circolare su piccoli lobi laterali; conidiospore filiformi.....	Hyperphyscia adglutinata
59	Tallo evidentemente foglioso, che si può staccare dal substrato con una certa facilità; conidiospore ellittiche o a forma di bastoncello.....	60
60	Pruina spesso presente, almeno all'apice dei lobi, che sono più larghi di 1 mm.....	61
60	Pruina sempre assente; lobi larghi fino a 1 mm.....	64
61	Medulla giallastra.....	62
61	Medulla bianca.....	63
62	Medulla K+ giallo, rizine ramificate a spazzola.....	Physconia enteroxantha
62	Medulla K-, rizine semplici.....	Pyxine subcinerea
63	Rizine semplici, per lo più bianche; sorali prevalentemente marginali; tallo verde-grigio, spesso con un fitto deposito di pruina biancastra.....	Physconia grisea
63	Rizine ramificate a spazzola; sorali labriformi, spesso su corti lobetti secondari; tallo marrone, con le estremità dei lobi bianchi per il deposito di pruina, che spesso si estende a coprire anche la parte centrale del tallo.....	Physconia perisidiosa
64	Faccia superiore dei lobi, soprattutto agli apici, con sottili peli trasparenti (lente!); sorali labriformi.....	Phaeophyscia hirsuta
64	Faccia superiore dei lobi senza sottili peli trasparenti; sorali di varia forma.....	65
65	Faccia inferiore del tallo chiara, da biancastra a bruno pallida.....	66
65	Faccia inferiore del tallo nera.....	67
66	Talli più piccoli di 1 cm in diametro; lobi più stretti di 0.5 mm, con soreddi granulosi, parzialmente corticati, al margine dei lobi.....	Phaeophyscia nigricans
66	Talli più larghi di 1 cm in diametro; lobi più larghi di 0.5 mm, con soreddi farinosi prodotti da sorali labriformi.....	Phaeophyscia chloantha
67	Talli più piccoli di 1 cm in diametro, lobi più stretti di 0.5 mm, con sorali arrotondati, sulla superficie dei lobi.....	Phaeophyscia insignis
67	Talli più larghi di 1 cm in diametro, lobi più larghi di 0.5 mm.....	68
68	Sorali labriformi, a volte frammisti con sorali capitiformi... Phaeophyscia hirsuta	
68	Sorali, capitiformi all'apice dei lobi o sorali superficiali.....	69
69	Sorali in genere all'apice di corti lobuli laterali; margine dei lobi con lunghe rizine nere che sporgono dalla faccia inferiore del tallo e dal margine degli apoteci eventualmente presenti.....	Phaeophyscia pusilloides
69	Sorali prevalentemente superficiali, rotondeggianti, solo alcuni al margine dei lobi, che sono appressati al substrato e leggermente allargati all'estremità; margine dei lobi con poche rizine che sporgono dalla faccia inferiore del tallo.....	Phaeophyscia orbicularis
70	Tallo grigio più o meno scuro.....	71
70	Tallo bruno, bruno-verdastro o verde, anche se talvolta appare biancastro per depositi di pruina.....	77
71	Lobi larghi fino a 10-12 mm, arrotondati, con medulla C+ rosa, e apoteci con disco color nocciola, spesso con corte rizine nella parte inferiore del loro margine.....	Parmelia quercina
71	Lobi decisamente più stretti e allungati; medulla C-.....	72
72	Tallo verde intenso quando bagnato, K-.....	Phaeophyscia ciliata
72	Tallo mai verde intenso quando bagnato, K+ giallo (attenzione! per essere certi della positività della reazione, deponete una goccia di reagente prelevata dal tallo su carta assorbente bianca, e confrontate il colore della macchia con quella formata dal reagente puro).....	73
73	Lobi ascendenti con brevi ciglia chiare e faccia superiore con piccole punteggiature chiare.....	Physcia semipinnata
73	Lobi senza brevi ciglia chiare.....	74

74	Faccia superiore pruinoso almeno all'apice dei lobi	75
74	Faccia superiore non pruinoso, al massimo con piccole punteggiature chiare	76
75	Tallo con frequenti apoteci, spesso ricoperti da una spessa pruina, distribuiti su tutta la parte centrale del tallo; lobuli avventizi assenti	Physcia biziana var. biziana
75	Tallo con scarsi apoteci e parte centrale del tallo coperta da numerosi lobuli avventizi.....	Physcia biziana var. leptophylla
76	Medulla K+ giallo (attenzione! dovete eliminare una parte cospicua del cortex prima di fare la reazione, perché questo reagisce K+ giallo in tutte le <i>Physciae</i>); faccia superiore con frequenti punteggiature chiare.....	Physcia aipolia
76	Medulla K-; faccia superiore senza punteggiature chiare	Physcia stellaris
77	Tallo con ciglia marginali nerastre e lobi stretti e allungati, privi di cortex inferiore, feltrosi sulla faccia superiore, spesso ascendenti.....	Anaptychia ciliaris
77	Tallo senza ciglia marginali, al massimo con rizine che sporgono dal margine dei lobi	78
78	Lobi larghi fino a 10-15 mm, arrotondati alle estremità; rizine semplici; faccia superiore da verde-bruno a bruno-grigio, talvolta verde scuro, non raramente con pruina	79
78	Lobi più stretti, fino a 0.6-2.0 mm, allungati e spesso parzialmente sovrapposti; rizine ramificate; faccia superiore bruna o bruno-grigia per il deposito di pruina, che talvolta copre l'intero tallo conferendogli un colore biancastro.....	81
79	Faccia superiore del tallo con papille coniche dotate all'apice di una piccola pseudocifella, che possono essere scambiate per isidi; medulla K-, C-, KC-.....	Parmelia exasperata
79	Faccia superiore del tallo senza papille coniche.....	80
80	Superficie dell'estremità dei lobi e margine degli apoteci ricoperta da finissimi peli incolori (lente!); medulla K-, C+, KC+ rosa	Parmelia glabra
80	Peli assenti; medulla K+ gialla, poi rossa, C-, KC-.....	Parmelia acetabulum
81	Faccia superiore dei lobi ricoperta da sottili peli trasparenti (lente! osservate soprattutto l'apice dei lobi).....	Physconia servitii
81	Faccia superiore dei lobi senza sottili peli trasparenti.....	82
82	Faccia inferiore chiara; margine degli apoteci spesso fortemente lobulato, per cui questi hanno l'aspetto di una margherita; tallo scarsamente pruinoso, con pruina limitata di solito all'estremità dei lobi.....	Physconia venusta
82	Faccia inferiore scura (da bruno scuro a nero), tranne il margine; margine degli apoteci con al massimo qualche lobuletto avventizio; tallo spesso fortemente pruinoso	Physconia distorta
83	Tallo con alghe verdi	84
83	Tallo con <i>Trentepohlia</i> (grattare la superficie del tallo con una punta: in questo caso si distingue un colore giallo-aranciato, dovuto ai pigmenti dell'alga) o non evidentemente lichenizzato	158
84	Tallo con corpi fruttiferi, senza soredi o isidi.....	85
84	Tallo in genere senza corpi fruttiferi, quasi sempre con soredi o isidi.....	133
85	Corpi fruttiferi chiusi all'interno di verruche talline o immersi nel tallo, con disco poco o nulla evidente.....	86
85	Corpi fruttiferi con disco sempre ben evidente	89
86	Tallo K-.....	87
86	Tallo K+ giallo.....	88
87	Corpi fruttiferi (apoteci) inizialmente immersi in verruche del tallo, ma alla fine di grandi dimensioni (fino a c. 0.6-1.8 mm in diametro), con disco evidente, bruno-nerastro o grigio scuro; tallo decisamente crostoso; aschi con 4-8 spore, con parete spessa.....	Pertusaria hymenea
60 87	Corpi fruttiferi (periteci) sempre immersi nel tallo; questo è formato da squamule ap-	

- piattite, con i bordi revoluti, di color nocciola verdastro o grigio-brunastro, e faccia inferiore biancastra, non corticata, nascosta però da uno spesso strato di ife rizoidali; spore 8 per asco, semplici, con parete sottile.....**Catapyrenium psoromoides**
- 88 Verruche semiglobose, ristrette alla base; aschi con 2 ascospore.....**Pertusaria pertusa**
- 88 Verruche a forma di conetto, con la base ampia; aschi con 4 ascospore
.....**Pertusaria leioplaca**
- 89 Apoteci con disco giallo intenso, arancio o rosso più o meno vivo90
- 89 Apoteci di altro colore98
- 90 Almeno il disco dell'apotecio K+ rosso; ascospore polardiblastiche.....91
- 90 Disco dell'apotecio K-; ascospore unisetate.....96
- 91 Tallo con sfumature giallastre più o meno intense, K+ rosso
.....**Caloplaca flavorubescens**
- 91 Tallo di altro colore, K-92
- 92 Apoteci con bordo grigio...93
- 92 Apoteci con bordo mai grigio, in genere dello stesso colore del disco.....94
- 93 Disco di color giallo più o meno vivo, tendente all'arancio o con sfumature grigiastre
.....**Caloplaca cerina**
- 93 Disco di color rosso mattone o rosso scuro, opaco**Caloplaca haematites**
- 94 Apoteci con disco e bordo rosso-arancio**Caloplaca ferruginea**
- 94 Apoteci con disco giallo intenso o arancio chiaro95
- 95 Apoteci giallo limone, minuti, fino a c. 0.3 mm in diametro; ascospore più di 8 per asco
.....**Caloplaca cerinella**
- 95 Apoteci giallo-arancio, più grandi dei precedenti, fino a 0.8 mm in diametro, ascospore 8 per asco**Caloplaca pyracea**
- 96 Apoteci con bordo grigio, con granuli isidiosi; tallo finemente isidiato; ascospore 8 per asco.....**Candelariella viae-lactae**
- 96 Apoteci con bordo mai grigio, in genere concolore al disco97
- 97 Tallo formato da minute squamette verde-giallastre, talvolta giallo vivo, spesso completamente ricoperte da soredi; aschi con 8 spore**Candelariella reflexa**
- 97 Tallo formato da piccoli granuli corticati di 0.07-0.10 mm in diametro, dispersi, di colore giallo intenso; aschi contenenti 12-32 ascospore.....**Candelariella xanthostigma**
- 98 Apoteci lecanorini, cioè con il bordo dello stesso colore del tallo e contenente alghe al suo interno (sezione!)99
- 98 Apoteci lecideini, cioè con il bordo con colore simile a quello del disco, e diverso da quello del tallo; alghe non presenti all'interno del bordo (sezione!)124
- 99 Tallo sorediato100
- 99 Tallo non sorediato101
- 100 Ascospore bicellulari, brune; apoteci con disco marrone scuro; tallo grigio, bruno o grigio-verdastro, con piccoli lobi e sorali circolari, da piani a convessi
.....**Hyperphyscia adglutinata**
- 100 Ascospore polardiblastiche, incolori; apoteci marrone chiaro; tallo da grigio a grigio-verdastro, decisamente crostoso, senza lobi; e sorali circolari, da concavi a piani
.....**Caloplaca herbidella**
- 101 Disco degli apoteci pruinoso, C+ giallo vivo (*Lecanora gr. carpinea*)102
- 101 Disco degli apoteci C-104
- 102 Apoteci 0.5-1.2 (1.5) mm in diametro, con margine P-; disco degli apoteci più o meno di colore ocre.....**Lecanora carpinea**
- 102 Apoteci 2 (-2.5) mm in diametro, con margine P+ da giallastro ad arancio; disco degli apoteci da bruno chiaro a rosa103
- 103 Margine degli apoteci P+ da giallo vivo ad arancio; disco degli apoteci brunastro, rosa brunastro o rosa**Lecanora subcarpinea**

