



APAT
Agenzia per la Protezione
dell'Ambiente
e per i Servizi Tecnici



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio
e del Mare



APPA
Agenzia Provinciale
per la Protezione dell'Ambiente

I F F 2007

INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata

Componenti gruppo di lavoro:

Siligardi Maurizio – coordinatore –

Avolio Francesco	Minciardi Maria Rita
Baldaccini Gilberto	Monauni Catia
Bernabei Serena	Negri Paolo
Bucci Maria Silvia	Pineschi Giorgio
Cappelletti Cristina	Pozzi Sabrina
Chierici Emanuela	Rossi Gian Luigi
Ciutti Francesca	Sansoni Giuseppe
Floris Bruno	Spaggiari Roberto
Franceschini Alessandra	Tamburro Concetta
Mancini Laura	Zanetti Marco

Hanno collaborato:

Marzani Anita, Dallafor Valentina, Fabris Margherita



con la

collaborazione del

CISBA - CENTRO ITALIANO STUDI DI BIOLOGIA AMBIENTALE

MANUALE APAT 2007

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Il testo completo e informazioni addizionali sull'argomento sono disponibili nel sito Internet:

<http://info.apat.it/pubblicazioni/>

<http://www.appa.provincia.tn.it/pubblicazioni/>

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Stampato in Italia dalla *Lineagrafica Bertelli Editori snc* - Trento

Copertina: Fiume Olona (*foto di V. Roella*)

ISBN 978-88-448-0318-6

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

Dipartimento stato dell'ambiente controlli e sistemi informativi

Via Vitaliano Brancati, 48

00144 Roma

I F F 2007

INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE

*a Enrico Olivieri
appassionato e lungimirante cultore
delle scienze ambientali*

Ringraziamenti

Si ringrazia il Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale – CISBA – per la sensibilità alle problematiche ambientali dei corsi d'acqua, per la disponibilità data attraverso i propri esperti nell'evidenziare situazioni particolari per una migliore applicabilità del metodo a tutte le realtà fluviali e per l'attivazione di un forum di discussione che ha prodotto una serie di utili interventi per condividere idee, problemi e soluzioni proposte dagli operatori del settore al gruppo di lavoro istituito nell'ambito dell'Accordo Quadro tra la Provincia Autonoma di Trento e il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Si ringrazia inoltre il gruppo del progetto “IFF coordinato” eseguito nell'ambito del più generale “Progetto di monitoraggio nazionale delle acque superficiali” promosso da APAT e con la partecipazione di operatori di più Agenzie per l'Ambiente (Trentino, Veneto, Lombardia, Toscana, Marche, Abruzzo, Molise, Lazio e Sardegna), che, oltre ad avere messo in luce la robustezza e versatilità del metodo, ha anche contribuito ad evidenziare debolezze, legate soprattutto all'esigenza di dotare il manuale di una migliore ed esauriente capacità di indirizzare l'operatore verso la risposta più conforme ed adeguata a quanto osservato.

Infine un grazie anche a tutti coloro che, attraverso l'applicazione del metodo nelle proprie realtà fluviali o nell'ambito dei corsi di formazione in tutta Italia, hanno fornito letture appropriate arricchendo il volume delle informazioni utili al fine di una revisione del metodo.

Presentazione

Storicamente tutte le grandi civiltà si sono insediate a ridosso dei fiumi ed hanno prosperato grazie alle numerose funzioni che questi esplicano: fornitura di acqua per tutti gli usi, irrigazione e arricchimento dei suoli per l'agricoltura, pesca, stabilizzazione del clima, navigazione, produzione di energia, allontanamento dei reflui, etc.

Il rapporto tra uomo e fiume si è andato nei secoli modificando nel senso che le azioni naturalmente esplicate dai fiumi sono state via via piegate alle esigenze dello sviluppo socio economico del territorio determinando una progressiva modificazione di una grande parte di questi ambienti al fine, di volta in volta, di contenere il rischio di inondazioni, permettere la navigazione o di generare energia elettrica.

Opere di regimazione idraulica, ponti, dighe, l'urbanizzazione sono solo alcuni esempi di come i fiumi siano oggi sempre più sottoposti a numerosi interventi di modificazione morfologica che, insieme alla piaga dell'inquinamento, determinano una progressiva artificializzazione e deterioramento della qualità degli ambienti fluviali. L'enorme valenza ambientale dei fiumi rischia in questo modo di essere banalizzata e i fiumi finiscono per essere considerati addirittura delle minacce dalle quali proteggersi ad ogni costo, costruendo argini e strutture artificiali, oppure il loro ruolo principale viene limitato a quello di vie d'acqua per l'allontanamento degli scarichi o lo smaltimento di rifiuti. Le sempre più frequenti crisi idriche mostrano i limiti ecologici, economici e sociali di questa ottica mono-obiettivo che è giunta a considerare l'acqua un rifiuto da smaltire, anziché una ricchezza da trattenere sul territorio.

I fiumi devono invece essere riconosciuti per quello che sono e cioè degli ecosistemi complessi, dei fantastici mosaici composti da numerose tessere di natura biotica e abiotica. Il fiume non è solo acqua che scorre in un alveo. Un fiume è tutto il territorio che con esso scambia materia ed energia, è la fauna e la flora acquatica e terrestre che da esso dipende, è il sedimento e l'universo che lo popola, è la falda sotterranea che, a seconda delle stagioni, alimenta o è alimentata dal fiume.

Il fiume è tutto questo e molte altre cose.

Tutti questi elementi sono legati da equilibri e da relazioni funzionali che sono la materia dell'ecologia fluviale. Spesso, come accade in molte altre discipline scientifiche (specialmente ambientali), il sapere che deriva dalla ricerca e dal lavoro sperimentale non si traduce in approcci concreti e in strumenti direttamente e facilmente utilizzabili dagli operatori addetti al monitoraggio ambientale. L'Indice di Funzionalità Fluviale è una risposta concreta al superamento della separazione tra la scienza e la gestione dell'ambiente; la sua ampia applicazione ha dimostrato che il merito dell'IFF consiste proprio nel fornire uno strumento, rigoroso ma di

facile uso, per leggere e comprendere queste relazioni e comportarsi di conseguenza: recuperare, quanto più possibile quel rapporto di funzionalità positiva tra fiume, uomo e territorio.

Il merito dell'indice è infine quello di aver fortemente contribuito alla diffusione di un diverso approccio e di una rinnovata cultura del rispetto e della tutela degli "organismi" fluviali. Questa nuova edizione rappresenta un'ulteriore evoluzione di questo approccio tecnico e culturale al quale il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha fortemente voluto dare il proprio concreto contributo attraverso il coinvolgimento attivo della Direzione Generale per la Qualità della Vita

Il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Alfonso Pecoraro Scanio

INDICE

PREMESSA	5	
1	INTRODUZIONE	7
1.1	La nuova versione del metodo IFF	11
2	CENNI DI ECOLOGIA FLUVIALE	15
2.1	Il fiume come parte integrante del ciclo dell'acqua	15
2.1.1	Il bacino idrografico	15
2.1.2	L'influenza della litologia sul bacino	18
2.1.3	Il regime idrico	19
2.1.4	La relazione falda-fiume	22
2.1.5	La zona iporreica	24
2.1.6	Le caratteristiche chimico-fisiche	26
2.2	Il fiume e la sua morfologia	29
2.2.1	Cenni di idrografia	29
2.2.2	Il trasporto solido	33
2.2.3	Le morfologie d'alveo	36
2.2.4	Gli elementi morfologici delle piane alluvionali	40
2.2.5	Le tipologie del fondo	42
2.2.6	L'artificializzazione morfologica	45
2.3	Il fiume come unità ecosistemica	52
2.3.1	L'importanza della diversità ambientale	52
2.3.2	Il collegamento funzionale tra il fiume e il suo territorio	55
2.4	Processi funzionali dell'ecosistema fluviale	58
2.4.1	Le relazioni trofiche	58
2.4.2	La ritenzione e degradazione della sostanza organica	62
2.4.3	Il potere autodepurante	65
2.4.4	La spiralizzazione dei nutrienti	68
2.4.5	L'andamento pulsante delle esondazioni (Flood Pulse Concept)	72
2.4.6	L'equilibrio energetico in un sistema aperto	74
2.4.7	Il continuum fluviale (<i>River Continuum Concept</i>)	76
2.5	Il fiume come corridoio fluviale	80
2.5.1	L'ecotono ripario: la dimensione trasversale	80
2.5.2	La successione vegetazionale	81

2.5.3	Le funzioni della zona riparia	84
2.5.4	Le zone umide come parte integrante dell'ambiente fiume	87
2.6	Approfondimenti sulle componenti biotiche dell'ecosistema fluviale	90
2.6.1	La componente planctonica	90
2.6.2	La componente animale	91
	<i>2.6.2.1 I macroinvertebrati bentonici</i>	91
	<i>2.6.2.2 I pesci</i>	92
	<i>2.6.2.3 Gli anfibi</i>	95
	<i>2.6.2.4 I rettili</i>	96
	<i>2.6.2.5 Gli uccelli</i>	96
	<i>2.6.2.6 I mammiferi</i>	97
2.6.3	La componente vegetale	98
	<i>2.6.3.1 Il perifiton</i>	101
	<i>2.6.3.2 Le macrofite acquatiche</i>	102
	<i>2.6.3.3 La vegetazione riparia</i>	105
2.7	Bibliografia - capitolo 2	108
3	LA DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE 2000/60/CE (WATER FRAMEWORK DIRECTIVE)	115
3.1	Principi generali della Direttiva	115
3.2	Lo "Stato Ecologico" dei corpi idrici superficiali	116
3.3	Le zone umide nell'ambito della direttiva 2000/60/CE	122
3.4	Il processo di definizione delle tipologie per i corsi d'acqua italiani	124
3.5	Bibliografia – capitolo 3	126
4	L'INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE (IFF): GENERALITÀ	128
4.1	Premessa	128
4.2	Cenni Storici	129
4.3	Finalità e definizione degli obiettivi	131
4.4	Funzionalità e naturalità	133
4.5	Funzionalità potenziale e reale (assoluta e relativa)	134
4.6	Bibliografia – capitolo 4	136
5	INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE: PROTOCOLLO DI APPLICAZIONE	137
5.1	Ambito di applicazione	137

5.2	Struttura della scheda	137
5.3	Livelli e mappe di funzionalità	142
5.4	Le competenze degli operatori	143
5.5	Indagini preparatorie	143
5.6	Modalità di rilievo	144
5.7	Trattamento statistico dei dati	146
6	GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA	149
	Domanda 1: Stato del territorio circostante	150
	Domanda 2: Vegetazione presente nella fascia perifluviale	153
	Domanda 3: Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	167
	Domanda 4: Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	170
	Domanda 5: Condizioni idriche	173
	Domanda 6: Efficienza di esondazione	179
	Domanda 7: Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici	186
	Domanda 8: Erosione	190
	Domanda 9: Sezione trasversale	193
	Domanda 10: Idoneità ittica	196
	Domanda 11: Idromorfologia	202
	Domanda 12: Componente vegetale in alveo bagnato	206
	Domanda 13: Detrito	210
	Domanda 14: Comunità macrobentonica	213
7	GLOSSARIO	217
	LETTURE CONSIGLIATE	237
	ALLEGATO 1- PARTE A	245
	ALLEGATO 1- PARTE B	261
	ALLEGATO 2	273
	ALLEGATO 3	301
	ALLEGATO 4	315
	CONTATTI	323

PREMESSA

Quando nel 2000 usciva la prima edizione del metodo IFF, molte erano le perplessità sulla nuova metodologia, sia per la innovativa impostazione basata sulla sensibilità e capacità dell'operatore nel leggere il fiume e sul carattere olistico del costruito metodologico, sia per la relativamente scarsa sperimentazione e validazione, sia ancora per l'imprevedibile fattore d'interesse che avrebbe potuto suscitare il metodo.

La pubblicazione del metodo come Manuale ANPA, ora APAT, e la sua divulgazione sia in forma cartacea che in formato elettronico sul sito dell'APPA di Trento, hanno suscitato un'onda di interesse inaspettata tra gli operatori del settore, che hanno accolto la nuova proposta con grande entusiasmo. Il successo del metodo è stato immediato e non si è ancora spento, diventando sostanzialmente uno standard del monitoraggio da affiancare alle normali indagini biologiche.

I motivi di tale espansione sono da individuarsi in alcune condizioni convergenti:

- la felice intuizione di creare un metodo svincolato da misure deterministiche e da limiti numerici;
- la fortunata scelta dei tempi;
- la sentita esigenza da parte degli addetti del settore di avere a disposizione uno strumento che potesse qualificare la funzionalità di un corso d'acqua attraverso l'utilizzo di parametri inerenti all'intero comparto fiume;
- la capacità del metodo di fotografare lo stato ambientale di un ecosistema fiume ed utilizzare le informazioni per la gestione dello stesso e del suo territorio.

Tali coincidenze hanno prodotto la rapida diffusione del metodo con una applicazione estensiva su parecchi corsi d'acqua italiani, stimabile in 4000 km di fiumi indagati. Ma proprio dalla vasta applicazione sono emersi alcuni rilievi al metodo e la necessità di adeguarlo ad una più larga realtà di tipologie fluviali.

È stata avviata, perciò, questa revisione completa del metodo che porterà sicuramente ad una più adeguata applicazione e ad una più concreta ed oggettiva valutazione.

Il prodotto ne esce aggiornato e migliorato in tutti i suoi aspetti, a tutto favore degli utilizzatori e degli esperti del settore.

Maurizio Siligardi

1 INTRODUZIONE

I metodi di indagine impiegati per la valutazione della qualità dei corsi d'acqua in un determinato momento storico non sono il semplice riflesso del livello tecnologico della strumentazione analitica, ma rispondono innanzitutto alle esigenze culturali ed economiche del contesto sociale.

Negli anni della ricostruzione postbellica e del miracolo economico, la tumultuosa crescita produttiva e il miraggio del benessere hanno contraddistinto il principale quadro di riferimento culturale della società italiana. La tutela dell'ambiente e del paesaggio, lasciata a poche voci illuminate quanto isolate, restò estranea agli orizzonti culturali delle principali componenti sociali. Le conseguenze ambientali furono una urbanizzazione senza precedenti delle coste e delle pianure alluvionali e l'inquinamento delle acque, dell'aria e del suolo: profonde ferite non ancora rimarginate. La legislazione sulla tutela delle acque dall'inquinamento, in piena coerenza con tale contesto socio-economico, era quasi inesistente.

L'entità dei guasti ambientali e delle diseconomie indusse all'emanazione della legge Merli - centrata sulla tutela delle acque *dall'inquinamento* - che per oltre venti anni ha orientato l'attività di controllo. I principali limiti culturali rimproverati alla legge Merli sono l'attenzione rivolta agli *scarichi* anziché al corpo recettore e l'approccio tabellare, basato sulla concentrazione di inquinanti, che non tiene in alcuna considerazione un fattore di fondamentale importanza: la portata dello scarico. Effettivamente questi limiti hanno indebolito la lotta all'inquinamento che pure era l'obiettivo di fondo della legge.

A ben vedere, però, il principale limite culturale della legge Merli non fu la debolezza nella lotta all'inquinamento, ma l'aver preso in considerazione uno solo dei comparti ambientali: l'acqua. Ciò rivela il prevalere di un obiettivo *utilitaristico*, anziché ecosistemico: un risanamento dei fiumi finalizzato non tanto al ripristino della loro funzionalità ecologica, ma in primo luogo a garantire la disponibilità di una risorsa di qualità adeguata agli *usi* umani (produttivi, energetici, irrigui, potabili).

La parzialità di questo approccio culturale può spiegare l'indifferenza, altrimenti incomprensibile, degli stessi organi di controllo verso interventi di sistemazione idraulica che spesso hanno determinato impatti sull'aspetto paesaggistico e sulla funzionalità ecosistemica difficilmente rimediabili. L'approccio analitico e del rispetto dei limiti tabellari ha costituito una sorta di paraocchi che, concentrando l'attenzione solo sull'acqua, ha impedito di vedere lo sconquasso provocato dalle ruspe, il taglio della vegetazione, la

costrizione e la perdita della diversità ambientale indotte da argini, rettifiche, risagomature, cementificazioni, le coperture, il depauperamento idrico operato dalle derivazioni.

Per quanto possa apparire inverosimile, il quadro normativo era tale che una sua passiva applicazione avrebbe indotto i nostri tecnici a prelevare una bottiglia d'acqua da un fiume fortemente degradato, ad analizzarla asepticamente in laboratorio e, magari, a certificarne l'ottimo stato di salute.

Per evitare equivoci e fraintendimenti è doveroso precisare che queste considerazioni non sviscolano in alcun modo i metodi chimici e batteriologici, che restano un pilastro fondante del controllo dell'*inquinamento* dei corsi d'acqua. Più semplicemente, essi devono essere affiancati da altri metodi capaci di rilevare quei tipi di deterioramento degli *ambienti fluviali* che, pur non compromettendo la qualità dell'acqua, esercitano un impatto spesso ancor più devastante.

L'introduzione in Italia dell'Indice Biotico Esteso (IBE), il cui utilizzo è iniziato negli anni '80 e si è consolidato negli anni '90, ha rappresentato un momento di rottura di questi schemi mentali. Il suo impiego - paragonabile ad un'intervista agli organismi acquatici, ai quali viene chiesto di esprimere un giudizio sulla accettabilità delle condizioni ambientali - spezza l'approccio antropocentrico dei metodi chimici e batteriologici. Per la prima volta il giudizio non viene più espresso dall'uomo in funzione degli usi della risorsa idrica, ma dai legittimi inquilini del fiume in funzione della loro sopravvivenza; per la prima volta il giudizio non è più limitato alla sola componente acqua, ma incorpora la presenza di microhabitat, il perifiton, la vegetazione acquatica, la diversità ambientale, il regime idraulico; per la prima volta gli effetti della cementificazione dell'alveo e della banalizzazione dell'ambiente fluviale vengono rilevati da un metodo di indagine e vengono perciò registrati dagli organi deputati al controllo.

L'intervento della Direttiva comunitaria 2000/60/CE ha ulteriormente rafforzato tale impostazione, dando un'importanza prioritaria al monitoraggio di tipo biologico ed oggi sono in corso di definizione a livello nazionale ed europeo i metodi di monitoraggio e classificazione dello "stato ecologico" dei corpi idrici superficiali conformi ai requisiti della Direttiva stessa.

L'acquisizione di questi dati e la grande efficacia comunicativa delle mappe a colori della qualità biologica dei corsi d'acqua (di intuitiva ed immediata comprensione anche per i non addetti ai lavori) rendono documentata e diffusa anche nel largo pubblico una consapevolezza che fino ad allora era rimasta confinata ad una ristretta cerchia di tecnici di matrice biologico-naturalistica.

Diventa così evidente all'intero paese che l'inquinamento non è il solo

fattore di degrado dei corsi d'acqua e che, spesso, l'impatto maggiore è dovuto alle opere di artificializzazione (risagomature, rettifiche, difese spondali, arginature, rivestimenti, tombamenti, taglio della vegetazione, ecc.).

L'attenzione prestata all'alveo bagnato (anziché alla sola acqua) allarga ben presto i suoi orizzonti. Vengono così individuate le strette interrelazioni funzionali tra il fiume e il territorio circostante e viene riconosciuta, prima tra tutte, l'importanza delle fasce di vegetazione riparia. Sul piano culturale il grande passo è ormai compiuto: finalmente dall'esame della goccia d'acqua prelevata in un dato istante si è passati a considerare l'intero ambiente fluviale. Sorge così, sempre più pressante, l'esigenza di disporre di metodi di indagine che consentano una valutazione di sintesi della funzionalità dei corsi d'acqua.

Questa esigenza tecnica è rafforzata dalla crescita di un'esigenza sociale, altrettanto pressante. Nel frattempo, infatti, lo sviluppo sostenibile è divenuto un obiettivo centrale non già di qualche sparuto movimento ambientalista, bensì dell'Unione Europea e dei governi nazionali. In Italia la rinaturazione dei corsi d'acqua, il deflusso minimo vitale, il diritto delle future generazioni di usufruire di un patrimonio ambientale integro, la conservazione della biodiversità penetrano prepotentemente nella normativa.

L'ANPA prima e l'APAT poi - con l'avvio e il forte impulso dato ai Centri Tematici Nazionali e la predisposizione della rete SINAnet finalizzata all'acquisizione sistematica dei dati ambientali e alla stesura dei rapporti sullo stato dell'ambiente - ha recuperato in parte un ritardo storico del nostro paese. È nell'ambito di questo sforzo che l'ANPA istituisce nel 1998 un gruppo di lavoro per la messa a punto dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), fornendo tra l'altro una risposta concreta e tempestiva ai dettati del decreto legislativo 152/99.

I rapporti sullo stato dell'ambiente non sono infatti fini a se stessi: l'Italia non sta mobilitando ingenti risorse economiche ed umane solo per creare una rete di "notai dell'ambiente" che si limitino a registrare miglioramenti e peggioramenti. Al contrario, l'acquisizione di conoscenze sullo stato dell'ambiente è espressamente finalizzata all'individuazione delle risposte più efficaci e delle politiche più opportune per conseguire concreti risultati di miglioramento ambientale.

Prestandosi efficacemente sia come indice di stato dell'ambiente che come strumento di misura del cambiamento, l'IFF rappresenta una risposta particolarmente calzante alle nuove esigenze del Paese. La sua applicazione diffusa potrà documentare con rigore quelli che per i tecnici addetti alla sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua sono già dati acquisiti: l'impatto devastante di molti interventi di sistemazione fluviale e l'esigenza di adottare

modalità di sistemazione più rispettose, e di avviare inoltre un grandioso sforzo di riqualificazione dei nostri fiumi.

L'IFF è dunque la metodologia "appropriata" al problema da affrontare: fornisce infatti non solo valutazioni sintetiche sulla funzionalità fluviale e preziose informazioni sulle cause del suo deterioramento, ma anche precise indicazioni per orientare gli interventi di riqualificazione e stimarne preventivamente l'efficacia. Il quadro sintetico fin qui tracciato conferma la considerazione esposta in apertura: l'IFF non è il frutto di progressi tecnologici, ma riflette innanzitutto il grande progresso culturale e sociale compiuto dal Paese negli ultimi decenni.

Proprio dalla necessità di monitorare il reticolo idrografico principale su scala nazionale in tempi sufficientemente rapidi da consentire la tempestiva adozione di misure correttive discende l'esigenza di un metodo di indagine relativamente speditivo, economico, utilizzabile da operatori con conoscenze di base sugli ecosistemi di acque correnti che, attraverso corsi di formazione, possano completare le loro conoscenze e acquisire la necessaria esperienza. In effetti l'applicazione dell'IFF non richiede strumenti sofisticati; anzi, ad una lettura superficiale, può perfino apparire fin troppo semplice alla portata anche di personale non esperto. Da qui la necessità di "precauzioni e avvertenze".

È doveroso infatti sottolineare che la scheda IFF è tutt'altro che un questionario che può essere compilato da chiunque: è una guida ad una vera e propria indagine ecologica, nella quale la competenza degli operatori è un requisito fondamentale e irrinunciabile. Dietro all'apparente semplicità si cela, infatti, un vasto patrimonio conoscitivo sull'ecologia fluviale, senza il cui supporto è inevitabile incappare in errori grossolani. L'assenza di strumentazione, pertanto, lungi dallo svilire il metodo di indagine, rappresenta un esplicito riconoscimento al primato della cultura e della conoscenza sulla tecnologia.

È infine opportuna una riflessione metodologica. Sebbene l'insieme delle domande prese in considerazione dalla scheda IFF e l'articolazione delle risposte siano state studiate per valutare la funzionalità di tutti i comparti dell'ambiente fluviale, occorre essere consapevoli anche dei limiti del metodo stesso. Basti osservare che esso non studia il popolamento ittico (per le difficoltà pratiche legate al suo rilevamento), ma si limita a valutare l'idoneità dell'habitat a sostenerlo; per analoghi motivi non rileva l'erpetofauna, né l'avifauna; per le difficoltà della determinazione sistematica a livello di specie, si limita ad utilizzare solo una piccola parte dell'informazione che potrebbero fornire le idrofite, ecc. Per questi motivi, l'IFF si presta ad essere considerato con sufficienza da quella parte di mondo accademico che,

abituato ad indagini approfondite, laboriose e costose condotte da gruppi di specialisti, inorridisce di fronte ad ogni semplificazione.

È perciò essenziale chiarire la distinzione tra indagini a scopo di ricerca ecologica e l'uso di indici semplificati per il controllo ambientale. Il vero quesito da porsi non è infatti se un metodo sia più o meno semplificato o approfondito, ma se sia adeguato agli scopi che si prefigge.

I metodi più approfonditi, corredati da indagini specialistiche su ogni componente biologica ed ambientale, possono spesso essere adeguati a scopi di ricerca scientifica, ma per ora del tutto inadeguati a scopi di tutela diffusa dei corsi d'acqua, poiché i tempi e le risorse economiche ed umane da essi richiesti ne rendono impraticabile l'adozione su scala nazionale: possono dunque soddisfare desideri di raffinatezza delle conoscenze, ma con il rischio di ritrovarci domani senza più fiumi in condizioni decorose.

1.1 La nuova versione del metodo IFF

Quando nel 2000 è uscita la prima edizione dell'IFF, essendo uno strumento nuovissimo ed essendo state poche le occasioni di taratura, il metodo assumeva la veste di prototipo. Ora, dopo sette anni di applicazione su almeno 4000 km di fiumi italiani e anche alcune esperienze di applicazione in Austria e Germania, sono emerse criticità alle quali era necessario porre mano attraverso adeguamenti del metodo. Le indicazioni sono giunte attraverso diversi canali: soprattutto dai corsi di formazione, quello storico di Trento e quelli effettuati nelle varie realtà italiane (Veneto, Lombardia, Toscana, Abruzzo, Lazio, Sardegna, Sicilia), occasione anche di verifica e intercalibrazione tra gli operatori esperti.

Un ulteriore contributo alla verifica del metodo è arrivato dal progetto "IFF coordinato", che ha coinvolto operatori di più ARPA (Trentino, Veneto, Lombardia, Toscana, Marche, Abruzzo, Molise, Lazio, Sardegna), e dalle diverse applicazioni puntuali sul territorio nazionale eseguite per vari scopi. Tale progetto aveva l'obiettivo di mettere in luce le difficoltà di applicazione del metodo in realtà fluviali molto diverse tra loro. I risultati del progetto, presentati ufficialmente al convegno di Firenze nella primavera 2005, hanno messo in luce la robustezza e la versatilità del metodo, ma anche alcune debolezze, legate soprattutto all'esigenza di dotare il manuale di una migliore ed esauriente capacità di indirizzare l'operatore verso la risposta più conforme ed adeguata a quanto osservato.

Accanto a queste esigenze, che da sole avrebbero comunque giustificato una revisione del manuale, bisogna ricordare che l'IFF nel frattempo era

stato inserito, insieme all'IBE, nell'elenco delle *best practices*, ovvero l'elenco europeo degli indici nazionali ritenuti più utili per definire la qualità e, in questo caso, la funzionalità di un ecosistema fluviale.

Infine, su spinta della Direzione Generale per la Qualità della Vita del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, è emersa l'opportunità di contemplare le zone umide (wetlands) nella valutazione della funzionalità fluviale. Tale opportunità è stata colta nel contesto di un Accordo di Programma Quadro tra il Ministero e la Provincia Autonoma di Trento stipulato nell'ottobre 2004. Tale Accordo prevedeva una specifica attività dedicata alla revisione e aggiornamento del metodo tenendo conto dei risultati del gruppo di lavoro comunitario sulle wetlands, guidato dall'Italia nel contesto della Strategia Comune di Implementazione della Direttiva Quadro Acque. Il gruppo di lavoro ha prodotto un documento, approvato nel novembre 2003 dai direttori delle acque europei e dalla Commissione, che definisce *gli ecosistemi umidi come elementi dell'ambiente acquatico ecologicamente e funzionalmente significativi, con un ruolo potenzialmente importante nel contribuire a realizzare una gestione sostenibile dei bacini idrografici*.

Sulla base di questa affermazione l'IFF assumeva un ruolo importante come strumento di valutazione della funzionalità, ma doveva esplicitamente considerare quei contesti ecosistemici non prettamente fluviali ma al fiume connessi, come le zone umide riparie.

Di conseguenza è stato istituito un gruppo di lavoro composto dagli autori del primo manuale, da esperti di APAT e del Ministero per l'Ambiente, e da istruttori dei corsi di consolidata esperienza. Il gruppo ha lavorato per circa tre anni producendo questa nuova edizione del metodo, cercando di soddisfare le esigenze di miglioramento ed adeguamento alle richieste della Direttiva 2000/60/CE con un occhio particolare alle zone umide fluviali e alla possibilità di applicazione su un vasto spettro di tipologie fluviali non solo italiane.

La struttura generale del metodo è sostanzialmente rimasta inalterata: quando possibile, è stato fatto un lavoro di semplificazione e di puntualizzazione su alcuni aspetti concettuali e metodologici. Diversamente da quanto espresso nella versione precedente dell'IFF, non si è più ritenuta necessaria per la domanda 12 la distinzione tra flusso turbolento e laminare, giustificata nella prima versione da necessità di semplificazioni ormai superate dalla diffusione delle competenze relative alla componente macrofitica. La distinzione tra i due flussi è presente invece in altre domande, quando le casistiche relative alle diverse tipologie fluviali assumono significato equivalente dal punto di vista funzionale.

L'esigenza di estendere il metodo IFF alla componente delle zone umi-

de collegate al corso d'acqua, come indicato dalla Direttiva 2000/60/CE, ha indotto la rimodulazione di alcune domande: nella numero 1, che riguarda il territorio circostante, sono state ridefinite alcune tipologie e recuperate altre; nella 2, riguardante la vegetazione perifluviale, è stato introdotto il concetto di "compresenza di formazioni riparie funzionali"; nella 5, riferita alle condizioni idriche dell'alveo, sono state ridefinite le risposte e completati i principi. Le altre domande sono state migliorate con piccole correzioni.

La domanda 6 (conformazione delle rive), eliminata perché, dopo un'esperienza di 7 anni di applicazione, è apparsa ridondante e poco significativa, è stata sostituita con una nuova domanda che riguarda le interazioni fiume-piana inondabile, facendo riferimento anche alla teoria del *flood pulse*. Per le stesse ragioni è stata sostituita la domanda 10 (struttura del fondo dell'alveo) con una nuova domanda riferita alla idoneità ittica dell'ambiente fluviale.

Alla luce di tali modifiche sono stati infine rivisti alcuni pesi delle singole risposte per meglio adeguarli alle esigenze di equilibrio tra le diverse domande.

2 CENNI DI ECOLOGIA FLUVIALE

Il funzionamento ecologico di un sistema fluviale è stato descritto come un processo di «caos deterministico»: sufficientemente caotico, in quanto non prevedibile, e, al tempo stesso, sufficientemente deterministico per il rispetto di precise leggi della natura.

L'effettuazione di un rilievo IFF, come peraltro già evidenziato nell'introduzione, necessita da parte dell'operatore di una concreta conoscenza delle dinamiche ecologiche che governano lo stato di funzionalità di un corso d'acqua.

A tale scopo, in questo capitolo vengono richiamati i principali concetti di ecologia fluviale che devono costituire il fondamento delle competenze ed i prerequisiti dell'utilizzatore, affinché egli possa utilizzare la scheda con un bagaglio culturale sufficiente a leggere ed ad interpretare i segni ecomorfologici di un ambiente fluviale.

Gli argomenti qui trattati hanno il carattere di cenni, senza alcuna pretesa di esaustività, ed abbracciano varie branche dell'ecologia fluviale, con particolare riguardo a quelle direttamente considerate dal metodo IFF.

2.1 *Il fiume come parte integrante del ciclo dell'acqua*

2.1.1 **Il bacino idrografico**

Il bacino idrografico è l'unità geografica fondamentale alla quale far riferimento nello studio dei fenomeni fluviali e dei processi geomorfologici ad essi legati.

Una definizione normativa di bacino *idrografico* si può trovare nel primo articolo della legge 183/89 (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo), ora sostituita dal D. Lgs. 152/2006, che recita: "territorio dal quale le acque pluviali o di fusione di nevai e ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente; qualora un territorio possa essere allagato dalle acque di più corsi d'acqua, esso si intende ricadente nel bacino idrografico il cui bacino imbrifero montano ha la superficie maggiore".

Si parla invece di bacino *imbrifero* quando si fa riferimento alla sola raccolta di acque di precipitazione, intendendo con questo termine il settore

geografico che raccoglie le acque di un corso d'acqua, delimitato da una linea detta spartiacque, al di là della quale l'acqua confluisce verso un altro corpo idrico.

Le acque di precipitazione infatti, dopo un percorso più o meno lungo di ruscellamento superficiale diffuso (detto deflusso superficiale), confluiscono in linee di impluvio. Queste, congiungendosi l'una nell'altra secondo una rete di canali, si organizzano in sistemi idrografici di drenaggio delimitati appunto da uno spartiacque.

In altre parole, quindi, il bacino idrografico è la regione drenata da un corso d'acqua e da tutti i suoi affluenti, che nel loro insieme formano un reticolo idrografico.

Il reticolo idrografico di un bacino può assumere "disegni" molto diversi e la sua forma è spesso condizionata dalla struttura geologica. Se si considera il solo scorrimento superficiale, la delimitazione del bacino è semplice perché, come detto, è data dalla linea dello spartiacque topografico che separa un bacino da un altro.

Occorre ricordare però che non sempre vi è coincidenza tra spartiacque superficiale e sotterraneo (che delimita il bacino *idrogeologico*), e ciò rende molto più difficile delimitare tutto il territorio che concorre alla formazione dei deflussi totali, comprendendo i contributi sotterranei o profondi, che per effetto delle infiltrazioni possono creare dei flussi sotterranei verso o da un altro bacino.

Da quanto appena detto si comprende come la superficie del bacino idrografico determini solo in parte il volume delle acque raccolte.

In generale, comunque, la dimensione dei bacini idrografici alpini è maggiore di quelli appenninici, influenzando sia sull'alimentazione, che sulle portate e sulla lunghezza dei corsi d'acqua.

Il bacino idrografico (Fig. 2.1) ha una notevole importanza per gli ecosistemi acquatici, in quanto esercita un'influenza considerevole sulla portata, sulla sua regolarità, sulla qualità delle acque del corpo idrico e sul tipo di alimentazione.

In un bacino si verificano infatti fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione che ne determinano in modo sostanziale l'evoluzione.

Molti sono gli aspetti utili per analizzare le dinamiche di un bacino, e tra questi vi sono la morfologia, la litologia, la pedologia, la presenza di acquiferi sotterranei, l'uso del suolo, l'erodibilità ed il clima.

Per comprendere caratteristiche ed evoluzione dei corsi d'acqua è importante quindi conoscere sia la dinamica dei fluidi, sia le geometrie degli

alvei e lo sviluppo del reticolo idrografico, sia i fattori strutturali del bacino idrografico (litologia, grado di fratturazione, etc.) sia le condizioni climatiche, che influenzano il trasporto solido e i processi di modellamento fluviale.

Una dettagliata descrizione morfometrica dei bacini idrografici è inoltre utile per la previsione delle piene, del trasporto dei sedimenti e dei processi di erosione.

Le variabili che caratterizzano la dinamica del bacino e quindi del corso d'acqua si possono dividere in tre categorie:

1. di origine ambientale (clima, copertura vegetale, morfologia, geologia, ...)
2. di origine antropica a scala di bacino (uso del suolo, stabilizzazione di pendii, rimboschimento)
3. a scala di corso d'acqua (regimazioni, estrazione inerti, regolazioni, ...).

Il comportamento idrologico di un bacino dipende dalle precipitazioni che si verificano su di esso (quindi indirettamente da posizione, quota ed esposizione) e dalla loro intercettazione e smaltimento (quindi da permeabilità, tessitura e profondità del suolo, dal tipo di copertura, dalla pendenza, ecc.).

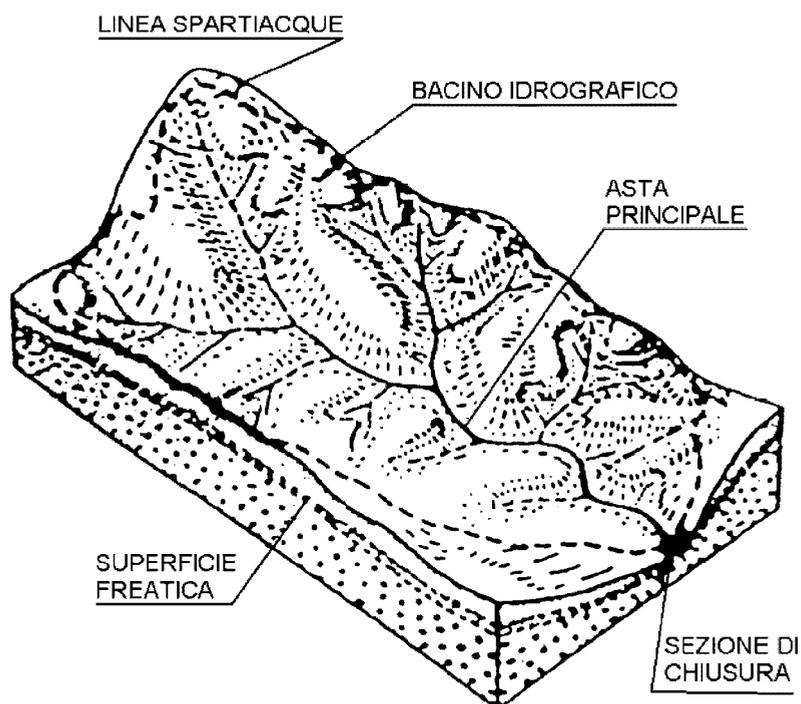


Fig. 2.1 Disegno schematico degli elementi di un bacino idrografico (da Preti, 1996).

La quota del bacino ha ripercussioni sul microclima e conseguentemente sulle tipologie di alimentazione idrica, come ad esempio succede per la tipologia nivo-glaciale presente alle quote alpine più elevate. In questo caso, la presenza di neve e/o ghiaccio implica un'azione di disgregazione e/o di esarazione, che comporta la formazione di notevoli quantità di detrito che pian piano giungono all'alveo per scorrimento, andando ad incrementare il trasporto solido.

Inoltre a quote elevate si associano solitamente anche acclività accentuate quindi, a parità di altre condizioni, in bacini con pendenze maggiori l'acqua scorre più velocemente, si infiltra nel terreno con maggior difficoltà, provocando piene notevoli ed improvvise ed una continua erosione in tutto il bacino idrografico. Se nel bacino sono invece presenti laghi o zone pianeggianti (che abbiano la funzione di casse d'espansione) le piene sono di intensità ridotta e più prolungate nel tempo.

Oltre all'elevata pendenza gioca un ruolo importante anche la copertura del suolo: più un bacino è spoglio, maggiore è la frazione di acque ruscellanti che causano erosione e trasporto, determinando l'aumento della quantità dei solidi sospesi e del trasporto solido di fondo.

2.1.2 L'influenza della litologia sul bacino

Anche il comportamento delle formazioni rocciose in base alla loro duttilità, friabilità o erodibilità, contribuiscono a determinare il tasso di erosione, che varia significativamente da area ad area. La varietà delle rocce comporta infatti una diversa resistenza agli agenti esogeni e allo scorrere delle acque superficiali, condizionando ulteriormente anche il trasporto solido dei corsi d'acqua.

La differenza più significativa per l'evoluzione dei torrenti montani, quindi, è sicuramente costituita dalla diversa composizione litologica del substrato affiorante (sulle Alpi si tratta generalmente di rocce piuttosto resistenti all'erosione, sugli Appennini le litologie risultano meno coerenti, mentre sono poco rappresentate le rocce cristalline).

La stessa composizione chimica dell'acqua è funzione di quella dei terreni attraversati nel suo scorrere in superficie, ma ancor di più, nei tratti sorgentizi, della composizione dei terreni attraversati prima del suo sgorgare in superficie. Gli ioni disciolti non dipendono tanto dalla portata o dalla velocità, quanto dalla composizione delle rocce e dall'aggressività (pH) dell'acqua stessa. Le acque che attraversano rocce carbonatiche solitamente presentano pH elevato (basico) e sono ricche di ioni bicarbonato e calcio.

Le acque provenienti da massicci cristallini sono caratterizzate invece da pH acido e hanno notevole ricchezza di silice. Nelle zone appenniniche umbro-marchigiane, con terreni ricchi di gessi, le acque si caratterizzano per abbondanza di solfati e calcio. Nelle aree dolomitiche si riscontrano elevate concentrazioni di magnesio. Particolarmente aggressive risultano le acque di scioglimento nivale per la ridotta presenza di cationi e l'abbondanza di acido carbonico.

In conclusione si può dire che il bacino idrografico deve essere considerato come sistema unitario, del quale il corso d'acqua è elemento inscindibile. Ogni intervento sul bacino può avere, direttamente o indirettamente, effetto su una molteplicità di aspetti, tra i quali uno dei più importanti è il regime fluviale.

2.1.3 Il regime idrico

La maggior parte dei corsi d'acqua ha una portata variabile durante il corso dell'anno con fluttuazioni stagionali, e ciò dipende in massima parte dal tipo di alimentazione.

L'alimentazione è uno dei parametri più importanti che caratterizzano la quantità e qualità delle acque dei fiumi, nonché il loro regime, ovvero la distribuzione stagionale delle portate. Corsi d'acqua che drenano bacini piccoli e con litologie omogenee sono contraddistinti da alimentazione semplice (precipitazioni, fusione di neve o ghiaccio, emersione di una falda); nei bacini più grandi, invece l'alimentazione è spesso complessa e influenzata dai diversi apporti idrici degli affluenti.

In fiumi con regimi più complessi si evidenziano più periodi di magra e/o di piena in funzione dei diversi tipi di alimentazione riscontrati. Ad esempio alle quote più elevate del settore occidentale della catena alpina sono presenti torrenti con alimentazione nivoglaciale come Dora Baltea, Dora Riparia, Sesia e Ticino (analogamente ad alcuni affluenti dell'Adige).

Guardando al fiume nel suo complesso, in Europa si possono grosso modo individuare quattro tipi di regime idrico semplice:

- regime pluvio-oceanico o atlantico, nel quale i fiumi sono essenzialmente alimentati da acque piovane, con portata massima in inverno e variazioni stagionali modeste.
- regime nivale di pianura o continentale, con maggiori portate in occasione del disgelo primaverile.
- regime nivale di montagna, che si riscontra in fiumi con sorgenti montane, alimentati soprattutto dalla fusione delle nevi, per i quali i periodi di piena

avvengono tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate.

- regime glaciale alpino, che caratterizza tutti i fiumi che dipendono dalla fusione dei ghiacci e che hanno la massima portata in estate (luglio-agosto) e la minima nella stagione fredda, con una ampia variazione tra le due.

Nell'alimentazione di tipo pluviale (tipica dell'Appennino settentrionale), dove l'acqua origina direttamente dalle precipitazioni, il regime delle portate è caratterizzato da piene in concomitanza con i periodi di massima piovosità (in particolar modo in autunno ed in misura minore in primavera) e da magre nelle stagioni secche (inverno e soprattutto estate). Sull'andamento stagionale della portata vi è quindi una notevole influenza delle condizioni climatiche generali del bacino.

Vi sono poi situazioni particolari sia nelle aree liguri che in quelle calabresi, dove sono frequenti rovesci temporaleschi molto intensi, soprattutto verso fine estate, durante i quali l'acqua defluisce velocemente, aumentando in modo brusco la portata, per poi decrescere lentamente. Infatti durante una piena il deflusso superficiale dipende quasi esclusivamente dall'intensità di precipitazione, dalla capacità di infiltrazione e dai caratteri morfologici del bacino imbrifero, mentre nei periodi di magra si ha un regime di "esaurimento" ed il deflusso è dovuto esclusivamente alle sorgenti di falda (siano esse sorgenti e/o emergenze di subalveo).

Se l'alimentazione dipende dallo scioglimento della neve (sia nel regime nivale di pianura che in quello di montagna), le portate di piena sono anticipate alla primavera e decrescono poi con l'avanzare della stagione calda.

Tra le possibili tipologie di alimentazione di un corso d'acqua vi sono anche le sorgenti create dall'emersione di una falda acquifera. L'acqua all'interno della falda si muove da monte verso valle con una velocità che dipende dalla permeabilità del mezzo attraversato e dalla pendenza. La presenza di sorgenti può avere quindi una certa rilevanza nel determinare sia la temperatura, che generalmente si mantiene piuttosto costante nell'arco delle stagioni, sia il regime di portata del corso d'acqua che da queste prende origine. In particolare se si tratta di risorgive, il ridotto dislivello comporta scarsa capacità di trasporto ed erosione, anche se viene comunque mantenuta una certa azione morfogenetica.

Spostandosi in ambiente alpino, a livello dei tratti iniziali dei corsi d'acqua oltre il limite degli alberi, si possono identificare tre diverse tipologie, in base all'origine:

- *kryal*, dove il sistema è dominato da acque provenienti dallo scioglimento glaciale;
- *krenal*, con alimentazione dovuta ad acque di falda o sorgenti;
- *rhithral*, in cui c'è prevalenza di acque provenienti da scioglimento di nevai

e/o da precipitazioni.

Queste differenze nell'origine comportano sensibili variazioni sia nel regime idrologico, sia nel contenuto di sostanze sospese e disciolte, sia nelle comunità biologiche presenti nei tratti montani dei corsi d'acqua alpini.

Alcuni corpi idrici presentano non soltanto variazioni stagionali, ma anche variazioni giornaliere più o meno accentuate. Questo si può notare soprattutto in casi di regime glaciale alpino con portata giornaliera maggiore nelle ore pomeridiane estive. Infatti i torrenti glaciali, nel periodo estivo, sono caratterizzati da considerevoli variazioni giornaliere di portata, elevata instabilità dell'alveo, temperature estremamente basse, ridotte concentrazioni di sali disciolti e notevole trasporto solido inorganico, che comporta elevata torbidità e aumento dei fenomeni di abrasione.

Le velocità dei torrenti sono molto varie e risentono sia del regime sia dell'alimentazione. Durante le magre si possono avere velocità quasi nulle ($<0,1$ m/s), mentre durante una piena si possono raggiungere velocità elevatissime (> 10 m/s). Questo influenza la dimensione massima dei clasti trasportati, che dipende sia dall'altezza della lama d'acqua sia dalla velocità raggiunta che, insieme alla portata, determinano il trasporto solido. La conseguenza è l'aumento, da monte a valle, del volume del materiale trasportato (carico/trasporto solido) e la contestuale diminuzione della granulometria di tale materiale.

Di notevole importanza, per la formazione e l'entità dell'onda di piena, sono la copertura e l'utilizzo del territorio ed in particolare del bacino idrografico.

Esiste infatti una relazione tra pluviometria e portata, dovuta essenzialmente all'equilibrio tra scorrimento superficiale e sotterraneo e quindi alla natura del bacino imbrifero/idrografico. Su un terreno spoglio lo scorrimento superficiale è maggiore che su suolo vegetato, confermando che l'intensità e la violenza delle piene sono inversamente correlate alla copertura vegetale del bacino stesso.

In zone a copertura vegetale di tipo forestale, l'acqua in un primo momento viene trattenuta dalla vegetazione, poi inizia a penetrare nel terreno. Solo quando il suolo è saturo l'acqua comincia a scorrere in superficie, spiegando così l'intervallo di tempo che trascorre tra il massimo di pioggia ed il picco di piena; quest'ultimo poi diminuisce progressivamente grazie alla sostituzione del ruscellamento con lo svuotamento della falda.

Come si è visto, mentre l'uso del territorio circostante il corso d'acqua influisce indirettamente sulla variazione delle portate, alcuni interventi umani hanno invece impatto diretto. Ad esempio le dighe, bloccando l'acqua, comportano a valle cambiamenti radicali non solo nelle portate, ma anche

nel trasporto solido (grossolano ed in sospensione), nella velocità e nella temperatura dell'acqua.

Studi fatti in Gran Bretagna, già alla fine degli anni ottanta, hanno mostrato che la costruzione di dighe diminuiva sia la diversità che l'abbondanza degli invertebrati acquatici. Le alterazioni a lungo termine nella struttura di comunità riflettevano i cambiamenti di portata, di substrato, di temperatura e di qualità dell'acqua (sia in termini di elementi chimici che di solidi sospesi). In particolare gli effetti negativi sono stati attribuiti alla riduzione dell'eterogeneità e della granulometria del substrato.

Le briglie, che hanno invece lo scopo di rallentare la velocità, modificano essenzialmente la potenza erosiva e di trasporto solido, aumentando la sedimentazione, ma divenendo spesso ostacoli insormontabili per la fauna ittica.

2.1.4 La relazione falda-fiume

Le connessioni tra la falda ed il corso d'acqua sono un elemento di interesse dal punto di vista idrogeologico e costituiscono un aspetto che influenza direttamente la funzionalità fluviale. Nessuna componente del ciclo idrologico può essere considerata come elemento isolato; non può quindi essere gestita in maniera separata, ma con un approccio olistico. È stato dimostrato come l'altezza della falda influenzi direttamente il tirante idraulico dei fiumi; si è calcolato infatti che in media i corsi d'acqua sono alimentati per quasi la metà dall'acqua del sottosuolo. Per questo motivo un eccessivo emungimento di acqua da pozzo può alterare il regime idrologico di un fiume, diminuendone la portata.

I movimenti dell'acqua nel sottosuolo sono molto complessi e dipendono dalla natura geologica del mezzo che attraversano, in particolare dalla permeabilità dello stesso.

Si possono comunque tracciare delle modalità di movimento generali che riguardano le interconnessioni falda – fiume. Nel terreno adiacente ad un corso d'acqua si distinguono alcuni strati:

- Suolo vegetale: un miscuglio di terra e acqua dove l'acqua presente può risalire verso la superficie per capillarità o essere drenata verso il basso (ad eccezione della frazione che costituisce la riserva permanente d'acqua "legata" alle particelle del suolo).
- Zona insatura o aerata: i pori tra i granuli di terreno sono parzialmente riempiti da acqua che filtra lentamente verso il basso per gravità, il restante

spazio dei pori libero dall'acqua è occupato dall'aria.

- Zona satura o acquifero: i pori tra i granuli di terreno sono tutti occupati dall'acqua di falda che si muove per moto proprio; la pressione dell'acqua aumenta con la profondità.
- Superficie freatica: è il confine tra zona insatura e zona satura ed è il livello a cui la pressione idraulica è uguale alla pressione atmosferica. La natura del terreno e i fattori climatici o stagionali determinano la forma e la profondità della superficie freatica (che può risalire in conseguenza di forti precipitazioni o dispersioni da corsi d'acqua, o abbassarsi a seguito di pesanti emungimenti).

Il corso d'acqua riceve acqua dal sottosuolo quando l'altezza della falda freatica è maggiore dell'altezza del pelo libero dell'acqua in alveo, oppure può ricaricare la falda se avviene il contrario. A seconda dei periodi dell'anno e in base alle precipitazioni queste due condizioni possono presentarsi alternativamente sullo stesso tratto.

Lungo il percorso di un corso d'acqua, dalla sorgente fino alla zona di foce, è possibile identificare due modalità prevalenti di interazione tra fiume e falda, a seconda che sia un tratto montano o di pianura:

- zona montana: l'idrologia delle zone montane è caratterizzata da precipitazioni molto intense e da movimenti nel suolo dell'acqua lungo la direzione di massima pendenza dei versanti. I macropori ed il terreno molto areato consentono all'acqua di falda di muoversi velocemente. Inoltre alcune tipologie di rocce come quelle calcaree hanno una struttura molto fratturata, che aumenta ulteriormente la capacità dell'acqua di spostarsi nel sottosuolo. Nei periodi di magra la portata è sostenuta in maniera significativa dal contributo proveniente dalla falda. Un altro aspetto della dinamicità di interazioni fra acque superficiali e sotterranee si manifesta lungo la dimensione longitudinale. Vi è infatti una componente di flusso che, per il cambiamento di pendenza, costantemente si infiltra dal corso d'acqua alla zona iporreica del subalveo (ad es. nel passaggio tra una pozza ed un raschio) per poi riemergere più a valle (ad es. nel passaggio tra un raschio e una pozza) (Fig. 2.2).
- zona di pianura: in questa zona il corso d'acqua occupa un'ampia area del fondovalle dove l'aspetto prevalente è meandriforme. L'interscambio tra fiume e falda va considerato non più a scala locale ma a scala regionale, dato che queste interazioni si manifestano anche a vari chilometri dall'alveo fluviale. La falda viene a contatto con la superficie in più punti, generando zone umide, come nelle lanche, e piccoli laghi. Solitamente la

falda non risente più di ampie variazioni stagionali, per cui l'apporto al corso d'acqua risulta più costante.

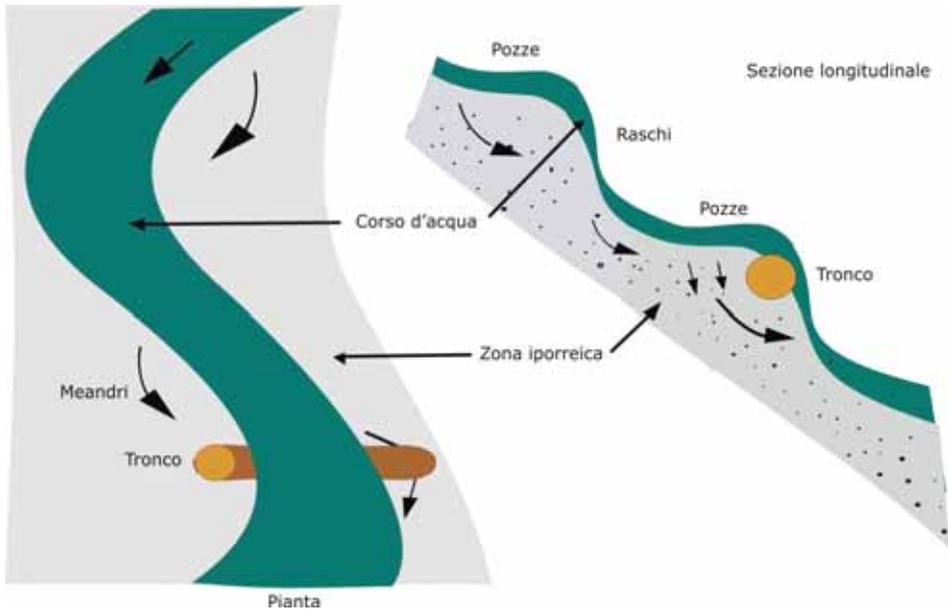


Fig. 2.2 Meccanismi di passaggio longitudinali tra zona iporreica e corso d'acqua.

