



Alma Mater Studiorum- Università di Bologna

REPORT

PROGETTO DI MONITORAGGIO DELLO STATO
DEGLI ECOSISTEMI DELLA VAL D'AGRI:

LICHENI

Redatto da:

Dott. Francesco Santi

Coordinamento scientifico del progetto:

Prof. Roberto Cazzolla Gatti

Rapporto delle Attività di Monitoraggio

giugno 2022 – ottobre 2022



INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1 Scopo e obiettivo del monitoraggio.....	1
1.2 Generalità sui licheni.....	2
1.3 I licheni come bioindicatori.....	3
2. AREA DI STUDIO.....	4
3. PUNTI DI MONITORAGGIO.....	6
4. MATERIALI E METODI.....	8
5. RISULTATI.....	11
6. CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONE.....	17
7. BIBLIOGRAFIA.....	18
8. APPENDICE.....	19
9. ELENCO ALLEGATI ELETTRONICI.....	20

1. INTRODUZIONE

Ai sensi dall'art. 10 del DM n. 356 del 9 dicembre 2013, il Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità assicura la messa a punto di idonei e innovativi strumenti per la programmazione e lo svolgimento, coerentemente con le direttive comunitarie in materia, delle necessarie azioni di monitoraggio delle matrici ambientali, della biodiversità e dei processi ecologici.

Con l'accordo di marzo 2020, ISPRA sottoscrive una Convenzione operativa con ARPAB e Regione Basilicata mirata ad assicurare rigore e qualità del metodo tecnico-scientifico utilizzato per il monitoraggio della biodiversità della Val d'Agri. In particolare, nella Convenzione, per ciò che concerne le attività di interesse di ARPA Basilicata e "altre attività" di competenza del Centro di Ricerca Metaponto, è prescritto che venga definito e sviluppato un piano di monitoraggio dello stato degli ecosistemi basato su componenti ambientali comprendenti:

- Flora e vegetazione, per valutare lo stato degli ecosistemi attraverso il calcolo di indicatori floristico-vegetazionali ricavabili dal rilievo floristico-vegetazionale;
- Flora lichenica, utilizzando l'Indicatore di Biodiversità Lichenica (IBL);
- Fauna, attraverso la raccolta di dati multi-tassonomici e utilizzando indicatori (Indicatore Sintetico "Cazzolla Gatti") ricavabili dai campionamenti di pesci, rettili, anfibi, avifauna, macrofauna, microteriofauna e carabidofauna.

A supporto dello svolgimento del seguente piano di monitoraggio, in data 12/12/2019 è stato sottoscritto un Protocollo d'intesa tra Alma Mater Studiorum – Università di Bologna e ISPRA. Nell'ambito delle proprie finalità istituzionali, la suddetta collaborazione è finalizzata alla realizzazione delle attività per lo "Sviluppo di indicatori multi-tassonomici e metodi innovativi per il monitoraggio della biodiversità con particolare riguardo all'acquisizione e all'elaborazione di dati specifici su componenti faunistiche presenti nella Val d'Agri", come specificato nell'articolo 2 della Convenzione, e coinvolge diverse professionalità di alto livello specifiche per la raccolta e l'elaborazione di dati delle componenti: flora lichenica e fauna (rettili, anfibi, avifauna, macrofauna, microteriofauna e carabidofauna).

Il presente documento costituisce il rapporto conclusivo delle attività di monitoraggio della componente lichenica, per l'area relativa al territorio della Val d'Agri attorno al Comune di Viggiano e riporta i risultati ottenuti durante il periodo giugno – ottobre 2022.

Il lavoro è stato svolto dal Dott. Francesco Santi, all'interno di un gruppo di lavoro coordinato dal Professor Roberto Cazzolla Gatti e supervisionato dalla Dott.ssa Emanuela Carli in qualità di Project Manager.

1.1 Scopo e obiettivo del monitoraggio

Il presente monitoraggio ambientale si prefigge, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di alcuni parametri biologici, indicatori dello stato qualitativo delle componenti ambientali descritte nel paragrafo precedente, di fornire le basi per il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Elaborare indicatori multi-tassonomici, insieme a valori soglia e di riferimento;
- Stabilire metodologie innovative per la definizione dei suddetti indicatori di stato di conservazione degli habitat;
- Fornire indicazioni per lo sviluppo di un piano di campionamento multi-tassonomico annuale.

Lo sviluppo di indicatori multi-tassonomici e metodi innovativi per il monitoraggio della biodiversità nella Val d'Agri renderà possibile una più efficace individuazione di fenomeni erosivi, sia a lenta che a rapida evoluzione temporale, delle differenti componenti ambientali. Ciò consentirà una più tempestiva ed efficace messa in atto di azioni e strategie di gestione consone ad arrestare ed invertire questo effetto degenerativo. Altresì, la produzione di un piano di campionamento multi-tassonomico spazialmente bilanciato consentirà ad ARPAB e/o agli Enti preposti di proseguire nel tempo i monitoraggi periodici.

Altresì, il monitoraggio ha come altro obiettivo il calcolo preliminare degli indicatori di stato di conservazione degli habitat (Es. "AED" o Absolute Effective Diversity; Cazzolla Gatti *et al.*, 2020).

1.2 Generalità sui licheni

I licheni sono generalmente descritti come organismi caratterizzati dalla simbiosi fra un fungo e un'alga o cianobatterio; tale relazione fa sì che essi siano organismi autotrofi, in grado quindi di compiere la fotosintesi clorofilliana. Recentemente, la definizione di lichene è stata ampliata in quanto si è visto che essi possono ospitare vari partner fotosintetici, oltre a batteri e funghi

lichenicoli interni al tallo (Grimm *et al.*, 2021; Hawksworth and Grube, 2020).

Essi vivono adesi a superfici quali corteccia degli alberi, pareti rocciose, terreno. Così come le briofite, sono organismi peciloidrici, ossia non possiedono la capacità di immagazzinare acqua; questo li porta a disseccarsi completamente in caso di assenza di acqua liquida o umidità, tornando biologicamente attivi in sua presenza. Tale caratteristica permette ad alcune specie di sopravvivere anche in ambienti particolarmente aride, quali rupi rocciose, terreni aridi.

La struttura principale del lichene è costituita dal tallo lichenico. In linea generale, si possono individuare tre principali forme di crescita dei licheni: quelli a tallo fruticoso si sviluppano in tutte le direzioni dello spazio, quelli a tallo foglioso si sviluppano parallelamente al substrato, ancorandosi a quest'ultimo tramite fasci di ife detti rizine; infine, quelli a tallo crostoso si sviluppano direttamente sul substrato, saldamente uniti ad esso



Figura 1: Ramo di roverella (*Quercus pubescens*) in cui si nota la presenza di una specie di lichene fruticoso (*Ramalina* sp.) e varie specie crostose, fra cui *Xanthoria parietina*. Fotografia di Matilde Martini.

