

Dai grafici si può vedere come le concentrazioni siano relativamente basse in tre punti di campionamento (Università della Tuscia, Geometri e Assessorato all'Ambiente della provincia di Viterbo) con medie mensili oscillanti intorno ai $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e con un unico dato mensile superiore ai $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tali dati sono in accordo con il fatto che questi siti sono relativamente lontani da strade con grande traffico veicolare.

Concentrazioni estremamente più elevate e con medie annuali abbondantemente superiori ai $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono state invece misurate presso il Liceo Scientifico Ruffini di Viterbo, il Liceo Scientifico Meucci di Ronciglione e nel campionario posto sul cancello di ingresso dell'Istituto Tecnico Commerciale P. Savi. Tutti questi siti di misura risentono direttamente sia del traffico di strade ad alta densità di circolazione, sia del traffico dei molti studenti che si recano a scuola con ciclomotori con motore a due tempi.

Concentrazioni inferiori, con una media annua di poco inferiore ai $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ma con ben 4 medie mensili superiori a tale valore, sono state registrate nel campionario posto sul davanzale della segreteria dell'Istituto Tecnico Commerciale P. Savi. Tale sito di campionamento è separato da quello del cancello da un giardino alberato.

In tutti i siti di campionamento si è avuto un abbattimento delle concentrazioni nei mesi estivi quando le scuole sono chiuse e il traffico veicolare è minore.

3.1.5 Biomonitoraggio dell'ambiente terrestre ai sensi della convenzione tra Amministrazione Provinciale di Viterbo ed Enel spa

Nell'ambito della convenzione tra ENEL S.p.A. e l'Amministrazione Provinciale di Viterbo è prevista l'attuazione di un monitoraggio biologico triennale (1 anno pre-operazionale, 2 anni operazionali) della qualità dell'aria nel comprensorio potenzialmente influenzato dagli effluenti gassosi della centrale termoelettrica di Montalto di Castro.

Il primo anno pre-operazionale di biomonitoraggio è stato effettuato nel 1996 mediante la costituzione di stazioni permanenti in cui sono state svolte le seguenti indagini:

- indagine fitosanitaria su specie arboree spontanee,
- indagine basata sulla bioindicazione mediante l'utilizzo di bioindicatori vegetali (licheni)
- indagine basata sul bioaccumulo di elementi in traccia mediante l'utilizzo di bioaccumulatori vegetali (licheni e foglie di specie arboree).

Nel 1998 e nel 2000 (1° e 2° anno operativo), sono state ripetute le indagini suddette

Lo scopo dell'indagine operativa è di delineare la situazione relativa alla condizione fitosanitaria al bioaccumulo fogliare di elementi in traccia dopo l'avvio commerciale di tutti i gruppi dell'impianto di produzione termoelettrica di Montalto di Castro e di rilevare le eventuali differenze rispetto alla situazione pre-operativa.

3.1.5.1 Biomonitoraggio nel comprensorio di Montalto di Castro attraverso l'uso di licheni come bioindicatori e bioaccumulatori

Introduzione

Il presente studio rientra nelle ricerche previste nell'ambito della convenzione tra ENEL S.p.A. e l'amministrazione provinciale di Viterbo, in cui è prevista l'attuazione di un monitoraggio biologico triennale, con un anno pre-operativo e due anni operativi. Il progetto prevede la costituzione di stazioni permanenti di biomonitoraggio in cui eseguire indagini basate sulla bioindicazione ed il bioaccumulo. Le stazioni sono ubicate nel comprensorio potenzialmente interessato dagli effluenti della centrale di Montalto.

Nel 1996, allo scopo di individuare i pattern di deposizione di inquinanti diversi nel comprensorio di Montalto di Castro, era stato effettuato un primo studio basato sull'utilizzo dei licheni quali *bioindicatori* di inquinamento da gas fitotossici. L'approccio utilizzato si basava sull'utilizzo di misure di biodiversità dei licheni epifiti, intesa quale bioindicatore della qualità dell'aria. Lo studio è stato ripetuto nel 1998 per valutare se negli ultimi due anni vi fossero state variazioni significative. La prima parte del presente studio riporta i risultati della ripetizione dello studio di bioindicazione, avvenuta nell'estate del 2000, ed un paragone con i dati pregressi.

Nel 1996 era stato effettuato anche uno studio di bioaccumulo, sempre basato sull'utilizzo di licheni, per evidenziare eventuali pattern di deposizione di metalli in traccia. Lo studio era stato corredato da analisi di metalli nei suoli, nelle stesse stazioni utilizzate per il campionamento dei licheni. La seconda parte del

presente lavoro riporta la ripetizione dello studio di bioaccumulo, svolta nell'estate del 2000, ed il paragone con i dati relativi al 1996.

Cenni sulle tecniche di biomonitoraggio

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

- a) accumulo di sostanze: tecniche di bioaccumulo, che misurano le concentrazioni di sostanze in organismi in grado di assorbirle ed accumularle dall'ambiente;
- b) 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.

I bioindicatori devono essere sensibili, i bioaccumulatori devono essere tolleranti ai fattori indagati; entrambi devono avere presenza diffusa, scarsa mobilità e lungo ciclo vitale. Non vi sono differenze sostanziali tra tecniche di bioindicazione e di bioaccumulo, anche se le prime si basano su misure biologiche, le seconde su analisi chimiche: entrambe rientrano nella definizione del termine "biomonitoraggio" proposta da Nimis (1999): "*stima delle deviazioni da situazioni normali di componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento*".

La frequente affermazione secondo cui le tecniche di biomonitoraggio producono dati *qualitativi*, che indicherebbero la *qualità* dell'aria, piuttosto che dati quantitativi di inquinamento, non appare corretta. I termini "*qualità dell'aria*" ed "*inquinamento dell'aria*", spesso utilizzati come sinonimi, coprono concetti molto diversi (Nimis 1990, 1991). L'inquinamento, espresso in termini di concentrazioni misurate strumentalmente, è di facile definizione operativa ma il suo monitoraggio, tuttavia, è difficile, per i seguenti motivi:

- a) le concentrazioni degli inquinanti in atmosfera sono molto variabili nello spazio e nel tempo, il che implica studi condotti su base statistica, per lunghi periodi, e con reti di punti di misura a densità elevata;
- b) gli alti costi degli strumenti ne limitano fortemente il numero, per cui i dati strumentali hanno spesso un scarso valore statistico, nonostante l'apparente precisione delle singole misure;
- c) la strumentazione normalmente utilizzata rileva un numero esiguo di sostanze inquinanti.

Il termine "*qualità dell'aria*" si riferisce invece agli *effetti* dell'inquinamento su diversi soggetti, tra cui l'uomo, altri animali, piante, o oggetti inorganici, come i monumenti in pietra. Non esiste una misura univoca della *qualità dell'aria*, e la sua definizione operativa dovrebbe venire affidata ad indici numerici basati su un altissimo numero di parametri, il che è reso quasi impossibile dalle troppo scarse conoscenze riguardo gli effetti di singole sostanze inquinanti su uomo, animali, piante, gli effetti sinergici degli inquinanti su diversi organismi ed il trasferimento degli inquinanti negli ecosistemi, e dal fatto che il danno provocato dagli inquinanti non sempre dipende da valori medi, ma anche da quelli massimi, o dalla durata dell'esposizione.

Queste difficoltà hanno portato alla ricerca di *indicatori della qualità dell'aria*: parametri della più diversa natura che si suppongono correlati con la *qualità* dell'aria. In assenza di una definizione operativa del termine *qualità dell'aria*, gli *indicatori* diventano il solo modo per definirla. Ciò comporta un ragionamento circolare (Nimis 1991, 1999).

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, indipendentemente 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 nell'ambito della Biologia, che può fornire informazioni importanti per il monitoraggio dell'inquinamento, individuando possibili zone a rischio, ed ottimizzando la localizzazione degli strumenti di misura.

AREA DI STUDIO, DATI E METODI

Cenni sull'area di studio

L'area di studio comprende un tratto della fascia costiera Tirrenica e del territorio retrostante, estendentesi da Riva dei Tarquini alla Nunziatella (a Nord del Lago di Burano). Il territorio che si estende alle spalle di Montalto di Castro corrisponde alla cosiddetta Maremma Laziale. La morfologia non è del tutto pianeggiante, essendo caratterizzata da una sequenza di lievi ondulazioni che raggiungono la quota massima di 181 m in corrispondenza di Poggio Martino, a meno di nove chilometri di distanza dalla costa. Tutta quest'area è largamente sfruttata dal punto di vista agricolo, sia con colture estensive di cereali, sia

con colture di olivi e frutteti. Alle spalle della piana maremmana, un evidente aumento della pendenza determina il passaggio dalla pianura alla collina. Le colline si dispongono ad arco, abbracciando quasi per intero la pianura, e spingendosi sino al litorale di Ansedonia a nord e a quello di Tarquinia a sud. L'area di studio, pertanto, assume una forma semicircolare, con un raggio di circa 20 km a partire dalla cittadina di Montalto di Castro. Questo semicerchio è tagliato a metà dal corso del fiume Fiora, che sfocia nel Mare Tirreno in corrispondenza di Marina di Montalto. Poco più a sud, con andamento quasi parallelo al Fiora, scorre il fiume Arrone. Le rocce che formano l'arco collinare sono in prevalenza dei tufi vulcanici la cui origine risale alla fine del periodo terziario, nel momento di massima attività del complesso vulcanico dei Monti Vulsini. L'area di studio non ospita grandi centri abitati, ed è percorsa, nella parte costiera, dalla via Aurelia. I principali centri abitati sono Montalto di Castro, Canino e Pescia Romana in provincia di Viterbo, Capalbio in quella di Grosseto.

Stazioni di campionamento

Il rilevamento della biodiversità lichenica è stato effettuato nel Luglio-Agosto 2000, gli stessi mesi in cui era stato effettuato il campionamento nel 1998.

Sono state sottoposte a rilevamento le 40 stazioni di biomonitoraggio già individuate nel corso delle campagne 1996 e 1998. Le stazioni non sono state segnalate in modo permanente per scelta, al fine di evitare problemi con i proprietari o atti vandalici. La Fig.48 riporta la localizzazione delle stazioni nell'ambito dell'area di studio. Per ogni stazione sono inoltre state compilate sintetiche monografie comprendenti le informazioni topografiche essenziali al fine di consentirne il ritrovamento a distanza di tempo.

Data l'assoluta prevalenza di vegetazione semi-naturale, la scelta degli alberi da utilizzare per il rilevamento è stata ristretta a tre delle specie caducifoglie più frequenti: *Quercus cerris* (cerro), *Quercus frainetto* e *Quercus pubescens* (roverella). Le caratteristiche della scorza di questi forofiti non sono del tutto identiche: in condizioni naturali il pH della scorza di *Quercus cerris* è minore di quello di *Quercus pubescens*; inoltre, la ritenzione idrica della scorza di *Quercus pubescens* è maggiore di quella di *Quercus cerris* (Barkman, 1958). Si tratta però in tutti i casi di alberi con scorza primariamente acida o subacida. La scelta di tre specie è stata resa necessaria dalla loro inomogenea distribuzione nell'area di studio: in molti casi è stato possibile selezionare stazioni con una sola delle due specie.

I rilievi hanno interessato 154 alberi, di cui 16 di *Quercus cerris*, 7 di *Quercus frainetto*, e 131 di *Quercus pubescens*.

Si è cercato di far sì che gli alberi campione (forofiti) fossero per quanto possibile gli stessi utilizzati nelle analoghe indagini svolte nel 1996 (primo anno pre-operazionale) e nel 1998. Nel campionamento 2000, 33 rilievi sono stati effettuati su alberi nuovi rispetto a quelli utilizzati nel 1998. La causa principale della sostituzione è stata il danneggiamento del fusto a causa del fuoco. Nella zona, infatti, è comune la pratica di bruciare le stoppie del frumento al termine della stagione vegetativa. Essendo la maggior parte delle piante isolate in mezzo a terreni adibiti ad uso agricolo, o nelle siepi marginali a questi, i danni da fuoco sono molto frequenti. Altri fattori che hanno determinato la sostituzione degli alberi sono stati l'abbattimento degli esemplari arborei o l'impossibilità di raggiungere la base del fusto a causa della densa vegetazione spinosa sviluppatasi sotto la chioma. La scelta di nuovi forofiti ha determinato, in qualche caso, leggeri spostamenti delle stazioni, comunque non superiori a qualche decina di metri. Tali spostamenti non sono stati ritenuti significativi al punto da richiedere l'utilizzo di nuove coordinate topografiche per la stesura automatizzata della cartografia.

In 22 casi è stato modificato l'orientamento del reticolo rispetto ai rilievi effettuati nel 1996. La causa principale è stata la presenza di polloni sul fusto, o l'ingombro determinato da qualche ramo vicino.

Le modifiche riguardanti gli alberi e l'esposizione del reticolo sono riportate nelle schede di rilevamento ed in Tab. 16.

Metodo di rilevamento della biodiversità lichenica

Il rilevamento della biodiversità dei licheni epifiti è stato effettuato, analogamente alle campagne 1996 e 1998, seguendo il metodo Svizzero modificato da Nimis et al. (1991) e codificato da Nimis (1999). La scelta di un reticolo di rilevamento di dimensioni fisse è la principale differenza rispetto al metodo Svizzero. Tale scelta è giustificata dal fatto che le misure si riferiscono a valori di biodiversità, espresse come somma delle frequenze delle specie in un reticolo standard. La scelta di un reticolo a dimensioni variabili – come previsto dal metodo svizzero originale - avrebbe fortemente inficiato la misura di biodiversità, dal momento che tali misure sono generalmente basate su parametri definiti su aree costanti.

Per ogni stazione sono stati effettuati almeno 3 rilevamenti. Il totale complessivo dei rilievi effettuati ammonta a 154.

Ogni rilevamento consiste nella somma delle frequenze di tutte le specie licheniche presenti in un reticolo di 30 x 50 cm, suddiviso in 10 rettangoli di 10 x 15 cm. Il reticolo è stato posizionato sulla parte del tronco in cui la copertura lichenica è massima, ad altezza dal suolo compresa tra i 120 ed i 200 cm, sulla parte

del tronco che presenta la massima densità lichenica ma che non risulta influenzata dallo scorrimento delle acque meteoriche.

Gli alberi sottoposti a rilevamento erano per lo più isolati, con circonferenza superiore a 70 cm, inclinazione del tronco non superiore a 10°, ubicazione in zone aperte, evitando aree ombreggiate, e con assenza di fenomeni evidenti di disturbo.

