

Indice di Funzionalità Perilacuale (IFP)

**Strumento di supporto alla definizione della qualità ecologica
come indicato dalla Direttiva 2000/60/CE**

Maurizio Siligardi (coordinatore)
Serena Bernabei, Cristina Cappelletti, Francesca Ciutti, Valentina Dallafior,
Antonio Dalmiglio, Claudio Fabiani, Laura Mancini, Catia Monauni, Sabrina
Pozzi, Michele Scardi, Lorenzo Tancioni, Barbara Zennaro



INDICE

INDICE	2
1. Introduzione	3
2. Ambienti perilacuali e Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE	5
3. Ecologia e funzioni della fascia perilacuale	7
4. L'Indice di Funzionalità Perilacuale IFP: generalità	12
4.1 Approccio metodologico	12
4.2 Caratteristiche del classification tree	13
4.3 Sviluppo della scheda di rilevamento IFP	15
5. L'Indice di Funzionalità Perilacuale IFP: protocollo di applicazione 16	
5.1 Indagini preparatorie.....	16
5.2 Scheda per il rilevamento dei parametri IFP	16
5.3 Modalità di rilievo.....	21
5.4 Calcolo del livello di funzionalità perilacuale.....	22
5.5 Livelli e mappe di funzionalità.....	25
6 Guida alla compilazione della scheda	27
6.1 Ampiezza della fascia perilacuale funzionale	29
6.2 Caratterizzazione della vegetazione della fascia perilacuale.....	32
6.2.1 Composizione/copertura.....	32
6.2.2 Vegetazione igrofila e non igrofila.....	35
6.2.3 Presenza di specie esotiche	36
6.2.4 Eterogeneità della vegetazione arborea e arbustiva.....	38
6.3 Continuità della vegetazione perilacuale nei 50 metri della fascia perilacuale... 40	
6.4 Presenza di interruzioni entro la fascia perilacuale nei 50 metri della fascia perilacuale	41
6.5 Tipologia di uso antropico entro la fascia perilacuale nei primi 50 metri dalla riva.....	43
6.6 Uso prevalente del territorio circostante (0-200 metri)	44
6.7 Infrastrutture	46
6.8 Fascia perilacuale emersa	48
6.8.1 Pendenza media.....	49
6.8.2 Confronto pendenza area perilacuale emersa/area sommersa.....	49
6.9 Profilo della riva	51
6.9.1 Concavità e convessità.....	51
6.9.2 Complessità.....	53
6.10 Artificialità della riva.....	55
6.11 Canalizzazione apparente del run-off.....	57
6.12 Giudizio personale	59
7. Funzionalità e naturalità perilacuale	60
8. Note conclusive	61
9. Bibliografia	62
Ringraziamenti	67
Contatti	67

1. Introduzione

Nella letteratura internazionale esiste un'ampia bibliografia riguardante le zone riparie fluviali, con contributi sulla vegetazione, sulla fauna, sulla funzione buffer strip, sulla loro funzionalità ecologica, la loro rinaturalizzazione, rinaturazione e riqualificazione, la valenza pianificatoria, l'azione di consolidamento, ecc. (Vidon & Hill, 2006; Hatterman *et al.*, 2006; Naiman & Decamps, 1997; Naiman *et al.*, 1993). Al contrario, gli studi relativi al ruolo della zona riparia dei laghi non hanno una così lunga tradizione e spesso hanno trattato le funzioni di tale componente solo marginalmente (Keddy & Fraser, 1983, 1984, 2000; Zhao *et al.*, 2003; Hazelet *et al.*, 2005; Marburg *et al.*, 2006; Hwang *et al.*, 2007; Ostojic *et al.*, 2007).

Gli habitat costieri contengono molti elementi naturali che si intrecciano con l'ecosistema lacustre per formare una rete ecologica. La vegetazione, i sedimenti e il detrito giocano un ruolo importante nei cicli vitali dei pesci e della fauna costiera (McDonald *et al.*, 2006; Dudgeon *et al.*, 2006; Malm Renofalt *et al.*, 2005).

I laghi sono soggetti a ricevere le acque del bacino di influenza con i loro veicolati chimici che, come nel caso di azoto e fosforo, intervengono attivamente nei processi trofico-evolutivi delle loro acque (Premazzi & Chiaudani, 1992; Chapman, 1996).

La limnologia classica, ormai secolare, ha prodotto molteplici lavori, ma senza focalizzare l'attenzione sulla semplice funzionalità delle zone riparie lacustri.

Il ruolo che le fasce riparie hanno nella protezione del corpo d'acqua nei confronti delle attività umane è sicuramente elemento di garanzia per tamponare la degradazione dell'ecosistema acquatico (Cobourn, 2006). L'uso del territorio ha spesso causato *stress* ambientali causati dall'eliminazione della vegetazione riparia e acquatica di bordo, alimentando l'inquinamento diffuso, creando alterazioni morfologiche e distruzione degli habitat (Schultz *et al.*, 1993, 1995).

Gli studi di Osborne & Kovacic (1993) hanno dimostrato che le fasce riparie, sia di tipo arbustivo/arboreo, possiedono una efficace capacità di intercettazione dei nutrienti provenienti dalle aree agricole adiacenti, abbattendo anche oltre il 90% del contenuto di azoto e fosforo nell'acqua di scorrimento superficiale e sub-superficiale, che afferisce al corpo d'acqua, mentre le coperture erbacee, data la loro scarsa penetrazione radicale nel suolo, svolgono una azione molto meno efficiente.

Gli interessi che si concentrano attorno agli ambienti lacustri sono svariati ed eterogenei. I proprietari frontalieri hanno spesso una opinione diversa in merito alle funzioni dei costituenti delle fasce perilacuali: sebbene siano convinti che il "naturale" sia meglio dell' "artificiale", esiste comunque un atteggiamento che spinge verso uno sfruttamento della risorsa. Infatti un lago, oltre ad avere un grande valore naturalistico, garantisce numerose opportunità per le attività alieutiche, di balneazione e di soddisfacimento estetico, le quali possono essere esaltate da politiche di tutela e salvaguardia dell'ecosistema lacustre.

Tale prospettiva comporta necessariamente la creazione di un sistema di indicatori e conseguenti indici in grado di guidare le scelte di pianificazione e gestione del territorio. Da ciò è nata l'esigenza, anche in seguito al successo dell'IFF (Indice di Funzionalità Fluviale 2007 - Siligardi *et al.*, 2007), di ricercare un modello in grado di calibrare l'efficienza delle fasce perilacuali, partendo dall'esame dei diversi descrittori presenti e facilmente rilevabili (Broocks *et al.*, 1991; Keddy & Fraser, 2000; Lin *et al.*, 2000; Dale & Beyele, 2001; Danz *et al.*, 2005; Brazner *et al.*, 2007). Esigenza rafforzata dalle richieste della Direttiva Quadro 2000/60/CE sulle acque che affianca alle valutazioni riguardanti gli elementi biologici quelle sugli elementi idromorfologici a supporto per la definizione dello stato di qualità ecologica.

2. Ambienti perilacuali e Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE

La Direttiva Quadro 2000/60/CE sulle acque definisce gli elementi di qualità (EQ) per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici di qualunque tipologia, prevedendo tra gli EQ da determinare a supporto degli elementi biologici, anche elementi idromorfologici che nel caso dei laghi riguardano sia il regime idrologico (con elementi relativi alla quantità e dinamica del flusso idrico, alle connessioni con le acque sotterranee e al tempo di residenza), sia la morfologia (con elementi quali la variazione di profondità, le caratteristiche del substrato e la struttura delle rive) (CIS, 2003). A questo particolare riguardo, per quanto concerne la zona perilacuale o *lakeshore zone*, il documento “*The Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands*” in Framework Directive (CIS Wetlands WG2003) è il più importante riferimento all’Art. 1 della WFD in cui si citano le *wetlands* come elementi dipendenti direttamente dall’ecosistema di corpi d’acqua superficiali interni come sono i laghi.

L’ecosistema della zona perilacuale più prossima all’acqua è comunemente indicata come *wetland*, ovvero una zona che è andata caratterizzandosi come ecotono perilacuale, con un gradiente che va dal territorio circostante all’ambiente acquatico e che può dipendere dal costante e periodico aumento di livello del lago con o senza allagamento. Il documento CIS è chiaro nel considerare la *lakeshore zone* come associata alle *wetlands* sensu Direttiva e comunque, come parte integrante di un lago, in grado di influenzare il relativo status ecologico. Di conseguenza, molti degli obiettivi e obblighi della WFD legati al corpo d’acqua possono essere allargati anche alla fascia perilacuale (CIS Wetlands WG 2003, pag. 10 – 13).

Tuttavia la Direttiva non prevede obiettivi ambientali per le *wetlands* e per tale motivo, al meeting di Copenhagen nel novembre 2002, gli Stati Membri hanno definito che le manomissioni della *shorezone* sono considerate come atti impattanti anche per lo stato ecologico del corpo d’acqua. Cosicché la gestione delle *wetlands*, o delle zone perilacuali nel nostro caso, può essere considerata come parte integrante dei Piani di Bacino e l’aumento o la conservazione delle *wetlands* di tipo perilacuale può essere lo strumento per raggiungere gli obiettivi della WFD. Queste considerazioni e assunti non solo sono stati recepiti dal CEN Technical Committee 230/WG2 “Water Analysis” ma anche dagli Stati Membri e da altri, come la Svizzera.

La ricognizione dei metodi in uso presso gli Stati Membri ha immediatamente indicato come non esistano metodi concordati e consistenti in ambito EU per la determinazione e l’uso di tali elementi di qualità e la definizione e attuazione dei programmi di misure da includere nei Piani di Gestione delle Acque nei Distretti idrografici, al fine di conseguire gli obiettivi ambientali definiti dalla WFD per la politica di protezione ed uso sostenibile dei corpi idrici.

Gli elementi di qualità idromorfologica sono di fondamentale importanza anche nell’analisi dei corpi idrici a potenziale rischio di non conseguire nei tempi previsti dai Programmi di Bacino gli obiettivi ambientali, in particolare

per quei corpi idrici classificati come fortemente modificati (Highly Modified Water Bodies , HMWB) o per quelli artificiali.

E' quindi di rilevante importanza lo sviluppo e l'applicazione di indici quali l'IFP e l'analogo IFF relativo ai corsi d'acqua, che possono dare una risposta integrata sullo stato e le potenzialità ecologiche di un corpo idrico (lago, fiume) per gli aspetti idromorfologici.

3. Ecologia e funzioni della fascia perilacuale

La “fascia perilacuale”, che si estende intorno al lago con ampiezza definita, assolve a diverse funzioni ecologiche. Molti sono i fattori ambientali che contribuiscono a determinare la funzionalità ecologica della fascia perilacuale.

La morfologia e le caratteristiche delle rive dei laghi assumono grande rilievo come elementi funzionali alle dinamiche ecologiche dei corpi d’acqua e alla biodiversità. I caratteri morfologici, apparentemente ininfluenti sui processi qualitativi, assumono infatti una notevole importanza per la valutazione della funzionalità delle zone litoranee.

Anche la conformazione topografica del territorio adiacente al corpo d’acqua lacustre può influenzare gli scambi lago-territorio. Infatti, maggiore è la complessità geometrica del profilo di costa del lago, minore è l’influenza dell’apporto di nutrienti nei processi limnologici, in quanto la complessità geometrica riduce il contenuto di BOD, COD e TP (Hwang, 2007).

L’ecosistema ripario lacustre, anche se meno palesemente rispetto a quello ripario fluviale, garantisce una cospicua disponibilità di acqua, che contribuisce alla crescita e sopravvivenza di piante, insetti, animali e microrganismi, alimentando la biodiversità e conseguente funzionalità (Giller *et al.*, 2004). Le piante costituiscono un elemento di diversità strutturale e tassonomica in grado di moderare gli afflussi idrici stagionali, immagazzinando acqua e regolando gli apporti di sedimenti e nutrienti (Smith & Hellmund, 1993).

La topografia, il clima e la composizione geologica del suolo influenzano notevolmente la struttura e l’estensione della fascia perilacuale; allo stesso modo la vegetazione perilacuale esercita un controllo considerevole sui flussi idrici, di nutrienti, di sedimenti e sulla diffusione di specie animali e vegetali che provengono dal territorio circostante e che si spostano verso il lago (Malanson, 1993b; Naiman *et al.*, 1993). Infatti, il territorio circostante afferrisce al lago diverse quantità di nutrienti, in funzione dell’uso del territorio stesso, sia esso agricolo, industriale, urbano, incolto o altro, con apporti differenziati e soprattutto diffusi, il cui controllo è piuttosto difficile.

La fascia di vegetazione a ridosso del lago è considerata quindi come zona di transizione non solo topograficamente, ma anche funzionalmente tra il territorio circostante e il corpo d’acqua (Pinay *et al.*, 1990; Smith & Hellmund, 1993; Malanson, 1993b; Vidon & Hill, 2006; Hazelet *et al.*, 2005). Il contenimento dell’apporto di nutrienti dal bacino al corpo lacustre deve essere effettuato mediante il mantenimento di una fascia perilacuale vegetata, in grado di intercettare gli apporti idrici, siano essi superficiali o sotterranei, ed i nutrienti in essi contenuti (Burt *et al.*, 2002; Van Geest *et al.*, 2003).

Non meno importante appare la porzione di lago a stretto contatto con la riva, dove le macrofite sono alla base della rete trofica (Wetzel, 2001). La variazione di fattori come profondità, granulometria ed esposizione al moto ondoso, abbinate alle variazioni di livello, influiscono sul grado di biodiversità della comunità di macrofite (Keddy & Reznicek, 1986; Keddy,

1990; Ostendorp, 1991; Wilcox & Meeker, 1992). La vegetazione gioca un ruolo importante anche nella protezione delle rive (Maynard & Wilcox, 1997; Ostendorp, 1993).

Accanto a queste funzioni prettamente ecologiche esiste anche una funzione ricreativa, in quanto le zone costiere dei laghi, per la loro naturale conformazione, possiedono una notevole attrattiva turistica (Bragg *et al.*, 2003; Wilcox, 1995).

Per quanto riguarda la terminologia che si riferisce alle diverse porzioni della fascia perilacuale, l'IFP adotta le seguenti definizioni:

- linea di costa (*shoreline*): si riferisce a quella porzione di costa lacustre di contatto tra acqua e terra, che può essere nuda, erbacea o costituita da elementi vegetali più o meno complessi, come ceppi, tronchi, rami, apparati radicali, canneti o altro;
- fascia litoranea (*littoral zone*): indica quella porzione di lago adiacente alla linea di costa, che corrisponde alla zona eufotica (ben illuminata) ed in genere coincide con il limite di sviluppo delle macrofite sommerse; ospita comunità di fitobenthos e zoobenthos caratteristiche e fornisce rifugio a molti animali acquatici e non; è zona di deposito e sviluppo delle uova di talune specie ittiche (Baker, 1990; Doyle, 1990; Pollock *et al.*, 1998; Bratli *et al.*, 1999; Wetzel, 2001; Roth *et al.*, 2007);
- fascia riparia (*riparian zone*): rappresenta quella parte di territorio immediatamente adiacente al lago, in grado di influenzare significativamente il valore di qualità determinato dagli altri elementi idromorfologici, biologici o fisici e a sua volta può essere influenzata dagli allagamenti e dal moto ondoso. Viene per lo più indicata come quella porzione che svolge funzioni ecotonali, costituita da habitat per organismi sia terrestri sia acquatici e garantendo un' elevata biodiversità (Wetzel, 2001);
- territorio circostante (*lakeside zone*): interessa quella porzione di territorio che interagisce con l'ambiente lago; non ha struttura e funzione ecotonale, ma più prettamente terrestre.

Le espressioni come *lakeside zone*, *riparian zone*, *littoral zone*, *shoreline*, non riflettono appieno il significato di zona ecotonale e nel mondo scientifico manca una comunanza di espressioni per indicare la fascia ecologicamente funzionale. Infatti non esiste un unanime e condiviso accordo sulle porzioni di lago e sulle loro definizioni, tant'è che nello stesso documento del CIS Wetlands Group (CIS, 2003) per identificare la *littoral zone*, soprattutto quando il contesto è riferito a laghi naturali, si utilizza il termine *lakeshore* che, invece, altri autori definiscono in modo diverso, meno geografico - morfologico, ma più ecologico - funzionale (Schmieder, 2004).

L'espressione *lakeshore*, che solo ultimamente è utilizzata in letteratura per identificare la porzione di lago che svolge sia morfologicamente sia funzionalmente il ruolo di elemento ecotonale, corrisponde alla fascia che

comprende sia la *littoral zone* sia la *riparian zone* sopra descritte (Ostendorp *et al.*, 2004) (Fig.1).

Il termine *lakeshore* quindi, viene impiegato per indicare l'area di transizione (ecotono), che mette in comunicazione l'ambiente terrestre con quello pelagico (Naiman & Decamps, 1997).

Ai fini della applicazione del metodo IFP per **fascia perilacuale si intende una fascia topograficamente sita attorno al lago, che comprende parte della zona litorale (*littoral zone* fino a profondità massima di un metro) e si estende fino a 50 metri dalla linea di costa (*shoreline*).**

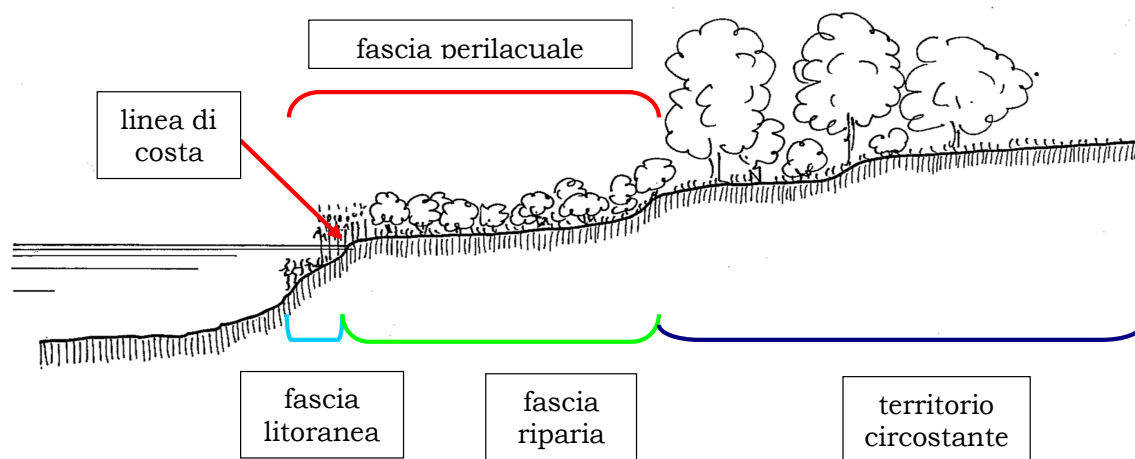


Fig.1 - Schema delle diverse porzioni perilacuali.

Le *lakeshores* naturali possono avere caratteristiche diverse che dipendono dalla vegetazione e dalla geologia delle rocce, genesi, età, profondità e forma del lago, processi geomorfologici, delta di sedimentazione, azione del moto ondoso e delle correnti, cambi di livello. Esse espletano in modo efficiente il ruolo di ecotono separando e, nel contempo, mettendo in relazione l'habitat terrestre con quello lacustre, regolando i flussi *sink-source* tra i comparti a contatto (Farina, 2001). Inoltre, esse esercitano parecchie funzioni ecologiche di filtro per i nutrienti di origine diffusa, esercitando l'azione tampone e autodepurativa della acque proprie delle fasce (litoranea e riparia) che la compongono (Hatterman *et al.*, 2006; Cirmo & McDonnell, 1997; Krysanova & Becker, 2000; Lin *et al.*, 2002).

Perciò la fascia perilacuale, ecologicamente integra, acquista notevole importanza funzionale per le diverse attività che svolge nei confronti dell'ecosistema lacustre:

- 1) **Filtro** - Le piogge e il ruscellamento superficiale dell'acqua sono rallentati dalla vegetazione, che favorisce l'infiltrazione e i processi di cattura dei sedimenti e degli inquinanti (Pinay *et al.*, 1990) (Fig. 2).
- 2) **Protezione dall'erosione** - Le radici arboree trattengono il terreno delle rive impedendo o rallentando il processo di erosione operato dal moto ondoso naturale o indotto dai natanti (Heckman, 1984).
- 3) **Rimozione dei nutrienti** - I nutrienti come azoto o fosforo provenienti dal bacino circostante, possono essere intercettati dagli apparati radicali della vegetazione della fascia perilacuale e metabolizzati ed immagazzinati in foglie, tronco e radici (Pinay *et al.*, 1990; Vanek, 1991; Vought *et al.*, 1993, 1994; Shultz *et al.*, 1995; Push *et al.*, 1998). Il fosforo è il principale nutriente limitante dei laghi e produce un'accelerazione del processo eutrofico delle acque lacustri. La sua rimozione può avvenire mediante tre diverse soluzioni:
 - a) deposito nei sedimenti lacustri;
 - b) adsorbimento del fosforo disciolto, come ortofosfato, e sua immobilizzazione nelle particelle del sedimento di fondo (Triska *et al.*, 1993; Vought, 1993);
 - c) *uptake* o prelievo di azoto e fosforo ortofosfato solubile con la suzione operata dagli apparati radicali della vegetazione perilacuale (Vought, 1993, 1994) (Fig. 2).

