

Gli indici di biodiversità per la valutazione della qualità di aria, acqua e suolo della certificazione "Biodiversity Friend" in aree temperate

Gianfranco Caoduro¹, Roberto Battiston², Pier Mauro Giachino³, Laura Guidolin⁴ & Giuliano Lazzarin¹

¹ World Biodiversity Association, c/o Museo Civico Storia Naturale, Lung. Porta Vittoria, 9 - 37129 Verona (Italy).
E-mail: gianfranco.caoduro@libero.it; giuliano.lazzarin@libero.it

² Musei del Canal di Brenta, Palazzo Perli, Via Garibaldi, 27 - 36020, Valstagna, Vicenza (Italy).
E-mail: roberto.battiston@museivalstagna.it

³ Settore Fitosanitario Regione Piemonte, Environment Park; Via Livorno 60, 10144 Torino (Italy).
E-mail: PierMauro.Giachino@regione.piemonte.it

⁴ University of Padua, Department of Biology, Via U. Bassi, 58/B - 35121 Padua (Italy).
E-mail: laura.guidolin@unipd.it

Riassunto

"Biodiversity Friend" è una certificazione sviluppata nel 2010 da World Biodiversity Association onlus per valutare la conservazione della biodiversità in agricoltura. La procedura per ottenere la certificazione considera gli impatti ambientali delle attività agricole sugli agrosistemi e sulla biodiversità e suggerisce strategie operative per incrementare la qualità ambientale delle aree coltivate. La valutazione considera 12 azioni relative a metodi a basso impatto per il controllo dei parassiti e delle malerbe, ricostituzione della fertilità dei suoli, uso razionale delle risorse idriche, diffusione di siepi boschi e specie nettariifere, conservazione della biodiversità agraria, qualità di aria, acqua e suolo attraverso Indici di Biodiversità, uso di fonti rinnovabili di energia, riduzione delle emissioni e stoccaggio di CO₂ e altre azioni che possono avere benefici effetti sulla biodiversità.

La qualità ambientale dell'agrosistema è valutata utilizzando il biomonitoraggio di aria, acqua e suolo, considerando che la diversità dei macroinvertebrati di suolo e acqua e la biodiversità delle comunità dei licheni epifiti decresce rapidamente quando suolo, acqua e aria sono alterate da diverse cause, come inquinamento, uso di pesticidi sintetici e biologici, cattive pratiche agrarie, ecc.

Vengono qui presentati in dettaglio i protocolli dei tre indici della certificazione "Biodiversity Friend": l'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL-bf), l'Indice di Biodiversità Acquatica (IBA-bf) e l'Indice di Biodiversità del Suolo (IBS-bf).

Parole chiave: biodiversità, bioindicatori, inquinamento, certificazione, agrosistemi.

Introduzione

Fino ad oggi sulla terra sono state censite circa due milioni di specie (Fontaine et al., 2012), ma i naturalisti stimano che il numero totale di specie sia di almeno 8,7 milioni (Mora et al., 2011), tre quarti delle quali concentrate nelle foreste tropicali. Quindi, oggi conosciamo solo un quarto circa delle specie vegetali e animali del nostro pianeta. Zoologi e botanici descrivono ogni anno circa 17.000 nuove specie (Fontaine et al., 2012), ma la distruzione delle foreste tropicali al ritmo di alcune decine di migliaia di km² all'anno (Skole & Tucker, 1993; Katzman & Cale, 1990) determina l'estinzione di migliaia di specie ogni anno; pertanto, la perdita di biodiversità è una delle più importanti emergenze ambientali dei nostri giorni.

Il riconoscimento di tale emergenza ha portato 150 paesi a sottoscrivere, al Summit mondiale di Rio de Janeiro del 1992, la "Convenzione sulla Diversità Biologica". Allo scopo di promuovere lo sviluppo sostenibile, la Convenzione riconosce che il protezione della biodiversità non riguarda solamente la sopravvivenza degli organismi viventi e dei loro ecosistemi, ma coinvolge e influenza

l'intera comunità umana e i suoi bisogni fondamentali (diritto al cibo, alla salute, alla qualità di aria, acqua e suolo). Malgrado i paesi membri della Convenzione si siano periodicamente incontrati per stabilire azioni e strategie comuni, la perdita di biodiversità è aumentata continuamente negli ultimi decenni. L'obiettivo minimo fissato nella Sesta Conferenza di Johannesburg del 2002 era una riduzione significativa del tasso di perdita di biodiversità a livello globale, regionale e nazionale, entro il 2010 (Decisione 6/26). Sfortunatamente, modelli di produzione e consumo insostenibili, mancanza di educazione e sensibilità ad ogni livello nei confronti del problema non ha permesso di ottenere significativi risultati: il ritmo di perdita di biodiversità non è stato ridotto; al contrario, la distruzione delle foreste tropicali sta procedendo assai velocemente, ogni giorno.

Da molto tempo la Comunità Europea ha riconosciuto la conservazione della biodiversità come un obiettivo chiave nella strategia per lo sviluppo sostenibile (Convention on Biological Diversity, 1992). La tutela della biodiversità è strettamente connessa con altre emergenze ambientali, come i cambiamenti climatici, la disponibilità di risorse, sulle quali nei prossimi decenni si giocheranno i destini dell'intera comunità umana.

La biodiversità come risorsa. La maggior parte delle persone ha una visione romantica della diversità biologica, principalmente riferita a criteri estetici o emozionali. Sebbene poche persone riconoscano il suo valore, la biodiversità è la più importante risorsa dei sistemi naturali della terra. Pertanto, la sua conservazione è funzionale alla effettiva salvaguardia degli ecosistemi, dai quali dipendono, direttamente o indirettamente tutte le attività umane. In sostanza, possiamo affermare che ogni specie vivente rappresenta una potenziale risorsa, un'opzione per il futuro, mentre ogni specie estinta è un'opportunità mancata. Oggi, a livello globale, le principali minacce per la biodiversità sono la distruzione e la frammentazione degli habitat, l'inquinamento, i cambiamenti climatici, l'utilizzo irrazionale delle risorse naturali, il boom demografico della specie umana e la diffusione dei specie aliene (Convention on Biological Diversity, 1992). La biodiversità è una risorsa fondamentale per il genere umano, come l'energia e le risorse idriche. Il mantenimento di alti livelli di biodiversità negli ecosistemi deve essere un obiettivo prioritario per le attività produttive, soprattutto nel settore primario. L'agrosistema può essere considerato come un sistema naturale controllato dall'uomo nel quale la coesistenza di specie vegetali e animali non è caratterizzato da relazioni stabili; pertanto esso non può essere considerato un vero ecosistema. Tuttavia, esso rappresenta la migliore soluzione possibile per assicurare qualità ambientale e produzione di cibo. Un agricoltore moderno deve affrontare il problema di come favorire la biodiversità nella propria azienda e di come gestire gli effetti di una possibile riduzione dato che è stata definita la stretta relazione esistente tra la qualità dell'ambiente di produzione e la qualità dei prodotti. L'uso di "buone pratiche agricole" per assicurare la conservazione e la fertilità dei suoli, la razionale gestione delle risorse idriche, l'uso di metodi di controllo di parassiti e malerbe ambientalmente sostenibili contribuiscono al mantenimento della biodiversità negli agrosistemi. Altre azioni come l'incremento delle siepi, degli incolti, delle aree boscate, delle specie nettariifere, il rilascio di necromasse e l'uso di rotazioni poliennali, favoriscono l'incremento della biodiversità negli agrosistemi, e allo stesso tempo migliorano la qualità di aria, acqua e suolo (Lowrance et al., 1986).

Come favorire la biodiversità negli agrosistemi. In un mondo in continua trasformazione, l'uomo si trova a dover affrontare una sfida strategica per il futuro del pianeta: garantire, in un'ottica di sostenibilità, la produttività dei sistemi economici e la salvaguardia delle risorse naturali. World Biodiversity Association onlus fin dalla sua fondazione avvenuta il 4 ottobre 2004 presso il Museo Civico di Storia Naturale di Verona, si è impegnata nella conoscenza e conservazione degli *hot-spots* di biodiversità in Italia e nel mondo. In riferimento alla responsabilità ambientale, WBA onlus si muove da tempo per promuovere tra le imprese una maggiore consapevolezza del ruolo che esse possono rivestire nella tutela dell'ambiente e nella sensibilizzazione dei loro clienti sui temi della sostenibilità. Con il supporto di un gruppo di naturalisti, agronomi, forestali e del Comitato Scientifico Internazionale, WBA ha sviluppato nel 2010, una certificazione che, partendo dalla necessità di ridurre la perdita di biodiversità nelle aree coltivate, stimola gli agricoltori ad incrementare la

complessità biologica of the agrosistemi, verso una reale sostenibilità e qualità delle produzioni. La nuova procedura, denominata “*Biodiversity Friend*” (BF) non si limita a certificare l’impegno dell’azienda in direzione di una riduzione significativa della perdita di biodiversità sul territorio, ma rappresenta uno stimolo per la stessa azienda verso un incremento progressivo della diversità biologica, che corrisponde, in ultima analisi, ad un miglioramento della salubrità e qualità dei prodotti. BF certifica che I processi di produzione non comportano perdite di biodiversità, e che l’azienda certificata è costantemente impegnata nel miglioramento della qualità dell’ambiente in cui opera.

