



Davide  
Tagliapietra,  
Marco Sigovini\*

\* Davide Tagliapietra, biologo, è ricercatore presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine di Venezia (CNR-ISMAR); Marco Sigovini, dottorando in Scienze Ambientali dell'Università Ca' Foscari di Venezia sta conducendo, presso il CNR-ISMAR, ricerche sulle biocenosi degli ecosistemi costieri di transizione

\*\* L'articolo di queste pagine è tratto dal quaderno "MELa4. Acque, Benthos, Macroalghe", realizzato nel settembre 2009 dal Magistrato alle Acque di Venezia attraverso il Consorzio Venezia Nuova. Nella pubblicazione è presentata la IV fase delle attività di Monitoraggio dell'Ecosistema Lagunare (cosiddetto "MELa") ed è sintetizzato lo stato delle conoscenze sulla situazione ambientale della laguna e sulla qualità e variabilità di ciascuna delle matrici che la compongono. I programmi "MELa" vengono eseguiti dal Magistrato alle Acque attraverso il Consorzio Venezia Nuova e riguardano sia le componenti abiotiche (sedimenti, acqua e aria) che le componenti biotiche (animali e vegetali). Le attività sono state avviate nel 2000 e si sono articolate in fasi diverse, attivate nel tempo e tra loro coordinate (la V fase è attualmente in corso). Ciò ha garantito la continuità e l'omogeneità delle informazioni e dei dati acquisiti e la disponibilità di una base di conoscenze sempre più approfondita, dinamica e integrata sull'ecosistema

## Il gradiente di transizione

## La biodiversità e la metafora della montagna\*\*

Un paradigma piuttosto diffuso utilizzato per la valutazione dello stato ecologico di ambienti umidi "naturali" o percepiti come tali è che la loro "qualità" sia misurabile attraverso la loro "biodiversità".

La biodiversità fa parte dei tre macrodescrittori usati per definire lo stato di salute di un ecosistema. La salute dell'ecosistema<sup>1</sup> è "una misura comprensiva, multiscala, dinamica e gerarchica della resilienza, dell'organizzazione e del vigore del sistema [...] essa va definita dal punto di vista sia del suo contesto (cioè il sistema più ampio di cui l'ecosistema in oggetto fa parte) sia delle sue componenti (ossia le parti che lo compongono)".

I segni indicativi di buona salute possono quindi essere riferiti in termini di *vigore*, il quale può essere espresso come metabolismo o produttività; in termini di *organizzazione*, misurata attraverso la biodiversità sia nella sua accezione classica (numero di specie e diversità specifica) sia nell'accezione più estesa di biodiversità funzionale (ad esempio, numero di interazioni tra le componenti del sistema, nodi e livelli nelle reti trofiche, diversità morfologica e comportamentale); infine in termini di *resilienza*, misurata come capacità di un sistema di mantenere la struttura e il funzionamento in presenza di stress.

La biodiversità è un utile strumento per la stima della qualità ambientale, ma non va utilizzata come giudizio assoluto soprattutto quando è intesa come "ricchezza specifica" (*species richness*) ossia il numero di specie presenti: l'equazione "bassa biodiversità = bassa qualità" è priva di senso se non è rapportata alla biodiversità esprimibile da un certo tipo di ambiente. La biodiversità, come qualsiasi descrittore biologico, può diventare una misura della qualità ambientale solo se viene rapportata a una condizione di riferimento, come ci indica anche la Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE). Una velma situata in una palude interna è *naturalmente* meno ricca in specie di una velma prossima alla bocche di porto, ma la sua qualità non è necessariamente minore: questi ambienti avrebbero un diverso numero di specie anche nella "Laguna dell'Eden"!

L'assenza di tali assunzioni, come vedremo, può portare a valutazioni errate della "qualità", in particolare per ecosistemi costieri di transizione come le lagune.

In un ambiente di transizione quale la laguna, le forze idrodinamiche variano in maniera continua, anche se non uniforme, lungo l'intero bacino. Esse seguono un gradiente generalmente orientato perpendicolarmente alla linea di costa, dal mare verso l'entro-

<sup>1</sup> Costanza R., 1992. *Toward an operational definition of ecosystem health*. In Costanza R., Norton B.G. and Haskell B.D. (ed.), *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*, Island Press, Washington DC: 239-256



terra, principalmente lungo l'asse dei rami fluviali o delle loro estensioni nei bacini lagunari. L'azione delle maree e gli apporti di acqua dolce determinano quindi il variare di fondamentali fattori ecologici, quali il ricambio idrico, la variazione di salinità, la struttura dei sedimenti, la torbidità, il carico di nutrienti, e controllano quindi sia la geomorfologia sia l'ecologia di questi ambienti. Tutte queste variabili si combinano in un gradiente composto che chiameremo "gradiente di transizione"<sup>2</sup>.