(fig. 1). Oltre ad altre varianti meno comuni, alcune specie ne presentano uno composto, costituito dall'unione fra due differenti tipologie di tallo, ad esempio foglioso e fruticoso.

A seconda del substrato su cui si sviluppano, possiamo individuare licheni epifiti, epilittici e terricoli, che si sviluppano rispettivamente su corteccia di alberi, substrato roccioso e terreno. Quando i licheni si sviluppano all'interno del substrato vengono detti endosubstratici.

I licheni possono propagarsi per via vegetativa, tramite sorali e isidi, strutture che rilasciano piccoli propaguli di tallo, o anche tramite la frammentazione del tallo (ad esempio in licheni fruticosi). La riproduzione per via sessuale è garantita da apotecii e peritecii, strutture che rilasciano le spore.

1.3 I licheni come bioindicatori

I licheni sono comunemente riconosciuti come buoni bioindicatori della qualità dell'aria, in quanto, essendo direttamente esposti all'atmosfera, risentono della sua composizione. Esistono due principali tecniche di biomonitoraggio che coinvolgono i licheni, quelle di bioindicazione e di bioaccumulo.

La prima analizza le comunità licheniche di un territorio andando a valutare indirettamente la qualità dell'aria, valutando quali specie siano presenti e in quale quantità; a seconda delle qualità dell'aria e ambientale, infatti, si sviluppano differenti comunità licheniche. Con le tecniche di bioaccumulo, invece, si va ad analizzare chimicamente il tallo lichenico, sfruttando la caratteristica dei licheni di assorbire e accumulare all'interno del tallo gli inquinanti presenti in atmosfera.

2. AREA DI STUDIO

L'area afferisce principalmente al bacino idrografico del fiume Agri, immissario principale del bacino lacustre di Pertusillo, un invaso artificiale di circa 5,8 km² di superficie e circa 155 milioni di metri cubi d'acqua di capienza. Il lago riceve le acque anche da altri fiumi tributari tra i quali i principali sono il fiume Maglie nel comune di Grumento Nova e il torrente Vella tra i comuni di Grumento Nova e Spinoso (Osservatorio Ambientale della Val d'Agri, 2015).

Se da un lato, l'area di studio si inserisce in un contesto di elevato impatto antropico, afferente la zona industriale del comune di Viggiano (Centro Oli Val d'Agri, COVA), dall'altro lato il territorio è caratterizzato da aree ad elevata naturalità e valore ecosistemico soggette a regime di protezione (Siti di Importanza Comunitaria, S.I.C.; Zone Speciali di Conservazione, Z.S.C.; Zone di Protezione Speciale, Z.P.S.). Le aree protette rientranti nel perimetro dell'area di studio sono le seguenti (<https://rsdi.regione.basilicata.it>):

S.I.C./Z.S.C. "Lago del Pertusillo" (IT9210143);

S.I.C./Z.S.C. "Faggeta di Moliterno" (IT9210110);

S.I.C./Z.S.C. "Monte della Madonna di Viggiano" (IT9210180);

Z.P.S. "Appennino Lucano, Valle Agri, Monte Sirino, Monte Raparo" (IT9210271);

Z.P.S. "Appennino Lucano, Monte Volturino" (IT9210270)

Tabella 1: Superfici totali dei comuni, superfici comunali ricadenti nell'area di studio e percentuale dell'area di studio ricadente in ciascun comune.

Comune	Superficie comunale (km ²)	Superficie comunale ricadente nell'area di studio (km ²)	Percentuale dell'area di studio inclusa nel comune
Montemurro	56,4	34,5	13,2
Spinoso	37,9	13,9	5,3
Grumento Nova	66,1	66,1	25,2
Sarconi	30,5	4,5	1,7
Moliterno	97,8	37,5	14,3
Tramutola	36,4	34,9	13,3
Marsicovetere	37,7	17,3	6,6
Viggiano	89	53,3	20,3
Totale	451,8	262	100

Il territorio dell'area di studio (fig. 2) è per la maggior parte occupato da formazioni boschive di querce caducifoglie, per lo più Cerrete sud-italiane, distribuite uniformemente nel territorio e gestite per la maggior parte attraverso la ceduzione periodica (figg. 3-4); queste sono alternate a colture agricole tradizionali, con estese superfici occupate da seminativi non irrigui e sistemi agricoli

complessi. Si tratta di seminativi costituiti specialmente da cereali autunno-vernini a basso impatto. Meno frequenti sono i boschi sud-italiani misti a cerro (*Quercus cerris*) e farnetto (*Quercus frainetto*), a dominanza farnetto, con presenza di acero campestre (*Acer campestre*) e carpino orientale (*Carpinus orientalis*) e praterie mesiche del piano collinare unite a praterie montane dell'Appennino centrale e meridionale (Codice Corine Biotopes, Moss and Wyatt, 1994; <https://www.isprambiente.gov.it>).

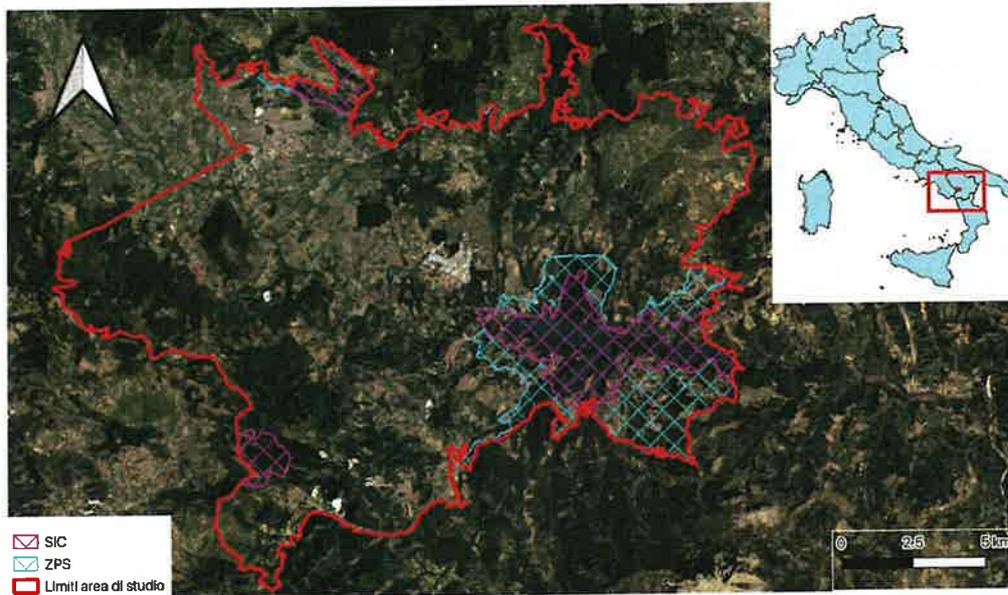


Figura 2: Visione satellitare dell'area di studio.



Figura 3: Visione di una cerreta a distanza di 10-15 anni dalla ceduzione (comune di Viggiano). Fotografia di Matilde Martini.