2.1.5 La zona iporreica

Dal punto di vista ecologico la fascia di contatto tra l'alveo e la falda genera un ecotono, definito zona iporreica, che è sempre presente quando il fondo dell'alveo è costituito da materiale permeabile. L'esatta delimitazione dei confini della zona iporreica, basata su parametri chimici, biologici e fisici, è complessa ed ancora controversa. In ogni caso una definizione largamente accettata include:

- sedimenti saturi sotto e lateralmente all'alveo fluviale che contengono acqua proveniente sia dal corso d'acqua sia dalla falda;
- acqua subsuperficiale contenente almeno il 10% di acqua superficiale;
- zona subsuperficiale dove gli organismi, chiamati hyporheos, si sono adattati a vivere in condizioni interstiziali.

La larghezza della zona può variare da qualche centimetro a parecchi chilometri e dipende dalla geologia e dalla morfologia dell'alveo. L'estensione della zona iporreica nella zona riparia o all'interno della zona alluvionale dipende molto dai paleoalvei, dove la conduttività idraulica è più elevata rispetto ai sedimenti circostanti.

Attraverso la zona iporreica vi è un costante scambio di acqua, energia

ed organismi tra la falda ed il corso d'acqua. Poiché i tempi di residenza sono prolungati e la superficie di contatto tra acqua e particelle solide è maggiore rispetto all'alveo fluviale, i processi biogeochimici sono amplificati.

La zona iporreica apporta un sensibile contributo alla capacità autodepurante dei corsi d'acqua. Infatti nel flusso iporreico sotto un raschio vi sono condizioni aerobiche: si verifica perciò l'ossidazione dell'ammoniaca a nitrati, ma non la denitrificazione. Quest'ultima, invece, si verifica a carico delle acque di scorrimento ipodermico che dal territorio alimentano il fiume (ma solo se vi sono condizioni favorevoli, quali falda alta intercettata dall'apparato radicale di una fascia riparia vegetata). È stato dimostrato inoltre come la zona iporreica riesca ad intrappolare vari contaminanti, tra cui i metalli pesanti. La zona iporreica contribuisce poi alla mitigazione della temperatura dell'acqua, soprattutto per i picchi estivi ed invernali. L'esistenza di una zona iporreica aumenta in definitiva la capacità di autodepurazione del corso d'acqua.

Lo spazio interstiziale tra i sedimenti della zona iporreica è occupato da una ricca comunità di invertebrati che includono crostacei, anellidi, vermi, rotiferi, idracari e larve di insetti acquatici. La catena trofica è sostenuta dal biofilm che si forma sui sedimenti. L'attività trofica della comunità eterotrofa è, a sua volta, in grado di enfatizzare la crescita del biofilm in quanto la fauna iporreica contribuisce a sminuzzare e degradare il detrito intrappolato nel sedimento, rendendolo disponibile per ulteriori processi degradativi da parte della comunità microbica.

La zona iporreica è quindi un ecotono dinamico, che ha una funzione critica per il mantenimento della qualità e funzionalità degli ecosistemi fluviali (Fig. 2.3).

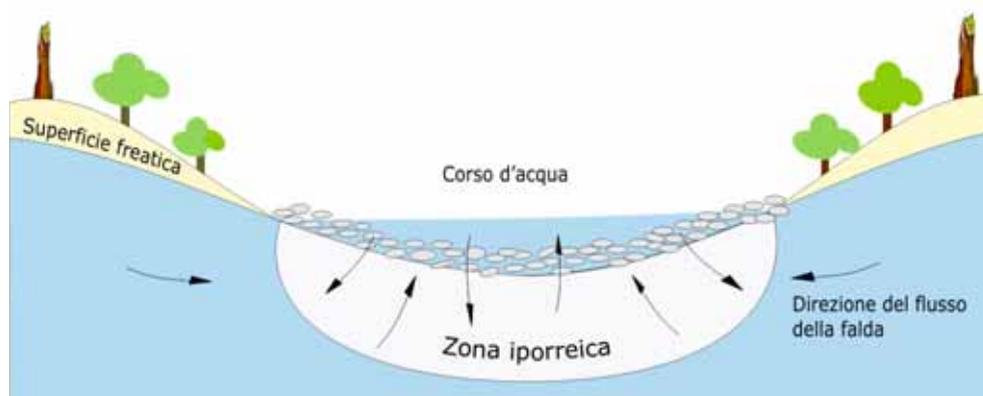


Fig. 2.3 Relazioni trasversali tra zona iporreica e corso d'acqua

2.1.6 Le caratteristiche chimico-fisiche

Un corpo d'acqua corrente presenta una complessa rete di relazioni chimiche: le acque di un fiume, essendo in movimento, sono influenzate da continui cambiamenti delle condizioni al contorno, come la variazione di temperatura dovuta a maggiore o minore esposizione solare, l'immissione di acque tributarie con carichi ionici diversi, le pressioni derivanti dal territorio circostante, l'influenza del substrato geologico ecc., che di volta in volta mutano le condizioni, cosicché l'ambiente acquatico tende continuamente verso nuovi equilibri chimici.

Di seguito vengono presi in esame solo alcuni parametri, in particolare quelli che presentano correlazioni con le attività funzionali biologiche.

Tra le variabili fisiche più significative che hanno grande importanza anche per il comparto biologico ricordiamo la temperatura e l'ossigeno disciolto. La temperatura dell'acqua di un fiume è influenzata da diversi fattori, quali:

- clima locale
- portata idrica, intesa come massa termica
- interscambio con le falde
- morfologia e natura geologica dell'alveo
- vegetazione riparia
- scarichi industriali termici
- presenza di invasivi.

La temperatura di un corpo d'acqua produce conseguenze dirette sul comparto biologico: accelerando e rallentando i meccanismi metabolici, favorendo alcune comunità biotiche rispetto ad altre, determinando la possibilità o meno di esposizione di invertebrati e pesci a parassitosi (nematodi, ittiofiriasi e altro). Oltre a ciò la temperatura gioca un ruolo importante nella regolazione di gas disciolti fondamentali come ossigeno e anidride carbonica. La solubilità dei gas nell'acqua è regolata dalla legge di Henry, secondo la quale la quantità di gas disciolto dipende dalla pressione atmosferica, dalla tensione di vapore di ogni singolo gas e dalla temperatura. A parità di pressione l'ossigeno è quindi molto più solubile a temperature basse e il contenuto di ossigeno diminuisce quindi significativamente all'aumentare della temperatura (Fig. 2.4).

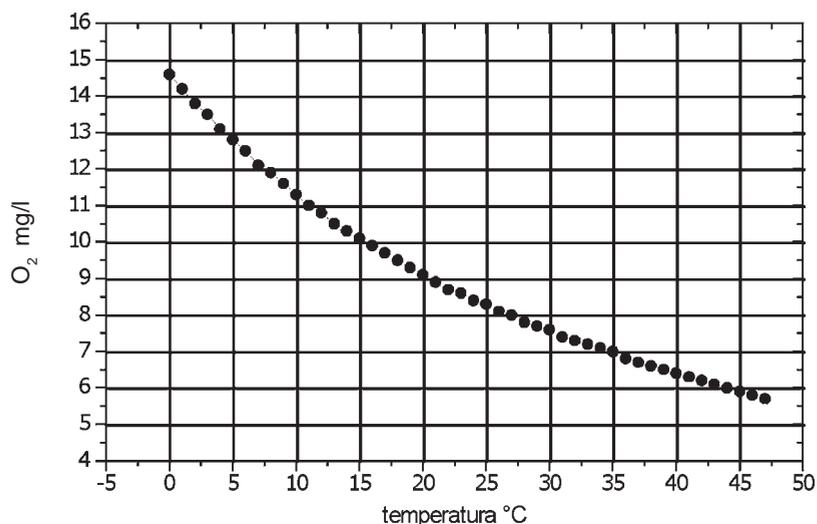


Fig. 2.4 Curva ossigeno disciolto/temperatura.

Nei corsi d'acqua l'ossigeno disciolto dipende, oltre che dalla temperatura, anche da altri fattori come la turbolenza; essa può favorire sia la cattura dell'ossigeno che la sua perdita e ciò dipende dal contenuto percentuale di ossigeno rispetto alla saturazione. Nel caso di acque povere di ossigeno, come possono essere le sorgenti o le acque di nevaio e ghiacciaio, la turbolenza favorisce l'acquisizione di O₂, mentre per acque sature o soprassature si assiste ad una perdita.

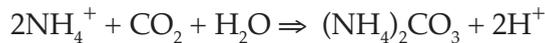
Un fattore di carico più efficiente della turbolenza è dato dalla fotosintesi che, attraverso la componente vegetale, rifornisce l'ambiente acquatico di ossigeno, soprattutto nei tratti lentici dove la presenza di macrofite può essere più abbondante. È chiaro che la quantità totale di ossigeno deriva dall'equilibrio fra ossigeno fotosintetico prodotto e ossigeno consumato dalla fauna e dalla flora acquatica per la respirazione.

La carenza di ossigeno provoca una serie di difficoltà alla vita acquatica, con la sofferenza di gran parte del comparto biologico e con conseguenze che vanno dalla vicarianza tra specie all'aumento numerico delle popolazioni di organismi ricchi di emopigmenti, come chironomidi (*Chironomus* gruppo *thummi-plumosus*) e tubificidi rossi, oltre a individui del genere *Culex* ed *Eristalis*. Nelle zone più settiche albergano facilmente funghi (*Fusarium*) e molti batteri, alcuni dei quali sviluppano vistose colonie filamentose (*Sphaerotilus*, *Beggiatoa*).

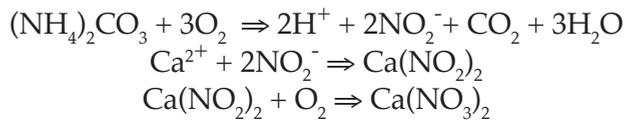
Nelle acque correnti l'ossigeno e l'anidride carbonica svolgono un ruolo

determinante nei processi chimici. Il primo è responsabile dei processi di ossidazione, soprattutto dei nutrienti azotati ($\text{NH}_4^+ \Rightarrow \text{NO}_2^- \Rightarrow \text{NO}_3^-$), che avvengono anche con la partecipazione della CO_2 .

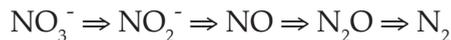
L'azoto, insieme al carbonio, è un costituente fondamentale della biomassa degli organismi animali e vegetali. Costituisce circa l'80% nella composizione dell'aria: entra nel ciclo terrestre attraverso l'azotofissazione e ritorna nel ciclo atmosferico attraverso i processi di denitrificazione. Le sostanze azotate insieme al fosforo rappresentano, in un corso d'acqua, i nutrienti necessari allo sviluppo dei vegetali (principalmente microalghe), che sono alla base di tutta la catena alimentare; un'eccessiva concentrazione di queste sostanze, in concomitanza con altri fattori, è responsabile dei fenomeni di eutrofizzazione. La mineralizzazione della materia organica, attraverso il processo di ammonificazione, produce ammonio che in parte si combina con l'anidride carbonica, formando carbonati di ammonio:



Questi possono subire successivamente una ossidazione (nitrificazione), che trasforma lo ione ammonio in nitrito e poi in nitrato:



Viceversa possono avvenire, in ambienti anaerobi e soprattutto nei sedimenti e nell'acquifero, dei processi di denitrificazione con il contributo fondamentale del carbonio e dei solfati secondo la sequenza di riduzione:



Tali attività sono agevolate dalla presenza di batteri denitrificanti come *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes* e altri, in presenza di un basso valore del potenziale redox (Eh).

Le reazioni chimiche trasferiscono elettroni dalla sostanza organica a diversi terminali accettori di elettroni. Le principali azioni di riduzione riguardano le reazioni di riduzione dei manganati ($\text{Mn}^{7+} \Rightarrow \text{Mn}^{4+} \Rightarrow \text{Mn}^{2+}$), la riduzione del ferro ($\text{Fe}^{3+} \Rightarrow \text{Fe}^{2+}$), dello zolfo ($\text{SO}_4^{2-} \Rightarrow \text{S}^{2-}$) e la metanogenesi.

2.2 Il fiume e la sua morfologia

2.2.1 Cenni di idrografia

L'impatto delle gocce di pioggia provoca un'asportazione diretta di particelle dalla superficie del suolo (erosione *areale*); la convergenza delle acque in rivoli scava piccoli solchi (erosione *incanalata*) che, procedendo verso valle, per il progressivo incremento delle acque convogliate, si allargano e si stabilizzano in alvei che, conflueno l'uno nell'altro, formano reticoli idrografici di diversa estensione, forma e complessità (dendritici, paralleli, a reticolo, radiali, ecc.). Sono detti di primo ordine i tratti iniziali dei corsi d'acqua; di secondo ordine quelli originati dalla confluenza di due rami di primo ordine e così via (Fig. 2.5).

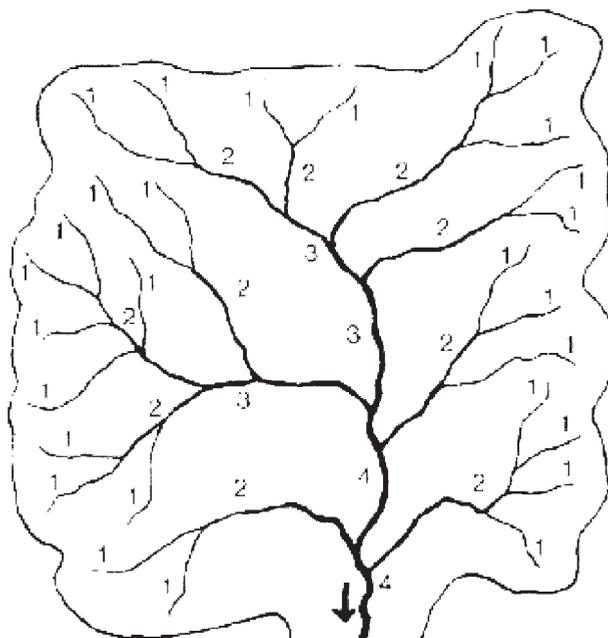


Fig. 2.5 Ordinamento gerarchico di Strahler dei rami di un reticolo idrografico (da Money, 1977).

In un corso d'acqua si possono distinguere:

- le aree di testata del bacino, dove lo sviluppo del reticolo idrografico è guidato dalle caratteristiche litologiche e strutturali; i movimenti di massa (frane) prevalgono sull'erosione idrica;
- il tratto che raccorda le testate allo sbocco al piano: coincide con la parte

medio-inferiore dei solchi vallivi ed ha caratteristiche torrentizie; in esso la portata tende a diventare significativa, specie durante le piene, e perciò il tracciato, pur risentendo dei vincoli strutturali, viene gradualmente a dipendere dalla dinamica della corrente;

- il tratto in cui il corso d'acqua perde le caratteristiche torrentizie e diventa fiume (presente solo nei corsi d'acqua sufficientemente lunghi): ad un aumento della portata si accompagnano l'allargamento dell'alveo e la diminuzione della pendenza e della velocità; la capacità erosiva diminuisce fino all'instaurarsi di una tendenza al deposito, nel qual caso il fiume scorre divagando in una piana alluvionale (cioè su una coltre di ghiaie da esso stesso depositata) e il fattore che presiede all'evoluzione dell'alveo è la dinamica della corrente.

Nei corsi d'acqua confinati la forma tipica della valle è a V poiché l'incisione dell'alveo destabilizza il piede dei versanti, che vengono così ad assumere una pendenza pari all'angolo di riposo del substrato litologico. In rocce molto compatte l'angolo di riposo è subverticale, per cui l'incisione produce forre. Le valli di origine glaciale hanno invece forma ad U, il cui fondo, tuttavia, è generalmente piatto perché colmato di sedimenti (Fig. 2.6).

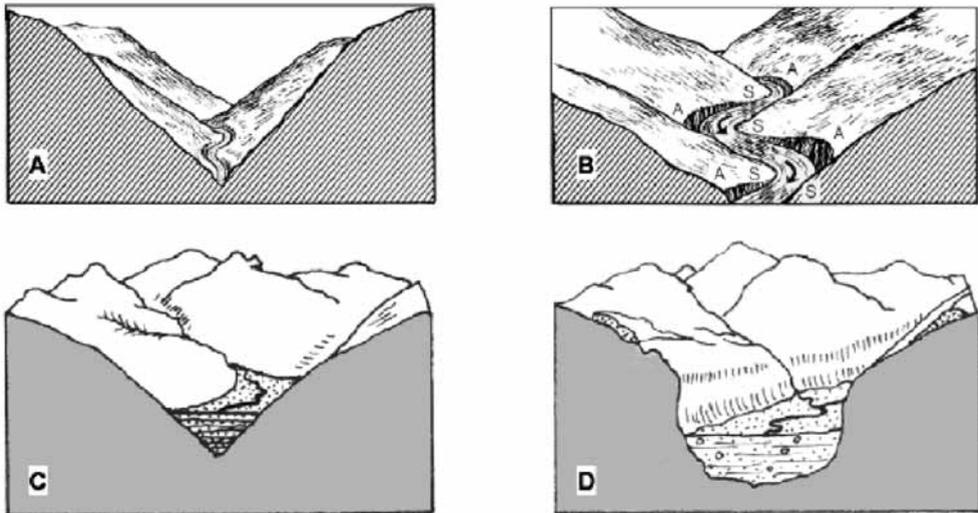


Fig. 2.6 **A**: Tipica valle fluviale a V. **B**: La stessa, incontrando rocce compatte, può iniziare a incidere sul lato esterno delle anse, formando pareti subverticali (A), alternate a speroni rocciosi (S); se l'erosione procede (ad es. a seguito di un sollevamento tettonico) si forma una forra sinuosa. **C**: fasi di sedimentazione possono colmare il fondo della valle fluviale. **D**: Tipica valle glaciale a U, col fondo colmato da depositi alluvionali. (A e B da Money, 1977; C e D da Federici e Axianias, 1981).

La forma della valle è fortemente condizionata anche da litologia, giacitura, stratigrafia, elementi strutturali (es. faglie), vicissitudini tettoniche e paleoclimatiche. Ne sono un esempio i terrazzi fluviali, coltri alluvionali pianeggianti “sospese” sui fianchi delle valli, che rappresentano residui di antichi letti abbandonati dal fiume a seguito di fasi erosive (Fig. 2.7 e 2.8). Secondo l’origine si distinguono in terrazzi climatici, eustatici, tettonici.

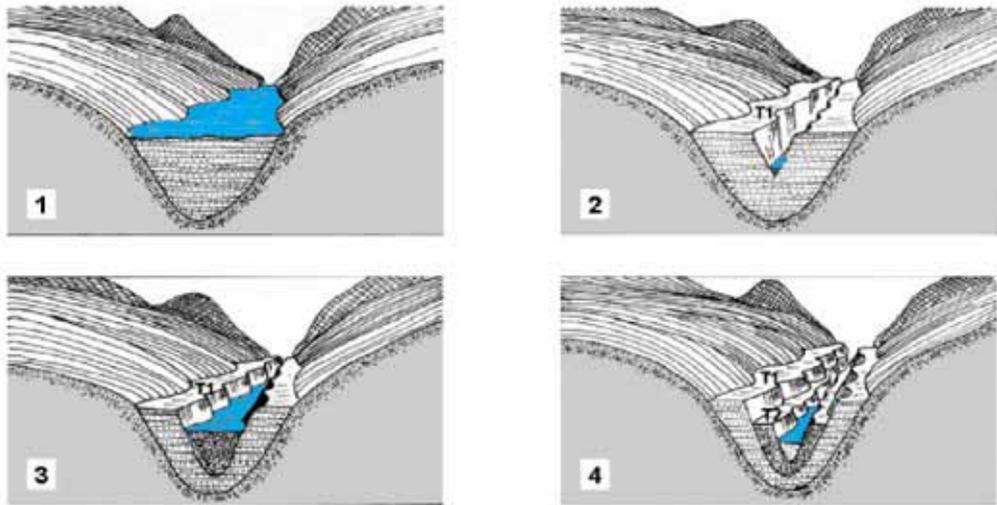


Fig. 2.7 Formazione di terrazzi fluviali per fasi alterne di sedimentazione ed erosione. 1: fase di sedimentazione. 2: fase di incisione, con formazione del terrazzo di primo ordine (T1). 3: nuova sedimentazione. 4: nuova incisione, con formazione del terrazzo di secondo ordine (T2) (da Federici e Axianas, 1981).

Le dimensioni e la morfologia dell’alveo sono ovviamente condizionate dalla portata e dalle sue variazioni. In effetti i tempi che le acque meteoriche impiegano a raggiungere il corso d’acqua differiscono secondo il tipo di alimentazione. Essi sono brevissimi nel caso di alimentazione diretta (regime pluviale) e, all’opposto, anche di molti anni nel caso dell’interposizione di alcune forme di immagazzinamento (ad esempio i ghiacciai o alcuni acquiferi poco permeabili).

Così un fiume alimentato in prevalenza da un’unica risorgiva (sia essa originata da un acquifero carsico o da uno poroso) tende ad avere una portata costante o, comunque, con variazioni molto graduali: l’alveo si presenterà allora come un unico canale di scarico con le rive vegetate, senza l’interposizione di un greto ciottoloso; anche lo sviluppo del reticolo idrografico sarà ridottissimo. Al contrario, fiumi con forti e rapide variazioni

di portata avranno un alveo dotato di un greto molto ampio, privo di vegetazione perenne. Altri fiumi possono essere alimentati sia da ghiacciai o nevai, sia da falde sotterranee e dalle piogge dirette: vengono allora a formarsi reticoli idrografici ampiamente sviluppati e sistemi complessi per alimentazione e regime, le cui influenze sull'aspetto dell'alveo sono rilevanti.

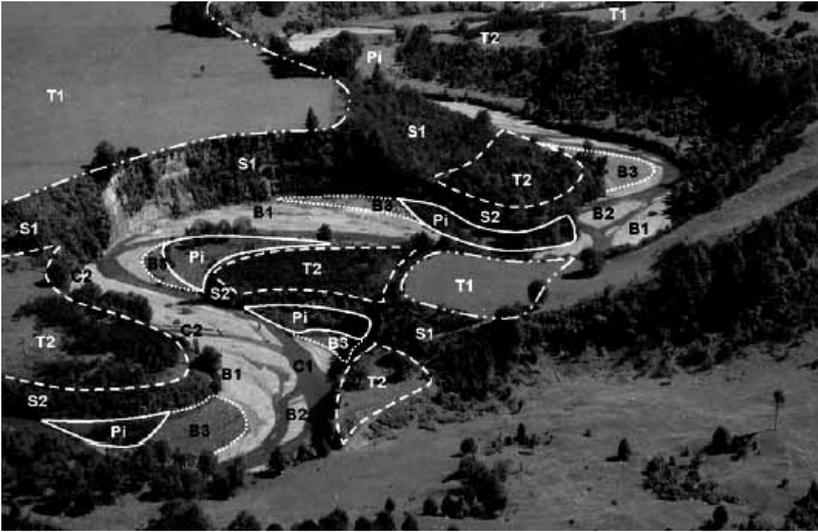


Fig. 2.8 Esempio di fiume che ha re inciso e terrazzato la piana alluvionale da esso costruita in epoche precedenti. La larghezza del solco re inciso è in stretta relazione con le dimensioni delle anse dei meandri. T1: terrazzo di primo ordine (più antico, più alto); T2: terrazzo di secondo ordine; S1 e S2: scarpate dei terrazzi; Pi: lembi di piana inondabile di recente formazione; C1 e C2: canale principale e secondario; B1, B2, B3: barre attive (laterale, longitudinale, alta) (da Franceschetti, 1980; interpretazione geomorfologica di G. Sansoni).

In ogni singolo sottobacino si possono distinguere essenzialmente tre parti (Fig. 2.9):

- bacino di raccolta: è l'area montana di produzione di sedimenti;
- canale di scarico: raccorda le testate allo sbocco al piano (in una valle maggiore, in un lago o nel mare), convogliandovi acque e sedimenti;
- conoide di deiezione: situata allo sbocco del canale di scarico, è la zona in cui, per la brusca riduzione di pendenza e velocità, i sedimenti vengono abbandonati a ventaglio, formando un semicono debolmente convesso.

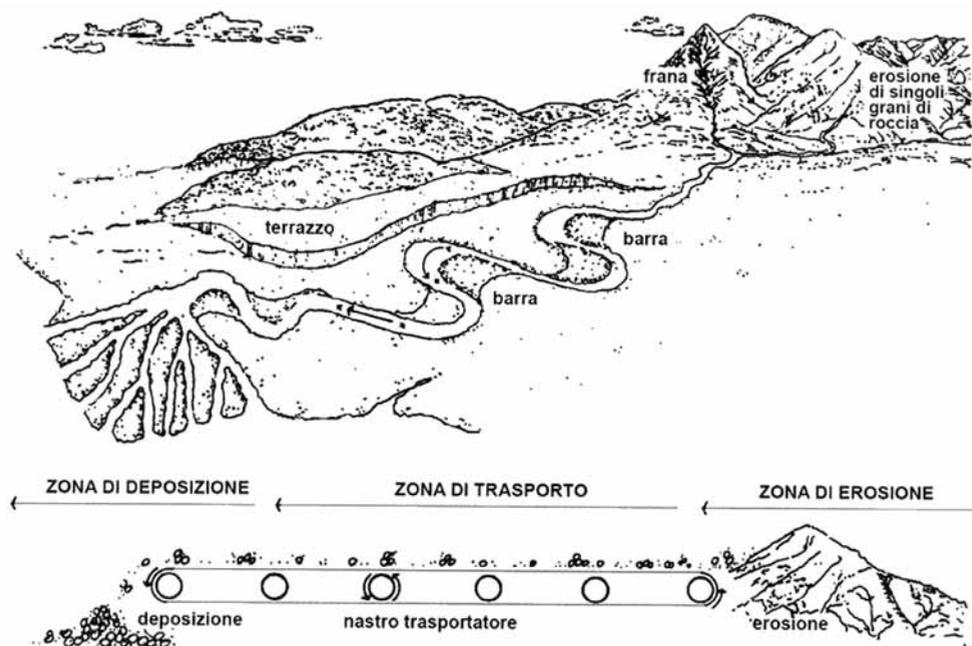


Fig. 2.9 Il corso d'acqua può essere paragonato ad un nastro trasportatore di sedimenti, dalla zona di erosione (montana) a quella di deposito (valle, lago, mare). Ciò vale sia per il corso d'acqua nel suo insieme, sia per i singoli affluenti provenienti dai sottobacini, le cui zone di erosione possono produrre sedimenti da frane, da erosione incanalata o da erosione areale e le cui zone di deposito sono rappresentate dalle conoidi di deiezione presso lo sbocco nella valle maggiore (da Kondolf, 1994, modificata nella parte montana da G. Sansoni).

2.2.2 Il trasporto solido

I corsi d'acqua effettuano anche un trasporto solido: in soluzione, in sospensione (materiali fini) e sul fondo (materiali grossolani: massi, ciottoli, ghiaie, sabbie).

Il trasporto di fondo e l'energia spesa per effettuarlo sono particolarmente importanti nel condizionare la forma dell'alveo (in stretta interazione con portata, pendenza, litologia, tettonica). Il tracciato di un corso idrico è inoltre legato alla resistenza opposta al flusso dal materiale presente in alveo: il fiume, infatti, segue il percorso che presenta minori ostacoli, minimizzando così il dispendio energetico dovuto all'attrito.

La massa liquida in movimento possiede un'energia cinetica (E_c), espressa dal prodotto della portata (Q) per il quadrato della velocità (V). Una parte di questa energia (energia dispersa: E_d) è impiegata dal corso

d'acqua per vincere gli attriti interni (viscosità) ed esterni (scabrezza del letto, resistenza dell'aria) e per effettuare il trasporto del carico (sedimenti). L'eventuale aliquota in eccesso (energia netta: E_n) può essere impiegata per prelevare e assumere in carico eventuali materiali detritici presenti nell'alveo (erosione fluviale in senso stretto).

Da un punto di vista strettamente energetico si possono verificare, in sezioni discrete di un corso idrico, tre diverse condizioni:

- 1) se E_c è uguale ad E_d allora E_n è uguale a 0: il corso d'acqua non opera né erosione né sedimentazione, ma solo trasporto del carico;
- 2) se E_c è maggiore di E_d allora il corso d'acqua possiede un'energia netta positiva ($E_n > 0$) che gli permette di prelevare dei materiali detritici dal fondo, cioè di operare un'erosione in senso stretto;
- 3) se infine, ad esempio per una caduta di velocità, E_c risulta minore di E_d (quindi $E_n < 0$) allora il corso d'acqua è costretto ad abbandonare la parte in eccesso del suo carico detritico, cioè ad operare una sedimentazione.

Durante gli eventi di piena, questi fenomeni (presa in carico del materiale sedimentario, suo trasporto e deposito in altri siti) producono modifiche, talora rilevanti, della configurazione del letto.

I corsi d'acqua naturali possono dunque trasportare anche grandi quantità di sedimento, e il materiale grossolano trasportato al fondo determina un forte condizionamento delle dimensioni del canale. I fiumi che trasportano grandi quantità di materiale grossolano necessitano di canali ampi ed alte velocità per effettuare il trasporto, quindi avranno alvei larghi e poco profondi; al contrario, canali più stretti e profondi trasportano sedimenti fini. La forma di un canale fluviale rappresenta quindi il compromesso tra due opposte tendenze: massimizzare l'efficienza della trasmissione dell'acqua e quella del trasporto dei sedimenti di fondo.

La morfologia dei corsi d'acqua è quindi strettamente legata ai processi di erosione, trasporto e deposizione che svolgono un'azione modellatrice: l'erosione (molto frequente nei tratti montani) e la deposizione del materiale solido ad ogni riduzione locale di pendenza producono cambiamenti morfologici importanti, che contribuiscono alla diversità dell'ambiente fluviale e quindi indirettamente alla funzionalità. Proprio a questi processi, infatti, si devono la formazione ed il rimaneggiamento del mosaico di habitat del corridoio fluviale: barre, isole alluvionali, raschi e buche, apertura di nuovi rami, abbandono di bracci morti, creazione di zone di calma, tratti umidi, lame, golene, zone paludose, mosaico di formazioni vegetali.

Nel tratto superiore il corso d'acqua presenta un substrato costituito in prevalenza da ciottoli e grossi massi, provenienti dai versanti circostanti. Nel tratto medio i sedimenti, trasportati a valle dalla corrente, subiscono una sorta

di selezione in base alla loro granulometria: quelli con dimensioni superiori si depositano sul fondo, mentre gli altri continuano ad essere trasportati dalla corrente. Mano a mano che la pendenza decresce, diminuisce la forza della corrente e vengono portati a valle prevalentemente ghiaia, sabbia e limo. I sedimenti sono classificabili, secondo le dimensioni, in classi granulometriche (Tab. 2.1).

tipologia	dimensione in mm
massi	> 256
ciottoli grossi	128-256
ciottoli	64-128
ghiaia grossa	16-64
ghiaia media	8-16
ghiaia fine	4-8
ghiaia molto fine	2-4
sabbia molto grossa	1-2
sabbia grossa	0,5-1
sabbia media	0,25-0,5
sabbia fine	0,125-0,25
sabbia molto fine	0,0625-0,125
limo	0,004-0,0625
argilla	< 0,004

Tab. 2. 1 Scala delle dimensioni granulometriche (da Wentworth, 1922).

Sebbene sia intuitivo che la morfologia dell'alveo è modellata dalla corrente, è chiaro che le portate molto basse non sono in grado di effettuare un trasporto solido significativo. Il trasporto solido, infatti, è un fenomeno discontinuo, legato alle piene. Tuttavia le piene eccezionali, pur effettuando un trasporto solido veramente ingente, sono così rare da non influire significativamente sulla morfologia abituale dell'alveo. La portata che influisce maggiormente su quest'ultima (detta perciò *portata formativa* o *dominante*) corrisponde in genere alla portata della piena con tempo di ritorno di 1-2 anni: una portata di per sé capace di veicolare un trasporto solido modesto, ma così frequente da effettuare cumulativamente, nel lungo periodo, il maggior trasporto solido (Fig. 2.10). Ad essa corrisponde il *livello ad alveo pieno (bankfull stage)*, cioè quel livello che riempie completamente l'alveo fino alla quota della piana inondabile (*floodplain*).

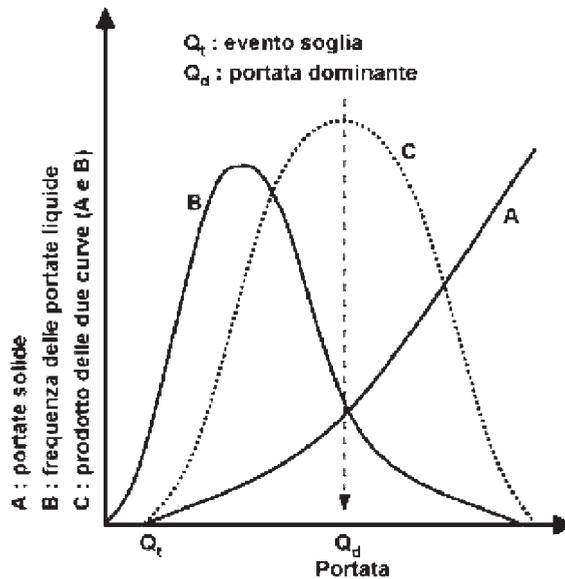


Fig. 2.10 Le portate inferiori all'evento soglia (Q_t) non sono in grado di effettuare un trasporto solido significativo. Portate superiori effettuano un trasporto solido crescente in maniera esponenziale (curva A), ma la loro frequenza, una volta raggiunta la moda (apice della curva B), diventa progressivamente più rara. L'apice della curva C (prodotto di A e B) corrisponde alla portata che effettua il maggior trasporto solido cumulativo nel tempo ed è detta perciò *portata dominante* (da Wolman e Miller, 1960).

2.2.3 Le morfologie d'alveo

La morfologia fluviale studia le forme topografiche di fondo di un fiume o di tratti discreti dello stesso (strettamente connesse con le caratteristiche idrauliche del flusso che le ha formate) ed è definita dal profilo longitudinale, dalla sezione e dal tracciato planimetrico. Due categorie principali sono gli alvei *a fondo fisso* e quelli *a fondo mobile*. Le sezioni discrete con alveo a fondo fisso si sviluppano su substrati rocciosi e la loro morfologia è strettamente correlata alle caratteristiche geologiche. Le sezioni discrete a fondo mobile scorrono su substrati geologici incoerenti e disomogenei, spesso sui propri stessi sedimenti derivanti da un precedente trasporto.

Le diverse configurazioni che può assumere il tracciato planimetrico dipendono da vari fattori che possono essere utilizzati, singolarmente o combinati, per la loro classificazione:

- la *mobilità dell'alveo*, a fondo fisso o a fondo mobile;
- la *sinuosità*, lunghezza del corso d'acqua rispetto alla lunghezza della valle;
- il *numero di canali*, singolo o a multicanale;
- la *modalità di trasporto dei sedimenti*:
 - prevalente al fondo - *bed load* - (*canali intrecciati*);
 - misto al fondo e in sospensione - *mixed load* - (*fiumi meandriformi*);
 - prevalente in sospensione - *suspended load* - (*fiumi anastomizzati*).

Per praticità si possono distinguere convenzionalmente cinque configurazioni d'alveo principali (Fig. 2.11).

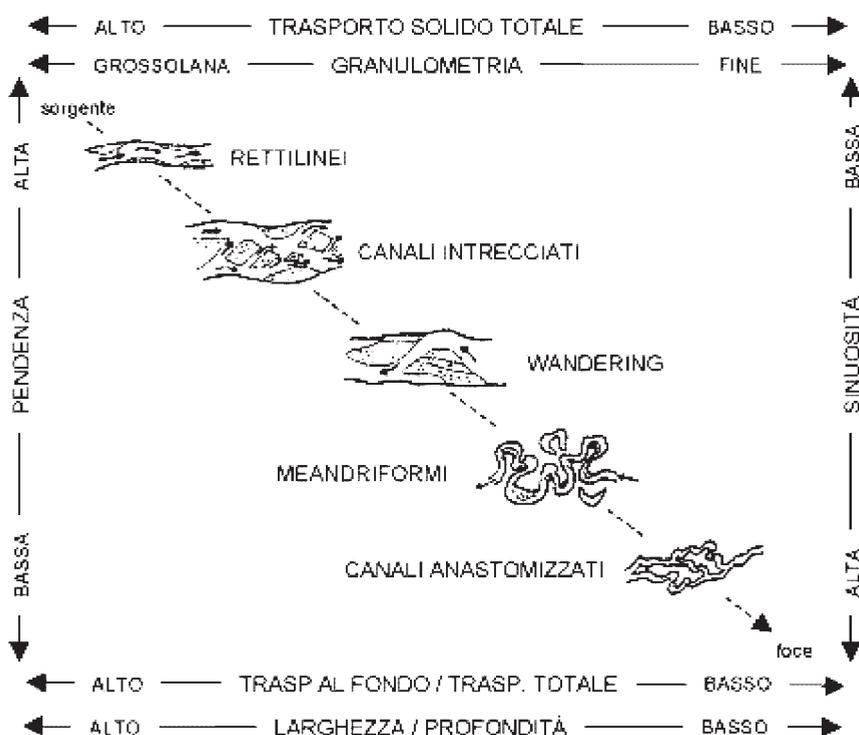


Fig. 2.11 Classificazione schematica delle principali morfologie d'alveo, con l'indicazione sommaria dei parametri che le condizionano maggiormente. Sebbene nella figura le configurazioni siano ordinate dai tratti montani a quelli di pianura, nella realtà alcune di esse possono essere assenti e i casi reali possono presentare diverse anomalie (da Billi, 1988, modif.).

I *canali rettilinei* e/o *confinati* sono piuttosto rari in natura in quanto, anche se il canale mostra un andamento rettilineo, in realtà il filone principale della corrente segue un percorso sinuoso secondario, probabilmente perché rappresenta una condizione potenzialmente più stabile ed in equilibrio

con l'ambiente fisico in cui si manifesta; in ogni caso i canali rettilinei sono limitati a brevi tratti montani, di lunghezza generalmente inferiore a 10 volte la larghezza del canale.

Gli alvei *braided* o a *canali intrecciati* sono frequenti in molti ambienti diversi: nelle aree periglaciali si formano nelle ampie pianure alluvionali ghiaiose, nelle zone aride e semi-aride sono associati ad alvei sabbiosi, nei climi temperati sono caratterizzati da pianure alluvionali ghiaiose con alte pendenze di fondo. La loro formazione è favorita da condizioni di alta energia con forti pendenze del fondovalle, portate ampie e variabili, grande alimentazione e disponibilità di sedimenti, prevalenza di trasporto al fondo e sponde non coesive. In sezione trasversale i canali sono molto larghi e poco profondi con circolazione idrica che favorisce la formazione delle barre. La bassa profondità dei canali e il loro ripetuto intreccio rendono problematica l'individuazione di un alveo principale.

Gli alvei *wandering* (canali a bassa sinuosità, in contrapposizione a quelli meandriformi che hanno invece sinuosità medio-alta) sono considerati come una configurazione intermedia tra i fiumi *braided* e quelli meandriformi. Sono tipicamente costituiti da barre laterali alternate, a forma di semi losanga più o meno allungata, con un unico canale attivo; spesso è presente un secondo canale, generalmente aderente ad una delle due sponde, che può essere più o meno attivo e alimentato solo in caso di piena, venire abbandonato nelle piene successive (canali di morta-aree riparali), oppure può allargarsi fino a divenire il canale principale (Fig. 2.12).

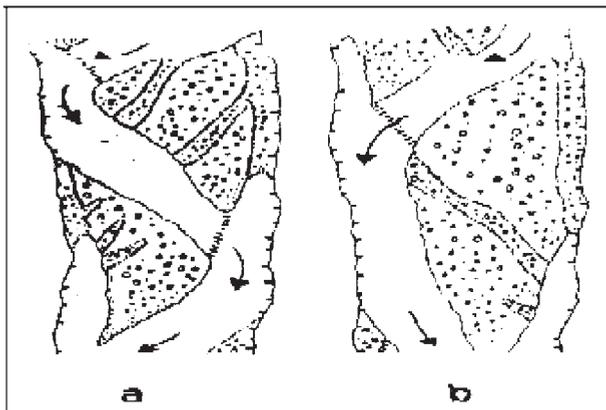


Fig. 2.12 Rappresentazione schematica dell'evoluzione e della migrazione di un canale a bassa sinuosità (da Billi, 1988).

Gli alvei *wandering* possono temporaneamente trasformarsi in rettilinei anche con piene non eccessivamente consistenti, purché la profondità dell'acqua sia tale da ricoprire almeno in parte le barre. Gli *wandering river* sono considerati una configurazione instabile di transizione, in equilibrio precario, che tende facilmente ad evolvere in quella meandriforme o in quella *braided*.

I *canali meandriformi* predominano generalmente nelle parti basse delle pianure alluvionali e nelle pianure costiere e deltizie (ma possono formarsi anche nelle pianure intramontane). Il modello è caratterizzato da un canale fluviale singolo, ben più profondo di quelli *braided*, e intagliato in sedimenti più fini, tipicamente ghiaiosi. L'acqua riempie la parte più bassa del canale anche in regime di magra. Il canale meandriforme è fiancheggiato da sponde naturali e barre di meandro e migra, sia verso valle sia lateralmente, entro una zona (fascia o corridoio dei meandri) larga in genere 15-20 volte il canale. L'evoluzione del meandro avviene attraverso l'erosione della riva concava e, di pari passo, la deposizione su quella convessa (Fig. 2.13).

L'erosione è massima subito dopo la fase culminante di piena e opera come sottoescavazione o escavazione al piede della riva concava, con crollo in massa; il materiale eroso non viene depositato sulla sponda convessa della stessa ansa ma di quella successiva.

I meccanismi di formazione dei canali meandriformi non sono ancora del tutto chiari. Teoricamente qualsiasi perturbazione ambientale in un canale rettilineo potrebbe dare origine a cambiamenti morfologici tali da indurlo a trasformarsi in meandriforme (Fig. 2.14).

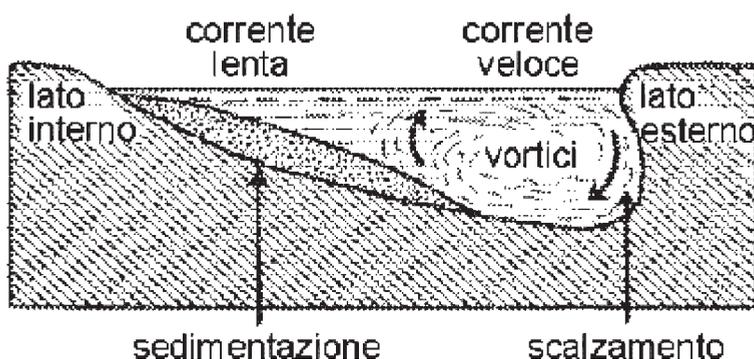


Fig. 2.13 Meccanismo di sviluppo delle anse dei meandri: erosione sulla sponda esterna e deposito su quella interna (da Money, 1977).

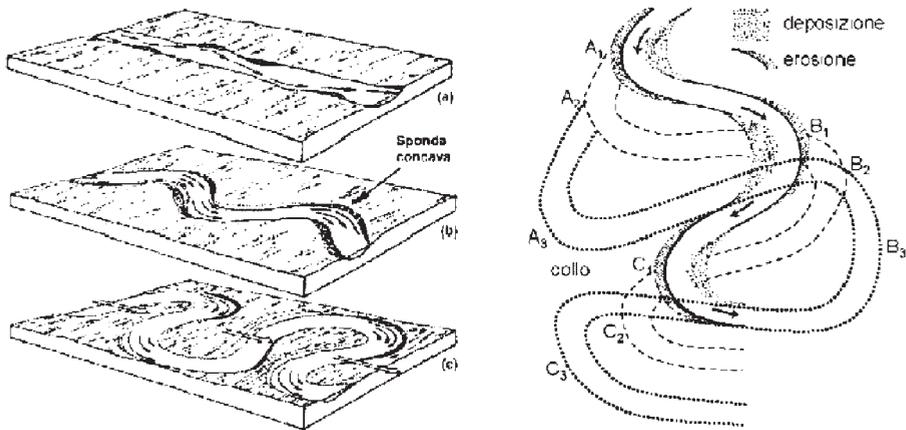


Fig. 2.14 A sinistra: ipotesi sull'origine dei meandri. (a) perturbazione trasversale del flusso da parte di irregolarità locali sul fondo o sulle rive, deviazione verso la riva opposta e inizio dell'erosione; (b) accentuazione della sinuosità: erosione e forza centrifuga si rinforzano a vicenda; deposito sulla sponda convessa (barra di meandro); (c) i meandri si allargano e migrano sia lateralmente sia verso valle). A destra: migrazione longitudinale (verso valle) e laterale dei meandri, con accentuazione della curvatura e formazione di un "collo di meandro", che verrà "tagliato" da una piena, lasciando un "ramo morto" che, isolandosi progressivamente dal fiume, diverrà una "lanca" (figura a sinistra da Hamblin, 1975; a destra da Money, 1977, modif.).

I *canali anastomizzati* sono costituiti da due o più canali stabili, con una sinuosità variabile, che in generale possono essere assimilati a canali meandriformi interconnessi tra loro. La stabilità dei canali è favorita dall'abbondante vegetazione sulle sponde. Questa configurazione morfologica, piuttosto rara in natura, sembra sia caratteristica di situazioni di bassa variabilità delle portate, basso trasporto solido in sospensione e quasi totale assenza di trasporto solido al fondo. Per la trattazione dei singoli canali si rimanda ai canali meandriformi, ai quali sono assimilabili.

2.2.4 Gli elementi morfologici delle piane alluvionali

Gli alvei confinati a fondo fisso hanno morfologie relativamente semplici e stabili. I corsi d'acqua a fondo mobile, che scorrono sui propri depositi alluvionali rimaneggiandoli di piena in piena, hanno invece una morfologia più complessa e variabile. In essi si possono distinguere diversi elementi costitutivi (Fig. 2.15):

- *barre attive* – depositi ciottoloso-ghiaioso-sabbiosi, laterali o longitudinali (entro il canale fluviale), spesso emerse, ma sommerse parecchi giorni l'anno; possono essere nude od ospitare una rada vegetazione erbacea

- annuale (erbacee pioniere di greto); nelle barre *alte*, invece, sommerse pochi giorni l'anno, la vegetazione erbacea è più folta e possono affermarsi radi arbusti;
- *isole fluviali* – barre longitudinali più elevate e stabili colonizzate da vegetazione arbustiva e arborea;
 - *alveo attivo* – costituito da uno o più canali (mono o pluricursale), permanentemente o frequentemente sommersi, e dalle sue barre;
 - *piana inondabile (floodplain)* – costruita dal fiume grazie alle migrazioni laterali dell'alveo, nelle *attuali* condizioni di regime idrologico. Rispetto alle barre è caratterizzata da un substrato più fine (sabbioso-limoso) e da vegetazione arbustiva e arborea; al confine con le barre attive presenta solitamente una piccola scarpata, la cui sommità segna il *livello ad alveo pieno*, corrispondente alla *portata formativa*. La sua superficie non è necessariamente piatta, ma presenta spesso bassure, rilievi e zone umide; la piana inondabile, per i frequenti interscambi con le acque fluviali e gli habitat che ospita, ha un'importanza ecologica molto rilevante.
 - *piana alluvionale* – (da non confondere con piana *inondabile*) comprende tutta la valle costituita da depositi alluvionali e, perciò, anche gli eventuali terrazzi; è solitamente inondata, almeno in parte, dalle piene eccezionali;
 - *terrazzi fluviali* – superfici pianeggianti inondate più raramente, talora solo dalle piene eccezionali o addirittura non inondabili; rappresentano piane inondabili costruite dal fiume in periodi precedenti e successivamente divenute "sospese" per l'incisione dell'alveo, a causa di mutamenti del regime idrologico (tipici quelli successivi alle ultime glaciazioni); molti terrazzi, tuttavia, sono di formazione molto recente, conseguente all'incisione causata da azioni antropiche (escavazioni, dighe, sistemazioni idraulico-forestali).

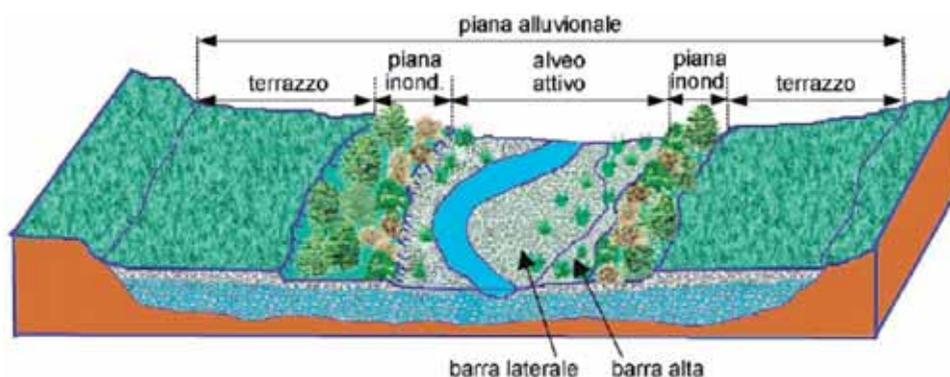


Fig. 2.15 Principali forme delle piane alluvionali.

2.2.5 Le tipologie del fondo

Procedendo da monte a valle la configurazione del fondo varia in relazione al rapporto tra apporti di sedimenti e capacità di trasporto solido. La testata dei bacini è caratterizzata da tratti colluviali (con accumuli di frana, visto che le scarse portate sono incapaci di trasporto solido); ad essi, di norma, seguono tratti a fondo roccioso (anch'essi privi di depositi alluvionali ma, al contrario del caso precedente, a causa della capacità di trasporto molto elevata, che è superiore agli apporti dai versanti) e, poi, diversi tipi di tratti alluvionali (cioè con sedimenti elaborati e trasportati dalla corrente) con organizzazione del fondo molto varia.

Le due tipologie di tratti non alluvionali sono:

- colluviali (*colluvial channels*) – piccoli corsi d'acqua di primo ordine (alla testata del reticolo idrografico), temporanei o con portate molto basse, incapaci di un trasporto solido significativo. I materiali in alveo non sono perciò assortiti e derivano dai versanti, per movimenti gravitativi (frane); grossi massi, tronchi incastrati e soglie rocciose limitano ulteriormente il trasporto solido, cosicché il tempo di residenza dei materiali è dell'ordine di secoli. Piene intermittenti possono movimentare parte dei materiali superficiali, ma non governano la sedimentazione, la classazione e il trasporto solido; quest'ultimo, episodico, è essenzialmente un fenomeno gravitativo (colata detritica, *debris flow*);
- a letto roccioso (*bedrock channels*) – sebbene possano temporaneamente contenere materiali alluvionali in buche d'erosione o al riparo di ostacoli, questi depositi non ricoprono con continuità l'intero letto; sono tratti caratterizzati da capacità di trasporto molto elevata, grazie all'elevata pendenza e/o profondità.

A questi seguono i tratti alluvionali, distinguibili in cinque tipologie principali (Fig. 2.16):

- rapide (*cascade*) – caratterizzate da alvei confinati dai versanti, elevate pendenze (generalmente superiori al 5%), deflusso tumultuoso, fondo disorganizzato a grossi massi disposti con estrema irregolarità (e ciottoli nelle zone riparate dai massi o incastrati tra di essi). La distanza tra le buche, piccole e distribuite irregolarmente, è inferiore alla larghezza dell'alveo. Sono tratti a prevalente trasporto (in cui il fattore limitante è il rifornimento di detriti dai versanti), che riforniscono di sedimenti i tratti a valle. A differenza dei tratti successivi, nei quali si riconosce una organizzazione

- dei materiali in alveo (indotta dalla corrente), il fondo è disorganizzato: ciò riflette il prevalere di processi non fluviali (es. frane, colate detritiche, apporti glaciali);
- soglie e pozze (*step pool*) – tratti montani confinati dai versanti, piuttosto stretti e profondi, pendenza piuttosto elevata (generalmente 2-3%), fondo a buche ciottolose separate da soglie trasversali di grossi massi distanziate con una certa regolarità; la sinuosità verticale prevale su quella laterale; la distanza tra le pozze va da una a quattro volte la larghezza dell'alveo. La formazione delle soglie "corazzate" (di materiali grossolani) riflette una scarsa alimentazione solida dai versanti e una scarsa frequenza di portate capaci di mobilitare i materiali più grossolani; durante le piene eccezionali tutti i materiali sono mobilizzati, ma la morfologia a soglie e pozze si ricostituisce durante la coda della piena;
 - letto piano (*plane bed*) – tratti relativamente rettilinei, con alveo confinato o meno dai versanti, a pendenza da moderata ad elevata e fondo piano (a ciottoli, ghiaia e piccoli massi), privo di barre ben definite (condizione che riflette un basso rapporto larghezza/profondità e una granulometria grossolana) ad eccezione dei siti con ostacoli locali al deflusso, che possono indurne la formazione; comprendono i correntini e sono simili a lunghi raschi. Tipicamente hanno un fondo corazzato rispetto alla portata ad alveo pieno (condizione che riflette una capacità di trasporto superiore agli apporti dai versanti) ma, per portate superiori, mostrano una corrispondenza tra trasporto solido e portata (condizione che riflette la limitazione da parte della capacità di trasporto). Per tali caratteristiche sono interpretabili come transizione tra i tratti limitati dal rifornimento solido dai versanti e quelli limitati dalla capacità di trasporto;
 - buche e raschi (*pool riffle*) – caratterizzati da un andamento planimetrico sinuoso che induce la formazione di barre, buche (con minor velocità e sedimenti di minor granulometria) e raschi (maggior velocità e granulometria). Le buche sono regolarmente spaziate di 5-7 volte la larghezza ad alveo pieno (o più ravvicinate nei tratti con cumuli di grossi detriti legnosi). Il substrato va da sabbioso a ciottoloso, ma tipicamente è ghiaioso. Si formano in tratti con pendenza da moderata a bassa, non confinati dai versanti e con piana inondabile ben sviluppata. La formazione delle barre richiede un rapporto larghezza/profondità sufficientemente alto e materiali di granulometria modesta, facilmente mobilizzabili e riorganizzabili dalla corrente. Il trasporto di fondo è sporadico e discontinuo; raramente si muove tutto il letto e, allora, il materiale eroso da un raschio si deposita di norma nel raschio successivo. Come i tratti a letto piano, quelli a buche e raschi, secondo il grado di corazzamento del fondo e le conseguenti so-

glie di mobilizzazione, sono condizionati sia dagli apporti solidi da monte (limite presente nei tratti corazzati), sia dalla capacità di trasporto (in equilibrio con gli apporti nei tratti non corazzati); tuttavia la presenza di forme di fondo organizzate (barre, raschi, buche) suggerisce che, rispetto ai letti piani, prevalga la limitazione da capacità di trasporto;

- **fondo increspato (*dune ripple*)** – frequenti in tratti sabbiosi a bassa pendenza, sono caratterizzati dalla successione di modeste ondulazioni del fondo a diverse scale dimensionali, spesso sovrapposte: raschi, strati rilevati, microdune e dune più grandi e mobili. Possono essere presenti anche barre di meandro e altre forme indotte dalla geometria dell'alveo; le buche, se presenti, sono distanziate di 5-7 volte la larghezza dell'alveo. A differenza dei tratti a letto piano e di quelli a buche e raschi (nei quali il trasporto è discontinuo, al superamento di soglie di portata), i tratti ad alveo increspato sono a "letto vivo" poiché un trasporto significativo si verifica con quasi ogni condizione di portata; il fattore limitante è quindi la capacità di trasporto.