L'Indice di Biodiversità di ciascun rilievo è dato dalla somma delle frequenze di tutte le specie, l'indice di Purezza Atmosferica (I.A.P.) di ogni stazione è dato dalla media aritmetica degli indici di biodiversità di tutti i rilievi della stessa stazione.

Scelta della specie per lo studio di bioaccumulo

Per lo studio di bioaccumulo, è stata scelta la specie *Xanthoria parietina*, a causa delle sue dimensioni relativamente grandi, e della sua presenza diffusa nell'area di studio. La forma foliosa favorisce i procedimenti di prelievo e di allestimento dei campioni per le ulteriori fasi di analisi. La distribuzione attuale di *Xanthoria parietina* in Europa è la conseguenza di una recente espansione dell'areale, influenzata dalla crescente antropizzazione, soprattutto in zone agricole. Questa specie è distribuita dalla Scandinavia alla regione mediterranea. In Italia è comune dalla fascia pianiziale a quella montana, su alberi isolati a scorza primariamente eutrofica o secondariamente eutrofizzata, in vegetazione di *Xanthorion* (Barkman 1958, Nimis *et al.* 1992, Nimis 1993). Secondo Hawksworth & Rose (1970), in Inghilterra *Xanthoria parietina* è piuttosto resistente all'inquinamento, tollerando concentrazioni medie annue di SO₂ sino a 70 µg/m³. In Italia *Xanthoria parietina* è già stata utilizzata per studi di bioaccumulo da Bargagli *et al.* (1985, 1997) nell'area industriale di Rosignano Solvay (Toscana), nella Provincia di Treviso (Nimis *et al.* 1996) e nell'intera regione del Veneto (Nimis *et al.* 2000), a Macerata (Gasparo *et al.* 1989), nell'Alto Vicentino (Nimis *et al.* 1992) e nella bassa pianura friulana (Nimis & al. 1999).

Xanthoria parietina, al contrario di *Parmelia caperata*, frequentemente utilizzata in Italia per studi di bioaccumulo, presenta uno svantaggio: la parte più giovane del tallo, quella cioè da sottoporre a misure spettrofotometriche ad assorbimento atomico per il rilevamento dei metalli, non è facilmente distinguibile come nel caso di *Parmelia caperata*, non essendo marcata da una colorazione più chiara sulla faccia inferiore dei talli. Al fine di ottenere misure paragonabili, e non inficiate dall'età dei talli, i campioni sono comunque stati preparati in maniera tale da misurare le concentrazioni di metalli soltanto nei primi tre-quattro millimetri più periferici dei talli.

Campionamento e preparazione del materiale per lo studio di bioaccumulo

La scelta degli alberi per la raccolta di *Xanthoria parietina* ha seguito i criteri illustrati per la bioindicazione. In ogni stazione sono stati individuati almeno due alberi corrispondenti agli standards stabiliti dal metodo illustrato da Nimis & Bargagli (1999), che sono:

- a) inclinazione del tronco non superiore a 10°, per evitare l'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;
- b) assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, presenza di chiodi, puntine, etc.);
- c) assenza di forte copertura di muschi.

Sono state evitate parti concave del tronco, in cui può scorrere l'acqua trattenuta dalle chiome degli alberi. I campioni, prelevati al di sopra di 70 cm dal suolo per evitare contaminazioni da materiale terrigeno, consistevano in un miscuglio di almeno cinque talli provenienti da almeno due alberi diversi.

I licheni, staccati dal substrato con un temperino in acciaio inossidabile, sono stati inseriti in una busta di carta. È stata prelevata solo la parte periferica del tallo, priva di rizine, cresciuta negli ultimi dodici mesi (Nimis & Bargagli 1999).

Il materiale è stato ripulito al microscopio binoculare per eliminare materiali estranei, e seccato a temperatura ambiente (H₂O residua <3%), in quanto l'essiccamento in stufa determina la parziale volatilizzazione del Mercurio, con bassa tensione di vapore. Il numero di alberi campione (in ogni caso diversi da quelli utilizzati per la bioindicazione, allo scopo di non alterare la biodiversità lichenica) è stato determinato in modo da reperire almeno 200 mg di tallo essiccato, e comunque il materiale raccolto non è stato inferiore a 200 mg per stazione. Il materiale deriva dal prelievo della parte esterna di almeno 6 talli lichenici diversi. Prima dell'analisi il materiale è stato ripulito al binoculare per eliminare ogni materiale estraneo, ed è stato costituito un campione unico per ogni stazione.

Le stazioni per il campionamento dei licheni da sottoporre ad analisi spettrofotometrica sono 25.

Le analisi spettrofotometriche sono state svolte a cura dei laboratori dell'ENEL, seguendo metodiche standard.

Per ogni stazione di rilevamento è stata calcolata la deviazione standard dei valori di biodiversità, al fine di valutare la qualità dei dati.

Data la sostanziale invarianza dei dati floristici e vegetazionali, e di quelli relativi ai metalli, rispetto agli studi effettuati nel 1996 e nel 1998, si è evitata una ridondante ripetizione dell'analisi multivariata delle matrici delle specie e dei rilievi, delle specie e delle stazioni, delle stazioni e dei metalli.

Per le elaborazioni cartografiche è stato usato il package di programmi SURFER (*Golden Software Inc.*, 1989), che comprende software per la cartografia bi- e tridimensionale. Questa è basata su una griglia le cui maglie hanno dimensioni calcolate in base ai valori estremi dei dati di input. Il metodo di interpolazione utilizzato per creare una maglia regolare a partire da punti (stazioni) disposti irregolarmente nell'area di studio si basa sui valori di I.A.P. (asse Z) nelle otto stazioni più vicine al punto considerato. L'influenza di un dato punto sugli altri è inversamente proporzionale alle loro distanze. Il risultato è un reticolo regolare sovrapposto all'area considerata, in base al quale vengono successivamente elaborate le carte isoporiche.

Dati biologici sulle specie

Per ogni specie verrà fornita una serie di parametri biologici utili a caratterizzare la florula lichenica epifita nell'area circostante Montalto. Questi sono ripartiti in 11 campi, come segue:

1) Forma di crescita:

- Cr: crostoso,
- Sq: squamuloso,
- Fol: folioso,
- Fol.b: folioso a lobi larghi (tipo *Parmelia*),
- Fol.n: folioso a lobi stretti (tipo *Physcia*);
- Frut: fruticoso,
- Frut.f: fruticoso filamentoso.

2) Fotobionte

- Ch: alghe verdi diverse da *Trentepohlia*,
- Tr: *Trentepohlia*,
- Cy.h: cianobatteri filamentosi (*Nostoc*),
- Cy.c: cianobatteri coccali (*Gloeocapsa*, *Xanthocapsa*).

3) Strategia riproduttiva:

- S: sessuale,
- A.s: asessuale, soredi,
- A.i: asessuale, isidi.

4) Substrato:

- Epiph: epifiti,
- Epiph.b: epifiti, ma ristretti su alberi a scorza neutro-basica.

5-8) Indici Ecologici: si tratta di indici originali elaborati da Nimis (2000), adattati al comportamento delle specie sul territorio italiano. Ogni indice è espresso su una scala ordinale di cinque valori, come segue:

5): pH

- 1: molto acidofitico
- 2: acidofitico
- 3: subneutrofitico-subacidofitico
- 4: neutrofitico
- 5: basifitico

6): eliofilia

- 1: in situazioni di forte ombreggiamento
- 2: in situazioni ombrose non estreme
- 3: in situazioni di abbondante luce diffusa senza irraggiamento solare diretto
- 4: in situazioni di irraggiamento solare diretto limitato a poche ore del giorno
- 5: in situazioni di forte irraggiamento solare diretto per la maggior parte del giorno.

7): igrofilia

- 1: igrofitico
- 2: piuttosto igrofitico
- 3: mesofitico
- 4: xerofitico
- 5: molto xerofitico

- 8): eutrofizzazione
- 1: eutrofizzazione assente
 - 2: eutrofizzazione molto debole
 - 3: eutrofizzazione debole
 - 4: eutrofizzazione piuttosto forte
 - 5: eutrofizzazione molto forte
- 9) Distribuzione altitudinale nelle 5 principali fasce vegetazionali d' Italia (dato preceduto da "Alt:")
- 1: fascia eu-Mediterranea.
 - 2: fascia submediterranea.
 - 3: fascia Mediterraneo-montana.
 - 4: Fascia oroboreale delle Alpi
 - 5: vegetazione al di sopra del limite degli alberi.
- 10) Frequenza-rarità in Italia (basata su dati originali derivanti dal database dei licheni italiani del Dipartimento di Biologia dell' Università di Trieste):
- er: estremamente raro
 - vr: molto raro
 - r : raro
 - rr: piuttosto raro
 - rc: piuttosto comune
 - c: comune
 - vc: molto comune
 - ec: estremamente comune
- 11) Esigenze fitoclimatiche:
- suboc: suboceanico
 - subc: subcontinentale

La nomenclatura segue principalmente Nimis (2000). Le abbreviazioni degli autori seguono gli standard proposti da Brummitt & Powell (1995).

PARTE PRIMA: STUDIO DI BIOINDICAZIONE

RISULTATI

Lista floristica

La Tab. 17 contiene la frequenza media delle specie nelle stazioni. La Tab.18 riporta un confronto tra la frequenza totale delle specie rilevate nel 1998 e nel 2000. Nel corso dell'indagine 2000 sono state rinvenute 46 specie, di cui sette in meno e cinque in più rispetto alla campagna 1998 (Tab. 18).

Le specie non ritrovate nel 2000 sono le seguenti: *Collema nigrescens*, *Evernia prunastri*, *Lecanora symmicta*, *Normandina pulchella*, *Parmelia quercina*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia semipinnata*. Tre di queste, *Lecanora symmicta*, *Normandina pulchella*, *Parmelia quercina*, erano però state rinvenute nel 1996. Le specie nuove ritrovate nella campagna 2000 sono: *Gyalecta truncigena*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora saligna* e *Physcia tenella*. In tutti i casi si tratta di licheni estremamente rari nell'area di studio. Non si evidenziano variazioni significative nella frequenza media delle specie più comuni. Di conseguenza, si può affermare che le differenze floristiche rilevate dal confronto 1996-1998-2000 sono del tutto trascurabili.

Per quel che riguarda le variazioni nella somma delle frequenze delle altre specie, esse possono apparire rilevanti quando espresse in percentuale (v. Tab. 18). Confrontando tuttavia i valori assoluti, risulta evidente che tutte le specie hanno sostanzialmente mantenuto i loro valori di frequenza totale all'interno del range di variazione rilevato nel 1998. Si può concludere che anche gli aspetti vegetazionali (rapporti di frequenza/dominanza tra specie) sono rimasti sostanzialmente stabili nel periodo intercorso tra i due rilevamenti.

Di seguito si fornisce una lista delle specie rinvenute, completa di basionimo e sinonimi, corredata dalle informazioni biologico-ecologiche specificate nel capitolo precedente.

+Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal., Geneac. Lich.: 17, 1854 - *Lichen gemmatus* Ach., Lich. Suec. Prodr.: 17, 1799. / Syn.: *Acrocordia alba* (Schrad.) de Lesd., *Acrocordia gemmata* v. *rubescens* Jatta, *Acrocordia sphaeroides* (Wallr.) Arnold, *Arthopyrenia alba* (Schrad.) Zahlbr., *Arthopyrenia gemmata* (Ach.) A. Massal., *Arthopyrenia tersa* auct. non Körb., *Leiophloea gemmata* v. *glauca* Trevis., *Leiophloea tersa* ("Körb.") Trevis., *Melanopsamma petrucciana* (Caldesi) Sacc., *Pyrenula alba*