Figura 4: Aspetto della vegetazione a seguito di una ceduzione recente (comune di Viggiano). Fotografia di Matilde Martini.

3. PUNTI DI MONITORAGGIO

All'interno dell'area di studio sono stati selezionati 20 punti di campionamento, analoghi per tutti i gruppi di studio rilevati dai tecnici dell'Università di Bologna (componente lichenica e gruppi faunistici); la loro numerazione va da 21 a 40. La loro localizzazione può essere visualizzata nella figura 5 e in tabella 2.

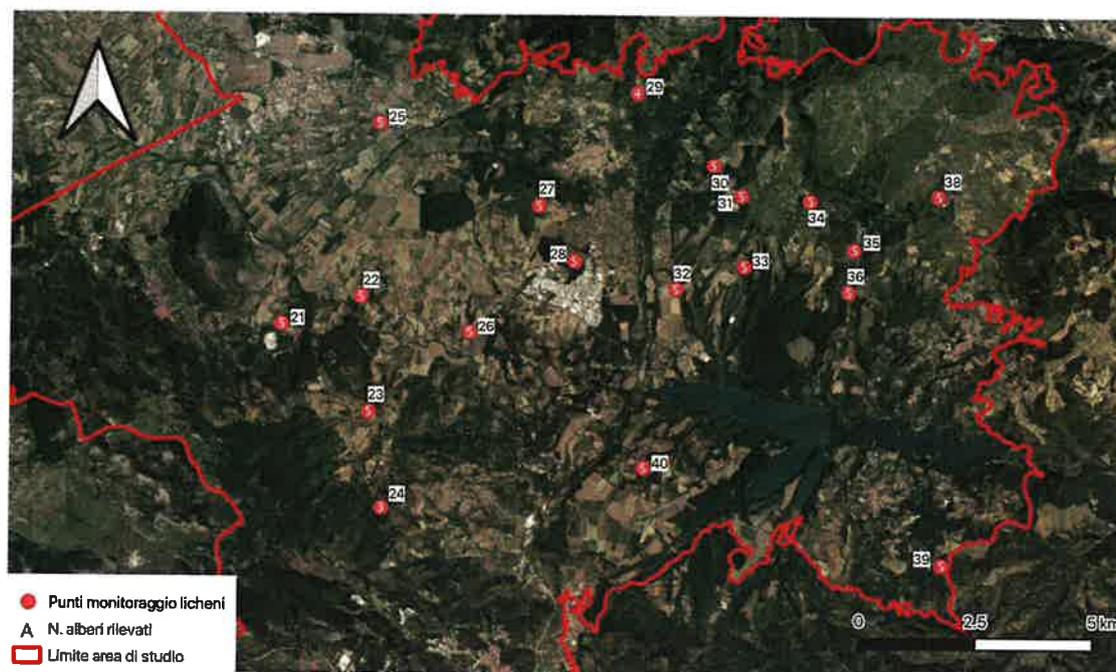


Figura 5: Localizzazione dei punti di campionamento all'interno dell'area di studio; il punto 37 non è visualizzato in quanto non è stato rilevato. Le cifre indicano il numero di alberi rilevati per ogni sito.

ID Sito	Comune	Coordinate del sito (WGS84)		Quota (m s.l.m.)
		Latitudine	Longitudine	
21	Grumento Nova	40.311168	15.820719	625
22	Grumento Nova	40.314760	15.838794	546
23	Grumento Nova	40.292976	15.840605	590
24	Moliterno	40.275172	15.842574	690
25	Viggiano	40.349217	15.850948	641
26	Grumento Nova	40.306222	15.867799	526
27	Viggiano	40.330802	15.887718	673
28	Viggiano	40.321064	15.896915	609
29	Viggiano	40.352082	15.912266	984

30	Viggiano	40.337632	15.932609	931
31	Viggiano	40.329053	15.935621	828
32	Grumento Nova	40.31293	15.920611	573
33	Viggiano	40.314961	15.937601	639
34	Viggiano	40.328651	15.957609	888
35	Viggiano	40.317519	15.965145	662
36	Montemurro	40.308675	15.964005	666
37	Montemurro	40.337126	15.973477	1025
38	Montemurro	40.325986	15.987814	1036
39	Spinoso	40.253272	15.981274	798
40	Grumento Nova	40.277399	15.909280	595

Tabella 2: Lista dei punti di campionamento analoghi a tutti i gruppi oggetto dello studio.

4. MATERIALI E METODI

Il monitoraggio della componente lichenica è stato effettuato calcolando l'indice di biodiversità lichenica (I.B.L.) nei punti di campionamento precedentemente indicati, prendendo spunto dalle linee guida riportate in ANPA (2001).

Poiché è stato deciso di mantenere i medesimi punti di rilevamento per tutti i gruppi di studio interessati dal monitoraggio, non è stato seguito il procedimento di individuazione di UCP e UCS indicato in ANPA (2001).

Per ogni punto di campionamento sono stati scelti 5 alberi (detti anche forofiti), cercando di scegliere i primi cinque idonei vicini al punto precedentemente individuato. Le caratteristiche necessarie ad individuare gli alberi erano le seguenti: 1) circonferenza ad 1,25 m dal suolo maggiore di 60 cm; 2) distanza minima di 10 m fra gli alberi; 3) inclinazione del tronco minore di 10°. Successivamente ad un sopralluogo dei punti precedentemente individuati, *Quercus cerris* è stata scelta come specie arborea su cui compiere le analisi licheniche, data la sua presenza costante in larga parte del territorio indagato. Nel caso in cui in un sito non fossero presenti esemplari di *Q. cerris* che rispettassero i criteri di cui sopra, l'analisi è stata condotta sulla specie arborea più comune, se presenti esemplari che rispettassero i criteri. La raccolta dati in campo è avvenuta nel periodo giugno – settembre 2022.

Agli alberi selezionati, in ogni punto cardinale è stato applicato, ad un metro da terra, un reticolo verticale di 10x50 cm (fig. 6), suddiviso in 5 quadrati di 10 cm di lato, per un totale di 20 quadrati per albero; per ogni albero sono state riportate le coordinate, oltre alla circonferenza ad 1.30 m da



Figura 6: Visione dei reticoli di rilevamento licheni applicati all'albero nei 4 punti cardinali. I reticoli sono di 10x50 cm e suddivisi in 5 quadrati di 10 cm di lato.

terra. In ognuno dei punti cardinali è stata annotata la presenza delle specie ricadenti all'interno del reticolo, con indicazione di frequenza, indicata tramite valori da 1 a 5, in base al numero di quadrati di presenza. Per gli esemplari non identificati in campo, è stato raccolto un campione per la successiva identificazione in laboratorio, evitando un prelievo eccessivo di talli lichenici. Per identificare le specie licheniche è quasi sempre necessario servirsi di stereoscopio e microscopio ottico, strumenti che permettono di visualizzare particolari fondamentali per determinare correttamente il campione (ad esempio, presenza di ciglia sul tallo lichenico, forma delle rizine, forma e misura delle spore e/o degli aschi). Risultano molto utili anche reagenti chimici, che permettono di individuare presenza o assenza di determinate sostanze chimiche; a questo proposito sono state utilizzate una soluzione acquosa satura di idrossido di potassio (comunemente indicata con "K") e della comune candeggina (indicata con "C"). Per i *taxa* particolarmente complicati da identificare su base strettamente morfologica e per i quali è necessario ricorrere ad ulteriori tecniche

d'indagine, quali ad esempio cromatografia su strato sottile (TLC) o analisi genetiche, è stato indicato il gruppo di specie di appartenenza.