Non tutti i corsi d'acqua presentano la successione dei sette tipi di tratti ora descritti (ad es. possono mancare i tratti a fondo roccioso e/o quelli a fondo increspato), mentre possono essere presenti tratti con caratteristiche intermedie: barre e raschi (*plane bed/pool riffle*), soglie e raschi (*step pool/plane bed*), rapide e buche (*cascade/step pool*).

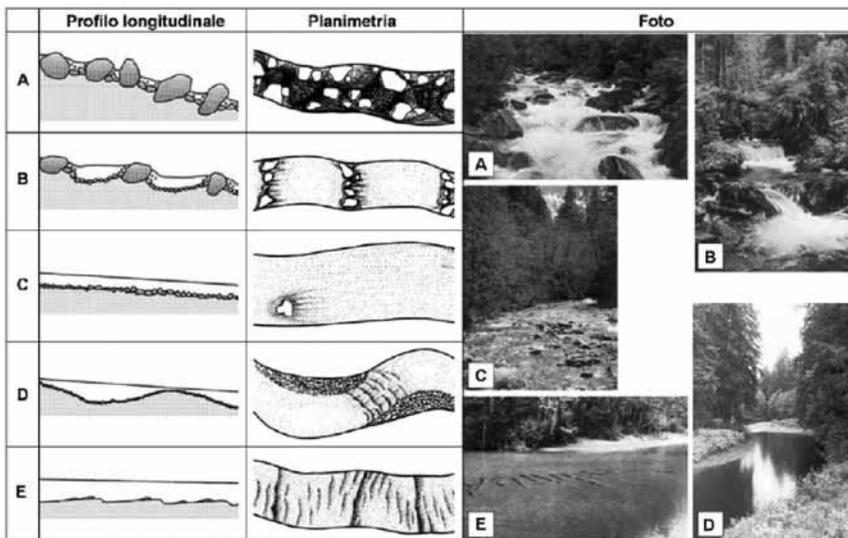


Fig. 2.16 Principali tipi di tratti fluviali. A- rapide (*cascade*); B- pozze e cascatelle (*step pool*); C- fondo piatto (*plane bed*); D- buche e raschi (*pool riffle*); E- fondo increspato (*dune ripple*) (da Montgomery e Buffington, 1997).

2.2.6 L'artificializzazione morfologica

Da lunga data –e, in tempi recenti con un'intensità mai prima sperimentata– l'attività dell'uomo induce profonde alterazioni nella morfologia degli alvei e dei corridoi fluviali, sia indirettamente –attraverso modifiche dell'uso del suolo– sia direttamente mediante opere idrauliche. Queste alterazioni, modificando le condizioni morfologiche e idrodinamiche e, di conseguenza, gli habitat, hanno ripercussioni più o meno profonde anche sulla funzionalità fluviale.

Di seguito sono riportati alcuni schemi relativi alle possibili alterazioni morfologiche derivanti da opere di difesa idraulica e dalla presenza di infrastrutture per la produzione idroelettrica.





Fig. 2.17 Schema degli effetti derivanti dalle opere di difesa idraulica (da EU CIS, 2006).



Fig. 2.18 Schema degli effetti derivanti dalle opere di installazioni idroelettriche (da EU CIS, 2006).

Nell'ambito della modificazione del territorio, *cambiamenti d'uso del suolo* più frequenti sono i disboscamenti, le pratiche agricole e l'urbanizzazione; questi riducono la copertura forestale e la sua funzione idrogeologica inducendo numerose conseguenze a scala di bacino: versanti più instabili (maggior erosione del suolo, torbidità delle acque, alterazione delle dinamiche di ripascimento dei litorali), riduzione dell'infiltrazione delle acque meteoriche (minor alimentazione delle sorgenti, magre più spinte e prolungate), aumento della frazione che scorre in superficie e della sua velocità (piene più frequenti e accentuate, erosione laterale, allargamento dell'alveo attivo, in particolare delle barre laterali, alterazione della morfologia fluviale).

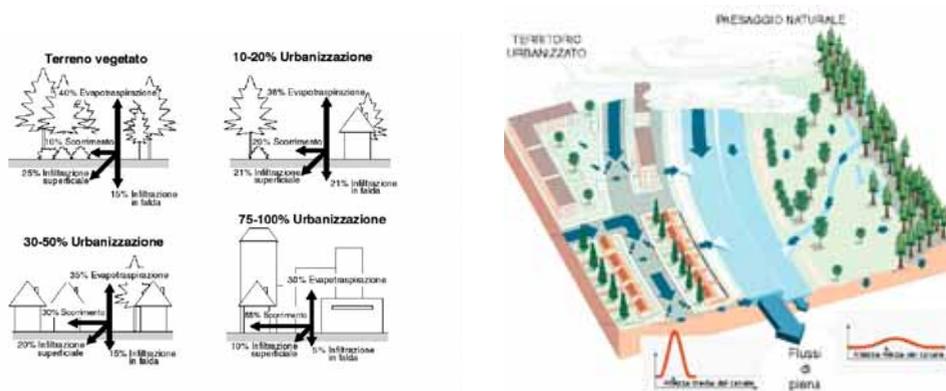


Fig. 2.19 Schema di deflusso superficiale dipendente dallo stato d'urbanizzazione del territorio circostante: runoff (da G. Garuti, modificato).

Di seguito vengono schematizzate e successivamente analizzate le più comuni pratiche di artificializzazione e le loro ripercussioni sulla funzionalità fluviale (Fig. 2.20):

- dighe e strutture di derivazione (riduzione delle portate in alveo, alterazione del regime idrologico naturale);
- stabilizzazione delle sponde, mediante rivestimenti e protezioni con strutture quali gabbioni, lastre o pannelli di calcestruzzo, massicciate (di calcestruzzo oppure massi di cava);
- ampliamento dell'alveo in larghezza/profondità finalizzato a facilitare il deflusso delle piene;
- sfalcio e allontanamento della vegetazione, dragaggi dei sedimenti e rimozioni degli impedimenti (es. tronchi d'albero) finalizzate a ridurre

- la resistenza idraulica sulle sponde e sul fondo (migliore deflusso) e per limitare il rischio di esondazione nei tratti in cui l'alveo si restringe (es. strozzature in corrispondenza dei ponti);
- controllo del trasporto solido con briglie.

Queste azioni determinano una serie di effetti sull'idraulica del corso d'acqua, sulla morfologia, sulle componenti vegetali e animali, prevalentemente in loco ma talora anche a notevole distanza.

Le rettifiche dell'alveo (attenuazione della sinuosità) e, a maggior ragione, le nuove inalveazioni (taglio di tratti sinuosi, con scavo di un nuovo alveo), comportano un accorciamento del percorso ed una riduzione della scabrezza e, perciò, un aumento della pendenza e della velocità. Ne deriva un aumento locale dell'erosione che si propaga verso monte (erosione retrograda) e di una conseguente sedimentazione a valle dei materiali asportati. La rettifica dell'alveo, e la conseguente alterazione del regime di velocità del flusso e di sedimentazione, può produrre effetti anche molto gravi sulla sicurezza delle strutture e sul rischio idraulico e la modificazione e l'alterazione degli habitat naturali.

Le briglie sono sbarramenti trasversali finalizzati a contrastare l'incisione dell'alveo; trattenendo i sedimenti a monte di esse. Innalzano il fondo e rinalzano i versanti, mentre la cascata sul fronte di valle dissipa l'energia della corrente. Spesso sono realizzate in serie, riducendo il profilo longitudinale ad una "scalinata" di tratti piani alternati a cascate. L'appiattimento dell'alveo e la sedimentazione anche di materiali di modesta granulometria (per la ridotta velocità) banalizzano il fondo, riducendo la diversità ambientale; il dislivello ostacola o impedisce la risalita dell'ittiofauna per il raggiungimento delle aree di frega o per sfuggire ad agenti stressanti (es. inquinamenti acuti). L'accumulo di sedimenti nel tratto stabilizzato con briglie si traduce nella riduzione del trasporto solido nei tratti a valle, trasferendo in essi i fenomeni erosivi.

Le soglie hanno struttura e finalità analoghe alle briglie, ma non sporgono dal fondo: non inducono perciò un innalzamento dell'alveo, ma si limitano a stabilizzarne la quota del fondo. Tuttavia, poiché a valle di ciascuna soglia continuano a verificarsi fenomeni erosivi, tendono anch'esse a formare un alveo a scalini.

Le dighe sono sbarramenti di altezza variabile, finalizzati a trattenere l'acqua. Il serbatoio intercetta l'intero trasporto solido (compresa gran parte di quello in sospensione), provocando un'erosione accentuata dell'alveo a valle e può avere ripercussione sulle dinamiche di erosione e deposizione nei litorali costieri. La diga è un ostacolo difficilmente superabile dai pesci (i cui popolamenti divengono geneticamente isolati), e provoca a valle rilevanti alterazioni della temperatura, del chimismo delle acque e delle portate, nonché effetti negativi al momento dello svaso di sedimenti fini. Per quanto riguarda la riduzione delle portate di valle, gli effetti sono una riduzione della superficie d'alveo bagnato e del tirante idraulico, con conseguente sottrazione dello spazio vitale disponibile per le biocenosi fluviali e una conseguente maggiore competizione intra e interspecifica.

Gli argini sono opere longitudinali, poste ad una certa distanza dall'alveo bagnato o adiacenti ad esso (argini in frodo), realizzate in rilevato sul piano di campagna per contenere in alveo le portate di piena. I maggiori livelli idrici raggiunti in condizioni di piena incrementano l'incisione del fondo e l'alterazione degli habitat; frapponendosi come una barriera all'esondazione, gli argini interrompono le dinamiche di ringiovanimento della piana inondabile e del corridoio fluviale, con gravi alterazioni del mosaico di habitat perifluviale e delle interazioni tra ambiente acquatico e terrestre (Fig. 2.20).

Le difese spondali sono opere longitudinali la cui sommità non supera il piano di campagna: non impediscono le esondazioni, ma si limitano ad ostacolare l'erosione delle sponde. Interrompono bruscamente la graduale transizione tra ambiente acquatico e terrestre, con perdita degli habitat ripari. L'energia disponibile per l'erosione, non potendo esplicarsi sulle sponde, si trasferisce sul fondo e/o sul tratto successivo. La loro costruzione e manutenzione comporta usualmente anche la distruzione delle fasce di vegetazione riparia. Impatto ancora maggiore, ovviamente, hanno i rivestimenti parziali o totali dell'alveo (es. muri, cunettoni in cemento).

Gli attraversamenti (ponti) determinano variazioni più o meno significative, dell'assetto idrometrico in generale e alterazioni localizzate sulla morfologia degli argini e dell'alveo. In talune circostanze il restringimento dell'alveo, conseguente alla presenza delle spalle e delle pile, può aumentare il rischio idraulico per effetto del sovralzato indotto dal rigurgito o di ostruzioni delle luci causate da grandi oggetti galleggianti (tronchi, natanti, etc.) trasportati dalle piene.

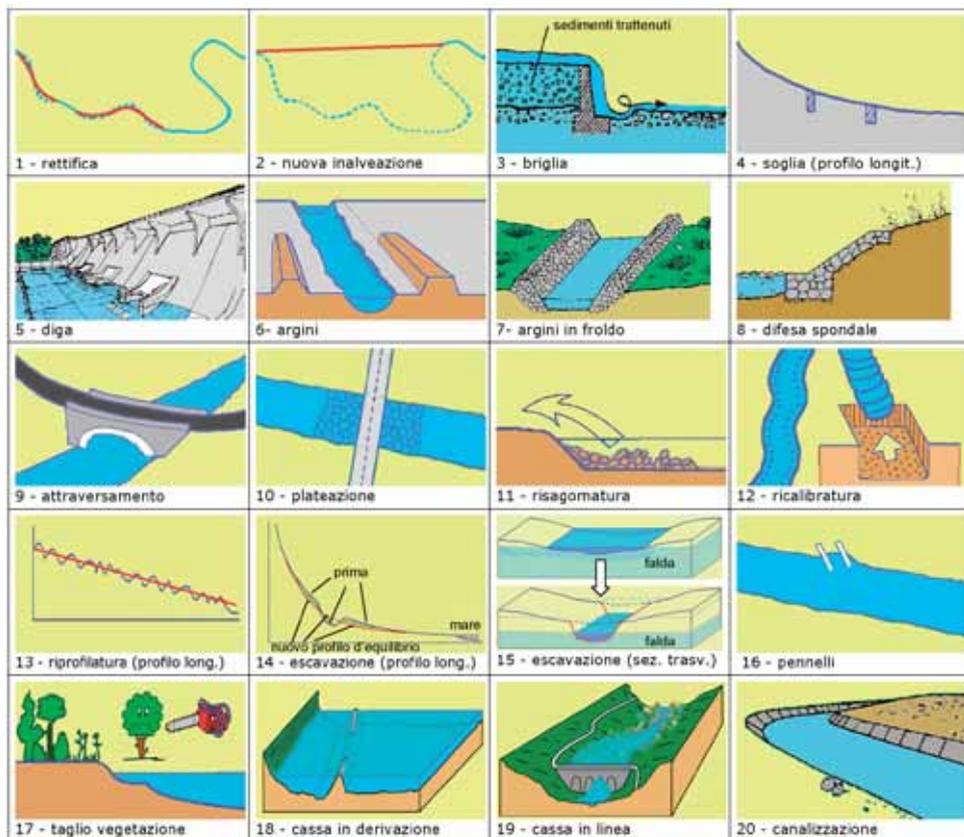


Fig. 2.20. Illustrazione schematica dei principali tipi di interventi fluviali (Figura di G. Sansoni).

Le plateazioni sono rivestimenti del fondo, solitamente associati ai ponti per evitare l'incisione del fondo, con scalzamento delle pile o delle spalle.

Le risagomature, solitamente con rimozione di sedimenti, conferiscono alla sezione trasversale una nuova sagoma, generalmente geometrica con fondo piatto: rendendo uniformi il fondo e le condizioni idrodinamiche, eliminano gli habitat associati a raschi, buche e, in generale, alla scabrezza del substrato; in questo modo diminuiscono anche l'infiltrazione nella zona iporreica (favorita dalla sinuosità laterale e verticale), con riduzione del suo potere depurante. Effetti analoghi hanno le ricalibrature (con aumento della sezione) e le riprofilature, volte a "regolarizzare" il profilo longitudinale, eliminando la sinuosità verticale. Con azioni di ampliamento dell'alveo si ottiene una riduzione della velocità di corrente e della profondità, apprezzabili

alle basse portate, cui è associato un aumento della temperatura dell'acqua; tali operazioni provocano una perdita di zone di rifugio per la fauna ittica.

Le escavazioni, anche se praticate localmente, producono un deficit solido che si ridistribuisce lungo l'intero alveo, provocandone l'incisione sia a monte che a valle, minacciando la stabilità dei manufatti; l'approfondimento dell'alveo determina l'assottigliamento del materasso alluvionale e la conseguente riduzione della potenzialità di accumulo della falda di subalveo provocando una diminuzione di afflussi falda-fiume durante la stagione secca. L'impatto ecologico principale è un "effetto canalizzazione" dell'alveo (approfondimento e restringimento), con perdita degli habitat ripari.

I pennelli sono strutture trasversali immorsate nelle sponde e sporgenti solo in parte nell'alveo; sono finalizzati a proteggere una sponda dall'erosione contrastandone l'evoluzione geomorfologica o a permettere, provvisoriamente, la realizzazione di opere in alveo.

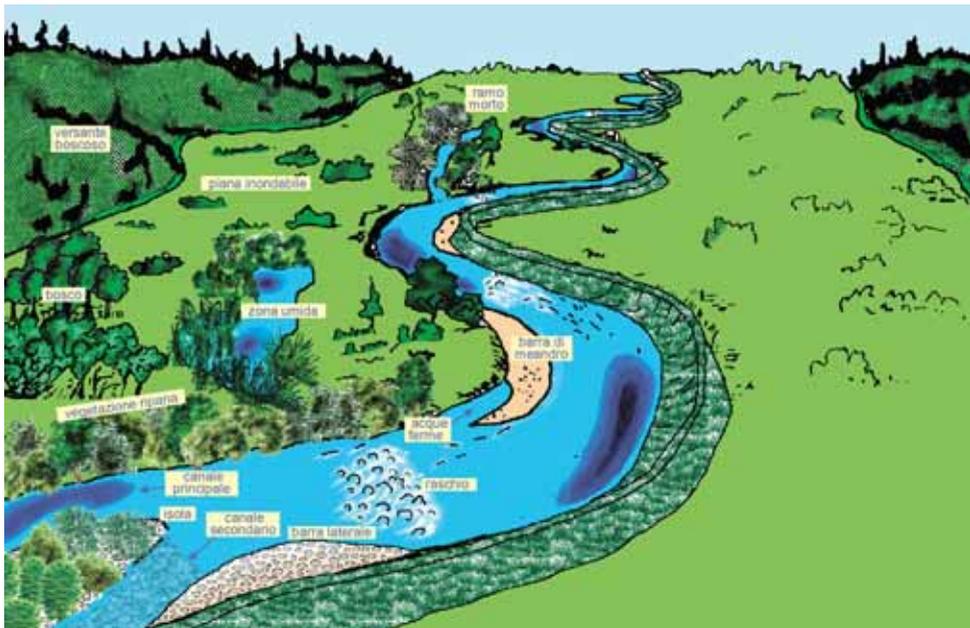


Fig. 2.21 Schema degli effetti ecologici delle arginature. **A sinistra:** l'assenza di argini consente il libero esplicarsi delle dinamiche fluviali che generano, rimaneggiano e mantengono il mosaico di habitat arricchendo diversità ambientale, diversità biologica, interazioni tra ambiente acquatico e terrestre, funzionalità complessiva. **A destra:** la realizzazione di un argine interrompe le dinamiche fluviali nella piana, conducendo ad una rilevante perdita di habitat (spondali e terrestri) e di funzionalità (Figura di G. Sansoni).

I tagli della vegetazione possono alterare una componente di estrema importanza per la funzionalità fluviale. Ne conseguono minori apporti trofici, riscaldamento delle acque, riduzione dell'effetto filtro per solidi sospesi, inquinanti e nutrienti, riduzione dei rifugi dai predatori (per i pesci), maggior erodibilità delle sponde, riduzione degli habitat acquatici e terrestri.

Le casse di laminazione, finalizzate a laminare le piene, possono essere *in linea* (sbarramenti trasversali con *bocca tarata* sul fondo) o *in derivazione* (grandi vasche laterali all'alveo). Le prime non arrecano grandi impatti, salvo favorire il deposito di sedimenti nel bacino temporaneo che si forma a monte dello sbarramento. Le seconde, richiedendo la realizzazione di un argine con soglia sfiorante, esercitano un notevole impatto (analogo a quello delle arginature) sia sulla vegetazione riparia, sia nell'area perifluviale, sottraendola alle dinamiche fluviali.

Canalizzazione è un termine generico che comporta solitamente l'adozione di diversi interventi tra quelli sopra citati.

2.3 Il fiume come unità ecosistemica

2.3.1 L'importanza della diversità ambientale

Lo studio ecologico dei fiumi – sistemi interattivi per eccellenza – incorpora livelli di risoluzione spaziale annidati: microhabitat, sequenza buca-raschio, tratto fluviale, segmento vallivo, bacino, ciascuno dei quali è caratterizzato da proprie forme e processi e richiede quindi una specifica analisi ecologica (Fig. 2.22).

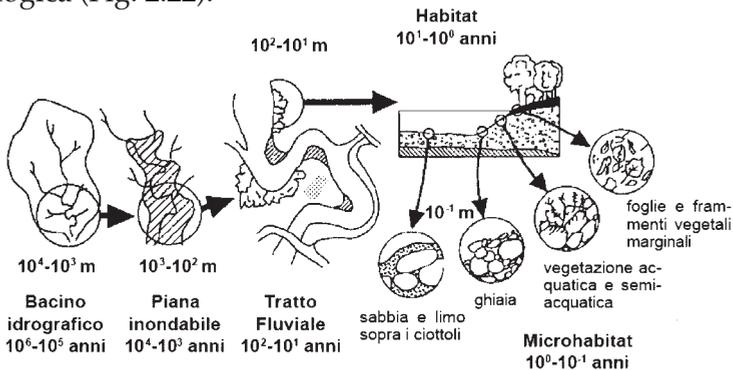


Fig. 2.22 Scala spaziale e temporale dell'organizzazione gerarchica di un sistema fluviale e dei suoi sub-sistemi di habitat (La scala spaziale lineare indicata è relativa ad un corso d'acqua montano di 2°-3° ordine) (da Palmer, 1976).

Particolare importanza rivestono alcune componenti ambientali (eterogeneità del substrato, sequenze buche-raschi, sinuosità del tracciato, vegetazione riparia, ecotoni acquatici/terrestri), riconducibili al principio unificante della diversità ambientale, riproposto a diverse scale spaziali.

Alla scala minore, a livello di microhabitat, la diversità ambientale è rappresentata soprattutto dalla eterogeneità del substrato, densamente popolato da una grande varietà di macroinvertebrati. Poiché ciascuna specie presenta un optimum e un proprio intervallo di tolleranza alle condizioni ambientali (legato alle esigenze fisiologiche, agli adattamenti morfologici e comportamentali, alle modalità di procacciamento del cibo, alle strategie riproduttive, ecc.) quanto maggiore è l'eterogeneità del substrato, tanto maggiore è il numero di specie che possono convivere nell'ambiente.

L'elevata diversità biologica, a sua volta, contribuisce ad una più pronta ed efficace risposta alle variazioni temporali del carico organico, ad una migliore efficienza depurante, ad una maggiore stabilità del sistema.

Alla scala immediatamente superiore, la diversità ambientale è espressa dalla sequenza buche-raschi, oltre che dalla sinuosità del tracciato e dalla presenza di barre di meandro, di rive dolcemente digradanti, di ostacoli locali alla corrente (grossi massi, rami incastrati sul fondo), di vegetazione sommersa e di radici sommerse di alberi ripari (Fig. 2.23).

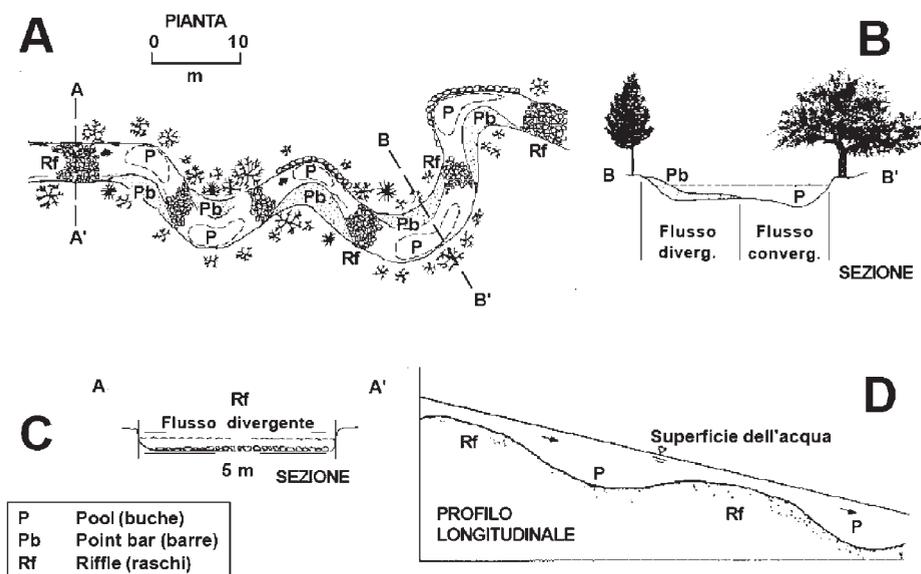


Fig. 2.23 Elementi morfologici di un alveo naturale. (A: da Keller et Brookes, 1984 (modif.); B e C: da Brookes, 1988; D: da Chang, 1988).

A questo livello la diversità ambientale riveste una particolare importanza per l'ittiofauna. Ciascuna specie ittica, infatti, trascorre la sua esistenza trasferendosi dall'uno all'altro di questi ambienti per compiere le proprie attività vitali (sosta, rifugio, esplorazione, alimentazione, riproduzione): in linea di massima, le buche e i ricoveri sono utilizzati come aree di sosta e rifugio e i raschi per l'alimentazione, mentre le aree di transizione tra buche e raschi forniscono un eccellente habitat per l'ovodeposizione.

Tra i principali fattori abiotici che condizionano l'idoneità ambientale per i pesci vi sono la disponibilità di adeguati ripari, buche e raschi, le fluttuazioni della portata, della velocità della corrente e della temperatura (che, oltre all'influenza diretta sul contenuto in ossigeno disciolto, ne esercita una indiretta, sul suo consumo metabolico).

Ciascuna attività richiede una data combinazione di parametri ambientali (profondità, velocità della corrente, substrato, ecc.), compresi entro determinati intervalli di tolleranza. Ne consegue, ad esempio, che un lungo tratto canalizzato avente le caratteristiche di raschio, nonostante l'abbondante disponibilità di cibo (nei raschi si trova la massima densità di macroinvertebrati), risulta non idoneo ad altre attività vitali dei pesci e, quindi, inadatto ad essi.

Buche di adeguata profondità sono essenziali per la sopravvivenza dei pesci nei periodi di basse portate, in cui i raschi restano quasi asciutti. Particolare importanza, data la grande diffusione del comportamento territoriale nei pesci, riveste la presenza di ricoveri e di ripari in alveo o sottosponda (grossi massi, rami incastrati sul fondo, sponde sottoescavate, radici arboree sommerse). Ogni individuo, infatti, trascorre la maggior parte del suo tempo in un habitat-rifugio circoscritto, che occupa e difende con decisione dagli intrusi. L'abbondanza di rifugi, strettamente legata alla diversità ambientale, condiziona perciò direttamente, ancor più delle disponibilità alimentari, l'abbondanza del popolamento ittico. Oltre a fornire protezione dalla predazione, i ripari forniscono ai pesci un ambiente relativamente calmo che consente loro di superare i periodi di elevate portate.

Va sottolineato che le esigenze ambientali per ciascuna attività differiscono da una specie ittica all'altra e, all'interno di ciascuna specie, tra i vari stadi di sviluppo. L'ambiente ideale per i pesci è dunque quello caratterizzato da un'elevata diversità, in grado di fornire, in un tratto di alveo non eccessivamente esteso, l'intero mosaico di ambienti necessari alle varie specie e, per ciascuna di esse, agli individui delle varie classi di età.

Per quanto possa apparire sorprendente, per gli organismi acquatici riveste importanza anche la diversità ambientale della piana inondabile. Ad esempio, in occasione di piene elevate, le condizioni in alveo possono divenire proibitive per i pesci, a causa della corrente tumultuosa. In tali condizioni, una piana con morfologia accidentata (vegetazione arbustiva e arborea, cumuli legnosi, rilievi, bassure, zone umide) fornisce ai pesci provvidenziali ripari di piena "fuori alveo" risparmiando ai popolamenti ittici una rarefazione spiccata e protratta per diversi anni.

2.3.2 Il collegamento funzionale tra il fiume e il suo territorio

La funzionalità e le dinamiche fluviali sono condizionate in larga misura dalle caratteristiche del territorio circostante, sia delle adiacenti fasce di vegetazione riparia sia dell'intero bacino e, in particolare, dal suo grado di copertura forestale. Quest'ultima favorisce un regime idraulico con magre e piene meno accentuate e una migliore qualità delle acque (Fig. 2.24).

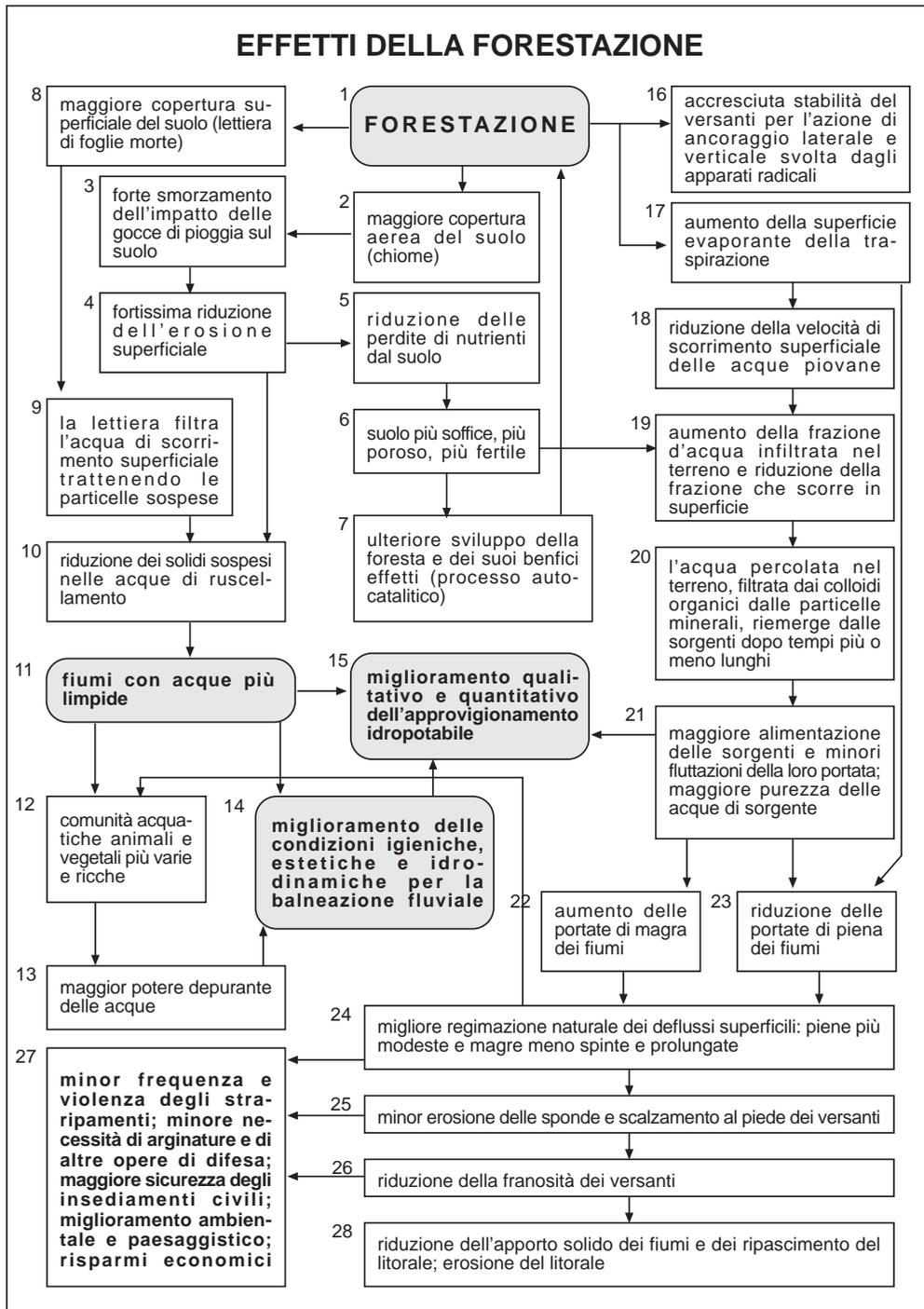


Fig. 2.24 Il complesso dei benefici effetti della forestazione.

I corsi d'acqua sono dunque una successione di ecosistemi "aperti" (dotati cioè di importanti interconnessioni trofiche, flussi di materia ed energia) non solo in senso longitudinale, ma anche laterale e verticale; in essi le fasce di vegetazione riparia esplicano un ruolo talmente importante da divenire inscindibili dal fiume in senso stretto.

Questo approccio culturale pluridimensionale (Fig. 2.25) rende più intuitiva la comprensione della connettività che caratterizza i sistemi fluviali: questi rispondono a livello sistemico (sia a monte che a valle) alle perturbazioni locali. Dà ragione inoltre della vulnerabilità dell'intero ecosistema all'interposizione di barriere che ne interrompano la continuità in ciascuna delle direzioni spaziali: longitudinale (es. dighe, briglie), laterale (es. arginature, difese spondali), verticale (es. plateazioni, spianamenti dell'alveo).

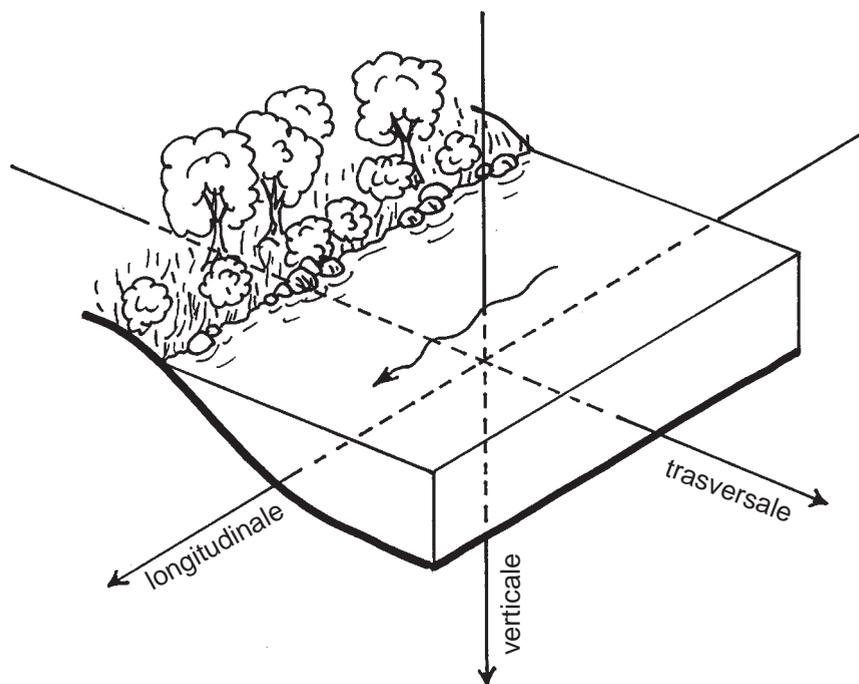


Fig. 2.25 Approccio pluridimensionale all'ambiente fluviale.

A queste dimensioni si aggiunge quella temporale: considerato che la morfologia dell'alveo può variare su lunghi periodi di tempo e che le ripercussioni sull'ecosistema fluviale di alcune modifiche ambientali, pur essendo molto rilevanti, possono non manifestarsi per diversi decenni (ad es.

gli effetti della mancanza di ripari di piena fuori alveo si manifesteranno solo in occasione delle piene con tempo di ritorno pluridecennale), la gestione fluviale deve essere pianificata in una prospettiva di lungo termine. A titolo di esempio, se gli apporti organici al fiume possono essere garantiti anche da vegetazione arbustiva e non richiedono necessariamente la presenza di alberi d'alto fusto, a lungo termine questi ultimi sono indispensabili alla conservazione dinamica dell'ecosistema fluviale in quanto, cadendo in alveo, esplicano una azione morfogenetica molto rilevante (l'ostacolo locale alla corrente induce deviazioni del tracciato e diversifica il substrato) ed autocatalitica (favorisce l'abbattimento di altri alberi). Da qui l'importanza di non rimuovere, soprattutto nei tratti montani, gli alberi pericolanti e i tronchi caduti in alveo (salvo casi localizzati di effettivo pericolo per centri abitati).

2.4 Processi funzionali dell'ecosistema fluviale

2.4.1 Le relazioni trofiche

All'interno dei corsi d'acqua si instaurano processi trofici diversi legati soprattutto alla capacità di utilizzo e trasformazione dell'energia in entrata nel sistema (es. luce) e della materia organica disponibile. Difficilmente in un corso d'acqua si verifica un processo trofico completo; nella maggior parte dei casi si assiste a processi più o meno completi in funzione delle caratteristiche ecologiche del tratto di corso d'acqua in esame. Il tutto dipende dagli input e dagli output del sistema discreto considerato e dalle possibilità di trasformazione e trasferimento dell'energia all'interno di esso.

Il sistema trofico viene descritto attraverso gli adattamenti degli individui acquatici, soprattutto dei macroinvertebrati, ai diversi modi di assunzione del cibo e quindi al loro ruolo trofico nel sistema.

La suddivisione più semplice degli individui in base alle modalità nutrizionali è quella che individua tre gruppi: detritivori, erbivori e carnivori. Questi organismi si possono ritrovare in tutti i livelli della catena trofica e tra essi molti si nutrono preferenzialmente di detrito di derivazione organica (detritivori). Tuttavia, in mancanza di detrito, questi stessi organismi possono sfruttare altre fonti alimentari e competere con gli erbivori e i carnivori. Quindi la suddivisione degli organismi in funzione del tipo di alimento non garantisce un sistema classificatorio univoco e non spiega con sufficiente chiarezza le relazioni tra individui macrobentonici.

Più efficace appare una suddivisione che tenga conto, oltre che dei ruoli trofici legati al tipo di cibo, anche dei ruoli trofici in funzione delle modalità

di assunzione del cibo. Si individuano in questo modo dei gruppi funzionali che operano in modo indipendente ma sinergico, al fine di utilizzare con la massima efficienza le diverse forme energetiche disponibili (Fig. 2.26).

Gruppi funzionali	Risorse alimentari	Ruolo Trofico e Modalità alimentare	Esempi
Trituratori (<i>shredders</i>)	Foglie (non legno) o CPOM (particellato organico grossolano) e microbi associati	Detritivori <i>masticatori</i>	Alcune larve di Tricotteri, Plecotteri in stadi giovanili, Anfipodi, Isopodi
	Macrofite	Erbivori <i>masticatori e minatori</i>	Larve di Ditteri acquatici
Scavatori (<i>gougers</i>)	Materiale legnoso (xilema)	Detritivori <i>minatori e scavatori</i>	Alcune larve di Ditteri, Coleotteri, Tricotteri
Collettori filtratori (<i>collectors filterers</i>)	FPOM (particellato organico fine) sospeso e microbi associati	Detritivori <i>filtratori</i>	Larve di alcuni Tricotteri e Simulidi, Bivalvi
Collettori raccoglitori (<i>collectors gatherers</i>)	FPOM sedimentato e microbi associati	Detritivori <i>pascolatori di superficie del sedimento</i>	Larve di Efemerotteri e Ditteri
Raschiatori (<i>scrapers</i>)	Perifiton e fauna associata	Erbivori	Alcune larve di Efemerotteri, Tricotteri e Gasteropodi
Perforatori (<i>piercers</i>)	Macrofite	Erbivori	Alcune larve di Tricotteri (Hydroptilidae)
Predatori (<i>predators</i>)	Prede animali	Carnivori	Alcune larve di Plecotteri, Tricotteri, Coleotteri, Ditteri e Odonati
Parassiti	Prede animali	Parassiti interni	Nematodi

Fig. 2.26 Gruppi funzionali bentonici con relative risorse alimentari e ruolo trofico.

La tabella descrive l'insieme dei ruoli trofici all'interno di un sistema acquatico fluviale. Tra i diversi gruppi esistono delle relazioni sequenziali o di feedback (relazioni funzionali) che esprimono la capacità di trasformazione e di trasferimento dell'energia.

Le relazioni trofiche possono essere descritte in modo semplificato attraverso la comprensione delle relazioni di trasformazione dell'energia in entrata nel sistema fiume, rappresentata principalmente dalla luce solare e dalle tre frazioni di sostanza organica: particellato organico grossolano (CPOM – *coarse particulate organic matter*), particellato organico fine (FPOM – *fine particulate organic matter*) e sostanza organica disciolta (DOM - *dissolved organic matter*) (per maggiori approfondimenti sul tema si vedano Calow & Petts, 1994; Allan, 1995; Allan & Castillo, 2007).

La luce solare favorisce, in presenza di nutrienti, l'accrescimento della componente autotrofa (fitoplancton, perifiton e macrofite) tramite il processo di sintesi clorofilliana.

Il perifiton, formato da un insieme di diatomee, clorofite e cianofite, dipende molto da intensità e frequenza della radiazione solare e viene utilizzato come alimento dal macrobentos raschiatore. Il perifiton può anche essere fonte di sostanza disciolta che va ad aggiungersi alla materia organica disciolta (DOM) proveniente dall'esterno del sistema fiume. All'interno del corso d'acqua la sostanza organica disciolta può a sua volta trasformarsi in sostanza organica fine (FPOM), attraverso un processo di flocculazione.

La frazione di FPOM proviene in gran parte dall'esterno tramite il ruscellamento superficiale (run-off) e l'apporto degli immissari. Come già detto, la FPOM proviene in parte anche dalla flocculazione del DOM, oltre che dalla frammentazione del materiale grossolano (CPOM) e dai residui organici come feci o cellule di perifiton. L'FPOM è la forma alimentare più utilizzata dai collettori filtratori dotati di rete a trappola (es. *Hydropsychidae*) o di apparati di cattura (es. *Simulidi*). Oltre a questi vi sono i collettori-raccoglitori (es. *Chironomidi* ed *Oligocheti*), che si cibano di particelle fini sedimentate.

La frazione di sostanza organica più rappresentata è senza dubbio la sostanza organica grossolana particolata o CPOM. Questa è costituita soprattutto da foglie della vegetazione riparia, che trattenute dalle strutture morfologiche di ritenzione perdono inizialmente le sostanze organiche solubili (*leaching*) che andranno ad alimentare il DOM. Successivamente vengono aggredite da batteri cellulolitici e idromiceti che le ammorbidiscono mettendo a nudo il tessuto a palizzata e lacunoso. La foglia viene demolita e assunta come alimento dagli organismi trituratori (*shredders*) che la riducono

ad un frammento scheletrico dove sono visibili solo le ramificazioni della rete dei condotti xilematici (Fig 2.27).

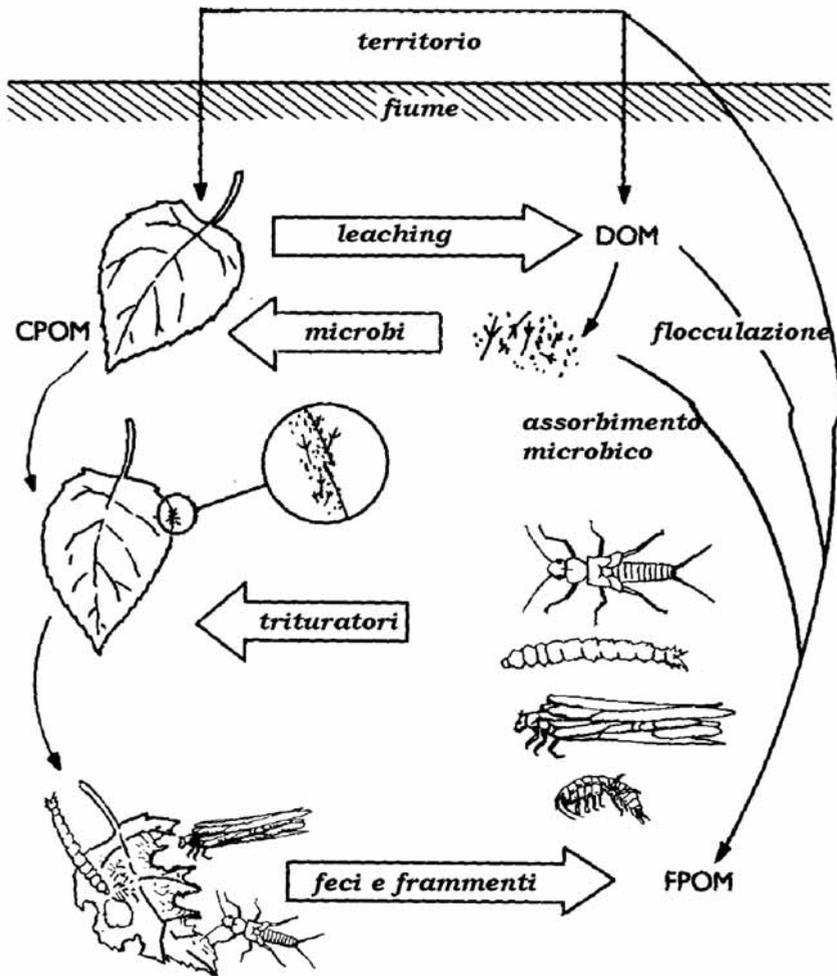


Fig. 2.27 Relazioni tra tre frazioni di sostanza organica all'interno di un corso d'acqua, rappresentate dalle trasformazioni subite da una foglia (da Cummins e Klug, 1979, modif.).

La figura 2.28 rappresenta una sintesi delle relazioni trofico-funzionali esistenti in un fiume, dove le condizioni alimentari vengono sfruttate appieno dalla comunità macrobentonica e microbentonica, con trasformazione dell'energia in biomassa e lavoro. In questi processi assume notevole importanza il ruolo del carbonio delle molecole organiche come fonte di energia e massa nel processo di ciclizzazione della sostanza organica.

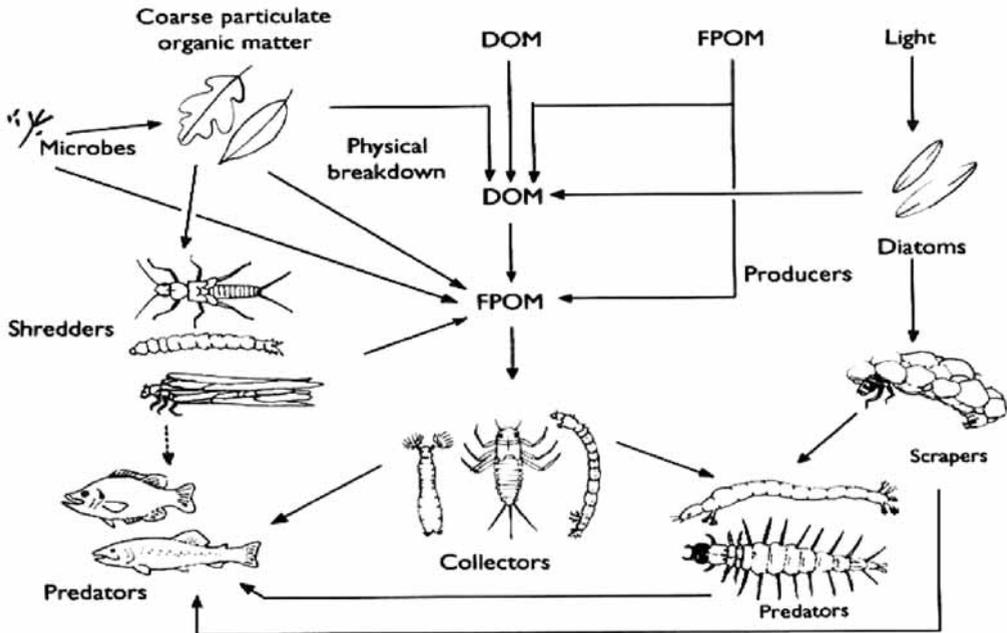


Fig. 2.28 Rappresentazione schematica delle reti trofiche all'interno di un corso d'acqua (da Allan, 1995, modif.).

2.4.2 La ritenzione e degradazione della sostanza organica

Il processo di ritenzione è basato sull'intrappolamento del materiale organico di grosse dimensioni (CPOM), costituito da foglie, rametti o detrito organico caduti o trasportati in alveo e sul suo successivo immagazzinamento *in situ*. I meccanismi di ritenzione in un corso d'acqua svolgono una funzione fondamentale nel processo di ciclizzazione della sostanza organica, in quanto permettono al CPOM di essere intrappolato ed elaborato dalle comunità biologiche.

In generale, la ritenzione in un corso d'acqua dipende dalle sue caratteristiche idrologiche e morfologiche: il grado di diversità morfologica, la velocità della corrente e la scabrezza del substrato contribuiscono a determinare una varietà di situazioni che aumenta l'efficacia di ritenzione. In un torrente o un fiume a corso rapido, le foglie e i frammenti vegetali che cadono in acqua possono essere trasportati anche molto lontano dalla corrente, ma spesso vengono sequestrati in fondo all'alveo, intrappolati tra i massi, sotto i ciottoli, sulla riva tra le radici emergenti della vegetazione

riparia, costituendo in tal modo una riserva alimentare.

La ritenzione avviene anche nei siti in cui si verifica una riduzione locale della velocità della corrente, quali le pozze profonde, le situazioni di ristagno e rigurgito d'acqua al lato di un salto (anche piccolo) e i tratti con pendenza ridotta. Anche le briglie, deprecabili dal punto di vista ittico, sono strutture di ritenzione molto efficienti, giungendo a sequestrare quasi il 90% delle foglie che pervengono da monte.

Nei corsi d'acqua di tipo planiziale, privi per loro natura di strutture quali ad esempio grossi massi, la funzione ritentiva è esercitata dalle macrofite. La vegetazione è infatti in grado di trattenere il CPOM, sia perché agisce da barriera fisica, sia perché all'interno delle chiazze di vegetazione la velocità di corrente viene rallentata, favorendo la deposizione di materiale. L'efficacia della ritenzione dipende, oltre che dalla quantità, dal tipo di macrofite che ricoprono l'alveo. È infatti evidente che specie natanti, che crescono alla superficie dell'acqua, hanno una capacità di ritenzione molto minore rispetto ad un canneto, che è formato da specie radicate emergenti. Più in generale è possibile affermare che la ritenzione operata dalle macrofite dipende dal loro sviluppo tridimensionale all'interno del corso d'acqua, ed in particolare lungo il piano perpendicolare alla direzione della corrente.

La misura della capacità di ritenzione in un corso d'acqua rappresenta quindi un passo importante nella comprensione delle dinamiche che regolano la ciclizzazione dei nutrienti; l'efficienza di ritenzione può essere valutata computando la quantità di foglie sequestrate in un tratto di lunghezza nota di un corso d'acqua, rispetto alla quantità di foglie rilasciate all'inizio del tratto stesso.

Dal punto di vista matematico, il modello di ritenzione è stato descritto come una curva esponenziale negativa, in cui il numero di foglie trattenute lungo un tratto noto di un corso d'acqua diminuisce nel tempo. Il tasso istantaneo di ritenzione può essere rappresentato come l'inverso della distanza media percorsa dalle foglie.

Le metodologie per la misura della ritenzione, basate sull'analisi delle foglie trattenute, sono spesso di difficile applicabilità, in quanto la morfologia degli alvei può ostacolare il rinvenimento e il recupero delle foglie intrappolate in zone di difficile accessibilità; per tale motivo, può essere più utile e immediata l'analisi delle foglie non trattenute.

Una metodica utilizzata per misurare la capacità ritentiva di un tratto di alveo prevede l'utilizzo di foglie di *Gingko biloba* L., raccolte nel periodo dell'abscissione e successivamente reidratate prima dell'utilizzo (per evitarne il trasporto a valle per galleggiamento sulla superficie). Rispetto all'uso di altre specie vegetali, l'utilizzo di foglie di *G. biloba* è particolarmente

vantaggioso: trattandosi di una specie esotica ornamentale, diffusa solo in zone urbanizzate (giardini), viene esclusa la possibilità di confusione tra apporti naturali e sperimentali, mentre l'inconfondibile forma labellata delle foglie e il loro caratteristico e intenso colore autunnale giallo ne facilitano grandemente l'individuazione visiva.

Un numero prefissato di foglie (generalmente 1000) viene rilasciato a monte di un tratto di 100 m: dal momento del rilascio vengono misurati il tempo di percorrenza della prima foglia giunta alla fine del tratto ed il numero di foglie transitate dopo 1, 2, 3, 4, 7, 10, 15, 20, 40 e 60 minuti. Lungo il tratto di 100 metri vengono anche censite le strutture di ritenzione, rilevandone la localizzazione, il tipo, nonché il numero di foglie in esse trattenute e rinvenute.

L'analisi del numero di foglie non trattenute al termine dei 60 minuti previsti dal metodo può essere considerata una valida misura sintetica dei processi di ritenzione, in quanto si è osservato che l'intrappolamento di un'elevata porzione delle foglie utilizzate per l'indagine avviene nei momenti immediatamente successivi al rilascio.

Al fine di descrivere le curve di ritenzione che si vengono a creare viene impiegato un algoritmo, la cui forma generale è:

$$f(x) = \frac{b_1 x}{1 + b_2 x}$$

dove $f(x)$ è il numero di foglie osservate alla fine del tratto e x corrisponde al tempo dopo il rilascio iniziale; b_1 e b_2 sono coefficienti.

In un modello teorico asintotico, l'asintoto della curva indica la capacità di ritenzione di ogni tratto, contraddistinto da differenti caratteristiche idrologiche e morfologiche. Una bassa efficienza di ritenzione è descritta da un asintoto alto, mentre un asintoto basso è sinonimo di elevata ritenzione.

I coefficienti b_1 e b_2 possono essere calcolati attraverso il metodo dei minimi quadrati. Su questa base possono essere calcolati i nuovi valori del numero di foglie transitate nella stessa sequenza d'intervalli di tempo, ottenendo in tal modo i "dati attesi". (Fig. 2.29)

Per ciascun tratto valutato si può quindi ricavare un algoritmo, il cui coefficiente asintotico è ottenuto dal calcolo del rapporto

$$\vartheta = \frac{b_1}{b_2}$$

Tratti con valore di ϑ alto corrispondono a quelli con minor efficienza di ritenzione, mentre quelli con il rapporto più basso presentano la migliore capacità ritentiva.

I meccanismi di ritenzione dei raschi sono diversi da quelli delle pozze: queste ultime inducono la deposizione delle foglie per la riduzione della velocità di corrente, mentre nei raschi la ritenzione è dovuta all'intrappolamento fisico delle foglie sotto i massi ed i ciottoli.