- (Schrad.) A. Massal., *Sphaeria petrucciana* Caldesi, *Verrucaria gemmata* v. *cinerea* Garov., *Verrucaria gemmata* v. *minor* Garov. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 2-3, 2, 1/ Alt: 1-3/ rr/ suboc/
- +Arthonia pruinata** (Pers.) A. L. Sm., Monogr. Brit. Lich., 2: 214, 1911 - *Patellaria pruinata* Pers., Usteri's N. Ann. Bot., 1: 28, 1794. / Syn.: *Arthonia impolita* (Hoffm.) Borrer, *Arthonia pruinosa* Ach., *Arthonia pruinosa* v. *spilomatica* Fr., *Pachnolepia impolita* (Hoffm.) A. Massal. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 1-2, 3-4, 3, 1/ Alt: 1-2/ rr/ suboc/
- +Arthonia radiata** (Pers.) Ach., K. Sv. Vetensk. Akad. Handl., 29: 131, 1808 - *Opegrapha radiata*, Pers. Usteri's N. Ann. Bot., 1: 29, 1794. / Syn.: *Arthonia astroidea* Ach., *Arthonia astroidea* v. *cinerascens* Trevis., *Arthonia astroidea* v. *swartziana* (Ach.) Körb., *Arthonia betulicola* A. Massal., *Arthonia epipastoides* Nyl., *Arthonia montellica* A. Massal., *Arthonia swartziana* Ach., *Arthonia vulgaris* Schaer., *Arthonia vulgaris* v. *astroites* (Ach.) A. Massal., *Coniangium vulgare* (Schaer.) Fr., *Lichen astroites* Ach., *Opegrapha atra* v. *macularis* auct. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 2-3, 2-3, 1-3/ Alt: 1-4/ vc/
- +Arthopyrenia persoonii** A. Massal., Symmicta Lich.: 110, 1855. / Syn.: *Arthopyrenia atosanguinea* A. Massal. (?), *Arthopyrenia persoonii* v. *alni* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* f. *acericola* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* f. *cytisi* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* f. *lentisci* Bagl., *Arthopyrenia persoonii* f. *quercicola* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* f. *tiliaecola* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* v. *caricae* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* v. *mali* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* v. *pancina* A. Massal., *Arthopyrenia persoonii* v. *punctiformis* f. *castaneae* A. Massal., *Arthopyrenia punctiformis* f. *laricis* Anzi, *Arthopyrenia stigmatella* v. *carpinella* A. Massal., *Spermatodium malitiosum* v. *pancinum* f. *castaneaecolum* Trevis. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3, 1-2/ Alt: 1-3/ rc/
- +Arthopyrenia punctiformis** (Pers.) A. Massal., Ric. Auton. Lich. Crost.: 168, fig. 335, 1852 - *Verrucaria punctiformis* Pers., Usteri's N. Ann. Bot., 11: 19, 1794. / Syn.: *Arthopyrenia cembrina* (Anzi) D. Hawksw., *Arthopyrenia laburni* Arnold, *Arthopyrenia persoonii* v. *punctiformis* A. Massal., *Arthopyrenia punctiformis* v. *aenea* A. Massal., *Arthopyrenia punctiformis* v. *geographica* Anzi, *Leiophloea punctiformis* (Pers.) Trevis., *Leiophloea punctiformis* v. *acerina* (Hepp) Trevis., *Leiophloea analepta* v. *crataegi* Trevis., *Naectrocymbe punctiformis* (Pers.) R. C. Harris, *Pyrenula punctiformis* (Pers.) Trevis., *Verrucaria epidermidis* v. *spectabilis* Garov. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3, 1-2/ Alt: 1-4/ vc/
- +Bacidia rubella** (Hoffm.) A. Massal., Ric. Auton. Lich. Crost.: 118, 1852 - *Verrucaria rubella* Hoffm., Deutschl. Flora, 2: 174, 1796. / Syn.: *Bacidia luteola* auct. - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 2-3, 1-3/ Alt: 1-3/ rc/
- +Caloplaca cerina** (Hedw.) Th. Fr., N. Acta Reg. Soc. Sc. Upsal., ser. 3, 3: 218, 1861 - *Lichen cerinus* [Ehrh. ex] Hedw., Descr. Adumbr. Muscor. Frond., 2: 62, 1789. / Syn.: *Callopisma cerinum* (Hedw.) De Not., *Callopisma cerinum* v. *cyanoleprum* (DC.) A. Massal., *Caloplaca cerina* v. *cyanolepra* (DC.) J. J. Kickx, *Caloplaca cerina* v. *erhartii* (Schaer.) Trevis., *Caloplaca cerina* v. *nigromarginata* (Bagl. & Carestia) Jatta, *Caloplaca cerina* v. *rytitodes* (A. Massal.) H. Olivier (?), *Caloplaca gilva* (Hoffm.) Zahlbr., *Patellaria cerina* v. *cyanolepra* DC., *Placodium cerinum* f. *cyanoleprum* (DC.) Anzi - / Cr/ Ch/ S/ Epiph-Epiph.b/ 3-4, 3-4, 3, 3/ Alt: 1-4/ vc/
- +Caloplaca ferruginea** (Huds.) Th. Fr., N. Acta Reg. Soc. Sc. Upsal., ser. 3, 3: 233, 1861 - *Lichen ferrugineus* Huds., Fl. Angl.: 444, 1762. / Syn.: *Blastenia ferruginea* v. *corticicola* Anzi ex Arnold, *Caloplaca aurantiaca* (Lightf.) Th. Fr. non auct. - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 3, 4, 3, 2-3/ Alt: 2/ rc/
- +Caloplaca ulcerosa** Coppins & P. James, Lichenologist, 11: 139, 1979. / Incl.: *Blastenia viperae* Zahlbr., *Caloplaca viperae* (Zahlbr.) H. Olivier - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph.b/ 3-4, 4-5, 4, 3-4/ Alt: 1-2/ rc/
- +Candelaria concolor** (Dicks.) Stein, [in Cohn], Krypt. -Fl. von Schlesien, 2: 84, 1879 - *Lichen concolor* Dicks., Fasc. Pl. Crypt. Brit., 3: 18, 1793. / Syn.: *Blasteniospora concolor* (Dicks.) Trevis., *Caloplaca concolor* (Dicks.) Jatta, *Candelaria laciniosa* (Dufour) Körb., *Candelaria vulgaris* A. Massal., *Physcia candelaria* v. *pulvinata* Anzi (?), *Physcia concolor* (Dicks.) Bagl. & Carestia - Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph.b/ 3-4, 4-5, 3-4, 4/ Alt: 2/ vc/
- +Candelariella reflexa** (Nyl.) Lettau, Hedwigia, 52: 196, 1912 - *Lecanora vitellina* v. *reflexa* Nyl., Bull. Soc. Bot. France, 16: 241, 1866. / Syn.: *Caloplaca reflexa* (Nyl.) Jatta, *Candelariella efflorescens* auct. eur. non R. C. Harris & W. R. Buck - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph.b/ 3, 4, 4, 3-4/ Alt: 2/ c/
- +Candelariella xanthostigma** (Ach.) Lettau, Hedwigia, 52: 196, 1912 - *Lichen xanthostigmus* [Pers. ex] Ach., Lich. Univ.: 403, 1810. / Syn.: *Candelariella vitellina* v. *xanthostigma* (Ach.) Elenkin - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3, 2-3/ Alt: 2-4/ c/
- +Diploicia canescens** (Dicks.) A. Massal., Ric. Auton. Lich. Crost.: 86, 1852 - *Lichen canescens* Dicks., Fasc. Pl. Cryptog. Brit., 1: 10, 1785./ Syn.: *Buellia canescens* (Dicks.) De Not., *Catolechia canescens* (Dicks.) Anzi, *Lecidea canescens* (Dicks.) Ach. - Cr.pl/ Ch/ A.s/ Epiph-Calc-Sil.b/ 3-5, 3-4, 2-4, 2-4/ Alt: 1-2/ c/ suboc/
- +Gyalecta truncigena** (Ach.) Hepp, Flecht. Eur.: n. 27, 1853 - *Gyalecta wahlenbergiana* v. *truncigena* Ach., Lich. Univ.: 152, 1810 / Syn.: *Gyalecta abstrusa* (Wallr.) A. Massal. / Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 3, 1-2, 1-2/ Alt: 1-3/ r / suboc/
- +Hyperphyscia adglutinata** (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt, [in Hafellner & al.], Herzogia, 5: 62, 1979 - *Lecanora adglutinata* Flörke, Deutsch. Lich., 4: 7, 1819./ Syn.: *Physcia adglutinata* (Flörke) Nyl.,

- Physcia elaeina auct.*, *Physciopsis adglutinata* (Flörke) M. Choisy - Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph.b-Calc/ 3-4, 4-5, 3-4, 3-4/ Alt: 1-2/ vc/
- +Hypogymnia physodes** (L.) Nyl., Lich. Environ. Paris: 39, 1896 - *Lichen physodes* L., Sp. Pl.: 1144, 1753 / Syn.: *Imbricaria physodes* (L.) DC., *Parmelia physodes* (L.) Ach., *Parmelia physodes* v. *inflata* Sambo, *Parmelia physodes* v. *labrosa* Ach., *Parmelia physodes* v. *platyphylla* Ach. / Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph-Lign/ 1-3, 3-4, 2-3, 1-2/ Alt: 1-4/ rc/
- +Lecanora chlarotera** Nyl., Bull. Soc. Linn. Normandie, sér. 2, 6: 274, 1872./ Syn.: *Lecanora crassula* H. Magn., *Lecanora rugosella* Zahlbr., *Lecanora subfusca* f. *rugosa* Nyl., *Lecanora rugosa* (Nyl.) Nyl., *Lecanora chlarotera* f. *rugosella* (Zahlbr.) Poelt, *Lecanora istriana* Zahlbr. - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 3-5, 3-4, 2-4/ Alt: 1-4/ ec/
- +Lecanora expallens** Ach., Lich. Univ.: 374, 1810. / Syn.: *Lecanora conizaea* (Ach.) Nyl. non auct. - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph.a/ 1-2, 2-4, 2-3, 1-2/ Alt: 1-3/ vc/
- +Lecidella elaeochroma** (Ach.) Hazsl., Magy. Birod. Zuzmò-Flor.: 197, 1884 - *Lecidea parasema* □ *elaeochroma* Ach., Meth. Lich.: 36, 1803. / Syn.: *Lecidea elaeochroma* (Ach.) Ach., *Lecidea olivacea* (Hoffm.) A. Massal. p.p., *Lecidea parasema* (Ach.) Ach. p.p., *Lecidea enteroleuca auct. ital. p. max. p.*, *Lecidella euphorea* (Flörke) Hertel, *Lecidea sabuletorum* v. *euphorea* Flörke, *Lecidella glomerulosa* (DC.) M. Choisy - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-4, 3-5, 2-4, 2-4/ Alt: 1-4/ ec/
- +Lecanora hagenii** (Ach.) Ach., Lich. Univ.: 367, 1810 - *Parmelia hagenii* Ach., Meth. Lich.: 1803./ Syn.: *Lecanora coerulescens* (K. G. Hagen) Arnold, *Lecanora hagenii* v. *ocellulata* (A. Massal.) Bagl., *Lecanora hagenii* v. *lithophila* (Wallr.) Flot., *Lecanora nigrescens* (Th. Fr.) Stein, *Lecanora sommerfeltiana* v. *ocellulata* A. Massal./ Cr/ Ch/ S/ Epiph-Sax/ 3-5, 4-5, 3-5, 2-4/ Alt: 1-4/ rr/
- +Lecanora saligna** (Schrad.) Zahlbr., Cat. Lich. Univ.: 536, 1928 - *Lichen salignus* Schrad., Spicil. Fl. Germ., 1: 84, 1794. / Syn.: *Biatora effusa* (Pers.) A. Massal., *Biatora effusa* v. *fusca* A. Massal., *Lecanora effusa* (Pers.) Ach., *Zeora effusa* (Pers.) Anzi/ Cr/ Ch/ S/ Lign-Epiph/ 1-2, 4-5, 4, 1-2/ Alt: 2-4/ r /
- +Opegrapha varia** Pers., Usteri's N. Ann. Bot. 1: 30, 1794. / Syn.: *Opegrapha diaphora* Ach., *Opegrapha lichenoides* Pers., *Opegrapha maroccana* Müll. Arg., *Opegrapha rimalis* Pers., *Opegrapha pitardi* v. *viridans* Maheu & Werner, *Opegrapha pulicaris auct. p.p. non Pers. ex Fr.*, *Opegrapha violatra* A. Massal., *Opegrapha pollinii* A. Massal., *Opegrapha varia* v. *fagicola* A. Massal. v. *juglandis* A. Massal. v. *confluens* A. Massal. v. *notha* (Ach.) Jatta f. *subericola* Jatta, *Opegrapha chlorina* (Pers.) Jatta, *Opegrapha lichenoides* v. *chlorina* (Pers.) Redinger, *Opegrapha lichenoides* v. *nigrocaesia* Chevall., *Opegrapha varia* v. *diaphora* (Ach.) Fr. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 2-3, 2-3, 1-2/ Alt: 1-3/ rc/
- +Parmelia caperata** (L.) Ach., Meth. Lich.: 216, 1803 - *Lichen caperatus* L., Sp. Pl.: 1147, 1753. / Syn.: *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Pseudoparmelia caperata* (L.) Hale - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-4, 3-4, 3-4, 2-4/ Alt: 2/ rc/
- +Parmelia soledians** Nyl., Bull. Soc. Linn. Normandie, 2 sér., 6: 259, 1872. / Syn.: *Flavoparmelia soledians* (Nyl.) Hale, *Pseudoparmelia soledians* (Nyl.) Hale - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3, 3-4/ Alt: 1-2/ rr/
- +Parmelia subaurifera** Nyl., Flora, 56: 22, 1873. / Syn.: *Melanelia subaurifera* (Nyl.) Essl. - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-3, 2-4, 2-4, 1-2/ Alt: 1-3/ vc/
- +Parmelia subrudecta** Nyl., Flora, 69: 320, 1888./ Syn.: *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog, *Parmelia dubia auct.*, *Imbricaria borrieri auct. ital. p.p.*, *Parmelia helenae* de Lesd. - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph.b/ 2-4, 3, 3, 3-4/ Alt: 1-2/ c/
- +Parmelia sulcata** Taylor, [in J. Mackay], Fl. Hibern., 2: 145, 1836. - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph/ 1-3, 2-4, 2-4, 1-3/ Alt: 1-4/ ec/
- +Parmelia tiliacea** (Hoffm.) Ach., Meth. Lich.: 215, 1803 - *Lichen tiliaceus* Hoffm., Enum. Lich.: 96, 1784. / Syn.: *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Parmelia scorteia* (Ach.) Ach., *Imbricaria tiliacea* v. *aetnensis* Caruso, *Parmelia quercifolia* v. *scorteia* f. *microphylla* A. Massal. - Fol.b/ Ch/ A.i/ Epiph-Sil.b/ 2-3, 3-4, 3-4, 3-4/ Alt: 1-2/ c/
- +Parmotrema chinense** (Osbeck) Hale & Ahti/ Taxon, 35: 133, 1986 - *Lichen chinensis* Osbeck, Ostindisk Resa: 221, 1757./ Syn.: *Parmotrema perlatum* (Huds.) Hale, *Parmelia perlata* (Huds.) Ach., *Parmelia trichotera* Hue, *Parmelia coniocarpa* Laurer - Fol.b/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-3, 3, 3, 1/ Alt: 1-2/ rc/ suboc/
- +Pertusaria albescens** (Huds.) M. Choisy & Werner, [in Werner], Cavanillesia, 5: 165, 1932 - *Lichen albescens* Huds., Fl. Angl., ed. 1: 445, 1862. / Syn.: *Pertusaria discoidea* (Pers.) Malme, *Pertusaria communis* v. *discoidea* Garov., *Pertusaria orbiculata* (Schreb.) Zahlbr., *Pertusaria henrici* f. *saxicola* Erichsen, *Pertusaria globulifera* (Turner) A. Massal., *Pertusaria solediana auct. ital.*, *Pertusaria scutellata* Hue, *Pertusaria dacica* Erichsen, *Pertusaria deschartresii* Werner - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-4, 3-4, 3, 1-3/ Alt: 1-3/ c/
- +Pertusaria amara** (Ach.) Nyl., Bull. Soc. Linn. Normandie, sér. 2, 6: 288, 1873 - *Variolaria amara* Ach., K. Sv. Vetensk. Akad. N. Handl., 30, 3: 163, 1809. / Syn.: *Pertusaria faginea auct. ital. p.p.*, *Pertusaria pulvinata* Erichsen, *Pertusaria amara* f. *pulvinata* (Erichsen) Almb., *Pertusaria szalatai* Erichsen,