- 103 Margine degli apotecii P+ giallastro, e disco da rosa chiaro a bruno chiaro
.....**Lecanora leptyroides**
- 104 Tallo K+ giallo..... 105
- 104 Tallo mai K+ giallo, al massimo K+ giallo pallido in *Rinodina exigua*..... 112
- 105 Disco degli apotecii nero; imenio (sezione!) violaceo.....**Tephromela atra** var: **torulosa**
- 105 Disco degli apotecii marrone anche scuro, ma mai nero; imenio incolore (*Lecanora* gr. *subfusca*; **attenzione!** si tratta di un complesso di specie che si possono riconoscere con certezza solo esaminando sezioni dell'apotecio al microscopio a luce polarizzata, che permette di osservare la presenza e la forma di cristalli e granuli nelle diverse parti del corpo fruttifero)..... 106
- 106 Epitecio in luce polarizzata senza cristalli (*Lecanora* gr. *allophana*)..... 107
- 106 Epitecio con granuli..... 111
- 107 Margine tallino degli apotecii con gruppi di grossi cristalli, a contorno irregolare..... 108
- 107 Margine tallino degli apotecii con cristalli molto piccoli, distribuiti in tutta la medulla... 109
- 108 Apotecii a disco bruno molto scuro, quasi nero; epimenio bruno-olivastro, rossastro in acido nitrico.....**Lecanora meridionalis**
- 108 Apotecii a disco bruno-rossastro, epimenio bruno-rossastro o bruno-giallastro.....**Lecanora argentata**
- 109 Cortex del margine tallino degli apotecii di solito ben distinto dalla medulla, gelatinoso, spesso espanso alla base (fino a 100 µm); cristalli limitati alla medulla; apotecii a disco spesso lucido e margine tallino continuo.....**Lecanora horiza**
- 109 Cortex e medulla del margine tallino degli apotecii non nettamente separati in sezione; cristalli presenti tanto nella medulla quanto nel cortex..... 110
- 110 Apotecii con margine tallino sottile, liscio, allo stesso livello del disco, alla fine quasi assente; cortex alla base degli apotecii spessa 50-70 µm; spore 9-13 x 6-8 µm
.....**Lecanora glabrata**
- 110 Apotecii con margine tallino prominente; cortex alla base degli apotecii spessa 60-100 µm; spore 13-18 (-21) x 7-10 (-11) µm.....**Lecanora allophana**
- 111 Margine dell'apotecio P-; epitecio da incolore a bruno-grigiastro, con granuli irregolari che si sciolgono in acido nitrico.....**Lecanora chlorotera**
- 111 Margine dell'apotecio P+ arancio-rosso; epitecio rossastro o bruno-rossastro con granuli sottili, persistenti in acido nitrico.....**Lecanora pulicaris**
- 112 Tallo e disco degli apotecii giovani verde chiaro, o verde giallastro..... 113
- 112 Tallo e disco degli apotecii di altro colore..... 115
- 113 Tallo KC-, apotecii alla fine fortemente convessi.....**Lecanora symmicta**
- 113 Tallo KC+ giallo, molto sottile, spesso quasi assente..... 114
- 114 Bordo dell'apotecio liscio, sottile, effimero.....**Lecanora saligna**
- 114 Bordo dell'apotecio crenulato, persistente.....**Lecanora sarcopis**
- 115 Tallo KC+ arancio, da continuo a fessurato, grigio con sfumature giallastre; apotecii fino a 0.6-1.8 mm in diametro, con margine spesso, e disco bruno-nerastro o grigio scuro; spore di grandi dimensioni, c. 60-120 x 20-50 µm, con parete spessa 6-10 µm, 4-8 per asco.....**Pertusaria hymenea**
- 115 Tallo KC-; apotecii più piccoli; spore di dimensioni più ridotte, al massimo di 25 x 10 µm, e con parete non ispessita..... 116
- 116 Ascospore brune; margine tallino degli apotecii grigio o verde-grigio, mai bianco, in genere persistente..... 117
- 116 Ascospore incolore; margine tallino degli apotecii vario..... 119
- 117 Tallo K+ giallo chiaro, sottile, di colore grigio più o meno scuro; ascospore mature con pareti fortemente ispessite agli apici, 13-20 x 6-10 µm.....**Rinodina exigua**
- 117 Tallo K-; ascospore mature senza pareti fortemente ispessite agli apici..... 118

- 118 Tallo sottile, senza protallo; apoteci numerosi e aggregati, con disco da piatto a convesso; epimenio bruno scuro; spore c. 12-16 x 5-7 μm **Rinodina pyrina**
- 118 Tallo ben sviluppato, areolato, con un protallo nero; apoteci infossati nel tallo con disco piatto e epimenio bruno rossastro; spore c. 13-17x 7-9 μm **Rinodina sophodes**
- 119 Ascospore semplici..... 120
- 119 Ascospore settate 122
- 120 Ascospore 8-16-32 per asco; apoteci 0,2-0,5 mm in diametro **Lecanora sambuci**
- 120 Ascospore 8 per asco..... 121
- 121 Apoteci alla fine convessi, senza margine e disco non pruinoso, bruno scuro
..... **Lecanora umbrina**
- 121 Apoteci marginati anche da vecchi, con margine finemente crenulato e disco bruno, spesso pruinoso **Lecanora hagenii**
- 122 Ascospore con setto incompleto (polardiblastiche) **Caloplaca obscurella**
- 122 Ascospore con setto completo 123
- 123 Ascospore 8-12-16 per asco, con un solo setto trasversale (ascospore bicellulari)
..... **Lecania cyrtella**
- 123 Ascospore 8 per asco, con due o tre setti trasversali (ascospore tri- o tetra-cellulari) **Lecania koerberiana**
- 124 Apoteci da carnicini a bruno-rossastri, spesso pruinosi sul margine, e tallo grigio-verdastro, da granulare a evidentemente isidiato; ascospore strette e lunghe, plurisetate, c. 42-70 x 2.5-4 μm **Bacidia rubella**
- 124 Apoteci di altro colore (da \pm bianchi a neri, mai bruno-rossastri); tallo non isidiato... 125
- 125 Ascospore marroni..... 126
- 125 Ascospore incolori 127
- 126 Ascospore dapprima 1-3 settate, quindi sub-muriformi; tallo bianco o grigio chiaro, continuo o granuloso, con apoteci neri, almeno all'inizio pruinosi, relativamente grandi, fino a 1.5 mm in diametro **Diplotomma alboatrum**
- 126 Ascospore unisetate; apoteci fino a 0.6 mm in diametro **Amandinea punctata**
- 127 Ascospore semplici; tallo C+ arancio, KC+ giallo; apoteci neri, quando giovani con margine ben evidente **Lecidella elaeochroma**
- 127 Ascospore settate 128
- 128 Ascospore unisetate o polardiblastiche 129
- 128 Ascospore plurisetate..... 130
- 129 Ascospore unisetate; parafisi con estremità fortemente ingrossate, nere
..... **Catillaria nigroclavata**
- 129 Ascospore polardiblastiche; parafisi senza estremità fortemente ingrossate
..... **Caloplaca obscurella**
- 130 Ascospore da 8 a 16 per asco, reniformi, c. 10-18 x 4-5 μm ; apoteci neri, con margine sottile ma persistente..... **Arthrosporium populorum**
- 130 Ascospore sempre 8 per asco, più fortemente allungate..... 131
- 131 Ascospore spiraliformi (questo carattere si può frequentemente osservare già all'interno dell'asco), spesse 2-3 μm **Scoliciorporum umbrinum**
- 131 Ascospore diritte o incurvate, mai spiraliformi, spesse 4-5 (-6) μm 132
- 132 Ascospore prevalentemente con 7 setti, lunghe c. 20-40 μm ; parafisi fortemente ramificate e con anastomosi; apoteci da bruno a bruno-neri
..... **Scoliciosporum chlorococcum**
- 132 Ascospore con 3 (-5) setti, lunghe c. 13-24 μm ; parafisi semplici; apoteci variamente colorati, da quasi bianchi a blu-grigio, grigio-marrone a nero, con margine poco sviluppato **Lecania naegelii**
- 133 Tallo giallo, o con un sfumatura giallastra più o meno intensa..... 134

133	Tallo di altro colore.....	140
134	Tallo giallo ocre più o meno intenso o giallo-verdastro pallido.....	135
134	Tallo giallo uovo o giallo limone vivo.....	138
135	Tallo K+, quasi completamente ricoperto da soredi farinosi, di colore giallino pallido....	136
135	Tallo K-, corticato almeno nella parte marginale, di colore giallo ocre più o meno intenso.....	137
136	Protallo bianco ben sviluppato; tallo C-, K+ giallo, poi bruno, P+ giallo più o meno intenso, di colore giallo zolfo o giallo verdastro.....	Haematomma ochroleucum
136	Protallo assente; tallo C+ arancio, K+ giallo, P-, di colore verdastro con una leggera sfumatura giallastra.....	Lecanora expallens
137	Tallo con isidi granulari che possono dissolversi in soredi, qualche volta con un protallo grigio più o meno scuro; apoteci immersi in verruche talline.....	Pertusaria flavida
137	Tallo con soredi da farinosi a granulari, e spesso con un protallo nero molto sviluppato; apoteci con disco evidente, fortemente convessi, rosso-brunastri.....	Pyrrhospora quernea
138	Tallo ridotto a una massa sorediosa-pulverulenta di colore giallo brillante, talvolta con una sfumatura verde, costituito da granuli di 0.01-0.1(-0.2) mm in diametro.....	Chrysothrix candelaris
138	Tallo formato da squamulette sorediate o da granuli corticati.....	139
139	Tallo formato da squamulette gialle o verde-giallastre che danno origine a soredi che talvolta le coprono quasi interamente, tendendo a formare una crosta leprosa quasi continua; soredi c. 0.05-0.07 mm in diametro.....	Candelariella reflexa
139	Tallo formato da granuli corticati di 0.07-0.10 mm in diametro, dispersi, di colore giallo uovo.....	Candelariella xanthostigma
140	Tallo senza soredi o isidi.....	141
140	Tallo con soredi o isidi.....	142
141	Tallo formato da squamule appiattite, con i bordi revoluti, di color nocciola verdastro o grigio-brunastro, e faccia inferiore biancastra, non corticata, nascosta però da uno spesso strato di ife rizoidali; corpi fruttiferi (periteci) completamente immersi, e dunque spesso di difficile osservazione.....	Catapyrenium psoromoides
141	Tallo formato da squamule sollevate sul substrato, spesso almeno parzialmente sovrapposte, con il margine irregolare, spesso inciso, di color verde o verde-grigio (attenzione! se sono presenti piccole strutture a forma di coppa, calice o trombetta, vai al 15).....	Cladonia sp.
142	Tallo leproso, cioè ridotto a una massa sorediosa-pulverulenta.....	143
142	Tallo non come sopra: i soredi si sviluppano almeno all'inizio da aree definite di un tallo corticato, anche se poi lo possono coprire quasi interamente.....	149
143	Tallo con almeno qualche reazione positiva.....	144
143	Tallo K-, C-, KC-, P-.....	Lepraria incana
144	Tallo K+ giallo pallido.....	145
144	Tallo K-.....	147
145	Tallo verdastro, con una sfumatura giallastra, C+, KC+ arancio....	Lecanora expallens
145	Tallo verde-grigiastro o grigio più o meno scuro, senza sfumatura giallastra, C-, KC-.....	146
146	Protallo ben sviluppato, bianco; tallo P+ giallo più o meno intenso.....	Haematomma ochroleucum var. porphyrium
146	Protallo assente; tallo P+ arancio.....	Lepraria lobificans
147	Tallo K-, C-, KC+ arancio.....	Lepraria eburnea
147	Tallo K-, C-, KC-.....	148
148	Tallo ben definito, con lobi marginali più o meno distinti.....	Leproloma membranaceum