Lo standard Biodiversity Friend. Il protocollo Biodiversity Friend (BF) considera gli impatti ambientali delle attività agricole sulla qualità degli ecosistemi e sulla biodiversità. BF ha l’obiettivo di definire un quadro completo delle interazioni di un prodotto o di un servizio con la diversità biologica del territorio. Il nuovo standard suggerisce, inoltre, strategie operative per migliorare la qualità ambientale, con lo scopo di rendere minimo l’impatto delle attività agricole sugli agrosistemi e sulla loro biodiversità. Le strategie operative sono state definite in 12 azioni relative a:

- 1) metodi di controllo delle avversità biotiche a basso impatto (produzione integrata e biologica)
- 2) metodi di ricostituzione della fertilità dei suoli a basso impatto
- 3) uso razionale delle risorse idriche
- 4) presenza di siepi, boschi e muretti a secco
- 5) presenza di specie nettariifere
- 6) conservazione della biodiversità agraria
- 7) valutazione della qualità del suolo attraverso l’Indice di Biodiversità del Suolo
- 8) valutazione della qualità dell’acqua attraverso l’Indice di Biodiversità Acquatica
- 9) valutazione della qualità dell’aria attraverso l’Indice di Biodiversità Lichenica
- 10) uso di energie rinnovabili
- 11) riduzione della produzione di CO₂ , stoccaggio di CO₂ e tecniche di produzione a basso impatto
- 12) altre azioni che possono avere benefici effetti sulla biodiversità.

Ad ogni azione corrisponde un punteggio. Per ottenere la certificazione l’azienda deve raggiungere un punteggio minimo di ingresso di 60 punti su 100. Il punteggio minimo di 60/100 (sessanta/centesimi) deve essere comunque raggiunto dal soggetto richiedente assolvendo obbligatoriamente, in modo positivo ai primi due adempimenti previsti dal disciplinare. Per mantenere la certificazione l’azienda si impegna a incrementare la biodiversità attraverso idonee azioni che saranno indicate dai certificatori e verificate nei controlli successivi. Non saranno richiesti ulteriori interventi migliorativi a favore della biodiversità al raggiungimento di un punteggio di 80 punti su 100 (Caoduro & Giachino, 2012). Dal 2010 ad oggi si sono certificate “Biodiversity Friend” circa 50 aziende, sia biologiche che a produzione integrata. Molte di esse hanno già immesso sul mercato I loro prodotti col marchio “Biodiversity Friend”, per dimostrare ai consumatori il loro impegno nella conservazione della biodiversità. Nel 2010 “Biodiversity Friend” ha ottenuto il patrocinio del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali italiano. Il marchio “Biodiversity Friend” è di proprietà esclusiva di WBA onlus ed è stato registrato come marchio internazionale in Italia, Comunità Europea, Cina e Stati Uniti d’America.

La valutazione della qualità ambientale di Biodiversity Friend

Le azioni relative alle condizioni ambientali dell’agrosistema rivestono una grande importanza nella certificazione BF. Essi riguardano la valutazione della qualità di aria, acqua e suolo mediante l’applicazione di procedure sintetiche di biomonitoraggio basate su metodi riconosciuti dalla comunità scientifica. Negli anni 2009 e 2010 un gruppo di naturalisti di WBA coordinati dal dr. Gianfranco Caoduro, sotto la supervisione del Comitato Scientifico di WBA, ha sviluppato diverse procedure per la valutazione della complessità, in termini di biodiversità, delle comunità biologiche di suolo e acque superficiali di aree agricole della fascia temperata. Allo stesso modo, l’Indice di Biodiversità Lichenica (IBL), il metodo più frequentemente utilizzato per valutare l’inquinamento atmosferico mediante bioindicatori, è stato modificato per permetterne una più agevole applicazione. L’operazione

consentì di identificare tre diverse procedure del protocollo “Biodiversity Friend” per la valutazione della qualità di aria, acqua e suolo basate su indici di biodiversità. La diversità dei macroinvertebrati di suolo e acqua e la biodiversità delle comunità dei licheni epifiti decresce rapidamente quando suolo, acqua e aria sono alterate da diverse cause, come inquinamento, uso di pesticidi sintetici e biologici, cattive pratiche agrarie, ecc.

Materiali e metodi

I tre indici della certificazione “Biodiversity Friend” per le aree temperate dell’emisfero settentrionale sono rappresentati da: Indice di Biodiversità Lichenica (IBL-bf), Indice di Biodiversità Acquatica (IBA-bf) e Indice di Biodiversità del Suolo (IBS-bf).

L’indice di Biodiversità Lichenica di Biodiversity Friend (IBL-bf)

Licheni e inquinamento dell’aria in agricoltura. Solitamente l’inquinamento atmosferico è considerato un problema legato alle aree urbane e industrializzate. Tuttavia, negli ultimi decenni gli impatti dell’agricoltura sulla qualità dell’aria è stata ampiamente riconosciuta. Gli inquinanti dell’aria come pesticidi e sostanze azotate possono avere effetti negativi anche sui corsi d’acqua superficiali e sotterranei e sul suolo (National Research Council, 2009). Molti autori hanno dimostrato che gli inquinanti atmosferici prodotti dalle attività agricole hanno un impatto rilevante sullo sviluppo dei licheni epifiti (Alstrup, 1991; Loppi, 2003; Carrera & Carreras, 2011). I licheni sono generalmente considerati buoni indicatori di qualità dell’aria: la composizione alterata dei gas atmosferici si riflette in evidenti cambiamenti delle comunità dei licheni epifiti. La sensibilità dei licheni è particolarmente rilevante nei confronti di fungicidi, ma anche erbicidi e insetticidi hanno un rilevante impatto su di essi. In particolare, è stato dimostrato che la ricchezza in specie licheniche è negativamente influenzata dalla frequenza dei trattamenti antiparassitari (Bartok, 1999).

I licheni come bioindicatori. I licheni sono organismi formati dalla simbiosi tra un fungo e un’alga. Fino ad oggi sono stati descritti più di 14.000 specie di licheni dai lichenologi. I licheni possono dare eccellenti indicazioni sul livello di alterazione ambientale perchè il loro metabolismo dipende strettamente dalla qualità dell’aria. Le caratteristiche che fanno dei licheni ottimi bioindicatori della qualità dell’aria, in aree urbane e rurali, sono: a) elevata capacità di assorbimento e accumulo di sostanze presenti in atmosfera; b) resistenza agli stress ambientali; c) impossibilità di liberarsi delle parti inquinate; d) longevità e sviluppo lento; e) alta sensibilità agli inquinanti.

Nella valutazione della qualità dell’aria I licheni possono essere usati sia come bioindicatori sia come bioaccumulatori. Frequentemente ad una riduzione del numero di specie licheniche corrisponde una riduzione del numero di esemplari di ciascuna specie. Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche sono difficilmente quantificabili e spesso di difficile interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici, riferibili ai diversi livelli di inquinamento atmosferico. In generale, avvicinandosi alle sorgenti inquinanti, si assiste ad un progressivo peggioramento delle condizioni di salute del lichene.

I primi studi sulla sensibilità dei licheni all’inquinamento atmosferico risalgono al secolo scorso ma solo da alcuni decenni sono utilizzati come bioindicatori su larga scala. Recentemente sono stati proposti molti metodi che, utilizzando opportune scale di interpretazione. La procedura di misura maggiormente utilizzata prevede il calcolo dell’Indice di Biodiversità Lichenica (IBL) che stima lo stato della diversità lichenica in condizioni standard dopo una lunga esposizione a inquinamento atmosferico e/o ad altri tipi di stress ambientali: i licheni considerati per il calcolo dell’indice sono essenzialmente quelli epifiti. Indicazioni specifiche sul sistema di campionamento e sulle modalità di rilevamento della biodiversità lichenica sono disponibili nel *Manuale di applicazione dell’indice*, pubblicato da ANPA (ANPA, 2001).

Un metodo sintetico per valutare la qualità dell’aria di zone rurali è l’uso dei licheni come biosensori di gas fitotossici (Nimis, 1999). La biodiversità dei licheni epifiti è un eccellente indicatore di inquinamento prodotto da inquinanti atmosferici. Con questo approccio vengono correlate determinate

intensità di disturbo ambientale a variazioni dell'aspetto esteriore, della copertura e della ricchezza floristica delle comunità licheniche. Un agente fitotossico provoca, a determinate concentrazioni, la scomparsa dei licheni ad esso sensibili. Poiché la sensibilità a tali agenti dipende dalla morfologia del tallo lichenico, dalle sue caratteristiche ecologiche, fisiologiche e strutturali, la scomparsa dei licheni da un'area inquinata non è simultanea ma dilazionata nel tempo: prima scompaiono le specie più sensibili e successivamente quelle più resistenti. La composizione floristica diventa quindi una misura indiretta della concentrazione di sostanze inquinanti in un determinato sito.