- Pertusaria amara* v. *szalatai* (Erichsen) Clauzade & Cl. Roux - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-3, 2-3, 2-3, 1-2/ Alt: 1-4/ ec/
- +***Pertusaria leprarioides*** auct. / Syn.: *Pertusaria henrici* Harm. - Cr/ Ch/ A.s/ Epiph/ 2-3, 3-4, 2-3, 2-4/ Alt: 3-4/ rr/
- +***Phaeophyscia hirsuta*** (Mereschk.) Essl., Mycotaxon, 7, 2: 302, 1978 - *Physcia hirsuta* Mereschk., Ann. Cons. J. Bot. Genève, 121: 181, 1919. / Syn.: *Physcia labrata* Mereschk. - Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph.b/ 3-4, 4-5, 3-4, 4-5/ Alt: 1-2/ rc/
- +***Physcia adscendens*** (Fr.) H. Olivier, Flore Analit. et Dich. Lich. de l'Orne, 1: 79, 1882 - *Parmelia stellaris* v. *adscendens* Fr., Summa Veg. Scand., sect. 1: 105, 1845. - Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph-Calci-Sil-Sil.b/ 3-5, 3-5, 3-4, 3-5/ Alt: 1-5/ ec/
- +***Physcia aipolia*** (Humb.) Fűrnrh., Natur. Topogr. Regensburg, 2: 249, 1839 - *Lichen aipolius* [Ehrh. ex] Humb., Fl. Friburg. Specim.: 19, 1793./ Syn.: *Physcia stellaris* v. *aipolia* (Humb.) Th. Fr. - Fol.n/ Ch/ S/ Epiph.b/ 2-4, 4-5, 3-4, 2-4/ Alt: 2-3/ vc/
- +***Physcia biziana*** (A. Massal.) Zahlbr. v. ***biziana***, Österr. Bot. Z., 51: 26, 1901 - *Squamaria biziana* A. Massal., Miscell. Lichenol.: 35, 1856. / Syn.: *Physcia ragusana* Zahlbr. - Fol.n/ Ch/ S/ Epiph.b/ 3-4, 4-5, 3-4, 3-4/ Alt: 1-2/ c/
- +***Physcia tenella*** (Scop.) DC., [in Lam. & DC.] Fl. Franç., éd. 3, 2: 396, 1805 - *Lichen tenellus* Scop., Fl. Carniol., ed. 2, 2: 394, 1772. Syn.: *Borreria tenella* (Scop.) Ach., *Hagenia tenella* (Scop.) De Not., *Parmelia stellaris* v. *tenella* (Scop.) Spreng., *Parmelia tenella* (Scop.) Ach., *Physcia adscendens* v. *tenella* (Scop.) H. Olivier, *Physcia leptalea* v. *italica* de Lesd. sec. descr., *Physcia stellaris* v. *tenella* (Scop.) Nyl./ Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph-Sax/ 2-4, 4-5, 3-4, 3-4/ Alt: 1-3/ rr/
- +***Physconia distorta*** (With.) J. R. Laundon/ Lichenologist, 16: 218, 1984 - *Lichen distortus* With., Bot. Arrang. Veget. Gr. Brit., 1, 2: 711, 1776./ Syn.: *Physcia pulverulenta* auct., *Physconia pulverulenta* auct., *Hagenia pulverulenta* auct. ital., *Physconia pulverulacea* Moberg, *Parmelia argyphaea* Ach., *Physcia pulverulenta* (Schreb.) Hampe - Fol.n/ Ch/ S/ Epiph.b/ 3, 4-5, 3-4, 3-4/ Alt: 1-2/ vc/
- +***Physconia grisea*** (Lam.) Poelt ssp. ***grisea***/ Nova Hedwigia, 2: 30, 1965 - *Lichen griseus* Lam., Encycl. Meth. Bot., 3: 480, 1789./ Syn.: *Hagenia pulverulenta* v. *pityrea* (Ach.), *Physcia grisea* (Lam.) Zahlbr. - Fol.n/ Ch/ A.s/ Epiph.b-Sil.b/ 3-4, 3-4, 3-4, 4-5/ Alt: 1-2/ c/
- +***Physconia servitii*** (Nádv.) Poelt, Nova Hedwigia, 9: 30, 1965 - *Physcia servitii* Nádv., Stud. Bot. Cech., 9: 154, 1948. - Fol.n/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3-4, 2-3/ Alt: 1-2/ rr/ suboc/
- +***Ramalina fastigiata*** (Pers.) Ach. / Lich. Univ.: 603, 1810 - *Lichen fastigiatus* Pers., N. Ann. Bot., 1: 156, 1794. / Syn.: *Ramalina populina* (Ehrh. ex Hoffm.) Vain., *Ramalina fenestrata* Motyka, *Ramalina fastigiata* v. *torulosa* A. Massal. ex Jatta - Frut/ Ch/ S/ Epiph/ 2-4, 4-5, 3-4, 2-3/ Alt: 1-3/ c/
- +***Rinodina exigua*** (Ach.) Gray, Nat. Arrang. Brit. Plants, 1: 450, 1821 - *Lichen exiguus* Ach., Lich. Suec. Prodr.: 69, 1799./ Syn.: *Berengeria exigua* (Ach.) Trevis. - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 4, 4, 3-4/ Alt: 1-3/ c/
- +***Schismatomma decolorans*** (Sm.) Clauzade & Vezda, [in Vezda], Sched. ad Lich. Sel. Exs., 13: 304, 1965 - *Spiloma decolorans* [Turner & Borrer ex] Sm. [in Sm. & Sowerby], Engl. Bot.: 34, tab. 2399, 1812./ Syn.: *Arthonia decolorans* (Sm.) Erichsen - Cr/ Tr/ A.s/ Epiph/ 2-3, 2-3, 3, 2-4/ Alt: 1-2/ rc/ suboc/
- +***Schismatomma picconianum*** (Bagl.) Steiner/ Cat. Lich. Univ., 2: 555, 1924 - *Lecania picconianad* Bagl./ Syn.: *Lecania diplotommoides* Bagl., *Schismatomma diplotommoides* (Bagl.) G. Samp., *Lecanactis saltellii* de Lesd. f. *saltellii* f. *ecrustacea* de Lesd., *Schismatomma dirinellum* (Nyl.) Zahlbr. - Cr/ Tr/ S/ Epiph/ 2-3, 2-3, 2-3, 2-3/ Alt: 1/ rr/
- +***Tephromela atra*** v. ***torulosa*** (Flörke) Hafellner, [in Kalb & Hafellner], Herzogia, 9: 91, 1992 - *Lecanora atra* v. *torulosa* Flörke, Deutsche Lich., 7: 12, 1821./ Syn.: *Lecanora atra* v. *corticola* (Hepp) Egeling - Cr/ Ch/ S/ Epiph/ 2-3, 3-4, 3-4, 1-2/ Alt: 1-3/ rc/
- +***Xanthoria parietina*** (L.) Th. Fr., N. Acta Reg. Soc. Sc. Upsal., ser. 3, 3: 67, 1861 - *Lichen parietinus* L., Sp. Pl.: 1143, 1753. - Fol.b/ Ch/ S/ Epiph.b/ 4, 4-5, 4, 3-4/ Alt: 1-4/ ec/

Le lievi differenze floristiche tra 1998 e 2000 non mutano sostanzialmente lo spettro biologico della florula lichenica dell'area di studio. Rispetto all'intera flora epifitica d'Italia, quella di Montalto presenta: 1) Una minore incidenza di forme crostose, 2) una maggiore incidenza di specie con riproduzione asessuata, 3) l'assenza completa di specie rare. La percentuale di specie con *Trentepohlia*, e di quelle a distribuzione suboceanica, due parametri legati a condizioni di oceanicità climatica, sono invece comparabili a quelle dell'intera flora italiana. I due parametri principali che caratterizzano la florula epifita di Montalto rimangono l'alta incidenza di specie asessuate e la scarsità di specie rare: questi indicano un ambiente non naturale, con numerose specie di tipo "ruderale", nessuna delle quali può venir considerata come importante per la preservazione della biodiversità a livello nazionale. Il numero totale di specie relativamente elevato, d'altra parte, esclude l'importanza di fenomeni diversi dall'antropizzazione nel determinare la biodiversità lichenica dell'area di studio.

Sulla base delle loro esigenze ecologiche, le specie possono venir classificate in cinque gruppi principali.

1) Specie di *Parmelion* e del *Pertusarietum hemisphaericae*: *Lecanora expallens*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia caperata*, *Parmelia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Parmotrema chinense*, *Pertusaria albescens*, *Pertusaria amara*, *Pertusaria leprarioides*. Si tratta dell'elemento mesofilo più diffuso nella vegetazione epifita della zona temperata, che si instaura su scorza acida o subacida, non eutrofizzata, con prevalenza di luce diffusa, in siti a microclima nè particolarmente umido nè particolarmente secco. La maggior parte di queste specie risulta essere sensibile a fenomeni di inquinamento atmosferico. Nel complesso, queste specie sono poco frequenti nell'area di studio, in netto contrasto con quanto osservato in un analogo studio da noi condotto nella limitrofa area dei Monti della Tolfa.

2) Specie di aspetti più acidofili e meno nitrofilo dello *Xanthorion parietinae* (*Parmelietum acetabulae*): *Bacidia rubella*, *Caloplaca ferruginea*, *Candelariella xanthostigma*, *Parmelia soledians*, *Parmelia subrudecta*. Queste specie hanno esigenze ecologiche intermedie tra quelle del gruppo precedente e di quello seguente. Si instaurano su alberi isolati, a scorza subacida, scarsamente eutrofizzata. Sono più eliofile e meno igrofile delle specie precedenti, e la loro diffusione è spesso caratterizzata in senso continentale (ad esempio, in Italia, sono molto più abbondanti lungo il litorale adriatico della Penisola). La maggior parte di queste specie, nell'area di studio come nel limitrofo comprensorio Tolfetano, ha carattere sporadico; molte di esse risultano sensibili a fenomeni di inquinamento atmosferico.

3) Specie di *Xanthorion*: *Caloplaca cerina*, *Caloplaca ulcerosa*, *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physcia adscendens*, *Physcia aipolia*, *Physcia biziana*, *Physcia tenella*, *Physconia distorta*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*. Queste specie costituiscono l'elemento lichenico più diffuso in zone fortemente antropizzate di tutta Europa. Si instaurano su alberi isolati, a scorza neutro-basica, eutrofizzata, in piena luce, e sono in grado di sopportare lunghi periodi di aridità. Sono ampiamente diffuse in tutta l'area di studio. Questi licheni sono tra i più resistenti a fenomeni di inquinamento atmosferico, e molti di essi sono in grado di penetrare all'interno di aree urbane.

4) Specie di *Lecanorion subfuscae*: *Arthopyrenia persoonii*, *Arthopyrenia punctiformis*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora saligna*, *Lecidella elaeochroma*, *Rinodina exigua*, *Tephromela atra*. Si tratta di specie molto diffuse, che costituiscono comunità pioniere su scorza giovane, o a scarsa ritenzione idrica. Dato il carattere pioniero, sono scarsamente condizionate dalle caratteristiche climatiche (la maggior parte di esse, in Italia, è diffusa dalla fascia Mediterranea a quella subalpina). Nonostante la grande ampiezza ecologica, alcune di queste specie risultano essere piuttosto sensibili a fenomeni di inquinamento atmosferico.

5) Specie a carattere suboceanico: *Acrocordia gemmata*, *Arthonia pruinata*, *Arthonia radiata*, *Diploicia canescens*, *Gyalecta truncigena*, *Opegrapha varia*, *Physconia servitii*, *Schismatomma decolorans*, *Schismatomma picconianum*. Questo gruppo è particolarmente interessante: include specie legate a condizioni di suboceanicità climatica, che in Italia sono particolarmente frequenti lungo i litorali occidentali. Pur essendo scarsamente frequenti nell'area di studio, la presenza di un discreto numero di licheni suboceanici è forse l'elemento più caratterizzante della sua florula lichenica epifita. Molte di queste specie sono fortemente sensibili a fenomeni di inquinamento atmosferico.

Nel complesso, la biodiversità lichenica risulta moderatamente elevata, con un numero di specie del tutto comparabile a quello rinvenuto in altre aree non fortemente urbanizzate sottoposte allo stesso tipo di rilevamento nel nostro Paese ed in altre parti d'Europa (Nimis & al. 1992). La biodiversità è comunque minore di quella del comprensorio Tolfetano, sia in termini numerici, sia in termini di qualità floristica: predominano nettamente le specie di *Xanthorion* e *Lecanorion*, mentre le specie più rare e sensibili del *Pertusarion*, del *Parmelion*, del *Parmelietum acetabulae* sono scarsamente rappresentate. Anche il numero di licheni ad affinità suboceaniche è sensibilmente minore di quello riscontrato nel comprensorio Tolfetano. Ciò è dovuto probabilmente alla maggiore antropizzazione dell'area di studio, ed al minor gradiente altitudinale. Inoltre, la florula lichenica del comprensorio Tolfetano è maggiormente influenzata da correnti umide marittime e dall'alta frequenza di nebbie nelle parti più elevate.

Carte di distribuzione delle specie più frequenti

Di seguito si commenta la distribuzione delle sei specie più frequenti nell'area di studio, basate sulle loro frequenze medie nelle stazioni di rilevamento: *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, e *Xanthoria parietina*. Con l'eccezione di *Lecanora chlarotera*, legata ad aspetti pionieri di vegetazione lichenica epifita con un'ampia valenza ecologica, le altre specie sono tutte tipiche della vegetazione dello *Xanthorion parietinae*.

Mentre *Physcia adscendens* risulta praticamente equidistribuita in tutta l'area di studio, si evidenzia una differenza significativa nei pattern distribuzionali di *Hyperphyscia adglutinata* e *Xanthoria parietina* da una parte, e di *Lecidella elaeochroma* dall'altra. Le prime due specie tendono ad assumere frequenze maggiori nelle aree più marginali rispetto a Montalto di Castro, mentre *Lecidella elaeochroma* mostra dei massimi di frequenza in aree in cui le prime due specie sono meno frequenti. Considerando le esigenze

ecologiche di queste tre specie, ciò sembra imputabile all'uso del suolo: *Lecidella elaeochroma* è un lichene praticamente ubiquitario in Italia, salvo che in aree fortemente inquinate, e non è legato ad una particolarmente elevata eutrofizzazione dei substrati (ad esempio, è comune all'interno di faggete aperte seminaturali), mentre *Xanthoria* ed *Hyperphyscia* sono maggiormente legate a situazioni di eutrofizzazione diffusa, generalmente derivante dall'attività agricola.

Rispetto ai dati relativi al 1998 non si notano modifiche sostanziali nei pattern di distribuzione delle specie più frequenti. L'unica eccezione è forse la tendenza espansiva di *Hyperphyscia adglutinata* una specie fortemente nitrofila che già nel 1998 mostrava una buona concordanza con quella dell'indice di nitrofitismo. Si può concludere che nel periodo 1998-2000 la situazione è rimasta sostanzialmente stabile, e che le differenze distribuzionali tra queste tre specie riflettono principalmente delle differenze nell'uso del suolo, che nulla hanno a che vedere con la qualità dell'aria.

Carta dell'indice I.A.P. e paragone tra rilevamenti 1996, 1998 e 2000

Le deviazioni standard ed il coefficiente di variazione percentuale tra i valori di frequenza utilizzati per il calcolo dell'indice I.A.P. (2000) sono mostrati in Tab. 19.