- 148 Tallo non definito, senza lobi marginali.....**Lepraria nivalis**
- 149 Tallo formato da squamule, più o meno appressate al substrato..... 150
- 149 Tallo non come sopra..... 151
- 150 Squamule reniformi o a forma di conchiglia, c. 1-2 mm in diametro, appressate al substrato, con il margine ingrossato, di color grigio glauco o verde-grigio, e soredi dello stesso colore distribuiti sulla superficie e lungo i margini.....**Normandina pulchella**
- 150 Squamule almeno parzialmente sollevate dal substrato e più o meno parzialmente sovrapposte, con granuli sorediosi sulla faccia inferiore e con il margine irregolare, spesso inciso (attenzione! se sono presenti piccole strutture a forma di coppa, calice o trombetta, vai al 15).....**Cladonia sp.**
- 151 Tallo con lobi marginali..... 152
- 151 Tallo senza lobi marginali..... 153
- 152 Tallo grigio-verde o bruno, con sottili lobi radianti, subcrostosi, corticati anche sulla faccia inferiore, c. 0.2-0.5 mm in larghezza, sempre senza pruina, con sorali di forma circolare, spesso confluenti nelle parti più vecchie del tallo.....**Hyperphyscia adglutinata**
- 152 Tallo bianco-grigiastro, spesso, con lobi pruinosi e parte centrale areolata, sorediata.....**Diploicia canescens**
- 153 Soredi K+ 154
- 153 Soredi K-..... 156
- 154 Soredi K+ giallo, KC+giallo-arancio; tallo ridotto ad una crosta sorediosa giallo-verdastra o verde chiaro.....**Lecanora expallens**
- 154 Soredi K+ giallo poi rosso..... 155
- 155 Sorali chiari, diffusi su un tallo liscio da bianco argento a grigio, spesso delimitato da un protallo bianco.....**Phyctis argena**
- 155 Sorali verde-grigiastri, delimitati, su un tallo da liscio a sottilmente areolato, grigio, spesso delimitato da un protallo nero.....**Buellia griseovirens**
- 156 Tallo e soredi C+ rosa intenso.....**Ochrolechia arborea**
- 156 Tallo e soredi C-..... 157
- 157 Sorali ben delimitati, a contorno circolare, KC+ violetto, tallo dal gusto fortemente amaro.....**Pertusaria amara**
- 157 Sorali a forma di disco, concavi, di grandi dimensioni, KC-; tallo insipido, spesso zonato al margine.....**Pertusaria albescens**
- 158 Corpi fruttiferi presenti..... 159
- 158 Corpi fruttiferi assenti; tallo grigio-rosa, con sfumature aranciate, con sorali prima puntiformi e delimitati, quindi confluenti, fino a coprire larghe parti del tallo.....**Schismatomma decolorans**
- 159 Corpi fruttiferi a forma di fiaschetti chiusi..... 160
- 159 Corpi fruttiferi non come sopra..... 164
- 160 Corpi fruttiferi carnicini o aranciati; spore submuriformi, incolori, con le estremità appuntite.....**Gyalecta liguriensis**
- 160 Corpi fruttiferi neri o marrone; spore uni- o bisettate..... 161
- 161 Ascospore unisetate..... 162
- 161 Ascospore plurisetate..... 163
- 162 Tallo bianco-grigiastro, sottile, continuo, con periteci di c. 0.3-0.6 mm in diametro; aschi allungati con spore disposte regolarmente in un'unica fila; spore bicellulari incolori, con un evidente perisporio gelatinoso.....**Acrocordia gemmata**
- 162 Tallo praticamente assente, con periteci di 0.1-0.2 mm in diametro; aschi sacciformi, corti e larghi, con spore disposte irregolarmente al loro interno; spore talvolta brunastre e 3-settate quando molto mature, altrimenti bicellulari e incolori, senza perisporio.....**Arthopyrenia punctiformis**

- 163 Tallo assente; ascospore 19-26 x 4-7 µm, diritte.....**Arthopyrenia fraxini**
- 163 Tallo presente; ascospore fusiformi, incurvate, talvolta addirittura a forma di S (sigmoidi), 25-32 x 2-3.5 µm.....**Leptorhaphis atomaria**
- 164 Corpi fruttiferi a contorno più o meno regolarmente circolare..... **165**
- 164 Corpi fruttiferi di forma decisamente allungata o a forma di stella, con disco più o meno chiuso (lirelle)..... **168**
- 165 Corpi fruttiferi carnicini o aranciati; spore submuriformi, incolori, con le estremità appuntite.....**Gyalecta liguriensis**
- 165 Corpi fruttiferi scuri..... **166**
- 166 Corpi fruttiferi con un sottile margine evidente, immersi nel tallo; disco piatto; ascospore bicellulari, brune quando mature; tallo biancastro.....**Melaspilea urceolata**
- 166 Corpi fruttiferi senza margine, non immersi nel tallo; ascospore incolori..... **167**
- 167 Ascospore unisetate; ipotecio bruno-giallastro; tallo che si sviluppa sulla scorza.....**Arthonia exilis**
- 167 Ascospore trisetate; ipotecio incolore; tallo che si sviluppa all'interno della scorza.....**Arthonia punctiformis**
- 168 Corpi fruttiferi senza margine..... **169**
- 168 Corpi fruttiferi con margine bene sviluppato, tanto che spesso il corpo fruttifero sembra aprirsi tramite una fessura..... **172**
- 169 Ascospore unisetate..... **170**
- 169 Ascospore trisetate..... **171**
- 170 Lirelle non molto allungate, non ramificate; ipotecio bruno giallastro.....**Arthonia exilis**
- 170 Lirelle allungate, spesso ramificate o a forma di stella; ipotecio incolore.....**Arthonia dispersa**
- 171 Lirelle non molto allungate, semplici, non ramificate; ipotecio incolore.....**Arthonia punctiformis**
- 171 Lirelle allungate, spesso ramificate o a forma di stella; ipotecio incolore o bruno-olivastro chiaro, K+ verdastro.....**Arthonia radiata**
- 172 Lirelle molto allungate e ramificate, con i bordi parzialmente ricoperti dal tallo; ascospore incolori, con 5-15 setti e pareti fortemente ispessite, per cui il lume cellulare è ridotto e ha forma lenticolare.....**Graphis scripta**
- 172 Lirelle non come sopra; ascospore con pareti non ispessite..... **173**
- 173 Tallo assente; ascospore brune a maturità; lirelle corte e piuttosto tozze, fragili, che ricordano dei chicchi di caffè allungati.....**Hysterium sp.**
(si tratta di un gruppo di funghi saprofiti non lichenizzati che non devono essere considerati nel calcolo dell'Indice di Biodiversità Lichenica)
- 173 Tallo presente; ascospore incolori..... **174**
- 174 Ascospore con 4-7 (-8) setti, larghe (5-) 6-9 µm; epitecio marrone, K-.....**Opegrapha varia** s.lat.
- 174 Ascospore con 3 setti.....**Opegrapha atra**

Letterature di riferimento

Chi volesse dedicarsi all'identificazione di specie non riportate in queste chiavi parziali (ad esempio licheni raccolti in montagna) dovrà al momento adattarsi a consultare un certo numero di opere diverse, tra cui molte straniere. L'unica flora completa dei licheni d'Italia fu infatti pubblicata da A. Jatta tra il 1909 e il 1911: scritta in latino, è molto datata e riveste interesse solo per gli specialisti, che la possono trovare nelle biblioteche di alcune Università italiane. Sono però disponibili le chiavi di identificazione dei macrolicheni italiani, cioè di tutte le specie fogliose e fruticose (Nimis 1987), mentre sul Notiziario della Società Lichenologica Italiana sono comparse le chiavi dei generi crostosi *Caloplaca* (Nimis 1992) e *Lecanora* (Nimis & Bolognini 1993), che sono state seguite nel presente lavoro per il gruppo di *L. allophana*. Una chiave parziale per i licheni epilitici, in lingua italiana, è stata pubblicata da Nimis *et al.* (1987) in una monografia sui licheni delle aree archeologiche del Lazio, mentre un bel libro iconografico è stato pubblicato da Nimis *et al.* (1992) sui licheni che crescono sui monumenti. Altamente consigliabile per la ricchezza di fotografie e per la chiarezza espositiva è senza dubbio l'opera di Ozenda & Clauzade (1970), in francese, mentre una versione più aggiornata, priva purtroppo delle fotografie, è stata pubblicata in esperanto da Clauzade & Roux (1985). In lingua tedesca sono disponibili le chiavi di Wirth (1995) relative alla flora della Germania sud-occidentale, che comprende molte delle specie presenti in Italia, con un ricco, bellissimo apparato iconografico. Un altro testo con numerose foto è stato pubblicato da Jahns (1980), ora disponibile anche in italiano, che tratta anche i muschi e le felci. In lingua inglese sono disponibili le chiavi relative alla flora di Gran Bretagna e Irlanda, che sono completate dalla descrizione - veramente esaustiva - di tutte le specie trattate (Purvis *et al.* 1992).