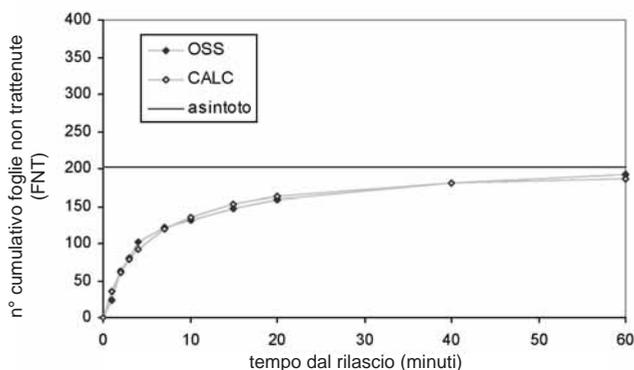


Fig. 2.29 Esempio di confronto tra curva osservata (oss) e calcolata (calc) del numero cumulativo di foglie non trattenute per un tratto in esame.

2.4.3 Il potere autodepurante

La sostanza organica che raggiunge un corso d'acqua, sia essa di origine naturale (foglie, escrementi e spoglie animali) o antropica (liquami fognari), viene demolita da microrganismi sospesi nell'acqua (batteri, funghi) e i prodotti della mineralizzazione vengono riciclati dalla componente vegetale (microalghe, idrofite). Le multiformi comunità microscopiche (batteri, funghi, ciliati, microalghe, amebe, rotiferi, nematodi, gastrotrichi, tardigradi, ecc.) che, nell'insieme, formano quella sottile pellicola biologica scivolosa al tatto (il perifiton) che riveste i ciottoli fluviali, rappresentano il primo sistema depurante dei corsi d'acqua.

Questo depuratore naturale supporta fisicamente e biologicamente un altro sistema depurante, costituito dai macroinvertebrati, che funge da acceleratore e regolatore del processo. La loro ricchezza di specializzazioni massimizza l'utilizzo di tutte le forme di risorse alimentari disponibili (scarichi umani compresi) e rende la comunità in grado di rispondere in maniera flessibile alle variazioni stagionali o antropiche del carico organico.

I macroinvertebrati che si nutrono di batteri ne "ringiovaniscono" le popolazioni mantenendole così in uno stato di elevata attività, mentre i trituratori, sminuzzando i detriti organici grossolani in particelle minute, ne aumentano grandemente la superficie, potenziando così l'attacco da parte dei

batteri; a loro volta i frammenti organici parzialmente "trattati" dai batteri risultano più appetibili ai macroinvertebrati. In altre parole, l'efficienza di ciascun sistema depurante viene potenziata dall'efficienza dell'altro e, inversamente, il danneggiamento di un sistema depurante si ripercuote negativamente anche sull'efficienza dell'altro.

Un ulteriore contributo alla rimozione di biomassa è fornito dai vertebrati, compresi quelli terrestri, che si nutrono dei macroinvertebrati acquatici: pesci, anfibi, rettili, uccelli, mammiferi. Questi organismi, nel loro insieme, possono essere considerati il terzo sistema depurante dell'ambiente fluviale.

L'efficienza dei tre sistemi depuranti è, a sua volta, condizionata dall'integrità dell'ambiente terrestre circostante, in particolare delle fasce di vegetazione riparia. Questo quarto sistema, oltre a fornire cibo ed habitat agli organismi microscopici, ai macroinvertebrati e ai vertebrati, svolge una duplice funzione depurante, agendo da filtro meccanico e da filtro biologico.

La vegetazione riparia, infatti, intercetta le acque di dilavamento dei versanti e ne rallenta la velocità, inducendo la sedimentazione del carico solido e degli inquinanti ad esso legati. A questa azione di chiarificazione delle acque, che contribuisce alla limpidezza dei fiumi e ad impedire il colmamento degli interstizi tra i ciottoli (microambienti di primaria importanza per gli altri sistemi depuranti), si accompagna un ruolo protettivo nei confronti dell'eutrofizzazione fluviale per la rimozione del fosforo (legato alle particelle argillose sedimentate) e dell'azoto (assorbito dalle piante e denitrificato dai batteri associati e non allo strato radicale). La denitrificazione è un processo di particolare interesse in quanto riduce i composti azotati ad azoto gassoso (N_2), che viene restituito all'atmosfera (Fig. 2.30).

Il processo è operato da batteri anaerobi facoltativi in grado di utilizzare i nitrati (NO_3^-) nei loro processi respiratori, quando vengono a trovarsi in carenza o assenza di ossigeno. Questi periodi di anossia si verificano quando il suolo viene saturato dall'innalzamento del livello della falda.

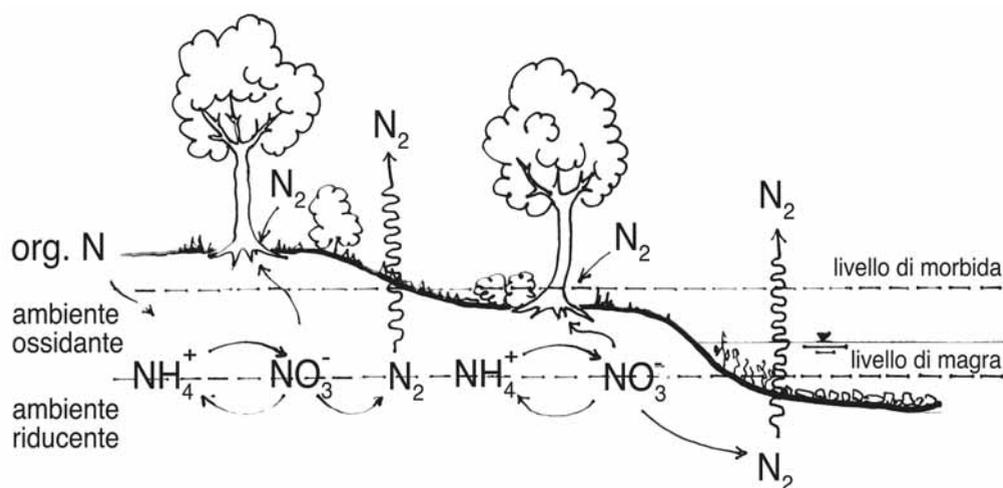


Fig. 2.30 Rappresentazione spaziale del ciclo dell'azoto attraverso un transetto perpendicolare al fiume entro il bosco ripario (da Pinay et al., 1990).

La denitrificazione è dunque largamente dipendente dalla frequenza e dalla durata dei periodi di inondazione delle fasce riparie. Le alterazioni del ciclo naturale di questi eventi possono indurre consistenti riduzioni della quantità di azoto restituito all'atmosfera.

Il processo richiede la disponibilità di carbonio organico come fonte di energia (che, in una fascia riparia, viene fornito dagli essudati radicali, dalle foglie decomposte e dagli acidi umici); è inoltre influenzato dalla temperatura, dall'umidità del suolo, dalla struttura dei sedimenti (un'alta percentuale di limo aumenta l'efficienza del processo) ed infine dal pH.

Un ultimo sistema depurante è rappresentato dalla zona iporreica che, in acquiferi porosi estesi, può assumere una rilevanza pari ai processi che avvengono nelle acque superficiali. Questa funzione, svolta essenzialmente da microrganismi adesi alle particelle solide (che, nell'insieme, funzionano come un immenso letto percolatore), è potenziata dalle basse velocità di scorrimento (che facilitano il completamento dei processi) e dall'enorme estensione della superficie di contatto tra acqua e particelle solide.

Il risultato complessivo dei processi autodepuranti è schematizzato nella Fig. 2.31.

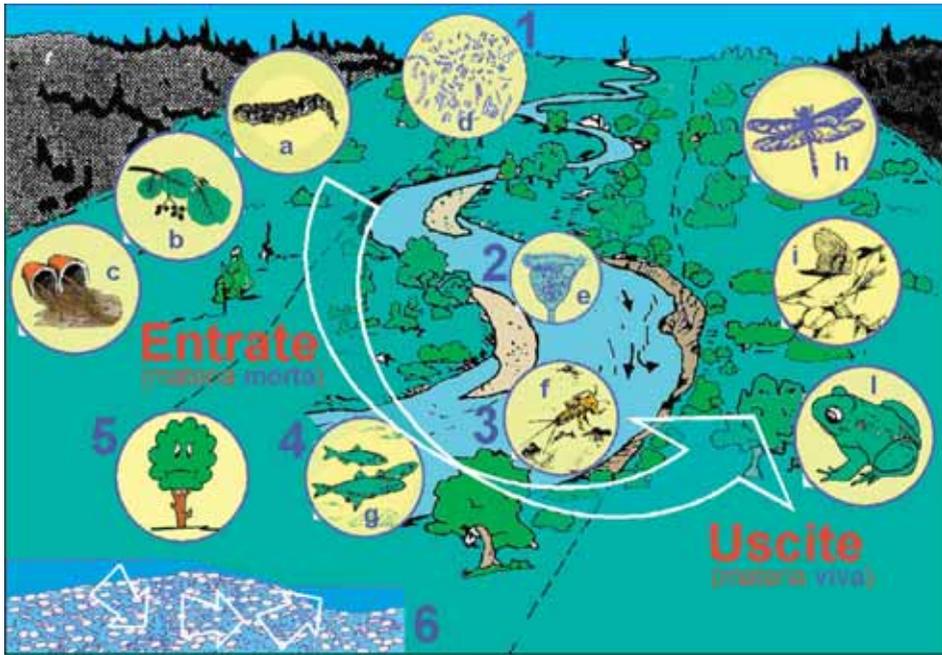


Fig. 2.31 L'essenza del processo autodepurante. La materia organica morta proveniente dal territorio (a- escrementi e spoglie animali; b- frammenti vegetali; c- scarichi fognari) viene assunta dagli organismi acquatici (d- batteri sospesi; e- protozoi; f-macroinvertebrati; g- pesci) e trasformata così in biomassa vivente che, in parte, viene restituita al territorio sotto forma di organismi viventi: insetti alati (h), uccelli (i) ed altri (l). Queste trasformazioni sono compiute dai sistemi depuranti dell'ambiente fluviale: 1- microrganismi sospesi; 2- perifiton; 3- macroinvertebrati; 4- vertebrati; 5- vegetazione riparia; 6- microrganismi della zona iporreica.

2.4.4 La spiralizzazione dei nutrienti

A differenza di quanto avviene nei classici ecosistemi chiusi (es. stagno, foresta), nei corsi d'acqua la mineralizzazione e il continuo riciclo della materia organica non avvengono sul posto, ma durante il loro trasporto ad opera della corrente.

In uno stagno, ad esempio, un atomo di carbonio inorganico, sotto forma di anidride carbonica, viene *organizzato* nel processo della *fotosintesi* ad opera dei vegetali acquatici e, successivamente, viene nuovamente *mineralizzato* a CO_2 attraverso la *respirazione* dei consumatori (erbivori o carnivori) o dei decompositori (Fig. 2.32 A). L'insieme di questi processi può essere schematizzato da un ciclo di diametro tanto più piccolo quanto più rapida è l'attività biologica che conduce alla "chiusura del cerchio" (Fig. 2.32 B)

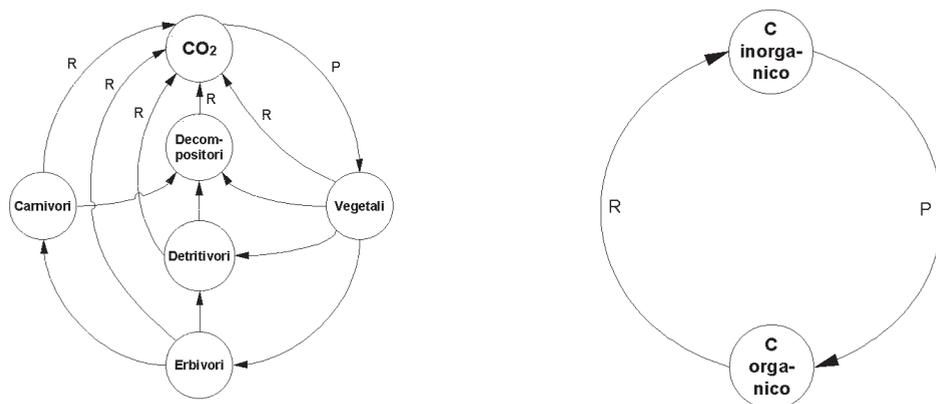


Fig. 2.32 **A:** Schema del ciclo della materia per il carbonio. **B:** lo stesso schema semplificato. P=fotosintesi; R=respirazione.

In un fiume, invece, il trasporto della materia fa sì che gli stessi processi non si chiudano *in situ*, ma dopo un percorso più o meno lungo: è come se la serie di cicli che si succedono nel tempo venisse “stirata” nello spazio a formare una spirale. L’acoppiamento tra ciclizzazione e trasporto – la *spiralizzazione dei nutrienti* – viene perciò rappresentata con una spirale di diametro tanto più stretto quanto più elevata è l’attività biologica (più veloce il riciclo) e con spire tanto più ravvicinate tra loro quanto più elevata è la capacità di ritenzione del sistema (più ridotto il trasporto) (Fig. 2.33).

	MECCANISMI		CICLIZZAZIONE		RISPOSTA DELL’ECOSIST. ALL’AGGIUNTA NUTRIENTI	STABILITÀ ECOSISTEMA
	RETENZIONE	ATTIVITÀ	TASSO DI	DISTANZA FRA LE SPIRE		
A)	ALTA	ALTA	VELOCE	CORTA	CONSERVATIVO (I>E)	ALTA
B)	ALTA	BASSA	LENTO	CORTA	ACCUMULATORE (I>E)	ALTA
C)	BASSA	ALTA	VELOCE	LUNGA	CONSERVATIVO INTERMEDIO <A >D	BASSA
D)	BASSA	BASSA	LENTO	LUNGA	ESPORTATORE (I=E)	BASSA

Fig. 2.33 Spiralizzazione dei nutrienti. Effetti di differenti relazioni fra la distanza del trasporto ad opera della corrente (velocità x tempo) e l’attività biologica sulla materia organica metabolizzabile, ciclizzata in corsi d’acqua differenti. Più piccolo è il diametro della spira e più veloce è il tasso di riciclo; la distanza tra le spire indica la distanza a valle del trasporto. I= import; E= export (da Minshall et al., 1983).

Il processo di ritenzione della materia organica è molto importante nell'economia di un corso d'acqua, poiché fornisce agli organismi acquatici, macroscopici e microscopici, più occasioni e un tempo più lungo per la sua assunzione e assimilazione. L'entità del trasporto non dipende solo dalla velocità della corrente, ma anche dalla presenza ed efficienza di dispositivi di ritenzione (cfr. par. 2.4.2).

La spiralizzazione delle sostanze nutritive (carbonio, azoto e fosforo) può essere suddivisa in due fasi: l'assunzione (*uptake*) dei nutrienti dal comparto acqua da parte dei componenti del biota acquatico (batteri, funghi, protozoi, macroinvertebrati ecc.) e la successiva metabolizzazione e trasporto attraverso la catena alimentare.

Perciò la lunghezza della spirale S può essere considerata come somma tra la lunghezza S_w , intesa come distanza percorsa da un atomo di nutriente con la corrente fino a quando non viene assunto dal biota, e S_b corrispondente alla distanza compiuta nel biota dall'atomo considerato prima di essere rilasciato nel comparto acqua in forma inorganica.

Per meglio comprendere il processo di spiralizzazione si prenda in esame un tratto discreto di corso d'acqua ridotto ad un modello molto semplice, considerandolo formato dal comparto acqua (W) (dove il nutriente è presente in forma disciolta) e dal comparto biota (B) (dove invece è presente nelle molecole dei tessuti biologici). Tra i due comparti esistono delle relazioni biunivoche: di prelievo ed assimilazione da parte del biota, definito U (*Uptake*) ed espresso come massa su superficie per unità di tempo ($g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) e di rilascio (R) da parte del biota nell'acqua, anch'esso espresso in $g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$. Nel modello di dislocazione del nutriente, il trasporto viene rappresentato da due flussi verso valle, F_w e F_b . Il primo indica la capacità della corrente di veicolare un atomo nell'acqua, mentre F_b indica il flusso di trasporto nel biota; entrambi vengono espressi in massa per lunghezza del fiume per unità di tempo ($g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) (Fig. 2.34).

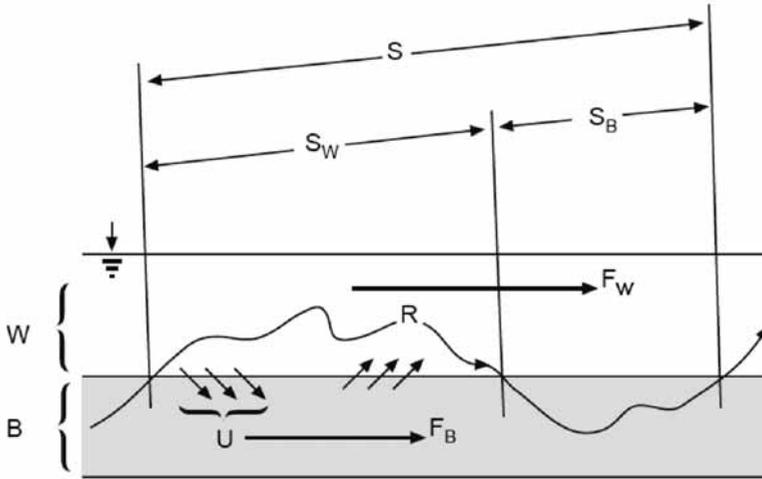


Fig. 2.34 Sintesi grafica del concetto di spiralizzazione: sovrapposizione tra il modello del corso d'acqua, con la suddivisione dei comparti "acqua" (W) e "biota" (B) e relativi rapporti, e il modello di dislocazione del nutriente, con i flussi (F_w , F_b) e di trasporto verso valle (da Ghetti, 1997).

Supponendo che l'assunzione unitaria H_w dall'acqua verso il biota sia regolata dal rapporto U/F_w cioè $H_w \text{ (m}^{-1}\text{)} = U/F_w$ e che, analogamente, il tasso di rilascio H_b dal biota verso il comparto acqua sia dato dal rapporto R/F_b cioè $H_b \text{ (m}^{-1}\text{)} = R/F_b$, allora le distanze di trasporto S_w e S_b risultano essere il reciproco di H_w e H_b , cosicché è possibile determinare la lunghezza totale in metri della spirale S , ovvero:

$$S = S_w + S_b = F_w/U + F_b/R$$

Nel caso ideale in cui in un fiume si verificano situazioni uniformi e stabili allora l'assunzione sarà uguale al rilascio ($U=R$) e di conseguenza

$$S = F_t/U$$

dove F_t esprime il flusso totale dato da $F_w + F_b$. Questa equazione descrive il fatto che maggiore è l'assimilazione tanto più corta sarà la ciclizzazione a spirale del nutriente, confermando l'intuizione originaria della spiralizzazione.

Questa semplice modellizzazione ha lo scopo di illustrare in modo facilmente comprensibile il processo di utilizzazione e trasporto di un atomo di nutriente in un fiume e di caratterizzare inoltre un corso d'acqua

in funzione dei dispositivi di ritenzione e della capacità di ciclizzazione dei nutrienti (si riveda la Fig. 2.33).

2.4.5 L'andamento pulsante delle esondazioni (Flood Pulse Concept)

Fino alla fine degli anni '70 le fasce esondabili lungo i fiumi venivano considerate separatamente da diverse discipline; successivamente vari studi hanno invece evidenziato come vi sia una importante correlazione ecologica tra le zone perifluviali e il corso d'acqua, soprattutto per effetto delle piene.

Nel 1986 viene formulato il concetto dell'*andamento pulsante delle esondazioni (Flood Pulse Concept)* che focalizza l'attenzione sullo scambio laterale di acqua, nutrienti e organismi tra il fiume e la sua zona esondabile. L'alternarsi di situazioni di magra, morbida e piena è l'elemento maggiormente responsabile dei processi che avvengono tra corso d'acqua e zona perifluviale. Le zone esondabili sono considerate quindi parte integrante dell'ecosistema fluviale e ne condizionano la funzionalità. La presenza dei nutrienti nelle zone esondabili dipende dal carico e dalla qualità dei solidi sospesi e disciolti nel corso d'acqua.

Le piene sono considerate come elementi di disturbo che non consentono l'insediamento di comunità stabili e l'evolversi dell'ecosistema verso lo stato di climax. Per questo motivo è favorito il mantenimento di un sistema "immaturo", che ha un'alta produttività e capacità di ciclizzazione dei nutrienti, che aumenta la funzionalità del corso d'acqua. Nel sistema fiume-aree esondabili la maggior parte della produzione primaria e secondaria avviene nella zone perifluviali, mentre il fiume veicola soprattutto acqua e materiale disciolto e sospeso. Riequilibrare i regimi idrologici al fine di ottenere un naturale *andamento pulsante delle esondazioni* è riconosciuto come il primo passo per ripristinare gli ambienti umidi, che in condizioni naturali caratterizzano le aree adiacenti gli alvei fluviali, contribuendo nel contempo alla ricarica delle falde. Inoltre *l'andamento pulsante delle piene* favorisce la creazione di habitat di transizione che, popolati da organismi in grado di tollerare variazioni significative delle condizioni di umidità, costituiscono una fauna e una flora ecotonale di grande valore (Fig. 2.35).

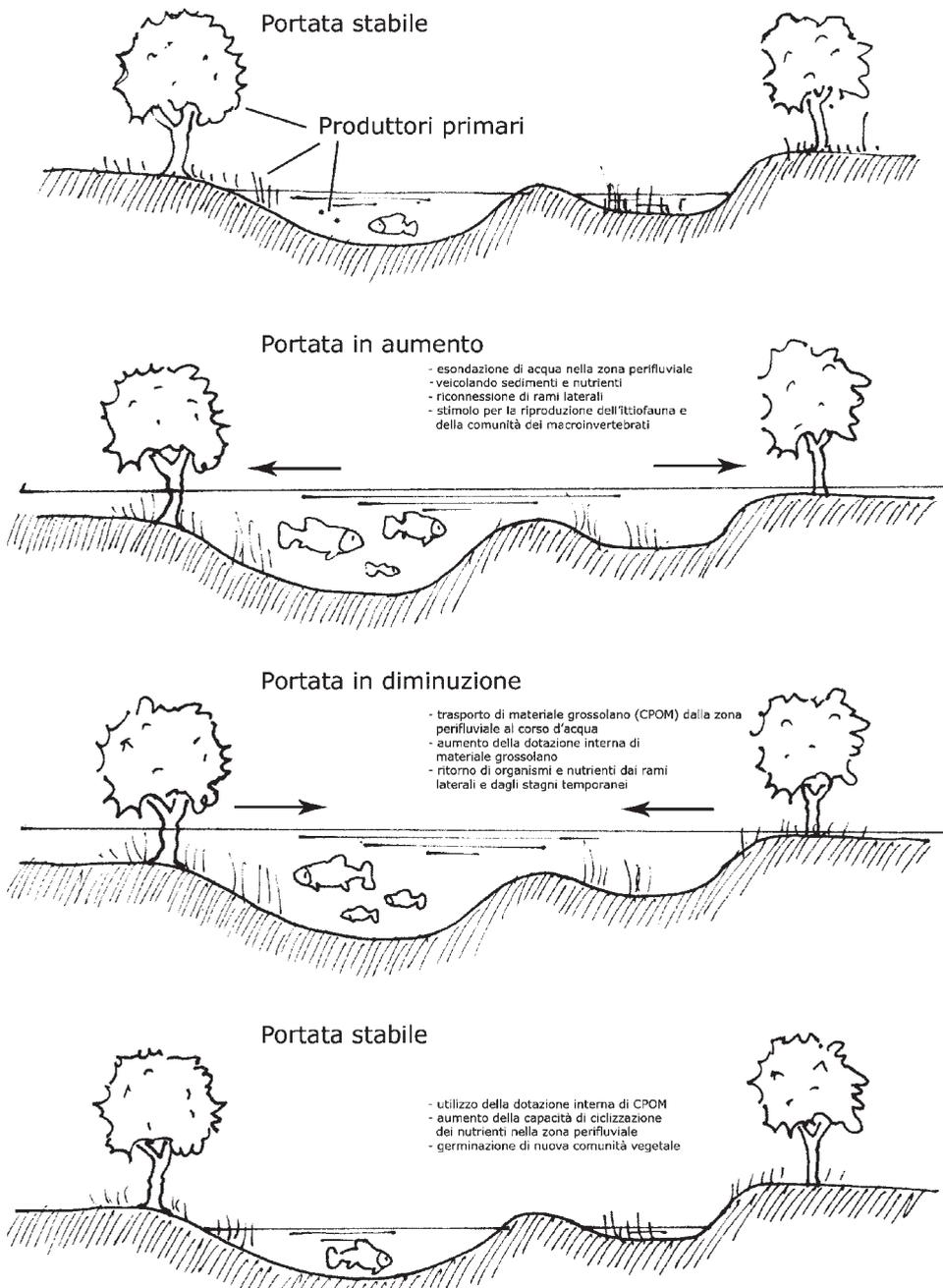


Fig. 2.35 Schema concettuale dell'andamento pulsante delle piene (*Flood Pulse Concept*) che descrive gli scambi dinamici di materiale, energia ed organismi tra il fiume e la sua zona perfluviale.

2.4.6 L'equilibrio energetico in un sistema aperto

In sistemi biologici considerati chiusi il rapporto P/R tra la produzione fotosintetica e la respirazione, entrambe misurate in $\text{g di O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, è un indice descrittivo della funzionalità del sistema: la circolazione delle risorse avviene in uno spazio definito nel quale gli equilibri che si instaurano sono legati da reciproci rapporti tra comparti biotici e abiotici.

Nel caso di un sistema aperto l'utilizzo del rapporto P/R come indice diagnostico funzionale risulta piuttosto impreciso e tale imprecisione aumenta con l'aumento dell'apertura del sistema.

La teoria del *River Continuum* mostra la transizione del sistema fluviale, secondo il gradiente longitudinale, da condizioni eterotrofiche ad autotrofiche e quindi nuovamente eterotrofiche. Dal punto di vista ecologico sembrerebbe che il sistema non possa mai raggiungere lo stadio di climax (con rapporto P/R uguale a uno) e che oscilli tra stadi immaturi, con rapporto P/R maggiore o minore di uno.

Esistono tuttavia sistemi in equilibrio con P/R diverso da uno, nei quali l'equilibrio si mantiene con variazioni di energia in ingresso (*import*) o in uscita (*export*) dal sistema.

In un diagramma bidimensionale la relazione di equilibrio tra P e R può essere descritta da una semiretta che ha origine dall'intersezione degli assi e divide il piano in uno spazio eterotrofico ed in uno autotrofico (Fig. 2.36), mentre la semiretta rappresenta la situazione di equilibrio e perciò di maturità del metabolismo del sistema.

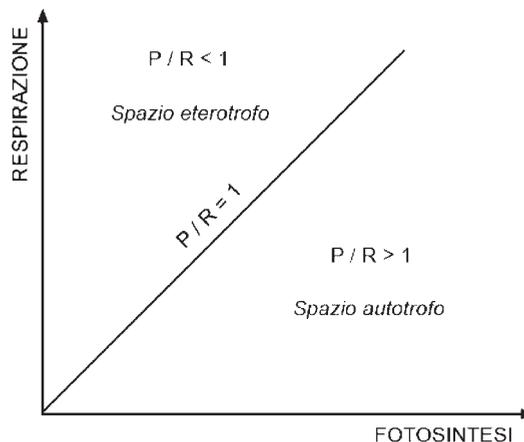


Fig. 2.36 Relazione, in diagramma bidimensionale, fra produzione primaria (P) e respirazione (R) in un ecosistema, con individuazione degli spazi eterotrofi, autotrofi e i punti di equilibrio al climax (da Ghetti, 1997).

Per meglio definire gli scambi energetici che avvengono in un tratto di fiume discreto, alle variabili P e R occorre aggiungere le variabili I (Import), E (Export) e D (Detrito). L'import e l'export sono rappresentati dal materiale organico grossolano (CPOM), fine (FPOM) e disciolto (DOM) veicolato in ingresso e in uscita, mentre il detrito rappresenta la quota parte di energia di riserva presente nel sistema come particellato fine immagazzinato e disponibile.

La rappresentazione sintetica del modello è riconducibile alla semplice equazione:

$$I + P = R + E + D$$

È evidente che la variazione di un parametro comporta automaticamente la ricerca di un nuovo equilibrio, con variazione in uno o più parametri del sistema. Un aumento dell'import, considerando la produzione costante, può determinare un aumento della respirazione (cioè un incremento della frazione di individui aerobi e perciò della biomassa bentonica) o un aumento dell'export al tratto di fiume successivo, oppure l'aumento della frazione di riserva.

La Fig. 2.37 illustra in maniera efficace le relazioni esistenti tra i diversi parametri e definisce un nuovo assetto dell'equilibrio.

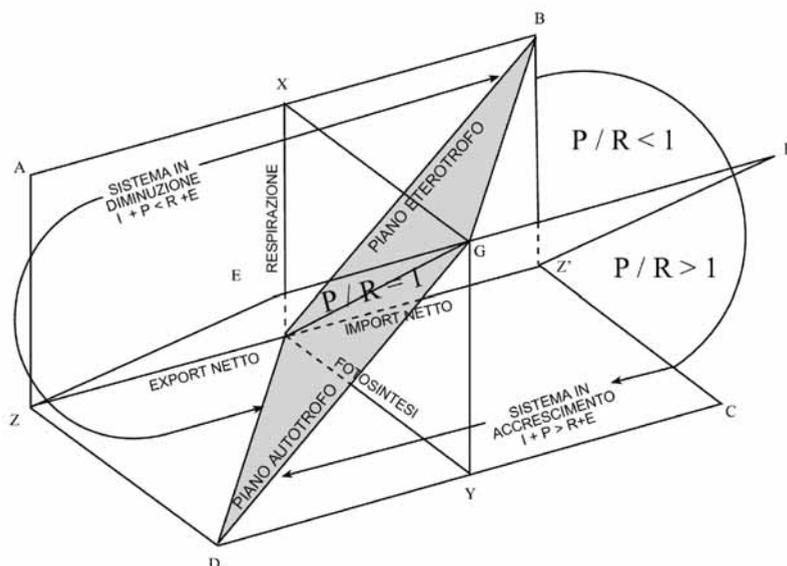


Fig. 2.37 Schematizzazione in diagramma tridimensionale del flusso di energia di un ecosistema aperto: P = import netto; E = export; N.I. = import (I-E); N.E. = export netto (E-I) (da Ghetti, 1997).

Se in una rappresentazione bidimensionale l'equilibrio tra produzione e respirazione è costituito dalla semiretta bisettrice (O-G), nella rappresentazione tridimensionale tali condizioni di equilibrio giacciono in un piano obliquo (OBGD). Lo spazio nel grafico tridimensionale viene così diviso in due parti dal piano della relazione $P/R=1$:

- la prima parte (a destra del piano, nella Fig. 2.37) esprime lo spazio del sistema in accrescimento (accumulatore), descritto dalla relazione $I+P>R+E$;
- la seconda parte (a sinistra del piano), invece, illustra lo spazio dove prevalgono gli elementi in uscita, configurando un sistema in decremento (esportativo) descritto dalla relazione $I+P<R+E$.

La capacità di un sistema di accrescere o decrescere dipende perciò dagli equilibri che si instaurano all'interno del corpo d'acqua con variazioni della riserva (D), determinando una situazione di equilibrio mobile del sistema stesso, condizionato soprattutto dalle influenze del bacino imbrifero.

Inuovi livelli di equilibrio inducono modifiche anche nella composizione delle biocenosi, che si adegua alla disponibilità di energia metabolica del sistema, con variazioni qualitative e quantitative nelle comunità biotiche. È evidente, ad esempio, che un'immissione di materiale organico estraneo al sistema (quale un refluvo fognario) determina uno spostamento dell'equilibrio verso un aumento del detrito e della respirazione, con conseguente ridefinizione dello spettro bentonico. Tale situazione è condizionata dalla resilienza del sistema e quindi dalla capacità di assorbire le variazioni attestandosi su nuovi stadi di equilibrio metastabile, attraverso dinamiche metaboliche o cambiamenti della composizione strutturale del comparto biologico.

2.4.7 Il continuum fluviale (*River Continuum Concept*)

Un corso d'acqua può essere considerato una successione di ecosistemi che sfumano gradualmente l'uno nell'altro e sono interconnessi con gli ecosistemi terrestri circostanti: dalla sorgente alla foce variano i parametri morfologici, idrodinamici, fisici e chimici e, in relazione ad essi, i popolamenti biologici.

Il *River Continuum Concept* propone una visione unificante dell'ecologia fluviale, che richiama l'attenzione sulla stretta dipendenza della struttura e delle funzioni delle comunità biologiche (con particolare riferimento alla comunità bentonica) dalle condizioni geomorfologiche ed idrauliche medie del sistema fisico.

Nei corsi d'acqua montani (1°-3° ordine) le comunità biologiche acquatiche sono sostenute dalle grandi quantità di detrito organico (foglie, rami) fornite dalla vegetazione riparia, mentre l'ombreggiamento di quest'ultima riduce lo sviluppo dei produttori fotosintetici (es. alghe). Il metabolismo fluviale è quindi eterotrofico (sostenuto dagli apporti organici terrestri) e la struttura della comunità degli invertebrati è dominata dai trituratori e dai collettori, mentre i pascolatori sono poco rappresentati, riflettendo la limitata disponibilità delle risorse alimentari loro necessarie (alghe, muschi, idrofite vascolari) (Fig. 2.38).

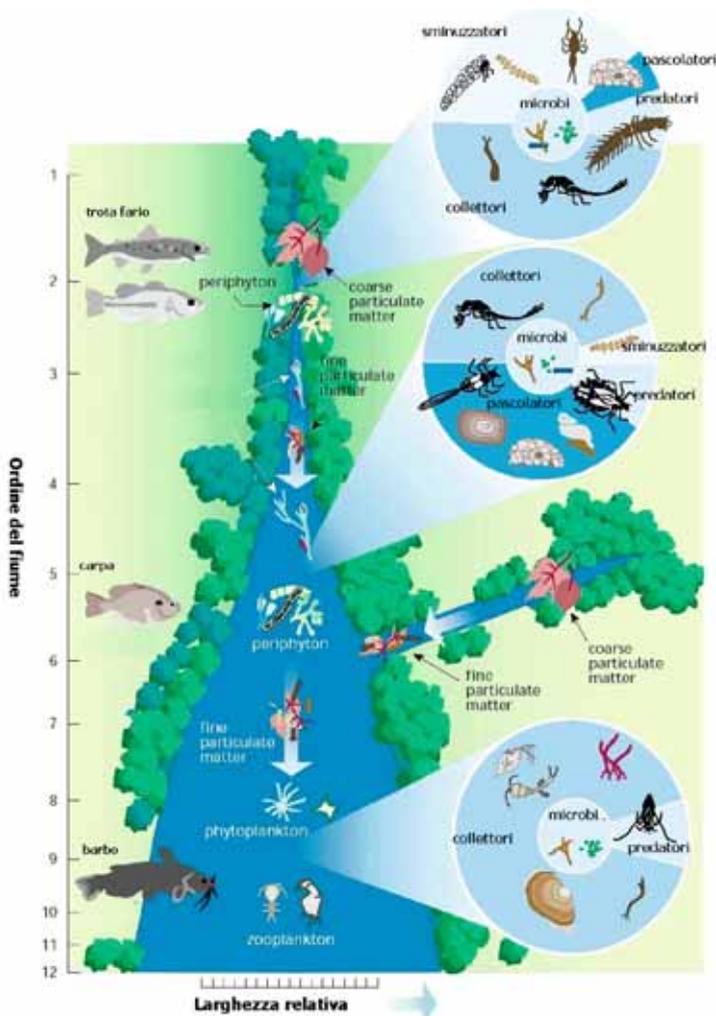


Fig. 2.38 Relazioni proposte dal *River Continuum Concept* tra le dimensioni del corso d'acqua ed i graduali aggiustamenti nella struttura e nella funzione delle comunità lotiche. CPOM=Coarse Particulate Organic Matter (materia organica particolata grossolana); FPOM=Fine Particulate Organic Matter (materia organica particolata sottile); (da Vannote et al., 1980, modif.).

Procedendo verso valle, nei fiumi di media grandezza (4°-6° ordine) la riduzione della superficie ombreggiata e il conseguente aumento della fotosintesi inducono il passaggio ad un metabolismo fluviale autotrofico (sostenuto dalla produzione organica acquatica), rendendo le comunità acquatiche energeticamente autosufficienti rispetto agli apporti terrestri che, tuttavia, continuano ad essere una importante risorsa; aumentano i pascolatori a scapito dei trituratori, mentre i collettori continuano ad abbondare, sfruttando il particolato organico fine prodotto dai trituratori nei rami montani.

Nei grandi fiumi (di ordine superiore al 6°) l'ombreggiamento diviene trascurabile, ma la fotosintesi è generalmente limitata dalla torbidità delle acque: le condizioni ritornano eterotrofiche e la comunità – sostenuta da grandi quantità di materia organica particolata fine, proveniente in gran parte dai tratti superiori – diviene nettamente dominata dai collettori.

Il mantenimento più o meno costante del flusso di energia su base annua, nonostante le variazioni stagionali degli apporti dei principali substrati organici (caduta delle foglie, fotosintesi), avviene attraverso una serie di meccanismi regolativi: sequenza temporale sincronizzata nell'arco dell'anno di sostituzioni di specie e di specializzazioni alimentari, variazioni temporali dei gruppi funzionali e dei processi di immagazzinamento (ritenzione fisica del detrito organico e produzione di nuova biomassa) e di perdita di energia (trasporto verso valle e respirazione).

A differenza dei sistemi dotati di una struttura fisica poco variabile nel tempo (es. alcune foreste), nei quali la stabilità dell'ecosistema determina spesso l'instaurarsi di una bassa diversità biologica, gli ecosistemi fluviali – caratterizzati da marcate variazioni fisiche, soprattutto di portata – sono contraddistinti da un'elevata diversità biologica, in quanto vengono a crearsi molte possibilità per le specie più adattabili e non specializzate di sfruttamento delle varie situazioni, modificabili in qualsiasi momento.

La concezione del *continuum* fluviale mette in evidenza come le comunità acquatiche e il metabolismo fluviale siano determinati non solo dalle condizioni locali, ma anche dai processi che si verificano nei tratti a monte.

Naturalmente in concreto, nei singoli corsi d'acqua, numerosi fattori provocano spostamenti locali o generali dallo schema ideale tracciato dal *River Continuum Concept*. La transizione delle caratteristiche fisiche dalla sorgente alla foce non è infatti uniforme, ma mostra accelerazioni o rallentamenti in relazione a numerosi fattori, tra i quali: presenza di più livelli di base (es. in corrispondenza di laghi o cascate); presenza di rami morti e zone umide permanentemente o saltuariamente in collegamento idraulico col fiume (Fig.

2.39); immissione di affluenti con bacino vegetato o denudato; cambiamenti della tipologia dell'alveo (Fig. 2.40); anomalie geologiche (es. in regioni carsiche) o climatiche (es. in regioni aride). Il *River Continuum Concept* è dunque un utile schema interpretativo, che non può però prescindere dal tenere nel dovuto conto le particolarità locali.

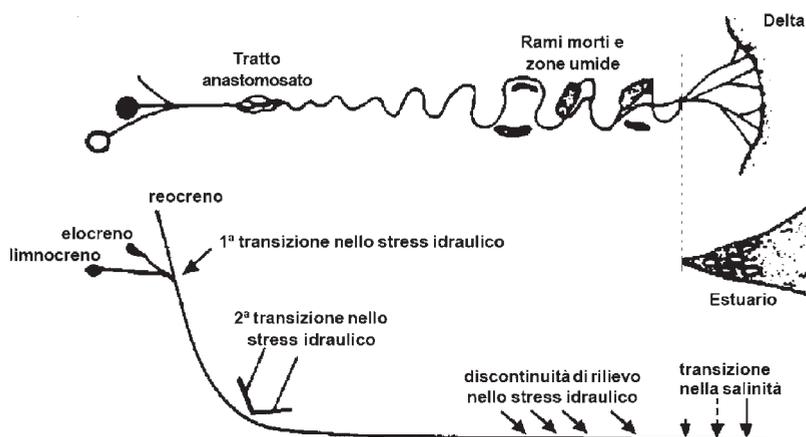


Fig. 2.39 Alcuni cambiamenti tipici nelle caratteristiche dell'habitat dalla sorgente alla foce in un ipotetico corso d'acqua naturale. Non tutte le componenti illustrate sono necessariamente presenti (da Statzner et Highler, 1980).

Caratteristiche geomorfologiche			
	Canyon	Anastomosato	Meandriforme
PARAMETRO			
Rapporto superficie/portata	Basso	Alto	Medio
Apporto organico ripario	Basso	Alti	Medi
Ritenzione del detrito	Basso	Alta	Medio-alta
Superficie bagnata	Basso	Ampia	Media

Fig. 2.40 Variazione di alcuni parametri ecosistemici di rilievo in risposta a cambiamenti delle caratteristiche geomorfologiche risultanti da differenti dinamiche idrauliche, in diversi tratti di un corso d'acqua (da Minshall et al., 1983).

2.5 *Il fiume come corridoio fluviale*

2.5.1 **L'ecotono ripario: la dimensione trasversale**

I corsi d'acqua vanno interpretati non solo nella loro dimensione longitudinale (da monte a valle), ma anche in quella trasversale che, come già evidenziato, ha una notevole influenza sulla funzionalità del corso d'acqua. Anche in questa dimensione è possibile leggere una successione di microhabitat trasversali alla direzione della corrente, che assumono importante valore ambientale. Ad esempio le comunità macrobenthoniche differiscono lungo la sezione trasversale a seconda della tipologia del substrato litologico (sabbia, ciottoli o massi) o della corrente. In questa successione di microhabitat va inclusa anche la vegetazione arbustiva ed arborea che cresce lungo il corso d'acqua. Tale fascia viene chiamata riparia. Ripario deriva dal latino *ripa*, che significa riva, sponda. Il primo studioso ad usare questo termine fu Linneo che nel 1758 chiamò la rondine delle rive *Riparia riparia*, perché nidificava nel tratto vegetato adiacente ai fiumi. Per fascia riparia si intende quindi un'area occupata da vegetazione tipica (arborea, arbustiva, erbacea), di larghezza variabile, adiacente ad un corso d'acqua o ad un lago.

Da un punto di vista ecologico la fascia riparia è un *ecotono* e quindi una zona di transizione tra due sistemi ecologici adiacenti, avente un insieme di caratteristiche uniche, definite a seconda dello spazio, del tempo e dell'intensità dell'interazione tra essi. Questa definizione comprende due importanti concetti: l'ecotono non è una fascia statica dove due comunità vengono a contatto, ma una zona dinamica che cambia nel tempo e che possiede caratteristiche proprie; l'ecotono e le sue proprietà devono essere considerate una parte integrante del paesaggio. Un ecotono può avere dimensioni ampie come il confine tra due biomi continentali, o ridotte come la transizione tra due specifiche comunità biologiche, che nello specifico potrebbero essere un torrente e l'adiacente area boschiva (Fig. 2.41).

Le zone di transizione sono caratterizzate da un'elevata biodiversità e le caratteristiche ecotonali influenzano in maniera determinante la composizione e la dinamica delle comunità. L'ecosistema terrestre e quello acquatico confinanti sono messi in comunicazione per mezzo dell'acqua che veicola materia e soluti sia in superficie sia attraverso il substrato.



Fig. 2.41 Le fasce ecotonali, comprese tra l'alveo principale permanentemente bagnato e i versanti boscati, sono costituite da ambienti molto diversi: alvei riattivabili in condizioni di piena, zone umide perifluviali, rilievi e bassure con vegetazione diversificata, soprattutto in relazione alla diversa frequenza e intensità delle inondazioni (da Bayley, 1995, modif.)

2.5.2 La successione vegetazionale

In una prospettiva trasversale la vegetazione riparia si sviluppa secondo modalità precise che sono influenzate principalmente dal regime delle portate.

Si noti che, quando si parla di vegetazione, l'attributo "ripario" non si riferisce alla posizione topografica delle formazioni, ma alla loro composizione, data da specie *riparie*, ovvero adattate a insediarsi nel corridoio fluviale; il termine di fascia perifluviale ha, invece, un significato topografico e prescinde dalla composizione in specie (Fig. 2.42).

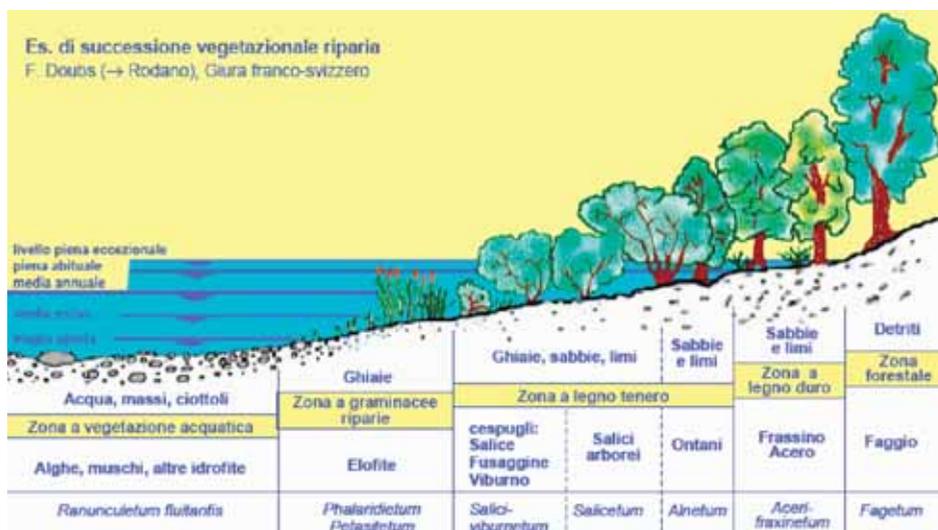


Fig. 2.42 Successione spaziale delle associazioni vegetali lungo la dimensione trasversale di un corso d'acqua (da Maridet, 1995).

Procedendo dall'ambiente acquatico a quello terrestre, la prima fascia vegetata che si incontra è quella di greto, all'interno dell'alveo di morbida, solitamente colonizzato da specie erbacee pioniere, spesso annue, che costituiscono popolamenti e cenosi a *erbacee pioniere di greto*. In tale ambito possono insediarsi solo popolamenti paucispecifici di specie adattate a tollerare il frequente rimaneggiamento operato dalla corrente, che non consente la strutturazione di una vera e propria cenosi.

È solo nella fascia perifluviale, a partire dal limite esterno dell'alveo di morbida, che l'azione del corso d'acqua diviene più moderata permettendo così la costituzione di formazioni vegetali strutturate.

Dal limite esterno dell'alveo di morbida (dunque nell'alveo di piena) si possono insediare formazioni legnose arbustive riparie, prevalentemente a dominanza di salici e ontani.

In questa fascia perifluviale, laddove la morfologia del suolo (bassure), la frequenza delle inondazioni e il livello della falda determinano un costante ristagno idrico (soprattutto in corrispondenza di substrati a granulometria fine), così come in porzioni lentiche del corso d'acqua, si insediano formazioni a dominanza di elofite ed anfifite.

A partire dal tratto pedemontano, la morfologia naturale dei corsi d'acqua è caratterizzata dalla presenza di una piana alluvionale ben sviluppata, con porzioni lentiche (lanche, bracci morti, rami secondari, ecc.), in cui si sviluppano popolamenti e cenosi acquatiche a idrofite, spesso contigui a formazioni ad anfifite e/o elofite.

La stessa presenza di formazioni ad idrofite, elofite e/o anfifite consente di individuare facilmente le zone umide fluviali, ossia, gli ambiti (perennemente o saltuariamente) inondati o a suolo idromorfo per la presenza della falda affiorante.

Esternamente alla fascia ad arbusteti e/o alle formazioni ad elofite, laddove l'influenza del corso d'acqua è, in prima approssimazione, limitata alla presenza della falda, si insediano le formazioni arboree riparie: le specie arboree (salici, ontani, pioppi, frassini, olmi) che le costituiscono sono comunque in grado di tollerare, seppur in modo diverso, anossia radicale e periodi di sommersione.

Esse rappresentano le formazioni più mature delle serie dinamiche di vegetazione in ambito fluviale.

Le tipologie di formazione descritte, nel caso di fiumi di dimensioni medio grandi, si compenetrano le une con le altre, anche sovrapponendosi spazialmente (come nei boschi ripari inondati, con formazioni erbacee igrofile nel sottobosco), in modelli di successione complessi (più semplificati nel caso di piccoli corsi d'acqua).

Spesso, negli ambiti perifluviali, a causa dell'uso antropico di porzioni di territorio anche molto prossime al fiume, si ha estrema banalizzazione della vegetazione riparia con forte riduzione in termini di complessità strutturale delle successioni riparie. Frequentemente si viene a determinare la totale assenza delle formazioni riparie o una forte semplificazione della loro strutturazione in cenosi a sviluppo parallelo lungo il corso d'acqua.

Nelle immediate vicinanze del corso d'acqua possono quindi trovarsi formazioni non riparie, quali formazioni secondarie a dominanza di specie esotiche o comunque sinantropiche o, persino, coltivazioni ed insediamenti. Così, spesso, le formazioni arboree riparie sono sostituite da robinieti, da arbusteti che presentano pesanti ingressioni di specie esotiche, da formazioni erbacee a dominanza di nitrofile, sinantropiche ed esotiche.

Frequentemente sono del tutto assenti le formazioni arboree riparie, poiché si localizzano in ambiti fluviali fisiologicamente poco rimaneggiati dal corso d'acqua e, quindi, più interessanti dal punto di vista dell'uso antropico.

Altrettanto spesso mancano, anche nei tratti planiziali, le porzioni lentiche quali lanche, bracci secondari, ecc., scomparse a seguito delle bonifiche o degli imponenti interventi di rettifica degli alvei e banalizzazione della morfologia del terreno, con grave compromissione del complesso delle caratteristiche ecosistemiche dei fiumi.

Le formazioni riparie che più spesso si rinvergono lungo i corsi d'acqua italiani sono gli arbusteti: in larga misura ciò è dovuto non solo al forte carattere pioniero di queste formazioni, ma anche alla loro localizzazione in ambiti di scarso interesse dal punto di vista dello sfruttamento antropico (alveo di piena) perché rimaneggiati con relativa frequenza dal corso d'acqua.

Data la forte antropizzazione del territorio, specie in pianura, le formazioni riparie sono spesso ridotte a bordure igrofile larghe pochi metri.

Lungo i corsi d'acqua, sino ai 1000 m di quota, è diffusa la presenza di specie esotiche che, avendo comportamento pioniero, tendono a colonizzare gli ambiti perifluviali, sino a costituire popolamenti spesso monospecifici che rendono problematica l'evoluzione della vegetazione verso formazioni riparie.

In ambiente montano, la forte semplificazione del complesso delle formazioni riparie non è imputabile ad alterazione antropica del corridoio fluviale ma è, piuttosto, determinata dalle caratteristiche morfologiche.

A causa dell'acclività dei versanti l'influenza che il corso d'acqua esercita sul territorio circostante è fisiologicamente limitata e spesso l'unica formazione riparia presente è costituita da una stretta fascia di salici arbustivi.

Si tratta, quindi, di una semplificazione strutturale del tutto naturale, ma che determina comunque una limitata funzionalità. Non a caso, nei tratti montani, i corsi d'acqua presentano maggior fragilità e minor resilienza rispetto ai tratti pedemontani o di pianura.

La massima funzionalità si riscontra in ambiti fluviali caratterizzati dalla presenza di più tipologie vegetazionali insediate secondo modelli strutturali complessi, in funzione di gradienti ecologici legati al corso d'acqua.

È importante non confondere le formazioni della fascia perifluviale con semplici lembi di vegetazione arborea o arbustiva o erbacea, in aggruppamenti scarsamente o non strutturati.

Si definisce come *formazione* una comunità di organismi vegetali appartenenti a diverse specie associati secondo modalità proprie, che costituisce un'entità omogenea dal punto di vista fisionomico e, secondariamente, strutturale. Ciascuna formazione ha caratteristiche tali da consentirne l'individuazione, quale entità riconoscibile per omogeneità intrinseca, rispetto alle formazioni contigue da cui si differenzia. Vi sono poi delle "soglie" di complessità fisionomica e strutturale correlabili a "soglie" di estensione e copertura, al di sotto delle quali non è possibile parlare di formazione. Ciò determina quindi la necessità di individuare estensioni minime e caratteristiche strutturali tipiche diverse per gruppi di formazioni.

Ne consegue, ad esempio, che un filare arboreo o una striscia arborata di ampiezza inferiore a 10 m (corrispondente al massimo ad un doppio filare di alberi) non sono formazioni e non devono pertanto essere valutati come tali.

La presenza di arginature, che determina l'individuazione di una fascia perifluviale secondaria, interrompendo la permeabilità ai flussi tra alveo e territorio circostante, provoca una forte riduzione della funzionalità ecologica delle formazioni vegetali presenti che, peraltro, in tali situazioni si presentano di norma con struttura e composizione alterata, tali che molto difficilmente possono garantire funzionalità ottimale.

2.5.3 Le funzioni della zona riparia

Le formazioni vegetali riparie hanno un ruolo fondamentale nella costituzione e caratterizzazione degli ecosistemi fluviali e contribuiscono in maniera sostanziale a determinarne la funzionalità ecologica. Numerose sono le funzioni svolte dalla fascia riparia; le principali si possono così riassumere:

Riduzione dell'erosione

Formazioni riparie sviluppate svolgono una rilevante funzione di protezione delle rive dall'erosione (secondo alcuni autori sino a 30 volte); le specie arboree ed arbustive adattate a questo particolare ambiente (es. ontani, salici) sono dotate di apparati radicali estesi e profondi che, conferendo una buona resistenza all'impeto della corrente, svolgono un efficace consolidamento delle sponde.

Trappole per sedimenti

La vegetazione riparia modifica il trasporto e il destino dei sedimenti sia attraverso l'intrappolamento fisico dei materiali, sia alterando il regime idraulico dell'alveo. Infatti la presenza di formazioni arbustive ed arboree riduce la velocità della corrente e trattiene il sedimento in posto. Durante le piene, la presenza delle formazioni riparie legnose favorisce in maniera sostanziale il deposito di materia organica e di sedimento. Le sole piante erbacee non garantiscono lo svolgimento di tale funzione, soprattutto in corrispondenza di numerosi eventi di piena susseguentisi in un periodo breve.

Apporto di materia organica

Le formazioni riparie sono cospicue fonti di materia organica che diviene disponibile all'interno dell'ecosistema fluviale; nelle zone temperate i valori variano da 50 a 900 g di peso secco di lettiera al m². Oltre a ciò, le strutture riparie sembrano essere fondamentali nel trasporto di lettiera dalle formazioni vegetali delle aree circostanti anche se, comunque, tale contributo non supera generalmente il 10% dell'apporto complessivo di materia organica. Questa funzione di apporto energetico è molto importante: la mancanza di vegetazione riparia comporta infatti una diminuzione degli organismi animali sminuzzatori/tagliuzzatori, determinando uno squilibrio della comunità biologica nel suo complesso.