L'identificazione si è basata sulle chiavi online pubblicate in ITALIC (versione 07; Nimis & Martellos 2022), consultate nel periodo giugno – ottobre 2022. Eventuali specie di funghi lichenicoli, pur se non lichenizzate, sono state identificate quando la chiave identificativa fosse reperibile in ITALIC.

Per un'analisi qualitativa delle specie si è fatto riferimento ai valori degli indici ecologici riportati in ITALIC (Nimis & Martellos, 2022); in particolare, sono state individuate le specie nitrofile (indice di eutrofizzazione uguale a 4 o 5), indicatrici di ambienti degradati e soggetti all'influenza antropica, e quelle che necessitano di buone condizioni di naturalità (indice di poleotolleranza uguale a 0). È stata inoltre consultata la lista rossa dei licheni epifiti d'Italia (Nascimbene *et al.*, 2013), formulata utilizzando i criteri IUCN (2001).

Per il calcolo dell'indice di biodiversità lichenica sono state sommate le frequenze delle specie nei quattro punti cardinali, ottenendo così un valore per ogni albero campionato. Il valore di BL del sito è stato ottenuto attraverso la media di quello degli alberi campionati nello stesso.

Per valutare il grado di alterazione nel sito, sono state elaborate tabelle di riferimento per l'interpretazione dei valori. Esse si basano sul grado di discostamento da valori di naturalità di riferimento. Giordani (2004) ha fornito valori di riferimento per l'area submediterranea (in cui ricade l'area di studio); per il presente studio, si è proceduto ad adattare tali valori. La media dei cinque valori maggiori di BL fra tutti gli alberi è stato considerato come valore limite al di sopra del quale il sito presenta un'alta naturalità e le restanti sei categorie sono state suddivise con intervalli regolari.

Dato che il semplice valore di BL tiene in conto soltanto la ricchezza di specie e non le loro caratteristiche, sono stati calcolati altri due indici in maniera analoga alla precedente, rispettivamente escludendo le specie nitrofile e prendendo in considerazione queste ultime soltanto. Per quanto riguarda le sole specie nitrofile, a differenza degli altri casi, a valori maggiori dell'indice corrisponde minore naturalità del sito.

Le conseguenti tabelle (tabb. 3-5) con i valori di riferimento vengono riportate in questa sezione, pur essendo derivate dai valori individuati nel corso dello studio.

IBL	Classe di naturalità/alterazione	Colore
> 167	Naturalità molto alta	Blu
139-167	Naturalità alta	Azzurro
111-139	Naturalità media	Verde chiaro
83-111	Naturalità bassa, alterazione bassa	Giallo
56-83	Alterazione media	Arancio
28-56	Alterazione alta	Rosso
1-28	Alterazione molto alta	Nero

Tabella 3: Valori di riferimento per l'IBL globale.

BL_{NO-N}	Classe di naturalità/alterazione	Colore
> 112	Naturalità molto alta	Blu
90-112	Naturalità alta	Azzurro
67-90	Naturalità media	Verde chiaro
45-67	Naturalità bassa, alterazione bassa	Giallo
22-45	Alterazione media	Arancio
1-22	Alterazione alta	Rosso
0	Alterazione molto alta: deserto lichenico	Nero

Tabella 4: Valori di riferimento per l'IBL con i soli licheni non nitrofilii.

BL_N	Classe di naturalità/alterazione	Colore
> 92	Alterazione molto alta	Nero
73-92	Alterazione alta	Rosso
55-73	Alterazione media	Arancio
37-55	Naturalità bassa, alterazione bassa	Giallo
19-37	Naturalità media	Verde chiaro
1-19	Naturalità alta	Azzurro
0	Naturalità molto alta	Blu

Tabella 5: Valori di riferimento per l'IBL con i soli licheni nitrofilii.

Per ogni sito è stato inoltre calcolato l'indice AED (Cazzolla Gatti *et al.*, 2020), il quale fornisce una stima della ricchezza specifica effettiva in un sito. Esso è rappresentato dalla formula:

$$AED = S + \left(\frac{H1^2}{2 * H2} \right)$$

in cui S rappresenta il numero di specie, H1 l'indice di Shannon e H2 l'indice di Simpson¹.

Come numero di individui è stato considerato, per ogni *taxon*, il valore medio della somma delle frequenze riportate negli alberi di un sito; a tale valore è stata aggiunta un'unità per dare maggiore peso alle specie rare (Ellis & Coppins, 2006). Le frequenze relative sono state calcolate di conseguenza sulla base di tali valori.

Le elaborazioni dati sono state gestite attraverso il software RStudio (2022), mentre per le elaborazioni grafiche ci si è avvalsi del programma QGIS (2022).

¹ L'indice di Shannon, è calcolato come $H1 = -\sum pi * \ln pi$, in cui p_i rappresenta il rapporto fra il numero di individui della specie i -esima rispetto al numero totale di individui del campione. L'indice di Simpson, che può avere varie formulazioni, in questo caso è calcolato come $H2 = 1 - \left(\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$, in cui n è il numero di individui di una specie ed N è il numero totale di individui.

5. RISULTATI

In 19 dei 20 siti individuati è stato effettuato il campionamento utile al calcolo dell'Indice di Biodiversità Lichenica. Il punto 36 è stato scartato per mancanza di esemplari di *Quercus cerris* e difficoltà di accesso allo stesso; nel sito 24 sono stati rilevati 3 alberi anziché 5 per scarsità di esemplari che rispettassero i criteri di rilevamento; nel punto 38 il rilevamento è stato effettuato su *Alnus chordata*. Nell'allegato elettronico 1 è possibile consultare i dati relativi alla localizzazione di tutti gli alberi rilevati, insieme ai parametri relativi ad ognuno di essi.

La ricchezza specifica nelle stazioni di campionamento varia fra 17 (sito 32) e 27 *taxa* (sito 39; fig. 7). Nei singoli alberi sono stati rilevati da un minimo di 5 *taxa* (sito 26 – albero 1), ad un massimo di 22 (sito 27 – albero 2), con una media di 13.24 per albero.