Informazioni relative all'ecologia, distribuzione e sistematica di tutti i licheni d'Italia sono disponibili sul sito <http://dbiodbs.univ.trieste.it/> ("ITALIC - The information system on Italian Lichens", Martellos & Nimis), che si basa in gran parte sulle informazioni contenute nella check-list dei licheni d'Italia (Nimis 1993) e continuamente aggiornate (Nimis 2000). Sulla biologia di questi organismi sono consigliabili le opere di Hawskworth & Hill (1984), Ahmadjian (1967), Ahmadjian & Hale (1973), e Nash (1996) in inglese, e quella di Henssen & Jahns (1973) in tedesco. In italiano è disponibile il libro "Licheni, conoscerli e utilizzarli" di R. Piervittori (1998). Articoli a carattere divulgativo sui licheni, insieme alle informazioni sulle attività in campo lichenologico, appaiono sul Notiziario della Società Lichenologica Italiana che viene pubblicato annualmente in collaborazione con il Museo Regionale di Scienze di Torino.

Ringraziamenti

Queste chiavi sono state preparate originariamente per un CD interattivo sui licheni per le scuole, curato da Mirco Marconi e Giovanni Ferrari per conto del Centro Regionale di Educazione Ambientale (CREA) di Reggio Emilia, intitolato “Le scuole valutano la qualità dell’aria con i licheni”. Desidero perciò ringraziare la Dott. Claudia Casoni, direttrice di questo ente, che mi ha permesso di pubblicare in questa sede le chiavi di identificazione, che sono state leggermente modificate per includere alcune specie segnalatemi da alcuni colleghi, tra cui il Prof. P.L. Nimis (Trieste). Si ringraziano infine Renato Benesperi (Firenze), Miris Castello (Trieste), Cristina Delucchi (Pavia), Alessandro Gambera (Latisana), Deborah Isocrono (Torino), e Stefano Loppi (Siena) per aver testato le chiavi, suggerendo correzioni e miglioramenti.

- Ahmadjian V., 1967. *The Lichen Symbiosis*. Waltham, Massach.
- Ahmadjian V., Hale M.E. (eds.), 1974. *The Lichens*. Academic Press, New York.
- Clauzade G., Roux C., 1985. *Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibro*. Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, nouvelle série, numéro spécial, 7: 1-893.
- Hale M.E., 1979. *How to Know the Lichens*, II ed., C. Brown Company Publ., Dubuque, Iowa.
- Hawksworth D.L., Hill D.J., 1984. *The Lichen-forming Fungi*. Blackie, Glasgow & London.
- Henssen A., Jahns H.M., 1974. *Lichenes*. G. Thieme, Stuttgart.
- Jahns H.M., 1980. *Farne Moose Flechten Mittel-, Nord und West-Europas*. BLV, München (versione italiana: Jahns H.M., *Felci, Muschi, Licheni d’Europa*. F. Muzzio Editore, Padova, 1992).
- Jatta A., 1909-1911. *Flora Italica Cryptogama*. Pars III: Lichenes. Tip. Cappelli, Rocca di S. Casciano.
- Nash T.H., III, 1996. *Lichen Biology*. Academic Press, Cambridge.
- Nimis P.L., 1987. *I macrolicheni d’Italia, chiavi analitiche per la determinazione*. Gortania (Udine), 8: 101-220.
- Nimis P.L., 1992. *Chiavi analitiche del genere Caloplaca Th. Fr. in Italia* (Lichenes, Teloschistaceae). Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 5: 9-28.
- Nimis P.L., 1993. *The Lichens of Italy. An annotated catalogue*. Monografie, XII. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino.
- Nimis P.L., 2000. *Checklist of the Lichens of Italy 2.0*. University of Trieste, Dept. of Biology, IN2.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>)
- Nimis P.L., Bolognini G., 1993. *Chiavi analitiche del genere Lecanora Ach. in Italia*. Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 6: 29-46.
- Nimis P.L., Ciccarelli A., Lazzarin G., Bargagli R., Benedet A., Castello M., Gasparo D., Lausi D., Olivieri S., Tretiach M., 1992. *I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell’area di Schio - Thiene - Breganze (VI)*. Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Verona, 16 (“1989”): 1-154.
- Nimis P.L., Monte M. & Tretiach M., 1987. *Flora e vegetazione di aree archeologiche del Lazio*. Studia Geobotanica (Trieste): 7: 3-162.
- Nimis P.L., Pinna D., Salvadori O., 1992. *Licheni e conservazione dei monumenti*. Editrice CLUEB, Bologna.
- Ozenda P., Clauzade G., 1970. *Les Lichens. Étude Biologique et Flore Illustrée*. Masson et C. ie, Paris.
- Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W., Moore D.M. (eds.), 1992. *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications & British Lichen Society, London.
- Piervittori, R., 1998. *Licheni, conoscerli e utilizzarli*. Minerva Ed., Aosta.
- Wirth V., 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*, II Aufl., voll. 1+2. E. Ulmer, Stuttgart.

Appendice II: la rete nazionale

Ai fini di una corretta interpretazione e rappresentazione dei dati riguardanti lo stato delle matrici ambientali e il loro andamento, assume notevole importanza una omogenea distribuzione dei rilevamenti sul territorio.

Altrettanto importante è l'integrazione di reti a diversa scala territoriale ed il loro coordinamento con eventuali reti già presenti poiché ciò permette di confrontare e aumentare le informazioni ad oggi disponibili.

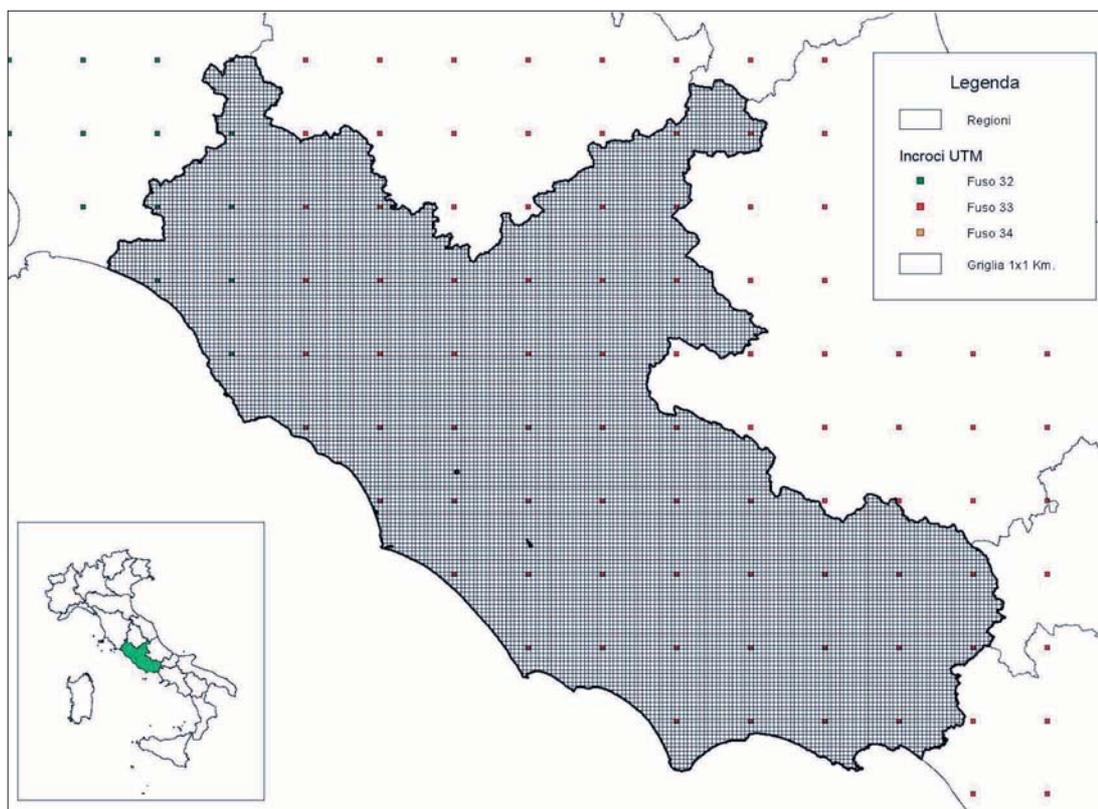
La rete nazionale per il rilevamento della diversità lichenica è stata progettata considerando diverse esigenze. In particolare si è operato per:

- 1) definire formalmente una popolazione da cui estrarre il campione, identificata nei valori di diversità lichenica attribuibili alle singole celle di superficie uguale ad 1 km² in cui può essere suddivisa l'Italia;
- 2) assicurare un metodo di campionamento semplice, ma rigoroso, che consenta una distribuzione delle unità di campionamento (i siti dove materialmente verranno effettuate le misurazioni) omogenea, rispondente agli scopi dell'indagine nazionale, e collegata a pre-esistenti reti di monitoraggio. A questo fine è stato prescelto il metodo sistematico con una densità di campionamento uguale o multipla di 3x3 km: il passo trichilometrico è infatti già utilizzato dall'Inventario Forestale Nazionale e da reti regionali per il rilevamento della diversità lichenica (es. Liguria, Toscana, Piemonte,...);
- 3) definire una densità di campionamento che garantisca sufficiente precisione nel mappaggio e nella stima dei valori medi, ma che al contempo non sia eccessivamente oneroso in termini di risorse operative. Dopo uno studio basato sui dati raccolti a livello regionale nel Veneto ed in Liguria, la densità per una rete nazionale è stata fissata in un'unità di campionamento ogni 18x18 km. La definizione di tale densità, realizzata utilizzando un criterio conservativo di stima della variabilità (CV=75%), permette con approssimativamente 930 unità di campionamento di giungere teoricamente ad un errore relativo sui valori medi inferiore al 5% ($p < 0.05$) e ad un errore sul mappaggio di ca. 20%.
- 4) definire formalmente le unità di campionamento sulle quali effettuare le misurazioni ed i rilevamenti necessari, cercando:
 - a) di assicurare una dispersione delle singole osservazioni (forofiti) più omogenea possibile all'interno dell'unità di campionamento,
 - b) di permettere l'integrazione in reti a densità di campionamento superiore
 - c) di impostare univocamente e semplificare il lavoro di selezione.

Il risultato è stato quello di progettare unità di campionamento primarie (UCP) coincidenti con le celle territoriali di 1 km² ed al cui interno vengono identificate 4 unità di campionamento secondarie (UCS) di forma circolare e di 1 ha di superficie, localizzate sulle diagonali dell'UCP ad una distanza dal centro pari ad 1/4 della diagonale stessa. I forofiti vengono selezionati in numero di 3 all'interno delle UCS. Tale schema permette di disperdere le osservazioni sulla superficie della cella territoriale, integrare reti locali di rilevamento fino a densità di 250x250 m e – visto che il dato da riferire alla cella sarà quello ottenuto da tutte le 4 UCS - diminuisce la possibilità di errori dovuti alla presenza di condizioni anomale in un dato punto della cella stessa.