Regolazione dell'umidità del suolo

Fasce di vegetazione riparia ben sviluppate svolgono una funzione di regolazione dell'umidità del suolo; esse, infatti, impediscono il rapido deflusso delle acque dopo le piene, favorendo quindi, oltre alla deposizione di materiali fini, anche il mantenimento, per lungo tempo, di umidità in ampie porzioni del suolo delle aree riparie.

Microclima

Le formazioni riparie contribuiscono sostanzialmente a determinare

il microclima in ambito fluviale: in particolare, la temperatura dell'acqua è correlata a quella del suolo nelle fasce riparie circostanti.

Regolazione termica

La vegetazione riparia svolge un ruolo di regolazione termica delle acque fluviali: intercettando il flusso idrico subsuperficiale (tramite gli apparati radicali) e compiendo la traspirazione (nella chioma), sottrae calore, raffreddando così gli apporti idrici laterali (ipodermici) al corso d'acqua. Questo meccanismo, insieme all'ombreggiamento, contribuisce a mantenere fresche le acque fluviali. La presenza di vegetazione arborea riparia protegge infatti l'acqua da un eccessivo irraggiamento solare e quindi da aumenti di temperatura che possono determinare una limitata solubilità dell'ossigeno in acqua.

Habitat

Le zone d'ombra sono habitat indispensabili alla vita di molti pesci che, essendo privi di palpebre, mal sopportano condizioni di luminosità elevate; le chiome sporgenti sull'acqua, agendo da schermo visivo, forniscono ai pesci zone rifugio dai predatori. L'ombreggiamento limita l'eccessivo sviluppo di idrofite.

Tampone per la materia organica

Le aree riparie svolgono anche un'importante funzione tampone per la materia organica (accumulo e rimozione): la copertura vegetale ha un ruolo fondamentale in tali processi e assume funzioni tampone tanto più efficaci quanto più è strutturata e sviluppata. Le formazioni arboree riparie, infatti, garantiscono accumulo di materia organica disponibile a breve termine (in biomassa non legnosa es. fogliare) e a lungo termine (in biomassa legnosa).

Intercettazione e rimozione dei nutrienti (autodepurazione)

Le aree riparie svolgono un ruolo decisamente rilevante nella intercettazione e rimozione dei nutrienti (azoto e fosforo) derivanti dalle aree circostanti: risulta evidente come l'efficacia della funzione tampone svolta dalle aree riparie, nei confronti di eventuali picchi di carico organico provenienti da attività agricole e/o da aree urbane, sia fondamentale per la protezione della funzionalità ecologica del corso d'acqua nel suo complesso. Inoltre è da considerare anche il ruolo della fascia riparia come sito di accantonamento: in bacini in cui gli apporti di nutrienti possono essere relativamente scarsi le formazioni riparie possono costituire una sorta di serbatoio.

Fonte di cibo e di rifugio

L'ambiente ripario è poi una importante fonte di cibo e di rifugio. Per i mammiferi rappresenta un *corridoio ecologico* che facilita i loro spostamenti, per gli uccelli è una zona di sosta durante le migrazioni e un'area di nidificazione, per alcuni rettili è un habitat preferenziale, per molti anfibi è una zona di riproduzione e sviluppo; le radici e i rami aggettanti, infine, offrono habitat idonei a molte specie ittiche durante il loro ciclo biologico e creano vari microambienti, favorendo l'incremento della biodiversità, con effetto equilibratore sull'intera comunità biologica.

2.5.4 Le zone umide come parte integrante dell'ambiente fiume

L'ambiente ripario comprende gli ecotoni nei quali il suolo e il suo tasso di umidità sono influenzati dalla presenza del fiume o del torrente.

In alcune circostanze questi ambienti assumono caratteristiche tali da costituire dei sistemi fisicamente ed ecologicamente ben distinti, identificabili con il termine di zone umide riparie (*wetlands* perifluviali).

Le zone umide sono ecosistemi articolati e idrologicamente complessi che tendono a svilupparsi con un gradiente idraulico che varia dagli habitat terrestri a quelli specificatamente acquatici. Esiste una vasta gamma di definizioni e di interpretazioni del termine *zona umida* e tale diversità riflette la difficoltà di inglobare in un'unica categoria un insieme di ecosistemi eterogenei e peculiari che risultano dalla combinazione di fattori idrologici, fisico-chimici e biologici.

Le zone umide sono caratterizzate da tre componenti principali (Fig. 2.43):

- presenza di acqua affiorante in superficie (acqua bassa) o terreno saturo;
- condizioni fisico-chimiche del suolo distintive rispetto ai terreni circostanti;
- presenza di comunità vegetali adattate alle condizioni di saturazione (idrofite).

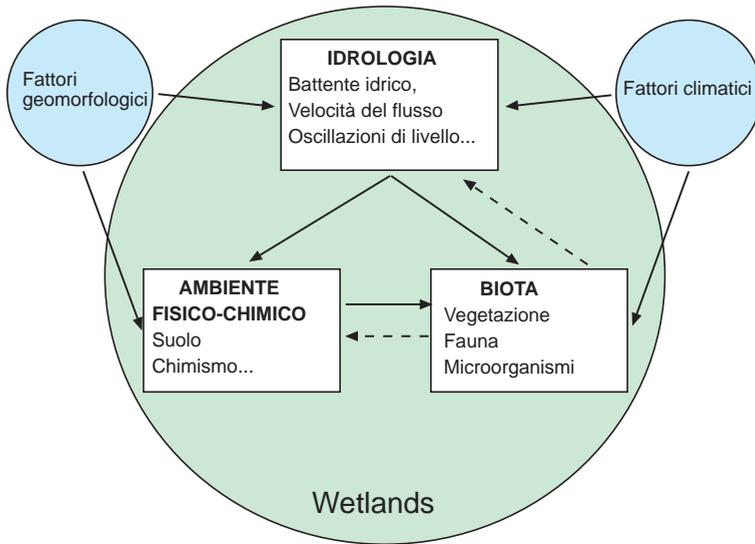


Fig. 2.43 Le tre componenti base della definizione di *wetland*: idrologia, ambiente fisico-chimico e biota. Le linee in tratto pieno indicano le relazioni di effetto diretto, quelle tratteggiate indicano le relazioni di feed-back.

In termini generali le zone umide riparie si sviluppano ovunque un corso d'acqua causi, temporaneamente o periodicamente, l'inondazione di terreni limitrofi all'alveo o quando le divagazioni dell'asta fluviale creano situazioni idrologicamente favorevoli (flusso lento ed acque basse) alla colonizzazione da parte della vegetazione acquatica.

La bassa o bassissima velocità di flusso dell'acqua e la presenza di vegetazione palustre rappresentano quindi le principali caratteristiche delle zone umide riparie che possono manifestarsi in forme anche molto diverse tra loro, in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua al quale sono idraulicamente connesse. Si possono in tal senso riconoscere zone umide in alvei secondari, in meandri abbandonati o in anse profonde e tortuose di torrenti e piccoli fiumi; ma è possibile anche riconoscere zone umide nelle vaste aree inondabili di pianura, nei rami morti, nei delta o nelle paludi adiacenti a grandi fiumi. Le zone umide perifluviali, caratterizzate dalla vicinanza di fiumi, devono la loro origine all'azione di modellamento del paesaggio esercitata dal corso d'acqua stesso, che in epoche passate ha divagato liberamente nella pianura. Mediante la formazione ed il rimaneggiamento di banchi di sedimenti e di isole alluvionali, nonché attraverso l'apertura di nuovi corsi e l'abbandono di bracci morti, si è giunti alla creazione di tratti umidi, lame, golene e zone paludose.

Alcune zone umide sono inondate dalle piene solo da acque calme di rigurgito idraulico, creato da strozzature (es. ponti) o dall'ostacolo al deflusso di un affluente nell'asta principale in piena. Altre, invece, situate nella parte di piana alluvionale più vicina al corso d'acqua, possono avere acque calme per lunghi periodi di portate normali ma, in occasione di piene, essere direttamente esposte alla violenza della corrente (con i relativi apporti di tronchi e detriti minerali).

Le zone umide riparie sono sistemi aperti in grado di attivare grossi flussi di materia ed energia creando una connessione funzionale tra il fiume e gli ecosistemi acquatici e terrestri adiacenti, sia in senso longitudinale (monte-valle) che trasversale.

Le zone umide perifluviali, in quanto bassure della piana alluvionale, richiamano ed intercettano le acque meteoriche di dilavamento del territorio col loro carico di nutrienti e di inquinanti, che vengono intrappolati e, successivamente, processati. Un altro meccanismo che contribuisce ad incrementare i processi autodepurativi è quello che si svolge nella zona iporreica, dove le acque dalla zona umida fluiscono lentamente verso il fiume e subiscono, scorrendo tra gli interstizi dei sedimenti, un processo depurante. Le zone umide riparie svolgono perciò un ruolo "tampone" che abbatta e "ammortizza" i picchi di nutrienti ed inquinanti.

In occasione delle piene, la corrente "spazza" e "ripulisce" il substrato dell'alveo, impoverendo il fiume di sostanza organica. Nella fase di ritiro dell'inondazione dalla piana alluvionale, tuttavia, le acque prendono in carico notevoli quantità di sostanza organica dalle zone umide (in massima parte costituita da frammenti vegetali in vari stadi di decomposizione), fornendo al fiume un importante apporto che compensa l'impoverimento subito nella fase di crescita della piena stessa e favorisce la ripresa delle reti trofiche e il loro sostentamento.

Oltre a costituire importanti fasce tampone per i nutrienti e a garantire l'apporto di materia organica dopo le piene, le zone umide perifluviali esplicano altre importanti funzioni ecologiche. Esse infatti sono stabilizzatrici del paesaggio e del clima, rappresentano aree di riparo, riproduzione e svezamento per l'ittiofauna, rifugi per la fauna selvatica, rotte di transito per gli uccelli migratori ed altri animali, habitat essenziali per anfibi, rettili ed alcuni mammiferi. Le zone umide riparie contribuiscono dunque alla diversità biologica e costituiscono un ricco pool genetico per la microevoluzione, nonché corridoi di collegamento tra diversi ecosistemi.

Dal punto di vista idraulico, le zone umide possono contribuire alla regolazione delle portate di piena e possono altresì rappresentare un meccanismo di sostegno alle portate di magra. Durante l'inondazione della

piana, infatti, immagazzinano notevoli quantità di acqua che, passata la piena, si infiltra lentamente ricaricando la falda che, in seguito, alimenta il fiume nei periodi di magra. In questi ambienti la falda freatica, le cui fluttuazioni sono collegate al regime fluviale, compensando il deficit idrico dovuto alle minori precipitazioni estive, condiziona edaficamente la vegetazione e risulta essere il fattore ambientale di maggiore intensità.

Il destino delle zone umide è stato segnato dalle opere di regimazione idraulica che, rettificando l'alveo dei fiumi e bonificando le pianure alluvionali, ne hanno ridotto la presenza sul territorio nazionale. Sebbene in questi ultimi anni le zone umide siano state oggetto di un processo di valorizzazione da parte della comunità scientifica nazionale e internazionale, questo fenomeno non accenna a diminuire.

Le zone umide devono essere riconosciute come parte integrante del territorio e del reticolo idrografico ed una loro gestione è fondamentale per contribuire al raggiungimento del buono stato ecologico ed ambientale dei corpi idrici ad esse connessi. Le numerose funzioni che le zone umide sono in grado di esplicare sono strategiche per pianificare e realizzare interventi di tutela e ripristino ambientale come ad esempio la realizzazione di fasce tampone, ecosistemi filtro contro l'inquinamento, zone di esondazione in grado di mitigare l'impatto delle piene e soprattutto zone di tutela della biodiversità animale e vegetale.

2.6 *Approfondimenti sulle componenti biotiche dell'ecosistema fluviale*

2.6.1 *La componente planctonica*

La componente planctonica assume importanza nei tratti potamali e comprende organismi produttori (fitoplancton) e organismi consumatori (zooplancton).

I principali gruppi dello zooplancton fluviale sono i rotiferi, i protozoi e, in misura minore, piccoli crostacei come cladoceri e copepodi; in generale in termini quantitativi lo zooplancton presente nei fiumi è inferiore a quanto si può trovare in ambienti lacustri con concentrazioni di clorofilla simili.

Il fitoplancton dei corsi d'acqua è tipicamente dominato da Diatomee e Alghe verdi, sebbene il contributo dei Cianobatteri possa essere importante in alcune situazioni, quali ad esempio corsi d'acqua più piccoli. Oltre che dalla portata, la biomassa del fitoplancton è influenzata da una serie di fenomeni che avvengono a monte, quali inoculi e aumenti locali delle

popolazioni, associati alla presenza lungo il corso d'acqua di zone morte o piante sommerse.

2.6.2 La componente animale

2.6.2.1 I macroinvertebrati bentonici

I macroinvertebrati bentonici di acque correnti sono organismi con taglia raramente inferiore al millimetro che vivono sui substrati disponibili nei corsi d'acqua, usando meccanismi di adattamento che li rendono capaci di resistere alla corrente. Essi appartengono principalmente ai seguenti gruppi: insetti, crostacei, molluschi, irudinei, tricladi, oligocheti.

I macroinvertebrati bentonici occupano tutti i livelli dei consumatori nella struttura trofica degli ambienti di acque correnti, ove sono contemporaneamente presenti organismi erbivori, carnivori e detritivori, che adottano una vasta gamma di meccanismi di nutrizione, in modo da sfruttare al massimo le risorse alimentari disponibili.

Nel processo di trasferimento e di elaborazione della materia organica presente in un corso d'acqua, gli invertebrati bentonici hanno il duplice ruolo di consumatori diretti (alimentazione e respirazione) e di frantumatori del particolato in sostanze più facilmente assimilabili dalla componente batterica. A loro volta i macroinvertebrati costituiscono l'alimento preferenziale per numerose specie di vertebrati.

Il complesso di attività trofiche che si svolge in un corso d'acqua ha la funzione di mantenere l'ambiente allo stato di efficienza metabolica caratteristico per quella tipologia fluviale e può essere sintetizzato col termine *potere depurante*. Una comunità macrobentonica diversificata, essendo capace di sfruttare più efficacemente l'intera gamma di apporti alimentari e di adattarsi meglio alle loro variazioni temporali, è garanzia di una buona efficienza depurativa.

La composizione "attesa" o ottimale della comunità dei macroinvertebrati corrisponde a quella che, in condizioni di buona efficienza dell'ecosistema, dovrebbe colonizzare quella determinata tipologia fluviale. Infatti in un corso d'acqua, dalla sorgente alla foce, variano diversi fattori, quali velocità di corrente, caratteristiche del substrato, portata, temperatura, ossigenazione, nutrienti, durezza e, contestualmente, struttura e funzioni delle biocenosi. Le differenti tipologie che si succedono in un fiume costituiscono un utile esempio per dimostrare come la diversa organizzazione delle comunità risponda ad una precisa funzione trofica.

Ai fini dell'applicazione dell'IFF, le principali biotipologie si possono ricondurre ad un numero limitato di modelli generali, per i quali vengono fornite indicazioni di larga massima relative alle strutture di comunità "attese" di macroinvertebrati bentonici.

In particolare, può essere sufficiente verificare la presenza di alcuni gruppi di organismi che, in condizioni ottimali, dovrebbero colonizzare le tipologie fluviali descritte e che, essendo sensibili ai diversi fattori di alterazione, sono particolarmente adatti ad essere utilizzati come indicatori.

Vale la pena di ricordare che, oltre all'inquinamento idrico, anche le alterazioni della componente abiotica di un ecosistema fluviale inducono una banalizzazione ed un'alterazione delle comunità macrobentoniche, poiché i diversi organismi sono adattati, sia dal punto di vista comportamentale che morfologico, a microhabitat diversi. Natura del substrato e velocità di corrente sono tra i principali fattori fisici determinanti la distribuzione dei macroinvertebrati nelle acque correnti. Ad esempio, tra gli Efemerotteri, le larve litofile sono caratteristiche dei tratti montani dei corsi d'acqua, che presentano velocità di corrente medio-alta e substrati a massi e ciottoli, sui quali le larve si spostano. Le forme scavatrici vivono invece nelle zone planiziali con velocità di corrente non elevata, dove si spostano nuotando e possono scavare gallerie nei substrati argillosi, sabbiosi o ghiaiosi. Tutti gli Efemerotteri, inoltre, hanno bisogno di tratti con acqua poco profonda affinché le larve possano sfarfallare e gli adulti possano deporre le uova sui substrati sommersi.

È pertanto evidente che non solo l'inquinamento delle acque, ma anche le alterazioni e le banalizzazioni della morfologia degli ecosistemi fluviali, sia in senso longitudinale sia trasversale, condizionano la distribuzione dei macroinvertebrati bentonici e la possibilità di compiere il loro ciclo vitale.

2.6.2.2 I pesci

Per *pesci delle acque dolci* si intende l'insieme di Ciclostomi e Pesci ossei che compiono esclusivamente o che sono in grado di compiere il loro ciclo biologico nelle acque interne con salinità inferiore allo 0.5 per mille, e i pesci che svolgono nelle acque interne una fase obbligata del loro ciclo vitale. Dal punto di vista bio-ecologico, comprendono specie stenoaline dulcicole (strettamente confinate nelle acque dolci, dove svolgono l'intero ciclo vitale), specie eurialine migratrici obbligate (che compiono obbligatoriamente una fase del ciclo biologico in mare ed una nelle acque dolci) e specie eurialine migratrici facoltative (specie capaci di svolgere l'intero ciclo biologico sia

nell'ambiente marino costiero che nelle acque dolci, e specie che in parte dell'areale si comportano da stenoalini dulcicoli e in altre da eurialini migratori anadromi). Il suddetto gruppo, integrato con i pesci che pur compiendo l'intero ciclo biologico in mare, frequentano con regolarità le zone di foce e di laguna, definiscono il quadro completo dei *pesci delle acque interne*.

La fauna ittica italiana delle acque dolci comprende 48 taxa (specie, sottospecie, semispecie), che comprendono 13 taxa endemici (come ad esempio il ghiozzo di ruscello e l'alborella) e 9 subendemici (ad esempio la lampreda padana). È da notare come ben 31 dei 48 taxa siano considerati minacciati e rientrino nelle prime 3 categorie di rischio dell'IUCN (in pericolo critico, in pericolo e vulnerabile).

In Italia, come in tutta Europa, i gruppi sistematici più rappresentati sono indubbiamente i Ciprinidi, che colonizzano preferibilmente i tratti di fondovalle (*potamon*) e comprendono fra gli altri il barbo e il cavedano e i Salmonidi, quali ad esempio la trota fario e il temolo, che hanno come ambiente di preferenza i tratti montani e pedemontani (*rhithron*).

Nell'ambito della fauna ittica possiamo distinguere differenti livelli gerarchici di organizzazione e, di conseguenza, di complessità ecologica: la *popolazione* (stock), definita come un gruppo di individui appartenenti alla stessa specie che vive in una data area ad un dato tempo e la *comunità ittica* che costituisce un'associazione di popolazioni che interagiscono e coesistono in una data area.

La diversità e la composizione specifica delle comunità ittiche vengono determinate da una serie complessa di fattori naturali biotici ed abiotici. Indubbiamente tra i fattori abiotici giocano un ruolo fondamentale la geologia del substrato e il regime termico e idrologico, mentre fra quelli biotici l'interazione fra pesci può essere considerato il fattore più importante.

La fauna ittica è localizzata nello spazio come un mosaico complesso, per cui si possono osservare differenze nella composizione delle comunità ittiche, che possono essere influenzate da processi che avvengono in scale spaziali (ecoregione, bacino, corso d'acqua, tratto, habitat, microhabitat) e temporali differenti.

A livello di bacino e di tratto fluviale, un modo schematico di rappresentazione del variare della composizione delle comunità ittiche lungo il corso d'acqua è dato dal principio della *zonazione ittica*, che combina le variazioni longitudinali degli assemblaggi con alcune caratteristiche morfodinamiche dei corsi d'acqua, come ad esempio larghezza e pendenza e definisce, per gli ecosistemi d'acqua corrente del centro Europa, quattro zone: zona della trota, zona del temolo, zona del barbo e zona dell'abramide

(Huet, 1959). Tale zonazione è stata modificata al fine di un adattamento alla realtà dei corsi d'acqua italiani, con la definizione delle seguenti 4 zone (Zerunian, 2002):

- Zona dei Salmonidi (trota fario, trota macrostigma), caratterizzata da acqua dolce, limpida e ben ossigenata; corrente molto veloce, con presenza di rapide, fondo a massi, ciottoli o ghiaia grossolana; scarsa presenza di macrofite; temperatura fino a 16-17°C, ma generalmente inferiore.
- Zona dei Ciprinidi a deposizione litofila (barbo, barbo canino, vairone), caratterizzata da acqua dolce e limpida, soggetta però a torbide di breve durata, discretamente ossigenata; corrente veloce, alternata a zone dove l'acqua rallenta e la profondità è maggiore, fondo con ghiaia fine e sabbia; moderata presenza di macrofite; temperatura raramente superiore ai 19-20°C.
- Zona dei Ciprinidi a deposizione fitofila (tinca, scardola, triotto), caratterizzata da acqua dolce, frequentemente torbida e solo moderatamente ossigenata in alcuni periodi; bassa velocità della corrente; fondo fangoso; abbondanza di macrofite.
- Zona dei Mugilidi (cefalo, muggine calamita, muggine labbrone), con acqua salmastra, in seguito al rimescolamento delle acque dolci fluviali con quelle salate marine; bassa velocità della corrente; fondo fangoso; moderata presenza di macrofite; temperatura, concentrazione di ossigeno e torbidità molto variabili, anche in funzione delle maree.

Indubbiamente a livello di microscala la presenza delle specie è influenzata dalla varietà e dalla disponibilità di microhabitat ove le specie ittiche siano in grado di compiere l'intero ciclo vitale (riproduzione, primo accrescimento) e le attività edafiche. È pertanto comprensibile come in generale interventi di regimazione, presenze di captazioni e tagli della vegetazione riparia e acquatica influiscano in maniera pesante sulla disponibilità di nicchie ecologiche idonee, determinando una drastica riduzione della diversità ambientale (perdita di habitat) con conseguente decremento della diversità ittica.

La distribuzione di specie, assolutamente schematica e comunque non esaustiva delle differenze rilevabili sia a livello locale che a livello di tipologia fluviale, è complicata da fattori di tipo biotico, quali ad esempio le interazioni tra specie (competizione, predazione), l'autoecologia delle stesse (preferenze per determinate condizioni idroqualitative e tipologia di microhabitat), le modalità comportamentali nei periodi critici del ciclo vitale (riproduzione, primo accrescimento). A ciò si aggiungono fattori di disturbo, di origine antropica, delle naturali interazioni fra specie, dati dall'introduzione di specie alloctone e da interventi di ripopolamento.

2.6.2.3 Gli anfibi

In prossimità dei corsi d'acqua si possono rinvenire diverse specie di anfibi, che sono obbligatoriamente legate all'acqua per compiere il proprio ciclo riproduttivo. La salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*) risulta diffusa e relativamente comune nei boschi collinari e montani di tutta la nostra penisola, fino a quote ben superiori ai 1000 metri sul livello del mare. Ha generalmente abitudini terricole, ma è comunque legata all'acqua nel primo periodo di vita: le femmine infatti partoriscono alcune decine di larve branchiate in ruscelli a corrente non elevata o, più raramente, in raccolte di acqua stagnante. I piccoli si nutrono di invertebrati bentonici e pervengono allo stadio adulto nell'arco di alcuni mesi.

Il tritone alpestre (*Triturus alpestris*) è acquatico dalla primavera inoltrata alla tarda estate, mentre per il resto dell'anno frequenta i sottoboschi umidi, mostrando abitudini fossorie. La riproduzione avviene generalmente in laghetti alpini, stagni e torbiere; la specie può però essere rinvenuta anche nelle pozze marginali e nelle anse tranquille delle acque correnti dei torrenti. In Italia la specie è presente sull'arco alpino, sulle Alpi Marittime, sull'Appennino Ligure, Tosco-Emiliano e Laziale (*Triturus alpestris apuanus*) e, con popolazioni relitte, in alcune località della provincia di Cosenza (*Triturus alpestris inexpectatus*). Altre specie ad esso molto simili per biologia, aspetto e comportamento sono il tritone crestato meridionale (*Triturus carnifex*), presente in tutta la penisola, e il tritone punteggiato (*Triturus vulgaris*), assente nelle regioni meridionali. Sugli Appennini si trova la specie vicariante *T. italicus*, che lungo le aste fluviali può spingersi a discrete quote.

Il più importante urodelo italiano legato ai torrenti appenninici è certamente la salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*), che vive gli stadi giovanili nei tratti montani dei ruscelli. Si tratta di un urodelo di enorme importanza evolutiva e conservazionistica, in quanto è un endemita appenninico; si tratta forse dell'unico genere di vertebrato veramente esclusivo del nostro Paese.

Gli ambienti acquatici marginali precedentemente descritti consentono la presenza anche di anuri: il più diffuso è il rospo comune (*Bufo bufo*), il più grande anfibio europeo. Due specie di minute dimensioni, che abbisognano solo di piccole raccolte d'acqua temporanee per riprodursi sono la raganella (*Hyla* spp.) e gli ululoni (*Bombina variegata* e *B. pachypus*).

Un altro anuro, presente nei torrenti montani, è la rana temporaria (*Rana temporaria*). Si riproduce preferibilmente nelle torbiere e nei laghetti montani, ma talvolta è possibile osservare i suoi girini in vene laterali dei torrenti. Altra rana rossa di montagna è la rana italica (*Rana italica*), rinvenibile in

molte zone dell'Appennino; più piccola della temporaria, frequenta di preferenza le sponde delle acque correnti, ed è un importante endemita della fauna italiana.

2.6.2.4 I rettili

Gli ambienti legati ai corsi d'acqua italiani ospitano la biscia d'acqua dal collare (*Natrix natrix*), la biscia tassellata (*Natrix tassellata*) e la biscia viperina (*Natrix maura*), presente solo in Sardegna, Piemonte, Lombardia, Emilia e Liguria. Il loro spettro alimentare comprende soprattutto gli anfibi e le loro larve e i pesci di piccola taglia; nella dieta degli esemplari giovanili possono rientrare anche gli invertebrati.

Il bosco ripariale moderatamente umido è congeniale anche alla presenza del saettone (*Elaphe longissima*), mentre i massi e le ghiaie dei greti possono essere siti di termoregolazione sia per colubridi (ad esempio il biacco – *Coluber viridiflavus*, il colubro ferro di cavallo – *Coluber hippocrepis*, presente solo in Sardegna, il colubro di Esculapio – *Elaphe longissima*, ecc.) sia per viperidi. Fra questi ultimi, il marasso (*Vipera berus*), ora presente in Italia solo sull'arco alpino, manifesta preferenza per ambienti con un certo grado di umidità.

Un altro rettile che frequenta gli stessi ambienti del marasso è la lucertola vivipara (*Zootoca vivipara*), che alle nostre latitudini risulta presente negli ambienti montani e submontani al di sopra dei 600-700 metri di altitudine e in alcune stazioni di pianura infrigidite dal fenomeno delle acque di risorgenza, ove vive la forma ovipara *Z. v. carniolica*.

2.6.2.5 Gli uccelli

I paesaggi ricchi di acqua sono noti per la loro ricca avifauna. Nelle paludi e nei cariceti covano uccelli di palude estremamente specializzati, sulle superfici sabbiose e fangose sostano le più diverse specie migratrici, la fitta vegetazione ripariale offre a molti uccelli ideali possibilità di cova e sugli specchi d'acqua aperti gli uccelli di superficie e quelli tuffatori trovano protezione e un'offerta di nutrimento estremamente vasta. La concorrenza reciproca nella ricerca di cibo è diminuita dal fatto che le singole specie prediligono nutrimenti diversi, che ricercano in vari modi e a diverse profondità dell'acqua.

I corsi d'acqua di pianura, in condizioni di naturalità, sono frequentati

di conseguenza da una ricca avifauna; a titolo esemplificativo si possono citare l'airone cenerino (*Ardea cinerea*), lo svasso maggiore (*Podiceps cristatus*), il germano reale (*Anas platyrhynchos*), il moriglione (*Aythya ferina*), il gabbiano (*Larus ridibundus*), il mignattino (*Chlidonias niger*), la sterna (*Sterna hirundo*), il fraticello (*Sterna albifrons*), la folaga (*Fulica atra*), la gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*), il tuffetto (*Podiceps ruficollis*), il cormorano (*Phalacrocorax carbo*), la nitticora (*Nycticorax nycticorax*), il corriere piccolo (*Charadrius dubius*), il piro piro piccolo (*Actitis hypoleucos*).

I torrenti collinari e montani costituiscono invece un ambiente che offre meno opportunità agli uccelli acquatici. Poche specie risultano in questi ambienti strettamente legate per tutto l'arco dell'anno all'elemento liquido: si tratta del merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), del martin pescatore (*Alcedo atthis*), dell'usignolo di fiume (*Cettia cetti*) e della cannaiola verdognola (*Acrocephalus scirpaceus*).

Altre specie ornitiche, pur non essendo così strettamente legate all'acqua, nidificano regolarmente lungo le sponde dei torrenti italiani: lo scricciolo (*Troglodytes troglodytes*) ed il beccafico (*Sylvia borin*), che in Italia nidificano sui cespuglieti che bordano i torrenti. Di frequente incontro sulle rive dei torrenti sono anche due specie tra loro affini, la ballerina bianca (*Motacilla alba*) e la ballerina gialla (*Motacilla cinerea*).

Occorre infine ricordare come il corridoio fluviale, costituendo spesso l'unico ambito di naturalità residua in territori ampiamente antropizzata, quali le pianure, rivestono un fondamentale ruolo per l'alimentazione e la sosta di specie migratrici, anche non strettamente legate all'ambiente acquatico.

2.6.2.6 I mammiferi

Pochi mammiferi italiani risultano legati in senso stretto ad ambienti d'acqua dolce. Due di essi sono minuscoli insettivori: il toporagno d'acqua (*Neomys fodiens*), diffuso in quasi tutte le regioni italiane, ma assente dalle isole e dal meridione d'Italia, e il toporagno acquatico di Miller (*Neomys anomalus*), diffuso in tutta la penisola. Un altro roditore che predilige gli ambienti umidi attorno ai corsi d'acqua è l'arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*). Specie esotica (americana), ma ormai diffusa nei corsi d'acqua planiziali italiani è la nutria (*Myocastor corpus*), che scava le sue corte gallerie nei pendii in riva all'acqua.

Uno dei carnivori forestali più legati alle fresche e umide golene boschive degli alvei fluviali è la puzzola (*Mustela putorius*), che in questi ambienti

ricerca soprattutto anfibi e topi. La specie è presente in gran parte degli impervi tratti montani delle aste fluviali alpine ed appenniniche.

Il mammifero acquatico per eccellenza è però sicuramente la lontra (*Lutra lutra*): questo magnifico carnivoro, che era diffuso fino alla metà del '900 in tutti gli ambienti acquatici del nostro Paese, è oggi probabilmente il mammifero a maggior rischio di estinzione non solo in Italia, ma nell'intera Europa, a causa della riduzione degli habitat idonei alla presenza della specie, costituiti da estesi boschi ripariali, del generalizzato degrado del reticolo idrico, soggetto a sempre maggiori alterazioni antropiche, e del massiccio impiego negli anni '60 e '70 di pesticidi organoclorurati e, più recentemente, dei policlorobifenili (PCB). In Italia la lontra oggi sopravvive soltanto in alcune zone del centro e del meridione.

2.6.3 La componente vegetale

I popolamenti vegetali legati agli ecosistemi fluviali sono accomunati dall'essere costituiti da specie igrofite (seppur con livelli diversi di igrofilia) e dal formare, in linea di massima, fitocenosi di tipo corridoio, disposte spesso una accanto all'altra parallelamente al corso d'acqua.

I fattori che influenzano le caratteristiche della componente vegetale negli ecosistemi fluviali, oltre ad agire nei confronti della vegetazione, sono spesso tra loro correlati. Tali fattori, che agiscono direttamente sui popolamenti acquatici, agiscono anche sulla vegetazione riparia, sia direttamente, durante gli eventi di piena, sia indirettamente, influenzando il livello della falda.

Con il termine *water force* si intende il complesso di azioni ed effetti fisici causati nel tempo dall'acqua sui corpi immersi. Per quanto riguarda i vegetali in alveo è ovvio che lo scorrere dell'acqua, le variazioni di portata, le variazioni della velocità della corrente nonché la frequenza con cui tali variazioni si succedono, possono condizionare fortemente la distribuzione, l'estensione e la composizione dei popolamenti. Conseguenza della turbolenza può essere, talvolta, una maggiore torbidità dell'acqua e, in genere, in corrispondenza di rapide o cascate, una maggiore ossigenazione. La trasparenza dell'acqua determina (assieme alla profondità) la quantità di luce che raggiunge i vegetali e, conseguentemente, l'energia disponibile per la fotosintesi.

La *water force* è a sua volta controllata da un complesso di altri fattori quali le dimensioni del corso d'acqua, le caratteristiche del profilo trasversale e longitudinale, la morfologia del bacino, l'entità, la frequenza e la distribuzione (spaziale e temporale) delle precipitazioni, l'uso del suolo e,

soprattutto, la litologia del substrato su cui si impostano il bacino ed il corso d'acqua.

Il clima del bacino ha una forte influenza sul popolamento vegetale, contribuendo a determinare l'entità dell'azione meccanica esercitata dall'acqua; inoltre le condizioni climatiche influenzano la vegetazione anche per altri aspetti, determinando la temperatura dell'aria e dell'acqua e la quantità di luce che raggiunge le piante direttamente o attraverso la superficie dell'acqua. Le fluttuazioni giornaliere e stagionali della temperatura dell'acqua sono modulate dal suo alto calore specifico: ciò fa sì che le piante acquatiche siano meno soggette di quelle terrestri a brusche variazioni della temperatura.

La litologia del substrato su cui si imposta il bacino è un altro fondamentale fattore nel determinare le caratteristiche del popolamento vegetale, dal momento che influenza sia la morfologia del bacino (e quindi indirettamente l'uso del suolo), sia le caratteristiche del fondo dell'alveo e dei suoli circostanti. Ad esempio la presenza di rocce compatte difficilmente erodibili comporta la formazione di substrati grossolani e quindi il prevalere di specie vegetali che necessitano di tali granulometrie. Inoltre la litologia agisce su una serie di altri fattori che influenzano la comunità vegetale, quali la stabilità del rilascio idrico (condizionata dalla permeabilità), il chimismo dell'acqua e quindi il ciclo dei nutrienti, la stabilità dei suoli, eventuali condizioni di anossia.

Il regime idrologico e i conseguenti fenomeni ciclici temporali e spaziali di erosione e deposito influenzano significativamente i popolamenti vegetali: in particolare l'asportazione del suolo e la deposizione di sedimenti determinano sia variazioni nell'estensione delle aree disponibili per l'insediamento delle formazioni riparie, sia l'instaurarsi di cicli di rinnovamento nelle serie dinamiche di vegetazione contribuendo, quindi, alla determinazione dell'ampiezza delle fasce di vegetazione riparia.

La dimensione del corso d'acqua è un altro fattore che influisce sul popolamento vegetale: in particolare, per la vegetazione in alveo, la profondità è il fattore di controllo più importante, sia perché condiziona la penetrazione della luce, sia perché ogni specie ha delle esigenze diverse in termini di livello dell'acqua.

Altro elemento importante da considerare, per quanto riguarda la disponibilità luminosa, è la presenza e il tipo di vegetazione riparia che, determinando la quantità di ombreggiamento, agisce sulla struttura della comunità vegetale acquatica. Ad esempio in siti fortemente ombreggiati (quali possono essere quelli con copertura ripariale arborea e ridotta ampiezza del corso d'acqua) si rileva un limitato sviluppo di specie che prediligono

un'alta luminosità e una maggiore diffusione di forme vegetali sciafile, quali alcune specie di briofite, ma anche spermatofite come *Hottonia palustris* o *Ceratophyllum demersum*. Allo stesso modo la presenza di vegetazione acquatica in superficie può comportare una ridotta luminosità negli strati inferiori e condizionare la crescita delle specie sommerse.

Tra i principali fattori che contribuiscono a determinare la struttura e la fisionomia della copertura vegetale occorre considerare anche le interazioni trofiche con le altre componenti del biota, ed in particolare con i consumatori primari, rispetto ai quali si tende ad una situazione di equilibrio dinamico. Anche le attività antropiche, determinando l'uso del suolo nel bacino e alterando lo stato trofico, i cicli dei nutrienti e le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, influenzano fortemente le caratteristiche dei popolamenti vegetali. La concentrazione di nutrienti ed inquinanti agisce sui popolamenti vegetali di acque correnti per quanto riguarda sia la composizione specifica sia la struttura. All'aumentare del livello trofico dell'acqua si assiste dapprima alla riduzione o scomparsa dei taxa più sensibili, successivamente ad un incremento del numero di specie, fino a raggiungere il massimo livello di ricchezza e diversità specifica, ed infine alla comparsa e proliferazione dei taxa indicatori di carico organico, con un conseguente aumento della biomassa totale e riduzione nel numero delle specie presenti. Inoltre, l'antropizzazione del territorio spinta fino al margine del corso d'acqua determina la totale scomparsa delle formazioni riparie.

Il climax delle formazioni vegetali dei corsi d'acqua è di tipo azonale, ovvero non segue una precisa zonazione climatica, dipendendo piuttosto da fattori edafici. Infatti la presenza di condizioni edafiche estreme incide fortemente sui popolamenti, determinando l'instaurarsi di paraclimax (climax edafico piuttosto che climatico), causato dall'impossibilità di raggiungere gli stadi più evoluti nelle serie dinamiche di vegetazione.

Il flusso idrico, comportandosi come una sorta di nastro trasportatore, contribuisce alla diffusione delle specie vegetali insediate sulle sponde determinando il mantenimento di una relativa uniformità dei popolamenti vegetali lungo il corso d'acqua. Frequentemente, quindi, le comunità vegetali fluviali presentano una significativa costanza sia lungo il profilo longitudinale, sia nell'ambito delle regioni biogeografiche.

Una prima schematica suddivisione raggruppa i popolamenti vegetali di ecosistemi fluviali in: fitoplancton, perifiton, macrofite acquatiche, canneti (più correttamente fragmiteti, tifeti, scirpeti, cariceti), formazioni erbacee pioniere di greto, formazioni riparie arbustive ed arboree. Si tratta comunque di popolamenti e cenosi strettamente influenzati dalla presenza dell'acqua, costituiti da specie adattate, spesso in maniera esclusiva, agli ambienti

fluviali.

Quelli citati sono solo aggruppamenti funzionali in cui è possibile suddividere in maniera schematica i popolamenti vegetali e forzosamente descrivono in modo semplificato la realtà ambientale. Non è possibile individuare nette suddivisioni tra un aggruppamento funzionale e l'altro: molte specie possono essere comprese in più di uno di essi.

2.6.3.1 Il perifiton

Nell'ambito della vegetazione di ambiente acquatico il perifiton riveste un ruolo a se stante per le sue peculiarità strutturali e funzionali. È possibile descrivere due diversi approcci allo studio del perifiton che si sono contrapposti nel corso degli ultimi decenni: da un lato esso è considerato una sorta di biofilm scarsamente strutturato che ricopre il substrato sommerso, dall'altro una complessa comunità multistrato. Il termine perifiton è ormai entrato nell'uso comune per indicare un insieme di microrganismi che vivono aderenti ai substrati sommersi di diversa natura (inorganici ed organici, viventi o morti), comprendente alghe, batteri, funghi, protozoi nonché detrito organico ed inorganico; inoltre, si considerano facenti parte del perifiton sia gli organismi aderenti al substrato sia quelli che lo penetrano o che si muovono all'interno del reticolo tridimensionale costituito dalle forme sessili. Normalmente, quindi, il perifiton è una comunità strutturata costituita da organismi che hanno dimensioni anche molto variabili: da pochi micron a diversi centimetri comprendendo sia microalghe quali le diatomee (tra gli organismi più rappresentativi della componente autotrofa del perifiton) sia alghe macrofite bentoniche, appartenenti a diversi gruppi tassonomici.

La componente autotrofa costituisce la porzione preponderante del perifiton in termini di biomassa e, dal punto di vista funzionale, ne caratterizza il ruolo ecologico. Infatti, il ruolo svolto dal perifiton, nell'ambito dell'ecosistema fluviale, è prevalentemente quello di *produzione primaria in situ*, data la ridottissima funzione svolta dal fitoplancton in acque correnti (a differenza di quanto accade in ambienti lentic). Accanto a ciò, non è secondaria la funzione che il perifiton svolge nei confronti della fauna invertebrata bentonica, che non solo lo utilizza a scopo alimentare, ma di esso sfrutta anche i particolari *microhabitat* che si costituiscono alla superficie dei substrati immersi.

I fattori ambientali che determinano la composizione e la struttura dei popolamenti vegetali in genere, lungo il corso d'acqua, condizionano fortemente anche le comunità perifitiche, facendo variare la composizione

specificità delle comunità, le dimensioni e la forma delle colonie nonché il tasso riproduttivo. Tra questi si ritiene assumano particolare importanza la presenza di nutrienti, la velocità della corrente, la capacità abrasiva dell'acqua, la torbidità (che influenza sia la "capacità abrasiva", sia la quantità di luce che gli organismi possono utilizzare), l'ombreggiamento, il tipo di substrato, il pascolo degli erbivori bentonici.

La risposta delle comunità perfitiche agli stress ambientali consiste in un'alterazione più o meno intensa della struttura del popolamento, a partire da un cambiamento nella composizione specifica, con la scomparsa delle specie sensibili. Sono anche note situazioni particolari causate da eccessivo carico organico, nelle quali il perifiton si sviluppa enormemente in numero di individui e biomassa totale, formando tappeti continui, anche in cordoni, definiti *blanket weeds*, costituiti in massima parte da alghe macrofitiche bentoniche. Sulla sensibilità del perifiton alle variazioni ambientali si fondano varie tecniche di biomonitoraggio. La componente perfitica viene utilizzata principalmente per la valutazione del carico organico: in particolare, numerose metodologie utilizzano come indicatrici le diatomee (indici diatomici) o le alghe macrofitiche bentoniche assieme alle altre macrofite (indici macrofitici).

2.6.3.2 Le macrofite acquatiche

Secondo alcuni autori i vegetali acquatici sono solo quelli che si sviluppano interamente in acqua, in modo che gli individui siano completamente sommersi oppure appena galleggianti: anche la germinazione delle spore e dei semi, la formazione delle nuove plantule e, di regola, i processi riproduttivi avvengono in ambiente acquatico. In base a tale definizione le specie radicate in acqua, ma emergenti con fusto e parte delle foglie, non rientrano tra le piante acquatiche.

Nell'ambito dell'ecosistema fluviale, può essere più utile considerare complessivamente i popolamenti vegetali insediati nell'ambito dell'alveo di morbida e non solo quelli sommersi.

È possibile delineare uno schema di distribuzione di tale popolamento in corrispondenza di una sezione tipo teorica, in funzione delle forme biologiche delle specie vegetali che vi si insediano (Fig. 2.44).

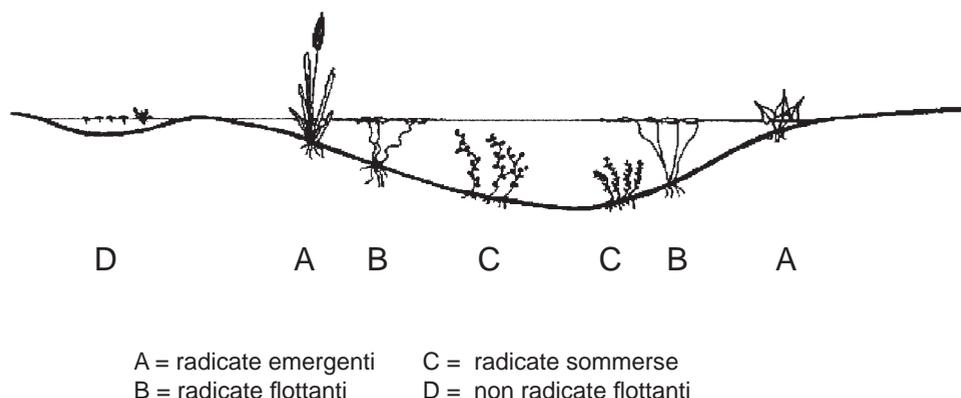


Fig. 2.44 Disposizione delle tipologie di piante acquatiche lungo una sezione trasversale.

Partendo dalla porzione centrale del corso d'acqua, possono insediarsi specie sommerse radicate natanti: queste sono caratterizzate dall'essere completamente sommerse e ancorate al substrato per mezzo di radici o rizoidi che, in linea di massima, non hanno alcuna funzione nutritiva (es. *Ceratophyllum* spp., *Chara* spp.).

Laddove si ha una minore profondità si rinvengono le specie flottanti radicate: gli individui di queste specie sono ancorati al substrato per mezzo di radici o rizoidi, ma sono comunque presenti foglie e organi riproduttivi che galleggiano sulla superficie; spesso tali specie presentano eterofillia, nel senso che è presente un dimorfismo fogliare molto spinto tra le foglie sommerse, fortemente laciniate, e quelle flottanti laminari (es. *Potamogeton* spp., *Nuphar* spp., *Ranunculus* spp.).

Nelle porzioni a velocità bassa o nulla è possibile rinvenire in superficie specie flottanti non radicate: gli individui di queste specie galleggiano sull'acqua e non sono in alcun modo ancorati al fondo; le radici, se presenti, sono libere e non hanno, ovviamente, funzione di ancoraggio (ad esempio *Lemna* spp., *Trapa* spp.).

Nei pressi delle rive si collocano le specie radicate emergenti: si tratta di piante radicate che emergono con un'ampia porzione del loro corpo vegetativo e che presentano caratteristiche di idrofilia minore rispetto a quelle sinora descritte, potendo tollerare anche periodi di emersione. Le specie radicate emergenti si insediano in quella porzione dell'alveo di morbida soggia alle maggiori variazioni di livello dell'acqua e

possono appartenere sia ai canneti (fragmiteti, tifeti, scirpeti, cariceti) sia alle formazioni pioniere di greto: queste ultime si insediano a partire dal limite dell'acqua, nell'alveo di morbida, e sono costituite da specie erbacee pioniere, spesso annue. La buona resistenza all'inondazione, la capacità di crescere su substrati con pedogenesi scarsa o nulla e la veloce propagazione, fanno sì che queste specie possano colonizzare tali ambienti; l'alveo di morbida risulta infatti inondato per una buona parte dell'anno e ciò impedisce il consolidarsi di una vera fitocenosi.

Tutti i popolamenti acquatici descritti sono, in genere, caratterizzati da una scarsa o nulla coordinazione tra le specie che li compongono, tanto che, secondo alcuni autori, non sarebbe possibile definirli come cenosi. Nella maggior parte dei casi, infatti, gli aspetti autoecologici prevalgono su quelli sinecologici e sono preponderanti le specie a vasto areale mentre sono rare quelle endemiche e localizzate.

Nell'ambito degli ecosistemi fluviali i vegetali acquatici rivestono non solo il ruolo di *produttori primari*, in particolare con la componente autotrofa del perifiton, ma anche quello di costituenti di *habitat*. In funzione della collocazione dei diversi raggruppamenti vegetali lungo la sezione trasversale del corso d'acqua, si differenziano diversi microhabitat che possono ospitare faune diversificate a seconda delle caratteristiche delle specie vegetali che li costituiscono. Inoltre, attraverso i processi di organizzazione dei nutrienti, contribuiscono significativamente all'*autodepurazione* delle acque.

Un importante effetto delle macrofite è anche quello sul flusso idrico, che viene rallentato all'interno e nei pressi delle macchie di vegetazione. L'azione può essere esercitata solo in superficie oppure lungo tutta la colonna d'acqua, in base alla forma di crescita delle diverse specie.

All'effetto sul flusso si collega quello sui sedimenti. La diminuzione della velocità di corrente favorisce infatti la ritenzione e successiva sedimentazione del particolato fine. Ciò comporta un cambiamento nella composizione granulometrica del sedimento (almeno in corrispondenza e nelle prossimità delle chiazze di vegetazione), che si arricchisce di nutrienti, per via dell'aumentata *deposizione di detrito organico*, effetto combinato di intrappolamento fisico e diminuzione di flusso.

Oltre all'azione passiva, le macrofite esercitano anche un'azione attiva: rilasciando ossigeno nella rizosfera attraverso le radici, aumentano il valore di potenziale redox dei sedimenti e riducono quindi la quantità di ferro, fosforo ed ammonio disponibili. Questi meccanismi, ormai ben conosciuti per quanto riguarda i laghi, sembra vengano messi in atto anche nei fiumi.

L'entità di tutte queste interazioni dipende dalla morfologia della

vegetazione macrofita e quindi dalla composizione specifica della comunità.

Attraverso l'esame della struttura e della composizione dei popolamenti acquatici possono essere raccolte indicazioni abbastanza precise sul livello di alterazione della qualità chimica, fisica e biologica dell'acqua, in quanto tali popolamenti sono costituiti da specie dipendenti totalmente o in misura decisamente elevata dall'acqua come mezzo da cui trarre elementi nutritivi (anche le specie radicate emergenti che si trovano nell'alveo di morbida si insediano su substrati frequentemente inondati). Sull'uso dei vegetali acquatici come bioindicatori si fondano numerose metodologie di biomonitoraggio per le acque correnti superficiali. In particolare, molti indici si basano sulla correlazione esistente tra inquinamento organico e caratteristiche del popolamento vegetale: secondo diversi autori gli organismi vegetali sarebbero, infatti, più sensibili del macrozoobentos all'inquinamento di natura organica e ne registrerebbero la comparsa e l'entità con maggior precisione.

2.6.3.3 La vegetazione riparia

L'ambiente ripario è una zona d'interfaccia o ecotono tra l'ambiente acquatico in senso stretto e il territorio circostante, contigua al corso d'acqua e ancora interessata dalle piene o dalla falda freatica fluviale. Esso si estende attraverso un'ampia fascia ecotonale costellata di deboli rilievi e bassure e di una vasta gamma tipologica di zone umide: alvei secondari interessati da un debole deflusso; meandri abbandonati collegati al fiume solo ad una estremità; oppure disgiunti, ma comunicanti con esso in occasione delle piene; stagni, acquitrini, paludi, aree inondabili, boschi igrofilo.

La definizione di ambiente ripario è strettamente connessa a quella di vegetazione riparia: è proprio la presenza delle formazioni vegetali riparie che delimita ed evidenzia l'esistenza di una zona riparia, rendendo possibile la distinzione tra aree prossime all'alveo, in cui la vegetazione è ancora influenzata dal corso d'acqua, e aree circostanti in cui sono insediate le formazioni zonali.

Rispetto ai fattori ecologici, le specie riparie sono caratterizzate da adattamenti morfologici e fisiologici quali la flessibilità di fusti e radici, la presenza di aerenchimi o di radici avventizie, tipica di generi arborei quali *Populus*, *Salix* e *Alnus*. Oltre a questi adattamenti ne sono presenti anche altri di tipo riproduttivo, come la riproduzione vegetativa per radicamento di

porzioni vegetative (rami, fusti, radici), la dispersione di semi e frammenti vegetativi per trasporto acqueo (idrocoria), la produzione dei semi durante il ritiro delle acque di piena al fine di permetterne la germinazione su substrati umidi ma non dilavati.

Dal punto di vista strutturale, la copertura vegetale degli ambienti ripari è costituita da diverse formazioni vegetali che s'insediano, una di fianco all'altra, con sviluppo parallelo rispetto al corso d'acqua, a partire dal limite esterno dell'alveo di morbida, strutturandosi in fasce di vegetazione.

Al limite dell'acqua, nell'alveo di morbida, si rinviene la fascia a *erbacee pioniere di greto*. Tale popolamento non viene considerato ripario, ma piuttosto appartiene all'insieme dei popolamenti acquatici in senso lato.

Nella porzione di letto definibile come alveo di piena, si rinvengono le formazioni *arbustive riparie*, generalmente a prevalenza di salici (saliceti arbustivi). Le formazioni *arboree riparie*, spesso a prevalenza di ontani (ontaneti) e/o di salici arborei (saliceti) e pioppi, si insediano esternamente agli arbusteti (Fig. 2.45).

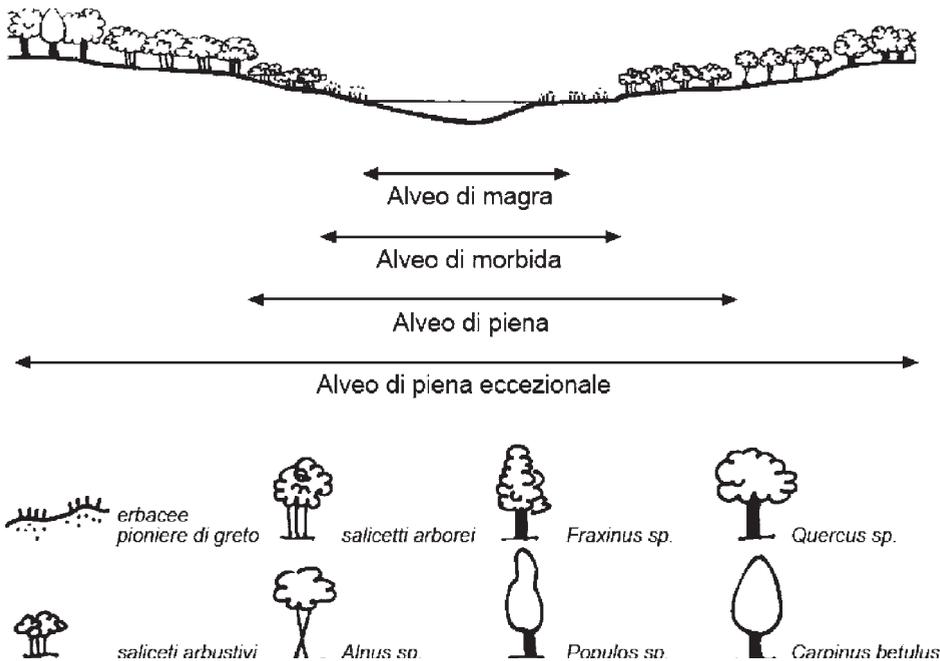


Fig. 2.45 Distribuzione delle tipologie di vegetazione riparia lungo una sezione trasversale.