62 *taxa* sono stati identificati a livello specifico o subspecifico, 4 a livello di genere (nell'allegato 1 l'elenco completo dei *taxa*). Il genere *Physconia* è quello risultato con il maggior numero di *taxa* differenti (5); *Lecanora chlarotera* subsp. *chlarotera*, *Lecidella elaeochroma* var. *elaeochroma*, *Parmelia sulcata* sono presenti in tutti i siti. *Graphis pulverulenta* e *Opegrapha niveoatra*, entrambe rinvenute nel sito 23, sono risultate novità per la regione Basilicata. *Sphinctrina turbinata*, rinvenuta nei siti 30 e 39 su esemplari di *Pertusaria pertusa*, è l'unica specie di fungo lichenicolo identificata nello studio. L'elenco dei dati specifici per ogni albero è consultabile nell'allegato elettronico 2, in cui vengono altresì riportate statistiche sulla frequenza di ogni *taxon*. I dati di *Lecanora expallens* sono da considerare relativi al gruppo di specie ad essa morfologicamente simile; per una più accurata identificazione specifica saranno necessarie ulteriori indagini di laboratorio, al momento non eseguite.



Figura 7 - Rappresentazione del numero di *taxa* rilevati in ogni sito. La dimensione del cerchio è proporzionale al numero di *taxa*, mentre le cifre indicano il numero del sito.

I licheni più diffusi fra quelli rilevati sono i crostosi (53.0 %), seguiti da fogliosi (37.9 %) e fruticosi (7.6%); per i funghi lichenicoli una sola specie (1.5 %).

Non è stata osservata correlazione lineare significativa tra circonferenza degli alberi e numero di specie (coefficiente di correlazione = 0.0967, p-value = 0.356), mentre risulta significativa quella tra altitudine e numero di specie (coefficiente di correlazione = 0.256, p-value = 0.0131).

Considerando la lista rossa dei licheni epifiti d'Italia (Nascimbene *et al.*, 2013), sono risultati presenti *Buellia triseptata* ed *Eopyrenula leucoplaca*. La prima specie, indicata come a rischio critico di conservazione (CR), è stata rinvenuta nei siti 30 e 36, in un albero per sito; la seconda specie, indicata come quasi minacciata (NT), è stata rinvenuta in due alberi nel sito 40. Entrambe le specie erano già state rinvenute nel precedente monitoraggio lichenico in Val d'Agri (Loppi *et al.*, 2014), in siti differenti. *E. leucoplaca* è altresì indicatrice di buone condizioni di naturalità (indice di poleotolleranza = 0), così come *Thelenella modesta*, rinvenuta nel sito 21 in due alberi distinti (fig. 8).



Figura 8: Distribuzione delle specie appartenenti alla lista rossa dei licheni epifiti d'Italia (Nascimbene *et al.*, 2013) all'interno dei punti di rilevamento. *Thelenella modesta* è inserita in questa rappresentazione perché specie che esige buone condizioni di naturalità (indice di poleotolleranza = 0), pur non essendo presente fra i taxa della lista rossa.

Il numero di specie nitrofile (indice di eutrofizzazione uguale a 4 o 5) è di 12 (tab. 6) e, nei punti di campionamento, varia da un minimo di 2 (sito 32) ad un massimo di 8 (siti 25 e 29). In fig. 9 è rappresentata graficamente la percentuale di nitrofile per ogni sito.

Taxa	Num. siti
<i>Amandinea punctata</i>	1
<i>Athallia pyracea</i>	1
<i>Candelaria concolor</i>	3
<i>Candelariella vitellina</i>	5
<i>Lecanora chlarotera</i> subsp. <i>chlarotera</i>	19
<i>Lecidella elaeochroma</i> var. <i>elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i>	19
<i>Physcia adscendens</i>	12

<i>Physcia aipolia</i>	17
<i>Physcia stellaris</i>	2
<i>Physconia distorta</i>	4
<i>Physconia grisea</i> subsp. <i>grisea</i>	10
<i>Xanthoria parietina</i>	17

Tabella 6: Lista dei *taxa* nitrofilo (indice di eutrofizzazione = 4 o 5), con indicazione del numero di siti di rinvenimento.

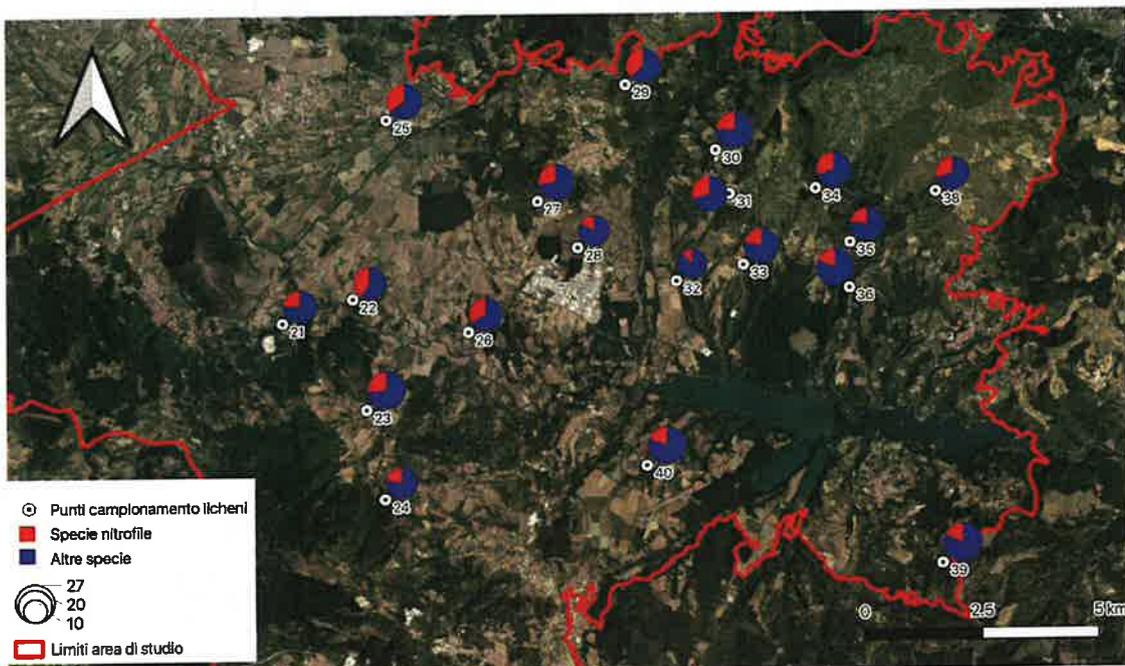


Figura 9: Rappresentazione della frequenza delle specie nitrofile (indice di eutrofizzazione = 4 o 5) nei siti di rilevamento.

L'IBL comprensivo di tutte le specie licheniche (fig. 10) è suddiviso in "Alterazione media" (8 siti), "Naturalità bassa, alterazione bassa" (6 siti), "Naturalità media" (4 siti), "Naturalità alta" (1 sito).

Escludendo le specie nitrofile, la classe di IBL più frequente è "Naturalità bassa, alterazione bassa" (7 siti), seguita da "Alterazione media" e "Naturalità media" (5 siti entrambe); "Alterazione alta" e "Naturalità alta" sono state riscontrate in un solo sito (fig. 11).