Così, ad esempio, entrando dal mare in una laguna e dirigendoci verso un fiume che sfocia in essa, assisteremo a una progressiva diluizione delle acque marine in quanto le acque fluviali determinano una diminuzione della salinità. L'apporto di solidi sospesi da parte del fiume, inoltre, farà aumentare la torbidità delle acque. Contemporaneamente, allontanandoci dal mare vedremo che la forza delle maree diminuisce e con essa diminuisce il ricambio idrico mentre aumenta il livello di confinamento delle acque (la stagnazione) cosicché le acque torbide tenderanno a sedimentare facendo variare la tessitura dei sedimenti. I nutrienti trasportati dalle acque fluviali si accumuleranno, in particolare, nelle zone più interne innescando una maggiore produzione di sostanza organica vegetale che man mano si depositerà sui fondali.

Tutto ciò genera un cambiamento progressivo, dal mare verso la terraferma, dell'ambiente e di conseguenza delle comunità biologiche che lo abitano. Il gradiente di transizione non è quindi un semplice gradiente salino o di ricambio idrico ma un mutare direzionale e complesso di molti fenomeni che prendono le mosse dalle variabili fisiche e fisico-chimiche, sia naturali sia di origine antropica, arrivando da ultimo a coinvolgere le biocenosi.

### Il variare della biodiversità lungo il gradiente di transizione

La definizione di "biodiversità" più frequentemente utilizzata è riportata anche nel recente *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) che riprende ampiamente la definizione indicata dalla Convenzione sulla Biodiversità (CBD), stipulata a Rio de Janeiro nel 1992: "Biodiversità indica la variabilità tra tutti gli organismi viventi includendo, tra gli altri, gli ecosistemi terrestri, marini e acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte"; il termine indica la diversità all'interno delle specie, tra le specie e tra gli ecosistemi. Più in sintesi, Pignatti<sup>3</sup> definisce la biodiversità come l'insieme di strutture e funzioni diversificate che i sistemi viventi hanno sviluppato, sotto il vaglio della selezione naturale, in base all'efficienza nell'uso delle risorse materiali ed energetiche. La biodiversità è il risultato del processo di auto-organizzazione dei viventi a livello spaziale, temporale e relazionale tra organismi, specie e comunità.

<sup>2</sup> Tagliapietra D., Sigovini M., Volpi Ghirardini A., 2009. *A review of terms and definitions to categorize estuaries, lagoons and associated environments*. "Marine and Freshwater Research".

<sup>3</sup> Pignatti S., (2005) *Biodiversità e aree naturali protette*. Edizioni ETS, Pisa, 238 pp.

Il gradiente di transizione influenza direttamente la biodiversità. Si assiste cioè alla progressiva riduzione del numero di specie man mano che ci si addentra in un ecosistema di transizione, procedendo dal mare verso la terraferma. Questa progressiva riduzione del numero di specie è una caratteristica molto importante e il suo specifico modello distributivo deve essere attentamente tenuto in considerazione nella comprensione del funzionamento di questi ambienti.

La riduzione del numero di specie lungo il gradiente di transizione è stata l'oggetto di molte concettualizzazioni, ognuna delle quali ha spostato l'accento su differenti fattori che contribuiscono alla generazione del gradiente; ciò è dovuto in buona parte alle caratteristiche degli ambienti investigati quali la salinità, il ricambio idrico, il tipo di sedimento.

La maggior parte delle specie che vivono negli ambienti di transizione, ad esempio, sono di "origine" marina<sup>4</sup>, perciò il grado di connettività con il mare influisce molto sull'insediamento dei giovani (il "reclutamento") delle specie che richiedono una fase larvale in mare, con ripercussioni sulla biodiversità e sulla struttura delle comunità<sup>5</sup>. È quindi lecito aspettarsi che, spostandosi dal mare verso la terraferma, la progressiva divergenza delle condizioni ambientali da quelle marine sia tollerata progressivamente da un minor numero di specie generando un cenocline<sup>6</sup>.