Poiché l'Italia secondo la proiezione UTM appartiene a tre fusi, 32, 33 e 34, si è proceduto alla costruzione di tre griglie di 18x18 km. Le coordinate dei punti di interesse nazionale che vengono fornite sono riferite al fuso in cui ricade la stazione presa in considerazione.

La rete prevede la misura della biodiversità lichenica ma è auspicabile che nel tempo si raggiungano altri metodi.



Coordinate della rete nazionale per regione

ABRUZZO			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
396000	4728000	33	Abruzzo
378000	4728000	33	Abruzzo
396000	4710000	33	Abruzzo
378000	4710000	33	Abruzzo
360000	4710000	33	Abruzzo
360000	4692000	33	Abruzzo
378000	4692000	33	Abruzzo
378000	4674000	33	Abruzzo
342000	4656000	33	Abruzzo
360000	4656000	33	Abruzzo
378000	4656000	33	Abruzzo
396000	4656000	33	Abruzzo
414000	4656000	33	Abruzzo
432000	4656000	33	Abruzzo
396000	4692000	33	Abruzzo
414000	4692000	33	Abruzzo
396000	4674000	33	Abruzzo
414000	4674000	33	Abruzzo
432000	4674000	33	Abruzzo
450000	4656000	33	Abruzzo
468000	4638000	33	Abruzzo
450000	4638000	33	Abruzzo
432000	4638000	33	Abruzzo
414000	4638000	33	Abruzzo
396000	4638000	33	Abruzzo
378000	4638000	33	Abruzzo
414000	4620000	33	Abruzzo
414000	4710000	33	Abruzzo
450000	4674000	33	Abruzzo
414000	4728000	33	Abruzzo
432000	4692000	33	Abruzzo
468000	4656000	33	Abruzzo

BASILICATA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
576000	4548000	33	Basilicata
558000	4548000	33	Basilicata
576000	4530000	33	Basilicata
558000	4530000	33	Basilicata
558000	4512000	33	Basilicata
576000	4512000	33	Basilicata
594000	4512000	33	Basilicata
612000	4512000	33	Basilicata
630000	4512000	33	Basilicata
630000	4494000	33	Basilicata
612000	4494000	33	Basilicata
630000	4476000	33	Basilicata
594000	4494000	33	Basilicata
576000	4494000	33	Basilicata
576000	4476000	33	Basilicata
594000	4476000	33	Basilicata
612000	4476000	33	Basilicata
630000	4458000	33	Basilicata
612000	4458000	33	Basilicata
594000	4458000	33	Basilicata
576000	4458000	33	Basilicata
612000	4440000	33	Basilicata
594000	4440000	33	Basilicata
576000	4440000	33	Basilicata
540000	4512000	33	Basilicata
558000	4494000	33	Basilicata
558000	4476000	33	Basilicata
594000	4422000	33	Basilicata
612000	4422000	33	Basilicata
648000	4476000	33	Basilicata

CALABRIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
576000	4422000	33	Calabria
576000	4404000	33	Calabria
594000	4404000	33	Calabria
576000	4386000	33	Calabria
594000	4386000	33	Calabria
612000	4386000	33	Calabria
594000	4368000	33	Calabria
612000	4368000	33	Calabria
594000	4350000	33	Calabria
612000	4350000	33	Calabria
630000	4368000	33	Calabria
630000	4350000	33	Calabria
648000	4368000	33	Calabria
648000	4350000	33	Calabria
648000	4332000	33	Calabria
630000	4332000	33	Calabria
612000	4332000	33	Calabria
594000	4332000	33	Calabria
666000	4314000	33	Calabria
648000	4314000	33	Calabria
630000	4314000	33	Calabria
612000	4314000	33	Calabria
612000	4296000	33	Calabria
576000	4278000	33	Calabria
594000	4278000	33	Calabria
612000	4278000	33	Calabria
594000	4260000	33	Calabria
612000	4260000	33	Calabria
612000	4242000	33	Calabria
594000	4242000	33	Calabria
576000	4242000	33	Calabria
558000	4224000	33	Calabria
576000	4224000	33	Calabria
576000	4206000	33	Calabria
558000	4206000	33	Calabria
630000	4440000	33	Calabria
612000	4404000	33	Calabria
666000	4350000	33	Calabria
666000	4332000	33	Calabria
630000	4296000	33	Calabria
594000	4224000	33	Calabria
630000	4422000	33	Calabria
630000	4386000	33	Calabria
666000	4368000	33	Calabria
684000	4314000	33	Calabria
630000	4278000	33	Calabria
630000	4260000	33	Calabria
648000	4386000	33	Calabria
594000	4206000	33	Calabria

CAMPANIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
504000	4584000	33	Campania
486000	4584000	33	Campania
450000	4584000	33	Campania
432000	4584000	33	Campania
432000	4566000	33	Campania
450000	4566000	33	Campania
468000	4566000	33	Campania
486000	4566000	33	Campania
504000	4566000	33	Campania
522000	4566000	33	Campania
522000	4548000	33	Campania
504000	4548000	33	Campania
522000	4512000	33	Campania
504000	4512000	33	Campania
486000	4512000	33	Campania
504000	4494000	33	Campania
522000	4494000	33	Campania
540000	4494000	33	Campania
504000	4476000	33	Campania
522000	4476000	33	Campania
540000	4476000	33	Campania
504000	4458000	33	Campania
522000	4458000	33	Campania
540000	4458000	33	Campania
558000	4458000	33	Campania
522000	4440000	33	Campania
540000	4440000	33	Campania
414000	4584000	33	Campania
414000	4566000	33	Campania
414000	4548000	33	Campania
432000	4548000	33	Campania
450000	4548000	33	Campania
468000	4548000	33	Campania
486000	4548000	33	Campania
432000	4530000	33	Campania
450000	4530000	33	Campania
468000	4530000	33	Campania
486000	4530000	33	Campania
504000	4530000	33	Campania
522000	4530000	33	Campania
540000	4530000	33	Campania
468000	4512000	33	Campania
558000	4440000	33	Campania

EMILIA ROMAGNA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
534000	4980000	32	Emilia Romagna
552000	4980000	32	Emilia Romagna
570000	4980000	32	Emilia Romagna
588000	4980000	32	Emilia Romagna
606000	4980000	32	Emilia Romagna
732000	4980000	32	Emilia Romagna
534000	4962000	32	Emilia Romagna
552000	4962000	32	Emilia Romagna
570000	4962000	32	Emilia Romagna
588000	4962000	32	Emilia Romagna
606000	4962000	32	Emilia Romagna
624000	4962000	32	Emilia Romagna
642000	4962000	32	Emilia Romagna
660000	4962000	32	Emilia Romagna
678000	4962000	32	Emilia Romagna
696000	4962000	32	Emilia Romagna
714000	4962000	32	Emilia Romagna
732000	4962000	32	Emilia Romagna
516000	4944000	32	Emilia Romagna
534000	4944000	32	Emilia Romagna
552000	4944000	32	Emilia Romagna
570000	4944000	32	Emilia Romagna
588000	4944000	32	Emilia Romagna
606000	4944000	32	Emilia Romagna
624000	4944000	32	Emilia Romagna
642000	4944000	32	Emilia Romagna
660000	4944000	32	Emilia Romagna
678000	4944000	32	Emilia Romagna
696000	4944000	32	Emilia Romagna
714000	4944000	32	Emilia Romagna
732000	4944000	32	Emilia Romagna
552000	4926000	32	Emilia Romagna
570000	4926000	32	Emilia Romagna
588000	4926000	32	Emilia Romagna
606000	4926000	32	Emilia Romagna
624000	4926000	32	Emilia Romagna
642000	4926000	32	Emilia Romagna
660000	4926000	32	Emilia Romagna
678000	4926000	32	Emilia Romagna
696000	4926000	32	Emilia Romagna
714000	4926000	32	Emilia Romagna
732000	4926000	32	Emilia Romagna
606000	4908000	32	Emilia Romagna
624000	4908000	32	Emilia Romagna
642000	4908000	32	Emilia Romagna
660000	4908000	32	Emilia Romagna
678000	4908000	32	Emilia Romagna
696000	4908000	32	Emilia Romagna
714000	4908000	32	Emilia Romagna
732000	4908000	32	Emilia Romagna
624000	4890000	32	Emilia Romagna
642000	4890000	32	Emilia Romagna
660000	4890000	32	Emilia Romagna
714000	4890000	32	Emilia Romagna
732000	4890000	32	Emilia Romagna

EMILIA ROMAGNA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
732000	4872000	32	Emilia Romagna
270000	4980000	33	Emilia Romagna
270000	4890000	33	Emilia Romagna
270000	4872000	33	Emilia Romagna
288000	4872000	33	Emilia Romagna
270000	4962000	33	Emilia Romagna
270000	4944000	33	Emilia Romagna
270000	4926000	33	Emilia Romagna
270000	4908000	33	Emilia Romagna
288000	4890000	33	Emilia Romagna
306000	4872000	33	Emilia Romagna
288000	4908000	33	Emilia Romagna

FRIULI VENEZIA GIULIA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
324000	5142000	33	Friuli V. G.
378000	5142000	33	Friuli V. G.
360000	5142000	33	Friuli V. G.
342000	5142000	33	Friuli V. G.
342000	5124000	33	Friuli V. G.
324000	5124000	33	Friuli V. G.
360000	5106000	33	Friuli V. G.
342000	5106000	33	Friuli V. G.
324000	5106000	33	Friuli V. G.
306000	5124000	33	Friuli V. G.
306000	5106000	33	Friuli V. G.
360000	5088000	33	Friuli V. G.
342000	5088000	33	Friuli V. G.
324000	5088000	33	Friuli V. G.
360000	5070000	33	Friuli V. G.
378000	5070000	33	Friuli V. G.
360000	5124000	33	Friuli V. G.
378000	5106000	33	Friuli V. G.
342000	5160000	33	Friuli V. G.
396000	5070000	33	Friuli V. G.
360000	5160000	33	Friuli V. G.
378000	5088000	33	Friuli V. G.