I licheni rispondono con relativa velocità alla diminuzione della qualità dell'aria e possono ricolonizzare in pochi anni ambienti urbani e industriali qualora si verificano dei miglioramenti delle condizioni ambientali, come evidenziato in molte parti d'Europa.

Gli studi di qualità dell'aria mediante licheni hanno trovato in Italia larga diffusione a partire dagli anni ottanta, in concomitanza con la ripresa dell'interesse per gli studi lichenologici.

Le numerose indagini realizzate sinora riguardano centri urbani, territori comunali, provinciali, regionali, zone di interesse naturalistico, e aree con presenza di attività antropiche alteranti.

La metodologia impiegata in Italia a partire dagli inizi degli anni 2000 viene indicata come **“Metodo ANPA”** (ANPA, 2001). Si tratta di un approccio con il quale si cerca di eliminare gli elementi di soggettività esistenti nelle precedenti linee guida messe a punto in Italia e Germania, attribuendo specifica attenzione alla selezione dei siti di campionamento, degli alberi su cui compiere il monitoraggio e la posizione della griglia di campionamento. Tale metodo stima lo stato della diversità lichenica in condizioni standard dopo una lunga esposizione a inquinamento atmosferico e/o ad altri tipi di stress ambientali. È importante precisare che i licheni considerati per la valutazione della biodiversità sono essenzialmente quelli epifiti, il che consente di limitare la variabilità di parametri ecologici indipendenti dall'inquinamento, quali tenori in basi o capacità idrica, assai variabili nei substrati litici.

L'Indice di Biodiversità Lichenica di “Biodiversity Friend”

Rispetto alla complessità del metodo ANPA, che può essere applicato solo da esperti lichenologi, il metodo Biodiversity Friend utilizza una versione semplificata dello stesso, permettendo l'applicazione della procedura anche da parte di non specialisti. Nell'applicazione del metodo “Biodiversity Friend” l'identificazione tassonomica delle specie licheniche non è necessaria; l'operatore deve essere in grado di distinguere le principali differenze morfologiche fra le specie della comunità lichenica. L'operatore, pertanto, identifica la “Specie A”, dalla “Specie B”, dalla “Specie C” e così via. Tutte le altre operazioni corrispondono esattamente a quelle utilizzate dal metodo ANPA. L'uso del tradizionale reticolo di rilievo consente il calcolo dell'indice numerico basato sulla diversità lichenica e sulla frequenza delle varie specie, attraverso il quale è possibile definire il livello di alterazione della comunità lichenica. La densità delle stazioni di rilievo è calcolata in relazione all'estensione della superficie totale dell'azienda, come descritto nella Tabella 1.

Superficie Aziendale	Numero di campionamenti
≤ 20 ha	Un campionamento.
20-200 ha	$1 + (\text{superficie totale} - 50)/50$ Il risultato va arrotondato all'intero inferiore.
≥ 200 ha	$3 + (\text{superficie totale} - 200)/100$ Il risultato va arrotondato all'intero inferiore.

Tab. 1- Numero di campionamenti di qualità dell'aria in relazione alla superficie aziendale.

Ciascuna stazione è formata da tre alberi (forofiti) con le caratteristiche richieste dal protocollo. La stazione deve essere individuata all'interno del perimetro aziendale privilegiando la zona centrale. Verranno selezionati i tre alberi più vicini al centro dell'azienda che presentino i requisiti standard previsti dal protocollo. Qualora non si riescano ad individuare forofiti idonei la ricerca dovrà spostarsi progressivamente verso la parte periferica.

Le coordinate geografiche della stazione di rilievo saranno riportate sulla scheda di rilievo assieme ad una mappa schematica della localizzazione dei forofiti per facilitare il ritrovamento degli alberi in campagne successive.

Qualora la superficie aziendale risultasse superiore a 20 ettari e si dovesse individuare più di una stazione, queste devono essere posizionate, se possibile, ad almeno 150 metri di distanza tra loro.

Riguardo la scelta dei forofiti, le specie possono essere distinte in due gruppi, distinti in primo luogo dal pH della scorza, ma anche da altri parametri (ritenzione idrica, durezza, tipo di scorza, etc.), come riportato in tabella 2.

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

Tab. 2 - Specie arboree che possono essere utilizzate nel biomonitoraggio della qualità dell'aria con l'IBL-bf.

A fini del monitoraggio vanno esclusi alberi con scorza facilmente esfolgiabile (es.: *Aesculus*, *Platanus*); si sconsiglia l'uso di *Sambucus* e *Robinia pseudacacia*, con elevata capacità idrica della scorza, e di specie di *Celtis* e *Populus alba*, che mantengono a lungo una scorza liscia scarsamente colonizzabile da licheni; l'utilizzo di *Fagus* è permesso soltanto nella fascia montana, e al di fuori di centri urbani. Studi basati su alberi di gruppi diversi non sono direttamente comparabili.

Preferibilmente, va utilizzata una sola specie d'albero. Quando questo non sia possibile, si può ricorrere ad altre specie nell'ambito dello stesso gruppo. E' preferibile utilizzare alberi a corteccia acida, e in particolare alberi del genere *Tilia*. I forofiti devono avere le seguenti caratteristiche: 1) inclinazione del tronco non superiore ai 10°, per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate; 2) circonferenza minima di 60 cm, per evitare situazioni con flora lichenica pioniera; 3) assenza di fenomeni evidenti di disturbo o gravi malattie della pianta.

La presenza e la frequenza delle specie licheniche sulla corteccia sono rilevate attraverso un reticolo di campionamento, costituito da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm, che deve essere disposto verticalmente sul tronco. Il reticolo deve essere applicato su ciascuno quattro punti cardinali, con la parte inferiore disposta ad un metro dalla superficie del suolo. I quattro elementi della griglia devono essere posizionati in corrispondenza dei quattro punti cardinali. Una rotazione di 20° in senso orario è ammessa per evitare parti del tronco non idonee ad essere campionate.

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

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

Per permettere una ripetizione dell'indagine, nella scheda-stazione vanno riportate, per ogni albero: a) esatta localizzazione dell'albero, utilizzando un sistema satellitare, o una mappa schematica, b) esposizione esatta (in gradi) di ciascuna posizione del reticolo reticolo, c) altezza dal suolo della base del reticolo, d) circonferenza del tronco a metà reticolo.

Vanno annotate tutte le specie licheniche presenti all'interno di ciascuna unità e la loro frequenza, calcolata come numero di quadrati in cui ogni specie è presente (i valori di frequenza di ciascuna specie variano quindi tra 0 e 5); se lo stesso individuo di una specie è presente in più di un quadrato, la sua frequenza è pari al numero di quadrati in cui è presente.

Dato che per l'identificazione a livello specifico delle singole specie risulta sicuramente difficoltosa per un rilevatore poco esperto in lichenologia, sulla scheda di rilievo sarà sufficiente individuare la diversità dei singoli talli presenti sull'albero campione, indicando sul modulo: "Specie n. 1", "Specie n. 2", "Specie n. 3", ecc., previo accertamento che non si tratti di forme danneggiate o poco sviluppate di specie già presenti nel reticolo. In caso di dubbi nella identificazione delle singole specie il rilevatore potrà utilizzare la lente di ingrandimento per confrontare a livello microscopico le diverse morfologie e la macchina fotografica predisposta per macrofotografie per una successiva identificazione a tavolino. Il valore di biodiversità lichenica relativo all'albero campionato (BLs) si ottiene facendo la somma delle frequenze rilevate per ciascuna subunità.

Calcolo dell'Indice di Biodiversità Lichenica.

Il valore di biodiversità lichenica della stazione di campionamento è stimato statisticamente sulla base dei valori rilevati nella stazione stessa. Il primo passo è sommare le frequenze delle specie rilevate su ciascun albero. Poiché è prevedibile una sostanziale differenza di crescita sui diversi lati del tronco, le frequenze vanno tenute separate per ciascun punto cardinale. Per ciascun albero si otterranno così quattro somme di frequenze (BLjN, BLjE, BLjS, BLjW). In ciascuna stazione si effettueranno le seguenti operazioni:

- 1) per ciascun albero si sommano le frequenze di tutte le specie licheniche rilevate (si ottiene così la biodiversità riferita al singolo forofita);
- 2) si sommano le frequenze rilevate su ciascun albero e il totale viene diviso per tre (il numero dei forofiti). Si ottiene così l'indice di biodiversità lichenica della stazione (IBL).

L'Indice di Biodiversità Lichenica riferito alla stazione dovrà essere **superiore o uguale a 45**. Nel caso di rilievi da effettuare su più stazioni (aziende con superficie superiore ai 40 ettari), l'Indice di Biodiversità Lichenica totale risulterà dalla somma degli Indici delle singole stazioni, divisa per il numero delle stazioni. Il valore finale ricavato dovrà essere uguale o maggiore a 45, per una accettabile qualità dell'aria.