L'efficacia della fascia tampone risente della durata, intensità e periodo in cui confluiscono i flussi idrici legati alle attività climatiche stagionali: ad esempio, la vegetazione perilacuale, generalmente composta da piante decidue, presenta una maggior efficienza di filtro e rimozione dei nutrienti nel periodo vegetativo rispetto al periodo di *dormienza* fisiologica (Mitsch & Grosselink, 1986).

- 4) **Controllo della temperatura** - Attraverso l'ombreggiamento prodotto dalla chioma degli alberi si può avere un'attenuazione dell'irraggiamento solare ed un controllo della temperatura nella striscia d'acqua a contatto con la costa, dove più spesso si insedia la fauna e dove avvengono le deposizioni di uova (Gregory *et al.*, 1991).
- 5) **Habitat** - La fascia perilacuale vegetata forma un habitat ideale per molte specie di animali (anfibi, rettili, uccelli, mammiferi, insetti ecc.), fornendo loro rifugio e cibo necessario per la sopravvivenza e riproduzione (Callow & Petts, 1994). A tale aspetto si associa anche una valenza della fascia costiera come habitat per la fauna ittica e quindi come elemento da tutelare o riqualificare anche per il mantenimento della risorsa alieutica.
- 6) **Valore antropico** - Una fascia perilacuale vegetata e alberata assume particolare valore per caratterizzare il lago sia dal punto di vista naturalistico, sia estetico. Altre volte assume valore culturale storico-archeologico per la presenza di manufatti di pregio storico.

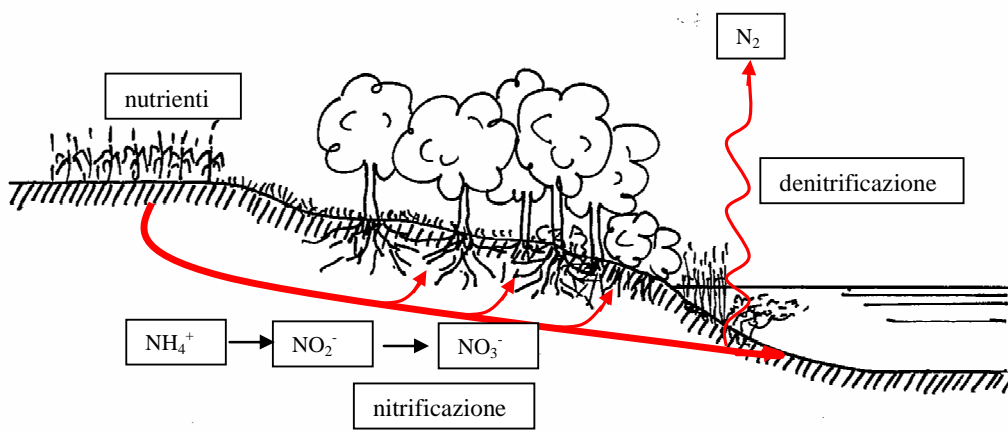


Fig. 2 – Rappresentazione della funzione tampone della lakeshore.

4. L'Indice di Funzionalità Perilacuale IFP: generalità

4.1 Approccio metodologico

Per poter soddisfare le esigenze sopra esposte, in merito alla necessità di indici per la valutazione della funzionalità delle fasce perilacuali, è stato ufficialmente istituito da APAT, ora ISPRA, un gruppo di lavoro allo scopo di proporre un nuovo metodo.

Dopo un primo approccio classico al problema basato sull'esperienza ormai consolidata dell'Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi *et al.*, 2007), il gruppo di lavoro, riflettendo sulla necessità di aprire l'orizzonte della bioindicazione a modelli concettuali più moderni ed avanzati, si è orientato verso una elaborazione di approcci che potessero avvalersi delle potenzialità di metodi di nuova generazione, quali ad esempio quelli mutuati dal campo del *Machine Learning*, dell'Intelligenza Artificiale o della *Fuzzy Logic* quali ispiratori di una nuova visione ecosistemica.

Ai fini della definizione di un criterio di valutazione della funzionalità di una struttura ecologicamente rilevante, dell'integrità di una comunità o di altre caratteristiche di entità affini, sono possibili sostanzialmente due approcci:

- Il primo prevede il riconoscimento di tipologie ricorrenti e la successiva interpretazione di queste ultime, con l'attribuzione *a posteriori* di un giudizio di qualità o di una classificazione analoga, non necessariamente su una base strettamente ordinale (ovvero non necessariamente secondo uno schema che distingua soltanto ciò che è desiderabile da ciò che non lo è). Questo approccio, ad esempio, è quello che è stato adottato per lo sviluppo dell'algoritmo CAM (Classificazione Acque Marine), che è stato adottato per la valutazione dei dati forniti dal monitoraggio delle acque marine costiere coordinato dal Ministero dell'Ambiente (www.minambiente.it).
- Il secondo approccio, invece, prevede una valutazione *a priori* della qualità o della funzionalità delle entità osservate, fornita dai tecnici che rilevano i dati di campo ed univocamente legata a questi ultimi. In pratica, si rilevano i valori di una serie di variabili o attributi ritenuti rilevanti e si associa ad essi un giudizio, ovviamente soggettivo. Successivamente questa informazione può essere utilizzata per sviluppare un metodo di tipo euristico o codificato formalmente in un preciso algoritmo, per associare ad un insieme di misure o osservazioni ambientali un giudizio il più possibile conforme a quello che sarebbe stato assegnato nel caso fossero stati disponibili i rilevatori di dati originali. Ciò è stato realizzato in qualche caso mettendo a punto indici biotici multimetrici più o meno complessi, ma le possibilità dei moderni metodi di analisi dei dati, *Machine Learning* o addirittura di Intelligenza Artificiale, rendono molto più semplice l'uso di approcci non soggettivi a questo problema (Scardi *et al.*, 2008).

In questo ambito, per il trattamento dei dati raccolti per la messa a punto di un Indice di Funzionalità Perilacuale, si è deciso di adottare un approccio basato su un **classification tree**, dopo aver analizzato con diverse tecniche esplorative, quali ordinamenti e classificazioni gerarchiche, ed anche reti neurali non supervisionate (*Self Organizing Maps*), Per un'introduzione alle applicazioni ecologiche del metodo si può fare riferimento, ad esempio, a Fielding (1999).

Questa soluzione consente di legare univocamente un insieme di osservazioni sulla struttura della fascia perilacuale ad una valutazione della sua funzionalità potenziale, ovvero della sua capacità apparente di proteggere il corpo d'acqua dalle immissioni non puntiformi provenienti dalle sezioni del bacino imbrifero sottese dal tratto di fascia perilacuale considerato.

Questo metodo risulta di immediata comprensione ad un'utenza di ecologi e naturalisti, poiché genera un albero binario che ha la stessa struttura di una chiave dicotomica per l'identificazione di specie.

Questa soluzione non è l'unica possibile e non è necessariamente la più efficace in assoluto, ma è stata scelta perché ritenuta ottimale rispetto alla natura esplorativa del lavoro effettuato. In particolare, l'obiettivo primario è stato quello di ottenere un metodo facilmente applicabile sulla base di un insieme di osservazioni di campo piuttosto limitato.

È stata quindi elaborata dal gruppo di lavoro una scheda per la raccolta del maggior numero di descrittori ed indicatori al fine di individuare le informazioni più significative per gli obiettivi preposti.

La scheda risulta articolata in tre gruppi di descrittori:

- 1) Parametri generali
 - (a) Topografici
 - (b) Morfologici
 - (c) Climatici
 - (d) Geologici
 - (e) Diversi
- 2) Parametri ecologici
 - (a) Tipologia vegetazione
 - (b) Ampiezza
 - (c) Continuità
 - (d) Interruzione
- 3) Parametri socio-economici
 - (a) Generali
 - (b) Uso del territorio
 - (c) Infrastrutture
 - (d) Turismo
 - (e) Infrastrutture turistiche
 - (f) Attività produttive

4.2 Caratteristiche del classification tree

Un *classification tree* (termine a volte tradotto in italiano come “albero decisionale” o “albero di decisione”) è un albero binario che rappresenta un

insieme di regole che si applicano per classificare osservazioni multivariate. Ogni “foglia” di un *classification tree* rappresenta una tipologia di osservazioni più o meno frequente e più foglie possono appartenere alla medesima classe; ne consegue che si possono considerare le foglie come sottoinsiemi delle classi riconosciute dal sistema.

Una volta messi a punto (o addestrati, in gergo) i *classification trees* possono essere usati per classificare oggetti o osservazioni seguendo sequenzialmente le regole associate ad ogni biforcazione dell’albero, fino ad arrivare alle foglie.

Queste ultime possono essere più o meno pure, cioè contenere o meno oggetti o osservazioni classificati in maniera errata. In generale, spesso l’ottenere foglie pure implica una ridotta capacità di generalizzazione dell’albero (*overfitting*). In altre parole, se l’albero impara soltanto a classificare correttamente i casi che gli vengono effettivamente sottoposti durante l’addestramento, le regole che vengono generate sono troppo strettamente associate a questi casi particolari, che non sono poi utili quando altri casi, leggermente differenti, devono essere classificati. Al contrario, se la struttura dell’albero e le regole che essa contiene sono semplici, la probabilità che l’albero possa essere efficace anche nella classificazione di nuovi casi è superiore. E’ questo il motivo per cui si utilizzano in molti casi anche dei metodi appropriati per “potare” l’albero una volta sviluppato, in modo da ridurre la complessità e da aumentare, se possibile, la sua capacità di generalizzare.

Fra le tecniche di *Machine Learning* i *classification trees* rappresentano forse quella che meglio si presta ad essere tradotta in applicazioni pratiche facilmente comprensibili anche da parte di un pubblico non specialista. Infatti, la complessità degli algoritmi che vengono utilizzati per l’addestramento degli alberi, ovvero per definire l’insieme ottimale di condizioni logiche e di valori soglia da verificare, è del tutto trasparente per l’utente finale ed anche, entro determinati limiti, per colui che lo sviluppa.

In particolare, fra i vantaggi di un *classification tree* possono essere citati i seguenti:

- sono semplici da mettere a punto, grazie ad algoritmi generalmente efficienti e collaudati (es. C4.5, ID3, CHAID, etc.) ed in qualche misura capaci di stimare autonomamente i parametri strutturali ottimali per un albero;
- sono semplici da comprendere, rappresentare graficamente ed interpretare, a differenza di altre tecniche di *Machine Learning*, come le reti neurali artificiali, o di tipo statistico, come i modelli regressivi non lineari;
- la loro applicazione pratica non richiede calcoli di alcuni tipo, ma solo la verifica di un insieme di condizioni logiche elementari;
- possono gestire con eguale efficacia sia variabili quantitative sia semiquantitative o nominali, mentre altri metodi non sempre possono trattare efficacemente queste ultime;
- sono particolarmente efficienti nel gestire i casi di interazioni fra variabili, che vengono risolti partizionando opportunamente lo spazio definito dagli attributi considerati;

- possono suggerire quali attributi sono più importanti nel determinare la classificazione e ciò non richiede particolari analisi aggiuntive, ma solo un'ispezione visuale della struttura dell'albero.

4.3 Sviluppo della scheda di rilevamento IFP

La definizione della scheda per la rilevazione dei parametri IFP è stata effettuata nell'arco del periodo 2004-2009 attraverso una serie di passaggi che hanno portato in un primo tempo all'individuazione di una rosa molto ampia di parametri associabili alla funzionalità della fascia perilacuale. Una prima scrematura di questi parametri è stata effettuata dopo aver "collaudato" la scheda su alcuni corpi lacustri ed aver eliminato le informazioni che risultavano ridondanti o scarsamente significative.

Si è cercato inoltre di selezionare i parametri anche sulla base della possibilità di reperirli in maniera agevole per tutte le tipologie lacustri; per questo sono state ad esempio escluse alcune informazioni meteo-climatiche, che in alcuni casi non erano disponibili.

L'applicazione iniziale di una scheda "sperimentale" ha permesso di valutare le oggettive difficoltà di compilazione e di definire meglio i parametri richiesti, nonché le modalità di assegnazione dei punteggi. Attraverso la sperimentazione in campo è stato inoltre possibile stilare un protocollo preliminare per la corretta interpretazione della scheda. Questa prima fase di lavoro ha portato in questi ultimi anni alla definizione della scheda di rilevazione dei parametri IFP descritta più avanti.

5. L'Indice di Funzionalità Perilacuale IFP: protocollo di applicazione

5.1 Indagini preparatorie

L'applicazione della scheda IFP va preceduta da un'analisi "a tavolino" dell'ambiente lacustre in esame. Innanzitutto è importante disporre di un'adeguata cartografia, utile sia per inquadrare il lago nel suo insieme, sia per individuare le vie di accesso alle sponde e poi sul campo per segnare i tratti omogenei.

Durante il rilevamento risulta utile la consultazione di carte tematiche contenenti informazioni georeferenziate (uso del suolo, carta della vegetazione, curve di livello, eventuale batimetria, foto aeree, carta tecnica, etc.). Indipendentemente dalla scala prescelta per la restituzione dei risultati, per il lavoro sul campo è necessaria una carta alla scala 1:10.000 per poter individuare con un certo dettaglio gli elementi necessari all'analisi ambientale.

E' consigliabile, inoltre, lo studio preventivo di fotografie aeree per rendersi conto delle effettive caratteristiche generali delle fasce perilacuali che non sempre sono bene interpretate con un rilevamento dal suolo.

5.2 Scheda per il rilevamento dei parametri IFP

I parametri ritenuti utili per la determinazione dell'IFP vanno raccolti in una scheda di campo, suddivisa in due parti. La prima, con i dati generali, viene compilata per l'intero lago; la seconda, con i dati ecologico-morfologici, viene compilata per ciascun tratto omogeneo, ovvero per ciascun tratto che presenta caratteristiche eco-funzionali simili e costanti nello spazio.

Il tratto omogeneo viene individuato sul campo e sulla scorta delle informazioni raccolte dall'esame delle ortofotocarte.

Il cambio di tratto e di scheda avviene ogni volta che la fascia varia in maniera evidente, soprattutto nelle caratteristiche riguardanti il peso degli impatti (es. artificializzazioni) o della struttura della fascia perilacuale (composizione, ampiezza, conformazione ecc.). Non esiste una lunghezza prestabilita per il tratto omogeneo, che può essere anche dell'ordine dei chilometri, ma deve essere uguale o superiore al tratto minimo rilevabile (TMR). La dimensione del TMR non è facilmente caratterizzabile, in quanto dipende dalla grandezza del lago, dal peso degli impatti antropici, dalla struttura e conformazione della fascia perilacuale e altro.

Nel caso di grandi laghi (perimetro superiore ai 50 km), in linea di massima, il tratto minimo è da considerarsi non inferiore ai 200 metri, salvo la presenza di tratti con particolari caratteristiche o impatti antropici che possono richiedere la compilazione di una scheda a parte.

Le informazioni richieste nella prima parte della scheda (Tab. 1) possono essere reperite da dati cartografici e bibliografici oppure, da eventuali campagne di monitoraggio. In ogni caso, si tratta di informazioni aggiuntive che arricchiscono la conoscenza dell'ambiente lacustre in esame, ma che non sono direttamente utilizzate per l'assegnazione del giudizio di funzionalità della fascia perilacuale.

	INDICATORE	espressione parametro	tipologia
TOPOGRAFICI	origine ¹	-	categoria
	tipo ²	-	categoria
	locazione ³	-	categoria
	latitudine	gradi, primi e secondi	numerico
	longitudine	gradi, primi e secondi	numerico
	quota lago	metri slm	numerico
	quota media bacino imbrifero	metri slm	numerico
MORFOLOGICI	area bacino imbrifero (SB)	km ²	numerico
	pendenza rive	gradi o percentuale	numerico
	sviluppo linea di costa	-	numerico
	area lago (SL)	km ²	numerico
	volume	km ³	numerico
	profondità massima	metri	numerico
	profondità media	metri	numerico
	tempo medio di residenza	anni	numerico
	portata immissari/emissari	m ³ /secondo	numerico
	rapporto SB/SL	-	numerico
sbalzi di livello	-	presenza/assenza	
CLIMATICI	piovosità	mm/anno	numerico
	temperatura max media di gennaio	gradi centigradi	numerico
	temperatura max media di luglio	gradi centigradi	numerico
	tipologia substrato geologico prevalente	-	categoria
DIVERSI	ciclo termico	-	categoria
	trasparenza estiva (disco Secchi)	metri	numerico
	classificazione trofica usando i principali indicatori	-	categoria

¹ = tettonico, vulcanico, glaciale, lanca, di frana, endorreico, costiero, stagionale, altro

² = artificiale, naturale aperto, naturale largo, naturale chiuso, naturale regolato, altro

³ = alpino (montano), prealpino (mezza montagna), planiziale

⁴ = calcareo, magmatico, metamorfico, sedimentario, altro

⁵ = olomittico, monomittico, dimittico, polimittico, meromittico, amittico, altro

⁶ = ultraoligotrofico, oligotrofico, mesotrofico, eutrofico, ipertrofico

Tab. 1 - Parte 1 della scheda IFP: dati generali

La seconda parte della scheda si riferisce alle condizioni di ogni singolo tratto omogeneo di fascia perilacuale, scelto secondo le modalità descritte in seguito (Tab. 2).

PARAMETRO	TIPOLOGIA	VALORI	NOTE
1. Ampiezza della fascia perilacuale	categoria	0, 1, 2, 3, 4, 5	
2. Caratterizzazione della vegetazione perilacuale			
2.1 Copertura/composizione %	numerico	% - da 0 a 1	$\sum = 1$, tranne casi particolari
2.2 Vegetazione igrofila e non igrofila	numerico	% - da 0 a 1	$\sum = 1$
2.3 Presenza specie esotiche	numerico	% - da 0 a 1	
2.4 Eterogeneità vegetazione arborea-arbustiva	numerico	da 0 a 1	
3. Continuità della vegetazione perilacuale	categoria	0, 0,5, 1	
4. Presenza di interruzioni entro la fascia perilacuale	numerico	da 0 a 1	
5. Tipologia di uso antropico nella fascia perilacuale	categoria	0, 0,5, 1	
6. Uso prevalente del territorio circostante	categoria	0, 1, 2, 3	
7. Infrastrutture	numerico	da 0 a 1	
8. Fascia perilacuale emersa			
8.1 Pendenza media	categoria	0, 1, 2, 3, 4, 5	
8.2 Confronto pendenza area emersa/sommersa	categoria	0, 1	
9. Profilo della riva			
9.1 Concavità e convessità	numerico	da 0 a 1	
9.2 Complessità	numerico	da 0 a 1	
10. Artificialità della riva	numerico	da 0 a 1	
11. Canalizzazione apparente del run-off	categoria	0, 0,5, 1	
12. Giudizio personale	categoria	0, 1, 2, 3, 4, 5	

Tab. 2 – Parametri indicati come utili per l'IFP con indicazione della tipologia ed espressione valutativa degli stessi

Le informazioni necessarie alla compilazione di questa parte sono interamente da raccogliersi in campo, secondo la scheda riportata in Tab. 3. La modalità di espressione dei singoli parametri è specificata di volta in volta.

Si è deciso di utilizzare una scala di punteggi numerici per esigenze di successiva elaborazione statistica; i punteggi sono definiti mediante una scala discreta o un range di valori che tiene conto della gradualità di espressione di ciascun parametro.

Come è descritto più avanti nella spiegazione del metodo, non tutti i parametri entreranno a far parte del set di risoluzione ed identificazione del livello di funzionalità, tuttavia è opportuno compilare tutta la scheda per avere un inventario completo delle caratteristiche della fascia perilacuale, in modo da permettere eventuali altre elaborazioni e discussioni progettuali per fini pianificatori.

Inoltre, come succede per tutti gli indici di tipo qualitativo o semi qualitativo che si basano su processi euristici e di fuzzy logic, dopo alcuni anni di applicazione è probabile che si renda necessaria una ricalibrazione della metodologia.