Nel 1996 i valori dell'indice I.A.P. variavano da un minimo di 14 nella stazione nr. 30, ad un massimo di 55 nella stazione nr. 1. Valori inferiori a 30 si riscontravano nelle stazioni nr. 8 (27.3), 22 (24.7), 26 (22.5) 45 (23.7). Valori compresi tra 45 e 55 si riscontravano soltanto nelle stazioni nr. 2 (49.5), 16 (48), 33 (47.7) e 49 (47). Tutte le altre stazioni avevano indici I.A.P. compresi in un ristretto intervallo da 30 a 45. I valori di I.A.P. del 1996 indicavano una qualità dell'aria con caratteristiche piuttosto omogenee in tutta l'area, senza differenze rilevanti tra stazione e stazione. Valori compresi tra 30 e 45 sono tipici di aree con scarso inquinamento atmosferico. Ad esempio, nella regione del Veneto (Nimis et al. 1991b) valori del genere vengono riscontrati nella fascia montana e pedemontana. Si può quindi concludere che l'area di studio, nel 1996, non era affetta da sensibili ricadute di inquinanti fitotossici. Nel 1998 valori di I.A.P. inferiori a 30 erano presenti in stazioni puntiformi presso Pescia Romana, e a sud di Capalbio, in prossimità della Via Aurelia, ed in due stazioni isolate, lontane da centri abitati, poste nell'interno (stazioni nr. 22 e 45). Valori di I.A.P. superiori a 40 erano invece presenti nella parte più settentrionale dell'area di studio, ed in numerose stazioni isolate sparse sull'intero territorio, incluse quelle site attorno a Montalto di Castro. Il riporto cartografico confermava l'assenza di rilevanti ricadute di gas fitotossici nell'intera area di studio: la biodiversità lichenica appariva relativamente omogenea nell'intero territorio, senza evidenziare chiari pattern geografici di contaminazione.

La carta della biodiversità lichenica relativa al 2000 mostra una concordanza praticamente perfetta con quella relativa al 1998.

Si può concludere che dal 1996 al 2000 l'area di studio non è stata soggetta ad alcuna variazione di rilievo riguardante la biodiversità lichenica.

CONCLUSIONI

I risultati dello studio di bioindicazione sono riassunti come segue:

- 1) La flora lichenica epifita dell'area di studio è moderatamente ricca, e presenta alcune specie sensibili all'inquinamento atmosferico.
- 2) I valori di I.A.P. sono medio-alti in quasi tutta l'area di studio, con scarse variazioni da zona a zona. Non si rilevano sensibili effetti di fenomeni di inquinamento atmosferico da gas fitotossici, nemmeno nell'area immediatamente circostante a Montalto di Castro.
- 3) Nel periodo intercorso tra il 1996 ed il 2000 non si sono avute significative variazioni della biodiversità lichenica. Negli ultimi quattro anni è da escludere un aumento dell'inquinamento da gas fitotossici.

PARTE SECONDA: STUDIO DI BIOACCUMULO

Risultati

Le concentrazioni dei metalli nei talli di *Xanthoria parietina* nelle 25 stazioni di rilevamento sono illustrate da istogrammi che, per ciascuna stazione, mostrano le concentrazioni di ciascun metallo nel 1996 e nel 2000 (Fig. 49). Una novità rispetto all'interpretazione dei dati contenuta nella relazione relativa al campionamento 1996 è l'utilizzo delle scale di naturalità/alterazione proposte da Nimis & Bargagli (1999), elaborata sulla base dell'analisi di centinaia di misure svolte in Italia, in aree con diverse situazioni geomorfologiche e con diversi tassi di inquinamento, seguendo procedure simili. La scala si basa su un'analisi della distribuzione dei valori relativi a diversi percentili per metalli con almeno 100 misure in

almeno tre aree diverse del Paese. La scala permette di interpretare le concentrazioni di metalli nei talli lichenici in termini di magnitudo della alterazione ambientale, definita dalla deviazione da condizioni "naturali" (di background).

Di seguito, ciascun metallo verrà discusso separatamente.

Alluminio - E' il terzo elemento per abbondanza nella crosta terrestre. Viene impiegato per la produzione di leghe leggere usate per la costruzione di veicoli, aerei, navi, etc., nelle vernici e per la carta di alluminio; nella forma di allume come mordente nella colorazione di fibre tessili e come impermeabilizzante.

Wohlbier & Lindner (1959) riportano valori di background nei talli lichenici da 340 a 410 ppm; Nimis et al. (1990), segnalano per l'Alto Vicentino un valore di 186 ppm. A La Spezia (Nimis & al. 1991) il valore minimo è di 262 ppm, quello massimo di 1133 ppm. I dati relativi a Savona (Nimis & al 1994) indicano valori leggermente più elevati, il valore minimo essendo di 423, quello massimo di 1650. A Trieste (Castello & al. 1995) il valore minimo è pari a 103, quello di background a 826. A Treviso (Nimis et al. 1996) si ha un background di 348, ed un valore massimo parimenti elevato, di 2714. Secondo la scala di Nimis & Bargagli (1999) in condizioni "naturali" le concentrazioni di Al nei licheni sono inferiori a 1000 ppm.

Nel 1996 i valori riscontrati nei talli lichenici dell'area di studio andavano da un minimo di 710 ppm ad un massimo di 6400 ppm, con una media di 2564 ppm. Il pattern di distribuzione dell'Alluminio nei talli lichenici era centrato chiaramente sull'area circostante Montalto di Castro, ove si riscontravano i valori massimi, con una diminuzione progressiva verso l'interno. Nel 2000 i valori si mantengono medio-alti, con un minimo di 1497 ppm, un massimo di 8100 ppm ed una media di 3000 ppm. Si evidenzia una tendenza all'aumento delle concentrazioni nella parte sudorientale dell'area di studio.

Arsenico - Presente nella crosta terrestre in misura di 1,5-2 ppm, si trova comunemente in forma ossidata nell'atmosfera come triossido di Arsenico (As_2O_3 , Arsenico Bianco). Viene usato per la produzione di insetticidi, erbicidi, fungicidi, algicidi, defolianti, conservanti del legno, vernici, ceramiche e vetri, e la sua forma elementare è usata per produrre leghe con Piombo e Rame. Nei pesticidi è presente come arsenato di Piombo, Calcio, Sodio e derivati organici. Le principali fonti sono antropogene, e riguardano la produzione di Rame, Zinco e Piombo, l'utilizzo in agricoltura e la combustione di carbone. Elemento ubiquitario in natura, le sue concentrazioni normali nelle piante superiori si aggirano sulle 2 ppm, mentre per i funghi sono stati misurati valori su un range da 1.2 a 2.5 ppm (Adriano 1986). Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di As nei talli lichenici sono inferiori a 1.2 ppm, mentre i massimi riscontrati in Italia superano le 5 ppm.

Nel 1996 l'Arsenico presentava, nei talli lichenici dell'area di studio, un valore minimo di 0.6 ppm, un valore massimo di 5.02 ppm ed un valore medio di 1.87 ppm. Anche in questo caso i massimi erano chiaramente concentrati tutt'attorno a Montalto di Castro, ove ben quattro stazioni presentavano valori superiori a 2.9 ppm. Nel 2000 la situazione rimane sostanzialmente invariata per quel che riguarda il range di valori, che vanno da un minimo di 0.75 ppm ad un massimo di 5.45 ppm (media 2.06 ppm). Si conferma, sia pur ridotto, il massimo ad ovest di Montalto, mentre si evidenziano fenomeni di maggiore alterazione nella parte nordoccidentale dell'area di studio.

Berillio - E' uno dei metalli più leggeri, e la sua concentrazione nella crosta terrestre è mediamente di 3 ppm (Krauskopf 1979). Viene utilizzato sotto forma di silicati nella produzione di leghe con Cu, Zn e Ni, come moderatore neutro nei reattori nucleari, nei freni dei velivoli, nei sistemi di guida inerziale di missili ed aeroplani e nei componenti strutturali di veicoli spaziali. La principale fonte di emissione in atmosfera sembra essere la combustione del carbone. Studi sugli effetti del Berillio sulle piante sono piuttosto rari: in alcuni casi basse concentrazioni possono persino indurre effetti benefici sulla crescita.

Nelle piante superiori i valori normali di Berillio hanno un range da 1 a 7 ppm; tossicità per le piante è stata riscontrata a partire da concentrazioni di 10-50 ppm (Kabata-Pentias & Pentias 1985). Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Berillio nei talli lichenici sono inferiori a 0.12 ppm (massimo in Italia: 1.62 ppm).

Nell'area di studio il Berillio presentava, nel 1996, un valore minimo di 0.05 ppm, un valore massimo di 0.77 ppm ed un valore medio di 0.2 ppm. Un range di valori leggermente inferiore è stato riscontrato nel 2000 (minimo 0.04 ppm, massimo 0.53 ppm, media 0.19 ppm). C'è una sostanziale stabilità dei pattern di concentrazione e non si evidenziano rilevanti fenomeni di alterazione ambientale. La debole alterazione riscontrata nel 1996 nella zona di Montalto di Castro, con un massimo secondario presso Montalto Marina, scompare nel 2000.

Cadmio - Elemento relativamente raro (0.5 ppm nella crosta terrestre), è un sottoprodotto delle industrie dello zinco e del piombo, e viene usato nell'industria automobilistica, nella produzione di pigmenti,

batterie, leghe e del piombo tetraetile, come dietilcadmio; deriva inoltre dall'utilizzo di fertilizzanti fosfatici e pesticidi, **dalla combustione del carbone**, petrolio, carta e rifiuti urbani.

Adriano (1986) riporta concentrazioni da 4 a 17 ppm in piante di ambienti contaminati e da 0.1 a 2.4 in aree lontane da fonti inquinanti. Valori analoghi vengono riportati da Kabata-Pendias & Pendias (1985). Le concentrazioni nei talli lichenici sono piuttosto costanti, ed hanno valori che non superano generalmente 1 ppm.: Bargagli (in litt.) riporta un valore di background di circa 0.6 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) questo elemento presenta una media di 0.26 ppm, a La Spezia Nimis & al. 1991) il background è di 0.85; i valori di background naturale stimati da Nimis et al. (1990) vanno da 0.36 a 0.6. A Savona (Nimis & al. 1994) i valori sono superiori a quelli di background naturale, con un massimo di 1.2, corrispondente al doppio del valore massimo di background. A Trieste (Castello & al. 1995) il valore di background è pari a 0.6, a Treviso (Nimis et al. 1996) a 0.1. Nella Regione Veneto (Nimis et al. 2000), concentrazioni superiori a 1 ppm vengono raggiunte in pochi punti della fascia pedemontana, e presso Mestre-Marghera, con un valore massimo assoluto di 1.15. **Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Cadmio nei licheni sono inferiori a 0.8 ppm (massimo italiano: 9.04 ppm).**

Nell'area di studio il Cadmio presentava, nel 1996, un valore minimo di 0.05 ppm, un valore massimo di 0.55 ppm ed un valore medio di 0.1 ppm. Si trattava, in assoluto, dei valori più bassi mai riscontrati in Italia in talli lichenici. Nel 2000 la situazione si mantiene pressoché inalterata, con un minimo di 0.01 ppm, un massimo di 0.13 ppm ed una media di 0.06 ppm. Nel 1996 si evidenziava una debole alterazione ambientale presso Montalto di Castro, senza diffusione apprezzabile nelle stazioni contermini. Nel 2000 anche questa situazione scompare, e tutti i valori relativi al Cadmio rientrano in situazione di altissima naturalità.

Cromo - Presente nella crosta terrestre in misura di 80-200 ppm, si trova comunemente nello stato di ossidazione III. E' molto usato negli impianti di cromatura, nella produzione di vernici, nelle concerie, cartiere, tintorie industriali, lavorazione dell'acciaio e altri metalli. Nelle piante superiori sono state misurate concentrazioni, in ambienti naturali, di 0.1-0.5 ppm, e di 5-30 ppm in aree fortemente inquinate (Kabata-Pendias & Pendias 1985).

Secondo Nimis et al. (1990) il background naturale sarebbe di 0.32 ppm nell'Alto Vicentino. Il valore minimo riscontrato a La Spezia (Nimis & al. 1991) è di 0.81 ppm, quello massimo di 3.84 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) il valore massimo si aggira sui 2 ppm. A Trieste (Castello & al. 1995) il background è molto elevato, essendo pari a 4.5, ed il valore massimo supera addirittura le 50 ppm. Nella Regione del Veneto (Nimis et al. 2000) concentrazioni molto elevate di Cromo (superiori alle 4 ppm, con massimi sino a 10 ppm) si riscontrano in alcune aree ben localizzate. **Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Cr nei licheni sono inferiori a 4 ppm (massimo italiano: 60.5 ppm).**

Nell'area di studio il Cromo presentava, nel 1996, un valore minimo di 1.62 ppm, un valore massimo di 9.06 ppm, ed un valore medio di 3.72 ppm. Nel 2000 il range di valori mostra una certa tendenza all'aumento, con un minimo di 2.53, un massimo di 16.7 ed una media di 5.23 ppm. Nel 1996 il massimo assoluto veniva raggiunto presso Montalto Marina, con un massimo secondario in una stazione interna (nr. 47), mentre non si evidenziavano patterns diffusionali significativi. Nel 2000 si riconferma il massimo presso Montalto Marina, la stazione 47 rientra nei livelli di normalità, mentre valori elevati si riscontrano nella stazione **.

Manganese - E' uno dei metalli più abbondanti negli organismi viventi. Si impiega nell'industria del ferro e dell'acciaio (nei fumi c'è ca. il 4% di ossido di manganese) ed è presente anche come additivo nei carburanti (Floccia et al., 1985); altre fonti sono rappresentate dalla **combustione di carbone**, petrolio e dall'incenerimento di rifiuti. Risulta tossico solo per le piante, quando suoli con un pH inferiore a 6 vengono irrigati con acque aventi concentrazioni di manganese di qualche milligrammo (IRSA-CNR, 1973). D'altra parte un suo deficit porta a clorosi e ad insufficiente accrescimento fogliare. Nelle piante superiori, in condizioni naturali, sono state misurate concentrazioni di 200-300 ppm, mentre si raggiungono valori sino ai 500 ppm in aree inquinate (Kabata-Pendias & Pendias 1985). Il manganese è l'unico elemento presente in minor misura nel lichene rispetto alle foglie di piante superiori. Alcuni autori affermano che il comportamento del manganese può essere descritto in termini della sua suscettibilità ad essere rimosso da altri elementi competitori quali il magnesio.