LAZIO			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
732000	4746000	32	Lazio
732000	4728000	32	Lazio
714000	4710000	32	Lazio
732000	4710000	32	Lazio
732000	4692000	32	Lazio
714000	4692000	32	Lazio
360000	4728000	33	Lazio
324000	4710000	33	Lazio
342000	4710000	33	Lazio
270000	4710000	33	Lazio
270000	4692000	33	Lazio
288000	4692000	33	Lazio
306000	4692000	33	Lazio
270000	4674000	33	Lazio
288000	4674000	33	Lazio
252000	4656000	33	Lazio
270000	4656000	33	Lazio
288000	4656000	33	Lazio
324000	4692000	33	Lazio
342000	4692000	33	Lazio
306000	4674000	33	Lazio
324000	4674000	33	Lazio
342000	4674000	33	Lazio
360000	4674000	33	Lazio
306000	4656000	33	Lazio
324000	4656000	33	Lazio
360000	4638000	33	Lazio
270000	4638000	33	Lazio
288000	4638000	33	Lazio
306000	4638000	33	Lazio
324000	4638000	33	Lazio
342000	4638000	33	Lazio
360000	4620000	33	Lazio
378000	4620000	33	Lazio
396000	4620000	33	Lazio
414000	4602000	33	Lazio
396000	4602000	33	Lazio
378000	4602000	33	Lazio
360000	4602000	33	Lazio
342000	4620000	33	Lazio
324000	4620000	33	Lazio
306000	4620000	33	Lazio
288000	4620000	33	Lazio
306000	4602000	33	Lazio
324000	4602000	33	Lazio
342000	4602000	33	Lazio
342000	4584000	33	Lazio
360000	4584000	33	Lazio
378000	4584000	33	Lazio
396000	4584000	33	Lazio
378000	4566000	33	Lazio
396000	4566000	33	Lazio

LIGURIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
498000	4944000	32	Liguria
444000	4926000	32	Liguria
462000	4926000	32	Liguria
516000	4926000	32	Liguria
534000	4926000	32	Liguria
444000	4908000	32	Liguria
552000	4908000	32	Liguria
426000	4890000	32	Liguria
444000	4890000	32	Liguria
408000	4872000	32	Liguria
426000	4872000	32	Liguria
516000	4908000	32	Liguria
534000	4908000	32	Liguria
552000	4890000	32	Liguria
570000	4890000	32	Liguria
498000	4926000	32	Liguria
390000	4854000	32	Liguria
408000	4854000	32	Liguria
480000	4926000	32	Liguria

LOMBARDIA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
606000	5142000	32	Lombardia
624000	5142000	32	Lombardia
534000	5124000	32	Lombardia
552000	5124000	32	Lombardia
570000	5124000	32	Lombardia
606000	5124000	32	Lombardia
480000	5106000	32	Lombardia
516000	5106000	32	Lombardia
534000	5106000	32	Lombardia
552000	5106000	32	Lombardia
570000	5106000	32	Lombardia
588000	5106000	32	Lombardia
606000	5106000	32	Lombardia
480000	5088000	32	Lombardia
516000	5088000	32	Lombardia
534000	5088000	32	Lombardia
552000	5088000	32	Lombardia
570000	5088000	32	Lombardia
588000	5088000	32	Lombardia
606000	5088000	32	Lombardia
480000	5070000	32	Lombardia
498000	5070000	32	Lombardia
516000	5070000	32	Lombardia
534000	5070000	32	Lombardia
552000	5070000	32	Lombardia
570000	5070000	32	Lombardia
588000	5070000	32	Lombardia
606000	5070000	32	Lombardia
624000	5070000	32	Lombardia
480000	5052000	32	Lombardia
498000	5052000	32	Lombardia
516000	5052000	32	Lombardia
534000	5052000	32	Lombardia
552000	5052000	32	Lombardia
570000	5052000	32	Lombardia
588000	5052000	32	Lombardia
606000	5052000	32	Lombardia
624000	5052000	32	Lombardia
498000	5034000	32	Lombardia
516000	5034000	32	Lombardia
534000	5034000	32	Lombardia
552000	5034000	32	Lombardia
570000	5034000	32	Lombardia
588000	5034000	32	Lombardia
606000	5034000	32	Lombardia
624000	5034000	32	Lombardia
462000	5016000	32	Lombardia
480000	5016000	32	Lombardia
498000	5016000	32	Lombardia
516000	5016000	32	Lombardia
534000	5016000	32	Lombardia
552000	5016000	32	Lombardia
570000	5016000	32	Lombardia
588000	5016000	32	Lombardia
606000	5016000	32	Lombardia

LOMBARDIA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
624000	5016000	32	Lombardia
642000	5016000	32	Lombardia
480000	4998000	32	Lombardia
498000	4998000	32	Lombardia
516000	4998000	32	Lombardia
534000	4998000	32	Lombardia
552000	4998000	32	Lombardia
570000	4998000	32	Lombardia
588000	4998000	32	Lombardia
606000	4998000	32	Lombardia
624000	4998000	32	Lombardia
642000	4998000	32	Lombardia
660000	4998000	32	Lombardia
516000	4980000	32	Lombardia
624000	4980000	32	Lombardia
642000	4980000	32	Lombardia
660000	4980000	32	Lombardia
678000	4980000	32	Lombardia
516000	4962000	32	Lombardia
534000	5142000	32	Lombardia
588000	5160000	32	Lombardia

MARCHE

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
270000	4854000	33	Marche
288000	4854000	33	Marche
306000	4854000	33	Marche
324000	4836000	33	Marche
306000	4836000	33	Marche
288000	4836000	33	Marche
306000	4818000	33	Marche
324000	4818000	33	Marche
342000	4818000	33	Marche
360000	4818000	33	Marche
360000	4800000	33	Marche
342000	4800000	33	Marche
324000	4800000	33	Marche
378000	4782000	33	Marche
360000	4782000	33	Marche
342000	4782000	33	Marche
378000	4764000	33	Marche
360000	4764000	33	Marche
342000	4764000	33	Marche
360000	4746000	33	Marche
378000	4746000	33	Marche
324000	4854000	33	Marche
342000	4836000	33	Marche
378000	4818000	33	Marche
378000	4800000	33	Marche
396000	4764000	33	Marche
396000	4746000	33	Marche
342000	4854000	33	Marche
360000	4836000	33	Marche
396000	4782000	33	Marche

MOLISE

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
486000	4638000	33	Molise
504000	4620000	33	Molise
486000	4620000	33	Molise
468000	4620000	33	Molise
450000	4620000	33	Molise
432000	4620000	33	Molise
432000	4602000	33	Molise
450000	4602000	33	Molise
468000	4602000	33	Molise
486000	4602000	33	Molise
468000	4584000	33	Molise
504000	4638000	33	Molise

PIEMONTE

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
444000	4980000	32	Piemonte
462000	4980000	32	Piemonte
480000	4980000	32	Piemonte
498000	4980000	32	Piemonte
372000	4962000	32	Piemonte
390000	4962000	32	Piemonte
408000	4962000	32	Piemonte
426000	4962000	32	Piemonte
444000	4962000	32	Piemonte
462000	4962000	32	Piemonte
480000	4962000	32	Piemonte
498000	4962000	32	Piemonte
354000	4944000	32	Piemonte
372000	4944000	32	Piemonte
390000	4944000	32	Piemonte
408000	4944000	32	Piemonte
426000	4944000	32	Piemonte
444000	4944000	32	Piemonte
462000	4944000	32	Piemonte
480000	4944000	32	Piemonte
354000	4926000	32	Piemonte
372000	4926000	32	Piemonte
390000	4926000	32	Piemonte
408000	4926000	32	Piemonte
426000	4926000	32	Piemonte
372000	4908000	32	Piemonte
390000	4908000	32	Piemonte
408000	4908000	32	Piemonte
426000	4908000	32	Piemonte
354000	5034000	32	Piemonte
408000	4890000	32	Piemonte
372000	4890000	32	Piemonte
354000	4908000	32	Piemonte
354000	4962000	32	Piemonte
336000	4980000	32	Piemonte
318000	4998000	32	Piemonte
336000	4926000	32	Piemonte
444000	5124000	32	Piemonte

PIEMONTE

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
444000	5106000	32	Piemonte
462000	5106000	32	Piemonte
426000	5088000	32	Piemonte
444000	5088000	32	Piemonte
462000	5088000	32	Piemonte
426000	5070000	32	Piemonte
444000	5070000	32	Piemonte
462000	5070000	32	Piemonte
426000	5052000	32	Piemonte
444000	5052000	32	Piemonte
462000	5052000	32	Piemonte
372000	5034000	32	Piemonte
390000	5034000	32	Piemonte
408000	5034000	32	Piemonte
426000	5034000	32	Piemonte
444000	5034000	32	Piemonte
462000	5034000	32	Piemonte
480000	5034000	32	Piemonte
354000	5016000	32	Piemonte
372000	5016000	32	Piemonte
390000	5016000	32	Piemonte
408000	5016000	32	Piemonte
426000	5016000	32	Piemonte
444000	5016000	32	Piemonte
336000	4998000	32	Piemonte
354000	4998000	32	Piemonte
372000	4998000	32	Piemonte
390000	4998000	32	Piemonte
408000	4998000	32	Piemonte
426000	4998000	32	Piemonte
444000	4998000	32	Piemonte
462000	4998000	32	Piemonte
354000	4980000	32	Piemonte
372000	4980000	32	Piemonte
390000	4980000	32	Piemonte
408000	4980000	32	Piemonte
426000	4980000	32	Piemonte

PUGLIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
522000	4620000	33	Puglia
504000	4602000	33	Puglia
522000	4602000	33	Puglia
540000	4620000	33	Puglia
558000	4620000	33	Puglia
576000	4620000	33	Puglia
540000	4602000	33	Puglia
558000	4584000	33	Puglia
540000	4584000	33	Puglia
522000	4584000	33	Puglia
540000	4566000	33	Puglia
558000	4566000	33	Puglia
576000	4566000	33	Puglia
594000	4566000	33	Puglia
594000	4548000	33	Puglia
540000	4548000	33	Puglia
612000	4548000	33	Puglia
630000	4548000	33	Puglia
648000	4530000	33	Puglia
630000	4530000	33	Puglia
612000	4530000	33	Puglia
594000	4530000	33	Puglia
648000	4512000	33	Puglia
666000	4512000	33	Puglia
684000	4512000	33	Puglia
702000	4512000	33	Puglia
702000	4494000	33	Puglia
684000	4494000	33	Puglia
666000	4494000	33	Puglia
648000	4494000	33	Puglia
702000	4476000	33	Puglia
720000	4494000	33	Puglia
720000	4476000	33	Puglia
738000	4476000	33	Puglia
738000	4494000	33	Puglia
666000	4530000	33	Puglia
576000	4638000	33	Puglia
558000	4602000	33	Puglia
648000	4548000	33	Puglia
684000	4530000	33	Puglia
522000	4638000	33	Puglia
540000	4638000	33	Puglia
558000	4638000	33	Puglia
594000	4638000	33	Puglia
576000	4584000	33	Puglia
612000	4566000	33	Puglia
666000	4548000	33	Puglia
720000	4512000	33	Puglia
252000	4476000	34	Puglia
270000	4476000	34	Puglia
270000	4458000	34	Puglia
270000	4440000	34	Puglia
252000	4458000	34	Puglia
252000	4440000	34	Puglia
270000	4422000	34	Puglia
252000	4422000	34	Puglia