Data:
 Lago:
 Numero scheda:
 Delimitazione tratto:
 Numero foto:
 Rilevatori:
 Coordinate GPS:

FASCIA PERILACUALE

confine della fascia determinato da

nella fascia perilacuale individuata fino ad un massimo di 50 m (quando FP ha ampiezza maggiore)	1. Ampiezza della fascia perilacuale	
	0	0
	1-5 m	1
	5- 10 m	2
	10- 30 m	3
	30-50 m	4
	> 50 m	5
	2. Caratterizzazione della Vegetazione perilacuale	
	2.1 Copertura/composizione % (espressa da 0 a 1)	
	alberi %	
	arbusti %	
	canneto %	
	erbe %	
	suolo nudo %	
	2.2 Vegetazione igrofila e non igrofila (espressa da 0 a 1)	
	igrofile	
	non igrofile%	
	2.3 Presenza specie esotiche	
	esotiche %	
	2.4 Eterogeneità vegetazione arborea-arbustiva	
	specie arboree-arbustive autoctone igrofile >2/3	
	diversificata	1
	intermedia	0,9 -0,7
	monospecifica	0,6
	specie arboree-arbustive autoctone igrofile <2/3 e specie arboree-arbustive autoctone >2/3	
	diversificata	0,5
	intermedia	0,4-0,3
	monospecifica	0,2
	specie arboree-arbustive autoctone igrofile <2/3 e specie arboree-arbustive autoctone <2/3	
	prevalenza autoctone	0,1
	prevalenza esotiche	0
	vegetazione arborea-arbustiva assente	0
	3. Continuità della vegetazione perilacuale	
	fascia arborea e arbustiva	
	assente	0
discontinua	0,5	
continua	1	
fascia canneto bagnato		
assente	0	
discontinua	0,5	
continua	1	
fascia canneto asciutto		
assente	0	
discontinua	0,5	
continua	1	
4. Presenza di interruzioni entro la fascia perilacuale		
assente	0	
intermedio		
presente su tutto il tratto	1	
5. Tipologia di uso antropico nella fascia perilacuale		
prati incolti, sentiero o strada sterrata, etc.	0	
urbanizzazione rada, prato coltivato, etc.	0,5	
area urbanizzata, etc.	1	

RIVA E TERRITORIO CIRCOSTANTE

0-200 m	6. Uso prevalente del territorio circostante	
	foreste e boschi	0
	prati, pascoli, boschi, arativi, incolti	1
	culture stagionali e/o permanenti e urbanizzazione rada	2
	area urbanizzata	3
	7. Infrastrutture	
	strade provinciali/statali	
	assente	0
	intermedio	
	presente su tutto il tratto	1
	ferrovie	
	assente	0
	intermedio	
	presente su tutto il tratto	1
	parcheggi	
	assente	0
	intermedio	
	presente su tutto il tratto	1
	infrastrutture turistiche	
	assente	0
	intermedio	
	presente su tutto il tratto	1
	8. Fascia perilacuale emersa	
	8.1 Pendenza media	
	pianeggiante	0
	pendenza appena apprezzabile	1
	evidente, ma superabile senza problemi	2
	significativa, ma superabile da sentieri o rampe	3
	forte; strade o sentieri con tornanti	4
	estrema, non superabile da veicoli	5
	8.2 Confronto pendenza area emersa/sommersa	
	non concorde	0
	concorde	1
	9. Profilo della riva	
	9.1 Concavità e convessità	
concavità		
assente	0	
intermedio		
presente su tutto il tratto	1	
convessità		
assente	0	
intermedio		
presente su tutto il tratto	1	
9.2 Complessità		
assente	0	
intermedio		
presente su tutto il tratto	1	
10. Artificialità della riva		
assente	0	
intermedio		
argini in cemento, o comunque non permeabili	1	
11. Canalizzazione apparente del run-off		
nessuna direzione di flusso prevalente	0	
intermedio		
tutto lo scolo convergente in un unico punto	1	
12. Giudizio personale		
eccellente	1	
buono	2	
medio	3	
scadente	4	
pessimo	5	

Tab. 3 - Parti 1 e 2 della scheda IFP da utilizzare in campo

5.3 Modalità di rilievo

La raccolta dei dati riferiti a tutto il lago (Parte 1) può precedere il sopralluogo in campo.

La compilazione della Parte 2 della scheda va effettuata esclusivamente in campo e si riferisce ad ogni singolo tratto omogeneo; ogni volta che si osserva una variazione significativa di uno o più parametri da rilevare, deve essere compilata una nuova scheda.

Per variazione significativa si intende un cambiamento rilevante di uno o più parametri, come ad esempio una differenza notevole nell'ampiezza o nella tipologia della fascia perilacuale, la presenza di infrastrutture o interruzioni assenti nel tratto precedente, cambiamenti notevoli di complessità o artificialità della riva, etc. Il cambiamento del solo parametro concavità e/o convessità spesso non è sufficiente per determinare il cambio di scheda, se tutti gli altri parametri rimangono invariati. Nel caso di rive con frequenti conche ed insenature, è bene sempre fare delle considerazioni, in funzione della scala alla quale si sta compiendo il rilevamento (sulla lunghezza del tratto minimo rilevabile), in modo da effettuare una adeguata suddivisione in tratti.

Per ragioni di praticità e sicurezza è opportuno che il rilievo venga effettuato da almeno due operatori, in modo anche da garantire una reciproca validazione scientifica.

La scheda deve essere compilata percorrendo il tratto da monitorare a piedi, lungo la sponda. L'attività di campo dovrebbe concentrarsi nella stagione vegetativa, dato che vengono richieste informazioni sulla tipologia di vegetazione perilacuale. Nel caso di tratti con folta vegetazione spondale e/o rive scoscese, in cui gli accessi possono essere obbligati e distanti, è consigliabile ripercorrere il lago con una barca per rilevare eventuali interruzioni della vegetazione e situazioni di naturalità o artificialità della sponda.

Risulta inoltre utile effettuare un'adeguata documentazione fotografica. Per una maggior precisione nella delimitazione dei tratti è consigliato inoltre l'utilizzo in campo del GPS, che consente di registrare le coordinate dei punti di inizio e fine tratto a supporto della successiva rappresentazione cartografica mediante programmi GIS.

Il materiale necessario per l'applicazione del metodo consiste in:
abbigliamento da trekking ed equipaggiamento personale di sicurezza adeguato
cartografia 1:10.000 del lago, per il rilievo di dettaglio
ortofotocarte
un numero adeguato di schede per il rilievo
macchina fotografica digitale
matita e gomma per cancellare
fogli per l'annotazione di casi di particolare interesse
corda metrica

stivali da pescatore
telemetro ottico laser
GPS

Molto utile risulta essere l'utilizzo di un *Tablet PC* con GPS incorporato in modo da georeferenziare i tratti e segnarli direttamente in campo su di una carta tecnica digitalizzata, oltre alla possibilità di compilare la scheda direttamente nel *TabletPC*.

Questi dati successivamente possono essere scaricati, riorganizzati ed elaborati.

5.4 Calcolo del livello di funzionalità perilacuale

L'applicazione di un *classification tree* ai dati relativi agli attributi della fascia perilacuale ha consentito di ottenere una prima ipotesi, frutto dell'elaborazione con un database costituito da 450 schede, per la stesura di un criterio di valutazione della funzionalità perilacuale.

L'uso del *classification tree* è stato reso ancora più semplice attraverso un programma in ambiente Windows che richiede i dati relativi ai soli descrittori essenziali. Nell'elenco degli attributi considerati dal *classification tree* sviluppato per la valutazione della funzionalità perilacuale, i 9 parametri che dall'elaborazione del database di schede sono risultati essere determinanti per classificare il tratto sono i seguenti:

- artificialità della riva
- copertura vegetazione erbacea
- interruzioni della fascia perilacuale
- concavità del profilo di riva
- copertura del canneto
- copertura specie arboree
- infrastrutture stradali
- eterogeneità della vegetazione arborea
- copertura specie non igrofile

E' da specificare che le informazioni relative ai descrittori che al momento non concorrono a definire il valore dell'indice (non comprese nell'attuale *classification tree*) risultano comunque utili in quanto costituiscono un database delle caratteristiche morfologiche ed ecologiche delle zone perilacuali, alcune delle quali corrispondono agli elementi qualitativi richiesti per la classificazione dello stato ecologico dei laghi (Direttiva 2000/60/CE).

Nella figura 3 è rappresentato il *classification tree* ottenuto. Nelle foglie di quest'ultimo, come pure nei suoi nodi, sono riportate le probabilità di assegnazione a ciascuna delle classi di funzionalità stimata, che sono indicate con un numero da 1 (eccellente) a 5 (pessima). La classe di assegnazione più probabile è di volta in volta quella riportata su fondo grigio nella tabella contenuta in ciascuna foglia o nodo.

IFP

Indice di Funzionalità Perilacuale

Classification Tree (ver. 1.2, aprile 2008)

N.B. I dati riportati come frequenze percentuali e numeri (% e n) sono riferiti ad un test set di 150 osservazioni indipendenti da quelle utilizzate per l'addestramento dell'albero.

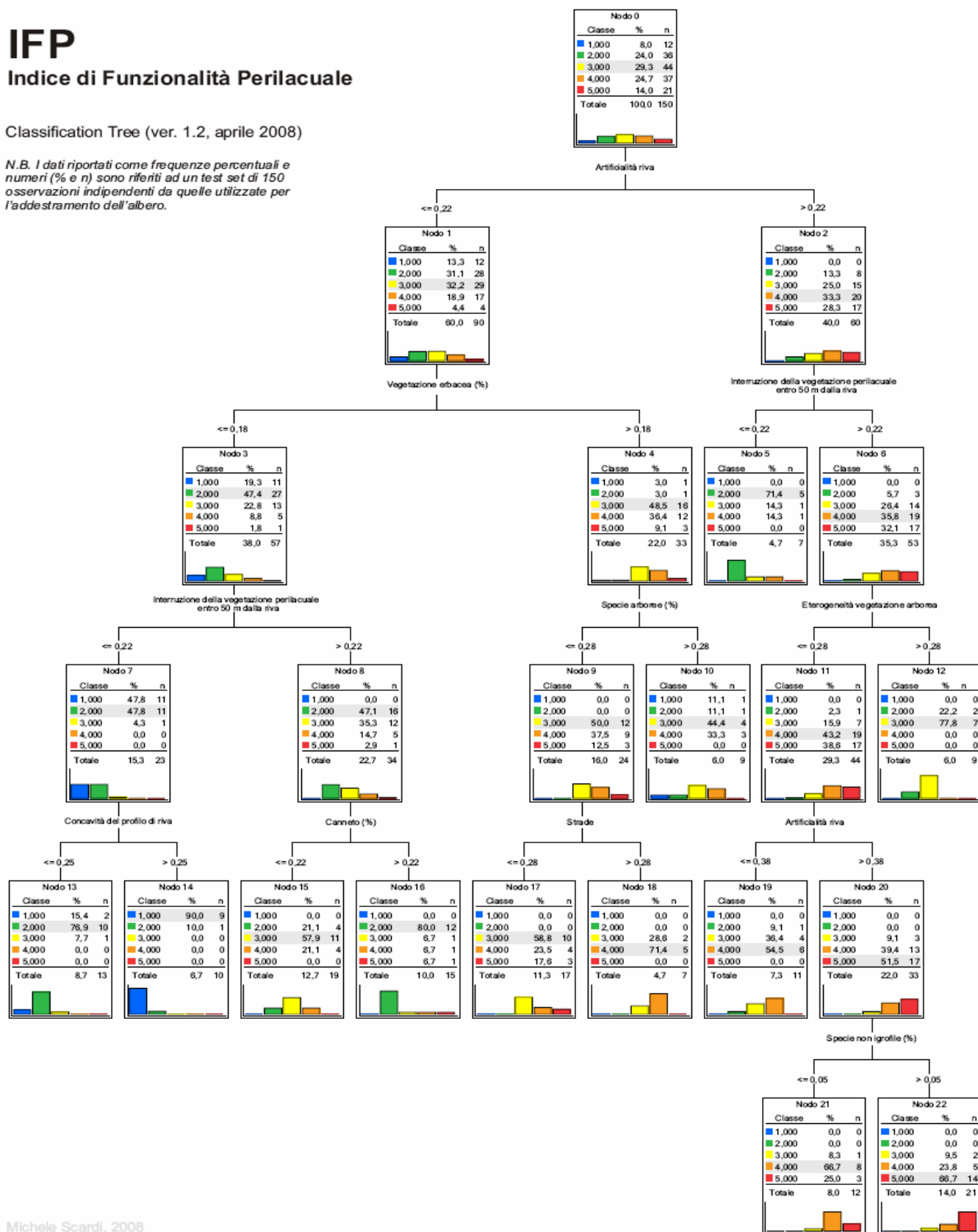


Fig. 3 - Classification tree per la determinazione dei livelli di funzionalità perilacuale con le relative percentuali.

Per procedere alla classificazione di un tratto del lago si deve entrare nell'albero alla radice (in alto) e verificare la prima condizione (artificialità <0.22 o >0.22), quindi interruzione o vegetazione erbacea e così via fino al termine dell'albero che indicherà le probabilità di livello di funzionalità. Unica eccezione riguarda le foglie 13 e 14 riguardanti la concavità, le quali di default indicano un livello di funzionalità pari al II livello se la concavità è minore di 0.25 e di I livello se è superiore a 0.25. Tuttavia dopo molteplici applicazioni, oltre le 450 schede del database iniziale, per testare il metodo ci è resi conto che l'indicazione derivata dalla concavità non aveva senso scientifico e poteva creare qualche problema interpretativo. Cosicché si è potuto verificare che l'indicazione delle foglie 13 e 14 deve essere invertita ovvero considerare il livello I quando la concavità è minore di 0.25 e livello II quando è maggiore di 0.25. In pratica la rappresentazione dell'albero va vista con lo scambio di posizione delle foglie 13 e 14.

E' interessante, inoltre, notare come i rami dell'albero a valle di questo primo nodo conducono a diverse classificazioni, che possono essere ottenute in funzione di altre condizioni. Il funzionamento dell'albero, comunque, è molto semplice e qualsiasi altra condizione ricade nei casi che via via si incontrano procedendo lungo la sua struttura.

Utilizzando l'apposito software per la definizione del valore di IFP, si può ottenere come output il livello di funzionalità e la probabilità di assegnazione a ciascuno dei livelli.

A questo proposito è importante rilevare come alcuni attributi entrino in gioco più volte in parti diverse dell'albero (es. *erbe %*). Ciò riflette un uso ottimale dell'informazione disponibile.

In tabella 4 viene presentata la verifica della corrispondenza tra i risultati ottenuti dall'osservazione diretta delle fasce (sulla base del giudizio esperto) e la previsione ottenuta tramite l'applicazione del modello.

		Predicted Class					
True Class		1	2	3	4	5	somma
1		10	5				15
2		6	39	19			64
3			26	42	13	4	85
4				6	16	14	36
5				5	8	4	17
	somma	16	70	72	37	22	217

Tab. 4 - Corrispondenza dei risultati teorici, derivati dall'applicazione del modello, e reali

L'applicazione del test di concordanza ponderata di Cohen (1960) ha evidenziato un valore $K = 0.673$ ($p < 0.01$). Inoltre, il 51.2% dei casi è stato stimato esattamente e il 95.9% dei casi è stato stimato con un errore di un solo livello di funzionalità. Dunque, gli errori superiori a questo margine

riguardano soltanto un residuo 4.1% dei casi e comunque sono relativi ad errori nell'ambito delle sole classi comprese fra la 3 e la 5.

5.5 Livelli e mappe di funzionalità

La valutazione finale viene tradotta in 5 livelli di funzionalità, espressi con numeri romani (da I che indica la situazione migliore, a V che indica quella peggiore), ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità (Tab. 5).

Il metodo non prevede situazioni intermedie come in altri indici, in quanto il risultato della classification tree offre dei valori probabilistici di assegnazione dei livelli e per definizione si assume il più probabile come giudizio finale. Tuttavia è possibile che il risultato della classification tree non dia una chiara predominanza di un livello rispetto ad altri: in tal caso sarà compito dell'operatore definire una realistica interpretazione dei dati.

LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
I	eccellente	blu
II	buono	verde
III	mediocre	giallo
IV	scadente	arancio
V	pessimo	rosso

Tab. 5- Livelli di funzionalità e relativo giudizio e colore di riferimento.

Ad ogni livello di funzionalità viene associato un colore convenzionale per la rappresentazione cartografica. La rappresentazione grafica viene effettuata con un buffer (opzione GIS) lungo la costa del lago suddiviso nei vari tratti individuati ai quali si associa il colore corrispondente al Livello di Funzionalità ottenuto (Fig. 4). La mappa può essere eseguita in scala 1:10.000 o 1:25.000 per una rappresentazione di dettaglio e in scala 1:50.000 per una rappresentazione d'insieme. È opportuno, ai fini di un utilizzo operativo e puntuale dei dati ottenuti, non limitarsi alla lettura cartografica, ma esaminare nel dettaglio i valori di IFP ed, eventualmente, i punteggi assegnati alle diverse domande. Ciò può consentire di evidenziare meglio le componenti ambientali più compromesse e di conseguenza di orientare le politiche di ripristino ambientale.

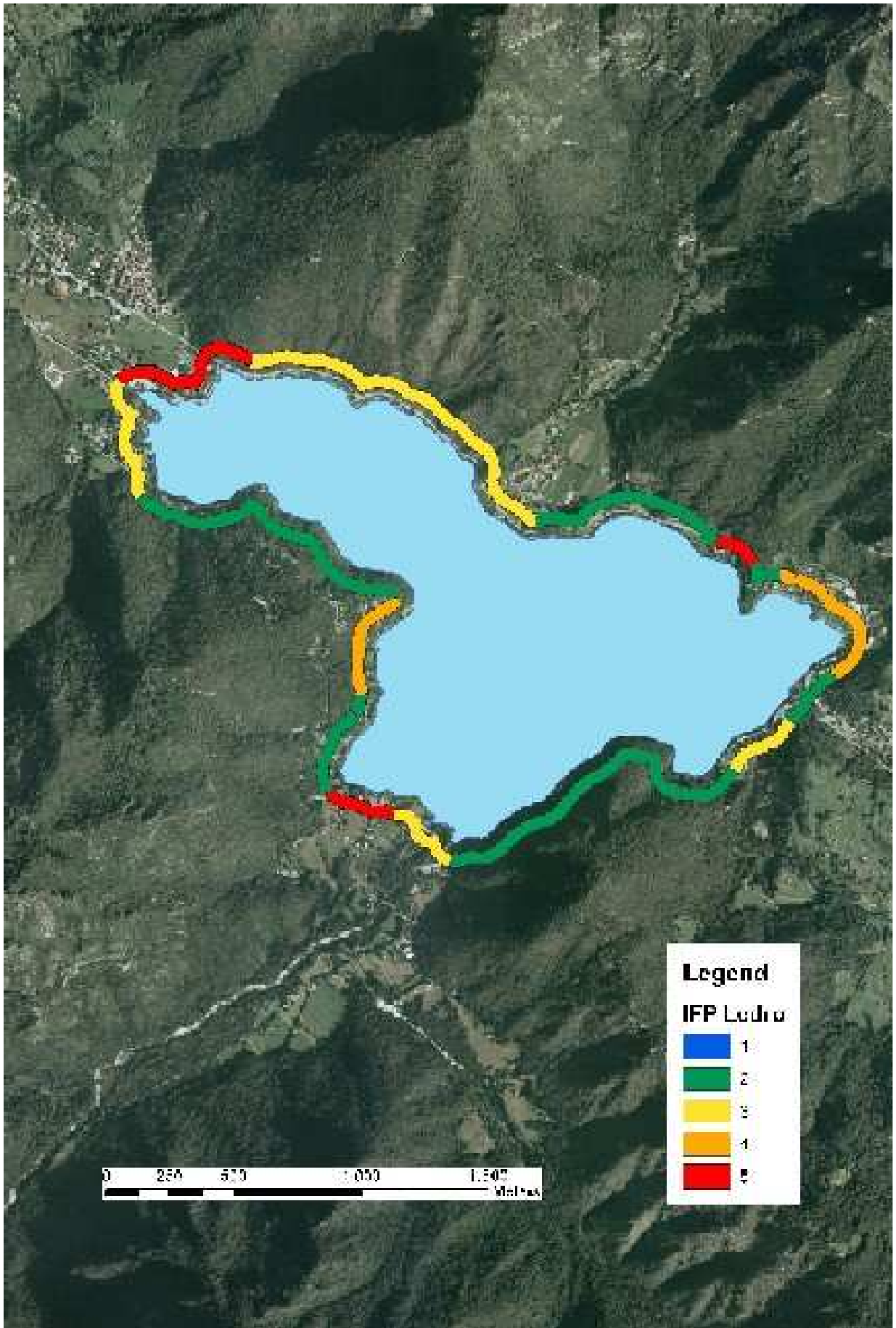


Fig.4 – Esempio di mappa di funzionalità perilacuale (Lago di Ledro, Trentino)

6 Guida alla compilazione della scheda

Una fase essenziale ed impegnativa dell'applicazione è quella rappresentata dalla compilazione della scheda che avviene sul campo e richiede una attenta lettura dell'ambiente in esame e la scelta delle risposte adeguate e pertinenti. Pertanto, al fine di agevolare il compito dell'operatore, nel presente capitolo vengono riportate le 12 domande, ognuna corredata dalle rispettive risposte e da una serie di chiarimento che andranno a costituire il percorso guidato che l'operatore dovrà seguire durante la fase di rilevamento sul campo. I chiarimenti sono raccolti nei seguenti quattro punti principali:

- 1) obbiettivo della domanda: descrive i principali aspetti della funzionalità che sono indagati dalla domanda;
- 2) principi: contiene i concetti su cui è fondata la domanda, con la finalità di agevolare l'operatore ad interpretare il livello di funzionalità degli aspetti indagati;
- 3) cosa guardare: indica qual è l'oggetto della domanda, e quali sono le caratteristiche ambientali su cui l'operatore deve concentrare maggiormente la sua attenzione;
- 4) come rispondere: fornisce le indicazioni che guidano alla scelta di una delle possibilità di risposta.

È quindi molto importante portare sempre con se il manuale durante il lavoro di campo.

La Tavola 6 mostra per ogni parametro e sottoparametro, l'ambito di applicazione, la tipologia di risposta (categoria o numero) e il limite dei valori e in quale pagina di può trovare questa informazione nel presente manuale.