Classi di biodiversità lichenica.

Generalmente vengono utilizzate 7 classi di Biodiversità Lichenica, corrispondenti ad altrettante fasce di qualità dell'aria. La scala di riferimento di seguito presentata è quella calibrata per l'area biogeografica Padano-adriatica. Per altre aree è necessaria una ricalibrazione delle classi.

- *valori di B.L. uguali a 0*. Corrisponde al cosiddetto "deserto lichenico", e quindi ad una situazione di alterazione molto alta della comunità lichenica, a cui si fa corrispondere il peggior livello di qualità dell'aria (qualità dell'aria pessima).

- *valori di B.L. compresi tra 1 e 15*: individua zone con un grado di alterazione alta delle comunità licheniche. A queste zone si attribuisce una qualità dell'aria molto scarsa.

- *valori di B.L. compresi tra 15 e 30*: corrisponde a situazioni di alterazione media delle comunità licheniche. A queste zone si attribuisce una qualità dell'aria scarsa.

- *valori di B.L. compresi tra 30 e 45*. Evidenzia zone con le comunità licheniche che presentano un grado di alterazione/naturalità bassa, a cui si fa corrispondere una qualità dell'aria bassa.

- *valori di B.L. compresi tra 45 e 60*. Evidenzia zone dove le comunità licheniche presentano una naturalità media. Ad esse viene fatta corrispondere una qualità dell'aria discreta.

- *valori di B.L.s. compresi tra 60 e 75*. Segnala le zone nelle quali le comunità licheniche presentano una elevata naturalità. In queste zone anche la qualità dell'aria è ritenuta buona.

- *valori di B.L.s. superiori a 75*. Evidenzia una situazione che rispecchia una naturalità molto alta delle comunità licheniche. Ad esse viene attribuita una qualità dell'aria molto buona.

In base alla procedura "Biodiversity Friend" la conformità all'azione è da considerare raggiunta con un valore di B.L. uguale o superiore a 45, corrispondente ad una qualità dell'aria discreta, buona o molto buona, secondo la scala calibrata per l'area biogeografica Padano-adriatica (ANPA, 2001).

I rilievi possono essere effettuati durante tutto l'anno.

Prima di iniziare il campionamento, l'operatore dovrà avere a disposizione i seguenti materiali:

- manuale con chiavi di riconoscimento dei licheni epifiti
- scheda di rilievo dell'Indice di Biodiversità Lichenica
- reticolo metallico suddiviso in 5 quadrati 10x10 cm
- GPS
- lente d'ingrandimento (almeno 10x)
- macchina fotografica per macrofotografie
- bussola
- cordella metrica (almeno 3 m)

L'Indice di Biodiversità Acquatica di Biodiversity Friend (IBA-bf)

Esistono vari metodi per effettuare un'analisi ambientale qualitativa delle acque superficiali, ciascuno adatto a mettere in evidenza diversi aspetti e criticità. E' possibile suddividere queste metodologie in due gruppi principali: quelle dirette, ossia le analisi chimico fisiche, e quelle indirette, rappresentate dagli indici biotici. In generale le analisi chimico fisiche offrono un elevato dettaglio ma elaborano solo problemi semplici e lineari evidenziando in modo puntiforme singole criticità. Le indagini chimiche rilevano la presenza di specifiche sostanze e possono non registrare la presenza di inquinanti intermittenti o periodici, o di sostanze non rilevabili al di fuori del range di analisi.

Per analizzare sistemi complessi, come la rete ecologica di un fiume o di un corso d'acqua, gli indici biotici offrono maggiori opportunità. Il biomonitoraggio degli organismi viventi nei corsi d'acqua può rilevare gli effetti di un contaminante non rilevato dalle analisi chimiche, come riportato dalla moderna letteratura, fin dalla proposta dell'indice biotico di Beck (Beck, 1955). La strategia degli indici biotici è basata sulla identificazione dei macroinvertebrati, la sensibilità dei quali verso la qualità dell'acqua è ben conosciuta; per questo essi sono definiti bioindicatori. La comunità dei macroinvertebrati bentonici di un corso d'acqua è particolarmente adatta per essere utilizzata nella bioindicazione, in quanto si trova in un ambiente con limitate variazioni stagionali, è facile da campionare, è abbondante ed in generale sempre disponibile.

Il monitoraggio degli animali viventi nei corsi d'acqua può rivelare gli effetti dell'inquinamento, non rilevati dal monitoraggio chimico. Per questo motivo gli indici biotici hanno dominato le analisi ambientali ad ampio spettro per tutta la metà del secolo scorso fino ad essere standardizzati e messi in rilievo nelle normative nazionali e comunitarie (Direttiva 2000/60/CE e D.Lgs. 152/99 in Italia) nel monitoraggio e classificazione dei corpi idrici.

Negli ultimi anni tuttavia, il modello standardizzato dell'Indice Biotico Esteso (Woodiwiss, 1964 and 1978) è stato perfezionato, aggiungendo contributi concettuali non indifferenti. L'IBE funziona bene se condotto in aree ben conosciute, ovvero dove i parametri di tolleranza delle singole specie siano noti e se condotto con grande dettaglio di determinazione specifica, quindi da uno specialista di macroinvertebrati, conoscitore delle dinamiche ecologiche fluviali.

Per ovviare a questo limite metodologico e al contempo ampliare la complessità sistemica delle analisi, allo studio dei bioindicatori, alcuni autori hanno suggerito di ridurre il dettaglio tassonomico compensandolo con una descrizione più accurata delle caratteristiche dell'ecosistema, andando quindi ad evidenziare quanto la componente abiotica sia adatta ad ospitare quella biotica, e valutare l'intera funzionalità del sistema fluviale o lacustre (Vannote et al., 1980; Siligardi et al., 2007; or the Italian SEL in the D.M.391/2003).

Partendo da queste premesse il presente protocollo si propone come una ulteriore evoluzione delle sopraccitate metodologie, mirando quindi non tanto a valutare la presenza nell'acqua di inquinanti o

elementi di disturbo per particolari organismi, ma a stimare quando un ambiente acquatico nel suo complesso sia favorevole ad ospitare una significativa biodiversità, indice di più ampio spettro da cui naturalmente possono essere poi dedotte anche considerazioni su singole criticità. L'Indice di Biodiversità Acquatica del protocollo "Biodiversity Friend" mira dunque a rilevare la diversificazione e la stabilità delle comunità biotiche (Klemm et al., 1990; Rosemberg et al., 1997) mettendole in relazione alla continuità fluviale e alle componenti funzionali dell'idromorfologia.

Determinazione dell'IBA-bf

Un ambiente adatto ad ospitare una ricca biodiversità è in primo luogo un ambiente eterogeneo, con differenti strategie di sopravvivenza possibili. E' necessario quindi un inquadramento ecologico generale dell'ecosistema che gravita attorno al corso d'acqua e che ne condiziona le dinamiche. L'operatore è tenuto a compilare una scheda di rilievo nella quale saranno registrati diversi parametri morfologici ed ecologici. Nel caso le dimensioni del corso d'acqua considerato presentino condizioni ecologiche molto diversificate, si dovrà compilare una scheda differente per ogni tratto ripario ecologicamente distinto, andando poi a fare la media finale di tutti i punteggi ottenuti.

Analisi idromorfologica

Ampiezza. Dal momento che la maggior parte delle risorse nutritive, dei siti di rifugio e riproduzione, degli ambienti generalmente ospitali per la fauna acquatica si trovano in prossimità delle rive, l'ampiezza di un corso d'acqua è molto importante. Andrà quindi valutata l'ampiezza dell'alveo di morbida ossia quella porzione dell'alveo occupata dall'acqua in condizioni di buona disponibilità d'acqua. L'alveo di morbida in condizioni normali (quindi né in piena né in secca) comprende la porzione occupata dall'acqua più una fascia riparia priva di alberi e arbusti, piante che avrebbero difficoltà a svilupparsi in condizioni di frequenti sommersioni, ed abrasione del substrato dovuto all'azione delle correnti di piena.

Nei periodi di secca parte dell'alveo di morbida viene colonizzato da vegetazione erbacea pioniera di greto. Se in molti casi l'alveo di morbida coincide con lo spazio occupato dall'acqua e delle rive che lo racchiudono, spesso va invece ricercato più in là osservando la vegetazione circostante nei termini sopra descritti. L'ampiezza va quindi stimata in senso trasversale da un margine esterno all'altro dell'alveo di morbida. Se argini e fondale sono completamente cementificati oppure se le variazioni della portata d'acqua sono regimentate ed estreme in modo tale che il corso d'acqua viene prosciugato per più di tre mesi all'anno o il fondale viene dragato più di due volte l'anno, esso va considerato come "artificiale".