In assenza di fiumi importanti, il compito di garantire la vitalità dell'ecosistema nelle parti interne viene svolto dal solo ricambio idrico, quindi dalla "vivificazione" marina<sup>7</sup>. Addentrandosi in un grande bacino, come la laguna di Venezia, esistono dei limiti fisici oltre i quali il numero di specie si riduce a tal punto da lasciare accesso a comunità di cianobatteri e poco altro<sup>8</sup>.

### Metafora della montagna

È una metafora applicabile a tutti gli ambienti di transizione; prendiamo come esempio una laguna e immaginiamola come una montagna. Anche se niente sembra più lontano da una laguna che una montagna vedremo, andando avanti con l'esempio, come la fantasia ci possa aiutare.

In una montagna c'è un chiaro gradiente altitudinale. Esso è il gradiente più forte che influenza notevolmente tutti gli altri e determina soprattutto una diminuzione di temperatura. In laguna, il grado di connessione con il mare è assimilabile all'altitudine (negli estuari può essere assimilabile al gradiente di salinità).

L'elevarsi di una montagna crea zone d'ombra che a loro volta diminuiranno la quantità di radiazione solare che giunge al suolo e quindi influenzeranno ancora la tempe-

<sup>4</sup> Barnes R.S.K., 1989. *What, if anything, is a brackish-water fauna?*, "Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth Sciences", 80: 235-240.

<sup>5</sup> Platell M.E., Potter I.C., 1996. *Influence of water depth, season, habitat and estuary location on the macrobenthic fauna of a seasonally closed estuary*. "Journal of the Marine Biological Association", U. K. 76: 1-21.

<sup>6</sup> McLusky D.S., Elliott M., 2004.

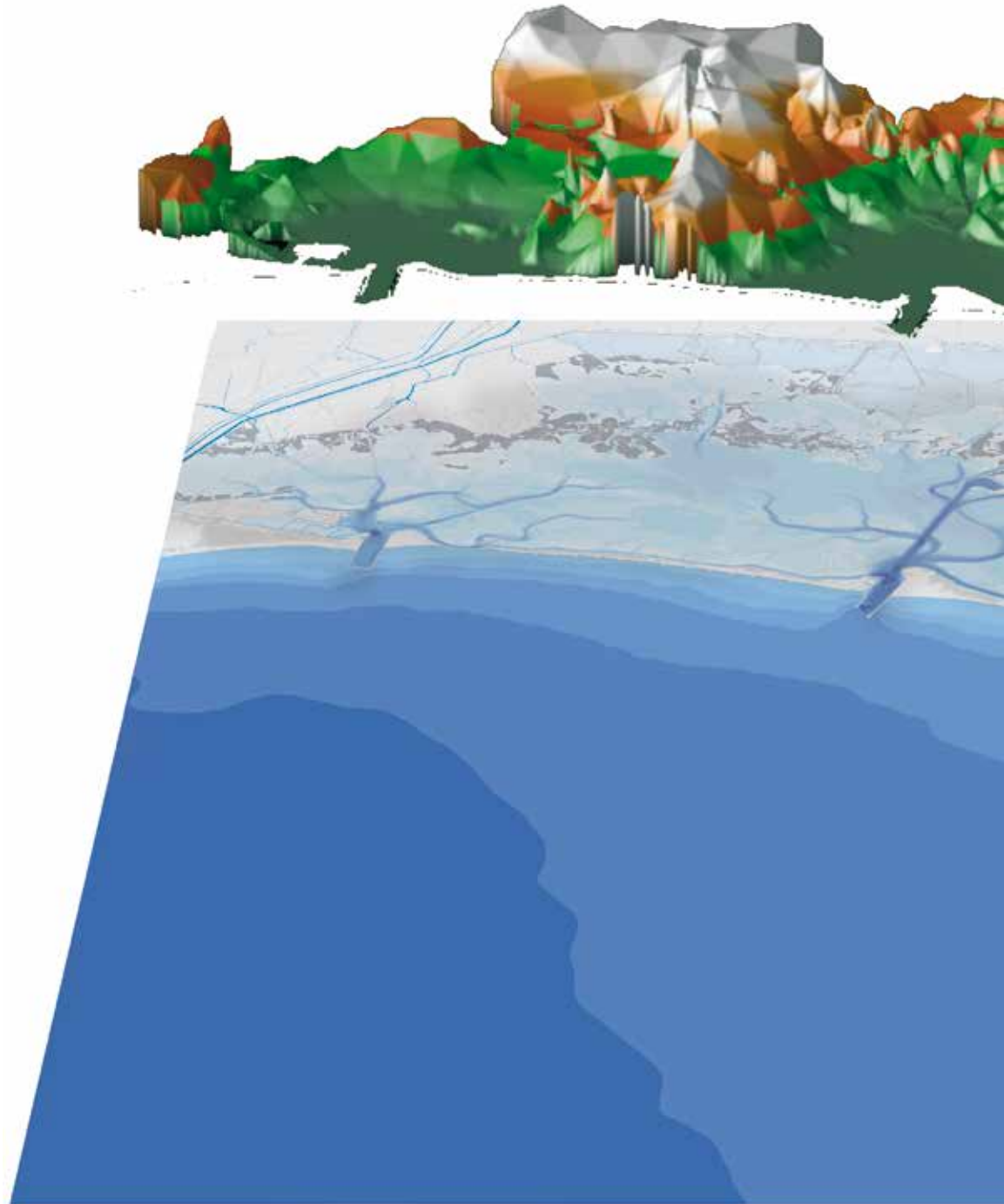
*The Estuarine Ecosystem, Ecology, Threats and Management*. Oxford University Press, New York, 216 pp.