In ambito peninsulare a clima mediterraneo, la composizione delle comunità riparie è frequentemente integrata da specie arbustive e arboree più termofile, quali *Tamarix gallica*, *Nerium oleander*, *Fraxinus oxycarpa*, *Platanus orientalis*. Tutte le specie che costituiscono le formazioni arbustive e arboree riparie sono *igrofite* e la loro crescita è influenzata dall'immediata vicinanza delle loro radici all'acqua.

Rispetto a quanto descritto, si rinvengono sul territorio varie situazioni corrispondenti ad altrettante varianti dello schema proposto. La presenza/assenza e la dominanza di una o più formazioni riparie è determinata sia da fattori morfologici, sia dall'uso del territorio. In assenza di azioni di disturbo di origine antropica e ove la morfologia del territorio lo consenta, è possibile rinvenire tutte le formazioni riparie descritte.

La larghezza delle fasce riparie dipende da diversi fattori tra i quali il regime idraulico, la struttura geologica, la forma della valle fluviale e l'uso antropico del territorio circostante. Nei tratti in cui il corso d'acqua scorre tra rive particolarmente ripide, le formazioni arboree zonali delle pendici si sviluppano quasi fino al livello dell'acqua, talvolta solo con l'interposizione di una sottile fascia di saliceto arbustivo. In altri casi si possono avere invece intere foreste umide, come nel tratto terminale del Po o lungo grandi fiumi potamali non regimati.

La composizione del suolo di queste zone è diversa da quella dell'ambiente circostante a causa di successive deposizioni ed erosioni, provocate dalle variazioni di portata del corso d'acqua. Notevole importanza rivestono il grado di umidità relativa, più elevato rispetto all'ambiente schiettamente terrestre, e le variazioni stagionali del livello di saturazione idrica dei suoli indotto dalle fluttuazioni della falda.

Gli scambi di sostanza organica a diverso grado di elaborazione tra il fiume e gli ecotoni ripari sono particolarmente intensi in occasione delle precipitazioni e delle piene. Seppure discontinui, questi scambi fanno dell'ambiente acquatico e di quello terrestre un unico e inscindibile complesso funzionale.

2.7 Bibliografia - capitolo 2

AA. VV. 2005. Zone Umide in Italia – Elementi di conoscenza. Apat CNT_NEB APAT, Roma.

Allan J. D. 1995. *Stream ecology- Structure and function of running waters*. Chapman & Hall Publishing, Oxford.

Arkansas Multi-Agency Wetland Planning Team. 2005. <http://www.mawpt.org/default.asp>

Barendregt A., Bio A. M. F. 2003. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling*, 160: 205-217.

Bayley P.B. 1980. The limits of limnological theory and approaches as applied to river-floodplain systems and their fish production. *Tropical Ecology & Development*, 739-746.

Billi P. 1988. Morfologie fluviali. *Giornale di geologia*, serv.3a, vol.50/1-2, 27-38.

Bracco F. 1998. La vegetazione delle acque correnti. In: Corbetta F., Abbate G., Frattaroli A., Pirone G. *S.O.S. Verde: vegetazioni e specie da conservare*. Edagricole, Bologna: 71-85.

Bracco F., Buffa G., Girelli L., Sburlino G., Villani M. 1997. Dati vegetazionali per la gestione di un ambiente fluviale degradato: il fiume Dese (Pianura veneta). In: Biondi E. & Colantonio R., *La pianificazione del paesaggio tra rinaturazione ed iper-antropizzazione*. Accademia Marchigiana di Scienze, Lettere ed Arti: Atti del convegno nazionale, Ancona: 309-325.

Bracco F., Paradisi S., Sburlino G., Stoch F. 2001. Degrado e conservazione. In: Minelli A., *Risorgive e fontanili: acque sorgenti di pianura dell'Italia settentrionale*. Ministero dell'Ambiente-Museo Friulano di Storia Naturale, Udine: 123-129.

Brookes A. 1988. *Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management*. Wiley J. & Sons, Chichester.

Buchwald R., Gamper U., Sburlino G., Zuccarello V. 2000. Sintassonomia delle comunità a Potamogeton coloratus dell'Europa centro-meridionale. *Fitosociologia*, 37 (1): 61-68.

Buffagni A. 2006. *Elementi di base per la definizione di una tipologia per i fiumi italiani in applicazione della Direttiva 2000/60/EC*, CNR-IRSA, Brughiero (MI).

Butcher R.W. 1933. Studies on the ecology of rivers: I. On the distribution of

- macrophytic vegetation in the rivers of Britain. *The Journal of Ecology*, 21 (1): 58-91.
- Calow P., Petts G.E. (Eds.). 1994. *The rivers handbook: hydrological and ecological principles*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Carbiener R., Trémolières M., Mercier J.L., Ortscheit A. 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio*, 86 (1): 71-88.
- Carbiener R., Trémolières M., Muller S. 1995. Végétation des eaux courantes et qualité des eaux: une thèse, des débats, des perspectives. *Acta botanica Gallica*, 142 (6): 489-531.
- Chambers P.A., Prepas E.E. 1994. Nutrient dynamics in riverbeds: the impact of sewage effluent and aquatic macrophytes. *Water Research*, 28 (2): 453-464.
- Chang H.H. 1988. *Fluvial processes in river engineering*. J. Wiley & Sons, New York.
- Church M. 1983. Pattern of instability in a wandering gravel bed channel. In: Collison J. D. & Lewin J. (Cur.) *Modern and ancient fluvial systems*. IAS, Spec. Publ., 6: 169-180.
- Clarke S., Wharton G. 2001. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. *The Science of the Total Environment*, 266: 103-112.
- Cummins K.W., Klug M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Systematics*, 10: 147-172.
- Da Deppo L., Datei C. e Salandin P. 2000. *Sistemazione dei corsi d'acqua* – Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima e Geotecnica. Ed. Cortina 3° edizione, Padova.
- EU CIS. 2006. *Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes; flood protection works; and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive*. version 4.2.
- EU CIS Working Group 2.7 – Monitoring. 2003. *Guidance Document No. 7: Monitoring under the Water Framework Directive*. European Communities.
- Federici P.R., Axianas L. 1981. *Lineamenti di geografia generale*. Ed. Bulgarini, Firenze.

- Ferguson R.I., Werritty A. 1983. Bar development and channel changes in gravelly River Feschie, Scotland. In: Collison J. D. & Lewin J. (Cur.) *Modern and ancient fluvial systems*. IAS Spec. Publ., 6: 181-193.
- Fletcher D.E., Wilkins S.D., McArthur J.V., Meffe G.K. 2000. Influence of riparian alteration on canopy coverage and macrophyte abundance in Southeastern USA blackwater streams. *Ecological Engineering*, 15: 567-578.
- Flynn N.J., Snook D.L., Wade A.J., Jarvie H.P. 2002. Macrophyte and periphyton dynamics in a UK Cretaceous chalk stream: the river Kennet, a tributary of the Thames. *The Science of the Total Environment*, 282-283: 143-157.
- Franceschetti B. 1980. *I Fiumi*. Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- Garuti G. 2001. *Sistemi naturali sostenibili per la riduzione dell'inquinamento diffuso delle acque in aree urbanizzate, Il ciclo dell'acqua nella pianificazione del territorio* - Atti del convegno Enea, Bologna.
- Ghetti P.F. 1997. *Indice Biotico Esteso (IBE) - I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente, Trento.
- Hamblin W.K. 1975. *The Earth's dynamic systems*. Burgess Pub. Co., Minneapolis.
- Haury J., Peltre M. C., Muller S., Thiébaud G., Tremolieres M., Demars B., Barbe J., Dutatre A., Daniel H., Bernez I., Guerlesquin M., Lambert E. 2000. *Les macrophytes aquatiques bioindicateurs des systèmes lotiques - Intérêts et limites des indices macrophytiques. Synthèse bibliographique des principales approches européennes pour le diagnostic biologique des cours d'eau*. UMR INRA-ENSA EQHC Rennes & CREUM-Phytoécologie Univ. Metz, Agence de l'Eau, Artois-Picardie.
- Haury J., Peltre M. C., Muller S., Trémolières M., Barbe J., Dutatre A., Guerlesquin M. 1996. Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français: premières propositions. *Écologie*, 27 (4): 233-244.
- Heckman C.W. 1984. The ecological importance of wetland along stream and river and consequence of their elimination. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.* 10: 11-29.
- Junk W.J. 1980. Áreas inundáveis - um desafio para limnologia. *Acta Amazonica*, 104: 775-795.
- Junk W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: Holm-Nielsen L. B., Nielsen I.C. & Balslev H. (Eds.) *Tropical forests: Botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London:

47-64.

Junk W.J., Wantzen K.M. 2004. The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches, and Applications - an Update. In: Welcomme R.L. & Petr T. (Eds.) *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*, Volume 2. Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. RAP Publication 2004/16: 117-149.

Keller E.A., Brookes A. 1984. Consideration of meandering in channelization projects: selected observations and judgements. In: *River meandering, Proceedings of Conference Rivers '83*. American Society of Civil Engineers, Vicksburg, MS. 102: 813-829.

Kondolf G.M. 1994. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning*, 28: 225-243.

Langford T.E.L., Somes J.R., Bowles F. 2001. *Effects of physical restructuring of channels on the flora and fauna of three Wessex rivers*. PISCES Conservation Ltd, Lymington.

Le Blanc R.J. 1972. Geometry of sandstone reservoir bodies. *AAPG Memoir*, 18:133-190

Leopold L.B., Wolman M.G., Miller J.P. 1964. *Fluvial processes in geomorphology*. Freeman, San Francisco.

Lowe-McConnell R.H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge.

Lowe-McConnell R.H. 1975. *Fish communities in tropical freshwaters: Their distribution, ecology and evolution*. Longman, London - New York.

Maridet L. 1995. *Rôle des formations végétales riveraines. Recommandations pour une gestion régionalisée*. Ministère de l'environnement, CEMAGREF, Lyon.

Middleton B.A. 2002. The Flood pulse concept in wetland restoration. In: Middleton B. A. (Ed.) *Flood Pulsing in Wetlands: Restoring the Natural Hydrological Balance*. John Wiley and Sons: 1-10.

Minshall G.W., Petersen R.C., Cummins K.W., Bott T.L., Sedell J.R., Cushing C.E., Vannote R.L. 1983. Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics. *Ecol. Monogr.*, 53 (1): 1-25.

Money D.C. 1977. *La superficie della Terra. Atlante iconografico di geografia fisica*. Zanichelli, Bologna.

- Montgomery D.R., Buffington J.M. 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 109 (5): 596-611.
- Palmer L. 1976. River management criteria for Oregon and Washington. In: Coates D.R. (Ed.) *Geomorphology and Engineering*. George Allen & Unwin, London: 329-346.
- Pergetti M. 1985. *Criteri progettuali e costruttivi di un sistema a flusso subsuperficiale per piccole comunità*. AGAC, Reggio Emilia.
- Pinay G., Decamps H., Chauvet E., Fustec E. 1990. Functions of ecotones in fluvial systems. In: Naimann R J. & Decamps H. (Eds.) *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. Man and the Biosphere series, 4. The Parthenon Publishing Group, Carnforth: 141-164.
- Preti F. 1996. Il bacino idrografico ed il bilancio idrologico. In: Preti F. & Paris E. (Cur.) *Criteri e Metodi per l'Analisi dei Fenomeni Alluvionali*. PIN-Centro Studi Ingegneria, Regione Toscana: 9-33.
- Rust B.R. 1978. A classification of alluvial systems. In: Miall A.D. (Cur.) *Fluvial sedimentology*. Can. Soc. Petroleum geol., Memoir 5: 187-198.
- Sand-Jensen K. 1998. Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. *Freshwater Biology*, 39: 663-679.
- Sburlino G., Bracco F., Buffa G., Ghirelli L. 1995. Rapporti dinamici e spaziali nella vegetazione legata alle torbiere basse neutro-alcaline delle risorgive della Pianura Padana orientale (Italia settentrionale). *Colloques Phytosociologiques*, 24: 285-294.
- Sburlino G., Tomasella M., Oriolo G., Poldini L. 2004. La vegetazione acquatica e palustre dell'Italia nord-orientale: 1. La classe *Lemnetea* Tüxen ex O. Bolòs et Masclans 1955. *Fitosociologia*, 41 (1) suppl.: 27-42.
- Schulz M., Rinke K., Köhler J. 2003. A combined approach of photogrammetrical methods and field studies to determine nutrient retention by submersed macrophytes in running waters. *Aquatic Botany*, 76: 17-29.
- Schumm S.A. 1977. *The fluvial system*. Wiley, New York.
- Scott W.A., Adamson J.K., Rollinson J., Parr T.W. 2002. Monitoring of aquatic macrophytes for detection of long-term change in river systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 73: 131-153.
- Statzner B., Higler B. 1980. Questions and comments on the river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1036-1044.

- Thiébaud G., Muller S. 1999. A macrophyte communities sequence as an indicator of eutrophication and acidification levels in weakly mineralised streams in north-eastern France. *Hydrobiologia*, 410: 17-24.
- Turin P., Wegher M. 1991. Le macrofite acquatiche come indicatori biologici di qualità delle acque. *Biologia ambientale*, 3-4: 10-16.
- Vanderpoorten A., Klein J.P. 1999. A comparative study of the hydrophyte flora from the Alpine Rhine to the Middle Rhine. Application to the conservation of the Upper Rhine aquatic ecosystems. *Biological Conservation*, 87: 163-172.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- Viaroli P., Ferrari I. 1992. Idee per una ricerca di ecologia funzionale su produzione, decomposizione e ciclo dei nutrienti nelle valli di Campotto. *Quaderni di Campotto*, 2: 25-31.
- Vismara R. 1982. *Depurazione Biologica*. Ed. Hoepli, Milano.
- Wasson J.G., Chandesris A., Pella H., Blanc L. 2002. *Les hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés*. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Cemagref BEA/LHQ.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30, 377-392.
- Wetzel R.G. 1991. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24: 6-24.
- Wolman M.G., Miller J.P. 1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. *Journal of Geology*, 68 (1): 54-74.

3 LA DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE 2000/60/CE (WATER FRAMEWORK DIRECTIVE)

3.1 *Principi generali della Direttiva*

La Direttiva 2000/60/CE (WFD) disegna una riforma fondamentale della legislazione Europea in materia di acque, sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista amministrativo-gestionale.

L'obiettivo fondamentale della Direttiva è di istituire un quadro per la protezione delle acque che ne impedisca un ulteriore deterioramento qualitativo e quantitativo e consenta il raggiungimento del "buono stato" per tutti i corpi idrici entro il 2015. Gli obiettivi principali della direttiva si inseriscono in quelli più complessivi della politica ambientale della Comunità che deve contribuire a perseguire salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, nonché l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali e che deve essere fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della riduzione, soprattutto alla fonte, dei danni causati all'ambiente e sul principio "chi inquina paga".

Il principio portante della WFD è quello della gestione integrata a livello di bacino, attraverso un approccio teso a superare la logica dei confini amministrativi ponendo l'attenzione sugli aspetti fisici del territorio considerando le caratteristiche ambientali (idrologiche, idrogeologiche ed ecosistemiche) attraverso una visione olistica e multidisciplinare. La Direttiva racchiude in questo modo sotto il suo ombrello l'attuazione delle direttive già esistenti in materia di acque (come ad esempio, la direttiva "acque reflue urbane" e la direttiva "nitrati") e stabilisce importanti meccanismi di coordinamento con altri strumenti comunitari rilevanti per la tutela degli ambienti idrici, come ad esempio le direttive "Habitat" e "Uccelli" (Network Natura 2000) e le politiche agricole comunitarie (PAC).

In questo contesto la Direttiva individua misure ed azioni specifiche con scadenze ben identificate definendo un processo per fasi, i cui passaggi chiave sono:

- individuazione dei Distretti Idrografici, unità di riferimento per la gestione dei singoli bacini idrografici;
- analisi delle caratteristiche di ciascun Distretto Idrografico, comprendente l'esame degli impatti antropici e l'analisi economica dell'utilizzo idrico;
- istituzione, per ciascun Distretto Idrografico, di uno o più registri delle Aree Protette, includendo i siti Natura 2000, le aree utilizzate per l'estrazione di acqua potabile, e altri siti designati a livello nazionale o locale;
- elaborazione di programmi di monitoraggio dello stato delle acque superficiali e sotterranee e delle aree protette;

- predisposizione, per ogni Distretto, di un Programma di Misure (sia di base che supplementari) per il raggiungimento del “buono stato”, da inserire nel contesto di un Piano di Gestione di Distretto – *River Basin Management Plan* (RBMP), da completare entro il 2009, da rendere pienamente operativo entro il 2012 e da rivedere entro il 2015;
- realizzazione di meccanismi per monitorare lo stato delle acque sotterranee e superficiali ed informazione della Commissione Europea delle decisioni prese per ciascun RBMP (entro il 2010);
- revisione del programma di misure per ciascun RBMP secondo necessità in accordo con i risultati di monitoraggio (entro tre anni dalla produzione del primo RBMP – cioè entro il 2012, e successivamente ogni sei anni).

Tra gli obiettivi specifici contenuti nel suddetto processo ci sono:

- controllo di tutte le emissioni e gli scarichi inquinanti nelle acque superficiali utilizzando un “approccio combinato”, che tenga in considerazione non solo quanto inquinante viene complessivamente rilasciato, ma anche la sua concentrazione nell’ambiente acquatico che lo riceve (entro il 2012);
- controlli specifici per certi inquinanti a rischio più elevato su una base di priorità, con una riduzione progressiva o cessazione di emissioni per le sostanze identificate come prioritarie (le prime riduzioni o cessazioni sono attese entro 20 anni dall’adozione di proposte pertinenti degli organi decisionali EU)
- introduzione di politiche di tariffazione dell’acqua in grado di fornire adeguati incentivi per un uso efficiente dell’acqua, e tenendo in considerazione il principio di “recupero costi” per i servizi idrici, includendo i costi ambientali e della risorsa (entro 2010);
- accrescimento della partecipazione pubblica.

3.2 Lo “Stato Ecologico” dei corpi idrici superficiali

La direttiva traccia un percorso, attraverso la Strategia Comune di Implementazione (*Common Implementation Strategy* - CIS) e le linee guida, per la tutela degli ambienti fluviali in cui è prioritaria l’identificazione dei corpi idrici e l’individuazione di quelli di riferimento basate soprattutto su fattori geografici ed idrologici.

L’identificazione e la classificazione dei corpi idrici (Fig. 3.1) deve rispecchiare in modo sufficientemente accurato le caratteristiche del territorio corrispondente, in modo da permettere un confronto chiaro e senza equivoci con gli obiettivi della Direttiva. Gli Stati Membri devono quindi individuare e definire le tipologie di corpi idrici esistenti sul proprio territorio, e per ciascuna di esse, deve definirne le “condizioni di

riferimento”.

Un fattore chiave in questo contesto è lo “stato” dei corpi idrici stessi.

Lo “stato” dei corpi idrici fluviali è riferito alla qualità *ecologica* e a quella *chimica*, mettendo in risalto la necessità di applicare un approccio integrato multidisciplinare.

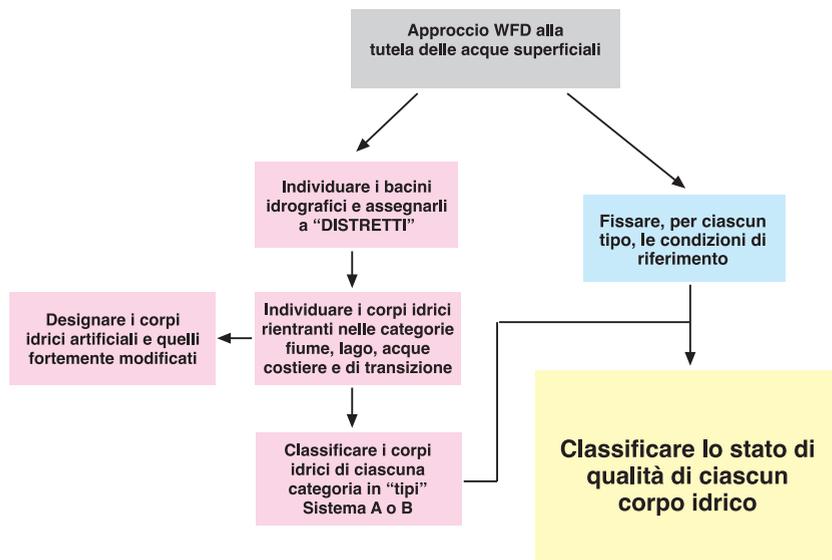


Fig 3.1 Procedura di identificazione e classificazione dei corpi idrici superficiali.

La Direttiva fornisce una descrizione generale di 5 classi di *stato ecologico* per ognuna delle categorie di acque superficiali; queste classi sono: elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo. Ogni classe rappresenta un differente grado di disturbo antropico sulle condizioni di un particolare sottoinsieme di elementi biologici, idromorfologici e fisico-chimici che costituiscono l'ecosistema acquatico. In particolare la Direttiva individua con precisione una serie di *elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico*, tra i quali gli elementi biologici risultano quelli determinanti, infatti gli elementi idromorfologici e quelli chimici e fisico chimici sono “a sostegno” degli elementi biologici.

L'importanza che la Direttiva dà agli elementi biologici (per i fiumi: composizione e abbondanza della flora acquatica, composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici, composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica) rappresenta una vera e propria rivoluzione culturale, che vede ribaltata l'impostazione del monitoraggio chimico, volta a considerare la qualità degli ambienti acquatici esclusivamente attraverso indicatori di impatto sull'elemento “acqua”, disinteressandosi totalmente dell'ecosistema. La Direttiva afferma inoltre che, nello stabilire l'appartenenza o meno di

un sito ad una delle classi di qualità, bisogna affiancare all'accertamento tramite monitoraggio biologico anche la valutazione di alcuni parametri idromorfologici e fisico-chimici (Fig. 3.2 e Tab. 3.1). In questo modo il corpo idrico fluviale viene esaminato dal punto di vista della risposta delle principali componenti ecosistemiche alle perturbazioni.

Lo stato di qualità dei corpi idrici viene quindi definito come rapporto di qualità ecologica (chiamato EQR, ecological quality ratio), calcolato rapportando "i valori dei parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale a quelli constatabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo". Il rapporto è espresso come valore numerico compreso tra 0 e 1: i valori prossimi a 1 tendono allo stato ecologico elevato, quelli prossimi allo 0 allo stato ecologico "cattivo". La gamma di valori risultanti da tali rapporti va appunto a definire i limiti delle 5 classi di stato ecologico.

L'identificazione delle condizioni di riferimento viene richiesta per fornire un modello rispetto al quale misurare gli effetti delle attività umane passate e presenti su ogni corpo d'acqua. In particolare, l'identificazione delle condizioni di riferimento deve garantire la possibilità di distinguere gli effetti delle attività umane sugli ecosistemi acquatici dalle naturali variazioni di "background".

Elementi biologici

- Composizione e abbondanza della flora acquatica
- Composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici
- Composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica

Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici

Regime idrologico

- massa e dinamica del flusso idrico*
- connessione con il corpo idrico sotterraneo*

Continuità fluviale

Condizioni morfologiche

- variazione della profondità e della larghezza del fiume*
- struttura e substrato dell'alveo*
- struttura della zona riparia*

Elementi chimico e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici

Elementi generali

Condizioni termiche

- Condizioni di ossigenazione*
- Salinità*
- Stato di acidificazione*
- Condizioni dei nutrienti*

Inquinanti specifici

- Inquinamento da tutte le sostanze dell'elenco di priorità di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico*
- Inquinamento da altre sostanze di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative*

Tab. 3.1 Elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico dei fiumi.

La Direttiva definisce la qualità ecologica fornendo una definizione generale e delle definizioni specifiche per le diverse categorie di corpo idrico superficiale per lo stato ecologico elevato, buono e sufficiente (Tab. 3.2).

Elemento	Stato elevato	Stato buono	Stato sufficiente
Generale	<p>Nessuna alterazione antropica, o alterazioni antropiche poco rilevanti, dei valori degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica del tipo di corpo idrico superficiale rispetto a quelli di norma associati a tale tipo inalterato.</p> <p>I valori degli elementi di qualità biologica del corpo idrico superficiale rispecchiano quelli di norma associati a tale tipo inalterato e non evidenziano nessuna distorsione, o distorsioni poco rilevanti.</p> <p>Si tratta di condizioni e comunità tipiche specifiche.</p>	<p>I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano livelli poco elevati di distorsione dovuti all'attività umana, ma si discostano solo lievemente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.</p>	<p>I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale si discostano moderatamente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.</p> <p>I valori presentano segni moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono.</p>

Tab 3.2 Definizioni Generali della qualità ecologica per fiumi, laghi, acque di transizione e acque costiere (WFD 200/60/CE Allegato V).

Guardando alla definizione generale ci si rende immediatamente conto dell'approccio seguito dalla Direttiva, teso ad assegnare il corpo idrico alle classi "elevato" e "buono" in corrispondenza di assenza di distorsioni o alla presenza di solo lievi scostamenti, dei valori degli elementi di qualità, dai valori di norma associati alle condizioni inalterate (Fig. 3.3).

In questo schema strutturale di valutazione della classe di appartenenza di un determinato corpo idrico, identificato e appartenente ad una specifica tipologia, particolare attenzione va rivolta alle classi buono e sufficiente poiché la distanza tra le due va ad incidere fortemente nelle azioni da intraprendere; la prima ha raggiunto l'obiettivo di qualità e va conservata mentre la seconda lo deve raggiungere e di conseguenza scattano misure ed investimenti per il suo miglioramento. Ed è proprio su questi due livelli si è concentrato in modo particolare il processo di intercalibrazione.¹

¹ L'attività di intercalibrazione consiste nel confronto dei risultati delle attività di monitoraggio tra i Paesi UE con l'obiettivo di ottenere una classificazione omogenea e non distorta dello stato ecologico dei corpi idrici del territorio comunitario. In pratica l'intercalibrazione consiste nella fissazione di valori condivisi di EQR corrispondenti al passaggio tra le classi di qualità "elevato" e "buono" e tra "buono" e "sufficiente" per ciascun elemento biologico e per ogni tipo di corpo idrico comune a più Stati membri appartenenti alla medesima ecoregione.

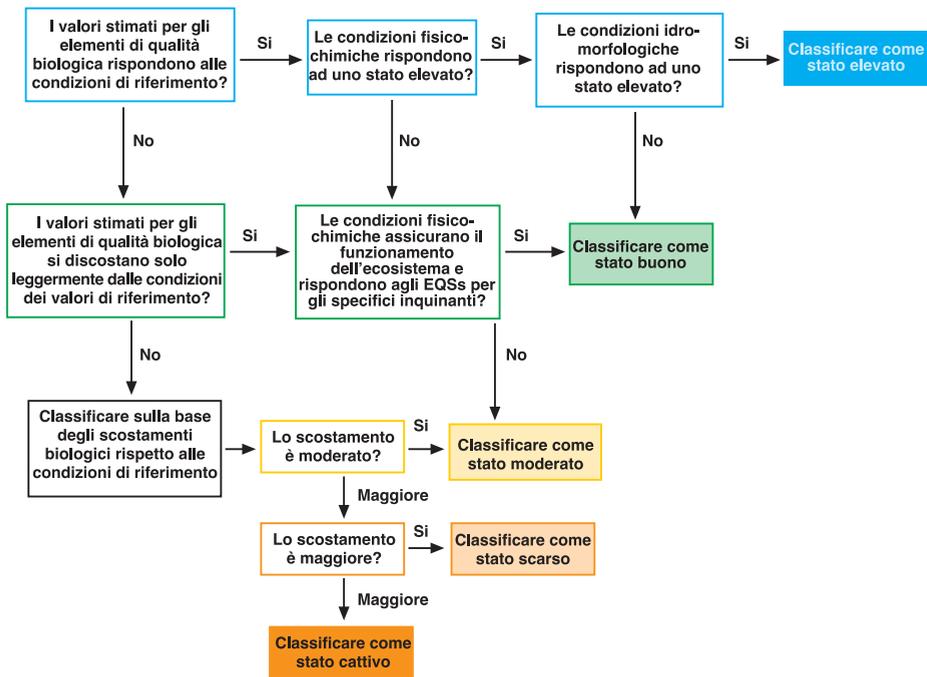


Fig 3.2 Ruolo degli elementi di qualità biologica, idromorfologica e fisico-chimica nella classificazione dello stato ecologico secondo le definizioni normative della WFD Allegato V: 1.2 (da WFD CIS Guidance Document 10 e 5).

In questa struttura di classificazione uno dei primi passi da fare è quindi l'individuazione di corpi idrici nei quali l'impatto umano sui suddetti elementi di qualità sia assente o molto lieve. Queste condizioni indisturbate costituiscono le condizioni di riferimento, sulle quali si fonda l'intero schema di classificazione (Fig. 3.3).

Avendo stabilito i valori delle condizioni di riferimento, sarà possibile utilizzare i sistemi di monitoraggio per misurare di quanto le condizioni ecologiche del corpo idrico siano state alterate dalle pressioni, cioè di quanto il corpo d'acqua si discosti dalle condizioni di riferimento.

Tutto questo ha un costo valutabile in investimenti ed azioni, oltre che degli indubbi vantaggi, poiché se un corpo idrico è in buono stato ecologico e consente la vita della fauna e della flora, sono possibili anche tutti gli altri usi pregiati, quali quello idropotabile.

È importante quindi sviluppare politiche settoriali in grado di determinare nuove strategie di "governo delle acque", che, basate sul bilancio

tra necessità sociali ed economiche da un lato e necessità di tutela della salute e del benessere collettivo derivante dalla conservazione dei sistemi naturali dall'altro, ne renda duratura la possibilità di fruizione, anche da parte delle generazioni future.

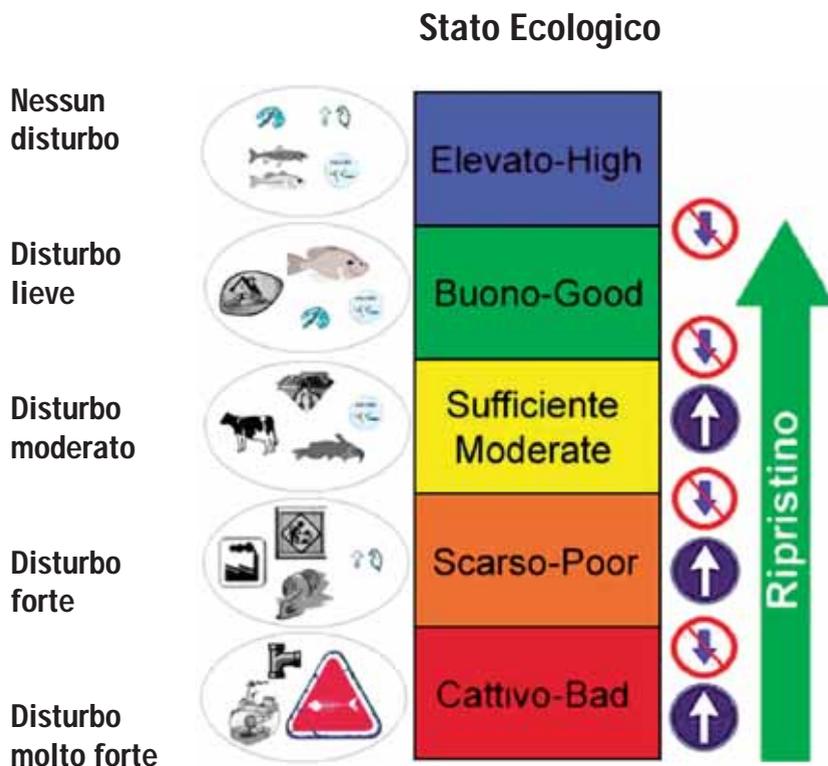


Fig.3.3 Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici. Le diverse classi esprimono il grado di scostamento dalle condizioni di **stato elevato** che corrispondono alla condizione in cui i valori degli elementi di qualità biologica, fisico-chimica e idromorfologica rispecchiano una situazione di nessuna distorsione, o distorsioni poco rilevanti dei valori di norma associati a condizioni inalterate. La figura ribadisce inoltre il principio di non deterioramento dello stato ecologico (divieto di declassare lo stato di un corpo idrico) e la necessità di ripristinare la qualità fino al raggiungimento del buono stato. (da Peter Pollard, Scottish Environment Protection Agency, modificato).

3.3 Le zone umide nell'ambito della Direttiva 2000/60/CE

Le zone umide sono parte integrante del reticolo idrografico nei bacini versanti e il loro ruolo è fondamentale nella gestione del territorio per contribuire al raggiungimento del buono stato ambientale del corpo idrico al quale esse afferiscono. Le loro funzioni ed il loro ruolo (fasce tampone, ecosistemi filtro contro l'inquinamento, zone di esondazione in grado di mitigare l'impatto delle piene e soprattutto zone di tutela della biodiversità animale e vegetale) sono strategici nella pianificazione e realizzazione di interventi di tutela (*Strategia Comune di Implementazione - CIS*).

All'interno di un bacino idrografico, le zone umide rappresentano un universo diversificato che comprende diverse tipologie di elementi territoriali rilevanti per il conseguimento degli obiettivi della Direttiva (Fig. 3.4): corpi idrici lacustri, lagune costiere, zone di estuario, zone riparie, piccoli elementi del reticolo superficiale, ecosistemi dipendenti dalle acque sotterranee, etc. Tutti questi elementi territoriali ricadono direttamente sotto l'azione di tutela della direttiva stessa.

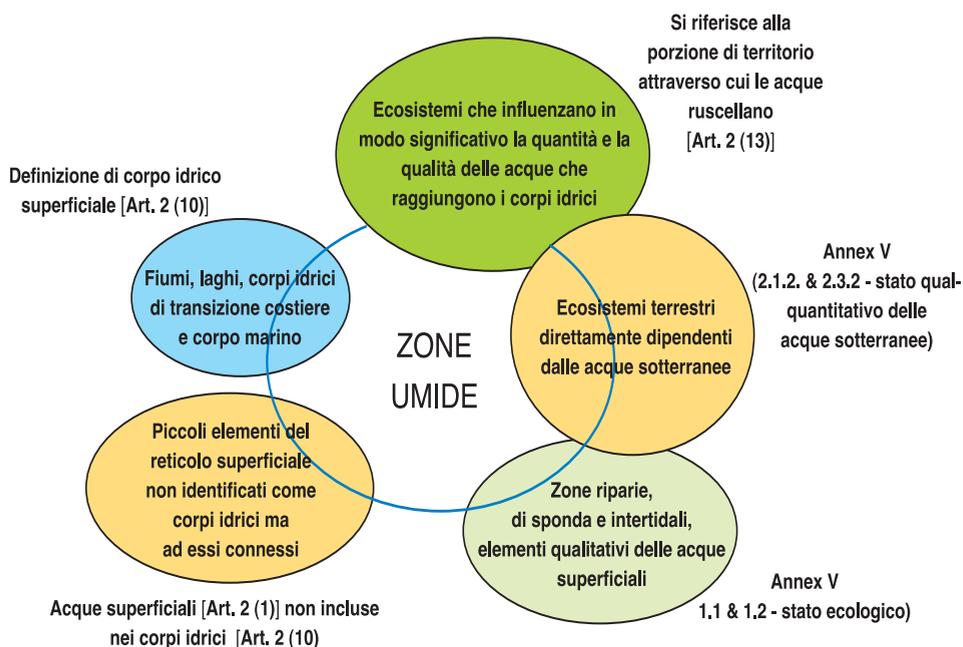


Fig. 3.4 Elementi del reticolo idrografico superficiale che possono essere identificabili come zone umide nel contesto della Direttiva 2000/60/CE.

Benché la loro rilevanza sia ampiamente riconosciuta e sancita anche attraverso importanti convenzioni internazionali, nell'ambito della Direttiva 2000/60/CE le zone umide non sono direttamente comprese tra gli elementi del reticolo superficiale ai quali si applicano gli obiettivi ambientali stabiliti dalla direttiva stessa.

Anche al fine di superare questa ambigua situazione, nel novembre del 2001 la Commissione europea, gli Stati membri e la Norvegia hanno deciso di sviluppare (nel contesto della Strategia Comune di Implementazione) un documento guida per definire il ruolo delle zone umide e degli ecosistemi terrestri nell'ambito della Direttiva 2000/60/CE.

L'Italia è stata incaricata di guidare il gruppo di esperti che, coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, in un anno di lavoro ha prodotto un documento approvato nel novembre 2003 dai Direttori delle Acque europei e dalla Commissione.

L'impostazione generale del documento guida è incentrata sul riconoscimento dei benefici che le zone umide possono esplicare in funzione del raggiungimento degli obiettivi di qualità stabiliti dalla Direttiva e di come contemporaneamente l'azione di tutela dei corpi idrici impostata dalla direttiva per molti versi ricalchi la strategia di protezione degli habitat umidi. A testimoniare l'importanza che hanno assunto tali temi nelle politiche di tutela delle acque degli Stati Membri e della stessa Commissione, i Direttori delle Acque hanno deciso di includere in tutte le linee guida della CIS il seguente testo che ben sintetizza questa impostazione:

“Gli ecosistemi umidi sono elementi dell'ambiente acquatico ecologicamente e funzionalmente significativi, con un ruolo potenzialmente importante nel contribuire a realizzare una gestione sostenibile dei bacini idrografici. La Direttiva Quadro sulle Acque non definisce gli obiettivi ambientali per le zone umide. Tuttavia, le zone umide che dipendono da corpi idrici sotterranei o rappresentano parte di un corpo idrico superficiale o che sono Aree Protette, trarranno beneficio degli obblighi della Direttiva Quadro di proteggere e ristabilire lo stato dell'acqua. Le pertinenti definizioni sono sviluppate nella specifica linea guida CIS sui corpi idrici e sono ulteriormente considerate in un documento guida sulle zone umide.

Le pressioni sulle zone umide (per esempio la loro modificazione fisica o l'inquinamento) possono produrre impatti sullo stato ecologico dei corpi idrici. Le misure per gestire tali pressioni possono essere considerate come parte integrante dei piani di gestione dei bacini idrografici, per il raggiungimento degli obiettivi ambientali della Direttiva.

La creazione e il miglioramento delle zone umide può, in circostanze adatte, offrire meccanismi sostenibili, economicamente validi e socialmente accettabili per contribuire al raggiungimento degli obiettivi ambientali della direttiva. In particolare,

le zone umide possono aiutare a: ridurre gli effetti dell'inquinamento, contribuire ad attenuare gli effetti della siccità e delle inondazioni, aiutare a conseguire una gestione sostenibile delle coste e promuovere il ravvenamento delle acque sotterranee. Il ruolo delle zone umide nell'ambito dei programmi di misure è esaminata nel documento Guida Orizzontale sulle Zone Umide”.

3.4 Il processo di definizione delle tipologie per i corsi d'acqua italiani

Come già accennato nei precedenti paragrafi, la Direttiva Europea sulle Acque (WFD 2000/60/CE) ha lo scopo di istituire un quadro legislativo di riferimento per la gestione integrata delle acque al fine di raggiungere per tutti i corpi idrici identificati come *significativi*, l'obiettivo di qualità *buono* entro 2015.

La Direttiva richiede di individuare e classificare i fiumi in modo accurato, valutando con attenzione le caratteristiche territoriali attraverso un processo che passa per la definizione di *tipologia fluviale*. Il processo di *tipizzazione* si applica esclusivamente a quegli elementi del reticolo idrografico identificati come *corpi idrici* (fiumi o tratti fluviali) e permette di stabilire gli obiettivi ambientali e le misure necessarie per quelli ritenuti a rischio di fallire il raggiungimento del *buono stato ecologico*.

La WFD propone due sistemi per la tipizzazione (Sistemi A e B) entrambi basati sull'utilizzo di parametri di tipo fisico e geologico. In Italia, la procedura proposta per la tipizzazione dei fiumi², prevede l'utilizzo combinato del sistema B e delle *Idro-Ecoregioni (HER)*. Le Idro-Ecoregioni sono aree che al loro interno presentano una limitata variabilità per le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche (geologia, orografia e clima), sperimentate dal CEMAGREF, istituto di ricerca francese, inizialmente per la Francia e poi per tutta l'Europa. Applicando e adattando sperimentalmente questo approccio è stata sviluppata una procedura di definizione dei tipi organizzata in tre livelli sequenziali di approfondimento. La *regionalizzazione* rappresenta il primo step del processo di tipizzazione e prevede di utilizzare la proposta di HER del CEMAGREF, previo verifica a scala locale/regionale la corrispondenza dei risultati: la maggior parte delle regioni italiane ricade in 2 o tre HER, fatta eccezione per il Piemonte.

² Nel nostro paese è stato costituito uno specifico gruppo di lavoro di cui fanno parte esponenti del mondo della ricerca e delle istituzioni al fine di individuare un percorso metodologico ed identificare gli strumenti necessari per il processo di tipizzazione. I risultati delle attività di questo gruppo di lavoro sono in corso di ufficializzazione e rappresentano, pertanto l'approccio italiano alla identificazione dei tipi.

Il secondo step è dedicato alla caratterizzazione della tipologia di *massima* definita sulla base di pochi elementi descrittivi (es. perennità e persistenza, origine del corso idrico, distanza dalla sorgente, morfologia d'alveo, influenza del bacino a monte sul corso idrico) di facile applicabilità e deve consentire una tipizzazione di tutti i corsi d'acqua italiani: questo livello è quello ufficiale per il reporting previsto dalla WFD. Questo step si configura come ulteriore approfondimento delle HER.

Il terzo step serve a definire di una tipologia di *dettaglio*, basata sulla specificità territoriale e sulla disponibilità di data set sito-specifici, al fine di valorizzare i diversi tipi d'informazione presenti nei distretti italiani (es. di tipo climatico, morfologico e geologico). Questa fase aggiuntiva nel processo di tipizzazione serve a valorizzare le conoscenze di dettaglio esistenti (es. morfologia d'alveo, origine del corso idrico, temperatura dell'acqua, Q media annua, granulometria substrato etc.) e nelle situazioni in cui si ritenga utile promuovere verifiche del quadro tipologico risultante: serve anche a definire eventuali sottotipi.

3.5 Bibliografia – capitolo 3

Buffagni A. et al. 2006. *Elementi di base per la definizione di una tipologia per i fiumi italiani in applicazione della Direttiva 2000/60/EC*, Notiziario dei Metodi Analitici, IRSA-CNR 2006 (1): 2-19. Brughiero (MI), Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), 2003. *Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive*. 65 pp.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 031 del 05/02/1976. *Direttiva 76/160/CEE del Consiglio, dell'8 dicembre 1975, concernente la qualità delle acque di balneazione: 0001-0007*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 103 del 25/04/1979. *Direttiva 79/409/CEE del Consiglio, del 2 aprile 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici: 0001-0018*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 135 del 30/05/1991. *Direttiva 91/271/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1991, concernente il trattamento delle acque reflue urbane: 0040-0052*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 164 del 30/06/1994. *Direttiva 94/24/CE del Consiglio dell'8 giugno 1994 che modifica l'allegato II della direttiva 79/409/CEE concernente la conservazione degli uccelli selvatici: 0009-0014*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 206 del 22/07/1992. *Direttiva 92/43/CEE del Consiglio, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche: 0007-0050*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 223 del 13/08/1997. *Direttiva 97/49/CE della Commissione del 29 luglio 1997 che modifica la direttiva 79/409/CEE del Consiglio concernente la conservazione degli uccelli selvatici: 0009-0017*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 229 del 30/08/1980. *Direttiva 80/778/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1980, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano: 0011-0029*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 305 del 08/11/1997. *Direttiva 97/62/CE del Consiglio del 27 ottobre 1997 recante adeguamento al progresso tecnico e scientifico della direttiva 92/43/CEE del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche: 0042-0065*.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 327 DEL 22/12/2000. *Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque*. 71 pp.

Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. L 375 del 31/12/1991. *Direttiva 91/676/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa alla protezione delle acque dell'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole: 0001-0008.*

Wasson J.W., Garcia Bautista A., Chandesris A., Pella H., Armanini D., Buffagni A. 2006, *Approccio delle Idro-Ecoregioni europee e tipologia fluviale in francia per la Direttiva Quadro sulle Acque (Ec 2000/60)*. Notiziario Dei Metodi Analitici, Irsa-Cnr 2006 (1): 2-19. Brughiero (Mi),

4 L'INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE (IFF): GENERALITÀ

4.1 *Premessa*

Nella storia dell'idrobiologia i criteri di valutazione di un corso d'acqua sono stati spesso costruiti rivolgendo l'attenzione solo su singoli aspetti dell'ecosistema acquatico e cercando di ottenere modelli di valutazione basati su un ristretto numero di variabili. Il risultato di questo processo ha portato nel tempo ad una proliferazione di indici chimici, microbiologici e, soprattutto, biologici; questi ultimi, pur avendo tutti una analoga matrice concettuale di applicazione, differiscono essenzialmente per l'oggetto, per i metodi d'indagine fondati su procedure qualitative, semiquantitative o quantitative e per una misura delle varietà di risposta calibrata secondo diversi fattori e livelli di stress ambientale.

Gli indici derivano da un'elaborazione delle risposte fornite dagli indicatori e risentono delle loro caratteristiche, collocandosi su diversi livelli di operatività. I bioindicatori, coinvolgendo più livelli dell'organizzazione biologica, si pongono su gradi gerarchici diversi in un ambito di scala temporale e di attinenza ecologica (Fig. 4.1). Infatti, vi sono indicatori caratterizzati da un tempo di risposta breve ed un'attinenza ecologica bassa ed altri che presentano un tempo di risposta lungo, ma un'attinenza ecologica elevata.

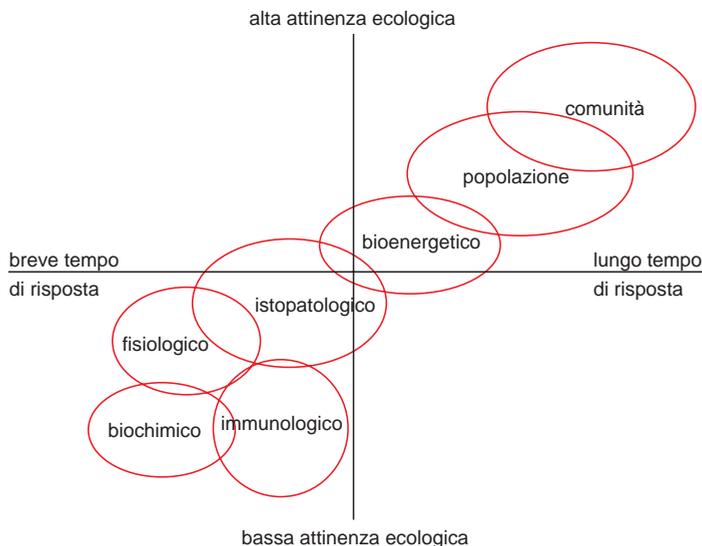


Fig.4.1 Rappresentazione sintetica dei rapporti e delle valenze degli ambiti di azione dei bioindicatori nei confronti dell'attinenza ecologica e del tempo di risposta: si noti la distribuzione degli ambiti di applicazione e la risposta degli indicatori inerenti a diversi modelli d'indagine.

Ad esempio i bioindicatori a livello biochimico possiedono una capacità di risposta piuttosto veloce, ma hanno una scarsa attinenza ecologica, perché investono i più bassi livelli di organizzazione biologica; invece, a livello di comunità, la risposta ecologica può essere anche a lungo termine, ma possiede un'alta attinenza ecologica, in quanto gli effetti degli stress sui sistemi biologici si riflettono ai più alti livelli di organizzazione. È chiaro, inoltre, che il coinvolgimento di più comunità biologiche determina una maggiore attinenza ecologica derivata.

Perciò, accanto ai consolidati indici biotici di valutazione della qualità dell'ambiente acquatico come l'Indice Biotico Esteso (APAT, IRSA-CNR, 2003) - che mantengono la loro piena validità fornendo valutazioni ben più approfondite sullo specifico comparto indagato - si è resa necessaria l'individuazione di metodi di valutazione più olistici e sintetici che, allargando l'orizzonte dell'indagine, tenessero conto di un più ampio ventaglio di elementi ecosistemici e indagassero sull'insieme dei processi coinvolti nelle dinamiche fluviali fisiche e biologiche.

4.2 Cenni Storici

L'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) deriva dal **RCE-I** (Riparian Channel Environmental Inventory). Tale metodo, ideato da R. C. Petersen dell'Istituto di Limnologia dell'Università di Lund (Svezia) e pubblicato nel 1992 (Petersen, 1992), presentava una scheda costituita da 16 domande, con 4 risposte predefinite per ognuna di esse. Scopo primario della metodica era la raccolta delle informazioni relative alle principali caratteristiche ecologiche del corso d'acqua, al fine di redigere un inventario dello stato degli alvei e delle fasce riparie dei fiumi svedesi. In tale ambito di utilizzo l'espressione di valutazioni ambientali, pur ricavabili dai punteggi attribuiti alle singole caratteristiche, rappresentava più un "sottoprodotto" che un esplicito obiettivo dell'indagine.

Nel 1990 la scheda è stata applicata in Trentino su 480 tratti dei principali corsi d'acqua (Siligardi e Maiolini, 1990). L'analisi critica dei dati così raccolti ha evidenziato la necessità di apportare alcune modifiche di rilievo al metodo originale, al fine di adattare la metodologia alle caratteristiche morfo-ecologiche dei corsi d'acqua italiani, soprattutto di tipo alpino e prealpino. Man mano, nel corso delle sue molteplici applicazioni, è emersa con sempre maggior evidenza l'importanza che tale metodologia poteva assumere, non solo come supporto per un inventario delle caratteristiche ambientali, ma soprattutto come modello di definizione della qualità ambientale. È stato pertanto proposto l'**RCE-2**, con una nuova scheda per la valutazione (Siligardi

e Maiolini, 1993).

L'esigenza di disporre di nuovi strumenti di valutazione dell'ecosistema, senza nulla togliere allo specifico contenuto informativo fornito dagli indici biologici, microbiologici e chimici, ormai consolidati, era nel frattempo fortemente maturata nella cultura idrobiologica, come dimostra la veloce diffusione dell'applicazione del nuovo indice RCE-2 nel territorio italiano. L'indice, infatti, è stato applicato estesamente non solo in zone alpine, ma anche in aree di pianura, appenniniche e del sud Italia. Il workshop "*La qualità ambientale dei corsi d'acqua: RCE-2 Riparian Channel and Environmental Inventory*", tenutosi a Saluggia nel 1997, ha permesso di constatare come la scheda RCE-2 fosse stata più volte sottoposta a ritocchi e modifiche - talora rilevanti - per adattarla a specifiche tipologie di corsi d'acqua, ad obiettivi di indagine particolari o alle esigenze metodologiche dei ricercatori, talora con formazione professionale estranea alla cultura biologico-naturalistica.

Tale proliferazione di applicazioni e di modifiche testimoniava lo spiccato interesse del metodo e la sua rispondenza ad esigenze diffuse ma, al tempo stesso, evidenziava una sua insufficiente calibrazione all'ampio ventaglio di tipologie di corsi d'acqua italiani e rendeva più che concreti i timori che il nome generico RCE si avviasse a comprendere una famiglia eterogenea di indici con contenuti ed obiettivi divergenti. Da ciò l'esigenza di produrre un aggiornamento del metodo che lo rendesse più generalizzabile (coprendo le varie tipologie fluviali italiane), ne definisse con maggior rigore le finalità e ne garantisse la confrontabilità dei risultati attraverso la stesura di linee guida e di precise istruzioni per gli utilizzatori.

A tal fine, l'allora Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (A.N.P.A., ora APAT) ha riunito nel 1998 un Gruppo di Lavoro - costituito da esperti nel campo dell'ecologia fluviale - che, a seguito di approfondite riflessioni e confronti, ha apportato varie modifiche alle domande e alle risposte della scheda, al loro significato e al loro peso. L'insieme delle modifiche apportate - spesso apparentemente lievi ma, in realtà, sostanziali - è risultato talmente rilevante da richiedere una nuova denominazione dell'indice. Il nuovo nome attribuito all'indice, **Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)**, sottolinea efficacemente la nuova chiave di lettura che permea ogni domanda della scheda di rilevamento.

Alla fine del 2004, nell'ambito dell'Accordo di Programma Quadro per la Tutela delle Acque e la Gestione Integrata delle Risorse Idriche, stipulato tra il Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e la Provincia Autonoma di Trento, è stato costituito un altro Gruppo di Lavoro, composto dagli autori del primo manuale, da altri tecnici esperti del settore e da rappresentanti del Ministero e di APAT, finalizzato ad adeguare l'indice IFF alla filosofia ed alle

indicazioni della Direttiva 2000/60/CE, anche in coerenza con i contenuti del documento “Wetlands Horizontal Guidance” elaborato nel contesto del processo di implementazione della Direttiva stessa; in particolare si è ritenuto opportuno considerare esplicitamente le zone umide tra gli elementi da considerare ai fini della valutazione della funzionalità degli ambienti fluviali.

Con l’occasione è stata effettuata una completa revisione del metodo, allo scopo sia di risolvere alcune difficoltà di interpretazione, sia di inserire alcuni aspetti non completamente presi in considerazione nella prima versione.

4.3 Finalità e definizione degli obiettivi

L’obiettivo principale dell’indice consiste nel rilievo dello stato complessivo dell’ambiente fluviale e nella valutazione della sua funzionalità, intesa come risultato della sinergia e dell’integrazione di un’importante serie di fattori biotici ed abiotici presenti nell’ecosistema acquatico e in quello terrestre ad esso collegato.

Attraverso l’analisi di parametri morfologici, strutturali e biotici dell’ecosistema, interpretati alla luce dei principi dell’ecologia fluviale, vengono rilevate le funzioni ad essi associate, nonché l’eventuale allontanamento dalla condizione di massima funzionalità, individuata rispetto ad un modello ideale di riferimento. La lettura critica ed integrata delle caratteristiche ambientali consente così di definire un indice globale di funzionalità.

La metodica, proprio per l’approccio olistico, fornisce informazioni che possono differire, anche sensibilmente, da quelle fornite da metodi di valutazione che considerano una specifica comunità o comparto ambientale (es.: analisi biologiche, chimiche, microbiologiche, ecc.).

Occorre tenere conto, inoltre, che i diversi approcci differiscono non solo per il valore di riferimento, ma anche per il livello gerarchico dei comparti ambientali oggetto di studio: i metodi chimici e microbiologici limitano il loro campo di indagine all’acqua fluente, gli indici biotici lo estendono all’alveo bagnato l’IFF all’intero sistema fluviale. Man mano che si restringe il campo d’indagine ai livelli gerarchici inferiori si utilizzano strumenti d’indagine più sofisticati e si ottengono informazioni più precise e dettagliate su una componente ambientale più ristretta. Salendo ai livelli gerarchici superiori si riducono la precisione e il dettaglio, mentre aumenta l’informazione di sintesi. Passando dallo studio dei sistemi gerarchici inferiori a quelli

superiori si cambia lo strumento di indagine: in senso figurato, si passa dal microscopio al macroscopio.