Morfologia fluviale. Opere di canalizzazione, briglie e sistemi di regimentazione tendono sempre più a dirigere artificialmente il corso d'acqua cercando il minor impatto con le attività umane, facendogli occupare meno spazio possibile, per prevenire esondazioni e l'erosione degli argini. In molte aree agricole è molto difficile mantenere i fiumi nelle loro condizioni naturali, soprattutto in Europa, dove l'antropizzazione e l'urbanizzazione sono largamente diffuse (UN, 2012). Di contro una gestione fortemente artificializzata tende ad omogeneizzare la struttura fluviale, riducendo in molti casi la capacità di ospitare comunità biotiche complesse e diversificate. Un compromesso è tuttavia possibile. Un canale dritto, con argini cementificati e completamente artificiale offre risorse e siti di rifugio pressoché nulli e verrà colonizzato nel migliore dei casi solo da pochi organismi molto resistenti.

Un andamento più sinuoso ed irregolare invece, quantomeno in alcuni tratti, dove l'acqua possa scorrere a diverse velocità la presenza di argini di terra con incisioni tanto verticali quanto orizzontali, anche di moderata ampiezza purché frequenti, e presenza di moderati ostacoli alla corrente quali massi o tronchi, potranno invece trasformare radicalmente la capacità di un piccolo canale agricolo in un sito di grande interesse per la fauna e flora legati all'acqua.

Regime idrico. Le variazioni nella portata d'acqua sono un elemento generalmente naturale e legato alla stagionalità che, se ben conservata, favorisce l'alternanza di ospiti diversi con strategie diverse, promuovendo la biodiversità complessiva. Un regime naturalmente costante, garantito da una rete idrica ben strutturata anche in alcuni casi regimentata può d'altra parte diminuire le strategie possibili

pur garantendo maggiore una stabilità e continuità a quelle presenti.

Alterazioni al regime idrico naturale quali prelievi occasionali per uso agricolo, idroelettrico o sfruttamento delle falde possono incidere significativamente sulla funzionalità del corso d'acqua portando ad esempio a secche temporanee incompatibili con i cicli vitali di molti organismi. Rientrano in questa categoria anche canali irrigui con struttura artificiale e ridotte dimensioni, caratteristiche che li rendono particolarmente vulnerabili alle variazioni stagionali naturali (Bunn & Arthington, 2002; Ferrington & Sealock, 2005).

Le variazioni di portata non vanno ovviamente stimate dall'ampiezza dell'alveo bagnato al momento della rilevazione, ma dedotte dall'estensione e complessità della vegetazione perifluviale ed eventualmente dalle informazioni fornite dai gestori delle opere idrauliche.

Vegetazione riparia e perifluviale. La vegetazione riparia oltre ad influenzare in termini di sviluppo ed estensione l'ombreggiatura modella la morfologia riparia creando nicchie e siti adatti ad ospitare la fauna e produce gran parte delle sostanze nutritive che la sostentano. Se in assenza di vegetazione riparia solo pochi individui particolarmente resistenti o visitatori occasionali potranno sopravvivere grazie al detrito trasportato dalla corrente, ad ogni incremento della diversità e complessità delle comunità vegetali riparie corrisponderà un incremento di quelle animali da esse dipendenti.

Nella scheda di valutazione si possono sommare nel totale più categorie qualora presenti (es. alberi+arbusti+erbacea=10). Vanno considerate nel conteggio solo specie igrofile o riparie, non vanno invece conteggiate le specie esotiche, quelle non funzionali, una vegetazione erbacea omogenea e non riparia e quella al di fuori della fascia perifluviale.

Diversità tassonomica e tolleranza all'inquinamento

Una volta rilevata la struttura idromorfologica del corso d'acqua, tramite campionamento si procederà alla valutazione della diversità della biocenosi acquatica. Un conteggio di diversità biologica, quindi del numero delle specie, non può prescindere da un riconoscimento degli organismi campionati a livello specifico, procedura complessa e delicata sia a livello tecnico che concettuale. Per questo motivo il conteggio non riguarderà le specie intese nel modo classico della tassonomia biologica ma come morfotipi.

Per morfotipi si intendono quei gruppi di organismi che a livello macroscopico sono caratterizzati da forme simili. Poco importa in questa sede il livello tassonomico di riferimento: una raccolta di 2 specie di plecoteri, un anfipode e tre diversi generi di molluschi conteggerà 6 morfotipi.

Il riconoscimento del morfotipo richiede comunque una discreta conoscenza della fauna acquatica dato che, ad un occhio inesperto molte specie od altre unità tassonomiche differenti possono apparire identiche, ma con un po' di allenamento ed attenzione si potranno riconoscere differenze nel numero delle appendici, nella forma o posizione diversa di setole od uncini e così via. Non devono invece trarre in inganno le dimensioni che, entro certi limiti, non definiscono gruppi tassonomici diversi ma nella maggior parte dei casi solo stadi di sviluppo o livelli di nutrizione differenti all'interno della stessa specie. Anche la colorazione è generalmente poco diagnostica. Il valutare dove finisce la naturale variabilità di una popolazione ed inizia un nuovo morfotipo spetta indubbiamente al buon senso e all'esperienza del valutatore.

Il numero di morfotipi consente una valutazione diretta della ricchezza e complessità delle comunità. La dominanza di poche forme indica una scarsità di specie, al contrario eterogeneità nei morfotipi indica una elevata ricchezza di specie.

Se un ambiente salubre può ospitare una ricca biodiversità, la presenza di un inquinante sicuramente la limita. Ogni specie, in base alla letteratura scientifica (Mandaville, 2002) ha una sua peculiare tolleranza all'inquinamento ma è possibile identificare una predisposizione alla tolleranza anche a livelli tassonomici più elevati, arrivando ovviamente a dei compromessi di dettaglio che molti autori ritengono tuttavia accettabili se ben contestualizzati (Olsgard et al., 1997). Se non è infrequente trovare invertebrati tolleranti in località poco inquinate non è vero il contrario. Pertanto la presenza di almeno due bioindicatori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili all'inquinamento offre una significativa indicazione di una buona qualità dell'ambiente acquatico. Nella scheda di valutazione si

individuano i due valori più bassi e si definirà la tolleranza all'inquinamento come la media arrotondata per difetto di questi due valori.

MACROGRUPPI	GRUPPO TROFICO	TOLLERANZA ALL'INQUINAMENTO
Plecoptera	Trituratori, pascolatori, predatori	2
Ephemeroptera	Raccoglitori	3
Tricotera	Raccoglitori, pascolatori, trituratori	4
Megaloptera	Predatori	4
Platyhelminthes	Raccoglitori	4
Coleoptera (larvae)	Predatori, pascolatori, trituratori, raccoglitori	4
Heteroptera	Predatori	5
Odonata Anisoptera	Predatori	5
Odonata Zygoptera	Predatori	8
Arachnida Hydracarina	Predatori	6
Diptera (larvae)	Raccoglitori, pascolatori, predatori, trituratori	6
Crustacea Amphipoda	Raccoglitori	5
Crustacea Decapoda	Raccoglitori, pascolatori	6
Crustacea Isopoda	Raccoglitori	8
Mollusca	Raccoglitori, pascolatori	7
Oligochaeta	Predatori	7
Hirudinea	Predatori, raccoglitori	9
Nematoda/Nematomorpha	Predatori	8

Tab. 3 - Caratteristiche trofiche e indice sintetico di tolleranza all'inquinamento (da Mandaville, 2002 modificato) dei più comuni tipi di macroinvertebrati acquatici.

Materiali e metodi di campionamento

Prima di procedere con il biomonitoraggio, la procedura di rilievo dell'IBA-bf prevede l'analisi dei principali parametri fisico-chimici delle acque misurati attraverso strumentazione portatile. In particolare devono essere rilevati e riportati sulla scheda di rilievo dell'IBA-bf i seguenti parametri: temperatura, pH, conducibilità elettrica e ossigeno disciolto. Questi dati possono essere utili per comprendere i motivi di eventuali discrasie tra un ambiente acquatico apparentemente buono e una ricca varietà di organismi e suggerire azioni per ridurre le alterazioni rilevate.

Il campionamento della fauna acquatica è effettuato attraverso una retina immanicato per macroinvertebrati acquatici (maglia 500 µm), secondo le procedure proposte dal British Standards Institute (ISO 10870:2012). In alcuni casi identificazione dei macroinvertebrati acquatici sarà possibile anche dalla riva, investigando le superfici inferiori di pietre e tra i detriti del fondo. Prima di campionare col retino immanicato, l'operatore deve verificare l'eventuale presenza di insetti superficiali, raccogliere con le mani pietre e detriti legnosi sommersi per almeno due minuti. Tutti i gruppi di macroinvertebrati osservati durante queste indagini saranno registrati nell'apposita scheda di rilievo dell'IBA-bf.