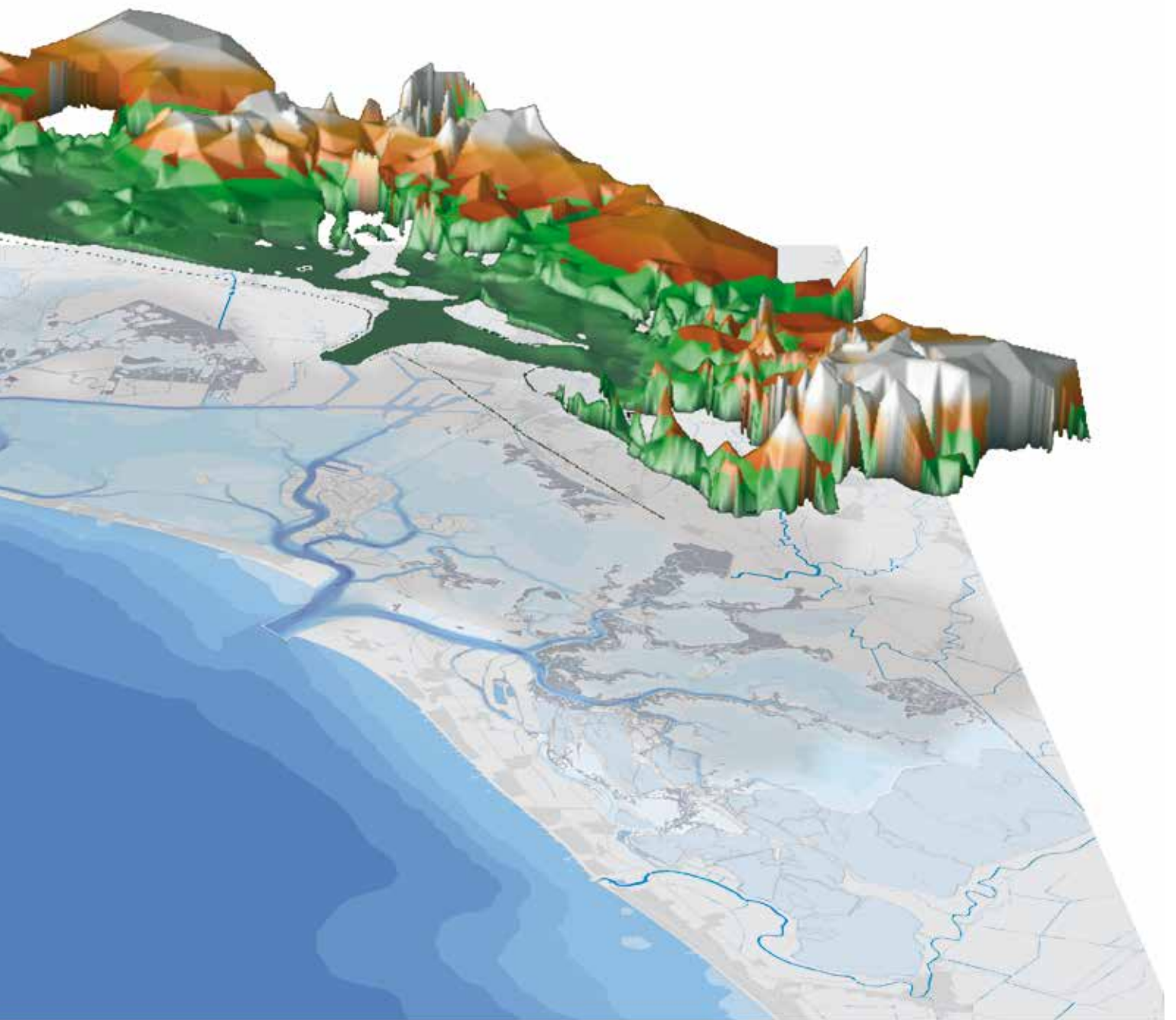
I fattori ambientali cambiano in maniera continua attraverso il paesaggio, influenzando la distribuzione delle popolazioni. Questo gradiente è detto "gradiente complesso" (*complex gradient*). Le popolazioni delle varie specie sono quindi distribuite in maniera continua; le comunità, in quest'ottica, sono delle porzioni