Come descritto precedentemente nel capitolo 3 (pagine 9, **la fascia perilacuale: ecologia e funzione**), la fascia perilacuale è una area di transizione che connette l'ambiente terrestre con quello acquatico (Naiman & Decamps, 1997). Nell'indice IFP, questa fascia consiste nella "fascia situata intorno al lago che include parte della zona litorale (fino a una profondità massima di 1 metro) e la fascia di suolo emerso che può estendersi fino a 50 metri dalla riva". Il limite di 50 metri deriva dal fatto che una fascia di 30-50 metri ha una capacità di abbattimento dei nutrienti provenienti da territorio circostante pari al 95% (buffer strip activity).

Il canneto e le specie igrofile sommerse esistenti nella zona litoranea fino alla profondità di un metro sono considerate parte della zona perilacuale. In questo caso, il limite di 50 metri della fascia perilacuale verrà calcolato muovendosi ortogonalmente dal lago verso la riva iniziando dal limite esterno del canneto o dalla proiezione verticale delle chiome degli arbusti/alberi delle di essenze igrofile.

Nel caso di grandi laghi con canneti che si estendono per centinaia di metri dalla costa (per esempio, il lago di Neusiedl, Austria), si considera tutta l'estensione del canneto, in quanto possiede una robusta funzione ecotonale. Quindi, in questo caso, la fascia perilacuale sarà più di 50 metri.

	Parametro	Ambito	Tipologia	Limiti dei valori	
1	Ampiezza della fascia perilacuale		categoria	0,1,2,3,4,5	
2	Caratteristiche della vegetazione		Fascia Perilacuale 0-50 metri	numerico	% - da 0 a 1
2.1	composizione/copertura %			numerico	% - da 0 a 1
2.2	Vegetazione idrofile e non igrofila			numerico	% - da 0 a 1
2.3	Presenza di specie esotiche			numerico	Da 0 a 1
2.4	Eterogeneità della vegetazione arborea e arbustiva	numerico		Da 0 a 1	
3	Continuità della vegetazione perilacuale		categoria	0, 0.5, 1	
4	Presenza di interruzioni entro la fascia perilacuale		numerico	Da 0 a 1	
5	Tipologia di uso antropico entro la fascia perilacuale		numerico	0, 0.5, 1	
6	Uso prevalente del territorio circostante	Territorio Circostante 0-200 metri	numerico	0, 1,2,3	
7	Infrastrutture		numerico	Da 0 a 1	
8	Fascia perilacuale emersa	Fascia Perilacuale 0-50 metri	numerico		
8.1	Pendenza media		categoria	0,1,2,3,4,5	
8.2	Confronto pendenza area perilacuale emersa/ area sommersa		categoria	0,1	
9	Profilo della riva	Profilo della riva	numerico		
9.1	Concavità e convessità		numerico	Da 0 a 1	
9.2	complessità		numerico	Da 0 a 1	
10	Artificialità della riva		numerico	Da 0 a 1	
11	apparent channeling of run-off		categoria	0, 0.5, 1	
12	Giudizio personale		categoria	0,1,2,3,4,5	

Tab 6. lista parametri e sottoparametri

Nel caso di un muro di sostegno impermeabile costruito lungo la costa, la fascia perilacuale del lago sarà zero, poiché la struttura artificiale non garantirà nessuna funzione di buffer.

Muri di sostegno permeabili (per esempio costruiti con rocce e tronchi), non rappresentano un limite per la fascia perilacuale.

Spiagge artificiali, prati inglesi gestiti (taglio, concimazione ecc.) sono considerate strutture artificiale a pari dei muri impermeabili, ma, per differenziarli dai muri di cemento, si considera una larghezza della fascia perilacuale pari a 0-5 metri.

Nel rispondere alle domane riguardanti il territorio circostante (6 e 7), l'area che va considerata si estende dalla costa fisica del lago (quindi non include canneto ed altre specie acquatiche) fino a 200 metri verso terra. Questa domanda ha lo scopo di valutare l'ammontare della presenza umana e l'uso del territorio. Per rispondere a questa domanda si consiglia l'analisi di immagini aeree o satellitari del territorio circostante prima di uscire sul campo al fine di conciliare quanto descritto nelle immagini con quanto si osserva in realtà (non dimenticatevi di aggiungere la scala alla mappe).

Le domande sul profilo della riva (da 9 a 11) riguardano il profilo della zone perilacuale identificato nel tratto omogeneo. Quindi il canneto, nell'assenza di un muro impermeabile, può aumentare la complessità della riva .

L'artificialità della riva si riferisce alla stima visiva del livello di influenza antropica lungo la costa, mentre per rispondere alle domande sull'apparente scorrimento delle acque superficiali, è utile verificare le pendenze e

canalizzazioni convergenti o divergenti analizzando le curve di livello presenti nelle mappe.

6.1 Ampiezza della fascia perilacuale funzionale

1. Ampiezza della fascia perilacuale funzionale	
0	0
1-5m	1
5-10m	2
10-30m	3
30-50m	4
>50m	5

Obiettivi della domanda

Valutare l'ampiezza cumulativa (in senso ortogonale rispetto alla costa del lago) del complesso delle formazioni funzionali (per esempio elfote, idrofite, cespugli ripari e autoctoni, alberi) capaci di espletare un'azione buffer nei confronti dei nutrienti.

Principi

L'efficienza della vegetazione presente nella fascia perilacuale è legata non solo alla complessità e diversità delle formazioni presenti, ma anche alla loro ampiezza. Una fascia perilacuale con una ampiezza inferiore a 30 metri, anche se costituita da cespugli e alberi, non può svolgere efficacemente la funzione tampone. Anche la tipologia della copertura vegetativa inoltre influenza la funzionalità, quindi all'atto della stima dell'ampiezza della fascia perilacuale è importante escludere quelle componenti che non hanno alcuna funzione buffer.

Cosa guardare

Per la corretta compilazione della scheda IFP è necessario identificare in maniera univoca la fascia perilacuale.

Come già definito nel capitolo 3, essa corrisponde alla fascia che si estende dalla riva (linea di contatto tra ambiente acquatico e territorio - *shoreline*) verso l'esterno del lago fino ad un massimo di 50 metri. Comprende la zona riparia (*shorezone*) e l'eventuale zona litoranea (*littoral zone, fino a 1 metro di profondità*) (Fig. 1). Tale fascia può essere in continuità con foreste e boschi presenti nel territorio circostante, oppure estendersi fino ad un'interruzione. Esempi di interruzione includono; strade, strade sterrate che interrompono la proiezione verticale delle chiome degli alberi, campi coltivati, infrastrutture diverse, agglomerati urbani lineari etc.

Un muro impermeabile è considerato una interruzione poiché riduce l'ampiezza della fascia perilacuale a zero.

Nel caso di bacini artificiali o naturali, caratterizzati da notevoli sbalzi di livello che portano periodicamente all'emersione di ampie fasce litorali, la linea di riva (*shoreline SL*) viene posta al massimo livello di invaso, riconoscibile dal netto stacco tra la parte temporaneamente sommersa e la parte emersa più o meno colonizzata da vegetazione stabile.

La presenza di canneto bagnato è da considerarsi compresa nella fascia perilacuale. Il limite interno verso il lago corrisponde alla porzione di lago

fino alla profondità di un metro (Fig. 5). Nell'ambito di tale fascia litoranea possono svilupparsi elofite ed idrofite.

Per elofite si intendono le piante semi-acquatiche con la base e le gemme perennanti sommerse, ma con il fusto e le foglie aeree; sono presenti solitamente sulle rive di laghi e fiumi, nelle paludi e nei terreni acquitrinosi dove costituiscono i canneti. Esempi comuni sono le Tife (*Typha latifolia*, *T. longifolia*), le Carici (*Carex riparia*, *C. flacca*), la canna palustre (*Phragmites australis*), il giunco di palude (*Schoenoplectus lacustris*), il romice tabacco di palude (*Rumex hydrolapathum*), il giglio d'acqua (*Iris pseudacorus*) e il riso (*Oryza sativa*).

Per idrofite si intendono le piante acquatiche perenni le cui gemme si trovano sommerse o natanti; si suddividono in radicanti, con un apparato radicale che le ancora al fondale (es. *Potamogeton* spp., *Nymphaea alba*, *Callitriche* spp., *Ranunculus* spp. etc.) e natanti, che non presentano radici ancoranti e galleggiano sulla superficie dell'acqua (es. *Lemna* spp., *Utricularia* spp., etc.)



Fig. 5 - Confine interno della fascia perilacuale in assenza (linea gialla) o in presenza (linea rossa) di canneto bagnato.

L'importanza della fascia riparia come buffer strip e patch di incremento della biodiversità è stata illustrata nelle pagine precedenti (capitolo 3); l'efficacia delle funzioni ecologiche della zona riparia dipende dalla sua ampiezza..

L'ampiezza della fascia perilacuale (alberi, arbusti, canneto bagnato e/o asciutto, etc.) nel suo insieme, è stimata in metri come proiezione sul piano orizzontale delle chiome della vegetazione e va ricondotta in una delle categorie indicate (con punteggio da 0 a 5). Nel caso di rocce a strapiombo sulla superficie del lago, come fascia perilacuale è da considerarsi, se esiste, solo la porzione prossima al lago, mentre le pareti rocciose sono considerate esterne ad essa.

Se la fascia perilacuale è di tipo erbaceo, la sua ampiezza viene valutata solo se è rappresentata da formazioni spontanee, mentre vanno esclusi i prati sfalciati o i parchi urbani. A volte la fascia perilacuale può essere costituita da grandi alberi sotto i quali è presente una formazione erbacea; in tal caso si considera prioritariamente la vegetazione arborea e la copertura erbacea dev'essere considerata come accessoria.

L'ampiezza della fascia, soprattutto in contesti antropici, è determinata e limitata dalla presenza di interventi e strutture antropiche, che interrompono il continuum con il territorio circostante.

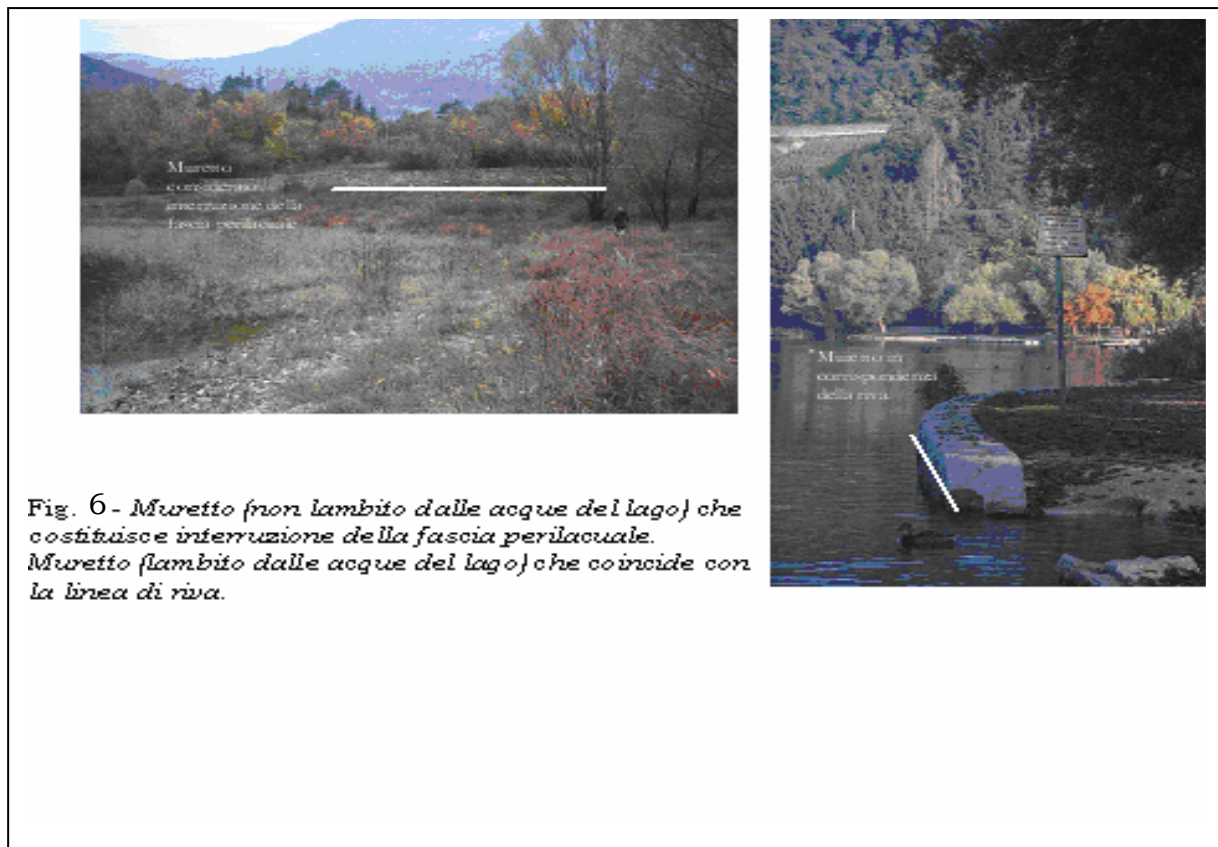
Come rispondere

In base all'ampiezza della fascia si assegnano i seguenti valori:

- 0 (zero): ampiezza inferiore al metro o inesistente oppure presenza di solo suolo nudo (greto, spiaggia). Si risponde 0 (zero) anche nel caso in cui si abbia la presenza di infrastrutture o impermeabilizzazioni del suolo che arrivano alla linea di riva con assenza di canneti;
- 1: ampiezza delle formazioni funzionali da 1 a 5m;
- 2: ampiezza delle formazioni funzionali da 5 a 10m;
- 3: ampiezza delle formazioni funzionali da 10 a 30 m;
- 4: ampiezza delle formazioni funzionali da 30 a 50m;
- 5: ampiezza delle formazioni funzionali maggiore di 50m.

E' bene precisare che, ai fini di tale rilevamento, la presenza di un muro impermeabile, quindi in grado di condizionare palesemente il *continuum* trasversale, costituisce una limitazione dell'ampiezza della fascia di vegetazione perilacuale (Fig. 6). Nel caso in cui, a fianco al muro impermeabile costituente la linea di costa, sia presente una fascia di vegetazione decisamente igrofila e ben consolidata (es. fascia di salici e ontani), il muro viene considerato solo come interruzione (vedi paragrafo 6.4) e si valuta la vegetazione dal punto di vista della copertura e composizione.

Di conseguenza se il muro è permeabile o se sono presenti altre strutture artificiali che comunque garantiscono la permeabilità e la continuità trasversale col territorio circostante, si considera come fascia di vegetazione perilacuale anche la vegetazione presente all'esterno del muro rispetto al lago.



6.2 Caratterizzazione della vegetazione della fascia perilacuale

Obiettivi della domanda

I seguenti 3 parametri (composizione/copertura della vegetazione, presenza in percentuale di vegetazione igrofila e non igrofile, presenza di specie esotiche) vengono raccolti per descrivere la struttura e composizione della fascia perilacuale.

Principi

La funzionalità della fascia perilacuale dipende sia dalla sua ampiezza che dalla sua composizione/struttura. La presenza di erbe o suolo nudo diminuisce la capacità buffer della fascia perilacuale, mentre canneti e cespugli hanno una capacità di assorbimento maggiore. Ugualmente, le specie igrofile indicano una presenza di vegetazione riparia che migliora la capacità di assorbimento della fascia perilacuale, mentre la presenza di specie esotiche viene penalizzata.

6.2.1 Composizione/copertura

Cosa guardare

La composizione della vegetazione della fascia perilacuale viene espressa in termini di copertura rispetto alla superficie occupata dalla fascia perilacuale (valore percentuale, poi trasformato in numerico da zero ad uno) delle seguenti categorie vegetali: specie arboree, specie arbustive, canneto, erbe e suolo nudo.

2.1 composizione/copertura % (espresso da 0-1)	
Alberi %	
Cespugli %	
Canneto %	
Erbe %	
Suolo nudo %	

In un tratto omogeneo ci potrebbero essere zone umide, aree di canneto, con cespugli e/o alberi: in questo caso ad ogni categoria verrebbe attribuito un valore in percentuale. Ad esempio, una fascia costituita da canneto per il 75% e da essenze arboree per il 25%, i valori da assegnare saranno 0,75 canneto e 0,25 specie arboree. A tale proposito si ricorda che l'attribuzione delle percentuali, la cui somma sarà uguale a 1, deve avere inizio dalla stima percentuale della porzione di alberi e arbusti (o cespugli) e successivamente delle altre categorie esterne alla proiezione delle chiome di questi ultimi. Non vengono considerate le categorie che coprono meno di un 5% (valore 0.05) della fascia perilacuale.

Nel caso ricordato nel paragrafo 6.1, in cui la vegetazione della fascia sia costituita da grandi alberi sotto i quali è presente una formazione erbacea, non è corretto attribuire valore 1 alla componente erbe; si procede valutando in prima battuta la copertura percentuale di alberi e arbusti (proiezione delle chiome) e in seguito, sul restante spazio al di fuori della proiezione delle chiome, si attribuisce la percentuale di copertura erbacea e/o suolo nudo.

In laghi alpini e pre-alpini, se la fascia perilacuale è naturale ed in continuità con boschi e foreste del territorio circostante, la composizione/copertura delle diverse tipologie di vegetazione deve essere analizzata su una fascia di territorio circostante il lago di ampiezza pari a 50 m. Se invece la fascia perilacuale individuata presenta un'estensione inferiore a 50 m, limitata dalla presenza di usi antropici, l'attribuzione della composizione/copertura deve essere effettuata sulla fascia effettivamente individuata.

In laghi **endorreici**, dove il territorio circostante è pianeggiante, l'area da considerare corrisponderà con la fascia perilacuale identificata con una funzione di ecotono.

Quando la fascia perilacuale è costituita semplicemente da un prato oppure da una spiaggia ai tratti si assegnano rispettivamente le percentuali solo alle voci erba (*erbe* =1) nel primo caso e suolo nudo (*suolo nudo* =1) nel secondo. Il prato inglese viene considerato suolo nudo perché fertilizzato e regolarmente tagliato. Spiagge a sabbia o con ciottoli rientrano nella categoria "suolo nudo".

Nel tratto omogeneo possono essere presenti prati o spiagge con macchie di canneto o zone alberate: in questo caso verranno assegnate le percentuali a tutte le tipologie presenti nella fascia perilacuale considerata.

Nel caso in cui la vegetazione perilacuale risulti assente si risponde attribuendo valore 1 alla componente suolo nudo e 0 (zero) alle altre componenti; nei casi in cui siano presenti infrastrutture (es. muretto, argine impermeabile) o impermeabilizzazione del suolo (es. porto, parcheggio) su tutto il tratto di riva si attribuisce valore 0 a tutte le componenti.

Se le porzioni di suolo rese impermeabili sono ubicate all'interno della fascia perilacuale e ne occupano solo una parte (es. campi da tennis in cemento, piscine, strutture abitative o altro), si attribuisce a tali aree un valore percentuale di copertura come fosse suolo nudo.

Il totale dei valori attribuiti alle singole tipologie di copertura deve risultare pari ad 1 ad esclusione del caso in cui insistono artificializzazioni su tutto il tratto per cui la somma sarà pari a 0 (zero) (vedi sopra).

Nella categoria “canneto” vengono considerate le specie appartenenti alla forma biologica delle elofite, quali *Carex* spp., *Sparganium* spp. e *Phragmites* spp.. Le idrofite radicanti, sommerse o con foglie e fiori galleggianti, eventualmente presenti nella porzione di lago appena adiacente alla riva, come ad esempio ninfee (*Nymphaea alba*), nannufari (*Nuphar lutea*) e castagna d'acqua (*Trapa natans*), non appartengono alla fascia di vegetazione perilacuale considerata per l'IFP. Malgrado la loro presenza garantisca lo svolgimento di alcune funzioni ecologiche quali ad esempio la ritenzione di sedimenti, la disponibilità di microhabitat per la fauna acquatica e l'ombreggiamento, tali componenti non vengono considerate ai fini dell'IFP.

L'attribuzione delle percentuali, se non è verificata l'opzione in cui si attribuisce a tutte le componenti zero, si effettua per unità non inferiori al 5%, ovvero valori pari a 0.05.

DA NOTARE: Nel caso della voce “erbe” bisogna prestare attenzione in quanto questa variabile è inserita nell'albero della *classification tree* e definisce i percorsi dopo il nodo numero due (vedi fig. 4). Infatti per valori pari o inferiori a 0.15 (15%) il percorso sarà indirizzato verso sinistra, mentre per valori superiori a 0.2 (20%) il percorso sarà indirizzato verso destra con chiare differenze nel risultato della valutazione finale. (vedi Classificatio Tree, Fig.4)

Per tali motivi se l'operatore si trovasse in situazioni al limite del 15-20% dovrà prestare molta cura e attenzione nell'attribuzione della percentuale delle “erbe” al fine di non creare cambi di percorsi e, quindi, di valutazione finale della funzionalità. L'indicazione è quella di individuare il limite del 20% (ovvero 1/5 della superficie del tratto libero da proiezioni delle chiome) e decidere se la porzione ad “erbe” è superiore o inferiore a questo limite, quindi indicare con valore ≤ 0.15 (15%) se è inferiore e con valori ≥ 0.20 (20%) se superiore.

6.2.2 Vegetazione igrofila e non igrofila

Cosa guardare

La presenza di vegetazione igrofila e non igrofila viene stimata in questa domanda con un valore in percentuale espresso da 0 a 1 come nella domanda 6.1).