Il campionamento col retino immanicato dovrà iniziare dal punto più a valle del corso d'acqua, procedendo verso monte; in questo modo l'ambiente acquatico non sarà disturbato prima del rilievo. Il

retino sarà posizionato contro corrente; i piedi dell'operatore insieme al retino possono essere utilizzati nei corsi d'acqua più profondi per smuovere il detrito del fondo e smuovere organismi scavatori e arrampicatori. In queste condizioni il retino sarà posizionato verticalmente, in opposizione alla corrente, a valle dei piedi dell'operatore.

Dopo 3-4 minuti di campionamento, il material raccolto con la rete sarà versato in una bacinella bianca e l'operatore inizierà l'identificazione dei morfotipi dei macroinvertebrati, con l'aiuto di una lente d'ingrandimento. In caso di determinazione dubbia, piccoli invertebrate possono essere raccolti con pinzette entomologiche o un pennellino e conservati in provette con alcol etilico al 70% per essere classificati successivamente. Dopo aver completato il campionamento può essere calcolato facilmente l'Indice di Biodiversità Acquatica della stazione sommando tutti i punteggi ottenuti in ciascuna sezione della scheda: idromorfologia, diversità tassonomica e tolleranza all'inquinamento. Per avere condizioni di biodiversità accettabili il risultato deve raggiungere un valore uguale o superiore a 30.

Il rilievo dovrà essere effettuato in regime di magra o di morbida derivate da portate decrescenti, dalla primavera all'autunno. La maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici sono soggette a cicli vitali stagionali. Il campionamento potrà dare risultati non attendibili in una o più delle seguenti situazioni:

- durante o subito dopo eventi di piena (si consiglia di attendere almeno due settimane per consentire la completa ricolonizzazione dei substrati);
- durante o subito dopo periodi di secca estrema (si consiglia di attendere almeno quattro settimane);
- impedimenti a causa di fattori ambientali nella stima dell'estensione relativa degli habitat (ad esempio in caso di elevata torbidità).

I rilievi saranno effettuati in numero congruo, anche in relazione all'estensione della reticolo acquatico superficiale presente in azienda o nelle aree limitrofe, con un numero minimo riportato in tabella 4.

Superficie totale aziendale	Numero di campionamenti
≤ 20 ha	Due campionamenti.
20 - 200 ha	$2 + (\text{superficie totale} - 40)/50$ Il risultato deve essere arrotondato all'intero inferiore.
≥ 200 ha	$5 + (\text{superficie totale} - 200)/100$ Il risultato deve essere arrotondato all'intero inferiore.

Tab. 4 – Numero di campionamenti da effettuare in relazione alla superficie totale aziendale.

Dopo aver proceduto ai vari campionamenti previsti, in relazione all'estensione della superficie da campionare, l'Indice generale di Biodiversità Acquatica complessivo dell'azienda potrà essere facilmente calcolato sommando i singoli punteggi ottenuti in ciascun rilievo, diviso per il numero totale dei rilievi. Il quoziente dovrà essere superiore o uguale a 30.

Prima di iniziare il campionamento, l'operatore dovrà disporre dei seguenti materiali:

- manuali con chiavi di determinazione dei macroinvertebrati acquatici
- scheda di rilievo dell'IBA-bf
- termometro digitale portatile
- pHmetro digitale portatile
- conduttimetro digitale portatile
- kit per l'ossigeno disciolto
- retino immanicato (ISO 10870:2012)
- lente d'ingrandimento 10x
- bacinella Bianca 30x40 cm
- guanti di lattice
- pinzette entomologiche a presa morbida

- provette con alcol etilico al 70%
- macchina fotografica digitale per macrofotografie
- GPS

L'indice di Biodiversità del Suolo di Biodiversity Friend (IBS-bf)

Il suolo può essere considerato un ecosistema formato da un complesso insieme di particelle minerali, acqua, aria, sostanza organica e organismi viventi; essendo l'elemento principale della produzione agricola, può essere considerato una delle risorse naturali più importanti del Pianeta. Gran parte della superficie agricola Europea è interessata da alterazione del suolo dovuta a erosione, compattazione, inquinamento, perdita di sostanza organica e cambiamenti nell'uso del suolo (Jones et al., 2012). Per essere sostenibile, l'agricoltura in futuro dovrà adottare una gestione del suolo razionale.

L'utilizzazione dei suoli per produrre alimenti ha bisogno di un elevatissimo livello di mantenimento della risorsa. Tradizionalmente la qualità del suolo è valutata attraverso indicatori fisici, chimici e microbiologici. Alcuni metodi basati sull'uso dei microartropodi endogeici nella valutazione della qualità del suolo sono stati proposti in passato da diversi autori. Infatti, molti animali endogeici mostrano un'alta sensibilità alle modalità di gestione del suolo e possono essere facilmente messi in relazione con le funzioni dell'ecosistema suolo (Black, 1965; Menta, 2008).

La valutazione dello stato di integrità naturale, o di alterazione, dell'ecosistema edafico può essere effettivamente effettuata mediante lo studio della fauna del suolo. Gli animali edafici o sotterranei viventi nel suolo allacciano una fitta rete di relazioni tra loro e interagiscono continuamente con l'ambiente fisico. Ogni alterazione di questo ambiente viene "registrato" dalla comunità del suolo che, pertanto, può essere impiegata come indicatore di variazioni delle condizioni naturali (Giachino & Vailati, 2005; 2010).

Data la complessità delle comunità che vivono nel suolo, per indagini qualitative vengono solitamente presi in esame alcuni gruppi di animali le cui specie possiedono requisiti fondamentali per essere considerate efficaci indicatori biologici: essere censibili, essere di semplice identificazione ed essere sufficientemente conosciute dal punto di vista ecologico e biogeografico. Coleotteri Carabidi e Stafilinidi, Opilioni, Lombrichi ed Enchitreidi sono stati i gruppi più utilizzati in passato per indagini di questo tipo (Brandmayr et al., 2005). Tuttavia l'applicazione di queste procedure è stato spesso limitato dalla difficoltà di classificazione a livello di specie, che richiede il lavoro di zoologi specialisti.

Il metodo di valutazione della qualità biologica del suolo (QBS), in relazione alla presenza di microartropodi edafici, è stato proposto da Parisi nel 2001 (QBS-ar, Qualità Biologica del Suolo - Arthropoda), inizialmente allo scopo di individuare un metodo in grado di caratterizzare la maturità dei suoli di ambienti forestali. Utilizzando il consolidato concetto ecologico di Forma Biologica (o ecotipo), analogo a quello di Unità Sistemica nel calcolo dell'Indice Biotico Esteso, ed analizzando le convergenze morfologico-funzionali dei microartropodi edafici, Parisi attribuì un peso diverso ai gruppi che caratterizzano la struttura della comunità edafica, definendo i cosiddetti indici ecomorfologici (EMI).

Il metodo del disciplinare "Biodiversity Friend" prevede l'analisi di alcuni campioni di suolo nei quali viene rilevata la presenza dei gruppi riportati nella tabella 5 per la determinazione dell'"Indice di Biodiversità del Suolo" (IBS-bf); la presenza di ciascun taxon sarà conteggiata con il relativo punteggio in un'apposita scheda. Rispetto al metodo convenzionale, agli Artropodi sono stati aggiunti i Molluschi e gli Anellidi, gruppi che svolgono un ruolo fondamentale nelle dinamiche dell'ecosistema edafico (Liu et al., 2012).

Metodologia di rilievo dell'IBS-bf

Uno dei metodi più usati per le raccolte qualitative dei macroinvertebrati edafici è quello della cattura a vista (con o senza aspiratore). Durante quest'operazione non bisogna trascurare l'esplorazione degli

ambienti muscicoli, saprossilici, lapidicoli. Nel rilievo dell'IBS-bf non è richiesta la cattura degli esemplari ma la semplice osservazione che sarà registrata su apposita scheda di rilievo. Attraverso il tipo di campionamento di seguito descritto è possibile calcolare l'Indice di Biodiversità del Suolo che esprime la complessità della comunità biologica del suolo di una certa area. Il valore sintetico ottenuto potrà essere utilizzato nel disciplinare "Biodiversity Friend" per valutare le condizioni generali del substrato di coltivazione.

Prima di effettuare il campionamento, il rilevatore dovrà compilare la prima parte della scheda di rilievo relativa alla ubicazione dell'azienda, con relative coordinate geografiche del sito di monitoraggio. Verranno inoltre riportate sulla scheda le condizioni meteorologiche e le caratteristiche fisico-tessiturali del suolo, con una stima a vista della percentuale di scheletro presente.

Il rilievo sulla pedofauna sarà effettuato raccogliendo con una vanga un volume di suolo pari a 3 dm cubi, inserendo nel campione anche la parte più superficiale del suolo con eventuali detriti vegetali (erba, foglie secche, rametti, ecc.). Lo scavo dovrà avere una profondità di almeno 25-30 cm. Il suolo raccolto sarà sottoposto a vagliatura con apposito vaglio entomologico costituito da un setaccio con maglie di 10 mm. Alla prima vagliatura seguirà una seconda setacciatura con setaccio con maglie da 0,4 cm. Il terreno sarà steso, setacciando, su un telo bianco di m 1x1. La parte grossolana residua sarà posta su un angolo del telo.