ni, in un qualche modo arbitrarie, di questo gradiente. Il cenocline è quindi un susseguirsi continuo di specie lungo il complesso gradiente ambientale (Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*, 2nd ed., Macmillan. New York, 385 pp.; White P.S., 1979. *Pattern, Process, and Natural Disturbance in Vegetation*, "Botanical Review", 4 (53): 229-299).

<sup>7</sup> Picotti M., 1937. *Il mare, gran-*

Paesaggio virtuale dato dai  
tempi di residenza in laguna  
di Venezia  
*Dati ed elaborazioni  
di A. Cucco e A. Sarretta*





ratura. L'altezza del monte determina la quantità di ossigeno disponibile nell'aria e la presenza di ghiacciai; mentre la ripidità con cui la montagna si eleva determina sia l'inclinazione con la quale i suoi pendii sono esposti al sole sia altri fenomeni secondari tra cui la velocità delle acque dei torrenti.

Come detto, in laguna la connettività con il mare e il ricambio delle acque (gradiente principale) influenzano, per esempio, la diluizione delle acque continentali e quindi la salinità e la distribuzione dei sedimenti. Se un unico canale che giunge sino alla terraferma e determina un unico bacino può essere idealizzato come un monte, una laguna costituita da più bacini di diverso ordine e grado è assimilabile con più verosimiglianza a una catena montuosa.

Sinora abbiamo tracciato per analogie il compartimento fisico, il substrato sul quale si insediano gli organismi viventi. In una montagna le diverse quote sono occupate da diversi tipi di vegetazione, secondo i cosiddetti piani vegetazionali: nel piano collinare troveremo i boschi di latifoglie, nel piano montano quelli di conifere, nel piano subalpino gli arbusteti dove dominano il pino mugo e il mirtillo nero; nel piano alpino le piante erbacee che caratterizzano il paesaggio dei pascoli di altitudine e la scarsa vegetazione dei ghiacciai.

All'interno delle diverse tipologie di bosco vivono comunità animali caratteristiche. Alcune specie sono strettamente legate a un certo tipo di bosco, altre sono più mobili e privilegiano la struttura tridimensionale della componente vegetale piuttosto che la specie che lo caratterizza. Così in una laguna, a una particolare zona fisica corrisponde una specifica vegetazione e a questa vegetazione corrispondono a loro volta determinati animali. Come in una montagna nessuno si aspetta di trovare un faggio nel piano alpino, così in una laguna non ci si aspetta di trovare *Cymodocea nodosa*, pianta acquatica tipica delle zone fortemente marinizzate, in prossimità dei delta fluviali.

La figura riportata nelle pagine precedenti è stata prodotta al computer per offrire una rappresentazione della metafora della montagna e una visualizzazione immediata dell'aumento della "austerità" ambientale a mano a mano che ci si inoltra nei bacini lagunari (in questo caso la laguna di Venezia). Il gradiente lagunare è visualizzato sovrapponendo a una mappa bidimensionale il tempo di residenza, come fosse una terza dimensione. Il paesaggio virtuale che ne risulta ricorda, appunto, un paesaggio di montagna dove le valli rappresentano le zone a veloce ricambio idrico mentre le cime delle montagne rappresentano i siti ad alto confinamento nei quali l'acqua ristagna maggiormente.

*de vivificatore della Laguna.* In *Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, 5 (3): 195-199.

<sup>8</sup> Guelorget O., Perthuisot J.P., 1983. *Lé Domaine paraliq: Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement.* Travaux du Laboratoire de Géologie. Presses de l'École Normale Supérieure, Paris 16, 136 pp.