2.2 Vegetazione Igrofila e non igrofila (espresso da 0-1)	
Vegetazione igrofila (helophytes, cespugli ripari e specie arboree riparie)	
Vegetazione non-igrofila (altre specie)	

Come rispondere

La categoria “vegetazione igrofila” comprende le elofite e le specie arbustive ed arboree prettamente riparie. Un elenco non esaustivo di queste ultime è riportato in tabella 7.

I valori percentuali attribuiti vengono trasformati in numerici da 0 ad 1 e la sommatoria delle due categorie deve essere pari ad 1. L’attribuzione viene effettuata sulla stessa fascia considerata alla voce Composizione/copertura.

Nel caso in cui l’intera fascia presenti suolo nudo si attribuisce punteggio 1 alla categoria “non igrofila”, come se la vegetazione fosse interamente non igrofila.

Si attribuisce lo stesso punteggio anche nel caso di impermeabilizzazione del suolo su tutto il tratto e nel caso di muro impermeabile in assenza di igrofile dietro.

SPECIE IGROFILE	famiglia	nome comune
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	Betulaceae	ontano nero, ontano comune
<i>Carpinus betulus</i> L.	Corylaceae	carpino bianco
<i>Cornus sanguinea</i> L.	Cornaceae	corniolo sanguinello
<i>Euonymus europaeus</i> L.	Celastraceae	fusaggine, berretta del prete
<i>Frangula alnus</i> Mill. (= <i>Rhamnus frangula</i> L.)	Rhamnaceae	frangola, alno nero
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Oleaceae	frassino maggiore
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Bieb.	Oleaceae	frassino meridionale, frassino ossifillo
<i>Populus alba</i> L.	Salicaceae	pioppo bianco
<i>Populus canescens</i> (Aiton) Sm. (= <i>P. albo-tremula</i> Auct.)	Salicaceae	pioppo canescente, pioppo grigio, pioppo zatterino
<i>Populus nigra</i> L.	Salicaceae	pioppo nero
<i>Prunus padus</i> L. (= <i>Cerasus</i>	Rosaceae	pado

<i>padus</i> DC.= <i>Prunus racemosa</i> L.)	Fagaceae	farnia, quercia pedunculata
Quercus robur L. (= <i>Quercus pedunculata</i> Ehrh.)	Salicaceae	salice dell'Appennino
Salix apennina A. Skortsov (= <i>Salix nigricans</i> Sm. var. <i>apennina</i> Borzi)	Salicaceae	salice cenerino
Salix cinerea L.	Caprifoliaceae	sambuco, sambuco nero
Sambucus nigra L.	Ulmaceae	olmo bianco, olmo liscio
Ulmus laevis Pallas (= <i>U. effusa</i> Willd.)	Ulmaceae	olmo comune o campestre
Ulmus minor Miller (= <i>U. campestris</i> Auct. non L.; <i>U. carpinifolia</i> Suckow)	Caprifoliaceae	pallon di maggio, palla di neve, sambuco acquatico, sambuco rosso, oppio
Viburnum opulus L.		

Tab. 7 - *Elenco di alcune specie igrofile che caratterizzano gli ambienti ripari dei corpi lacustri.*

6.2.3 Presenza di specie esotiche

Che cosa guardare

Negli ambienti ripari si possono rinvenire specie arboree, arbustive ed erbacee di origine esotica. Per "specie esotica" si intendono quelle specie non native, invasive o aliene.

2.3 Presenza di specie esotiche (espresso da 0-1)	
% esotiche	

La seguente tabella (tab.8) e' una lista aperta delle specie esotiche piu' comuni presenti negli ambienti alpini e prealpini europei.

Come rispondere

Ai fini dell'IFP l'attribuzione del valore percentuale di esotiche (poi espresso in valore da zero ad uno.

L'attribuzione viene effettuata sulla stessa fascia considerata alla voce Composizione/copertura.

SPECIE ESOTICHE	famiglia	Nome comune
ARBOREE		
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Fabaceae	robinia
<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	Simaroubaceae	ailanto
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Rosaceae	ciliegio nero
ARBUSTIVE		
<i>Buddleja davidii</i> Franchet	Scrophulariaceae	albero delle farfalle, lillà dell'estate
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	Fabaceae	falso indaco; indaco bastardo
<i>Acer negundo</i> L.	Aceraceae	negundo; acero americano
ERBACEE		
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.	Polygonaceae	poligono del Giappone
<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	fitolacca americana
<i>Sycios angulata</i> L.	Cucurbitaceae	sicios angoloso
<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merril	Moraceae	luppolo del Giappone
<i>Solidago gigantea</i> Aiton	Compositae	verga d'oro maggiore
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	amaranto comune
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Compositae	ambrosia con foglie di artemisia
<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	Compositae	assenzio dei fratelli Verlot
<i>Bidens frondosa</i> L.	Compositae	forbicina pedunculata
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Compositae	girasole del Canada
<i>Arundo donax</i> L.	Graminaceae	canna domestica
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	Balsaminaceae	balsamina ghiandola

Tab. 8 - *Elenco di alcune specie esotiche che caratterizzano gli ambienti dei laghi alpini e prealpini. Per favore, nota che questa e' una lista aperta.*

In presenza di un muro impermeabile lungo la costa, quindi privo di vegetazione si assegna il valore 1 come se fosse totalmente coperto da essenze esotiche.

6.2.4 Eterogeneità della vegetazione arborea e arbustiva

Obiettivi della domanda

Questa domanda valuta la presenza in percentuale e la diversificazione della vegetazione autoctona, igrofila, arborea e di cespugli. I valori più alti vengono attribuiti nei casi con una maggiore diversificazione e copertura della vegetazione, mentre viene penalizzata la presenza di specie esotiche, presenze monospecifiche, e poca copertura di specie autoctone.

Principi

La eterogeneità è un elemento eco-sistemico che determina la funzione generale della fascia perilacuale. Una copertura monospecifica, anche se formata da specie igrofile, non garantisce quella biodiversità necessaria per un corridoio di transizione funzionale, mentre una copertura diversificata può produrre un ambiente capace di fare tutte quelle funzioni ecologiche tipiche di un ecotono che unisce due ecosistemi differenti.

Che cosa guardare

Vengono prese in considerazione la vegetazione arborea e quella arbustiva della fascia perilacuale. Si attribuiscono valori numerici da 0 ad 1 secondo lo schema riportato in figura 7:

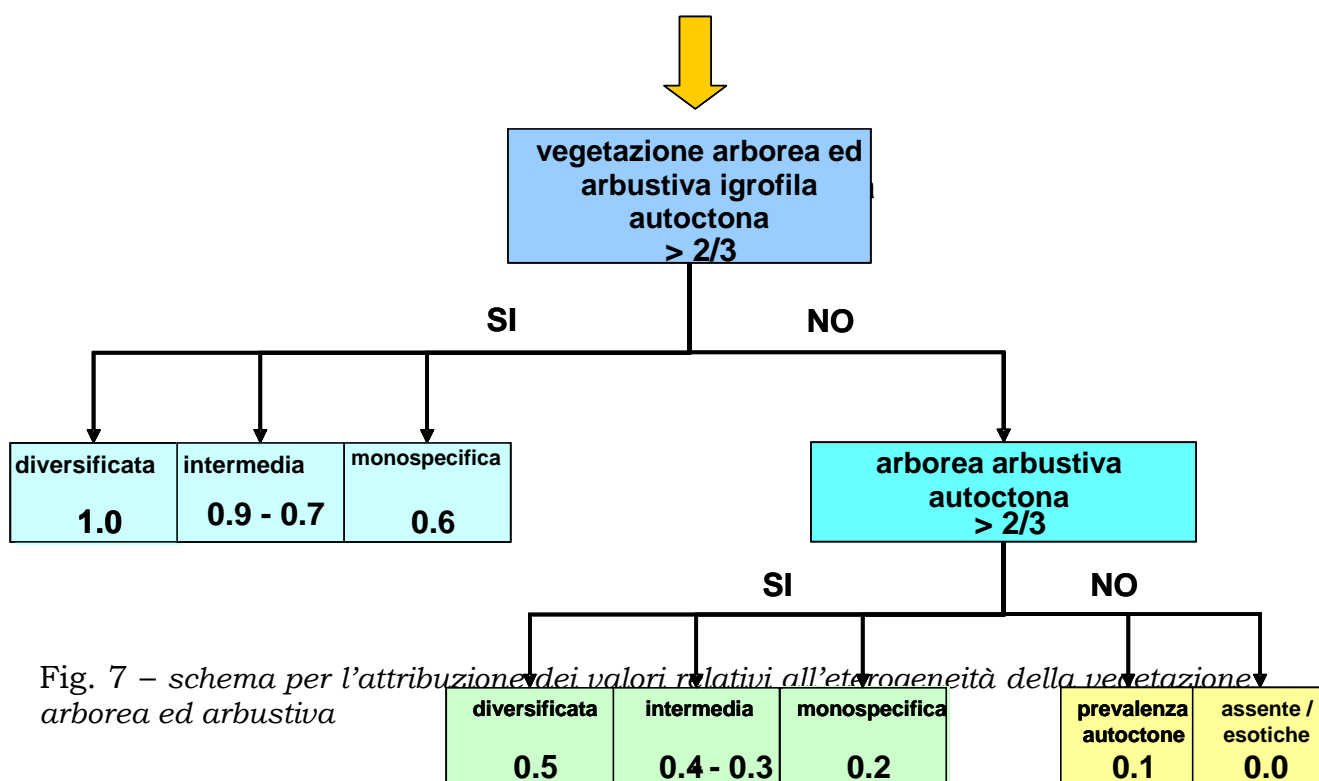


Fig. 7 – schema per l'attribuzione dei valori relativi all'eterogeneità della vegetazione arborea ed arbustiva

Osservando la vegetazione arborea ed arbustiva (compreso il canneto) occorre valutare inizialmente la presenza-assenza della vegetazione igrofila autoctona e se questa è maggiore di 2/3 si passa alla valutazione della diversificazione (ramo sinistro al primo nodo dell'albero in fig. 7). Se invece la

presenza di igrofile autoctone non raggiunge i 2/3 del totale, allora si passa alla valutazione della percentuale di copertura arborea arbustiva autoctona, sia essa igrofila o no (ramo destro dopo il primo nodo dell'albero in fig.7). Se quest'ultima è maggiore dei 2/3 del totale della copertura arborea e arbustiva, allora si procede alla definizione della diversità (a sinistra dopo il secondo nodo). Se non lo è, si valuta la prevalenza di autoctone rispetto alle esotiche.

Come rispondere

Seguendo il percorso dell'albero descritto in Fig. 7 si facilmente attribuire un valore alla copertura vegetale. Nei casi in cui la valutazione ricade in valori "intermedi", l'operatore dovrà stimare e scegliere il valore che meglio rappresenta la situazione reale

La tabella seguente sommarizza i risultati:

2.4 Eterogeneità della vegetazione arborea-arbustiva Copertura di specie arboree-arbustive igrofile autoctone >2/3 <i>(nel caso in cui la copertura della vegetazione arborea-arbustiva è maggiore di 2/3)</i>	
Diversificata	1
Intermedia	0.9-0.7
Monospecifica	0.6
Copertura di specie arboree-arbustive igrofile autoctone <2/3 con autoctone > 2/3	
Diversificato	0.5
Intermedio	0.4-0.3
monospecifico	0.2
Copertura di specie arboree-arbustive igrofile autoctone <2/3 con autoctone < 2/3	
prevalenza specie arboree-arbustive autoctone	0.1
Prevalenza esotiche	0
Vegetazione arborea-arbustica assente	0

Nel momento di stima della diversificazione della comunità vegetale arborea-arbustiva è utile tener conto di alcune considerazioni:

- una copertura diversificata si registra quando si riconoscono almeno tre essenze diverse di alberi e/o arbusti, la cui distribuzione è omogenea sul tratto, ovvero le presenze percentuali delle essenze sono distribuite in modo significativamente equo;
- "copertura monospecifica" viene assegnata non solo quando è presente una sola essenza vegetale, ma anche nel caso in cui una specie prevalga nettamente sulle altre (che possono essere presenti anche in numero elevato, superiore a tre), con una presenza che superi almeno il 90%.

6.3 Continuità della vegetazione perilacuale nei 50 metri della fascia perilacuale

Obiettivo della domanda

Valutare la continuità della vegetazione intesa come proiezione delle chiome sul suolo e, più specificamente, del complesso delle formazioni funzionali presenti nella fascia perilacuale, individuando eventuali interruzioni siano esse trasversali che longitudinali.

Si valuta se lungo il tratto omogeneo, definito precedentemente e non superiore a 50 metri, la vegetazione perilacuale (arborea ed arbustiva, canneto bagnato e asciutto) rappresenta una struttura continua, o se risulta interrotta da manufatti costruiti per vari scopi (es. per l'ormeggio), spiagge, zone di accesso al lago, zone in cui il canneto viene sfalciato, etc.

Principi

L'efficienza ecologica della vegetazione presente nella fascia perilacuale è legata anche alla continuità della copertura delle formazioni funzionali presenti. Le interruzioni nel continuum ecologico, siano esse naturali o artificiali, possono compromettere, a vario livello, molte delle funzioni ecologiche esplicitate. La continuità è un parametro morfostrutturale che garantisce un'efficiente connettività in ambito lacustre e che forma un'area buffer efficiente la cui funzione può essere compromessa da varchi e assenze di vegetazione.

Cosa guardare

La continuità delle formazioni arboree e arbustive deve essere intesa come proiezione delle chiome sul terreno ed è inoltre interpretata in senso longitudinale.

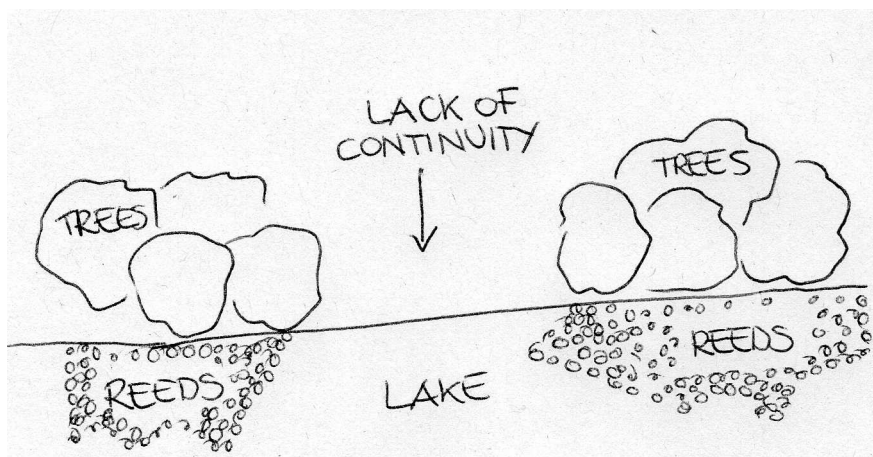


Fig. 8: esempio di discontinuità nella fascia perilacuale.

Per le tre categorie individuate (vegetazione arborea ed arbustiva, canneto asciutto e canneto bagnato) si attribuiscono punteggi numerici discreti: 0: assente; 0.5: discontinuo; 1: continuo.

Nel caso della Fig. 8, un valore di 0.5 (discontinuo) e' dato sia per la vegetazione arborea che quella arbustiva e del canneto, mentre, essendo assente, il valore del canneto asciutto sara' zero.

3. Continuita della vegetazione arborea-arbustiva	
Area arborea e arbustiva	
Assente	0
discontinua	0.5
continua	1
Area del canneto bagnato	
assente	0
discontinuo	0.5
continuo	1
Area del canneto asciutto	
assente	0
discontinuo	0.5
continuo	1

Come rispondere

Anche in questo caso contano sia la capacità di lettura del territorio in esame, sia il buon senso nell'attribuzione dei suddetti valori; quindi, ad esempio, piccole interruzioni su un tratto abbastanza lungo non saranno considerate, in quanto la loro "permeabilità" agli apporti per via superficiale o iporreica appare ridotta e quasi insignificante. Un'indicazione di massima è quella di considerare le interruzioni come significative se superano il 10% della ; in questo caso il punteggio da attribuire sarà 0.5. Se le interruzioni sono invece molto maggiori e le porzioni vegetate non superano il 10% della lunghezza del tratto, si attribuirà punteggio 0, ovvero continuità assente.

Un fiume che si immette nel lago non e' considerato una interruzione: la sponda destra e quella sinistra si unificano per considerare il tratto omogeneo come fosse continuo.

6.4 Presenza di interruzioni entro la fascia perilacuale nei 50 metri della fascia perilacuale

Obiettivi della domanda

Questa domanda valuta la presenza di interruzioni all'interno della fascia perilacuale identificata, fino a massimo di 50 metri dalla costa nel caso dei laghi alpini e prealpini.

Principi

Per interruzione si intende qualsiasi intervento o opera che in qualche modo possa ridurre, condizionare, limitare la funzionalità della fascia di vegetazione perilacuale.

Che cosa guardare

Le interruzioni possono svilupparsi in forma lineare parallelamente alla costa (es. sentieri, strade, ferrovie ecc.) oppure insistere in spazi più o meno regolari all'interno della fascia perilacuale (es. giardini di abitazioni, orti, campi coltivati, prati gestiti, parcheggi, cortili, abitazioni, consolidamento di sentieri o di strade sterrate o altre infrastrutture).

Una fascia costituita da sole erbacee o da suolo nudo è da considerarsi come un'unica interruzione della fascia vegetata.

Nel caso in cui la fascia perilacuale sia più stretta di 50 metri, si considerano interruzioni solo quelle che insistono nella fascia perilacuale, mentre le altre sono da considerarsi appartenenti al territorio circostante. Per meglio comprendere tale differenza si immagini una fascia perilacuale di 30 metri, con una strada asfaltata, quindi con caratteristiche di interruzione, a 40 metri dalla riva: essendo quest'ultima posta oltre la fascia perilacuale, anche se insiste entro i 50 metri, è da considerarsi infrastruttura (vedi paragrafo 6.7) appartenente al territorio circostante.

Come rispondere

Interruzioni sono:

0) Assenti: quando nulla riduce o limita la funzionalità della fascia perilacuale

0.1-0.9) Intermedio: se l'interruzione interessa solo una parte più o meno estesa del tratto omogeneo, si assegnano punteggi intermedi.

1) Presenti lungo tutto il tratto: se la vegetazione arboreo-arbustiva non è presente, in quanto viene considerata come un'unica e continua interruzione. Si assegna valore 1 anche nel caso in cui sia presente un muro impermeabile con una fascia di vegetazione igrofila adiacente ben consolidata (vedi paragrafo 6.1).

Se invece esiste solo il canneto è necessario valutare le sue interruzioni dovute ad allargamenti della spiaggia o presenza di strutture artificiali (pontili, piattaforme per bagnanti ecc.)

Le strade ed i sentieri sterrati non costituiscono interruzione della fascia perilacuale nel caso in cui non compromettano la continuità della copertura costituita dalle chiome. Non vengono infatti considerati come interruzioni né come infrastrutture turistiche (vedi paragrafo 6.7), le strade o i sentieri sterrati che fungono da semplici vie di passaggio con flussi di traffico limitati ed insignificanti impatti sulla morfologia del paesaggio e sulla struttura della fascia di vegetazione perilacuale. Nel caso in cui siano presenti modesti interventi di consolidamento (ad esempio secondo i criteri dell'ingegneria naturalistica) ma lo sviluppo naturale della fascia di vegetazione perilacuale non risulti compromesso, il sentiero sterrato non costituisce interruzione della fascia.

Le strade sterrate si considerano dunque come interruzione solo quando risultano caratterizzate da interventi antropici di modesta o elevata entità (incisivo sfalcio della vegetazione, modellamento a terrazzamento del crinale, modificazioni sostanziali della naturale morfologia della sponda, presenza di muri di sostegno, etc.).

6.5 Tipologia di uso antropico entro la fascia perilacuale nei primi 50 metri dalla riva

Obiettivi

Questa domanda descrive i tipi di interruzione presenti nella fascia perilacuale identificata

5. tipologia dell'uso antropico all'interno della fascia perilacuale	
Strade sterrate e campi non coltivati, etc.	0
Urbanizzazione sparsa e campi coltivati, etc	0.5
Aree urbanizzate	1

Principi

La fascia perilacuale e' influenzata direttamente dall'attivita' umana, con valore alti in aree urbanizzate e bassi nel caso di sentieri sterrati e campi non coltivati.

Cosa guardare

L'intera area identificata come fascia perilacuale (lunghezza = l'intero limite della fascia perilacuale; larghezza = fino a 50 metri verso terra, fascia ristretta in presenza di interruzioni).

Come rispondere

Vanno assegnati valori discreti di 0, 0.5 oppure 1, in funzione della tipologia delle interruzioni presenti nell'ampiezza della fascia perilacuale individuata.

Se vi sono presenti più tipologie di interruzione, sia in forma lineare parallelamente alla costa sia in spazi più o meno regolari all'interno della fascia perilacuale, si assegna il valore corrispondente alla **tipologia prevalente**, valutando sia il suo impatto sulla funzionalità della fascia perilacuale, sia l'estensione e la distanza dalla linea di costa. Ad esempio un prato gestito molto grande risulta meno impattante rispetto ad un impianto produttivo che occupi un'area più limitata. In questo caso assegneremo il valore 1.