PHYLUM	CLASSI	ORDINI (o Famiglie)	PUNTEGGIO
Molluschi	Gasteropodi	Pulmonata el Prosobranchia terrestri	10
Annelidi	Oligocheti	Enchytraeidae	10
		Lumbricidae	25
Artropodi	Aracnidi	Pseudoscorpionida	20
		Palpigrada	20
		Araneae	5
		Opiliona	10
		Acaroidea	25
	Crostacei	Isopoda	10
	Miriapodi	Diplopoda	15
		Chilopoda	15
		Pauropoda	20
		Symphyla	20
	Insetti	Collembola	25
		Protura	20
		Diplura	20
		Thysanura	10
		Orthoptera (Gryllotalpidae e Gryllidae)	10
		Dermaptera	5
		Blattodea	5
		Embioptera	15
		Psocoptera	5
		Coleoptera	10
Hymenoptera (Formicidae)		5	
Larve di Olometaboli	Diptera	10	
	Coleoptera	10	
	Altri Olometaboli	5	

Tab. 5 - Tabella per la determinazione dell'Indice di Biodiversità del Suolo del protocollo "Biodiversity Friend" (IBS-bf).

A questo punto, l'operatore inizierà ad identificare gli invertebrati, direttamente o con l'aiuto di una lente d'ingrandimento. Poco a poco I vari taxa di invertebrati saranno identificati e registrati nella scheda di rilievo. In caso di identificazione dubbia, per organismi di una certa dimensione (più di 5 mm) sarà sufficiente scattare una o più foto, mentre organismi di piccole dimensioni saranno raccolti

attraverso pinzette entomologiche a presa morbida o un pennellino e inseriti in provette con alcol etilico al 70% per essere identificati successivamente.

Prima di iniziare il campionamento, l'operatore dovrà disporre dei seguenti materiali:

- manuali con chiavi di riconoscimento degli invertebrati edafici
- scheda di rilievo per l'IBS-bf
- GPS
- vaglio entomologico
- guanti da lavoro
- vanga portatile
- setaccio con rete da 4 mm
- lente d'ingrandimento 10x
- telo bianco m 1x1
- pinzette entomologiche a presa morbida
- aspiratore
- pennellino a setole morbide
- provette con alcol al 70%
- macchina fotografica per macrofotografie

Il rilievo dovrà essere effettuato in condizioni di terreno in tempera, evitando i periodi troppo siccitosi o troppo piovosi. Le stagioni più favorevoli sono la primavera e l'autunno. Nelle regioni mediterranee è possibile effettuare i rilievi anche nel periodo invernale se le condizioni climatiche e termoudometriche del terreno lo consentono. Comunque, i rilievi dovranno essere effettuati in condizioni climatiche favorevoli, in giornate assolate e calde (temperatura superiore ai 18° C), per stimolare il movimento della pedofauna dopo il setacciamento.

Se i rilievi sono effettuati nel corso di primavere o autunni siccitosi, che determinano aridità degli strati superficiali del suolo, i prelievi potranno essere eseguiti vagliando il terreno prelevato alla base di piante erbacee spontanee presenti nell'appezzamento. Si consiglia di prelevare l'intera pianta e di inserirla nel vaglio con tutto l'apparato radicale e relativa zolla di terreno. Infatti, la pedofauna nei periodi più aridi tende a ricercare l'umidità negli strati più profondi del suolo o in prossimità degli apparati radicali di piante coltivate o spontanee. Analogamente, potranno essere effettuate ricerche dirette mediante caccia a vista sotto pietre profondamente interrate, se presenti, all'interno dell'appezzamento oggetto di indagine. Alla fine del campionamento, viene calcolato l'Indice di Biodiversità del Suolo della stazione semplicemente sommando i singoli punteggi relativi ai taxa rilevati. I rilievi vanno effettuati in numero congruo in relazione all'estensione della superficie da campionare. Il numero dei rilievi su ciascuna coltura dovrà essere comunque proporzionale all'estensione delle diverse colture presenti in azienda (Tabella 6).

Superficie totale aziendale	Numero di campionamenti
≤ 20 ha	Tre campionamenti distribuiti sulle colture principali o più rappresentative.
20 - 200 ha	$3 + (\text{superficie totale} - 20)/40$ Il risultato dovrà essere arrotondato all'intero inferiore. I campionamenti distribuiti sulle quattro colture principali o più rappresentative.
≥ 200 ha	$7 + (\text{superficie totale} - 100)/100$ Il risultato dovrà essere arrotondato all'intero inferiore. I campionamenti distribuiti sulle cinque colture principali o più rappresentative.

Tab. 6 - Numero dei campionamenti del suolo in relazione alla superficie aziendale.

Dopo aver proceduto ai vari campionamenti previsti, in relazione all'estensione della superficie da

campionare, viene calcolato l'indice di qualità biologica complessivo del suolo che deriverà dalla somma dei singoli punteggi ottenuti in ciascun rilievo, divisa per il numero totale dei rilievi. Il quoziente dovrà essere superiore o uguale a 100.

La definizione di coltura principale o rappresentativa considera, oltre alla superficie, anche la criticità in termini di risorse impiegate. Sono da considerare colture anche le superfici a bosco se sottoposte a periodici interventi selvicolturali (tagli, diradamenti, ecc.).

CHECK-LIST DELLA CERTIFICAZIONE BIODIVERSITY FRIEND
SCHEMA DI RILIEVO DELL'INDICE DI BIODIVERSITÀ ACQUATICA (IBA-bf)

Azienda _____ Località _____ Provincia _____

Data _____ Operatore _____

Coordinate UTM del sito: _____ Altitudine m s.l.m. _____

Lunghezza del tratto considerato: _____ m **Indice di Biodiversità Acquatica-bf:** _____

Parametri chimico-fisici H₂O: t _____ °C pH _____ Conduc. elet. _____ μS/cm O₂ disciolto _____ mg/l

1) IDROMORFOLOGIA					
Categoria	Punteggio: 5	Punteggio: 3	Punteggio: 2	Punteggio: 0	Totale
Larghezza	>6 m	2-6 m	<2 m	Artificiale	
Vegetazione riparia	Erbacea igrofila	Arbustiva riparia	Arborea riparia	Assente o non funzionale	
Regime idrologico	Stagionale naturale	Costante naturale	Stagionale alterata	Artificiale	
Morfologia fluviale	Eterogenea	Irregolare	Semplice	Canalizzata	
Punteggio Finale (1)					

GRUPPI DI BIOINDICATORI	NUMERO DI MORFOTIPI	TOLLERANZA ALL'INQUINAMENTO
Plecoptera		2
Ephemeroptera		3
Trichoptera		4
Megaloptera (Sialidae)		4
Platyhelminthes (planarie)		4
Coleoptera		4
Hemiptera		5
Odonata: Anisoptera		5
Odonata: Zygoptera		8
Hydracarina		6
Diptera		6
Amphipoda		5
Decapoda		6
Isopoda (Asellidae)		8
Bivalvia/Gasteropoda		7
Oligochaeta		7
Hirudinea		9
Nematoda/Nematomorpha		8
TOTALE MORFOTIPI	(*)	MEDIA DEI DUE VALORI PIÙ BASSI DI TOLLERANZA (**)

2) DIVERSITÀ TASSONOMICA					
Categoria	Punteggio: 25	Punteggio: 15	Punteggio: 5	Punteggio: 0	Punteggio finale (2)
N. morfotipi (*)	Distribuzione eterogenea (>20)	Leggera dominanza (9-20)	Dominanza pesante (4-8)	Dominanza/completa assenza (0-3)	

3) TOLLERANZA ALL'INQUINAMENTO					
Categoria	Punteggio: 25	Punteggio: 15	Punteggio: 5	Punteggio: 0	Punteggio finale (3)
Media tolleranza (**)	0-2	3-4	5-7	8-9	

Indice IBA-bf (1+2+3)		Scarso 0-29	Accettabile 30-44	Buono 45-64	Eccellente >65
------------------------------	--	--------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------

NOTE:

CHECK-LIST DELLA CERTIFICAZIONE BIODIVERSITY FRIEND
SCHEDA DI RILIEVO DELL'INDICE DI BIODIVERSITÀ DEL SUOLO (IBS-bf)

Azienda _____ Località _____ Provincia _____

Data _____ Operatore _____

Coordinate UTM del sito: _____ Altitudine m s.l.m. _____

Condizioni meteo: sereno poco nuvoloso nuvoloso t = ____ °C **Indice Biodiversità Suolo-bf:** _____

Tessitura: argilloso limoso-argilloso franco-limoso franco franco-sabbioso sabbioso %scheletro__