SARDEGNA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
534000	4566000	32	Sardegna
516000	4548000	32	Sardegna
534000	4548000	32	Sardegna
498000	4530000	32	Sardegna
516000	4530000	32	Sardegna
534000	4530000	32	Sardegna
462000	4512000	32	Sardegna
480000	4512000	32	Sardegna
498000	4512000	32	Sardegna
516000	4512000	32	Sardegna
534000	4512000	32	Sardegna
552000	4512000	32	Sardegna
462000	4494000	32	Sardegna
480000	4494000	32	Sardegna
498000	4494000	32	Sardegna
516000	4494000	32	Sardegna
534000	4494000	32	Sardegna
552000	4494000	32	Sardegna
480000	4476000	32	Sardegna
498000	4476000	32	Sardegna
516000	4476000	32	Sardegna
534000	4476000	32	Sardegna
552000	4476000	32	Sardegna
480000	4458000	32	Sardegna
498000	4458000	32	Sardegna
516000	4458000	32	Sardegna
534000	4458000	32	Sardegna
552000	4458000	32	Sardegna
480000	4440000	32	Sardegna
498000	4440000	32	Sardegna
516000	4440000	32	Sardegna
534000	4440000	32	Sardegna
552000	4440000	32	Sardegna
480000	4422000	32	Sardegna
498000	4422000	32	Sardegna
516000	4422000	32	Sardegna
534000	4422000	32	Sardegna
552000	4422000	32	Sardegna
480000	4404000	32	Sardegna
498000	4404000	32	Sardegna
516000	4404000	32	Sardegna
534000	4404000	32	Sardegna
552000	4404000	32	Sardegna
480000	4386000	32	Sardegna
498000	4386000	32	Sardegna
516000	4386000	32	Sardegna
534000	4386000	32	Sardegna
552000	4386000	32	Sardegna
480000	4368000	32	Sardegna
498000	4368000	32	Sardegna
516000	4368000	32	Sardegna
534000	4368000	32	Sardegna
552000	4368000	32	Sardegna
480000	4350000	32	Sardegna
498000	4350000	32	Sardegna

SARDEGNA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
516000	4350000	32	Sardegna
552000	4350000	32	Sardegna
462000	4332000	32	Sardegna
480000	4332000	32	Sardegna
498000	4332000	32	Sardegna
444000	4548000	32	Sardegna
498000	4548000	32	Sardegna
462000	4476000	32	Sardegna
444000	4494000	32	Sardegna
462000	4458000	32	Sardegna
462000	4440000	32	Sardegna
462000	4422000	32	Sardegna
462000	4404000	32	Sardegna
462000	4386000	32	Sardegna
462000	4368000	32	Sardegna
480000	4314000	32	Sardegna
498000	4314000	32	Sardegna
534000	4350000	32	Sardegna
516000	4566000	32	Sardegna
462000	4350000	32	Sardegna
444000	4512000	32	Sardegna

SICILIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
540000	4224000	33	Sicilia
522000	4224000	33	Sicilia
522000	4206000	33	Sicilia
504000	4206000	33	Sicilia
504000	4188000	33	Sicilia
486000	4206000	33	Sicilia
468000	4206000	33	Sicilia
432000	4188000	33	Sicilia
486000	4188000	33	Sicilia
468000	4188000	33	Sicilia
450000	4188000	33	Sicilia
486000	4170000	33	Sicilia
468000	4170000	33	Sicilia
450000	4170000	33	Sicilia
432000	4170000	33	Sicilia
414000	4188000	33	Sicilia
396000	4188000	33	Sicilia
378000	4188000	33	Sicilia
360000	4188000	33	Sicilia
342000	4188000	33	Sicilia
342000	4206000	33	Sicilia
342000	4170000	33	Sicilia
360000	4170000	33	Sicilia
378000	4170000	33	Sicilia
396000	4170000	33	Sicilia
414000	4170000	33	Sicilia
450000	4152000	33	Sicilia
432000	4152000	33	Sicilia

SICILIA			
Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
414000	4152000	33	Sicilia
396000	4152000	33	Sicilia
378000	4152000	33	Sicilia
360000	4152000	33	Sicilia
342000	4152000	33	Sicilia
360000	4134000	33	Sicilia
378000	4134000	33	Sicilia
396000	4134000	33	Sicilia
414000	4134000	33	Sicilia
432000	4134000	33	Sicilia
468000	4152000	33	Sicilia
486000	4152000	33	Sicilia
450000	4134000	33	Sicilia
468000	4134000	33	Sicilia
486000	4134000	33	Sicilia
486000	4116000	33	Sicilia
468000	4116000	33	Sicilia
450000	4116000	33	Sicilia
432000	4116000	33	Sicilia
504000	4098000	33	Sicilia
486000	4098000	33	Sicilia
468000	4098000	33	Sicilia
450000	4098000	33	Sicilia
396000	4116000	33	Sicilia
414000	4116000	33	Sicilia
468000	4080000	33	Sicilia
486000	4080000	33	Sicilia
288000	4170000	33	Sicilia
306000	4170000	33	Sicilia
324000	4170000	33	Sicilia
324000	4188000	33	Sicilia
306000	4188000	33	Sicilia
288000	4188000	33	Sicilia
288000	4206000	33	Sicilia
306000	4206000	33	Sicilia
324000	4206000	33	Sicilia
504000	4170000	33	Sicilia
504000	4152000	33	Sicilia
504000	4116000	33	Sicilia
504000	4080000	33	Sicilia
522000	4188000	33	Sicilia
504000	4134000	33	Sicilia
450000	4206000	33	Sicilia
432000	4206000	33	Sicilia
414000	4206000	33	Sicilia
378000	4206000	33	Sicilia
360000	4206000	33	Sicilia
342000	4224000	33	Sicilia
522000	4098000	33	Sicilia
504000	4062000	33	Sicilia

TOSCANA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
570000	4908000	32	Toscana
588000	4908000	32	Toscana
606000	4890000	32	Toscana
678000	4890000	32	Toscana
696000	4890000	32	Toscana
624000	4872000	32	Toscana
642000	4872000	32	Toscana
660000	4872000	32	Toscana
678000	4872000	32	Toscana
696000	4872000	32	Toscana
714000	4872000	32	Toscana
624000	4854000	32	Toscana
642000	4854000	32	Toscana
660000	4854000	32	Toscana
678000	4854000	32	Toscana
696000	4854000	32	Toscana
714000	4854000	32	Toscana
732000	4854000	32	Toscana
624000	4836000	32	Toscana
642000	4836000	32	Toscana
660000	4836000	32	Toscana
678000	4836000	32	Toscana
696000	4836000	32	Toscana
714000	4836000	32	Toscana
732000	4836000	32	Toscana
642000	4818000	32	Toscana
660000	4818000	32	Toscana
678000	4818000	32	Toscana
696000	4818000	32	Toscana
714000	4818000	32	Toscana
732000	4818000	32	Toscana
642000	4800000	32	Toscana
660000	4800000	32	Toscana
678000	4800000	32	Toscana
696000	4800000	32	Toscana
714000	4800000	32	Toscana
732000	4800000	32	Toscana
642000	4782000	32	Toscana
660000	4782000	32	Toscana
678000	4782000	32	Toscana
696000	4782000	32	Toscana
714000	4782000	32	Toscana
732000	4782000	32	Toscana
660000	4764000	32	Toscana
678000	4764000	32	Toscana
696000	4764000	32	Toscana
714000	4764000	32	Toscana
732000	4764000	32	Toscana
678000	4746000	32	Toscana
696000	4746000	32	Toscana
714000	4746000	32	Toscana
696000	4728000	32	Toscana
714000	4728000	32	Toscana
678000	4728000	32	Toscana
624000	4800000	32	Toscana

TOSCANA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
642000	4764000	32	Toscana
660000	4764000	32	Toscana
624000	4764000	32	Toscana
606000	4836000	32	Toscana
606000	4854000	32	Toscana
606000	4872000	32	Toscana
624000	4818000	32	Toscana
696000	4710000	32	Toscana
588000	4890000	32	Toscana
270000	4836000	33	Toscana

TRENTINO

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
678000	5196000	32	Trentino
696000	5196000	32	Trentino
714000	5196000	32	Trentino
624000	5178000	32	Trentino
642000	5178000	32	Trentino
660000	5178000	32	Trentino
678000	5178000	32	Trentino
696000	5178000	32	Trentino
714000	5178000	32	Trentino
624000	5160000	32	Trentino
642000	5160000	32	Trentino
660000	5160000	32	Trentino
678000	5160000	32	Trentino
696000	5160000	32	Trentino
714000	5160000	32	Trentino
642000	5142000	32	Trentino
660000	5142000	32	Trentino
678000	5142000	32	Trentino
696000	5142000	32	Trentino
714000	5142000	32	Trentino
624000	5124000	32	Trentino
642000	5124000	32	Trentino
660000	5124000	32	Trentino
678000	5124000	32	Trentino
696000	5124000	32	Trentino
714000	5124000	32	Trentino
624000	5106000	32	Trentino
642000	5106000	32	Trentino
660000	5106000	32	Trentino
678000	5106000	32	Trentino
696000	5106000	32	Trentino
624000	5088000	32	Trentino
642000	5088000	32	Trentino
660000	5088000	32	Trentino
678000	5088000	32	Trentino
660000	5070000	32	Trentino
660000	5196000	32	Trentino
288000	5178000	33	Trentino
288000	5214000	33	Trentino

UMBRIA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
270000	4818000	33	Umbria
288000	4818000	33	Umbria
306000	4800000	33	Umbria
324000	4782000	33	Umbria
306000	4782000	33	Umbria
324000	4764000	33	Umbria
306000	4764000	33	Umbria
270000	4800000	33	Umbria
288000	4800000	33	Umbria
288000	4782000	33	Umbria
270000	4782000	33	Umbria
270000	4764000	33	Umbria
288000	4764000	33	Umbria
270000	4746000	33	Umbria
288000	4746000	33	Umbria
270000	4746000	33	Umbria
288000	4746000	33	Umbria
306000	4746000	33	Umbria
324000	4746000	33	Umbria
342000	4746000	33	Umbria
342000	4728000	33	Umbria
324000	4728000	33	Umbria
306000	4728000	33	Umbria
288000	4728000	33	Umbria
288000	4710000	33	Umbria
306000	4710000	33	Umbria
270000	4728000	33	Umbria

VAL D'AOSTA

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
390000	5088000	32	Val d'Aosta
354000	5070000	32	Val d'Aosta
372000	5070000	32	Val d'Aosta
390000	5070000	32	Val d'Aosta
408000	5070000	32	Val d'Aosta
372000	5052000	32	Val d'Aosta
390000	5052000	32	Val d'Aosta
408000	5052000	32	Val d'Aosta
336000	5070000	32	Val d'Aosta
354000	5052000	32	Val d'Aosta