Il valore di background stimato da Nimis et al. (1990) è di 19.6 ppm, mentre a Macerata (Gasparo et al. 1989) la media delle concentrazioni nei talli lichenici è di 25.2 ppm. **A Savona (Nimis & al. 1994) si hanno valori di poco superiori a quelli di background, con l'eccezione di tre sole stazioni, in cui sono state registrate concentrazioni superiori ai 50 ppm.** A Trieste (Nimis & al. 1995) il background era di 17.0, il valore massimo di 43 ppm. Valori simili sono stati riscontrati nella Provincia di Treviso (Nimis & al. 1996). Nella Regione del Veneto (Nimis et al. 2000.), il Manganese supera la soglia di 35 ppm in numerose località, concentrate soprattutto nell'alta pianura, e in parti della Provincia di Rovigo. Secondo Nimis &

Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Manganese nei licheni epifiti sono inferiori a 35 ppm (massimo Italiano: 685 ppm).

Nell'area di studio il Manganese presentava, nel 1996, un valore minimo di 21.39 ppm, un valore massimo di 136.2 ppm, ed un valore medio di 49.53 ppm. Il valore massimo, all'epoca il più alto rilevato in Italia, veniva raggiunto nella stazione nr. 3, sita a sud-ovest di Capalbio. Si tratta probabilmente di una fonte in grado di innescare fenomeni diffusionali, in quanto valori relativamente più elevati si riscontravano anche nelle adiacenti stazioni nr. 29 e 49. Un'altra area dove erano evidenti fenomeni diffusionali era quella circostante Montalto di Castro, dove veniva raggiunto il massimo secondario di 110.8 ppm, con la stazione di Montalto Marina che raggiungeva 96.4 ppm. Il pattern concernente i suoli nel 1996 era di un certo interesse, in quanto i massimi assoluti si rilevavano nella zona di Capalbio, mentre l'area di Montalto di Castro era caratterizzata da valori relativamente bassi. Ciò suggeriva che la contaminazione terrigena potrebbe influenzare gli elevati valori raggiunti nei licheni delle aree circostanti Capalbio, mentre quelli rilevati presso Montalto di Castro potrebbero derivare da fonti antropogeniche. I dati relativi al 2000 sembrano confermare questa ipotesi. Il range di valori va da un minimo di 18 ppm ad un massimo di 104.4 ppm, con una media di 41.37 ppm, e rimane quindi sostanzialmente invariato, ma il riporto cartografico mostra il ritorno alla normalità della stazione di Capalbio, mentre si mantiene lo stato di alterazione ambientale tra Montalto e Montalto Marina.

Mercurio - E' uno degli elementi meno abbondanti nella crosta terrestre (0.027 ppm, Floccia, 1985), appena il 74° per abbondanza ma molto importante sotto il profilo ambientale per la sua alta tossicità e per le modalità di circolazione in natura. Il "Geological Survey Professional Paper", n. 713 indica i seguenti livelli di Hg nell'ambiente: roccia 0.01 ppm, terreno 0.1 ppm, aria 0.00001 ppm e acque fluviali 0.0001 ppm. Il mercurio possiede una spiccata tendenza a passare nell'atmosfera, ritornando in breve tempo sulla superficie terrestre con le piogge. Il solo minerale che contenga mercurio in concentrazioni sufficienti per l'utilizzo a livello industriale è il cinabro: l'estrazione da questo minerale mediante arrostitimento contamina pericolosamente l'atmosfera in prossimità dei forni. Il mercurio viene utilizzato nelle industrie chimiche, industrie produttrici di cloro e soda caustica (elettrolisi), industrie petrolchimiche, fonderie, acciaierie, nella fabbricazione di vernici e della carta, batterie ed interruttori elettrici, per la produzione di insetticidi e fungicidi agricoli; viene impiegato piuttosto frequentemente negli antisettici, cere per pavimenti, prodotti lucidanti per mobili, ammorbidenti di tessuti, filtri dei condizionatori d'aria (Dall'Aglio, 1988). Negli ultimi vent'anni la sua produzione è aumentata di 20 volte.

Per la zona dell'Alto Vicentino, Nimis et al. (1990) riportano valori di background pari a 0.107 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) la contaminazione media è di 0.154 ppm. **A Savona (Nimis & al. 1994) la maggior parte dei valori è superiore ai livelli di background, con un massimo di 0.303 ppm ed un minimo di 0.133.** A Treviso (Nimis et al. 1996) il background era di 0.017, il valore massimo di 0.329 ppm. La distribuzione del Mercurio nella Regione del Veneto (Nimis et al. 2000) si caratterizza per ampi pattern diffusionali, coerenti con il carattere volatile del metallo. Le concentrazioni più rilevanti interessano la parte occidentale della Regione, con un massimo assoluto di 0.43 nella Provincia di Vicenza. **Secondo Nimis & Bargagli (2000) in condizioni naturali le concentrazioni di mercurio nei licheni epifiti sono inferiori a 0.2 ppm (massimo italiano 1.84 ppm).**

Nell'area di studio il Mercurio presentava, nel 1996, un valore minimo di 0.07 ppm, e quindi relativamente basso, un valore medio di 0.19 ppm, anch'esso comparabile ad altre situazioni italiane, mentre il valore massimo, di 1.04 ppm, era tra i più alti sinora riscontrati in Italia in talli lichenici di *Xanthoria parietina*. Questo massimo veniva raggiunto nella stazione nr. 22, sita lontano da grandi vie di comunicazione, centri abitati od aree industriali. Nel 2000 il range di valori rimane sostanzialmente simile, con un minimo di 0.01 ppm, un massimo di 1.24 ppm ed una media di 0.24 ppm. Si evidenzia una situazione molto simile a quella riscontrata nel 1996, con un lieve spostamento ed ampliamento dei valori massimi in direzione nord.

Nichel - E' presente ubiquitariamente negli ecosistemi naturali, con un background di 200 ppm nella crosta terrestre (Floccia et al., 1985). **Le principali fonti secondarie sono la combustione del carbone (10 ppm), del petrolio (110 ppm) e del gasolio (2 ppm) e ancora gli inceneritori, le fonderie e le acciaierie (Floccia et al., 1985):** la sua presenza nell'atmosfera è aumentata negli ultimi anni proprio a causa dei combustibili fossili (vengono emesse 70.000 tonnellate/anno). Generalmente non è tossico per le piante, che possono accumularne quantità elevate, ed è dubbia la sua tossicità per gli animali (tanto che non ci sono limitazioni per la sua presenza nell'acqua). Le concentrazioni nelle piante, in zone non contaminate da fonti secondarie, vanno da 0.20 a 3.00 ppm, mentre in zone contaminate sono state rilevate concentrazioni superiori a 11 ppm. Al di sopra dei 10 ppm si rilevano fenomeni di tossicità per la pianta (Kabata-Pendias & Pendias 1985).

Nei licheni, Wohlbier & Lindner (1959) hanno rilevato concentrazioni da 1.40 a 1.60 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) la concentrazione media è di 0.85 ppm. **A Savona (Nimis & al. 1994) non si rilevano deviazioni particolarmente forti dai valori di background, il valore massimo essendo di 1.8 ppm, quello**

minimo di 0.8 ppm. A Trieste (Castello & al. 1995) si ha un background pari a 1.67, ed un valore massimo molto elevato, di 16.5 ppm. Nella Regione del Veneto (Nimis et al. 2000) si hanno valori piuttosto elevati (superiori a 2.5 ppm) in tutta la parte costiera meridionale della Provincia di Venezia, nella parte sudoccidentale di quelle di Treviso e Vicenza, etc., con punte massime superiori ai 7.5 ppm localizzate in poche stazioni nelle Provincie di Treviso, Vicenza e Rovigo. **Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Nichel nei licheni epifiti sono inferiori a 3 ppm (massimo italiano: 34.4 ppm).**

Nell'area di studio il Nichel presentava, nel 1996, un valore minimo di 1.56 ppm, un valore massimo di 6.46 ppm, ed una media di 3.12 ppm. Nel 2000 si ha una situazione sostanzialmente analoga, con un minimo di 1.04, un massimo di 6.96 ed una media di 3.19. Il riporto cartografico dei dati mostra però che al contrario del 1996, in cui non si evidenziavano pattern geografici significativi, nel 2000 si assiste all'emergere di fenomeni di alterazione ambientale nell'area compresa tra Montalto e Montalto Marina. Va comunque sottolineato che i dati relativi ai suoli del 1996 evidenziavano una serie di valori relativamente più elevati nella parte mediana dell'area di studio, quella compresa tra la costa e l'interno, e i massimi assoluti nei licheni e nei suoli cadevano nelle stesse stazioni. Ciò suggerisce che nell'area di studio le concentrazioni di Nichel nei licheni dipendano in primo luogo da contaminazione terrigena (sollevamento di polveri).

Piombo - Presente nella crosta terrestre in misura ridotta (20 ppm) esso tende ad accumularsi negli organismi e risulta quindi tossico per animali e piante. Nelle aree urbane ci sono valori di punta di 71 mg/m³ di aria mentre nelle aree non urbane la concentrazione scende a 0.0002 mg/m³ (Floccia et al., 1985). Fonte principale è la combustione degli additivi antidetonanti nella benzina, ma notevole è pure l'apporto dato dalle fonderie e dalla **combustione del carbone**. Numerosi studi (Adriano, 1986; Leonzio & Pisani, 1987; Favretto et al., 1986) confermano che la contaminazione da piombo dovuta al traffico segue una duplice funzione esponenziale a partire dalla strada: un primo esponente è associato al **particellato grossolano che si deposita entro i 5 metri dal margine stradale, ed un secondo esponente è associato a particelle più piccole, che si depositano entro un raggio di 100 metri.** La funzione più semplice, che non tiene conto della direzione dei venti, intensità del traffico e dell'esposizione contemporaneamente, ma considera la distanza dalla strada, è la seguente: $C = B_{kg} + A e^{-KD}$ dove C è la concentrazione del piombo nel campione analizzato, espressa in microgrammi per grammo (ppm); A l'incremento sopra il livello di background di un campione a 0 metri dalla strada espresso in ppm; K una costante di decadimento di primo ordine (m⁻¹) e D la distanza dalla strada espressa in metri. Il termine addizionale B_{kg} indica che il valore più basso non è zero ma il livello naturale del campione (background). Almeno la metà del piombo generato dalla combustione di antidetonanti è sotto forma di aerosols finemente suddivisi, che possono venir trasportati lontano dal vento. Pur essendovi in Italia un consumo maggiore di piombo per la produzione di accumulatori e cavi rispetto a quello usato per gli antidetonanti, questi assumono molta più importanza come fonti contaminanti a causa della totale irrecuperabilità del piombo, così come accade per i pallini da caccia e per i pigmenti. Un litro di benzina contenente piombo è sufficiente a contaminare 130.000 m³ di aria pura per un mese, ad un livello di 3 mg di Pb per m³; il 70-80% del piombo bruciato nel motore proviene dal tubo di scappamento ed il 62-80% delle particelle di piombo emesse hanno un diametro inferiore a 2 µm. La polvere sospesa nell'aria ha particelle inferiori a 10 µm e la lunghezza media del periodo di permanenza del piombo sospeso nell'atmosfera è di circa un mese.

Nimis et al. (1990) riportano per la zona dell'Alto Vicentino un valore pari a 8.8 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) i livelli massimi di inquinamento sono raggiunti a 17.6 ppm, a fronte di una media di 4.3 ppm. **Le concentrazioni di Pb a Savona (Nimis & al. 1994) sono per la maggior parte superiori ai valori di background, con un massimo di 81.3 ppm. Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Piombo nei licheni epifiti sono inferiori a 25 ppm (massimo italiano: 494 ppm).**

Nell'area di studio il Piombo presentava, nel 1996, un valore minimo di 2.67 ppm, un valore massimo di 12.61 ppm ed un valore medio di 5.23 ppm. Nel 2000 si ha un minimo di 2.40 un massimo di 45.67 ed una media sostanzialmente simile, pari a 6.39. Si tratta in entrambi i casi di valori molto bassi, che indicano uno scarso influsso del traffico veicolare sui licheni analizzati. Si evidenzia la sostanziale assenza di fenomeni di rilevante alterazione ambientale nell'intera area di studio, sia nel 1996 che nel 2000.

Rame - Presente in abbondanza nella crosta terrestre, il Rame può essere tossico per le piante anche a concentrazioni non elevate, mentre risulta scarsamente tossico per gli animali e per l'uomo (è un micronutriente essenziale: sono necessari 2 mg/giorno, Floccia et al., 1985). Si impiega per produrre vari tipi di leghe, pitture, lastre fotografiche e certi additivi alimentari usati nell'allevamento dei maiali, nell'industria del ferro e dell'acciaio e nella produzione di pesticidi; altre fonti secondarie sono la combustione del carbone, del petrolio e l'incenerimento dei rifiuti urbani. Nei vegetali le concentrazioni

normali di rame vanno da 4 a 30 ppm (Floccia et al. 1985, Kabata-Pendias & Pendias, 1985), quantità che risultano indispensabili per la sintesi della clorofilla (un suo deficit provoca clorosi); al di sopra di questi valori il rame diventa tossico per la pianta.

Nimis et al. (1990) riportano un valore di background pari a 6.9 ppm. A Macerata (Gasparo et al. 1989) il massimo assoluto è di 18.7 ppm. A Savona (Nimis & al. 1994) il valore minimo è di 4.5 ppm, quello massimo di 53.3 ppm. A Trieste (Castello & al. 1995) il valore di background è pari a 11, il massimo a 69 ppm. Valori leggermente più bassi di quelli di Trieste erano stati riscontrati in Provincia di Treviso. Nella regione del Veneto (Nimis et al. 2000) si ha una diffusa e leggera contaminazione da Rame (valori tra 10 e 20 ppm) nella fascia pedemontana, e soprattutto in aree interessate a colture vitivinicole. Si hanno inoltre singole situazioni localizzate con valori elevatissimi, superiori ai 30 ppm, con punte sino a 47 ppm a sud di Portogruaro. Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Rame nei licheni epifiti sono inferiori a 15 ppm (massimo italiano: 161 ppm).

Nell'area di studio il Rame presentava, nel 1996, un valore minimo piuttosto basso, pari a 3.72 ppm, ed un valore medio di 13.11 ppm, mentre il valore massimo riscontrato, pari a 148.2 ppm era sicuramente tra i più elevati mai misurati in un tallo lichenico in Italia. Nel 2000 questa anomalia scompare: il valore massimo si abbassa a 43.75. Il riporto cartografico relativo al 1996 era chiaramente condizionato dall'abnorme massimo assoluto raggiunto nella stazione di Pescia Romana (nr. 30). Nel 2000 il pattern appare completamente diverso. A nostro parere gli alti valori massimi e la forte oscillazione dei valori tra stazioni nel 1996 e nel 2000 suggeriscono che i fenomeni di alterazione siano prevalentemente dovuti all'uso irregolare di anticrittogamici a base di rame.