La ripidità dei fianchi delle montagne è proporzionale alla ripidità del gradiente. L'analogia con il paesaggio montano può essere spinta oltre, pur se con cautela; lussureggianti foreste (praterie di fanerogame come boschi di pianura o collina) si possono rinvenire nelle "vallate", mentre le cime saranno abitate da poche specie ben adattate a rigide condizioni ambientali. Analogamente ci saranno animali dotati di grande mobilità (per esempio i cefali) che sfrutteranno molti ambienti, "volando" dalle cime alle valli e rifuggendo le condizioni avverse ai primi sintomi di peggioramento, mentre animali meno mobili saranno costretti a un maggiore grado di adattamento alle condizioni nelle zone più impervie e variabili, presentando una maggiore eurieicità<sup>9</sup>.

#### Considerazioni conclusive

La laguna di Venezia è stata gestita per oltre un millennio dall'uomo che, in relazione alle risorse e ai benefici che essa offriva, ne ha indirizzato l'evoluzione. Ciò le ha consentito di giungere fino a noi, a differenza di molte altre lagune che, lasciate al naturale divenire, sono irrimediabilmente scomparse. La laguna di Venezia si presenta oggi come un ecosistema complesso, regolato da un insieme di fattori (morfologia, scambio mareale e idrodinamica, apporti dai fiumi, ecc.) che influenza la distribuzione e la diversità degli organismi che la abitano e che rende il suo mosaico ambientale prezioso. Alcune scelte gestionali possono portare a una diminuzione della biodiversità mentre altre possono portare a un aumento della stessa: basti pensare a come anche la semplice presenza delle "bricole" (pali in legno che segnalano o delimitano i canali lagunari) possa in alcuni contesti far innalzare incredibilmente il numero di specie presenti. Ciò è possibile in quanto la biodiversità è spesso favorita dalla diversità di habitat ossia dall'eterogeneità ambientale. La perdita di strutture geomorfologiche porta a una banalizzazione degli habitat spesso accompagnata dalla perdita di biodiversità per cui una oculata manutenzione dell'ambiente (ad esempio il restauro di strutture morfologiche) può contribuire a contrastare la perdita di habitat e di conseguenza la perdita di biodiversità. In generale, l'azione dell'uomo, laddove non porti a eccessiva frammentazione degli habitat e a un'eccessiva artificializzazione dell'ecosistema, può tradursi in un aumento della biodiversità, come per esempio avviene anche in alcuni paesaggi agricoli tradizionali<sup>10</sup>.

Le importanti modificazioni antropiche della laguna di Venezia fanno sì che negli approcci valutativi dello stato ecologico non si possa parlare di "integrità" ecologica ma solo di "salute". La salute ("ecosystem health") e l'integrità di un ecosistema, seppur correlati, sono concetti distinti<sup>11</sup>: si parla di "integrità" qualora, come condizione di

<sup>9</sup> Gli organismi eurieici hanno la capacità di tollerare ampie variazioni nei fattori ambientali (ad esempio: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, tipo di sedimento) e, quindi, possono abitare vari ambienti. Gli animali lagunari sono in genere molto più eurieici di quelli marini in quanto in grado di sopportare variazioni più ampie dei fattori ambientali, tipiche degli ambienti di transizione. Il contrario di eurieico è stenoecio.

<sup>10</sup> Farina A., 2001. *Ecologia del paesaggio*, UTET, Torino, 673 pp.

<sup>11</sup> Karr J.R., 1999. *Defining and measuring river health*. "Freshwater Biology", 41: 221-234



riferimento, si scelgano situazioni “inalterate”, ossia naturali o appunto integre, mentre si parla di “salute” dell’ecosistema nel caso in cui si pongano come riferimento condizioni valutate accettabili e considerate come le migliori possibili in relazione a un determinato uso<sup>12</sup>. Pur avendo come obiettivo il raggiungimento di un’alta biodiversità si è visto come il concetto di *maggiore biodiversità = maggiore qualità* debba necessariamente essere riportato nel contesto della variabilità attesa dell’ambiente che andiamo a valutare pena il rischio di valutazioni errate.

La metafora della montagna è intesa a fornire una percezione più diretta dei rapporti tra biodiversità e gradiente di transizione suggerendoci come ogni ambiente vada valutato in relazione alle sue potenzialità. Siano esse liberamente espresse in modo naturale (integrità) o necessariamente limitate da una consapevole scelta d’uso (salute).

<sup>12</sup> Rapport D.J., 1989. *What constitutes ecosystem health?* “Perspect. Biol. Med.”, 33: 120-132