VENETO

Longitudine	Latitudine	Fuso	Regione
714000	5106000	32	Veneto
732000	5106000	32	Veneto
696000	5088000	32	Veneto
714000	5088000	32	Veneto
732000	5088000	32	Veneto
642000	5070000	32	Veneto
678000	5070000	32	Veneto
696000	5070000	32	Veneto
714000	5070000	32	Veneto
732000	5070000	32	Veneto
642000	5052000	32	Veneto
660000	5052000	32	Veneto
678000	5052000	32	Veneto
696000	5052000	32	Veneto
714000	5052000	32	Veneto
732000	5052000	32	Veneto
642000	5034000	32	Veneto
660000	5034000	32	Veneto
678000	5034000	32	Veneto
696000	5034000	32	Veneto
714000	5034000	32	Veneto
732000	5034000	32	Veneto
660000	5016000	32	Veneto
678000	5016000	32	Veneto
696000	5016000	32	Veneto
714000	5016000	32	Veneto
732000	5016000	32	Veneto
678000	4998000	32	Veneto
696000	4998000	32	Veneto
714000	4998000	32	Veneto
732000	4998000	32	Veneto
696000	4980000	32	Veneto
714000	4980000	32	Veneto
306000	5160000	33	Veneto
288000	5160000	33	Veneto
306000	5142000	33	Veneto
288000	5142000	33	Veneto
270000	5142000	33	Veneto
288000	5124000	33	Veneto
270000	5124000	33	Veneto
270000	5106000	33	Veneto
288000	5106000	33	Veneto
306000	5088000	33	Veneto
342000	5070000	33	Veneto
324000	5070000	33	Veneto
306000	5070000	33	Veneto
288000	5088000	33	Veneto
270000	5088000	33	Veneto
270000	5070000	33	Veneto
288000	5070000	33	Veneto
324000	5052000	33	Veneto
306000	5052000	33	Veneto
288000	5052000	33	Veneto
270000	5052000	33	Veneto
288000	5034000	33	Veneto
270000	5034000	33	Veneto
270000	5016000	33	Veneto
270000	4998000	33	Veneto
324000	5160000	33	Veneto
288000	4980000	33	Veneto
288000	4998000	33	Veneto
288000	5016000	33	Veneto

Appendice III: testi d'approfondimento

TESTI GENERALI

- Lorenzini G. (1983). Le piante e l'inquinamento dell'aria. Edagricole, Bologna.
 Whitehead F. H., Rizzoli N. (1988). Ecologia pratica per l'educazione ambientale. Edagricole, Bologna.
 Gasparo D., Zappa L. (1994). Organismi come bioindicatori ambientali. Ecothema, Trieste.

I LICHENI - CARATTERISTICHE GENERALI, FISILOGICHE ED ECOLOGICHE

- Ahmadjian V. (1967). The lichen symbiosis. Mass., Walthman.
 Ahmadjian V., Hale M.E. eds. (1984). The lichens. Academic Press, New York.
 Hawksworth D.L., Hill D.J. (1984). The Lichen-Forming fungi. Glasgow & London, Blackie.
 Henssen A., Jahns H.M. (1974). Lichenes. Stuttgart, G. Thieme.
 Wirth V., (1980). Flechtenflora. Stuttgart, E. Ulmer.
 Quaranta L., Martinengo M. (1990). Licheni. Quaderni di educazione ambientale n.11, WWF Italia.
 Piervittori R. (1998). Licheni - Conoscerli e utilizzarli. Minerva, Aosta.
 Bartoli A. (1996). I licheni. In: Nuovi fondamenti di Micologia (Rambelli A., Pasqualetti M. eds): 411-459. Jaca Book, Milano.
 Camoletto R. (1994). Licheni. Collezioni invisibili. 2. I Botanica. Museo Reg. Scienze Naturali, Torino.
 Piervittori R. (1995). Licheni: una vita al limite dell'impossibile. Museo Reg. Scienze Naturali, Torino. Videocassetta VHS (20').
 Lawrey J. D. (1984). Biology of Lichenized Fungi. Praeger Publ., New York.

I LICHENI COME BIOINDICATORI

- Palmieri F. (1990). I licheni come indicatori alternativi di inquinamento atmosferico. *Analysis*, 2: 80-103.
 Massara M., Scarselli S. (1997). Licheni e inquinamento atmosferico. Stab. Tipografico Ferrero, Romano C.se. Pubbl. gratuita Reg. Piemonte.
 Richardson D. H. S. (1992). Pollution monitoring with lichens. Richmond Publ., Slough
 Pieralli P., Tarquandi S. (1991). I licheni - Guide all'aria pura. Editoriale Tosca, Firenze.
 Gaveriaux J.P. (1996). Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air.
 Nimis P.L., Castello M. (1990). L'uso dei licheni nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico. *Biologia Ambientale*, n.2, 1990, pp. 5-25.

STUDI SULLE ALTERAZIONI E SULLE MODIFICAZIONI FISIOLOGICHE INDOTTE DALLE SOSTANZE INQUINANTI SUI LICHENI

- Bargagli R., Iosco F.P., D'Amato M.L. (1987c). Zonation of trace metals accumulation in three species belonging to the genus *Parmelia*. *Cryptogamie Bryologie et Lichénologie*, 8: 331-337.
 Loppi S., Nelli L., Ancora S., Bargagli R. (1997d). Accumulation of trace elements in the peripheral and central parts of foliose lichen thallus. *Bryologist*, 100: 251-253.
 Fields R. F. (1988). Physiological Responses of Lichens to Air Pollutant Fumigations. In: Lichens, Bryophytes and Air Quality (Nash III T. H. & Wirth V. eds): 175-200-Bibliotheca

ULTERIORI LETTURE

- Piervittori R., Valcuvia Passatore M. & Laccisaglia A. (1995). Italian Lichenological Bibliography. First update (1989-1994) and addenda. *Allionia*, 33: 153-179.
 Piervittori R., Valcuvia Passadore M. & Nola P. (1990-1991). Italian Lichenological Bibliography: 1568-1989. *Allionia*, 30:99-169.

Ulteriori informazioni bibliografiche possono essere reperite In Atti del Workshop: Bio-monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. ANPA, Serie: Atti 2/1999.

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

- Armitage P., 1985. *Statistica medica. Metodi statistici per la ricerca in medicina*. Feltrinelli, Milano: 493 pp.
 Armstrong M., 1984. Problems with universal kriging. *Mathematical geology*, 16, 1: 101-108.
 Bernstein B., Hoenicke R., Tyrrel C.: 1997, 'Planning tools for developing comprehensive regional monitoring programs', *Environmental Monitoring and Assessment*, 48: 297-306.
 Cochran, W.G., 1977. *Sampling techniques*. Third edition. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
 Cressie N., 1985. Fitting variogram models by weighted least squares. *Mathematical geology*, 17, 5: 563-586.
 Deming, W. E., 1950. *Some theory of sampling*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
 Eberhardt, L. L., Thomas, J. M.: 1991, 'Designing Environmental Field Studies', *Ecological Monographs*, 61, 53-73.
 Edwards D., 1998. Issues and themes for natural resources trend and change detection. *Ecological Applications*, 8(2): 323-325.
 Fowler J., Cohen L., 1993. *Statistica per ornitologi e naturalisti*. Franco Muzzio Editore, Padova: 240 ps.
 Hagget P., Cliff A. D. & Frey A., 1977 – *Locational Methods*. Edward Arnold, London.
 Heinonen J., Lindgren M., 1996. Comparison of sampling methods. Project no. 95.60.SF.004.0. Unpublished report.
 House C.C., Goebel J.J., Schreuder H.T., Geissler P.H., Williams W.R., Olsen A.R.: 1998, 'Prototyping a vision for inter-agency terrestrial inventory and monitoring: a statistical perspective', *Environmental Monitoring and Assessment*, 51: 451-463.
 Hurlbert, S. H.: 1984, 'Pseudoreplication and design of ecological field experiments', *Ecological Monographs*, 54, 187-211.
 Journel A.G., Huijbregts Ch.J., 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press Inc., 599 pp.
 Köhl M., Innes J.L., Kaufmann E. 1994a - Reliability of Differing Densities of Sample Grids Used for the Monitoring of Forest Condition in Europe. *Environ. Monit. Assessm.*, 29: 201-220.
 Matheron G., 1963. Principles of geostatistics. *Econ. Geol.*, 58: 1246-1266.
 Matheron G., 1971. The theory of regionalized variables and its applications. *Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau* no. 5, 208 pp.
 Nimis PL: 1999, 'Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti.' In: Piccini C., Salvati S., (a cura di): *Atti del Workshop Bio-monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*. Serie: Atti 2/1999, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente: 267-277.
 Olea R.A., 1974. Optimal contouring mapping using universal kriging. *Journal of geophysical research*, 79, 5: 695-702.
 Olsen A. R., Sedransk J., Edwards D., Gotway C.A., Liggett W., Rathbun S., Reckhow K. H.,

- Young L. J.: 1999, 'Statistical issues for monitoring ecological and natural resources in the United States', *Environmental Monitoring and Assessment*, 54: 1-45.
- Piccini C., Salvati S., (a cura di): 1999, *Atti del Workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. Serie: Atti 2/1999, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente*: 337 pp.
- Scott, C.T.: 1998, 'Sampling methods for estimating change in forest resources', *Ecological Applications*, 8(2):228-233.
- Stevens, D.: 1994, 'Implementation of a national monitoring program', *Journal of Environmental Management*, 42: 1-29.
- Tallent-Halsell, N. G.: 1994, 'Forest Health Monitoring 1994. Field Methods Guide'. EPA/620/R-94/027. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D. C.
- Van Meirvenne M., 1991. Characterization of soil spatial variation using geostatistics. Rijksuniversiteit Gent, Fakultet van de Landbouwwetenschappen, Laboratorium voor Agrarische Bodenkunde, Ph. D. Thesis: 45 pp.
- Volpi G. Gambolati G., 1978. On the use of main trend for the kriging technique in hydrology. *Advances in water resources*, 1: 345-349.

TESTI RIGUARDANTI LE PROCEDURE DI QUALITÀ

- Cline S.P., Burkman W.G.: 1989, 'The Role Of Quality Assurance In Ecological Programs'. In: J.B. Bucher, I. Bucher-Wallin (Eds.): *Air Pollution And Forest Decline. Proc. 14th Int. Meeting for Specialists n Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P2.05, Interlaken, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf*: pp.361-365.
- Ferretti M., Cozzi A., Cenni E., 1997. Importance of Quality Assurance in Ecosystem Monitoring Programs. *Forests as an example. S.It.E., Atti*, 18: 323-326.
- Millers, I., Lachance, D., Burkman, W. G., Allen, D. C.: 1994, 'North american Sugar Maple Project - cooperative field manual', USDA, Canadian Forest Service: 51 pp.
- Shampine, W.J.: 1993, 'Quality Assurance and Quality Control in Monitoring Programs', *Environmental Monitoring and Assessment*, 26, 143-151.
- Wagner G.: 1995. Basic approaches and methods for quality assurance and quality control in sample collection and storage for environmental monitoring. *The Science of Total Environment*, 176: 63-71.