Titanio - Nella crosta terrestre il Titanio è presente con concentrazioni di circa 3.600 ppm. Il range normale nei suoli varia da 1.000 a 10.000 ppm (Adriano 1986). Nelle piante superiori sono stati misurati valori da 0.15 a 80 ppm (Kabata-Pendias & Pendias 1985). La sua tossicità per le piante è stata provata a concentrazioni superiori a 200 ppm (Adriano 1986). Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Titanio nei licheni epifiti sono inferiori a 70 ppm (massimo italiano: 290 ppm, raggiunto nell'area di studio). Nell'area di studio il valore minimo nel 1996 era pari a 36.03 ppm, quello massimo a 290,84 ppm (circa 8 volte superiore), con una media di 98.14 ppm. Nel 2000 si sono riscontrati valori maggiori: il minimo è di 48 ppm, il massimo di 428 ppm, e la media di 112.5 ppm. Il pattern di distribuzione geografica è rimasto sostanzialmente invariato: esso è chiaramente centrato sulla zona di Montalto di Castro, ed evidenzia l'esistenza di fenomeni di tipo diffusionale.

Vanadio - Il Vanadio è ubiquitario in natura. Presente nella crosta terrestre in concentrazioni medie di 150 ppm (Adriano 1986), viene usato nella produzione di Ferro-Vanadio, nella sintesi di leghe con Titanio, come additivo dell'acciaio, come catalizzatore in varie reazioni chimiche industriali. Il pentossido di Vanadio è usato nella produzione della ceramica e di vari prodotti chimici. **Il Vanadio è inoltre presente nei prodotti di combustione del carbone e di altri carburanti di origine fossile. La principale fonte antropogenica è la combustione di carbone.** Il contenuto di Vanadio nei vegetali si aggira normalmente tra 0.5 e 1.5 ppm (Kabata-Pendias & Pendias 1985). **Secondo Nimis & Bargagli (1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Vanadio nei licheni sono inferiori a 3.1 ppm (massimo italiano: 15 ppm).**

Nell'area di studio il Vanadio presentava, nel 1996, un valore minimo di 2.25 ppm, un valore medio di 5.84 ppm ed un valore massimo di 15.02 ppm. La situazione è sostanzialmente analoga nel 2000, con un minimo di 1.7, un massimo di 19.08 ed una media di 5.49 ppm. Si evidenzia una situazione sostanzialmente stabile: nell'area di studio i massimi si riscontrano, sia nel 1996 che nel 2000, nella zona tra Montalto di Castro e Montalto Marina, ed è evidente un pattern di valori progressivamente decrescenti verso l'interno che lascia supporre l'esistenza di fenomeni diffusionali.

Zinco - Presente nella crosta terrestre con 40 ppm, lo zinco è relativamente poco tossico per piante ed animali (Floccia et al., 1985). La sua mancanza può determinare ritardo di crescita nel bambino e, a testimoniare la sua scarsa tossicità, alcuni vegetali ne accumulano senza danno anche quantità pari al 15% del loro peso. Le principali fonti secondarie sono le fonderie, gli inceneritori, le miniere (dove lo si ritrova come solfuro di zinco), le industrie della gomma, **la combustione del carbone,** il traffico veicolare e l'uso di fertilizzanti e pesticidi. Esistono pochi dati sui valori di background in ecosistemi naturali, e soprattutto sul tasso di dispersione nell'ambiente: **sembra che lo zinco abbia un tasso di dispersione piuttosto elevato, arrivando fino a 35 Km dalla fonte.**

Le concentrazioni rilevate nei vegetali superiori in ecosistemi naturali vanno da 27 a 150 ppm (Kabata-Pendias & Pendias 1985); valori fino a 400 ppm sono stati rilevati in aree contaminate. **Il background naturale nei talli lichenici riportato da Nimis et al. (1990) è di 18.4 ppm.** A Macerata (Gasparo et al. 1989), la media è di 30.7 ppm. **A Savona (Nimis & al. 1994) quasi tutti i valori riscontrati si situano al di sopra del background naturale, con un massimo di 90.1 ppm,** ed un minimo di 48.1 ppm. Trieste (Castello & al. 1995) presenta un background di 53 ed un valore massimo di 110. Nella regione del Veneto (Nimis et al. 2000) non si hanno deviazioni particolarmente forti dai valori di background. Secondo Nimis & Bargagli

(1999) in condizioni naturali le concentrazioni di Zinco nei licheni epifiti sono inferiori a 65 ppm (massimo italiano: 358 ppm).

Nell'area di studio lo Zinco presentava, nel 1996, un valore minimo di 19.28 ppm, un valore massimo di 145.30 ppm ed un valore medio di 39.5 ppm. Nel 2000 si ha un massimo decisamente minore (66.32 ppm); anche il minimo (9 ppm) e la media (25.68) sono minori che nel 1996. Si evidenzia come, nel 1996, lo Zinco avesse un pattern di distribuzione molto simile a quello del Mercurio, con fenomeni di apprezzabile alterazione ambientale in alcune porzioni dell'area di studio. Nel 2000 questi fenomeni scompaiono del tutto, e tutta l'area di studio rientra in condizioni di naturalità.

Analisi multivariata e correlazioni tra metalli

Le correlazioni maggiormente significative sono quelle tra Al e Be, Cr e Pb, Al e Ti, Al e V, Ti e V. Per quanto riguarda Al, non esiste in loco una sorgente antropica tale da influenzare in modo così marcato buona parte del territorio. L'elevata polverosità dei tronchi presso Montalto era un fattore molto evidente nella fase di campionamento. E' probabile che le correlazioni tra Al, Ti e V (ed anche quella sufficientemente elevata tra Al e Mn, un altro metallo di origine prevalentemente terrigena) siano dovuti al forte accumulo di polveri derivante dalla più intensa attività antropica nell'area circostante Montalto di Castro.

Sintesi sulla contaminazione da metalli nell'area di studio

Alluminio - I valori massimi sono elevati ed evidenziano fenomeni di rilevante alterazione ambientale. Il pattern di distribuzione geografica era chiaramente centrato sull'area di Montalto di Castro nel 1996, mentre si è esteso ampiamente verso sud-est nel 2000. Di conseguenza, in quest'area esiste una sensibile contaminazione da Alluminio. Non esistendo in loco una sorgente antropica tale da influenzare in modo così marcato buona parte del territorio, si ritiene che le elevate concentrazioni di Alluminio siano soprattutto da ricondurre al forte sollevamento di polveri, un fatto evidentissimo al momento del campionamento. Ciò sarebbe in buon accordo con le correlazioni evidenziate tra metalli di origine terrigena quali Al, Ti, V e Mn. Non si evidenziano differenze significative nella magnitudo della contaminazione tra 1996 e 2000.

Arsenico - Si confermano, anche se in misura ridotta, i massimi riscontrati nel 1996 tra Montalto e Marina. Nel 2000 appaiono inoltre fenomeni di alterazione nella parte nordoccidentale dell'area di studio. Almeno alcuni di tali fenomeni potrebbero essere dovuti all'uso di pesticidi contenenti arsenico.

Berillio – Le concentrazioni sono sostanzialmente simili nel 1996 e nel 2000, e non evidenziano pattern significativi. La contaminazione da Berillio nell'area di Montalto, di probabile origine antropogena, rilevata nel 1996, non si mantiene nel 2000.

Cadmio - I valori assoluti delle concentrazioni sono tra i più bassi sinora riscontrati in Italia. I dati indicano l'assenza di contaminazioni da Cadmio di origine antropogena, sia nel 1996 che nel 2000.

Cromo – Si conferma l'alterazione da Cromo presso Montalto Marina, rilevata già nel 1996. Nuovi fenomeni di alterazione, apparsi nel 2000, riguardano una singola stazione a sud-est di Montalto.

Rame – Il confronto tra dati 1996 e dati 2000 mostra come le concentrazioni di rame siano soggette a forti fluttuazioni nello spazio e nel tempo. Si attribuisce questo fenomeno all'uso erratico di anticrittogamici a base di rame. Non si evidenziano quindi estesi fenomeni di alterazione ambientale.

Mercurio – La situazione rimane sostanzialmente stabile tra 1996 e 2000, con una singola area di forte alterazione ambientale, leggermente spostata verso Montalto nel 2000 rispetto al 1996.

Manganese – La situazione risulta praticamente stabile tra 1996 e 2000, con una relativamente elevata alterazione ambientale nell'area tra Montalto e Montalto Marina.

Nichel – Anche in questo caso la situazione appare piuttosto stabile tra il 1999 ed il 2000: si evidenzia maggiormente nel 2000 una zona di alterazione ambientale tra Montalto e Montalto Marina.

Piombo – La situazione è sostanzialmente invariata tra 1996 e 2000, con valori rientranti sostanzialmente nella norma.

Titanio – La situazione è invariata tra 1996 e 2000; permane una diffusa alterazione ambientale centrata sull'area di Montalto di Castro con l'evidenza di fenomeni diffusionali.

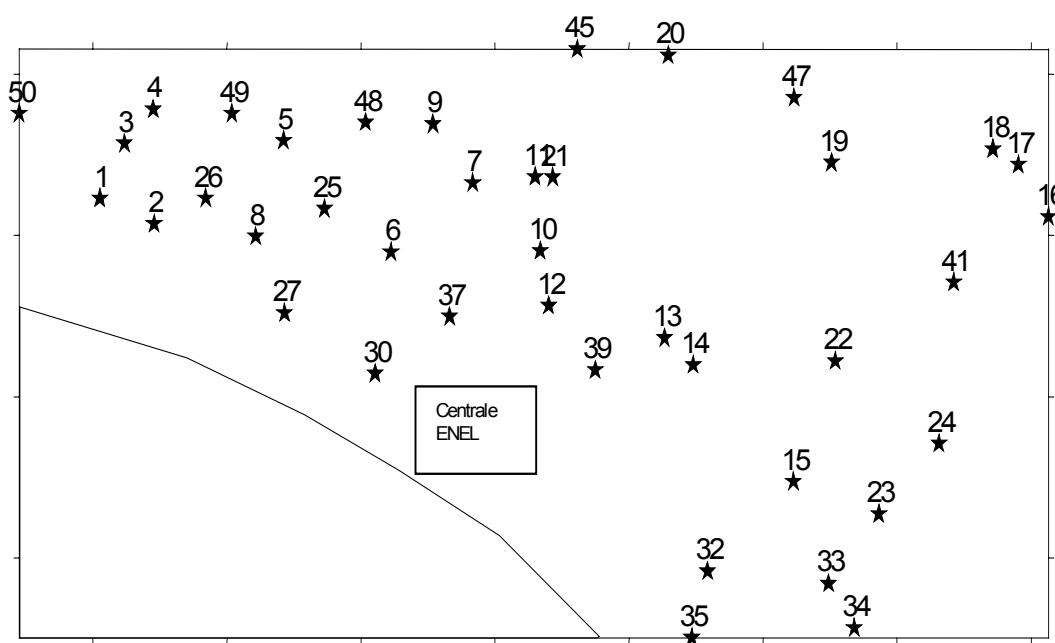
Vanadio - La situazione è invariata tra 1996 e 2000; permane una diffusa alterazione ambientale centrata sull'area di Montalto di Castro con l'evidenza di fenomeni diffusionali.

Zinco - L'area di studio rimane esente da contaminazioni da Zinco.

CONCLUSIONI

I risultati mostrano una sostanziale stabilità della situazione nel periodo compreso tra il 1996 ed il 2000. Non si evidenziano né fenomeni di impoverimento della biodiversità lichenica dovuti ad un incremento delle concentrazioni di gas fitotossici, né un significativo aumento nelle concentrazioni di metalli nei licheni, che rimangono sostanzialmente stabili. D'altra parte, non si evidenzia nemmeno fenomeni di miglioramento significativi per i principali foci di alterazione ambientale già evidenziati nello studio del 1996.

Figura 48: Area di studio e localizzazione delle stazioni di campionamento per lo studio di bioindicazione.



Tab. 16 - Confronto tra i rilievi effettuati nel 1998 e nel 2000 (Sono evidenziati in rosso gli alberi sostituiti; con una croce, invece, il cambio di esposizione).

Stazioni	B.L.s. 1998	B.L.s. 2000	Differenza	Alberi			
1	51,75	44,25	7,5				
2	49,50	47,50	2		X		
3	41,75	40,00	1,75				X
4	50,25	47,50	2,75				
5	34,00	37,75	-3,75	X			
6	29,00	24,50	4,5				
7	52,25	57,00	-4,75			X	
8	23,33	25,67	-2,34				
9	41,75	46,50	-4,75				
10	29,00	23,00	6			X	X
11	41,75	37,75	4				
12	43,50	48,50	-5				
13	45,00	46,00	-1				
14	32,33	34,33	-2			X	
15	35,66	38,00	-2,34				
16	57,50	55,50	2				
17	46,50	45,50	1				
18	46,25	43,75	2,5	X			
19	40,50	43,00	-2,5				
20	35,66	40,33	-4,67				
21	38,00	35,00	3				
22	23,75	26,25	-2,5				
23	39,25	40,00	-0,75				
24	36,00	43,25	-7,25				
25	34,00	35,00	-1				
26	29,50	29,25	0,25			X	
27	31,00	32,50	-1,5	X	X		
30	20,00	24,33	-4,33	X			
32	35,00	34,50	0,5				
33	47,75	46,50	1,25				
34	37,75	33,75	4			X	
35	36,33	35,00	1,33				
37	36,75	37,25	-0,5	X			
39	35,00	36,00	-1				
41	48,75	46,75	2		X	X	
45	22,00	17,75	4,25	X		X	
47	40,75	43,00	-2,25				
48	32,50	35,75	-3,25		X		X
49	46,00	46,75	-0,75	X			
50	41,00	39,75	1,25				

Tab 17- Frequenze medie delle specie nelle stazioni di rilevamento (bioindicazione)