Non si tratta quindi di metodi alternativi o in competizione, ma di strumenti complementari, che concorrono a fornire una conoscenza completa del sistema fluviale.

La valutazione della funzionalità fluviale attraverso l'utilizzo di un indice globale trova vasta applicazione nell'ambito delle indagini conoscitive sugli ecosistemi acquatici. Gli obiettivi dell'indagine possono limitarsi al rilevamento dello stato di "salute" di un corso d'acqua o mirare direttamente all'individuazione di ambienti o tratti di corsi d'acqua ad alta valenza ecologica per approntare strumenti di salvaguardia o, viceversa, all'individuazione di tratti degradati per predisporre interventi di ripristino e riqualificazione degli ambienti fluviali. Altri campi di applicazione sono sia la valutazione dell'impatto di determinate opere che la valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento.

L'esigenza diffusa di procedere a interventi di riqualificazione o rinaturalizzazione dei corsi d'acqua può trovare nell'IFF un valido strumento operativo per individuare i tratti fluviali che necessitano maggiormente di intervento, per evidenziare i singoli elementi da recuperare (es. vegetazione riparia, sinuosità, qualità delle acque, ecc.) e, infine, per verificare l'efficacia degli interventi stessi (con opportuni accorgimenti, anche per valutazioni previsionali).

Un uso più estensivo dell'IFF è sicuramente quello di utilizzarlo come strumento di pianificazione territoriale ed urbanistico. Infatti è possibile fornire indicazioni progettuali di destinazione urbanistica di vaste zone di pertinenza fluviale, tutelando le zone riparie e golenali quali elementi dell'ecosistema fiume. In questo caso è possibile delineare e definire ambiti fluviali con una loro dignità, che dovranno essere mantenuti o esaltati per le loro funzioni tampone e di corridoio fluviale, anche in un'ottica di reti ecologiche.

La definizione dell'obiettivo dell'indagine comporta quindi anche differenti livelli di scala di rilevamento e, soprattutto, definisce la frequenza con cui il rilevamento va eseguito. Il monitoraggio, inteso come indagine conoscitiva dell'ambiente fluviale, può infatti essere eseguito con cadenza pluriennale; in ogni caso, campagne di indagine più ravvicinate sono giustificate solo qualora si siano verificate variazioni significative dei parametri oggetto di studio. Nel caso di progetti di riqualificazione ambientale, invece, il rilievo andrebbe eseguito almeno nella fase che precede gli interventi e, con una frequenza maggiore, nella fase successiva.

L'IFF, riportato su carte di facile comprensione, consente quindi di cogliere

con immediatezza la funzionalità dei singoli tratti fluviali; può essere uno strumento particolarmente utile per la programmazione di interventi di ripristino dell'ambiente fluviale e per supportare le scelte di una politica di conservazione degli ambienti più integri.

4.4 Funzionalità e naturalità

Nell'elaborazione e nell'utilizzo di indici è di fondamentale importanza la consapevolezza del reale significato ecologico dei giudizi espressi: mentre la raccolta di dati e la predisposizione di un inventario è un processo oggettivo, la costruzione e l'applicazione di un indice che esprime un giudizio secondo una scala di valori introduce necessariamente un fattore di soggettività. Deve quindi essere chiaro quale valore ambientale di riferimento (o aspetto della qualità) viene utilizzato: la naturalità, la funzionalità, l'integrità ecologica, la biodiversità, ecc.

In quest'ottica, l'IFF è uno strumento che dichiara in modo esplicito, già dalla sua definizione di Indice di Funzionalità Fluviale, il valore ambientale misurato e, di conseguenza, le potenzialità e i limiti di utilizzo dei dati ottenuti.

La Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) ha introdotto nella normativa italiana relativa alla qualità delle acque superficiali un concetto, nuovo dal punto di vista normativo, ma ecologicamente assodato, di scostamento dalle condizioni di riferimento. Infatti, l'espressione del giudizio di qualità per ciascun corpo idrico si basa sulla valutazione dell'entità delle alterazioni indotte dalle attività antropiche sulle comunità biotiche e sugli elementi idromorfologici e chimico-fisici (considerati a sostegno degli elementi biologici) caratteristici della tipologia ambientale a cui appartiene. In pratica, si richiede quindi di utilizzare, come valore ambientale di riferimento, la naturalità, sia dal punto di vista delle comunità che da quello di tipo idromorfologico.

L'IFF considera proprio tutti gli elementi di tipo idromorfologico citati dalla Direttiva, tra i quali sono comprese le caratteristiche della zona riparia anche dal punto di vista vegetazionale, ma utilizza le informazioni raccolte per esprimere un giudizio riferito alle condizioni teoriche di massima funzionalità, caratteristiche di un corso d'acqua ideale.

Va osservato come in molti casi le condizioni di massima naturalità corrispondano a quelle di massima funzionalità: per molti corpi idrici il valore dell'IFF può quindi fornire una stima soddisfacente (seppur approssimata e

indiretta) anche della naturalità.

I problemi nascono nei (non pochi) casi di non corrispondenza tra naturalità e funzionalità. Ad esempio, si può pensare a:

- tratti fluviali al di sopra del limite della vegetazione arborea (l'assenza della vegetazione arborea riparia comporta ridotti valori di IFF, anche in condizioni di massima naturalità);
- tratti montani privi di piana alluvionale (e perciò naturalmente privi di possibilità di esondazione), che risulteranno sempre avere una funzionalità ridotta, anche in condizioni assolutamente naturali;
- tratti fluviali in forre rocciose e, perciò, privi di vegetazione riparia (ridotta funzionalità);
- tratti fluviali con "anomalie", ad es. alimentati da sorgenti sulfuree, termominerali, saline, ecc.

I tratti fluviali ad elevata naturalità che presentano bassi livelli di IFF, 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.

La valutazione della *funzionalità* fornita dall'IFF, 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'IFF in un giudizio di naturalità.

L'IFF ha però una valenza "ibrida", in quanto le modalità di rilevamento 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.

È quindi possibile, ad esempio, utilizzare alcune domande della scheda IFF per il calcolo di sub-indici settoriali (quali la funzionalità della vegetazione perifluviale o la funzionalità morfologica), o direttamente, per l'informazione in esse contenute (quali l'idoneità ittica o l'erosione).

4.5 Funzionalità potenziale e reale (assoluta e relativa)

Chiarito dunque il dilemma tra *naturalità* e *funzionalità*, resta da considerare la possibilità di ricavare dallo stesso metodo IFF 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 corso d'acqua (misurata attraverso il rilievo IFF) con quella *potenziale*,

corrispondente alle sue condizioni di riferimento naturali. Tali condizioni possono essere definite attraverso l'identificazione delle condizioni di massima funzionalità raggiungibile, nel tratto specifico, per ciascun aspetto considerato dal metodo (e, quindi, per ciascuna domanda). Il rapporto tra IFF reale e potenziale, definibile come funzionalità *relativa*, può fornire una misura di naturalità, coerente quindi con la filosofia della Direttiva Quadro.

L'IFF fornisce quindi un valore di funzionalità *reale assoluta*, riferita cioè ad un corso d'acqua teorico, in cui ciascuno dei caratteri considerati si trova nella condizione migliore. Se, invece, questo valore di IFF viene rapportato a quello potenziale della sua condizione di riferimento, si ottiene la funzionalità *reale relativa*. Si noti che è possibile calcolare la funzionalità relativa anche per gruppi di domande dell'IFF congruenti ad un aspetto dell'ecologia fluviale, come per esempio quello idromorfologico, ottenendo così elementi direttamente utilizzabili per valutare alcuni aspetti dello stato ecologico, soddisfacendo direttamente i requisiti della Direttiva.

L'introduzione del confronto con le condizioni di riferimento e la conseguente espressione di un giudizio di *funzionalità relativa* mediante l'IFF non è, comunque, un *obbligo*, ma un' *opportunità* che, fornendo un'informazione addizionale sintetica di particolare valore gestionale, colma una lacuna e accresce ulteriormente la potenzialità e 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 non può essere totalmente procedurizzato, e che, quindi, 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 fluviali.

Nell'allegato a pag. 322 è riportata una tipologia di scheda utilizzabile nell'esercizio della ricerca dalle funzionalità relative

4.6 Bibliografia – capitolo 4

APAT, IRSA-CNR, 2003. *Metodi analitici per le acque. Volume 3, Sezioni 6000-7000-8000-9000. Manuali e Linee Guida APAT n. 29: 843-1153.*

Petersen R.C. 1992. *The RCE: A Riparian, Channel, and Environmental inventory for small streams in agricultural landscape.* Freshwater Biology, 27: 295-306.

Rosgen D. 1994. *A classification of natural rivers.* Catena, 22: 169-199.

Rossi G.L., Minciardi M.R., Azzollini R., Poma S. 2005. *L'utilizzo di subindici derivati dall'IFF per la caratterizzazione ed il monitoraggio degli ambienti fluviali.* Biologia Ambientale 19(1): 161-164

Siligardi M. e Maiolini B. 1990. Prima applicazione di un nuovo indice di qualità dell'ambiente fluviale. In: P. La Spada (Ed.). *Atti del Convegno "AMBIENTE '91"*. 4-5 ottobre 1990, Terme di Comano (TN). Provincia Autonoma di Trento, Servizio Ripristino e Valorizzazione Ambientale. Trento: 147-177.

Siligardi M. e Maiolini B. 1993. *L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini: guida all'uso della scheda RCE-2.* Biologia Ambientale, VII, (2):18-24.

5 INDICE DI FUNZIONALITÀ FLUVIALE: PROTOCOLLO DI APPLICAZIONE

5.1 *Ambito di applicazione*

L'Indice di Funzionalità Fluviale è strutturato per essere applicato a qualunque ambiente d'acqua corrente, sia di montagna sia di pianura: può essere usato perciò sia in torrenti e fiumi di diverso ordine e grandezza sia in rogge, fosse e canali, purché abbiano acque fluenti, sia in ambienti alpini sia appenninici, insulari e mediterranei in genere.

Come ogni altro metodo, presenta dei limiti d'applicabilità; più precisamente, esistono ambienti nei quali il metodo presenta difficoltà applicative dovute alle caratteristiche intrinseche dell'ambiente in esame. In alcuni casi, quindi, l'applicazione del metodo è sconsigliata, in altri i risultati ottenuti devono essere letti con attenzione per evitare errate valutazioni.

Un caso di non applicabilità è quello degli ambienti di transizione e di foce, dove la salinità delle acque e la dipendenza della corrente dall'azione delle maree contribuiscono alla definizione di un ambiente sostanzialmente diverso da quelli dulciacquicoli correnti e perciò non valutabile con questo indice.

Analogamente il metodo non può essere applicato alle acque ferme (laghi, lagune, stagni, acque relittuali, ecc.).

È possibile applicare l'IFF anche a tratti puntuali (ad esempio per verificare l'impatto di una centralina o di un'opera di presa), ma in questo caso è necessario percorrere e compilare le schede anche per i tratti a valle e a monte della zona di interesse, in modo da avere un quadro complessivo della situazione.

5.2 *Struttura della scheda*

La scheda IFF si compone di una intestazione con la richiesta di alcuni metadati e di 14 domande che riguardano le principali caratteristiche ecologiche di un corso d'acqua; per ogni domanda è possibile esprimere una sola delle quattro risposte predefinite.

I metadati richiesti riguardano il bacino, il corso d'acqua, la località, la larghezza dell'alveo di morbida, la lunghezza del tratto omogeneo in esame, la quota media del tratto, la data del rilievo, il numero della scheda, il numero della foto e il codice del tratto omogeneo.

Alle risposte sono assegnati pesi numerici raggruppati in 4 classi (con peso

minimo 1 e massimo 40) che esprimono le differenze funzionali tra le singole risposte. L'attribuzione degli specifici pesi numerici alle singole risposte non ha particolari giustificazioni matematiche, ma deriva da valutazioni di esperti sull'insieme dei processi funzionali influenzati dalle caratteristiche oggetto di ciascuna risposta.

Il punteggio di IFF, ottenuto sommando i punteggi parziali relativi ad ogni domanda, può assumere un valore minimo di 14 e uno massimo di 300.

Esiste un caso di domanda ripetuta (domanda 2 e 2bis), che deve essere affrontato rispondendo solo a quella pertinente alla situazione effettivamente rilevata nel tratto, fascia perifluviale primaria o secondaria (cfr. paragrafo 6.2).

SCHEDA INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Bacino:..... Corso d'acqua.....
 Località.....
 Codice.....
 tratto (m)..... larghezza alveo di morbida (m)..... quota (m) s.l.m.
 data scheda N°..... foto N°.....

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

1) Stato del territorio circostante

a) assenza di antropizzazione	25		25
b) compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20		20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5		5
d) aree urbanizzate	1		1

2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	40		40
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25		25
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10		10
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20		20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10		10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1		1

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d) assenza di formazioni funzionali	1		1

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

5) Condizioni idriche

a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico		10	
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte		5	
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	

6) Efficienza di esondazione

a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida		25	
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)		15	
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)		5	
d) tratti di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida		1	

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici

a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)		25	
b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)		5	
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	

8) Erosione

a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1

9) Sezione trasversale

a) alveo integro con alta diversità morfologica		20	
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15	
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5	
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1	

	<i>sponda</i>	dx		sx
--	---------------	----	--	----

10) Idoneità ittica

a) elevata		25	
b) buona o discreta		20	
c) poco sufficiente		5	
d) assente o scarsa		1	

11) Idromorfologia

a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1	

12) Componente vegetale in alveo bagnato

a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
b) film perifitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10	
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5	
d) perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	

13) Detrito

a) frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15	
b) frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
c) frammenti polposi		5	
d) detrito anaerobico		1	

14) Comunità macrobentonica

a) ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1	

Punteggio totale			
<i>Livello di funzionalità</i>			

5.3 Livelli e mappe di funzionalità

Il punteggio finale viene tradotto in 5 livelli di funzionalità (L.F.), espressi con numeri romani (dal I che indica la situazione migliore al V che indica quella peggiore), ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità; sono inoltre previsti livelli intermedi, al fine di meglio graduare il passaggio da una classe all'altra (Tab. 5.1).

VALORE DI I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ	COLORE
261 - 300	I	ottimo	Blu
251 - 260	I-II	ottimo-buono	
201-250	II	buono	verde
181 - 200	II-III	buono-mediocre	
121 - 180	III	mediocre	giallo
101 - 120	III-IV	mediocre-scadente	
61 - 100	IV	scadente	arancio
51 - 60	IV-V	scadente-pessimo	
14 - 50	V	pessimo	rosso

Tab. 5.1 Livelli di funzionalità e relativo giudizio e colore di riferimenti.

Ad ogni livello di funzionalità viene associato un colore convenzionale per la rappresentazione cartografica; i livelli intermedi vengono rappresentati con un tratteggio a barre oblique a due colori alternati. La rappresentazione grafica viene effettuata con due linee, corrispondenti ai colori dei Livelli di Funzionalità, distinguendo le due sponde del corso d'acqua. Essa può essere eseguita su carte in scala 1:10.000 o 1:25.000 per una rappresentazione di dettaglio e in scala 1:100.000 per una rappresentazione d'insieme. Qualora esigenze di rappresentazione cartografica impongano di unificare alcuni tratti con diverso livello di funzionalità, vanno utilizzati il livello prevalente e il relativo colore. 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 IFF ed, eventualmente, i punteggi assegnati ai diversi gruppi di domande. Ciò può consentire di evidenziare meglio le componenti ambientali più compromesse e di conseguenza di orientare le politiche di ripristino ambientale.

5.4 Le competenze degli operatori

Il requisito essenziale dell'operatore che intende applicare l'IFF è un'adeguata conoscenza dell'ecologia fluviale e delle dinamiche funzionali ad essa correlate. Infatti, sebbene la scheda IFF permetta di rilevare oggettivamente le caratteristiche fluviali in esame, la sua compilazione richiede una lettura critica dell'ambiente e una forte capacità di giudizio delle informazioni ricavate. Una compilazione superficiale, quasi meccanica, della scheda può produrre giudizi errati e molto lontani dalla corretta valutazione della funzionalità.

È comunque necessario operare, almeno nella fase di prima applicazione dell'indice, sotto la guida di personale esperto e seguire appositi corsi di formazione.

5.5 Indagini preparatorie

L'applicazione della scheda IFF necessita in primo luogo della conoscenza approfondita dell'ambiente che si va ad indagare. A tal fine è necessario disporre di una idonea cartografia, che permetta di inquadrare il corso d'acqua nel suo insieme, di definire l'uso del suolo, di individuare le strade ed i punti di accesso al fiume.

Possono rivelarsi molto utili carte tematiche (es. carta della vegetazione, carta di uso del suolo) e foto aeree. Oggi la possibilità di ottenere foto aeree di tutto il corso d'acqua d'interesse, a diverse scale, è alla portata di tutti, grazie al software Earth Google, scaricabile gratuitamente dal sito <http://earth.google.com>.

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.

Altre informazioni utili sono:

- morfologia del bacino (asta principale, affluenti ecc.);
- regime idrico;
- presenza e tipologia di derivazioni;
- presenza e tipologia degli scarichi;
- dati, non anteriori ai due anni, relativi al monitoraggio biologico delle comunità acquatiche;
- dati relativi ad eventuali precedenti applicazioni dell'IFF.

Il materiale necessario per l'applicazione del metodo è relativamente ridotto ma essenziale e consiste di:

- abbigliamento da trekking ed equipaggiamento personale di sicurezza adeguato
- cartografia 1:10.000 del corso d'acqua, per il rilievo di dettaglio
- un numero adeguato di schede per il rilievo
- macchina fotografica
- telemetro ottico laser (consigliabile)
- matita e gomma per cancellare
- fogli per l'annotazione di casi di particolare interesse
- corda metrica
- stivali da pescatore
- retino da macrobenthos, vaschette e pinzette.

5.6 *Modalità di rilievo*

Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso fra il regime idrologico di morbida e quello di magra e comunque in un periodo di attività vegetativa.

La scheda deve essere compilata percorrendo il tratto da monitorare a piedi da valle verso monte, osservando le due rive. L'operazione risulterà semplificata nel caso di presenza di strade arginali e di accessi frequenti al corso d'acqua; in assenza di tali accessi sarà comunque indispensabile percorrere interamente il corso d'acqua. A seconda della lunghezza del corso d'acqua in esame e della più o meno facile accessibilità, occorre prevedere di effettuare un adeguato numero di uscite in campo. Per questioni di praticità e di sicurezza, si consiglia che il rilievo venga eseguito da almeno due operatori.

Percorrendo il corso d'acqua da valle verso monte, è necessario identificare di volta in volta un tratto omogeneo per le caratteristiche da rilevare, per il quale andrà compilata un'unica scheda. Non appena si verifichi un cambiamento significativo, anche in uno solo dei parametri da rilevare, va identificato un successivo tratto omogeneo per una nuova scheda. Il tratto omogeneo può dunque essere breve o lungo rispetto alle dimensioni del corso d'acqua. Occorre tuttavia evitare di compilare schede per tratti troppo brevi: ne risulterebbe una rappresentazione cartografica di lettura faticosa, mentre il continuo richiamo dell'attenzione ai singoli casi particolari andrebbe a scapito della visione d'insieme. Per evitare tali rischi sono utili le seguenti indicazioni di massima sulla lunghezza del Tratto Minimo Rilevabile (TMR),

rapportata alla larghezza dell'alveo di morbida (Tab. 5.2):

Larghezza alveo di morbida	Tratto Minimo Rilevabile (TMR)
fino a 5 m	30 m
fino a 10 m	40 m
fino a 30 m	60 m
fino a 50 m	75 m
fino a 100 m	100 m
> 100 m	pari alla larghezza

Tab. 5.2 Tratto Minimo Rilevabile.

È possibile effettuare il rilievo ad un dettaglio maggiore in caso di studi particolari o di situazioni che lo richiedano. Per tratti omogenei molto lunghi, si ritiene opportuno compilare comunque orientativamente almeno una scheda ogni km, in modo da tenere sotto controllo la situazione.

La presenza di ponti o altri attraversamenti non giustifica la compilazione di un'apposita scheda; l'ambiente va quindi letto con continuità ignorando manufatti puntuali, a meno che essi non comportino alterazioni rilevanti per un tratto di lunghezza superiore al TMR. Analoga considerazione vale per briglie e traverse, purché non siano di grandezza tale da variare sensibilmente le caratteristiche per un tratto superiore al TMR.

Una volta definito il tratto omogeneo da rilevare è opportuno misurarne la lunghezza, magari utilizzando un telemetro ottico laser, riportandola sulla scheda di rilevamento: sulla carta topografica vanno riportati gli estremi del tratto e il numero della scheda corrispondente. Le schede vanno numerate in ordine progressivo di compilazione, da valle verso monte.

Nel caso di fiumi di pianura con folta vegetazione spondale e rive scoscese, gli accessi possono essere obbligati e distanti e una visione da un ponte permette di osservare la struttura vegetazionale con una prospettiva che non sempre è esaustiva. Per tale motivo è consigliabile ripercorrere il corso d'acqua con una barca per rilevare eventuali interruzioni vegetazionali e situazioni di naturalità o artificialità della sponda altrimenti non rilevabili da una osservazione esterna al corso d'acqua.

Le domande della scheda IFF prevedono la possibilità di definire un dato elemento attraverso 4 risposte alternative che, nella loro gradualità dalla prima alla quarta, evidenziano rispettivamente la massima e la minima funzionalità ecologica associata a tale elemento. Poiché spesso quattro sole casistiche sono insufficienti a differenziare adeguatamente le innumerevoli situazioni reali, è possibile che durante il rilievo la scelta di attribuire la situazione osservata ad

una di queste risposte risulti problematica; in questo caso l'operatore, dopo una lettura attenta e una riflessione sulle funzioni ecologiche analizzate dalla domanda, deve necessariamente forzare la propria scelta verso la risposta più vicina alla situazione osservata. È comunque indispensabile rispondere a tutte le domande.

Per alcune domande è prevista la possibilità di attribuire un punteggio diverso per la sponda idrografica destra (dx) e sinistra (sx); nel caso in cui le due sponde presentino caratteristiche simili, si risponderà segnando lo stesso punteggio nelle due colonne. Nel caso in cui il parametro rilevato sia unico, perché riferito all'alveo bagnato od all'insieme della fascia fluviale, va attribuito un unico punteggio nell'apposita colonna centrale.

Al fine di una più particolareggiata raccolta di informazioni relativa ai tratti in esame, risulta utile effettuare una documentazione fotografica dei tratti stessi, avendo l'accortezza di segnare sulla scheda di rilievo il numero della fotografia eseguita, per una più agevole identificazione della stessa; in generale uno schizzo della sezione trasversale e/o della pianta può permettere di annotare le eventuali particolarità del tratto e di riportare le misure di alcuni parametri, come ad esempio la larghezza dell'alveo bagnato e di morbida, l'ampiezza della zona riparia, la presenza di manufatti artificiali, ecc.

Dopo la compilazione della scheda in ogni sua parte, si effettua la somma dei punteggi ottenuti, determinando il valore di IFF per ciascuna sponda, avendo l'accortezza di computare i punteggi attribuiti nella colonna centrale sia per la sponda sinistra che per quella destra. Ai valori di IFF così ottenuti si associa il relativo livello di funzionalità e giudizio di funzionalità.

5.7 *Trattamento statistico dei dati*

I dati IFF producono una fotografia dello stato funzionale di un corso d'acqua e possono essere elaborati per ottenere maggiori informazioni inerenti alla complessità del sistema. Dal punto di vista statistico, l'analisi dei dati prodotti mediante questo approccio richiede alcune cautele ed è poco appropriato il ricorso a metodi statistici parametrici. Il fatto che le metriche utilizzate siano basate su punteggi discreti e non su variabili continue rende preferibile analizzare i dati IFF mediante tecniche che considerino i ranghi piuttosto che i valori effettivamente ottenuti.

Per questo stesso motivo è preferibile esprimere la tendenza centrale di una serie di valori mediante la mediana e, eventualmente, i percentili più rilevanti invece che utilizzare la media e la deviazione standard o le misure di dispersione derivate da quest'ultima. Per ciò che riguarda la tendenza

a covariare dei dati IFF, sia con altre grandezze, sia fra loro, per lo stesso motivo citato in precedenza si consiglia di utilizzare misure di correlazione basate sui ranghi, come i coefficienti di Spearman o di Kendall.

La natura ordinale dei dati IFF deve guidare la scelta dei metodi di analisi statistica più appropriati anche nel caso del confronto fra due o più serie di osservazioni. Essa, infatti, non è compatibile con metodi parametrici come il test *t* di Student o l'Analisi della Varianza che, fra le altre assunzioni, richiedono la distribuzione normale dei dati. Pur essendo stata più volte sottolineata la robustezza di molti approcci parametrici alle deviazioni dalle condizioni ideali di applicazione, è senza dubbio preferibile fare ricorso a metodi non parametrici, quali il test di Mann-Whitney per il confronto fra due serie di osservazioni o il test di Kruskal-Wallis per il confronto simultaneo di più serie. Entrambi gli approcci citati (ed altri analoghi) utilizzano i ranghi piuttosto che i valori delle variabili analizzate e sono quindi perfettamente idonei a catturare la natura ordinale e non continua dei dati IFF.

Per quanto riguarda l'analisi multivariata dell'insieme delle metriche che sottendono i dati IFF, il panorama dei metodi di analisi utilizzabili è molto vasto e comprende, fra l'altro, svariati algoritmi di clustering, sia gerarchico sia non gerarchico, e quelle fra le tecniche di ordinamento che non sono basate sull'assunzione di linearità delle relazioni fra le variabili considerate.

Nel primo caso, ovviamente, risulterà di grande importanza la scelta di una misura appropriata di distanza o di similarità. Poiché i dati IFF sono derivati da una somma di punteggi, la misura di distanza più adatta a tradurre le relazioni fra osservazioni è certamente la metrica di Manhattan, che equivale alla somma delle differenze in valore assoluto fra gli elementi di due vettori ovvero, nel caso dell'IFF, fra i punteggi assegnati alle singole metriche che compongono l'indice. Questa necessità può costituire un limite nella scelta di soluzioni di clustering non gerarchico, poiché queste sono nella maggior parte dei casi basate su distanze euclidee, le quali tendono a "comprimere" non linearmente le differenze fra osservazioni IFF. Gli algoritmi non gerarchici, al contrario, prevedono sempre la selezione della metrica di riferimento, ma richiedono di effettuare una scelta fra gli algoritmi disponibili. Fra i più utili possono essere citati quello del legame completo e quello del legame medio. Quest'ultimo è spesso indicato anche come UPGMA o *paired groups*.

Fra le tecniche di ordinamento è opportuna la scelta di metodi che siano adatti a trattare direttamente matrici di distanze o dissimilarità o che possano utilizzare variabili non strettamente quantitative. Fra i primi possono essere segnalati l'Analisi delle Coordinate Principali, che può essere utilizzata

nel caso di misure di distanza o di dissimilarità che possiedano proprietà metriche, come nel caso della metrica di Manhattan, ed il Multidimensional Scaling Non-Metric, che deve invece essere preferito nel caso di analisi basate su matrici di dissimilarità non-metriche. Fra i secondi, infine, può essere citata l'Analisi delle Corrispondenze nelle sue diverse forme, incluse quelle canoniche e/o detrendizzate.

Per effettuare tutte le analisi di cui si è fatto cenno sono disponibili numerosi pacchetti software commerciali o gratuiti. Fra questi ultimi, PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>) è particolarmente semplice ed intuitivo nell'uso, oltre ad essere dotato di una documentazione che illustra le funzionalità del programma ed i metodi utilizzati, compresi i riferimenti bibliografici. Nello stesso sito sono anche disponibili esempi di casi di studio e due testi utilizzati come riferimento in corsi di analisi dei dati.

6 GUIDA ALLA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

Come già sottolineato, l'applicazione del metodo richiede adeguate conoscenze sull'ecologia fluviale e sulle dinamiche funzionali ad essa correlate.

Una fase essenziale e 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 di risposte adeguate e pertinenti. Poiché il contenuto della scheda non può comprendere tutta la casistica esistente nella realtà, in quanto ha lo scopo primario di inquadrarla in sole quattro categorie di situazioni, secondo un criterio di valutazione predefinito, questa fase può presentare un certo livello di difficoltà. Pertanto, al fine di agevolare il compito dell'operatore, nel presente capitolo vengono riportate le 14 domande, ognuna corredata dalle relative risposte e da una serie di chiarimenti 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) obiettivi della domanda:** descrive i principali aspetti della funzionalità che sono indagati dalla domanda;
- 2) principi:** contiene i concetti di ecologia fluviale 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 quattro possibilità di risposta.

Domanda 1: Stato del territorio circostante

	sponda dx		sx
a) assenza di antropizzazione	25		25
b) compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20		20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5		5
d) aree urbanizzate	1		1

1) Obiettivi della domanda

Valutare indirettamente le ripercussioni sulla funzionalità fluviale indotte da modifiche d'uso del suolo che possono causare incrementi degli apporti, siano essi puntiformi o diffusi, di materiale organico e di nutrienti, nonché di inquinanti per ruscellamento superficiale e scorrimento ipodermico e la compromissione di alcuni processi come la permeabilità del suolo e l'infiltrazione.

2) Principi

La permeabilità del suolo e la sua copertura vegetale favoriscono l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo i picchi di piena (e il relativo disturbo idraulico sulle comunità acquatiche) e il loro immagazzinamento negli acquiferi che, alimentando i corsi d'acqua nei periodi non piovosi, riduce l'intensità e la durata delle magre (e il relativo stress ambientale). Queste funzioni sono compromesse da cambiamenti d'uso del suolo a scopo agricolo (disboscamenti, lavorazioni del terreno) e, ancor più, dall'urbanizzazione che, in maggior o minor misura, riducono la permeabilità del suolo.

La copertura vegetale, soprattutto quella forestale, rappresenta un'importante fonte di apporti organici a supporto delle reti trofiche fluviali e, al tempo stesso, un importante filtro che protegge i corsi d'acqua dagli apporti inquinanti. È inoltre fonte di grossi detriti legnosi in alveo (tronchi, rami) che ne favoriscono l'evoluzione geomorfologica e lo arricchiscono di habitat e di riserve alimentari a lungo termine. Le aree non antropizzate ospitano di norma una ricca fauna, compresi molti vertebrati che possono intessere relazioni trofiche con gli organismi acquatici.

Al contrario, la presenza di aree urbanizzate o di attività produttive o agricole influenza in maniera negativa gli ambienti fluviali. Gli insediamenti produttivi

e abitativi utilizzano i corsi d'acqua come corpo recettore dei reflui industriali o urbani. L'influenza delle pratiche agricole può interferire con la funzionalità del corso d'acqua in vari modi: rimozione della copertura boschiva, apporti inquinanti (superficiali o sotterranei) derivanti da fertilizzanti e pesticidi, spianamento del terreno (lavorazioni del suolo), riduzione della diversità ambientale e della biodiversità, interventi artificiali per sottrarre terreno alle dinamiche fluviali (rettifiche, argini, difese spondali).

3) Cosa guardare

La stima deve riguardare la porzione di territorio circostante al corpo idrico che ha diretta influenza su di esso, dando un peso maggiore alla zona immediatamente adiacente alla fascia perifluviale.

Per identificare quale porzione del territorio circostante svolge effettivamente le funzioni succitate, l'operatore dovrà fare riferimento alla tipologia del bacino imbrifero.

Ad esempio, per un tratto di corpo idrico che scorre in una valle a V o U con pendii scoscesi si valuterà una fascia di territorio ampia, mentre nei tratti planiziali l'osservazione riguarderà una porzione di territorio più ristretta. L'ampiezza da considerare sarà comunque sempre in funzione dell'entità dell'impatto del territorio circostante sul tratto considerato.

Per i corpi idrici pensili o arginati da rilevati in terra o in cemento, la zona da considerare è quella immediatamente esterna agli argini. Una volta decisa la porzione di territorio da sottoporre ad osservazione, va valutata la prevalenza della composizione della stessa.

Per rispondere alla domanda risultano di grande utilità le foto aeree, poiché spesso è difficile, dall'alveo, valutare correttamente la struttura del territorio circostante.

4) Come rispondere

- a) Il corso d'acqua scorre in un'area in cui la presenza umana è talmente ridotta da essere considerata non impattante. In questo 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, zone umide naturali;
- b) 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 ceduato 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);

- c) 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.

A questa risposta sono attribuiti anche gli specchi d'acqua artificiali quali laghetti per pesca sportiva, ittiocoltura, irrigazione, bacini di raccolta a scopo di protezione civile, laghi di cava e altro, solo qualora siano caratterizzati da evidenti processi di rinaturalizzazione.

Si risponde così anche quando si è in presenza di urbanizzazione rada, ovvero quando è rinvenibile un numero molto limitato di edifici, ad esclusione di impianti di tipo produttivo sia esso commerciale, artigianale o industriale. Anche in questo caso vale l'assunto di proporzionalità nei confronti delle dimensioni del fiume;

- d) aree urbanizzate o comunque totalmente artificializzate. Per area urbanizzata si intende un insieme di abitazioni, strutture produttive, infrastrutture o servizi significativo rispetto alle dimensioni del corso d'acqua. Come prima indicazione si consiglia di non considerare come area urbanizzata agglomerati inferiori a 10 edifici di normali dimensioni. I frantoi di cava posizionati in alveo o golena sono assimilati sempre agli impianti produttivi.

Gli specchi d'acqua artificiali - quali laghetti per pesca sportiva, ittiocoltura, irrigazione, bacini di raccolta a scopo di protezione civile, laghi di cava, ecc.- vanno considerati quali aree urbanizzate, qualora manchino elementi di rinaturalizzazione.

Domanda 2: Vegetazione presente nella fascia perifluviale

	sponda	dx		sx
a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali		40		40
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie		25		25
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali		10		10
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa		1		1

Domanda 2 bis: Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

	sponda	dx		sx
a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali		20		20
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie		10		10
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali		5		5
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa		1		1

1) Obiettivi della domanda

Rilevare le caratteristiche in termini di composizione e struttura delle formazioni vegetali presenti nella fascia perifluviale (ovvero nella porzione di territorio individuabile lungo il corso d'acqua immediatamente all'esterno dell'alveo di morbida), al fine di valutare la presenza di formazioni vegetali efficienti nello svolgimento delle funzioni: costituzione di habitat, contributo alla capacità autodepurativa del corso d'acqua, filtro nei confronti di fonti di inquinamento diffuso, stabilizzazione meccanica ed idrica del corridoio fluviale, regolazione termica, apporti alimentari.

2) Principi

L'esistenza stessa di un corso d'acqua, in ragione dei fattori limitanti da esso esercitati, determina l'affermazione di fasce di vegetazione con andamento prevalentemente parallelo all'alveo, costituenti cenosi e popolamenti caratterizzati da diversi livelli di complessità strutturale e fisionomica in funzione anche di caratteristiche ecologiche stazionali. Le

fitocenosi perifluviali presentano comunque similitudini significative anche a scala di bacino.

La massima funzionalità si riscontra in ambiti fluviali caratterizzati dalla presenza di più tipologie vegetazionali insediate secondo modelli strutturali complessi, in funzione di gradienti ecologici legati al corso d'acqua (par. 2.5).

L'artificializzazione dei corsi d'acqua e del territorio adiacente determina: semplificazione dei modelli strutturali con riduzione in termini di tipologie vegetazionali presenti ed, all'interno delle tipologie caratterizzate da formazioni più o meno strutturate, ingresso ed incremento di specie esotiche ed infestanti che alterano, a diverso livello, la struttura e la fisionomia delle cenosi presenti.

Si valuta come massimamente funzionale una strutturazione complessa delle formazioni che si esplica nella contemporanea presenza di almeno due formazioni riparie legnose (arboree od arbustive) o ad elofite che si susseguono con continuità.

La sovrapposizione di due formazioni funzionali è valutata come compresenza solo nel caso sia presente il bosco inondato; per contro la presenza di uno strato arbustivo, costituito da specie riparie, in una formazione arborea riparia, non conduce a poter valutare la compresenza di due formazioni funzionali.

La presenza di una sola formazione riparia, o comunque la semplificazione della zona riparia, conduce ad una minore funzionalità della copertura vegetale presente nella fascia perifluviale.

La presenza di formazioni arboree non riparie viene comunque considerata ancora significativamente funzionale, perché tali cenosi assolvono comunque ad una parte significativa delle funzioni tipiche della componente vegetale presente nel corridoio fluviale. Anche le formazioni arbustive non riparie, ma comunque autoctone, sono da considerare a sufficiente funzionalità. Viceversa, le formazioni arbustive ed a prevalenza di esotiche e/o infestanti sono da considerare, invece, a bassissima funzionalità, anche in ragione della significativa inerzia che le caratterizza rispetto all'evoluzione nell'ambito delle serie dinamiche di vegetazione.

Per quanto riguarda le formazioni erbacee, sono da considerare a funzionalità bassissima tutte quelle non igrofile, cioè quelle non riferibili a nessuna delle tipologie descritte nel relativo allegato.

3) Cosa guardare

In primo luogo, è necessario definire se la vegetazione che si sta esaminando è insediata in una fascia perifluviale primaria o secondaria (Fig. 6.1).

La vegetazione è in *fascia perifluviale primaria* quando è insediata e consolidata con modelli naturali ed esiste una condizione di totale permeabilità ai flussi superficiali e subsuperficiali tra alveo e territorio circostante.

La vegetazione è in *fascia perifluviale secondaria* quando è localizzata all'interno di un alveo artificializzato, con evidente interruzione della permeabilità e del *continuum* trasversale (determinata dalla presenza di un argine in rilevato o da una difesa spondale impermeabile, tali da impedire la continuità dei flussi superficiali e/o subsuperficiali tra territorio circostante e alveo).

Nelle situazioni in cui, pur in presenza di arginature, esse siano talmente lontane dall'alveo da non risultare più interessate dalle dinamiche fluviali, la fascia perifluviale presente può essere considerata primaria.

Si deve considerare primaria la fascia di vegetazione anche quando siano presenti difese spondali che, però, garantiscano la permeabilità e la continuità trasversale col territorio circostante. Tale requisito è facilmente verificabile: è soddisfatto nel caso di gabbioni, massi, opere di ingegneria naturalistica; non lo è nel caso di massi cementati o muri in calcestruzzo.

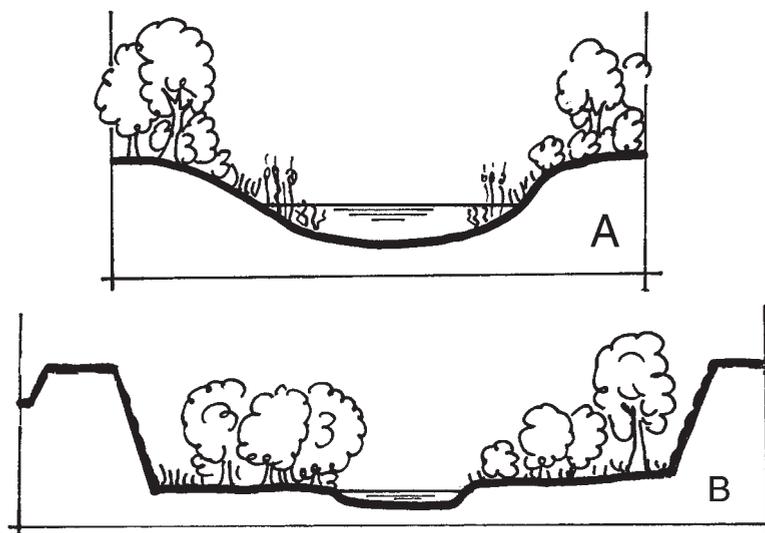


Fig. 6.1 - A: fascia perifluviale primaria. B: fascia perifluviale secondaria: a sinistra la permeabilità è interrotta dall'argine; a destra dal cemento (grigio scuro) che riempie gli interstizi tra i massi della difesa spondale (grigio chiaro).

È prevista la possibilità di descrivere le due sponde, nell'ambito di una stessa scheda di rilevamento, come l'una caratterizzata dalla presenza di una fascia perifluviale primaria, l'altra da una secondaria.

Dopo aver individuato il tipo (primario o secondario) di fascia perifluviale presente nel tratto esaminato, vanno definite le tipologie di copertura vegetale presenti.

Per valutare correttamente la componente vegetale, il rilevamento deve essere effettuato nel corso del periodo vegetativo.

La domanda, riferendosi alla vegetazione presente nella fascia perifluviale, prevede che l'osservazione sia compiuta a partire dal limite dell'alveo di morbida procedendo distalmente rispetto al corso d'acqua, non considerando, quindi, l'ambito ad erbacee pioniere di greto.

È importante ricordare che le formazioni ad elofite, solitamente si insediano in un ambito posto nell'intorno (all'interno ed all'esterno) del limite dell'alveo di morbida. Nel caso siano presenti tali formazioni, occorre valutarne la struttura e l'ampiezza non solo a partire dal limite dell'alveo di morbida ma nella loro totalità.

Lungo i corsi d'acqua si insediano fasce di vegetazione che si susseguono parallelamente l'una all'altra lungo lo sviluppo del corso d'acqua; Il rilievo della vegetazione ha come prima finalità l'individuazione di tutte le formazioni presenti nella fascia perifluviale.

Per **formazione** si intende ***una comunità di organismi vegetali appartenenti a diverse specie associati secondo modalità proprie costituente un'entità riconoscibilmente omogenea dal punto di vista strutturale e fisionomico.***

Le formazioni vegetali spontanee che possono essere presenti in fascia perifluviale sono elencate nella tab.6.1. Oltre alle formazioni elencate possono essere presenti, quali tipologie vegetazionali/di uso del suolo altre: suolo nudo o colonizzato da popolamenti erbacei radi, coltivati, aree verdi urbane. Tra le formazioni elencate solo alcune possono essere considerate formazioni funzionali, a diversi gradi di funzionalità (buona, sufficiente, ridotta), inoltre sono presenti alcune formazioni a funzionalità nulla.

Formazioni spontanee potenzialmente presenti in fascia perifluviale
Gruppo 1 - Funzionalità buona (formazioni legnose riparie ed erbacee igrofile)
1 - Formazione arborea riparia inondata (con strato erbaceo costituito da specie igrofile)
2 - Formazione arborea riparia
3 - Formazione arbustiva riparia (a Salix sp. o altre specie arbustive riparie)
4 - Formazione erbacea igrofila a elofite e anfifite
5 - Formazione erbacea igrofila su suoli idromorfi in ambiente montano
6 - Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)
Gruppo 2 - Funzionalità sufficiente (formazioni arboree non riparie e formazioni arbustive autoctone)
7 - Formazione arborea autoctona non riparia
8 - Formazione arborea di specie esotiche
9 - Formazione arbustiva autoctona non riparia
Gruppo 3 - Funzionalità ridotta (formazioni lineari o bordure, arbusteti ripari a forte presenza di specie esotiche)
10 - Bordura di arbusti ripari
11 - Formazione arbustiva riparia a forte presenza di esotiche e/o infestanti (copertura specie riparie tra 1/2 e 2/3)
12 - Bordura erbacea ad elofite ed anfifite
13 - Bordura ad erbacee igrofile in ambiente montano
14 - Bordura igrofila e riparia a struttura mista (arborea, arbustiva, a erbacee igrofile)
Gruppo 4 - Funzionalità nulla
15 - Formazione arbustiva di specie esotiche e/o infestanti
16 - Bordura di arbusti autoctoni non ripari
17 - Bordura di arbusti esotici e/o infestanti
18 - Formazione erbacea non igrofila
19 - Bordura di erbacee non igrofile
20 - Altra bordura comunque non igrofila/ riparia (compreso bordura arborata)
21 - Filare arboreo isolato (continuità lineare > 75 %)

Tab. 6.1 - Formazioni spontanee potenzialmente presenti in ambito perifluviale.

In tabella sono definite in maniera differenziata formazioni a cui viene attribuito uno stesso livello di funzionalità: ciò è comunque necessario per rispondere al complesso delle Domande 2-2 bis, 3 e 4, inoltre, tale rilievo conduce alla possibilità di definire un utile inventario delle formazioni presenti.

Le formazioni definite come funzionali presentano peculiari caratteristiche strutturali e fisionomiche che sono esplicitabili attraverso la definizione di valori soglia (in termini di struttura e composizione) come illustrato nella tabella esplicativa 6.2. Ad esempio, le formazioni possono essere qualificate come arboree solo se caratterizzate da copertura arborea (intesa come proiezione delle chiome sul suolo) > di 2/3 del suolo del tratto considerato e da un'ampiezza > 10 m; una formazione arborea può essere qualificata come riparia solo se le specie riparie presentano una copertura > di 2/3 rispetto alla copertura totale delle specie arboree presenti.

FORMAZIONI ARBOREE	Copertura arborea >2/3 (delle chiome rispetto al suolo)	TIPOLOGIA DI FORMAZIONE	Rif. Tab 6.1
Amp. soglia			
> 10 m	Copertura specie arboree riparie >2/3 rispetto alla copertura arborea totale copertura erbacee igrofile >1/2 rispetto al suolo	Formazione arborea riparia inondata	1
> 10 m	Copertura specie arboree riparie >2/3 rispetto alla copertura arborea totale	Formazione arborea riparia	2
> 10 m	Copertura specie arboree autoctone* >2/3 rispetto alla copertura arborea totale	Formazione arborea autoctona non riparia	7
> 10 m	Copertura specie esotiche >1/3 rispetto alla copertura arborea totale	Formazione arborea di specie esotiche	8

* Nelle specie autoctone vanno computate anche le specie riparie presenti

FORMAZIONI ARBUSTIVE	Copertura arborea + arbustiva >2/3 (delle chiome rispetto al suolo)	TIPOLOGIA DI FORMAZIONE	Rif. Tab 6.1
Amp. soglia			
> 5 m	Copertura specie arboree ed arbustive riparie >>2/3 rispetto alla copertura arbustiva + arborea totale	Formazioni arbustiva riparia	3
> 5 m	Copertura specie arboree ed arbustive autoctone* >2/3 rispetto alla copertura arbustiva e arborea totale	Formazione arbustiva autoctona non riparia	9
> 5 m	Copertura specie arboree ed arbustive esotiche >1/3 Copertura specie arboree ed arbustive riparie >1/2 rispetto alla copertura arbustiva + arborea totale	Formazione arbustiva riparia a forte presenza di esotiche e/o infestanti	11
> 5 m	Copertura specie arboree ed arbustive esotiche >1/3 rispetto alla copertura arbustiva + arborea totale	Formazione arbustiva di specie esotiche e/o infestanti	15

* Nelle specie autoctone vanno computate anche le specie riparie presenti

FORMAZIONI ERBACEE soglia		TIPOLOGIA DI FORMAZIONE	Rif. Tab 6.1
Amp. soglia			
> 5 m	Copertura elofite ed anifite >2/3 rispetto al suolo	Formazione erbacea igrofila a elofite e anifite	4
> 5 m	Copertura specie igrofile >2/3 rispetto al suolo	Formazione erbacea igrofila su suoli idromorfi in ambiente montano	5
> 5 m	Copertura idrofite >1/2 rispetto allo specchio d'acqua	Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)	6
> 5 m	Copertura specie igrofile < 2/3 rispetto al suolo	Formazione erbacea non igrofila	18

BORDURE o formazioni lineari soglia		TIPOLOGIA DI FORMAZIONE	Rif. Tab 6.1
Amp. soglia			
2-5 m	Copertura delle specie riparie e igrofile >2/3 rispetto al suolo Copertura specie arbustive riparie >>2/3 rispetto alla copertura arborea + arbustiva totale	Bordura di arbusti ripari	10
2-5 m	Copertura specie arbustive autoctone* >2/3 rispetto alla copertura arborea arbustiva totale	Bordura di arbusti autoctoni non ripari	16
2-5 m	Copertura specie arbustive esotiche > 1/3 rispetto alla copertura arborea +arbustiva totale	Bordura di arbusti esotici	17
2-5m	Copertura specie erbacee igrofile >2/3 rispetto al suolo	Bordura erbacea ad elofite ed anfifite	12
2-5 m	Copertura specie erbacee igrofile >2/3 rispetto al suolo	Bordura ad erbacee igrofile in ambiente montano	13
2-5 m	Copertura delle specie riparie e igrofile (legnose ed erbacee) >2/3	Bordura igrofila e riparia a struttura mista	14
2-5 m	Copertura delle specie erbacee igrofile comunque <2/3 Irrelevante copertura di specie legnose	Bordura di erbacee non igrofile	19
2-5 m	Copertura delle specie igrofile e riparie comunque <2/3 (copertura strato arboreo >2/3 se bordura arborata)	Altra bordura comunque non igrofile/riparie (compreso bordura arborata)	20

FILARE ARBOREO		TIPOLOGIA DI FORMAZIONE	Rif. Tab 6.1
<10 m	Filare isolato con copertura delle chiome >75%	Filare arboreo isolato	19

* Nelle specie autoctone vanno computate anche le specie riparie presenti

Tab. 6.2 Soglie strutturali e fisionomiche che caratterizzano le formazioni spontanee presenti in ambito perifluviale.

Si noti come nel testo e nella tabella 6.2 si è fatto riferimento a valori soglia di copertura secondo due diverse modalità:

- 1) copertura rispetto alla superficie (area) del suolo in cui si insedia la formazione in esame nel tratto considerato. Ad esempio: affinché una formazione possa essere considerata arborea, la copertura offerta dalle chiome arboree, nel loro complesso, deve essere $>2/3$ rispetto alla superficie totale;
- 2) copertura di una data categoria fisionomica o strutturale di specie rispetto alla copertura totale. Ad esempio: una formazione arborea riparia sarà tale solo se la copertura delle specie arboree riparie è $>2/3$ rispetto alla copertura arborea totale.

Si noti, inoltre, come la valutazione delle coperture prevista per l'identificazione della struttura (Tab 6.1) è funzionale all'individuazione delle tipologie vegetazionali presenti e non coincide, ovviamente, con il processo di valutazione delle coperture previsto per individuare *la continuità delle formazioni funzionali* in fascia perifluviale (cfr. Dom 4).

Nella domanda 2/2bis va considerata la copertura nell'ambito della singola formazione, mentre nella domanda 4 ci si riferisce alla copertura complessiva in tutta la fascia perifluviale.

Sono considerate **formazioni funzionali** tutte le formazioni arboree, le formazioni arbustive riparie ed autoctone, le formazioni erbacee igrofile (a elofite, anfite, idrofite) ma anche le bordure costituite da specie riparie e igrofile, ovvero il complesso delle formazioni descritte in tabella 6.1 come appartenenti ai gruppi 1, 2 e 3.

- Le **formazioni arboree riparie inondate** sono caratterizzate oltre che dalla presenza di specie arboree riparie (copertura specie arboree $>2/3$) dalla contemporanea presenza di erbacee igrofile nello strato erbaceo (almeno copertura $>50\%$) e dalla presenza di suolo idromorfo.
- Le **formazioni erbacee ad idrofite** che vanno considerate nell'ambito della Domanda 2/2bis sono quelle che si rinvencono nella fascia perifluviale del corso d'acqua indagato, non quelle presenti all'interno dell'alveo bagnato. Ci si riferisce, cioè, a quelle formazioni a idrofite che si dovrebbero trovare nell'ambito di lanche, mortizze ma anche piccoli stagni, piccoli rami derivanti da divagazioni laterali che si dovrebbero trovare nell'ambito perifluviale del corso d'acqua.

- Le **bordure** sono formazioni a prevalente sviluppo lineare, di ampiezza limitata, ciò ne riduce la funzionalità. Possono essere caratterizzate da una specifica struttura (arbustiva, erbacea), da una specifica fisionomia (riparie, non riparie) ma possono anche essere a struttura e fisionomia mista. Si definiscono bordure funzionali solo quelle costituite in forte prevalenza (copertura $> 2/3$) da specie riparie o igrofile.
- Tra le **bordure igrofile** ricadono le formazioni a dominanza di arbusti ripari, di elofite ed anfifite, di erbacee igrofile che non raggiungono lo spessore necessario (5 m) per essere considerate formazioni arbustive riparie e formazioni erbacee igrofile.

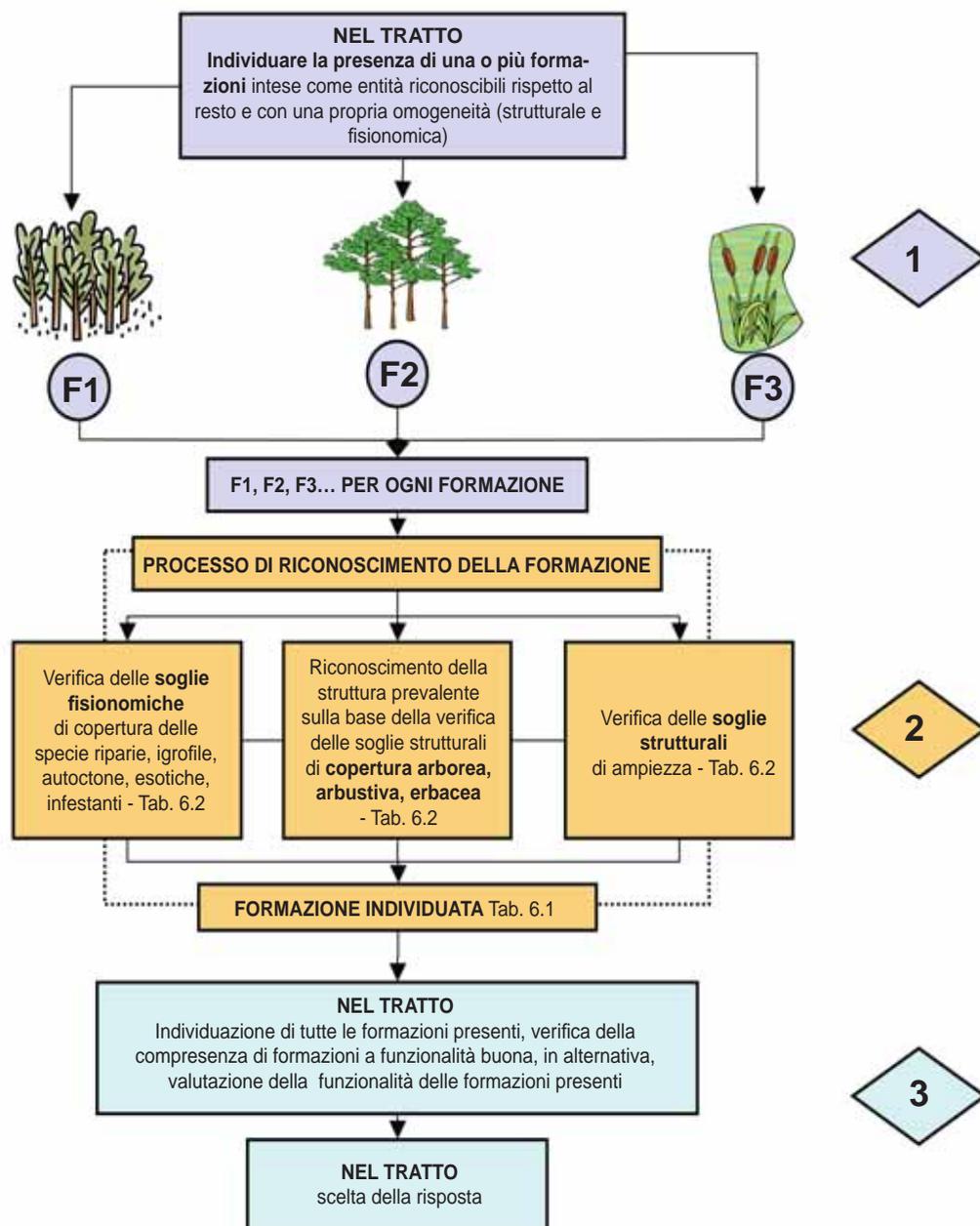
Sono considerate a **funzionalità nulla** tutte le bordure non igrofile (ovvero quelle con copertura specie igrofile e riparie $< 2/3$ rispetto al totale o rispetto al suolo).