In particolare si assegna:

- 0) - il valore 0 in presenza di incolti, sentiero o strada sterrata, orto o giardino familiare, prati gestiti, siepi, parco giochi, parcheggio filtrante;
- 0.5) il valore 0.5 in presenza di urbanizzazione rada, prato coltivato, coltivazioni non intensive, strada asfaltata, parcheggio impermeabilizzato, muro impermeabile che permette comunque lo sviluppo di vegetazione igrofila (vedi paragrafi 6.1 e 6.4);

1) - il valore 1 in caso di area urbanizzata, insediamenti produttivi, coltivazioni intensive stagionali e perenni, estrazioni di inerti, infrastrutture primarie, muro impermeabile in assenza di vegetazione igrofila dietro.

Per infrastrutture primarie si intendono le strade provinciali e statali, ferrovie e parcheggi di significative dimensioni.

Alle strade comunali che presentano una significativa intensità di traffico minore vanno considerate come 'strada asfaltata' e si assegna il valore di 0.5.

6.6 Uso prevalente del territorio circostante (0-200 metri)

Obiettivi

Questa domanda valuta indirettamente le ripercussioni sulla funzionalità della fascia perilacuale dovute alla modificazione del territorio circostante. Queste modificazioni possono agevolare gli inputs di nutrienti, materia organica e agenti inquinanti.

L'area valutata non riguarda più la fascia perilacuale (0-50 metri), ma si estende dalla costa fino a un massimo di 200 metri (quindi non si considera il limite esterno del canneto).

Principi

La permeabilità del suolo e la copertura vegetativa favoriscono l'infiltrazione dell'acqua piovana, portando numerosi vantaggi alla qualità dell'acqua del lago. La sua funzione viene compromessa con usi diversi del suolo (per esempio agricoltura, foreste gestite e urbanizzazione), le quali riducono la permeabilità del suolo e canalizzano l'acqua in collettori artificiali.

Cosa guardare

Foto satellitare sono molto utili per rispondere a questa domanda, dal momento che si guarda una estensione di 200 m dalla costa del lago. Un filare di alberi alti potrebbe infatti coprire la visuale di strutture a basso profilo come piscine.

L'uso della tipologia prevalente verrà usata per rispondere a questa domanda.

Come rispondere

Valuta il territorio circostante, assegnando valori numerici discreti da 0 a 3 a seconda del grado di antropizzazione, considerando la fascia convenzionale di territorio che si estende fino a 200 metri dalla riva. È possibile che una area abbia una percentuale diversa di due o più categorie: in questo caso, il valore attribuito sarà quello della tipologia prevalente.

La seguente tabella mostra le categorie e i rispettivi valori attribuiti.

6. Uso prevalente del territorio circostante	
Foreste e <i>prati (for steppe lakes)</i>	0
Prati, pascoli, boschi, arativi, incolti	1
Colture stagionali e/o permanenti e urbanizzazione rada	2
Area urbanizzata	3

Si assegnano i seguenti punteggi:

0) Nel primo caso il territorio è caratterizzato in prevalenza da bosco di latifoglie e/o conifere, macchia mediterranea, arbusteti collocati oltre il limite altitudinale degli alberi, praterie collocate oltre il limite altitudinale delle specie legnose.

1) Nel secondo caso rientrano situazioni in cui l'opera dell'uomo, pur esercitando un'azione modificatrice dei tratti morfologici del territorio, permette una compresenza equilibrata di attività umane e ambiente naturale. La pastorizia è limitata e gli arativi occupano un ruolo marginale e secondario rispetto al restante ambiente naturale. Vanno inseriti in questa casistica anche il bosco ceduo recentemente, i ghiaioni, le praterie/pascoli derivanti da intervento antropico (ovvero al di sotto del limite altitudinale degli alberi), gli incolti nell'ambito dei quali siano in corso processi di ricolonizzazione naturale avanzati (ovvero non solo costituiti da specie sinantropiche e ruderali)

2) Nel terzo caso si intendono situazioni in cui sono presenti coltivazioni intensive che hanno profondamente modificato il territorio, riducendo la diversità ambientale e rendendolo monotono. L'agricoltura è industrializzata e l'uso di fertilizzanti e pesticidi è elevato: tipiche sono le coltivazioni di riso, mais, frumento, barbabietole, ortaggi, fiori, piccoli frutti, ecc., che vengono messe a dimora annualmente. Analogamente, in questa risposta vengono considerate anche le colture permanenti, cioè quelle colture che necessitano di pratiche agricole durante tutto il periodo vegetativo ed oltre, quali i frutteti, i vigneti e i pioppeti.

Ricadono in questa opzione i campeggi turistici, zone di rimessaggio barche e pedalò,

3) Nel quarto caso rientrano aree urbanizzate o comunque totalmente artificializzate. Per area urbanizzata si intende un insieme di abitazioni, strutture produttive, infrastrutture o servizi. Come prima indicazione si consiglia di non considerare come area urbanizzata agglomerati inferiori a 10 edifici di normali dimensioni.

6.7 Infrastrutture

Obiettivo

Valutare la presenza (quantità e tipologia) di infrastrutture.

Principi

Le infrastrutture sono elementi artificiale che influenzano la fascia perilacuale e la sua funzionalità, diminuendo le capacità dei processi naturali.

Cosa guardare

Sono da rilevare le presenze di infrastrutture quali strade provinciali/statali, ferrovie e parcheggi entro i 200 metri dalla riva. Ad ogni categoria si assegna un valore numerico compreso tra 0 (assenza) e 1 (continuo lungo tutto il tratto omogeneo). Nel caso in cui un'infrastruttura non interessi tutto il tratto considerato si possono assegnare valori intermedi.

7. Infrastrutture	
Strade Provinciali/Statali	
assente	0
intermediato	
presente su tutto il tratto	1
Ferrovie	
assente	0
intermediato	
presente su tutto il tratto	1
Parcheggi	
assente	0
intermediato	
presente su tutto il tratto	1
Infrastrutture turistiche	
assente	0
intermediato	
presente su tutto il tratto	1

In questa domanda non si considerano come infrastrutture le strade comunali a basso tasso di traffico presenti nella fascia perilacuale che invece possono costituire interruzione della fascia di vegetazione (vedi paragrafo 6.5).

Vanno segnalate anche tutte le infrastrutture turistiche presenti all'interno di una fascia di 200 metri dalla riva. Per infrastruttura turistica s'intende

ogni intervento di sistemazione finalizzato all'accesso al lago e al passaggio e/o sosta nei pressi della sponda. Sono infrastrutture turistiche ad esempio le passerelle lungolago, le passeggiate attrezzate, le piste ciclabili, i campeggi, i parchi attrezzati, le spiagge per la balneazione, i pontili, ecc.. Eventuali sentieri sterrati non sono considerati come infrastrutture turistiche se sono solo semplici vie di transito e quindi non caratterizzati da impatti rilevanti sullo stato naturale delle sponde.

Anche in questo caso si possono assegnare dei punteggi compresi tra 0 (assenza) e 1 (presente su tutto il tratto); punteggi intermedi possono essere attribuiti se le infrastrutture turistiche interessano solo una parte del tratto omogeneo (ad esempio, se ci sono solo alcuni pontili all'interno del tratto omogeneo).

Le strade e sentieri sterrati possono essere considerati come infrastrutture turistiche se adibite a tale scopo. Le passerelle lungolago sospese si considerano come infrastrutture turistiche, ma non come interruzioni, in quanto permeabili e poco impattanti nei confronti delle funzioni ecologiche della fascia (vedi paragrafo 6.4). Il passaggio del sentiero sopraelevato non interrompe la naturale evoluzione della formazione vegetale se non è accompagnato da interventi di consolidamento delle sponde e di sostegno dei versanti (muretti, terrazzamenti,..).

Per agevolare l'operatore nell'attribuzione dei valori, nella tabella 9 si riportano in forma schematica alcune diverse tipologie di interventi antropici e la loro considerazione come interruzioni della fascia perilacuale o infrastruttura presente entro i 200m dalla riva.

<i>ELEMENTI PRESENTI ENTRO LA FASCIA DI RIFERIMENTO</i>	<i>INTERRUZIONE (pgf.6.4)</i>	<i>TIPOLOGIA DI USO ANTROPICO NELLA FASCIA PERILACUALE (pgf.6.6)</i>	<i>INFRASTRUTTURA TURISTICA (pgf.6.9)</i>	<i>INFRASTRUTTURA STRADALE (pgf.6.8)</i>
<i>a) sentiero sterrato che non compromette la continuità trasversale, che non determina impatti notevoli e che non costituisce infrastruttura turistica</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>b) sentiero sterrato o altro manufatto nella fascia perilacuale che compromette la continuità trasversale per presenza di muretti di sostegno, non rilevante come infrastruttura turistica</i>	<i>X</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>c) sentiero sterrato nella fascia perilacuale che compromette la continuità trasversale per presenza di muretti di sostegno, rilevante come infrastruttura</i>	<i>X</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>

<i>turistica</i>				
<i>d) sentiero sterrato che non compromette la continuità trasversale, ma che è rilevante come infrastruttura turistica</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>
<i>e) strada comunale asfaltata nella fascia perilacuale</i>	<i>X</i>	<i>0.5</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>f) strada comunale distante più di 50 m ma meno di 200 m dalla riva</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>g) strada provinciale o statale oltre la fascia perilacuale ma entro i 200 m</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>X</i>
<i>h) strada provinciale-statale nella fascia perilacuale</i>	<i>X</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>X</i>
<i>i) parco urbano entro la fascia perilacuale</i>	<i>X</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>
<i>i) parco urbano oltre la fascia perilacuale ma entro i 200 m dalla riva</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>
<i>l) campeggio turistico entro la fascia perilacuale</i>	<i>X</i>	<i>0.5</i>	<i>X</i>	<i>0</i>
<i>m) campeggio turistico esterno alla fascia perilacuale ma entro i 200 m dalla riva</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>
<i>n) passerella lungolago, anche sospesa, permeabile</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>0</i>

Tab. 9 - Schema che permette di valutare l'impatto degli elementi di viabilità sulla continuità della fascia perilacuale (*X* è il valore che va da 0.1 a 1 e può essere assegnato alla risposta in base alla percentuale di tratto interessato da tale infrastruttura).

6.8 Fascia perilacuale emersa

Obiettivi della domanda

I seguenti due parametri (pendenza media e confronto della pendenza) descrivono la congruenza tra l'ambiente morfologico terrestre e quello acquatico.

Principi

Differenze in pendenza tra la linea di fondo dell'ambiente acquatico e quella dell'ambiente terrestre influiscono decisamente sul modo di afferire dei nutrienti al lago, ovvero se in maniera superficiale e o se in maniera sub-superficiale.

Cosa guardare

Per rispondere a queste domande, è necessario considerare la porzione di territorio che dalla linea della costa si estende per 50 m, senza considerare la presenza di interruzioni che invece avrebbero potuto diminuire l'ampiezza della nostra fascia perilacuale; verso il lago, invece, si considerano i primi metri di fondo.

Anche nel caso in cui si ha una maggior pendenza del territorio più vicino alla riva, magari dovuta ad interventi di consolidamento delle sponde, si considera sempre il valore medio di pendenza.

6.8.1 Pendenza media

Come rispondere

Si considera la pendenza media della fascia emersa (primi 50 m) del tratto omogeneo.

8.1 Pendenza media	
pianeggiante	0
Pendenza appena apprezzabile	1
Evidente, ma superabile senza problemi	2
Significativa, ma superabile da sentieri o rampe	3
Forte, strade o sentieri con tornanti	4
Estrema, non superabile da veicoli	5

Si assegna un valore numerico discreto, da 0 a 5, a seconda del grado di pendenza della fascia:

- 0 in caso di fascia pianeggiante;
- 1 in caso di fascia con pendenza appena apprezzabile;
- 2 in caso di pendenza evidente, ma superabile senza problemi (i sentieri o le strade corrono perpendicolari alla riva);
- 3 in caso di pendenza significativa e superabile con sentieri o rampe;
- 4 in caso di forte pendenza (le strade o i sentieri procedono con tornanti);
- 5 in caso di pendenza estrema, non superabile da veicoli e a fatica a piedi sulla massima pendenza; ricadono in questa risposta anche formazioni rocciose a strapiombo sulla superficie del lago.

Per una corretta risposta a questa domanda è utile consultare una mappa del territorio con curve di livello.

6.8.2 Confronto pendenza area perilacuale emersa/area sommersa

Come rispondere

In questo caso va valutata la corrispondenza tra pendenza della fascia emersa (primi 50 m) e pendenza della fascia litorale più esterna (i primi metri sommersi) (Fig. 9). Si assegna un punteggio pari a 0 se le pendenze non sono concordi, pari a 1 se lo sono. Per una corretta risposta è utile consultare una mappa riportante l'altimetria del territorio circostante il lago e la batimetria lacustre.

8.2 Pendenza area emersa/pendenza area sommersa	
Non concorde	0
Concorde	1

Data l'enorme casistica di situazioni possibili, solo nel caso di notevole differenza di pendenza si considererà il tratto come discordante.

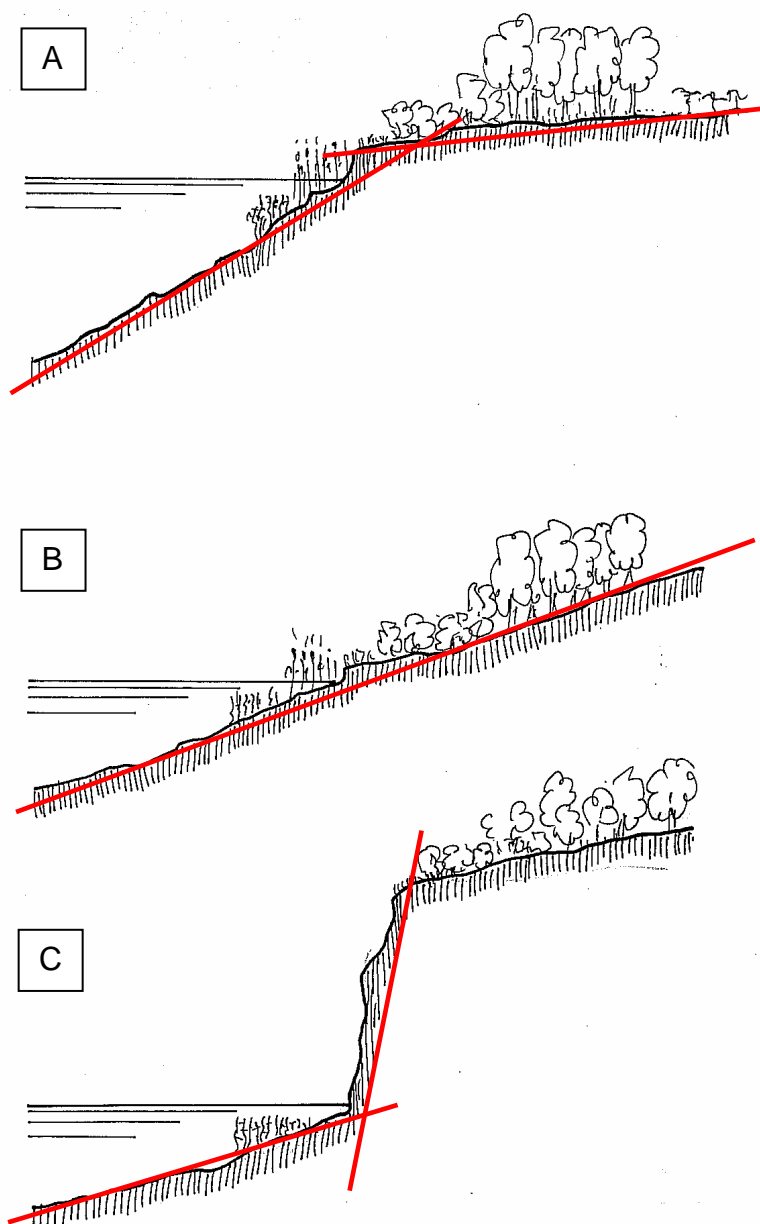


Fig. 9 – Esempio di concordanza (B) o discordanza (A, C) tra la pendenza della fascia perilacuale e la zona litorale

6.9 Profilo della riva

Le seguenti 2 domande (concavità e convessità, complessità della riva), riguardano il profilo della riva.

6.9.1 Concavità e convessità

Obiettivi della domanda

Valutare la presenza di concavità e convessità della linea di costa che possano agevolare l'accumulo o la dispersione delle acque superficiali prima di entrare nel lago. Si valuta la presenza o assenza di questi parametri nel tratto omogeneo di fascia perilacuale preso in considerazione.

Principi

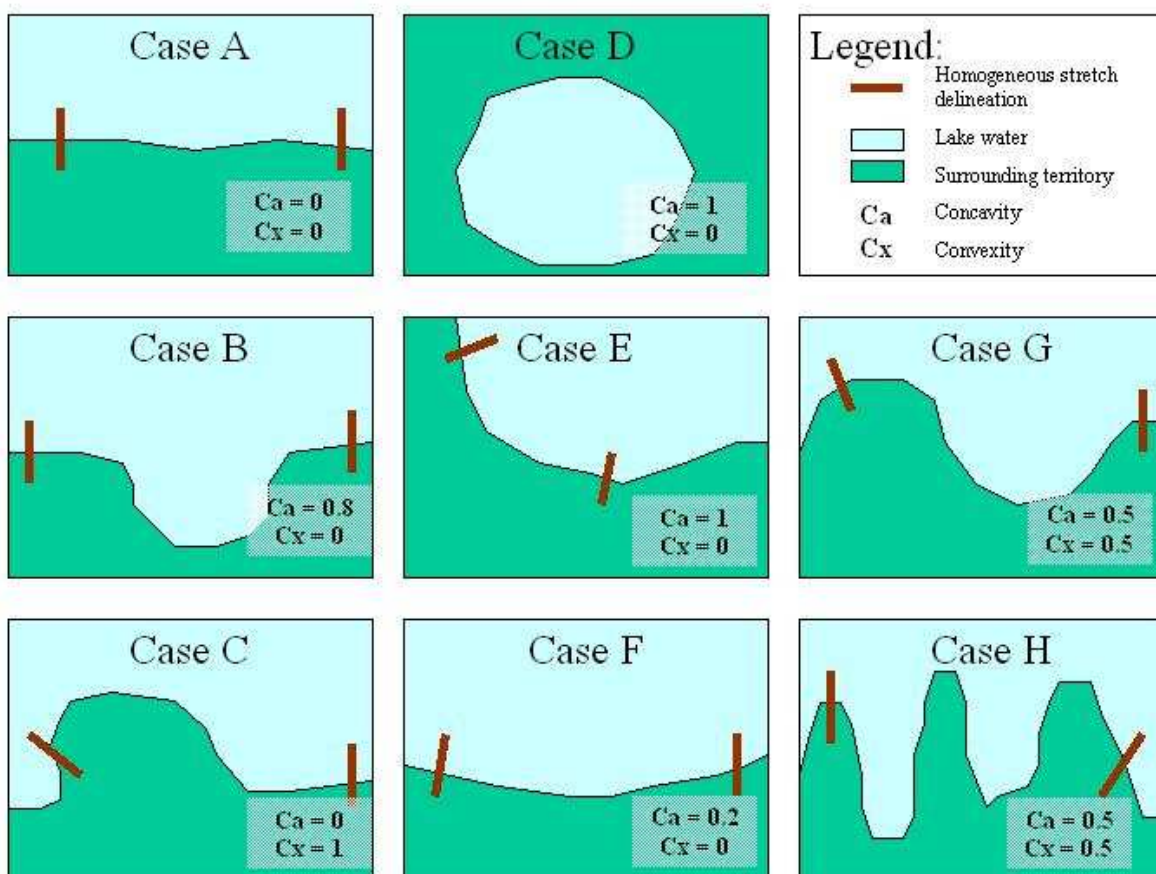
I parametri “concavità/convessità” e “canalizzazione apparente del run-off” vengono rilevati allo scopo di individuare eventuali situazioni di concentrazione di carichi trofici. La sola concavità elevata non sempre favorisce un accumulo di nutrienti e/o inquinanti nel lago (basti pensare ad una costa concava e pianeggiante).

Che cosa guardare

Per rispondere alle domande si valuta la presenza o meno di concavità (ovvero di conche ed insenature) e di convessità (ovvero di promontori) del profilo della riva nel tratto omogeneo considerato. È utile guardare la mappa dell'area per capire meglio quale sia la tendenza generale della costa.

Come rispondere

Ad un profilo di riva quasi lineare si assegnano valori di concavità e convessità molto bassi (0 se il profilo è perfettamente diritto) (Fig. 10, caso **a**). Nel caso in cui il tratto corrisponda ad un'unica insenatura si assegna valore di concavità 1 e convessità 0 (caso **b1**). Al contrario, se il tratto omogeneo corrisponde ad un unico promontorio si considera concavità 0 e convessità 1 (caso **b2**). Se nello stesso tratto omogeneo si riscontrano sia una concavità sia una convessità si attribuiscono i valori di 0.5 ad entrambi (caso **c**). Nel caso di laghi di forma rotondeggiante, soprattutto se piccoli, dove non si presentano significative concavità o convessità, si attribuisce il valore di 1 (come fosse un'unica concavità dove i deflussi terminano in modo convergente) (caso **d**). Le seguenti figure (figura 10), mostra differenti casi di concavità e convessità:



- **case A:** Un profile quasi lineare con poca concavità e complessità. Riceve un valore di 0 in entrambi i parametri.
- **case B:** Un tratto con una sola conca, avrà una concavità di 1 e convessità 0.
- **case C:** Un tratto con un solo promontorio avrà una concavità di 0 e convessità di 1.
- **case D:** Un piccolo lago alpino, senza concavità o convessità, ha un valore di concavità di 1 (come se fosse considerato come una singola concavità).
- **case E:** Un tratto con una sola conca ha un valore di concavità di 1, e 0 convessità.
- **case F:** Un profile quasi lineare con un valore di concavità = 0.2.
- **case G:** Un tratto con varie conche e promontori con un valore di convessità e concavità = 0.5 ognuno.
- **Case H:** Un tratto con varie conche e promontori con un valore di convessità e concavità = 0.5 ognuno.