Considerando le sole specie nitrofile, la classe di IBL più frequente è "Naturalità media" (7 siti), seguita da "Alterazione media" e "Naturalità alta" (4 siti entrambe), "Naturalità bassa, alterazione bassa" (3 siti) e "Alterazione alta" (1 sito; fig. 12).

In figura 13 è rappresentato un istogramma che mostra l'incidenza delle componenti nitrofila e non nitrofila sul valore di IBL per ogni sito; in tab. 7 sono mostrati i valori di BL per ogni sito, con l'indicazione della relativa classe di appartenenza.

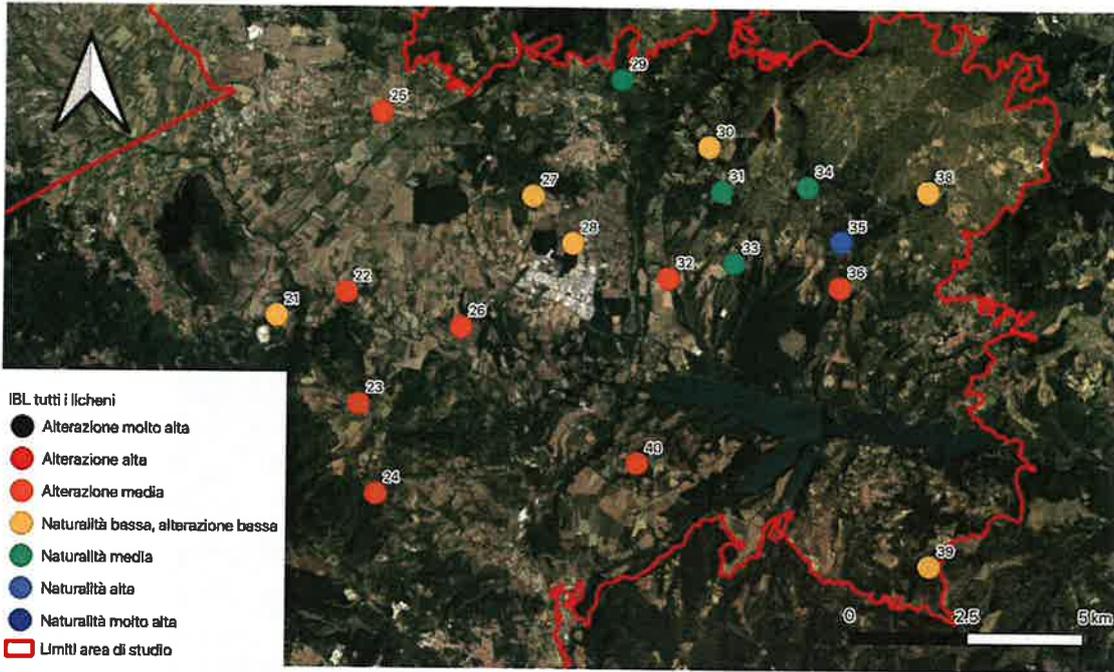


Figura 10: Rappresentazione delle classi di IBL nei siti di campionamento, considerando tutte le specie licheniche.

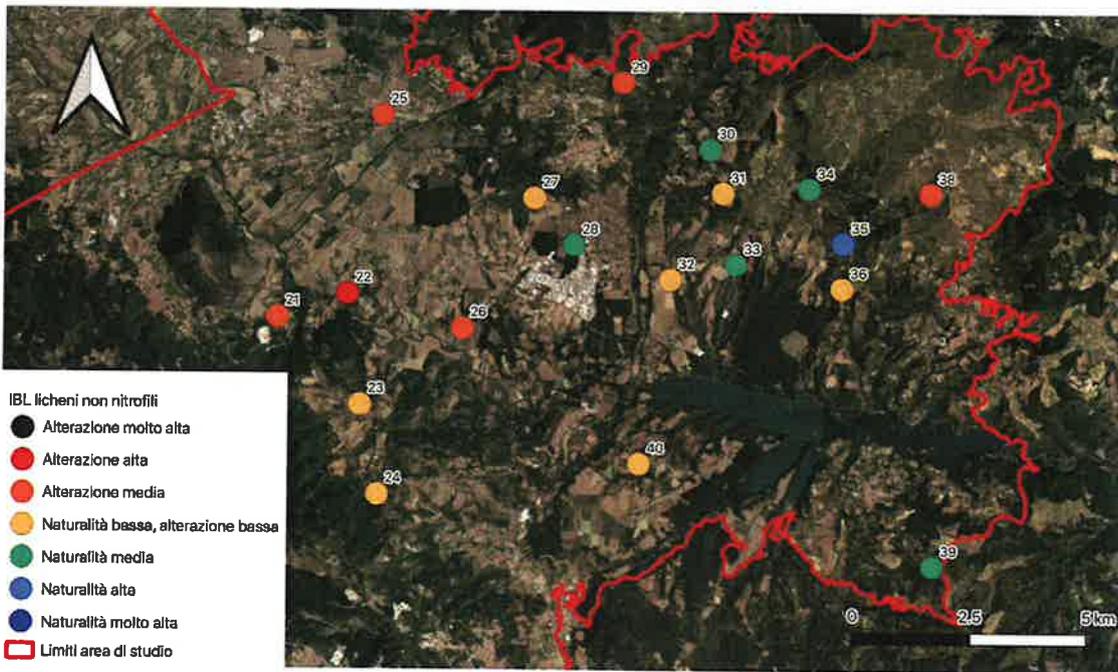


Figura 11: Rappresentazione delle classi di IBL per le sole specie non nitrofile nei siti di campionamento.