Specie\Stazione	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Acrocordia gemmata	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-
Arthonia pruinata	-	-	2,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-
Arthonia radiata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33
Arthopyrenia personii	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthopyrenia punctiformis	-	-	-	-	-	0,25	0,50	-	-	0,25	-	-	0,25	-
Bacidia rubella	-	0,25	4,50	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	-
Caloplaca cerina	5,00	-	-	0,50	-	-	3,50	0,33	0,25	-	-	1,50	-	-
Caloplaca ferruginea	1,00	-	-	0,25	-	-	0,50	-	-	-	-	-	0,75	-
Caloplaca ulcerosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candelaria concolor	-	4,25	-	-	0,25	-	0,25	-	4,00	0,25	6,25	0,25	7,25	0,33
Candelariella reflexa	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candelariella xanthostigma	0,50	0,25	-	0,25	2,25	-	0,25	-	2,75	0,50	0,75	-	1,25	-
Collema nigrescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diploicia canescens	0,50	-	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00
Evernia prunastri	0,25	-	-	0,25	0,25	0,25	1,00	-	-	-	-	0,25	-	-
Hyperphyscia adglutinata	8,75	9,00	6,25	8,25	3,00	1,75	8,50	10,00	10,00	5,50	9,50	6,50	1,00	6,33
Lecanora chlorotera	5,50	1,75	-	7,50	-	2,25	2,00	-	0,25	5,00	0,25	3,00	2,75	0,33
Lecanora expallens	1,75	-	-	1,25	0,25	1,75	-	-	-	1,00	0,50	-	3,25	-
Lecanora symmicta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,25	-
Lecidella elaeochroma	7,75	4,50	-	7,50	2,75	8,50	8,50	1,33	1,00	7,50	2,75	10,00	8,00	4,66
Normandina pulchella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-
Opegrapha varia	-	-	0,50	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia caperata	-	-	-	0,50	-	3,50	1,00	0,33	-	-	-	0,25	-	-
Parmelia quercina	-	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia soledians	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-
Parmelia subaurifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia subrudecta	-	-	0,75	-	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia sulcata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-
Parmelia tiliacea	-	-	-	0,25	-	0,50	-	-	-	-	0,25	0,25	-	-
Parmotrema chinense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria albescens	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria amara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria leprarioides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phaeophyscia hirsuta	-	1,00	-	-	-	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-
Phaeophyscia orbicularis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physcia adscendens	10,00	9,75	5,25	10,00	10,00	9,25	8,75	9,33	9,25	5,25	9,00	10,00	10,00	10,00
Physcia aipolia	0,25	0,25	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physcia biziana	1,00	5,00	-	2,50	2,50	-	6,00	-	2,00	3,75	6,00	1,00	4,75	-
Physcia semipinnata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia distorta	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia grisea	-	3,75	7,50	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia servitii	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	2,00	0,25	-	-
Ramalina fastigiata	-	-	-	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	0,50	-	-
Rinodina exigua	-	-	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	0,25	-	-
Schismatomma decolorans	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schismatomma picconianum	-	-	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tephromela atra	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-
Xanthoria parietina	9,50	9,75	6,00	9,75	7,75	-	9,25	2,00	8,00	-	4,50	9,00	1,00	9,33
Totale	51,75	49,50	41,75	50,25	34,00	29,00	52,25	23,33	41,75	29,00	41,75	43,50	45,00	32,33

Specie\Stazione	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	30
Acrocordia gemmata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthonia pruinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthonia radiata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthopyrenia personii	-	-	-	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-
Arthopyrenia punctiformis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bacidia rubella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	-	-
Caloplaca cerina	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00	1,00	-	-	-	-
Caloplaca ferruginea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caloplaca ulcerosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Candelaria concolor	-	6,50	5,25	4,75	2,50	-	1,75	-	-	0,50	1,50	-	0,25	-
Candelariella reflexa	-	0,75	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-
Candelariella xanthostigma	-	1,00	-	1,00	0,25	-	0,50	-	0,25	0,25	-	-	-	-
Collema nigrescens	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-
Diploicia canescens	-	-	-	-	-	0,33	-	0,25	0,25	0,50	-	-	-	-
Evernia prunastri	-	0,50	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyperphyscia adglutinata	10,00	8,00	9,25	3,00	8,50	9,66	9,00	2,75	3,75	8,00	9,50	7,00	10,00	6,66
Lecanora chlarotera	2,66	-	1,25	0,25	1,75	0,33	0,75	0,75	2,00	0,25	0,75	0,50	0,75	0,33
Lecanora expallens	-	2,00	0,75	-	-	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-
Lecanora symmicta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lecidella elaeochroma	6,33	6,00	3,00	-	10,00	0,33	4,25	4,25	6,25	4,25	0,75	0,25	4,75	2,66
Normandina pulchella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opegrapha varia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-
Parmelia caperata	-	2,50	2,75	0,25	0,50	-	-	4,75	-	0,50	-	-	-	-
Parmelia quercina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia soledians	-	-	-	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia subaurifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia subrudecta	-	0,75	0,25	6,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia sulcata	-	0,25	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-
Parmelia tiliacea	-	0,25	-	2,50	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parmotrema chinense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria albescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria amara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertusaria leprarioides	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phaeophyscia hirsuta	-	2,50	3,75	-	-	3,00	1,75	-	0,75	-	1,50	1,00	-	-
Phaeophyscia orbicularis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physcia adscendens	10,00	10,00	7,75	1,25	10,00	10,00	8,25	7,50	10,00	9,00	10,00	9,50	7,00	3,33
Physcia aipolia	-	2,75	0,50	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physcia biziana	0,66	2,75	2,50	8,25	2,25	-	3,00	-	3,00	2,00	-	-	-	1,00
Physcia semipinnata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia distorta	-	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia grisea	-	-	-	10,00	-	3,33	-	-	-	-	-	-	-	-
Physconia servitii	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramalina fastigiata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rinodina exigua	-	-	-	-	-	-	0,50	-	0,25	-	-	-	-	-
Schismatomma decolorans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schismatomma picconianum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33
Tephromela atra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xanthoria parietina	6,00	8,75	9,50	5,75	3,75	8,66	8,00	1,00	7,50	9,50	10,00	9,25	8,25	2,66
Totale	35,66	57,50	46,50	46,25	40,50	35,66	38,00	23,75	39,25	36,00	34,00	29,50	31,00	19,97

Specie\Stazione	32	33	34	35	37	39	41	45	47	48	49	50	Totali
Acrocordia gemmata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75
Arthonia pruinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,50
Arthonia radiata	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	0,58
Arthopyrenia personii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Arthopyrenia punctiformis	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	1,50
Bacidia rubella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,50
Caloplaca cerina	-	2,25	0,25	2,00	-	-	2,75	-	0,50	-	-	0,50	25,33
Caloplaca ferruginea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,50
Caloplaca ulcerosa	-	3,25	-	-	-	-	3,50	-	-	-	-	-	6,75
Candelaria concolor	-	-	-	-	-	5,75	-	-	1,00	-	0,25	0,50	53,58
Candelariella reflexa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
Candelariella xanthostigma	1,75	-	-	-	-	0,50	0,25	-	-	-	0,25	-	14,75
Collema nigrescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25
Diploicia canescens	0,25	0,25	-	-	0,25	-	0,25	-	-	-	-	1,25	6,83
Evernia prunastri	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	0,50	-	4,50
Hyperphyscia adglutinata	6,00	10,00	9,00	10,00	6,25	9,75	10,00	-	3,75	6,50	2,25	6,25	279,15
Lecanora chlarotera	-	4,00	0,25	0,33	0,75	0,25	5,00	0,50	2,75	0,25	8,75	4,25	69,98
Lecanora expallens	1,50	-	-	6,33	0,75	-	-	1,25	-	-	1,25	0,50	25,83
Lecanora symmicta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50
Lecidella elaeochroma	6,50	3,00	3,50	-	7,50	2,50	6,00	5,75	2,00	6,75	8,50	7,25	187,06
Normandina pulchella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Opegrapha varia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,25
Parmelia caperata	1,75	-	-	-	-	0,50	-	7,00	-	-	5,00	-	31,08
Parmelia quercina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50
Parmelia soledians	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	6,00
Parmelia subaurifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	0,25
Parmelia subrudecta	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	0,50	-	9,75
Parmelia sulcata	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	1,00	-	2,00
Parmelia tiliacea	-	-	-	-	0,50	-	-	1,00	-	-	0,75	-	6,50
Parmotrema chinense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	0,75
Pertusaria albescens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Pertusaria amara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	0,25
Pertusaria leprarioides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25
Phaeophyscia hirsuta	-	1,75	-	-	2,50	3,75	2,25	-	3,00	-	-	-	32,50
Phaeophyscia orbicularis	-	-	0,75	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
Physcia adscendens	9,25	10,00	8,25	7,00	8,00	8,00	7,25	6,25	10,00	9,75	10,00	10,00	343,16
Physcia aipolia	-	0,25	-	-	-	-	-	-	4,25	-	0,25	0,25	10,75
Physcia biziana	4,75	3,00	7,00	-	-	2,75	-	-	2,50	3,00	-	1,50	84,41
Physcia semipinnata	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	-	0,25	-	0,75
Physconia distorta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50
Physconia grisea	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	27,58
Physconia servitii	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	0,50	-	4,00
Ramalina fastigiata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	1,25
Rinodina exigua	-	-	-	1,00	-	-	0,25	-	-	-	-	-	4,25
Schismatomma decolorans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
Schismatomma picconianum	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,58
Tephromela atra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25
Xanthoria parietina	3,00	10,00	8,75	8,66	7,25	1,25	10,00	-	9,75	6,25	4,50	8,75	262,56
Totale	35,00	47,75	37,75	36,33	36,75	35,00	48,75	22,00	40,75	32,50	46,00	41,00	1538,28

Tab. 18 - Confronto tra la frequenza totale delle specie rilevate nel 1998 e nel 2000 e variazione percentuale.

Specie\Stazione	1998	2000	Var.%	Specie\Stazione	1998	2000	Var.%
Acrocordia gemmata	0,75	0,25	-66,67	Parmelia quercina	0,50	-	-100,00
Arthonia pruinata	2,50	3,50	40,00	Parmelia soledians	6,00	2,75	-54,17
Arthonia radiata	0,58	1,00	72,41	Parmelia subaurifera	0,25	0,75	200,00
Arthopyrenia personii	1,00	0,25	-75,00	Parmelia subrudecta	9,75	9,00	-7,69
Arthopyrenia punctiformis	1,50	5,00	233,33	Parmelia sulcata	2,00	2,33	16,50
Bacidia rubella	7,50	7,50	0,00	Parmelia tiliacea	6,50	6,50	0,00
Caloplaca cerina	25,33	22,83	-9,87	Parmotrema chinense	0,75	1,00	33,33
Caloplaca ferruginea	2,50	3,00	20,00	Pertusaria albescens	1,00	1,50	50,00
Caloplaca ulcerosa	6,75	9,75	44,44	Pertusaria amara	0,25	0,25	0,00
Candelaria concolor	53,58	55,83	4,20	Pertusaria leprarioides	0,25	0,25	0,00
Candelariella reflexa	1,75	1,25	-28,57	Phaeophyscia hirsuta	32,50	40,92	25,91
Candelariella xanthostigma	14,75	5,50	-62,71	Phaeophyscia orbicularis	1,75	-	-100,00
Collema nigrescens	0,25	-	-100,00	Physcia adscendens	343,16	339,25	-1,14
Diploicia canescens	6,83	11,33	65,89	Physcia aipolia	10,75	8,25	-23,26
Evernia prunastri	4,50	-	-100,00	Physcia biziana	84,41	93,16	10,37
Gyalecta truncigena	-	1,00	100,00	Physcia semipinnata	0,75	-	-100,00
Hyperphyscia adglutinata	279,15	312,58	11,98	Physcia tenella	-	0,50	100,00
Hypogymnia physodes	-	0,25	100,00	Physconia distorta	1,50	0,75	-50,00
Lecanora chlorotera	69,98	60,32	-13,80	Physconia grisea	27,58	29,08	5,44
Lecanora expallens	25,83	13,83	-46,46	Physconia servitii	4,00	3,50	-12,50
Lecanora hagenii	-	0,50	100,00	Ramalina fastigiata	1,25	5,50	340,00
Lecanora saligna	-	0,50	100,00	Rinodina exigua	4,25	2,50	-41,18
Lecanora symmicta	0,50	-	-100,00	Schismatomma decolorans	1,75	0,50	-71,43
Lecidella elaeochroma	187,06	162,17	-13,31	Schismatomma picconianum	8,58	10,33	20,40
Normandina pulchella	1,00	-	-100,00	Tephromela atra	0,25	0,25	0,00
Opegrapha varia	1,25	3,00	140,00	Xanthoria parietina	262,56	270,10	2,87
Parmelia caperata	31,08	34,58	11,26				

N.B.: sono evidenziate in rosso le specie non ritrovate nel 2000 ed in verde quelle nuove non segnalate nel 1998.

Tab. 19 - Deviazione standard e coefficiente di variazione percentuale tra i valori di frequenza rilevati per il calcolo dell’indice B.L.s.

Staz. n.	Albero n. 1	Albero n. 2	Albero n. 3	Albero n. 4	B.L.s. /00	Dev. St.	C. var. %
1	45	41	41	50	44,25	4,27	10
2	50	47	58	35	47,50	9,54	20
3	35	55	34	36	40,00	10,03	25
4	30	51	55	54	47,50	11,79	25
5	31	42	40	38	37,75	4,79	13
6	27	17	26	28	24,50	5,07	21
7	63	52	53	60	57,00	5,35	9
8	31	25	21	-	25,67	5,03	20
9	53	43	43	47	46,50	4,73	10
10	23	24	24	21	23,00	1,41	6
11	54	27	28	42	37,75	12,82	34
12	49	52	49	44	48,50	3,32	7
13	53	54	36	41	46,00	8,91	19
14	29	41	33	-	34,33	6,11	18
15	25	60	29	-	38,00	19,16	50
16	56	52	53	61	55,50	4,04	7
17	44	35	53	50	45,50	7,94	17
18	41	45	54	35	43,75	7,97	18
19	50	34	50	38	43,00	8,25	19
20	36	38	47	-	40,33	5,86	15
21	27	36	46	31	35,00	8,21	23
22	35	26	26	18	26,25	6,95	26
23	23	42	52	43	40,00	12,19	30
24	37	61	36	39	43,25	11,90	28
25	30	46	31	33	35,00	7,44	21
26	21	37	30	29	29,25	6,55	22
27	32	37	38	23	32,50	6,86	21
30	22	34	17	-	24,33	8,74	36
32	33	35	33	37	34,50	1,91	6
33	59	53	39	35	46,50	11,36	24
34	26	39	33	37	33,75	5,74	17
35	35	36	34	-	35,00	1,00	3
37	45	36	31	37	37,25	5,80	16
39	37	41	41	25	36,00	7,57	21
41	47	47	47	46	46,75	0,50	1
45	24	13	19	15	17,75	4,86	27
47	32	48	47	45	43,00	7,44	17
48	28	38	39	38	35,75	5,19	15
49	35	43	49	60	46,75	10,53	23
50	45	49	37	28	39,75	9,29	23

Fig. 49: confronto tra concentrazioni di metalli nel 1996 e nel 2000 nelle singole stazioni