Fig. 10 - Esempi di vari profile con concavità e convessità differenti.

6.9.2 Complessità

Obiettivi della domanda

Questa domanda considera la presenza di ondulazioni lungo il profilo della fascia perilacuale.

Principi

Aumentando la complessità del profilo, si aumenta la possibilità di avere una biodiversità maggiore. Infatti, la complessità aumenta la presenza di nicchie biologiche che differenti specie possono occupare.

Cosa guardare

Si valuta la presenza di digitazioni e ondulazioni del profilo di riva (per profilo della riva si intende il limite tra porzione bagnata e sponda).

In questo caso, si valuta il profilo della linea della fascia perilacuale dalla parte del lago, includendo perciò il canneto ed altre specie igrofile, fino a una profondità massima di 1 metro. Si ricorda che il canneto non va considerato nel caso sia separato dall'ambiente terrestre da un muro di sostegno impermeabile.

Come rispondere

Il punteggio di 0 indica nessuna complessità, mentre un punteggio di 1 indica che tutto il profilo mostra complessità; eventuali valori intermedi vengono attribuiti se solo parte del tratto mostra complessità. La valutazione della complessità si basa sulla stima del rapporto tra lo sviluppo della linea di riva e la distanza fra i suoi estremi.

9.2 complessità	
assente	0
intermediato (from 0.1 to 0.9)	
Presente lungo tutto il tratto	1

Nel caso in cui sul profilo di riva siano presenti infrastrutture artificiali e la riva coincida ad esempio con un muretto in massi e cemento (Fig. 11), con presenza di un canneto bagnato tra il muro e il lago, si valuta la complessità o meno del muretto, in quanto questo costituisce la riva.

In presenza di canneto bagnato con riva naturale, invece, si tiene conto delle digitazioni e della complessità della linea di confine canneto bagnato-acqua verso l'interno del lago.

Non è facile visualizzare la complessità della riva, quindi fig. 12 riproduce alcuni esempi che si possono considerare durante il lavoro in campo. L'esempio più vicino alla situazione reale darà il valore di complessità (Cmx) da usare nella valutazione.

Il valore di complessità (I_c) è stato stimato in vari laghi usando analisi cartografica, usando la formula:

$$I_c = 1 - R_c$$

Dove R_c è la relazione tra la linea immaginaria più corta tra i due punti limite del tratto omogeneo, e la lunghezza reale di questi due punti.



Fig. 11 - Riva artificiale con complessità nulla per la presenza del muretto che coincide con la linea di riva.

Valori con grande complessità generalmente non superano un I_c di 0.5, con l'eccezione di laghi artificiali in valli molto strette.

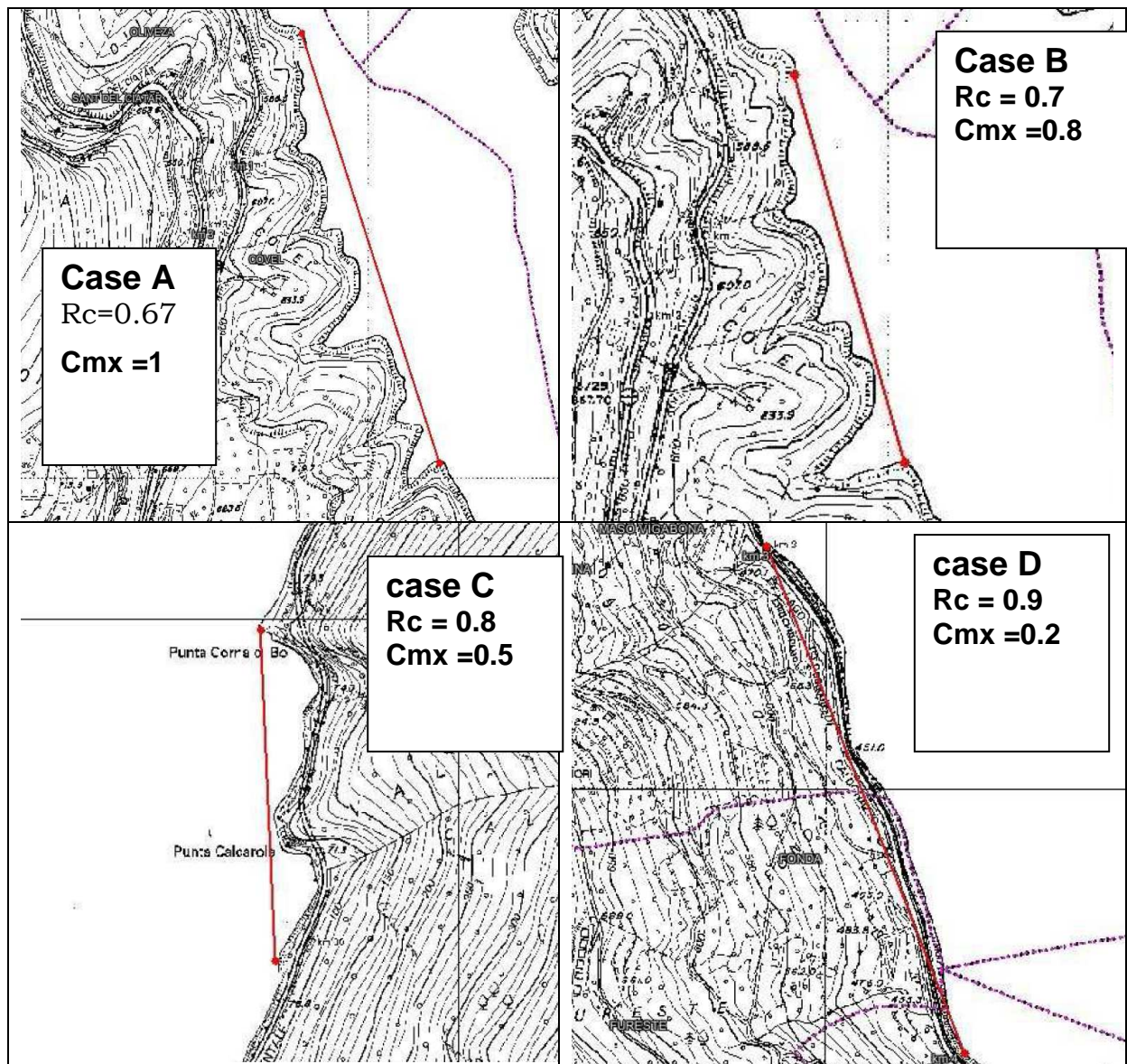


Figure 12 - R_c examples and four different coast lines with correspond complexity (C_{mx}) value.

6.10 Artificialità della riva

Obiettivi della domanda

Si valuta la presenza di artificialità, che possono essere date da muretti in pietra, da cementificazioni o da altre strutture di sostegno, in corrispondenza della linea di riva (linea di contatto tra ambiente acquatico e territorio - shoreline SL).

Principi

Il grado di artificialità della riva dipende dal grado di permeabilità della stessa: un muro impermeabile sarà più artificiale di un muretto permeabile, realizzato ad esempio con pali di legno (Fig. 13).

Cosa guardare

Lungo il tratto omogeneo, il livello di artificialità della riva va considerato. Esempi di artificialità sono: muri di sostegno, spiagge artificiali, frangi onde ecc.. Moli sospesi sono considerati elementi di artificialità solo nel caso in cui presentano una interruzione delle specie igrofile

10. artificialità della riva	
assente	0
intermediata (da 0.1 a 0.9)	
Presente su tutto il tratto	1

Come rispondere

A seconda della presenza/assenza, della tipologia e della estensione, vengono assegnati punteggi variabili da 0 a 1:

- 0: assenza di artificialità
- 0.1-0.9: punteggio intermedio: presenza di riva artificiale impermeabile che interessa una parte del tratto omogeneo, oppure di riva artificiale ma permeabile.
- 1: artificialità che interessa prevalentemente l'intero tratto in esame e che riduce drasticamente la permeabilità della riva;

Da notare: Nella definizione della percentuale intermedia si deve prestare molta attenzione nel caso in cui l'artificialità sia giudicabile tra il 20 e 25%; infatti il *classification tree* prevede al primo nodo un cambio di percorso se la percentuale è maggiore o minore di 0.22 (22%). Se l'artificialità risulta essere pari o inferiore a 0.20 (20%) si ricade sulla sinistra dell'albero mentre per valori uguali o superiori al 25% sulla destra, con conseguenze sul giudizio finale

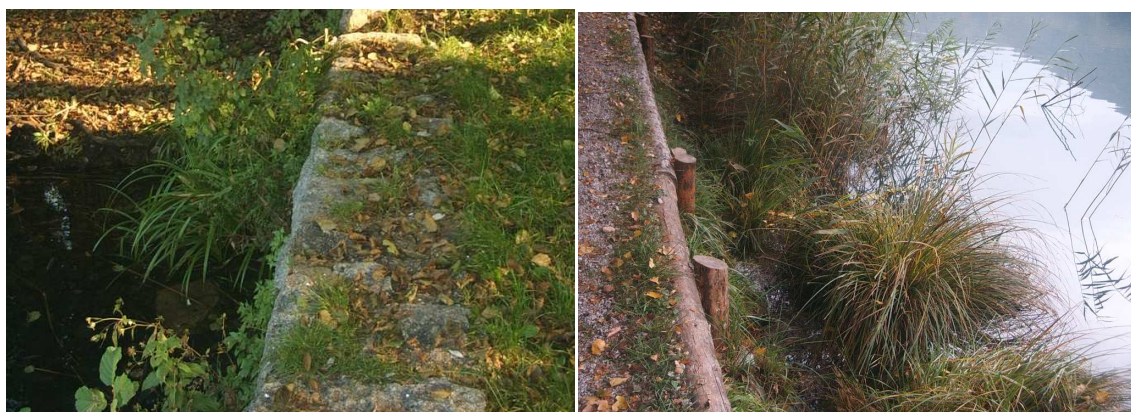


Fig.13 - Diverso livello di permeabilità del muretto di sostegno in corrispondenza della riva e diverso grado di artificialità.

6.11 Canalizzazione apparente del run-off

Obiettivi della domanda

Si tratta di valutare se esiste una direzione prevalente del run-off, inteso come scorrimento superficiale di acqua verso il lago. Il run-off portrebbe essere convergente in un singolo punto (come nel caso di una forte concavità), o potrebbe entrare perpendicolare alla riva (nel caso di rive diritte e aree pianeggianti).

Principi

Il run-off è una indicazione del trasporto dei nutrienti dal territorio circostante al lago. Esso si può concentrare o disperdere, in adeguata misura alla topografia del territorio circostante.

Cosa guardare

Questa valutazione non è immediata, tuttavia può aiutare l'osservazione sulla carta della posizione delle curve di livello e della morfologia del territorio. Tracciando idealmente delle direzioni ortogonali alle curve di livello si possono individuare le linee di massima pendenza che possono essere percorse dalle acque di scorrimento superficiale. Mappe con una scala di 1:10,000 sono consigliate e permettono di dividere l'intera costa del lago in aree di canalizzazione. La valutazione poi verrà fatta durante il lavoro di campo per ogni tratto omogeneo.

11. canalizzazione apparente del run-off	
Nessuna direzione di flusso apparente	0
intermediato (da 0.1 a 0.9)	
Tutto lo scolo converge in un unico punto	1

Come rispondere

Il run-off sarà divergente nel caso di una morfologia a "scodella rovesciata" (ad esempio nella presenza di una collinetta), e convergente nel caso contrario (ad esempio, verso il punto più basso di una valle).

La valutazione si effettua come segue:

- 0 (zero) nel caso in cui il run-off sia divergente (Fig. 14 caso **A**) o il territorio circostante risulti del tutto pianeggiante e quindi senza confluenza dei flussi verso il lago
- 0.5 nel caso di run-off parallelo (Fig. 14 caso **B**)
- 1 nel caso di run-off convergente (Fig. 14 caso **C**)

Può capitare che il tratto omogeneo considerato sia piccolo rispetto alla morfologia territoriale del lago, perciò è possibile avere più tratti appartenenti ad un unico sistema divergente o convergente; in questo caso si

attribuisce la medesima risposta a tutti i tratti interessati. Per attribuire il valore di canalizzazione di run-off del singolo tratto omogeneo, si consiglia di procedere dapprima ad una valutazione su carta tecnica 1:10.000 a macroscale, suddividendo lungo le sponde del lago le zone in cui si ha una uguale intensità di canalizzazione. Le valutazioni fatte si riportano poi sui tratti omogenei individuati durante il rilevamento.

A differenza delle domande riferite alla concavità/convessità dove è richiesto di ragionare bidimensionalmente sull'andamento del profilo della riva, per la canalizzazione del run-off è necessario ragionare tridimensionalmente prendendo in considerazione le pendenze del territorio circostante, valutando le distanze tra le isoipse nella carta tecnica.

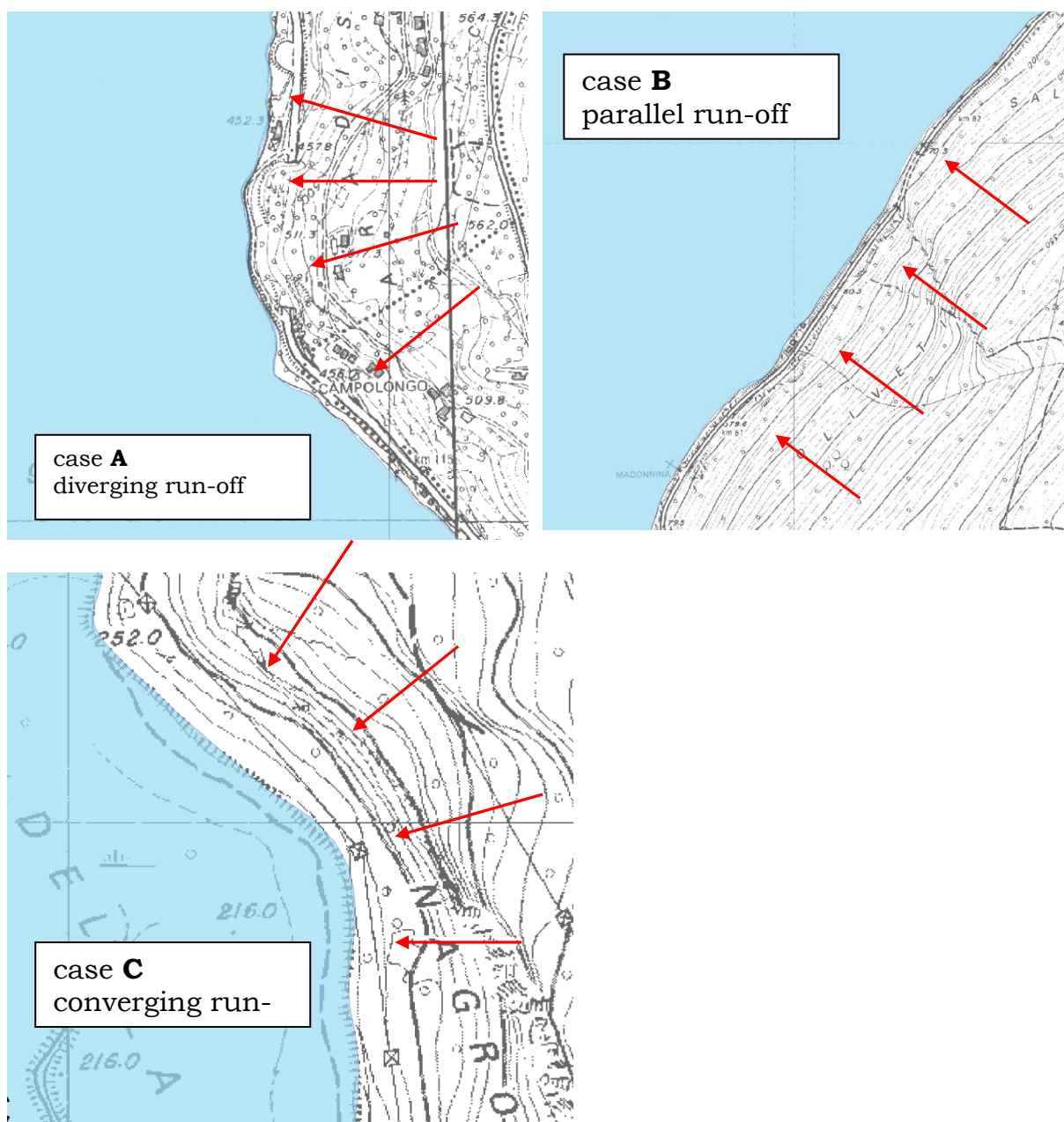


Figure 14 – Rappresentazione di diversi modelli di run-off

6.12 Giudizio personale

Obiettivi

Dopo aver compilato la scheda e dopo aver guardato, uno per uno, i vari parametri, si chiede di esprimere un giudizio personale. Si tratta di elaborare, sulla base delle percezioni personale e tecnica di quanto osservato, un giudizio sulla funzionalità dell'area indagata sfruttando le conoscenze di ecologia e le capacità della nostra mente di elaborare e sintetizzare misure e stime.

Se non vi sono congruenze tra il giudizio personale e la somma dei parametri di dettaglio non bisogna preoccuparsi: il giudizio personale è infatti uno dei parametri analizzati e non la conclusione o sintesi dei parametri di dettaglio. Il giudizio personale, comunque, costituisce un'informazione utile per l'ulteriore sviluppo e la validazione del metodo.

Principi

Si sa che la nostra mente è in grado di esprimere in tempi veloci la stima di "bello" o "brutto" sulla base di un'analisi di variabili non codificate. Ad esempio, noi tutti possiamo esprimere un giudizio positivo o negativo su una persona o su un quadro o un vestito, ma nel momento in cui ci viene chiesto di individuare i motivi intrinseci del giudizio, cioè cosa piace o non piace di ciò che abbiamo giudicato, spesso non riusciamo a farlo. Questo perché la nostra mente coglie l'insieme dei parametri e li riassume in un giudizio, ma non riesce a smontare l'impianto dell'analisi e ricostruirla come somma di dettagli.

Anche l'operatore, nell'espressione del giudizio personale sul tratto, non dovrebbe farsi influenzare dalle risposte date in precedenza, anzi dovrebbe esprimere il giudizio prima di compilare la scheda.

Cosa guardare

L'intero tratto omogeneo verrà guardato nel suo insieme, e si valuterà la sua capacità di funzionare come buffer. Bisogna tener presente che questo parametro si riferisce alla funzionalità del tratto e non a come si presenta, ad esempio, un bel prato inglese con un bel salice e sotto un tavolo da picnic possono dare una bella impressione del lago, ma probabilmente questo tratto non ha un efficiente potere funzionale.

Come rispondere

L'espressione del giudizio personale indicato con un numero da 1 a 5 secondo una scala decrescente di valori (vedi tabella parametri) deve essere formulato in base all'impressione immediata dell'operatore secondo una logica ecologico-funzionale.

12. Giudizio personale	
eccellente	1
buono	2
medio	3
scadente	4
pessimo	5

7. Funzionalità e naturalità per lacuale

Nei capitoli precedenti abbiamo discusso sull'importanza delle fasce per lacuali come ecotoni di transizione tra due ecosistemi non tanto per le caratteristiche naturalistiche ma quanto come entità ecologicamente funzionali. Questo è l'aspetto più importante nello studio degli ecosistemi, ovvero le relazioni dei flussi di energia tra comparti, i loro percorsi e le attività omeostatiche e di resilienza.

Pensare e agire in ordine alla funzionalità diventa sempre più importante per ideare e mettere in pratica progetti di salvaguardia non solo delle *shorezones* ma anche del corpo lacustre stesso, nonché progetti di riqualificazione ambientale inseriti in un contesto di pianificazione funzionale.

Va osservato come generalmente le condizioni di massima naturalità corrispondano a quelle di massima funzionalità, ma esistono delle situazioni discordanti. Ad esempio, si considerino i laghi al di sopra del limite della vegetazione arborea (l'assenza della vegetazione arborea riparia comporta ridotti valori di IFP, anche in condizioni di massima naturalità); laghi posti in forre rocciose e, perciò, privi di vegetazione riparia (ridotta funzionalità); laghi con "anomalie", ad es. alimentati da sorgenti sulfuree, termominerali, saline, ecc.

I laghi ad elevata naturalità che presentano bassi livelli di IFP, costituiscono situazioni di particolare vulnerabilità, in quanto la limitata funzionalità del tratto deve essere considerata per la ridotta capacità omeostatica e di resilienza del sistema nei confronti di eventuali pressioni. Quindi devono essere considerati come elementi ecologici con un fattore di rischio elevato in quanto bastano impatti di entità anche molto modesta per creare grossi problemi ambientali.