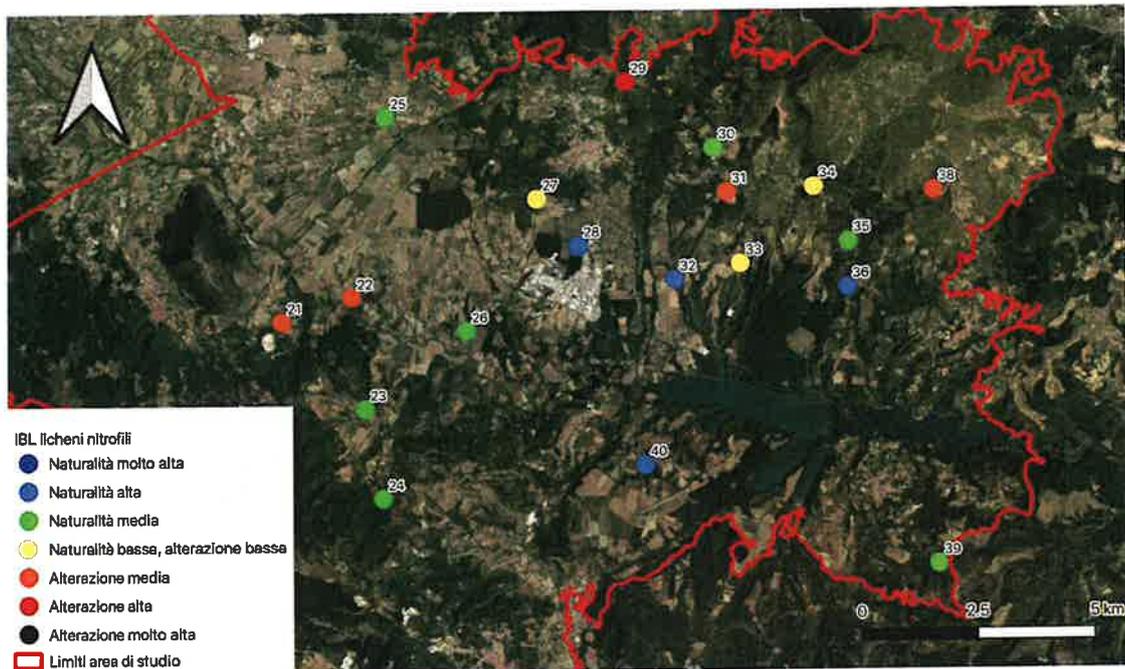


Figura 12: Rappresentazione delle classi di BL per le sole specie nitrofile nei siti di campionamento.

Nei siti con minore incidenza di nitrofile sull'IBL (siti 28, 32, 36, 39 e 40) sono stati campionati alberi all'interno di formazioni boschive totalmente o in parte. L'incidenza più alta di nitrofile (siti 21, 22, 29, 31, 38) è stata riscontrata in siti con forofiti isolati o a bordo strada.

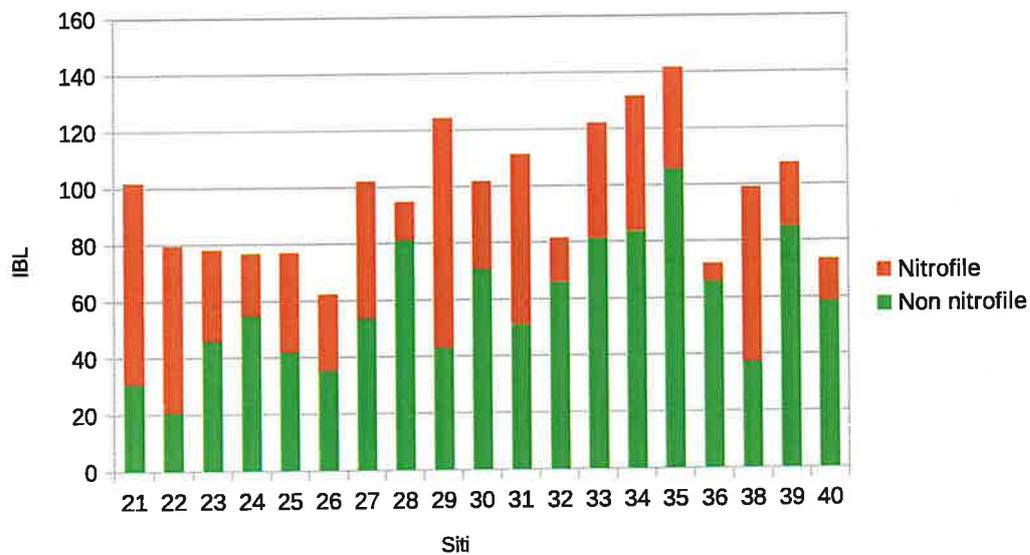


Figura 13: Rappresentazione dell'incidenza delle specie nitrofile e non nitrofile sul valore totale di IBL.

Sito	IBL	IBL NO NITR	IBL NITR
21	101,8	30,8	71
22	79,6	20,8	58,8
23	78	46	32
24	76,67	55	21,67
25	77	42	35
26	62,2	35,4	26,8
27	102	53,8	48,2
28	94,6	81,2	13,4
29	124,2	43,2	81
30	101,8	70,8	31

31	111,2	51,2	60
32	81,4	66,2	15,2
33	122	81,6	40,4
34	131,4	83,8	47,6
35	141,4	105,8	35,6
36	72	66	6
38	99	37,4	61,6
39	107,4	85	22,4
40	73,4	58,6	14,8

Tabella 7: Riepilogo, per ogni sito, dei valori degli IBL calcolati considerando rispettivamente tutte le specie, solo quelle non nitrofile e le nitrofile soltanto. La colorazione delle celle segue le tabelle 3-5 con i valori di riferimento.

In figura 14 è rappresentato il confronto fra i valori di ricchezza specifica e AED individuati in ogni sito. L'indice AED risulta in tutti i casi maggiore dell'altro valore e la loro differenza varia da un minimo di 2.6 (sito 21) ad un massimo di 4.9 (sito 40).

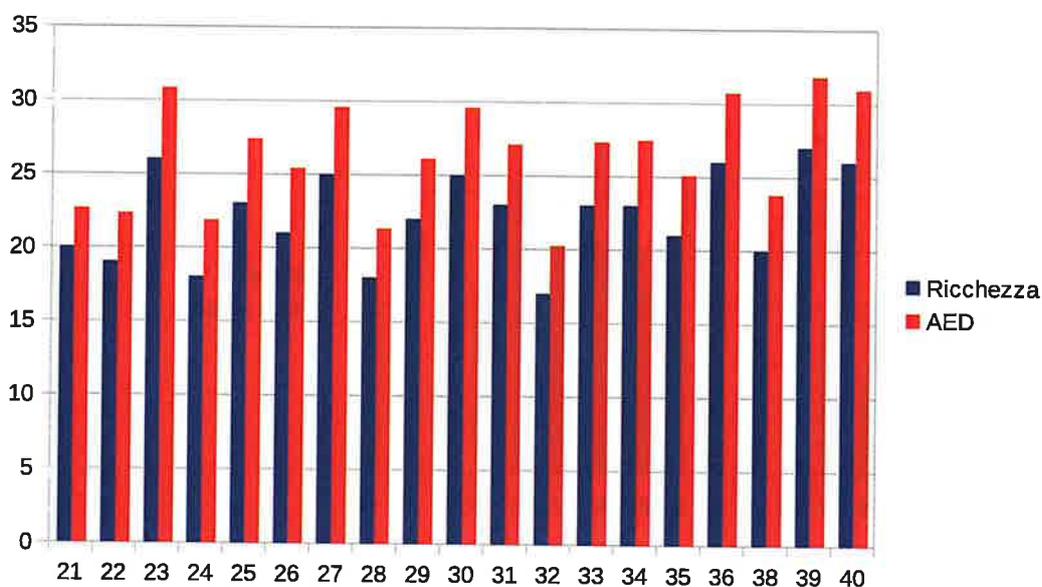


Figura 14: Confronto, per ogni sito, fra i valori di ricchezza specifica e indice AED (Cazzolla Gatti, 2020).