PHYLUM	CLASSI	ORDINI (o famiglie)	Punteggio	Presenza
Molluschi	Gasteropodi	Pulmonata and Prosobranchia	10	
Anellidi	Oligocheti	Enchytraeidae	10	
		Lumbricidae	25	
Artropodi	Aracnidi	Pseudoscorpionida	20	
		Palpigrada	20	
		Araneae	5	
		Opilioni	10	
		Acaroidea	25	
	Crostacei	Isopoda	10	
	Miriapodi	Chilopoda	15	
		Paupoda	20	
		Symphyla	20	
		Diplopoda	15	
	Insetti	Collembola	25	
		Protura	20	
		Diplura	20	
		Thysanura	10	
		Orthoptera (Gryllotalpidae and Gryllidae)	10	
		Dermaptera	5	
		Blattodea	5	
		Embioptera	15	
		Psocoptera	5	
		Coleoptera	10	
Hymenoptera (Formicidae)		5		
Larve di Olometaboli	Diptera	10		
	Coleoptera	10		
	Other Holometabola	5		
Punteggio finale IBS-bf				

NOTE:

Discussione e conclusioni

I tre indici qui presentati sono contributi originali basati su metodi di valutazione della biodiversità già esistenti e largamente utilizzati e la qualità di diversi ambienti adattata alla metodologia operativa dei protocolli di certificazione. Le procedure qui proposte sono il risultato di un razionale compromesso tra una analisi dettagliata e completa e il bisogno di rapidi protocolli di valutazione per operatori non specialisti. Per ridurre gli errori potenziali e le approssimazioni dovute ad un elevato livello di identificazione tassonomica dei campioni è stato adottato un approccio multidisciplinare. I differenti campi di indagine e le varie fonti di informazione permettono una comparazione di diversi approcci che possono condurre ad una singola solida conclusione, riducendo l'aberrazione possibile con un approccio mono-tematico. La struttura aperta dei rilievi e di tutte le informazioni collaterali ottenute, con tutti i passaggi verso una più dettagliata analisi, oltre al punteggio finale, permette all'operatore di avere anche un'idea sui singoli fattori che possono minacciare o alterare l'ambiente esaminato, e proporre soluzioni.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare I membri del Comitato Scientifico di World Biodiversity Association per il loro supporto nello sviluppo di questi nuovi indici; i loro consigli e suggerimenti sono stati molto utili nel raggiungere il nostro obiettivo.

BIBLIOGRAFIA

- Alstrup V., 1991 - Effects of pesticides on lichens. *Bryonora* 9: 2–4.
- ANPA, 2001 - I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. Manuale ANPA. Roma: 1-85.
- Bartok K., 1999 - Pesticide usage and epiphytic lichen diversity in Romanian orchards. *Lichenologist*, 31 (1): 21-25.
- Beck, W.H., Jr., 1955 - Suggested method for reporting biotic data. *Sewage and Industrial Waste* 27(10): 1193-1197.
- Black, C. A. (ed.), 1965 - Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA, 1159 pp.
- Brandmayr P., Zetto T., Pizzolotto R. (eds.), 2005 - I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Manuale operativo. APAT, Manuali e Linee Guida, 34: 240 pp.
- Brown, D. H., 1992 - Impact of agriculture on bryophytes and lichens. In *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*. (J. W. Bates and A. M. Farmer, eds): 259–283. Oxford: Clarendon Press.
- Bunn S. E., Arthington A. H., 2002 - Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30 (4): 492-507.
- Caoduro G., Giachino P.M., 2012 - “Biodiversity Friend”: certificare la conservazione della biodiversità in agricoltura. Regione Piemonte. *Annali Settore Fitosanitario*. 2011: 69-73.
- Carrera M.F., Carreras H.A., 2011 - Efectos de la aplicación de glifosato sobre parámetros químico-fisiológicos en *Usnea amblyoclada* (Müll. Arg.) Zahlbr. *Ecología austral* (versión On-line), 21 (3).
- Ferrington L.C. Jr., Sealock A.W. 2005 - Relationship of benthic macroinvertebrate biodiversity to recent and past ditching practices in Hardwood Creek near Hugo, Minnesota. Interim Report. 11 pp.
- Fontaine B., van Achterberg K., Alonso-Zarazaga M. A., Araujo R., Asche M., Aspöck H., Aspöck U.,

Audisio P., Aukema B., Bailly N., Balsamo M., Bank R. A., Belfiore C., Bogdanowicz W., Boxshall G., Burckhardt D., Chylarecki P., Deharveng L., Dubois A., Enghoff H., Fochetti R., Fontaine C., Gargominy O., Lopez M. S., Goujet D., Harvey M., Heller K. G., van Helsdingen P., Hoch H., De Jong Y., Karsholt O., Los W., Magowski W., Massard J. A., McInnes S. J., Mendes L. F., Mey E., Michelsen V., Minelli A., Nafria J. M., van Nieukerken E. J., Pape T., De Prins W., Ramos M., Ricci C., Roselaar C., Rota E., Segers H., Timm T., van Tol J., Bouchet P. 2012. PLoS ONE.; 7(5):e36881.

Giachino P.M., Vailati D., 2005 - Problemi di protezione dell'ambiente ipogeo e note sull'impatto delle attività di ricerca in ambiente sotterraneo. In: L'Ambiente Carsico e l'Uomo. Atti Conv. Naz., Bossea (5-8 settembre 2003): 303- 314.

Giachino P.M., Vailati D., 2010 - The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques. WBA Handbooks 3, 130 pp.

ISO 10870:2012, 2012 - Water quality. Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters. British Standards Institute, 38 pp.

Jones A., Stolbovoy V., Tarnocai C., Broll G., Spaargaren O., Montanarella L., Anisimov O., Arnalds Ö., Arnoldussen A., Bockheim J., Breuning-Madsen H., Brown J., Desyatkin R., Goryachkin S., Jakobsen B.H., Konyushkov D., Mazhitova G., McCallum I., Naumov E., Overduin P., Nilsson, Solbakken E., Ping CL & Ritz KS, 2012 - The State of Soil in Europe. JRC Reference Reports, European Environment Agency. Report EUR 25186 EN. 71 pp.

Katzman, M.T. & Cale, W.G. Jr., 1990. Tropical forest preservation using economic incentives. Bioscience 40: 827-832.

Klemm, D.J., Lewis P., Fulk F., & Lazorchak J., 1990 - Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 256 pp.

Liu J., Lu Z., Yang J., Xing M, Yu F. & Guo, M., 2012 - Effect of earthworms on the performance and microbial communities of excess sludge treatment process in vermifilter", Bioresources Technology, 117: 214-221.

Loppi S., 2003 - Mapping the effects of air pollution, nitrogen deposition, agriculture and dust by the diversity of epiphytic lichens in central Italy. In: Lichens in a changing pollution environment. English Nature Research Reports. Rep. N. 525: 37-41.

Lowrance R., Hendrix F. P. & Odum P. E., 1986 - A hierarchical approach to sustainable agriculture. American Journal of Alternative Agriculture 1(4): 169-173.

Mandaville, S. M., 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Project H-1, Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. 128 pp.

Menta C., 2008. Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo. Funzionalità, diversità biologica, indicatori. Oasi Perdisa Editore, Bologna, 304 pp.

Mora C., Tittensor D. P., Adl S., Simpson A. G. B. & Worm B., 2011 - How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? PLoS Biology, 9 (8): e1001127

National Research Council, 2009 - Global Sources of Local Pollution: An Assessment of Long-Range Transport of Key Air Pollutants to and from the United States. Washington, DC: The National Academies Press, 248 pp.

Nimis P.L., 1999 - Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. Atti Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" A.N.P.A., Roma: 267-277.

Olsford F., Somerfield P. J. & Carr M. R., 1997 - Relationships between taxonomic resolution and data transformations in analyses of a macrobenthic community along an established pollution gradient. In Ecology Progress Series. 149(1-3): 173-181.

- Parisi V., 2001 - La qualità biologica del suolo: un metodo basato sui microartropodi. *Acta naturalia de "L'Ateneo Parmense"*, 37(3/4): 97-106.
- Rosenberg, D.M., Davies, I.J., Cobb, D.G. & Wiens, A.P., 1997 - Ecological Monitoring and Assessment Network (EMAN) Protocols for Measuring Biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters. Dept. of Fisheries & Oceans, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba. 53, Appendices.
- Siligardi M., Avolio F., Baldaccini G., Bernabei S., Bucci M.S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mancini L., Minciardi M.R., Monauni C., Negri P., Pineschi G., Pozzi S., Rossi G.L., Sansoni G., Spaggiari R., Tamburro C. & Zanetti M., 2007 - I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale APAT, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ARPA Trento. 325 pp.
- Skole D. L., Tucker C., 1993 - Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988, *Science* 260:1905-1910. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2012. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*, 32 pp.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R. & Cushing C. E., 1980 - The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Woodiwiss F. S., 1964 - The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry* 14: 443-447.
- Woodiwiss F. S., 1978 - Comparative study of biological-ecological water quality assessment methods. Second practical demonstration. Summary Report. Commission of the European Communities. Severn Trent Water Authority. UK.