La valutazione della *funzionalità* fornita dall'IFP, quindi, non corrisponde alla valutazione della *naturalità*: se, come già detto, ad un'elevata naturalità può corrispondere una bassa funzionalità, è più difficile ipotizzare il contrario. Non è perciò assolutamente possibile tradurre - mediante una "scala di conversione" - il valore dell'IFP in un giudizio di naturalità.

Le modalità di rilevamento dell'IFP forniscono informazioni organizzate in forma di inventario. La disponibilità di informazioni raccolte con modalità standardizzate rende possibile la rielaborazione dei dati in momenti successivi e l'utilizzo di differenti metodologie di valutazione.

Definito perciò il dualismo tra *naturalità* e *funzionalità*, si presenta l'esigenza di ricavare dallo stesso metodo IFP una valutazione differenziata sulla base della tipologia di riferimento cui appartiene il corpo idrico in studio. In altre parole, si tratta di confrontare la funzionalità *reale* di un dato corpo d'acqua, come livello di funzionalità, con quella *potenziale*, corrispondente alle sue condizioni di riferimento naturali. Il rapporto tra IFP reale e potenziale, definibile come funzionalità *relativa*, può fornire una misura di naturalità, coerente quindi con la filosofia della Direttiva Quadro.

L'introduzione del confronto con le condizioni di riferimento e la conseguente espressione di un giudizio di *funzionalità relativa* mediante l'IFP è un'*opportunità* che, fornendo un'informazione aggiuntiva sintetica di particolare valore gestionale, potrebbe accrescere ulteriormente l'efficacia applicativa del metodo.

Ovviamente, però, l'individuazione delle condizioni di riferimento per ciascun singolo tratto, e quindi della funzionalità potenziale, sulla base della quale è

possibile calcolare la funzionalità relativa, è un processo estremamente delicato che, si fonda totalmente sulla competenza e sull'etica scientifica del rilevatore. L'utilizzo di riferimenti errati o, peggio, eticamente scorretti, può determinare l'espressione di un giudizio di naturalità non affidabile, con le prevedibili conseguenze nel campo della tutela, della gestione e della pianificazione degli ecosistemi acquatici.

8. Note conclusive

Il lavoro del gruppo nell'ideazione di un indice di funzionalità perilacuale si è svolto in forma teorica con applicazioni pratiche di supporto al modello, sviluppando una metodologia concettualmente coerente con quanto indicato dalla Direttiva 2000/60/CE. L'obiettivo principale è stato quello di mettere a punto uno strumento speditivo utile per la pianificazione territoriale di aree limitrofe ai corpi d'acqua lacustri. Sebbene esistano ormai diverse guide di gestione e protezione delle fasce perilacuali [ad es www.d.umn.edu/~seawww/quick/ns.html e www.kelowna.ca/CM/Page360.aspx] queste, pur rifacendosi alla funzionalità perilacuale, non la valutano e quantificano.

L'attuale versione dell'ITP è nata dopo l'applicazione su un largo ventaglio di tipologie di corpi lacustri, siano essi naturali o artificiali, delle due ecoregioni italiane (Alpina e Mediterranea) previste dai Gruppi di Lavoro della Direttiva 2000/60/CE.

L'indice di funzionalità perilacuale nasce con l'obiettivo specifico di valutare l'efficacia funzionale delle fasce perilacuali soprattutto in termini di capacità di rimozione dei nutrienti provenienti da sorgenti diffuse.

Nonostante il crescente numero di pubblicazioni negli ultimi dieci anni, il livello di conoscenza riguardante le capacità "tamponate" delle fasce riparie non è ancora soddisfacente. Decisamente insufficienti sono i lavori pubblicati relativi agli ambienti lacustri e non esaustivi sono quelli finalizzati a indagare il ruolo di questi ambienti di transizione nel contenere i carichi di fosforo.

Ne consegue che il limite maggiore dell'Indice di Funzionalità Perilacuale risiede proprio nella difficoltà di poter poi avviare un'operazione di verifica basata su sperimentazioni concrete, in cui si misurino realmente i flussi in entrata e in uscita dalla zona riparia considerata, oppure dall'utilizzo di dati preesistenti.

L'elevata capacità degli ecotoni ripari nel trattenere e rimuovere i nutrienti è però ormai ampiamente documentata e numerosi studi condotti in Gran Bretagna, Francia, Svezia, Danimarca, Canada e Stati Uniti hanno dimostrato che le zone riparie possono consentire una sensibile riduzione, fino al 90%, del carico di azoto proveniente dalle attività agricole.

La gestione dei corpi idrici necessita di adeguati strumenti di valutazione dei processi ecologici garantiti dagli ecosistemi. Sui risultati di tali indici dovrebbero basarsi le decisioni in merito alla pianificazione territoriale degli ambienti prossimi al lago e alla gestione della risorsa idrica.

9. Bibliografia

- Baker W.L. (1990). Species richness of Colorado riparian vegetation. *J. Veg. Sci.* 1: 119-124.
- Bragg O.M., Duck R.W., Rowan J.S., Black A.R. (2003). *Reviews of methods of assessing the hydromorphology of lakes*. Report of Scotland and North Ireland Forum for environmental Research. (SNIFFER) www.sniffer.org.uk
- Bratli J.L., Skiple A., Mielde M. (1999). Restoration of lake Borrevannet: self-espuration of nutrients and suspended matter through natural reed belts. *Water Science and Technology*, 40 (3): 325-332.
- Brazner J.C., Danz N.P., Niemi G.J., Regal R.R., Trebitz A.S., Howe R.W., Hanowski J.M., Johnson L.B., Ciborowski J.J.H., Johnston C.A., Reavie E.D., Brady E.D., Sgro G.V. (2007). Evaluation of geographic and human influences an Great Lakes wetland indicators: a multi-assemblage approach. *Ecological Indicators* 7: 610-635.
- Broocks R.P., Croonquist M.J., Da Silva E.T., Gallagher J.E. (1991). *Selection of biological indicators for integrating assessment of wetland, stream and riparian habitats*. In "Proceeding of Biological Criteria: Research and regulation" U.S environmental Agency, Office of Water, Washington DC, USA.
- Burt T.P., Pinay G., Matheson F.E., Haycock N.E., Butturini A., Clement J.C., Danielescu S., Dowrick D.J., Hefting M.M., Hillbricht-Ilkowska A., Maitre V.. (2002). Water table fluctuations in the riparian zone: comparative results from a pan-European experiment. *Journal of Hydrology* 265: 129-148.
- Callow P., Petts G.E. (1994). *The rivers Handbook: hydrological and ecological principles*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Chapman D. (1996). *Water Quality Assessments*, E&FN Spon, London
- CIS Wetlands Working Group (2003). Horizontal Guidance Document *The Role of Wetlands in The Framework Directive*, pp 63 <http://forum.europa.eu.int/Publi/irc/env/wfd>
- Cohen J. [1960]. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* 20: 27-46.
- Cirmo C.P., McDonnell J.J. (1997). Linking the hydrologic and biogeochemical controls of nitrogen transport in near-stream zones of temperate-forested catchments: a review. *J Hydrol.* 199: 88-120.
- Cobourn J. (2006). *How riparian ecosystems are protected at lake Tahoe. management: introduction*. J. of American Water Research Association (JAWRA), February: 35-43.
- Dale V.H., Beyele S.C.(2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- Danz N.P., Regal R.R., Niemi G.J., Brady V.J., Hollehorst T., Johnson L.B., Host G.E., Hanowsky J.M., Johnston C.A., Brown T., Kingston J., Kelly J.R. ((2005). Environmentally stratified sampling design for the development of Great Lakes environmental indicators. *Environ. Monit. Assess.* 102: 41-65.

- Doyle A.T. (1990). Use of riparian and upland habitats by small mammals. *J. Mammal.* 71: 14-23.
- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z.I., Knowler D.J., Leveque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L., Sullivan C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Review* 81: 163-182.
- Farina A. (2001). *Ecologia del Paesaggio: principi, metodi, applicazioni*. UTET Libreria, Torino.
- Fielding A.H. (1999). *Machine learning methods for ecological applications*. Kluwer, Boston/Dordrecht/London.
- Giller P.S., Hillebrand H., Beringer U.G., Gessner M.O., Hawkins S., Inchausti P., Inglis C., Leslie H., Malmqvist B., Managhan M.T., Morin P.J., O'Mullen G. (2004). *Biodiversity effects on ecosystem functioning: emerging issues and their experimental test in aquatic environments*. OIKOS, vol. 104, issue 3:423-436.
- Gregory S.V., Swanson F.J., McKee W.A., Cummins K.W. (1991). An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41: 540-551.
- Hatterman F.F., Krysanova V., Habeck A., Bronstert A. (2006). Integrating wetlands and riparian zones in river basin modelling. *Ecological Modelling* 199: 379-392.
- Hazelet P.W., Gordon A.M., Sibley P.K., Buttle J.M. (2005). Stand carbon stocks and soil carbon and nitrogen storage for riparian and upland forests of boreal lakes in northeastern Ontario. *Forest Ecology and Management* 219: 56-68.
- Heckman C. W. (1984). The ecological importance of wetlands along stream and river and consequence of their elimination. *Int. J. Ecol. Environ. Science* 10: 11-29.
- Hodgman T. P. (2006). *Riparian Zones: Managing early-successional habitats near the water's edge*. In: Managing grasslands, shrublands and young forests for wildlife, The Northeast Upland Habitat Technical Committee Massachusetts Division of Fisheries & Wildlife, www.wildlife.state.nh.us/Wildlife/Northeast_Mgt_Guide/Ch09_Riparian_Zones.pdf
- Hwang S.J., Lee S.W., Son J.Y., Park G.A., Kim S.J. (2007). Moderating effects of geometry of reservoirs on the relation between urban land use and water quality. *Landscape and Urban Planning* 82: 175-183.
- Keddy P.A., Fraser L. (1983). Shoreline vegetation in Axe Lake Ontario: effects of exposure on zonation patterns. *Ecology* 64: 331-344
- Keddy P.A., Fraser L. (1984). Plant zonation on lakes of Nova Scotia: a test of resource specialization hypothesis. *J. Ecol.* 72: 797-808.
- Keddy P.A., Reznicek A.A. (1986). Great Lakes vegetation dynamics: the role of fluctuating water level and buried seeds. *J. of Great Lakes Research* 12: 25-36.
- Keddy P.A. (1990). *Water level fluctuations and wetland conservation*. In "proceeding of "International Symposium on Wetlands of Great

- Lakes" (Kusler & Smardon Eds.). Association of State Wetland Managers, Niagara Falls, N.Y. pp. 77-91.
- Keddy P., Fraser L. (2000). Four general principles for the management and conservation of wetlands in large lakes: the role of water levels, nutrients, competitive hierarchies and centrifugal organization. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 5: 177-185.
- Krysanova V., Becker A. (2000). Integrated modelling of hydrological processes and nutrient dynamics at the river basin scale. *Hydrobiologia* 410: 131-138.
- Lin J-Y, Yu S-L., Lee T-C. (2000). Managing taiwan's reservoirs watersheds by the zoning approach. *J. of American Water. Research. Association (JAWRA)* 36 (5): 989-1001.
- Lin Y-F., Wang T-W., Lee D-Y. (2002). Effects of macrophytes and external carbon sources on nitrate removal from groundwater in constructed wetlands. *Environ. Pollut.* 119: 76-93.
- Malanson G.P. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. *Freshwater Biology* 29: 243-257.
- Malanson G.P. (1993). *Riparian landscapes*. New York: Cambridge Univ. Press., 296 pp.
- Malm Renofalt B.M., Nilsson C. Jansson R. (2005). Spatial and temporal patterns of species richness in riparian landscape. *Journal of Biogeography* 32: 2025-2037.
- Marburg A.E., Turner M.G., Kratz T.K.. (2006). Natural anthropogenic variation in coarse among and within lakes. *Journal of Ecology*. 94: 558-568.
- Maynard L., Wilcox D. (1997). Coastal Wetlands. State of lakes ecosystem conference. www.epa.gov/gnlpo/solec/96/coastal/index.htm
- McDonald S.E., Eaton B., Machtans C.S., Paszkowsky C., Hannon S., Boutin S. (2006). Is forest close to lakes ecologically unique? Analysis of vegetation, small mammals, amphibian, and songbirds. *Forest Ecology and Management* 223: 1-17.
- Mitsch W.J., Gosselink J.G. (1986). *Wetlands*. New York: Van Nostrand Reinhold Co. Inc. 539 pp.
- Naiman R.J., Décamps H. Pollock M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional diversity. *Ecol. Appl.* 3: 209-212.
- Naiman R.J., Décamps H. 1997 – The ecology of interfaces : riparian zone. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-6XX.
- Osborne L.L., Kovacic D.A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. *Freshwater Biology* 29: 243-257.
- Ostendorp W. (1991). Damage by episodic flooding to Phragmites reeds in a prealpine lake: proposal of the model. *Oecologia* 86: 119-124.
- Ostendorp W., Schmieder K., Jönk K (2004). Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe. *Ecohydrology & Hydrology* 4: 220-245.

- Ostojić A., Ćurčić S., Čomić L., Topuizović M. (2007). Effects of anthropogenic influences on status of two water supply reservoirs in Serbia. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 12: 175-185.
- Pinay G., Decampes H, Chauvet E., Fustec E. (1990). *Function of ecotones in fluvial system*. In: Naiman R.J.& Décamps H. (Ed) *The ecology and management in aquatic-terrestrial ecotones*. Man and the Biosphere series, 4. The Parthenon Publishing Group, Camforth:141-164.
- Pollock M.M., Maiman R.J., Hanley T.A. (1998). Plant species richness in riparian wetlands – a test of biodiversity theory. *Ecology* 79: 94-105.
- Premazzi G., Chiaudani, G. (1992). *Ecological quality of surface waters – Quality assessment schemes for European Community lakes*. Environmental Institute University of Milan, ECSC-EEC-EAEC, Brussels-Luxembourg
- Push M., Fiebig D., Brettar I., Eisenmann H., Ellis B. K., Kaplan L. A., Lock M. A., Naegeli M. W., Traunspurger W. (1998). The role of micro-organisms in the ecological connectivity of running water. *Freshwater Biology* 40: 453-495.
- Roth B.M., Kaplan I.C., Sass G.G., Johnson P.T., Marburg A.E., Yannarell A.C., Havlicek T. D., Willis T.V., Turner M.G., Carpenter S.R. (2007). Linking terrestrial and aquatic ecosystem: the role of woody habitat in lake food webs. *Ecological Modelling* 203: 439-452.
- Scardi M., Cataudella S., Di Dato P., Fresi E., Tancioni L. [2008]. An expert system based on fish assemblages for evaluating the ecological quality of streams and rivers. *Ecological Informatics* 3: 55-63.
- Schmieder K. (2004). European lake shore danger concepts for sustainable development. *Limnologica* 34: 3-14.
- Schultz R.C., Colletti J.P., Simpkins W.W., Mize C.W., Thompson M.L.. (1993). *Developing a multi-species riparian buffer strip agroforestry system*. Riparian Ecosystem in humid U.S.; functions, values and management conference, Atlanta, Georgia.
- Schultz R.C., Colletti J.P., Simpkins W.W., Mize C.W., Thompson M.L. (1995). Design and placement of multi-species buffer strip system. *Agroforestry System* 29: 201-226.
- Siligardi M., Avolio F., Baldaccini G., Bernabei S., Bucci M.N.S., Cappelletti C., Ciutti F., Floris B., Franceschini A., Mancini L., Minciardi M.R., Monauni C., Negri P., Pineschi G., Pozzi S., Rossi G.L., Spaggiari R., Tamburro C., Zanetti M. (2007). *IFF 2007 Indice di funzionalità fluviale*. Manuale Apat Roma.
- Smith D., Hellmund P.C. (Eds) (1993). *Ecology of Greenway*. University of Minnesota Press, Minneapolis, Minnesota.
- Smith D. *et al.* (1993). *Ecology of Greenway*. University of Minnesota Press, Minneapolis, Minnesota
- Triska F.J., Duff J.H. and Avanzino R.J. (1993). The role of water exchange between a stream channel and its hyporheic zone in nitrogen cycling at the terrestrial aquatic interface. *Hydrobiologia* 251: 167-184.

- Van Geest G. J., Roozen F. C. J. M., Coops H., Roijackers R.M.M., Buijse A.D., Peeters E. T. H. M., Sheffer M. (2003). Vegetation abundance in lowland flood plan lakes determined by surface area, age and connectivity. *Freshwater biology* 48: 440-454.
- Vanek V. (1991). Riparian zone as a source of phosphorus for a groundwater-dominated lake. *Water Res.* 25 (4): 409-418.
- Vidon P.G., Hill A.R. (2006). *A landscape-based approach to estimate riparian hydrological and nitrate removal functions*. Journal of Am. Wat. Res. Association (JAWRA). August:1099-1112.
- Vought L.B., Dahl J., Pedersen C.L., Lacoursiere O. (1994). Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio* 23 (6): 342-348.
- Vought L.B., Pinay G., Fuglsang A., Ruffinoni C. (1993). Structure and function of buffer strips from a water quality perspective in agricultural landscape. *Landscape and Urban Planning* 12: 104-107.
- Wetzel R.G. (2001). *Limnology*. 3rd Edition. Accademic Press. London
- Wilcox D.A (1995). *The role of wetlands nearshore habitat in Lake Huron*. In "The Lake huron Ecosyustem: Ecology, Fisheries and Management" (Munawar, Edsall, Leach Eds.) Ecovision World Monography Series, III, SPB Accademic Publishing, Amsterdam, pp 223-245.
- Wilcox D.A., Meeker J.E. (1992). Implication for faunal habitat related to altered structure in regulated lakes in northern Minnesota. *Wetlands*, 12: 192-203.
- Zhao S., Fang J., Ji W., Tang Z. (2003). Lake restoration from impoldering: impact of land conversion on riparian landscape in Honghu Lake area, Central Yangtze. *Agriculture Ecosystem and Environment* 95: 111-118.

Ringraziamenti

I dati necessari per la messa a punto del metodo derivano da indagini operate dai componenti del Gruppo di Lavoro e da operatori ed esperti del mondo scientifico, delle Agenzie e di privati che gentilmente si sono adoperati per raccogliere le informazioni richieste.

Di seguito riportiamo tutti gli enti e società che ringraziamo per l'apporto indispensabile ed importante per la riuscita di questo lavoro:

- ARPA Molise – Maria Silvia Bucci, Concetta Tamburro, Antonio Iamele, Daniela Urciuoli
- ARPA Toscana – Gilberto Baldaccini
- ARTA Abruzzo – Giovanna Martella
- ENEA Saluggia – Maria Rita Minciardi
- Fondazione Lombardia Ambiente – Mauro Luchelli, Simone Rossi
- Regione Lombardia – Daniele Magni
- Provincia di Belluno – Guglielmo Russino
- Società Bioprogramm srl – Marco Zanetti, Diana Piccolo, Manuel Bellio

Contatti

Siligardi Maurizio

Agenzia Provinciale Protezione Ambiente (APPA)

Settore Tecnico

Via Mantova, 16

38100 Trento

Tel 0461 497756

e-mail maurizio.siligardi@provincia.tn.it

Bernabei Serena

Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Dip. Tutela Acque Interne e Marine

Via V. Brancati, 48

00144 Roma

Tel 06 50074540

e-mail serena.bernabei@apat.it

Cappelletti Cristina

Fondazione Edmund Mach

Centro Trasferimento Tecnologico

Via E. Mach, 1

38010 S. Michele all'Adige (TN)

Tel 0461 615363
e-mail cristina.cappelletti@iasma.it

Ciutti Francesca
Fondazione Edmund Mach
Centro Trasferimento Tecnologico
Via E. Mach, 1
38010 S. Michele all'Adige (TN)
Tel 0461 615363
e-mail francesca.ciutti@iasma.it

Dallafior Valentina
Agenzia Provinciale Protezione Ambiente (APPA)
Settore Tecnico
Via Mantova, 16
38100 Trento
Tel 0461 497756
e-mail valentina.dallafior@provincia.tn.it

Dalmiglio Antonio
Via G. Marconi, 43
25128 Brescia
Tel 349 4445366
e-mail dalmiglioantonio@gmail.com

Fabiani Claudio
Via A. Cecov, 53
00142 Roma
Tel 335 1673920
e-mail clfabiani@libero.it

Mancini Laura
Istituto Superiore di Sanità (ISS)
Viale Regina Elena, 299
00161 Roma
Tel 06 49902773
e-mail laura.mancini@iss.it

Monauni Catia
Agenzia Provinciale Protezione Ambiente (APPA)
Settore Tecnico
Via Lidorno, 1
38100 Trento
Tel 0461 493074
e-mail catia.monauni@provincia.tn.it

Pozzi Sabrina
Agenzia Provinciale Protezione Ambiente (APPA)
Settore Tecnico
Via Lidorno, 1
38100 Trento
Tel 0461 493047
e-mail sabrina.pozzi@provincia.tn.it

Scardi Michele
Università di Roma di "Tor Vergata"
Dip. di Biologia
via della Ricerca Scientifica
00133 Roma
Tel 06 72595991
e-mail mcardi@mclink.it

Tancioni Lorenzo
Università di Roma di "Tor Vergata"
Dip. di Biologia
via della Ricerca Scientifica
00133 Roma
Tel 06 72595975
e-mail tancioni@uniroma2.it