6. CONSIDERAZIONI FINALI E CONCLUSIONE

Consultando i risultati ottenuti con il calcolo dell'IBL, si possono trarre alcune considerazioni. Come è logico aspettarsi, i siti con alberi isolati o non inseriti in un contesto boschivo, presentano generalmente più esemplari di nitrofile rispetto a quelli con formazioni boschive (fig. 13). Al contrario, i boschi con esemplari di medie-grandi dimensioni garantiscono una maggiore naturalità delle comunità licheniche, con bassi livelli di nitrofile; nel sito 36, ad esempio, pur essendo medio-basso il valore di IBL totale, la presenza di nitrofile è scarsa. Quest'ultimo merita attenzione dal punto di vista conservazionistico per la presenza di *Buellia triseptata* e per le migliori condizioni di naturalità (sottobosco strutturato, alberi di medie-grandi dimensioni) rispetto alle cerrete dell'area, solitamente gestite tramite la ceduzione frequente.

Inoltre, risulta fondamentale mantenere in vita gli alberi di grandi dimensioni, anche se non inseriti in un contesto boschivo. Questi, infatti, pur non presentando una ricchezza specifica significativamente superiore rispetto a quelli di minori dimensioni, ospitano specie licheniche uniche, risultando fondamentali per la loro conservazione (ad esempio, *Eopyrenula leucoplaca* è stata rinvenuta in alberi di grandi dimensioni e *Buellia triseptata* in esemplari medio-grandi).

Si raccomanda, infine, di affiancare al presente studio, finalizzato ad ottenere indicazioni sulla qualità dell'aria in via indiretta, analisi di tipo diretto sulla presenza di inquinanti all'interno di talli lichenici. Questi ultimi, infatti, permettono di ottenere una visione più precisa sul suo stato attuale.

7. BIBLIOGRAFIA

- ANPA, 2001. I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. Manuale ANPA. Serie Manuali e Linee Guida 2/2001. 85 pp.
- Cazzolla Gatti R., Amoroso N., Monaco A., 2020. Estimating and comparing biodiversity with a single universal metric. *Ecological Modelling*. 424. 109020. [10.1016/j.ecolmodel.2020.109020](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109020).
- Ellis, C.J., Coppins, B.J., 2006. Contrasting functional traits maintain lichen epiphyte diversity in response to climate and autogenic succession. *J. Biogeogr.* 33, 1643–1656. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01522.x>
- Giordani, P., 2004. Licheni epifiti come biomonitors dell'alterazione ambientale. Influenza delle variabili ecologiche sulla diversità lichenica. Tesi di dottorato. Università di Trieste.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria, Version 3.1. IUCN Species Survival Commission IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Loppi S. (a cura di) 2014 – Monitoraggio dello stato degli ecosistemi (monitoraggio della componente lichenica). Relazione conclusiva in adempimento all'art. 3.2 dell'Accordo per l'attuazione dei Piani di Monitoraggio degli Ecosistemi e di Biomonitoraggio.
- Nimis P.L. & Martellos S., 2022. ITALIC – the Information System on Italian Lichens. Version 7.0. University of Trieste, Dept. of Biology. Available at: <http://italic.units.it/>
- Osservatorio Ambientale “Val d’Agri” (2015). www.osservatoriovaldagri.it. Consultato il [20/11/2022].
- QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Freely downloadable from <https://qgis.org/en/site/>.
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL. <http://www.rstudio.com/>.

8. APPENDICE

Taxa	Freq. siti	Freq. maglie (%)	Lumbsch	
<i>Alyxoria varia</i> (Pers.) Ertz & Tehler	1	0.16	<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	3 0.70
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	1	0.05	<i>Ochrolechia balcanica</i> Verseghy	2 0.38
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) A. Massal.	15	7.20	<i>Ochrolechia turneri</i> (Sm.) Hasselrot	1 0.22
<i>Arthonia atra</i> (Pers.) A. Schneid.	1	0.16	<i>Opegrapha niveoatra</i> (Borrer) J.R. Laundon	1 0.27
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach.	2	0.81	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	19 23.06
<i>Athallia alnetorum</i> (Giralt, Nimis & Poelt) Arup, Frödén & Söchting	1	0.27	<i>Parmelina carporrhizans</i> (Taylor) Poelt & Vězda	1 0.43
<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén & Söchting	1	0.11	<i>Parmelina pastillifera</i> (Harm.) Hale	2 1.13
<i>Blastenia ferruginea</i> (Huds.) A. Massal.	16	5.05	<i>Parmelina quercina</i> (Willd.) Hale	14 4.84
<i>Buellia griseovirens</i> (Sm.) Almb.	3	1.13	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	16 30.86
<i>Buellia triseptata</i> A. Nordin	2	0.16	<i>Pertusaria flavida</i> (DC.) J.R. Laundon	3 1.02
<i>Calicium salicinum</i> Pers.	3	0.48	<i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer.	4 1.83
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein	3	1.67	<i>Pertusaria leioplaca</i> (Ach.) DC.	1 0.05
<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	5	4.52	<i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck. var. <i>pertusa</i>	11 6.13
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	7	4.09	<i>Pertusaria sp.</i>	1 0.11
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) J. Steiner	3	1.45	<i>Phaeophyscia insignis</i> (Mereschk.) Moberg	1 0.38
<i>Chaenotheca sp.</i>	1	0.05	<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	12 4.14
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	1	0.05	<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier	12 29.52
<i>Collema furfuraceum</i> Du Rietz	4	2.26	<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fürnr.	17 21.24
<i>Eopyrenula leucoplaca</i> (Wallr.) R.C. Harris	1	1.56	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	6 8.23
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	15	11.83	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	2 2.20
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	7	0.81	<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	4 7.31
<i>Graphis pulverulenta</i> (Pers.) Ach.	1	0.54	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt subsp. <i>grisea</i>	10 6.29
<i>Lecania sp.</i>	1	0.05	<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	1 0.48
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	16	28.98	<i>Physconia servitii</i> (Nádv.) Poelt	9 8.60
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. subsp. <i>chlarotera</i>	19	30.32	<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt	3 1.88
<i>Lecanora expallens</i> Ach.	16	25.54	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch	18 33.66
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy var. <i>elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i>	19	54.14	<i>Punctelia borreri</i> (Sm.) Krog	1 0.11
<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner	8	2.37	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	16 29.89
<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner	4	3.60	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	11 13.49
<i>Lepra sp.</i>	4	0.81	<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	3 0.43
<i>Melanelixia glabra</i> (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	4	3.92	<i>Sphinctrina turbinata</i> (Pers.) De Not.	2 0.54
<i>Melanelixia glabrata</i> (Lamy) Sandler & Arup	5	4.52	<i>Thelenella modesta</i> (Nyl.) Nyl.	1 0.38
<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. &	8	12.63	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	17 34.52

Allegato 1: Elenco dei taxa rilevati nel presente studio ed indicazione del numero di siti di presenza (su un massimo di 19) e della frequenza sul totale dei quadrati rilevati.

9. ELENCO ALLEGATI ELETTRONICI

All. el. 1 – Dati di stazione degli alberi rilevati

All. el. 2 – Dati completi dei rilievi eseguiti