I filari arborei isolati sono costituiti da una fila continua (quindi, con copertura delle chiome $> 75\%$) di alberi (10 m possono corrispondere anche a 2 file di alberi) non raccordata alle spalle con alcuna altra formazione. Altra caratteristica del filare arboreo isolato è la sostanziale assenza di copertura di taxa igrofile e ripari sia erbacei sia arbustivi tra un albero e l'altro. Nel caso vi fosse una presenza di taxa igrofile e ripari $> 2/3$ non si ha più un filare arboreo bensì una bordura igrofila.

È sostanziale riconoscere la presenza di filari arborei quando alle loro spalle non sono presenti formazioni funzionali. Infatti, pur non essendo una formazione funzionale, i filari arborei isolati sono valutati non del tutto negativamente nella Domanda 3 - Ampiezza delle formazioni funzionali.

L'individuazione ed il riconoscimento delle diverse formazioni presenti in un tratto, dopo le prime applicazioni, risulta agevole, attenendosi ai valori soglia (di struttura e composizione) definiti per individuare le diverse formazioni ed indicati in tabella 6.2.

Di seguito è proposto uno schema procedurale per rispondere alla Domanda 2/2bis.



Per esemplificare il processo di individuazione della formazione, si propone il seguente **esempio**:

- Si parte da una formazione connotata dalla presenza di alberi.

- *In primo luogo ci si deve chiedere se è una formazione arborea o meno: si verifica se la copertura delle chiome è $>2/3$ del suolo in cui si insedia la formazione in esame nel tratto considerato. Se sì, allora si ha una formazione presumibilmente arborea (infatti, non abbiamo ancora considerato l'ampiezza).*
- *Se l'ampiezza è >10 m allora si è certi di avere una formazione arborea.*
- *Per verificare la composizione si devono riconoscere le specie riparie, autoctone ed esotiche.*
- *Prima si effettua una prima valutazione delle specie che sembrano dominanti; supponiamo siano dominanti le arboree autoctone non riparie si verifica se la copertura di tutte le specie autoctone (non riparie + riparie) è $> 2/3$; rispetto all'area occupata da tutte le specie arboree, in tal caso si ha una formazione arborea non riparia ma autoctona.*

Per rispondere correttamente alla Domanda 2/2bis è importante utilizzare le informazioni sulle specie arboree ed arbustive riparie e sulle specie esotiche ed infestanti contenute nell'**Allegato 2**.

Come rispondere

Per rispondere bisogna aver individuato tutte le formazioni presenti nel tratto. Si deve individuare la compresenza di più tipologie a buona funzionalità.

Nel caso non si sia rilevata la compresenza di formazioni a buona funzionalità, bensì la compresenza di altre formazioni si attribuisce il livello di funzionalità relativo alla formazione a funzionalità maggiore.

Le domande 2 e 2bis differiscono esclusivamente per il punteggio che viene attribuito alle stesse risposte. Il minor punteggio attribuito alle stesse formazioni, ma poste all'interno di un alveo artificiale, è giustificato dalla rottura del continuum morfologico-funzionale con l'ambiente circostante, dalla limitazione degli spazi in cui le formazioni riparie potrebbero insediarsi, dalla regolarizzazione, dalla riduzione di diversità ambientale. Ciò conduce, di norma, alla banalizzazione della strutturazione in formazioni complementari e, quindi, a livelli di complessità minimi tali da non garantire funzionalità ottimale.

- a) Trattati in cui la vegetazione presente nella fascia perfluviale è caratterizzata dalla massima funzionalità garantita dalla compresenza articolata di formazioni riparie. Si risponde così qualora siano presenti almeno una

formazione arborea riparia inondabile (anche da sola), oppure almeno due formazioni di cui una arborea riparia o, in assenza di formazioni arboree riparie, da tre formazioni riparie:

Rif. tab 6.1	Formazioni
1	Formazione arborea riparia inondata (con strato erbaceo costituito da specie igrofile)
2+3	Formazione arborea riparia + Formazioni arbustiva riparia (a Salix sp. o altre specie arbustive riparie)
2+4	Formazione arborea riparia + Formazione erbacea igrofila a elofite e anfitite
2+5	Formazione arborea riparia + Formazione erbacea igrofila su suoli idromorfi in ambiente montano
2+6	Formazione arborea riparia + Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)
3+4+6	Formazioni arbustiva riparia (a Salix sp. o altre specie arbustive riparie) + Formazione erbacea igrofila a elofite e anfitite + Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)

b) tratti in cui la vegetazione nella fascia perifluviale conserva una buona funzionalità, pur in presenza di una semplificazione nell'articolazione delle formazioni riparie. Si risponde così qualora siano presenti almeno una formazione legnosa riparia o ad elofite:

Rif. tab 6.1	Formazioni
2	Formazione arborea riparia
3	Formazioni arbustiva riparia (a Salix sp. o altre specie arbustive riparie)
3+6	Formazioni arbustiva riparia (a Salix sp. o altre specie arbustive riparie) + Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)
4	Formazione erbacea igrofila a elofite e anfitite
4+6	Formazione erbacea igrofila a elofite e anfitite + Formazione ad idrofite in acque lentiche (o lentamente fluenti)
5	Formazione erbacea igrofila su suoli idromorfi in ambiente montano

c) tratti in cui la vegetazione presente nella fascia perifluviale, pur essendo caratterizzata dalla presenza di formazioni naturali, presenta funzionalità limitata per l'assenza di formazioni riparie. Si risponde così qualora siano presenti:

Rif. tab 6.1	Formazioni
7	Formazione arborea autoctona non riparia
8	Formazione arborea di specie esotiche
9	Formazione arbustiva autoctona non riparia
10	Bordura di arbusti ripari
11	Formazione arbustiva riparia a forte presenza di esotiche e/o infestanti (copertura specie riparie tra 1/2 e 2/3)
12	Bordura erbacea ad elofite ed anifite
13	Bordura ad erbacee igrofile in ambiente montano
14	Bordura igrofila e riparia a struttura mista (arborea, arbustiva, a erbacee igrofile)

d) tratti in cui sono presenti solo formazioni a funzionalità nulla o altre tipologie di uso del suolo, si riscontra l'assenza di tutte le formazioni funzionali. Si risponde così qualora siano presenti:

Rif. tab 6.1	Formazioni
15	Formazione arbustiva di specie esotiche e/o infestanti
16	Bordura di arbusti autoctoni non ripari
17	Bordura di arbusti esotici e/o infestanti
18	Formazione erbacea non igrofile
19	Bordura di erbacee non igrofile
20	Altra bordura comunque non igrofila/riparia (compreso bordura arborata)
21	Filare arboreo isolato (continuità lineare > 75 %)
	Coltivi
	Suolo nudo o colonizzato da popolamenti erbacei radi

In casi particolari certe aree perifluviali, soprattutto secondarie, potrebbero essere parzialmente adibite a coltivazioni di vario genere (es. asparagi o piccoli frutti o frutteti o altro). In tal caso queste situazioni, non potendole considerare come aree del territorio circostante in quanto insistenti nella pertinenza perifluviale, si collocano nella risposta d).

Domanda 3: Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

	sponda	dx	sx
a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15		15
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10		10
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5		5
d) assenza di formazioni funzionali	1		1

1) Obiettivi della domanda

Valutare l'ampiezza cumulativa (in senso ortogonale al corso d'acqua), del complesso delle formazioni funzionali presenti nella fascia perifluviale, primaria o secondaria.

2) Principi

L'efficienza della vegetazione presente nella fascia perifluviale è legata non solo alla complessità e diversità che garantisce la strutturazione in formazioni complementari, ma anche all'ampiezza delle formazioni stesse.

Si ritiene che 30 m di ampiezza siano la soglia minima al di sotto della quale le formazioni presenti in fascia perifluviale non possano svolgere efficacemente le proprie funzioni.

Si considera comunque sufficiente, per il mantenimento di livelli di funzionalità accettabili, un'ampiezza superiore ai 10 m.

Nel caso di alcune formazioni, un'ampiezza compresa tra 10 e 2 m consente il significativo mantenimento di alcune funzionalità.

L'ampiezza delle formazioni influenza solo secondariamente il livello di funzionalità complessiva della vegetazione presente in fascia perifluviale, rispetto alla tipologia di copertura vegetale; quindi, il parametro che è corretto considerare, è l'ampiezza cumulativa delle sole tipologie di vegetazione funzionali (gruppi 1, 2 e 3 di Tab. 6.2 e filari arborei).

3) Cosa guardare

Si valuta, nel tratto considerato, l'ampiezza cumulativa di tutte formazioni funzionali, ovvero arboree, ad elofite, ad idrofite, ad arbusti ripari ed autoctoni (Gruppi 1, 2 e 3 di Tab. 6.2), oltre che dei filari arborei.

L'ampiezza deve essere valutata come media dell'estensione nel tratto considerato e deve essere stimata dal limite esterno dell'alveo di morbida, considerando anche l'intero sviluppo delle formazioni ad elofite eventualmente insediate nell'intorno di tale limite.

La presenza di una strada, anche sterrata, di dimensioni tali da interrompere la copertura arborea ed alto arbustiva è da considerare limite esterno della fascia perifluviale.

Nel caso di fascia di vegetazione perifluviale secondaria, l'ampiezza massima possibile per lo sviluppo di formazioni funzionali è data dalle opere longitudinali che definiscono l'ambito secondario: argini o difese spondali impermeabili.

Sulla base della definizione di formazione, non può essere considerata come formazione funzionale arborea una striscia arborata di ampiezza inferiore a 10 m; tale ampiezza, infatti, corrisponde al massimo ad un doppio filare di alberi.

Qualora sia presente una fascia arborata di ampiezza inferiore a 10 m in continuità, ad esempio, con una formazione arbustiva riparia, si sommerà, comunque, l'ampiezza della striscia arborata a quella della formazione arbustiva riparia.

Inoltre, deve essere verificata la presenza di isole fluviali con vegetazione arborea, che concorrono ad elevare la funzionalità del corso d'acqua.

Come rispondere

- a) Fascia di vegetazione costituita da formazioni funzionali (arborea, arbustiva riparia o comunque autoctona, ad elofite, ad idrofite, a igrofite su suoli idromorfi) che, nel complesso, supera i 30 m di ampiezza. Ciò significa che, nel caso di continuità tra le formazioni riparie e le formazioni arboree ed arbustive autoctone delle pendici deve essere considerata l'ampiezza totale;
- b) fascia di vegetazione costituita da formazioni funzionali (arborea, arbustiva riparia o comunque autoctona, ad elofite, ad idrofite, a igrofite su suoli idromorfi) che, nel complesso, ha un'ampiezza compresa tra 30 e 10 m;
- c) fascia di vegetazione costituita da formazioni funzionali (arbustiva riparia

o comunque autoctona, ad elofite, ad idrofite, a igrofite su suoli idromorfi) che, nel complesso, ha un'ampiezza compresa tra 10 e 2 m.

In questa risposta ricadono anche i filari arborei isolati con copertura complessiva > 75%;

- d) presenza di sole tipologie arbustive ad esotiche ed infestanti o formazioni erbacee non igrofile; coltivi ed insediamenti, suolo nudo.

Nel compilare la scheda relativa ad un tratto comprendente isole fluviali arborate si attribuisce la risposta immediatamente superiore rispetto a quanto rilevabile sulla fasce perifluviali. Se l'isola fluviale è molto vasta, come può accadere in grandi fiumi, è preferibile rilevare i due rami come due corsi d'acqua distinti.

Domanda 4: Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

	sponda	dx	sx
a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15		15
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10		10
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5		5
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1		1

1) Obiettivi della domanda

Valutare la continuità della vegetazione e, più specificamente, del complesso delle formazioni funzionali presenti nella fascia perifluviale (primaria o secondaria), individuando eventuali interruzioni siano esse trasversali che longitudinali.

2) Principi

L'efficienza della vegetazione presente nella fascia perifluviale è legata anche alla continuità della copertura delle formazioni funzionali presenti. Le interruzioni nel continuum ecologico (che si sviluppa nella sequenza di formazioni riparie e del territorio circostante), siano esse naturali o artificiali, possono compromettere, a vario livello, molte delle funzioni ecologiche esplicitate.

La continuità è un parametro morfostrutturale che garantisce, in ambito perifluviale, un'efficiente connettività nell'ambito del corridoio fluviale e tra questo e gli ecosistemi terrestri.

La continuità è garantita dalla presenza formazioni arboree, arbustive riparie, arbustive autoctone, erbacee ad elofite (quali il canneto) ed anfifite, ad idrofite acquatiche, ad erbacee igrofile in ambito montano.

3) Cosa guardare

Prendendo in considerazione la fascia perifluviale (primaria o secondaria) si deve rilevare la presenza, la frequenza e l'ampiezza delle interru-

zioni di continuità nelle formazioni funzionali nella fascia stessa e se questa dovesse essere molto ampia e larga bisogna tener conto solo della porzione entro i primi 30 metri. Le interruzioni sono quindi costituite solo da: suolo nudo, formazioni erbacee non igrofile, formazioni arbustive a dominanza di esotiche e infestanti.

Per le tipologie arboree e arbustive la continuità va valutata in termini di continuità della copertura costituita dalle chiome. Per le formazioni ad idrofite la continuità è data non solo dalle parti flottanti o emergenti, ma anche da quelle sommerse.

Possono essere presenti interruzioni sia nello sviluppo trasversale che longitudinale: è da considerarsi interruzione un'area di qualunque forma priva di vegetazione caratteristica delle formazioni funzionali riconosciute.

La rilevanza ecologica delle interruzioni è diversa in funzione dell'ampiezza della fascia di vegetazione costituita dal complesso delle formazioni funzionali (fasce ampie sopportano meglio le interruzioni, con minor perdita di funzionalità). Occorre quindi valutare l'entità delle interruzioni in funzione dell'ampiezza; a tal fine sono definite soglie diverse di copertura percentuale in funzione dell'ampiezza delle formazioni (>10 m o <10 m).

Il parametro continuità, deve essere effettivamente rilevato anche dall'interno delle formazioni stesse e non solo effettuando osservazioni dalla sponda opposta. È utile una preventiva osservazione delle foto aeree o delle ortofotocarte del corso d'acqua, tenendo però conto che le formazioni arbustive e ad elofite possono avere tempi di colonizzazione anche molto rapidi.

Come rispondere

- a) situazioni in cui le formazioni funzionali in fascia perifluviale presentano, nel loro complesso, discontinuità non significative:
 - discontinuità < 10%, nel caso di fasce di formazioni funzionali di ampiezza > 10 m;
 - discontinuità < 5% nel caso di fasce di formazioni funzionali di ampiezza < 10 m;
- b) situazioni in cui le formazioni funzionali in fascia perifluviale presentano, nel loro complesso, discontinuità significative ma ancora tali da garantire il mantenimento di gran parte dell'efficienza funzionale delle formazioni:
 - discontinuità comprese tra 10% e 25% nel caso di fasce di formazioni funzionali di ampiezza > 10 m;
 - discontinuità comprese tra 5% e 15% nel caso di fasce di formazioni

funzionali di ampiezza < 10 m;

c) situazioni in cui le formazioni funzionali in fascia perifluviale presentano nel loro complesso discontinuità frequenti, che compromettono significativamente l'efficienza funzionale delle formazioni:

- discontinuità > 25% nel caso di fasce di formazioni funzionali di ampiezza > 10 m;
- discontinuità > 15% nel caso di fasce di formazioni funzionali di ampiezza < 10 m;

si utilizza questa risposta anche nel caso di tipologie di vegetazione a funzionalità non significativa (Gruppo 4, Tab. 6.2): filari arborei isolati (con copertura >75%); copertura continua e consolidata ad arbusti non autoctoni o infestanti; copertura continua ad erbacee non igrofile;

d) popolamenti vegetali radi, suolo nudo, coltivi, insediamenti.

	Ampiezza fascia perifluviale		
	< 10 m	> 10 m	
	Discontinuità		Altre tipologie
a)	< 5 %	< 10 %	
b)	5-15 %	10-25 %	
c)	> 15 %	> 25 %	<ul style="list-style-type: none"> - Filari arborei isolati - Arbusteti non autoctoni o infestanti - Copertura erbacea continua non igrofila
d)			<ul style="list-style-type: none"> - Popolamenti vegetali radi - Suolo nudo - Coltivi - Insediamenti

Domanda 5: Condizioni idriche

	sponda	dx	sx
a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida		20	
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida		10	
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte o variazione del solo tirante idraulico		5	
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica		1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare le ripercussioni sulla funzionalità dell'andamento della portata determinato dal regime idrologico nel tratto in esame. L'andamento della frequenza e dell'intensità delle variazioni di portata influenzano l'efficienza di colonizzazione delle comunità vegetali e animali. Sono massimamente funzionali le situazioni in cui si verificano variazioni di portata contenute e naturalmente modulate, ovvero non indotte da alterazioni della morfologia o dello stesso regime idrologico.

2) Principi

Il regime idrologico di un corso d'acqua è determinato da una serie di fattori, primi fra tutti quelli di natura climatica, geologica e morfologica che, agendo sull'entità e sull'andamento nel tempo delle portate, conducono ai diversi regimi idrologici.

Un corso d'acqua può avere regime idrologico relativamente costante nell'arco dell'anno, come è il caso di emissari di laghi o da risorgive; la fusione glaciale e nivale può mantenere un flusso più o meno costante anche sotto la copertura nevosa.

I regimi idrologici determinati dal prevalente apporto nivo-glaciale presentano picchi di portata estivi.

In torrenti a prevalente alimentazione pluviale e scarsa alimentazione da sorgenti, le variazioni di portata sono dipendenti dagli eventi meteorici e, quindi, si possono avere portate molto basse nei periodi di siccità estivi o invernali.

Corsi d'acqua ad alimentazione pluviale o mista presentano invece variazioni di portata significative, dipendenti dagli eventi meteorici, con alternanza stagionale di magre e piene. In casi estremi si possono avere alvei asciutti per molta parte dell'anno ma interessati da piene brevi ed intense.

La struttura granulometrica del subalveo, l'estensione e le modalità di utilizzo della falda possono influenzare ulteriormente le quantità e la distribuzione nel tempo dei deflussi idrici. La presenza di un'estesa falda in acquifero poroso può dare un'utile inerzia al sistema, assorbendo le acque nei periodi di piena e alimentando il corso d'acqua in quelli di magra.

La copertura del suolo nel territorio del bacino contribuisce anch'essa a determinare il regime idrologico del corso d'acqua, influenzando sulla permeabilità del suolo, sui tempi di corrivazione e sul trasporto solido.

Variazioni di portata di tipo stagionale legate soprattutto al regime delle precipitazioni hanno, peraltro, una positiva influenza sul corso d'acqua favorendone la diversificazione morfologica attraverso il trasporto di materiale organico e solido.

Oltre ai fattori naturali sommariamente descritti, nella determinazione del regime idrologico intervengono anche fattori antropici quali: l'uso del suolo, l'impermeabilizzazione del territorio del bacino, l'alterazione delle fasce fluviali e, soprattutto, le captazioni.

Alle variazioni di portata naturali, quindi, si possono sovrapporre o sostituire quelle indotte dall'uomo che, per la loro intensità o rapidità, riducono la funzionalità del corso d'acqua. Queste possono avere ricorrenza stagionale (derivazioni a scopo irriguo, per innevamento artificiale, prelievo idropotabile) o giornaliera (derivazioni idroelettriche).

I corsi d'acqua con regime idrologico naturale, caratterizzati da variazioni di portata non estreme, ospitano comunità abbondanti e diversificate; al contrario, corsi d'acqua caratterizzati da variazioni di portata forti e frequenti, esercitano una forte pressione selettiva, tollerabile da un minor numero di specie; si viene, quindi, a determinare la presenza di comunità meno abbondanti e diversificate con dominanza di specie più tolleranti il disturbo idraulico.

Gli effetti derivanti dall'alterazione delle portate sono:

- diminuzione della superficie dell'alveo bagnato e del tirante idraulico, con sottrazione dello spazio vitale disponibile per le comunità acquatiche (quindi una diminuzione in termini di individui e di biomassa), o del solo tirante idraulico (con effetti più contenuti);
- banalizzazione dell'habitat con perdita di diversità idraulico-morfologica (velocità della corrente omogenea, altezza dell'acqua uniforme);
- minore disponibilità di acqua con conseguente riduzione del potere

- autodepurante e della capacità di diluizione degli inquinanti;
- alterazione del trasporto solido e delle dinamiche di erosione / deposizione e modifica strutturale dell'alveo;
 - cambiamento delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua. Basse portate inducono una diminuzione del tirante idraulico e della velocità con conseguente innalzamento della temperatura e riduzione dell'ossigeno disciolto.

Anche le portate costanti, indotte in maniera artificiale (ad esempio tratti soggetti a deflusso minimo vitale), sono da ritenersi negative poiché, anche se nell'immediato possono consentire una colonizzazione stabile delle comunità acquatiche, a lungo termine alterano le dinamiche biologiche e privano il corso d'acqua di quelle idrogeologiche e morfologiche necessarie per mantenere un alto grado di funzionalità. Diminuisce, inoltre, la capacità di redistribuzione della sostanza organica, che resta trattenuta a monte, determinando un minore apporto di materia ed energia a disposizione degli organismi situati a valle.

3) Cosa guardare

È fondamentale, prima dei rilievi in campo, raccogliere informazioni circa gli usi dell'acqua nel bacino, la presenza, la localizzazione e l'entità delle derivazioni, l'andamento delle portate (in termini di frequenze e fluttuazioni). Durante la compilazione della scheda esiste infatti il rischio di essere tratti in inganno da situazioni temporalmente puntuali che non riflettono il reale regime di portata del corso d'acqua in esame. Ove necessario, è utile ritornare sul tratto più volte per verificare le condizioni di portata.

L'osservazione dell'alveo di morbida può fornire importanti indicazioni sulla frequenza ed entità delle variazioni di portata. Nella porzione emersa dell'alveo di morbida, infatti, il fattore principale che condiziona lo sviluppo delle erbacee pioniere di greto è proprio la frequenza e durata delle sommersioni.

In presenza di variazioni di portata molto frequenti (è il caso di corsi d'acqua in cui avvengono i rilasci della produzione idroelettrica) non sarà presente alcuna colonizzazione vegetale dell'alveo di morbida.

Al contrario, in un corso d'acqua dalle portate costanti, l'alveo di magra coinciderà con quello di morbida.

Nella stima della larghezza dell'alveo bagnato occorre evitare di farsi influenzare da condizioni momentanee (ad es. dopo una pioggia); a tale scopo è utile l'osservazione dello sviluppo del perifiton e della fascia delle

erbacee pioniere di greto.

La forma dell'alveo, più o meno inciso, determinerà l'ampiezza trasversale della fascia inondata durante le morbide (Fig. 6.2).

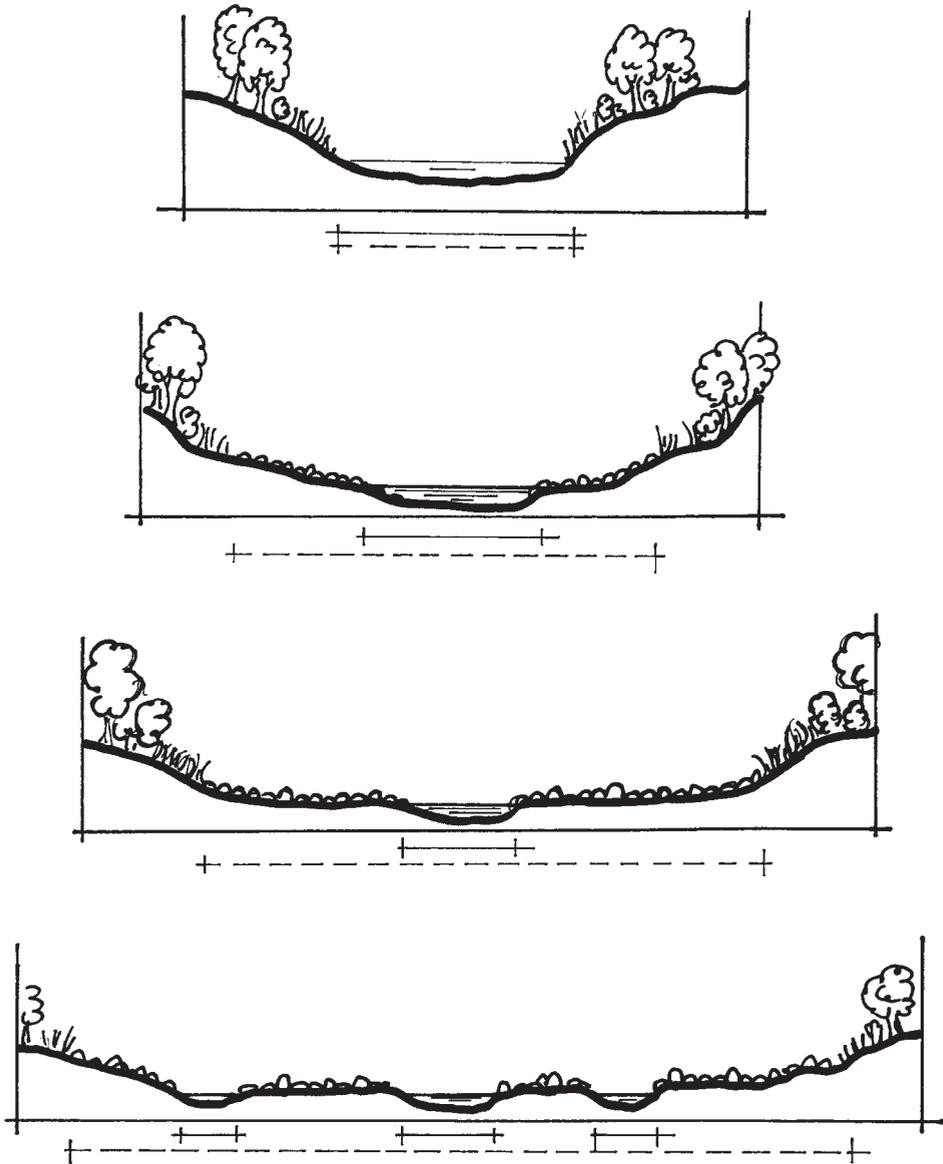


Fig. 6.2 Diverse situazioni con progressivo aumento della fascia sommersa dalle piene abituali, a partire da un alveo monocursale inciso per giungere ad un alveo pluricursale con ampia piana inondabile. Linea tratteggiata indica alveo di morbida, linea continua indica alveo bagnato.

4) *Come rispondere*

- a) tratti caratterizzati da portate stabili su scala giornaliera e fluttuazioni stagionali non estreme (che non determinano mai condizioni di asciutta), legate a variazioni meteorologiche. Si tratta di ambienti caratterizzati da buona capacità autodepurativa e buona dinamicità dell'alveo e in grado di sostenere, almeno potenzialmente, una comunità animale ricca e diversificata.

In ragione della naturale costanza delle portate, i tratti alimentati da fontanili e risorgive, sono da attribuire a questa risposta.

Spesso (indicativamente ma non esaustivamente), nei tratti che sono da ascrivere alla risposta a) l'alveo bagnato è superiore ad un terzo dell'alveo di morbida;

- b) tratti con andamento delle portate tale da determinare una parziale limitazione della funzionalità. Sono da riferire a questa risposta tipologie idrologiche diverse:
- tratti caratterizzati da variazioni di portata stagionali che, seppur "naturaliformi", sono amplificate perché indotte da attività antropiche (prelievi diretti ad uso irriguo, idroelettrico, idropotabile e prelievi "indiretti" dovuti allo sfruttamento delle falde acquifere). Le fluttuazioni stagionali, pur rilevanti, non sono comunque estreme (cioè non determinano mai condizioni di asciutta) anche se il corso d'acqua è soggetto a prelievi. Si determinano stress idrologici che compromettono, in parte, la funzionalità del corso d'acqua;
 - indicativamente, nei corsi d'acqua a sponde non subverticali, le riduzioni di portata possono essere dedotte dall'ampiezza dell'alveo bagnato, inferiore ad un terzo di quello di morbida;
 - tratti con limitazione della fluttuazione delle portate, determinata dall'applicazione di formule di DMV modulato;
- c) tratti caratterizzati da fluttuazione delle portate non naturale, o, comunque, tale da inficiare significativamente la funzionalità del corso d'acqua. Sono da riferire a questa risposta varie tipologie idrologiche:
- tratti soggetti a prelievi che inducono forti variazioni stagionali della portata determinando la presenza di ampie porzioni dell'alveo alternativamente coperte ed abbandonate dall'acqua (rientrano in questa categoria i tratti impoveriti da derivazioni);
 - tratti soggetti naturalmente a variazioni di portata stagionali estreme (che conducono a condizioni di asciutta non prolungata);
 - tratti a portata costante indotta artificialmente, ovvero soggetti a DMV costante;

- tratti in cui l'artificialità della morfologia della sezione conduce, in funzione di variazioni di portata naturali o indotte, a variazioni del battente d'acqua e non dell'ampiezza dell'alveo bagnato; come, ad esempio, nel caso dei canali irrigui;
- d) tratti di corsi d'acqua a regime idrologico totalmente alterato.
Caso limite di corsi d'acqua che vanno in secca per azione antropica o corsi d'acqua che subiscono variazioni di portata intense e molto frequenti (es. tratti posti a valle di restituzioni idroelettriche utilizzate per produzioni di punta, nei quali le portate turbinate variano nell'arco della giornata).

Domanda 6: Efficienza di esondazione

	sponda	dx		sx
a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida			25	
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)			15	
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)			5	
d) tratti di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida			1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare la possibilità di esondazione e la sua efficienza potenziale (in termini spaziali e temporali), funzione dell'estensione della porzione inondabile, della frequenza di esondazione, della durata delle condizioni di ristagno idrico.

2) Principi

Le variazioni di portata stanno alla base del dinamismo fluviale: l'avvicinarsi di periodi di magra, morbida e piena che si susseguono, solitamente nel corso dell'anno, determinano la diversità strutturale e specifica degli ambienti fluviali. Durante le piene, ordinarie ed eccezionali, il corso d'acqua occupa un alveo anche molto più grande di quello di morbida, inondando aree che normalmente non sono interessate dallo scorrimento, dalla sommersione e/o dal ristagno delle acque. Questa pulsazione delle portate consente di innescare una serie di meccanismi di interscambio di materia organica, energia, nutrienti ed organismi tra la zona perifluviale e il corso d'acqua, esaltando la connessione tra corso d'acqua stesso e corridoio fluviale.

La presenza di vaste aree esondabili è da considerare elemento fondamentale per il raggiungimento di una ottimale funzionalità dell'ecosistema fluviale.

La presenza di una piana inondabile fa sì che, al sopraggiungere di una piena ordinaria, l'andamento di crescita della velocità che accompagna l'aumento della portata sia segnato da una forte discontinuità. Infatti, dopo

una prima fase di crescita esponenziale della velocità, si raggiunge il livello ad alveo pieno (bankfull, cfr. par. 2.2.2); a questo punto le acque di piena si espandono, invadendo la piana inondabile. Da questo momento, a causa del grande aumento di sezione, l'incremento della portata si traduce in lievi incrementi del tirante idraulico in alveo e in una brusca attenuazione della crescita esponenziale della velocità (Fig. 6.3). Il risultato è una velocità della corrente sufficiente al rinnovamento degli habitat in alveo e nella piana, ma incapace di esercitare effetti distruttivi (salvo che nelle piene eccezionali).

Nei tratti privi di piana inondabile (ad es. in valli a V), o dove la sua sommersione sia impedita da argini, l'aumento delle portate di piena è invece accompagnato da un aumento esponenziale della velocità di corrente, con effetti stressanti sulle comunità acquatiche e rimaneggiamenti imponenti e distruttivi degli habitat.

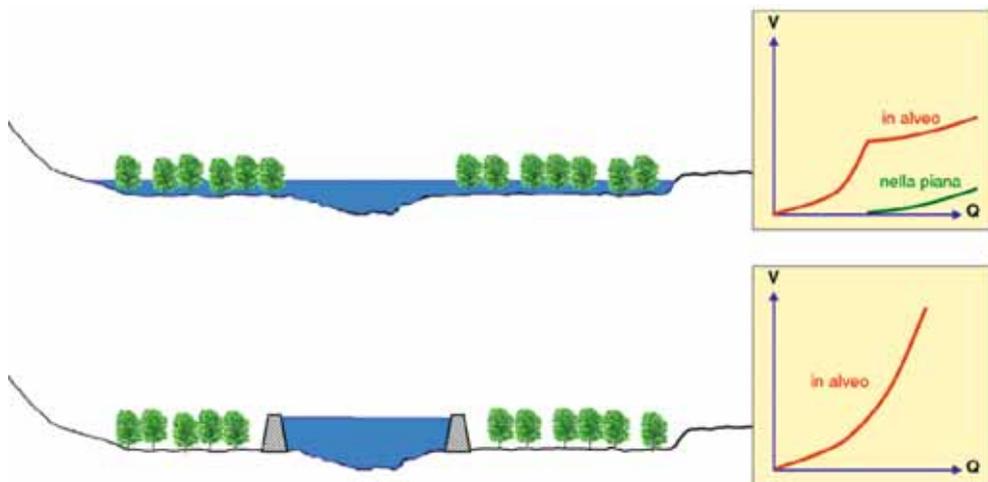


Fig. 6.3. Sopra: in presenza di piana inondabile, superato il livello di bankfull l'espansione delle acque di piena induce un forte rallentamento della curva di crescita della velocità. **Sotto:** la sottrazione della piana inondabile, conseguente agli argini, confina in alveo l'intera portata di piena, inducendo una crescita esponenziale della velocità, con effetti distruttivi. (Figura di G. Sansoni)

L'espansione periodica delle acque di piena nella piana inondabile induce una serie di effetti morfologici e idrodinamici:

- il contenimento dell'aumento di velocità nel canale fluviale, con riduzione dell'incisione dell'alveo e dell'erosione delle sponde;
- tale contenimento riduce l'entità dello stress a cui sono sottoposti i pesci; favorisce inoltre il mantenimento dell'equilibrio geomorfologico e degli habitat (barre, buche, raschi) che, altrimenti, verrebbero spazzati via dalla

- violenza della corrente;
- favorisce l'infiltrazione e il ravvenamento della falda che, in seguito, alimenterà il corso d'acqua (attenuazione delle magre);
 - favorisce il rimodellamento morfologico della piana e, perciò, la creazione di un mosaico di habitat perifluviali (vari tipi di zone umide, aree denudate, aree boscate, suoli privi di frazioni fini frammisti ad altri che ne sono ricchi...);
 - fornisce ai pesci ripari di piena fuori alveo, nonché (nelle zone umide) zone protette di svezzamento e di accrescimento;
 - crea le condizioni per lo sviluppo di ampie fasce vegetate riparie, arbustive e arboree;
 - permette il reintegro in alveo della materia organica dilavata dalla piena (grazie al ritiro delle acque di piena, ricche di apporti organici).

La presenza di una piana inondabile potenzia dunque molti aspetti della funzionalità; tale efficacia, ovviamente, si riduce nel caso di piane inondabili strette.

Nei tratti montani, specialmente quelli caratterizzati da acclività dei versanti, la piana inondabile è assente o molto contenuta: le sue funzioni vengono perciò a mancare.

Il restringimento della piana inondabile causato da argini comporta la riduzione o compromissione delle funzioni da essa svolte. Infatti le acque di piena, impossibilitate ad espandersi, sono costrette a salire in altezza, aumentando fortemente la velocità: ciò accentua gli effetti stressanti sia sulla piana (riducendo quelli favorevoli all'ecosistema) sia in alveo (erosione di barre, raschi e altre forme di fondo e incisione dell'alveo stesso, con una sorta di "effetto canalizzazione", sponde più ripide e una serie di alterazioni morfologiche e funzionali). Per questi motivi, piane inondabili artificialmente confinate hanno una funzionalità ridotta rispetto a piane inondabili naturali di pari ampiezza.

Una riduzione di funzionalità del tutto analoga è quella indotta dall'incisione dell'alveo che, sia pur gradualmente, trasforma la piana inondabile in un terrazzo, non più interessato dalle piene ordinarie

3) Cosa guardare

La larghezza dell'alveo di piena ordinaria (comprendente l'alveo di morbida e le due piane inondabili, destra e sinistra) rispetto all'alveo di morbida ("alveo attivo") e il suo grado di confinamento artificiale

rappresentano un indicatore semplice, ma affidabile, delle funzioni derivanti dalle interazioni tra alveo bagnato e piana inondabile.

È importante notare che, agli effetti della funzionalità ecologica, ciò che conta è sia l'estensione della zona inondabile sia la sua frequente inondazione. In linea di principio, infatti, gli eventi di piena eccezionale apportano scarsi contributi alla funzionalità ecologica, data la loro bassa frequenza e la loro violenza.

La piana inondabile è caratteristicamente inondata di norma ogni 1-3 anni da piene che hanno un'energia sufficientemente alta da esercitare un certo rimodellamento morfologico, ma sufficientemente bassa da non creare bruschi sconvolgimenti.

È importante esercitarsi alla lettura geomorfologica, in modo da saper distinguere la piana inondabile dall'alveo di morbida e dalle eventuali superfici terrazzate.

Il corretto riconoscimento di una piana inondabile dall'alveo di morbida e dalle eventuali superfici terrazzate richiede competenze geomorfologiche. Una piana inondabile è caratterizzata da una superficie approssimativamente piana, costituita da ghiaie e ciottoli coperti da uno strato di suolo, dotata di una copertura arboreo-arbustiva, solitamente separata dall'alveo di morbida da una piccola scarpata ed inondata dalle piene ordinarie.

La piana inondabile si distingue perciò facilmente dalle barre perché queste non hanno in superficie ciottoli (non ricoperti da uno strato di suolo). Si distingue dai terrazzi (anch'essi dotati di una copertura di suolo) perché questi sono posti ad una quota più elevata, non raggiungibile dalle piene ordinarie.

Il confine con l'alveo di morbida (col greto nudo o con erbacee pioniere) è facilmente individuabile, perché coincide con l'insediamento della vegetazione riparia arbustiva.

Per individuare il confine esterno della piana inondabile bisogna osservare la presenza di una rottura di pendenza (al contatto con i versanti) o di eventuali scarpate di terrazzi fluviali.

Quando non è possibile individuare con esattezza la rottura di pendenza che segna il confine esterno della piana inondabile, in sua vece si può utilizzare il limite raggiunto dalla piena ordinaria nella zona perifluviale (individuando i segni lasciati dalla piena). Dato che il rilievo non può essere effettuato in condizioni di piena, è necessario osservare in campo gli "indizi" del passaggio delle piene ordinarie, evitando però di confonderli con quelli determinati da eventi eccezionali. Tali indizi possono essere rappresentati da depositi di materiale di diversa dimensione trasportato dal corso d'acqua in funzione della granulometria prevalente dell'alveo, che da monte verso valle

si distribuisce in massi, ciottoli, ghiaia, sabbia e limo. Un altro segno che può aiutare a determinare l'altezza raggiunta dall'acqua di piena è la presenza di eventuali depositi di materiale (foglie, erba, rametti, rifiuti, ecc.) sui tronchi e sui rami più bassi degli alberi o degli arbusti nella fascia perifluviale.

Un'ispezione nella zona perifluviale può evidenziare la presenza di solchi secondari, anche asciutti, alimentati solo in caso di piena.

È da considerare inoltre la presenza di zone umide (piccoli stagni, pozze temporanee, terreno saturo) alimentate dal corso d'acqua durante la piena; si tenga, però, presente che le zone umide perifluviali possono essere alimentate anche dalla falda.

È necessario comunque raccogliere informazioni preventive circa possibili eventi di piena "eccezionale" avvenuti negli anni immediatamente precedenti all'applicazione dell'IFF.

4) Come rispondere

La domanda vale per il tratto, non si risponde in maniera differenziata per riva destra e sinistra; se il corso d'acqua è arginato da un solo lato, il tratto va considerato arginato e si sommano le porzioni inondabili dai due lati per valutare l'ampiezza relativa della piana inondabile rispetto all'alveo di morbida. Gli schemi della figura 6.3 sono un'utile guida alla individuazione della risposta corretta:

- a) tratto non arginato, con ampia piana inondabile (larghezza dell'alveo di piena ordinaria superiore a 3 volte l'alveo di morbida: caso 1 in Fig.6.4).
Il corridoio fluviale è caratterizzato dalla presenza di ampie piane inondabili; la morfologia fluviale garantisce la permanenza delle acque sul/nel suolo per tempi sufficientemente lunghi, tali da rendere possibile la costituzione di complesse aree riparie caratterizzate dalla compenetrazione di ambienti boscati periodicamente inondati e ambienti acquatici e palustri, oltre che di ambienti schiettamente acquatici;
- b) tratto non arginato con larghezza dell'alveo di piena ordinaria compresa tra 2 e 3 volte quella dell'alveo di morbida (caso 2), oppure alveo di piena ordinaria arginato superiore al triplo dell'alveo di morbida (caso 5);
- c) alvei non arginati con piana inondabile molto stretta (larghezza dell'alveo di piena ordinaria compresa tra 1 e 2 volte l'ampiezza dell'alveo di morbida), sia essa tale naturalmente o a seguito di incisione di una piana inondabile originariamente più ampia (caso 3), oppure tratti arginati con larghezza dell'alveo di piena ordinaria compresa tra 2 e 3 volte l'ampiezza dell'alveo di morbida (caso 6);

Sono da far rientrare in questa casistica i corsi d'acqua che presentano casse di espansione (possibilità di espansione in aree artificiali), ovvero le porzioni inondate da piene ordinarie comprese in casse di espansione in linea, soggette perciò a dinamiche di inondazione simili a quelle naturali. Sono escluse, invece, le aree comprese entro casse di espansione in derivazione (per l'interposizione dell'argine sfiorante, infatti, sono inondate molto raramente, solitamente con frequenza pluridecennale), che sono da afferire al successivo punto.

- d) tratti con larghezza dell'alveo di piena ordinaria circa uguale all'alveo di morbida, cioè alvei totalmente privi di piana inondabile (caso 4). Rientrano infatti in questa casistica i tratti caratterizzati da significativa acclività dei versanti, che determina un veloce ritorno delle portate di piena verso l'alveo. Questa condizione caratterizza frequentemente i tratti montani di valli a V. Rientrano in questa casistica anche i tratti arginati, con ampiezza dell'alveo di piena ordinaria minore di due volte l'alveo di morbida (caso 7). Non è infrequente la presenza di una piana inondabile che tuttavia, di fatto, non viene interessata dalle piene ordinarie, essendo queste ultime laminate da bacini artificiali (con rilascio del solo deflusso minimo vitale); la limitazione di funzionalità che ne deriva è già considerata nella domanda 5 (Condizioni idriche) e non va pertanto nuovamente valutata nella domanda 6.

L'eventuale area di deposito indotto dalla presenza delle briglie, se ne ha le caratteristiche (in particolare la copertura del suolo), si considera come piana inondabile declassandola però alla risposta sottostante a quella corrispondente alla sua ampiezza. Se la briglia è associata ad argini si applicano entrambe le penalizzazioni.

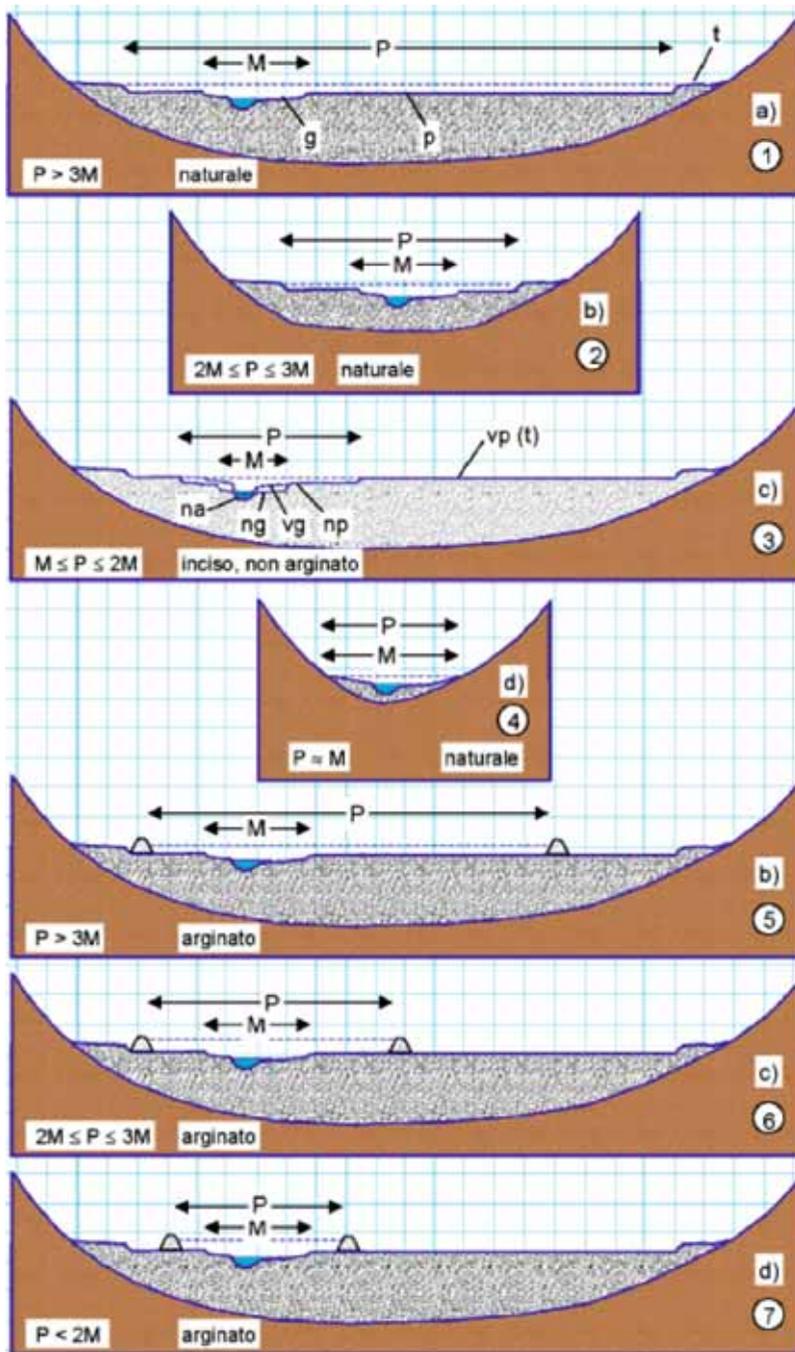


Fig. 6.4 Ampiezza dell'alveo di piena ordinaria (P), relativa all'ampiezza dell'alveo di morbida (M). g: greto (parte dell'alveo attivo frequentemente emersa); p: piana inondabile; t: terrazzo fluviale; na: nuovo alveo inciso; ng: nuovo greto; vg: vecchio greto; np: nuova piana inondabile; vp (t): vecchia piana inondabile (ora terrazzo).

Domanda 7: Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici

	sponda	dx		sx
a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)			25	
b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)			15	
d) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)			5	
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme			1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare la potenzialità dell'alveo, sulla base della varietà dei microhabitat, ad ospitare una comunità animale e vegetale ricca e diversificata, in grado di concorrere all'autodepurazione delle acque.

Valutare la capacità di ritenzione della sostanza organica grossolana (CPOM) – fonte di energia per l'ecosistema acquatico – operata da strutture morfologiche del fiume come tronchi incassati, massi e ciottoli, radici superficiali, canneti, cali di velocità nelle curve o nelle zone di ristagno.

2) Principi

In un corso d'acqua la struttura dell'alveo, intesa come insieme di substrati utilizzabili dal biota, è di fondamentale importanza in quanto la maggior parte delle funzioni biologiche si svolge sulle superfici sommerse. Morfologicamente la composizione dell'alveo cambia da monte verso valle e la granulometria media è dominata da un mosaico, di volta in volta assortito, di massi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo.

La produzione primaria è fornita, oltre che dalla comunità a macrofite, dal fitobentos, la cui crescita è favorita dalla presenza di nutrienti associata a substrati stabili.

Alvei con strutture diversificate e stabili offrono potenzialmente molte possibilità di variazione della velocità di corrente e profondità e quindi, nel complesso, riassumono una varietà di microhabitat in grado di ospitare comunità ricche.

Un alveo monotono e mobile (ad es. sabbioso), andando incontro a processi di mutamento continuo, presenterà scarsità di microhabitat

rifugio e, di conseguenza, una comunità povera qualitativamente e quantitativamente.

Anche un ambiente molto stabile, ma monotono (alvei cementificati e/o presenza importante di lastre di roccia), per la morfologia stessa del substrato, offre scarsa ospitalità alle comunità animali, riducendo drasticamente il potere autodepurante del sistema.

La ritenzione della materia organica, essenziale per l'ecosistema fiume, è legata alle condizioni morfologiche e idrauliche del corso d'acqua. Un fondo scabro a strutture grossolane stabili esercita in modo efficace la funzione di ritenzione, mentre un fondo uniforme, con scarsi elementi atti al sequestro delle foglie, favorirà l'esportazione della materia organica ed un processo di spiralizzazione più lungo.

Per i tratti ritrali la ritenzione è assicurata da strutture che determinano la formazione di cascatelle, raschi (riffles), buche (pools), massi, tronchi o rami in alveo; per i tratti a lento decorso, la ritenzione è operata da canneti o idrofite in alveo.

3) Cosa guardare

La varietà del mosaico morfologico deve essere valutata osservando punti diversi del corso d'acqua (raschi, pozze, rive, centro, ecc.), mentre la stabilità può essere verificata anche osservando la composizione percentuale delle componenti granulometriche (roccia, massi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo).

Inoltre, deve essere valutata la capacità di trattenere la materia organica dovuta alla presenza di strutture in grado di sequestrare sostanza organica grossolana (foglie, rametti e frammenti vegetali in genere) o fine.

Si noti che questa domanda valuta la capacità di ritenzione (potenziale), non la ritenzione effettiva. Un tratto ad elevata capacità di ritenzione, infatti, può anche essere povero o privo di frammenti vegetali, momentaneamente (ad es. dopo un'intensa precipitazione), frequentemente (ad es. se soggetto a disturbo idraulico da scarico di centrali idroelettriche) o permanentemente (ad es. se privo di fasce di vegetazione riparia e di versanti boscati). Tuttavia eventi momentanei non devono influenzare il giudizio, mentre il disturbo idraulico e la copertura vegetale sono già valutati da altre domande.

La domanda è applicata sia ai corsi d'acqua a decorso turbolento sia a quelli a flusso laminare, anche se nei due casi le strutture di ritenzione da analizzare sono diverse. Nei corsi d'acqua a flusso turbolento la ritenzione

è determinata dalla morfologia e dall'idraulica del corso d'acqua. Nei corsi d'acqua lenti o a flusso laminare l'azione ritentiva è scarsamente influenzata dalla granulometria del substrato (solitamente modesta: ghiaie, sabbie, limi), ma è dovuta essenzialmente alla diminuzione della velocità della corrente e alla presenza di elementi vegetali che agiscono da rete di cattura, quali le comunità vegetali palustri ed acquatiche.

4) Come rispondere

Corsi d'acqua a flusso turbolento

- a) Condizioni ideali per la ritenzione, tipiche dei tratti alti dei torrenti, dove la compresenza di substrati diversificati (tra i quali anche massi, tronchi, radici) svolge un'efficace azione di trattenimento delle foglie, sia per incastro diretto sotto massi e ciottoli, sia nelle zone di sedimentazione dovute a perdita di energia cinetica dell'acqua, come presso le rive, dopo una cascatella o in zone laterali di ristagno;
- b) alvei con ciottoli e alcuni massi incassati in cui il fondo è piuttosto stabile, ma con minore efficacia ritentiva. Solitamente questi ambienti possiedono una minor pendenza, meno elementi stabili, una granulometria minore e meno eterogenea;
- c) strutture libere e mobili con le piene, tendenzialmente a limitata diversificazione; ne è un esempio un substrato di ciottoli che può essere facilmente smosso;
- d) alvei in cui la ritenzione è fortemente ridotta e il materiale grossolano non riesce ad essere trattenuto. È il caso di corsi d'acqua veloci a fondo uniforme (roccioso o corazzato), oppure di tratti con interventi artificiali come cunettoni, plateazioni di fondo, rivestimenti in cemento. Ricadono in questa risposta anche i casi in cui i ciottoli presenti sono incassati sul fondo e cementati da sedimenti fini (provenienti, ad es., da frantoi di inerti, da attività industriali o dallo svaso di dighe) che occludono gli interstizi formando un fondo uniforme e compatto.

Corsi d'acqua a flusso laminare

- a) Presenza di una larga e continua fascia di erbacee palustri, soprattutto lungo i bordi del corso d'acqua, e/o fitta presenza in alveo di idrofite che costituiscono habitat diversificati e trattengono la sostanza organica in superficie e sul fondo;
- b) situazioni di presenza saltuaria di erbacee palustri – soprattutto nelle zone di bassa velocità dell'acqua o di ristagno idraulico, come nel caso di

allargamenti della sezione e riduzioni di pendenza – o di idrofite che solo parzialmente riescono a trattenere la sostanza organica;

- c) corsi d'acqua di discreta velocità e con rive ripide che presentano un fondo di alghe o di rade idrofite flottanti nell'acqua, con scarsa efficacia ritentiva.
- d) fondo cementificato e artificializzato oppure limoso uniforme, con assenza di macrofite.

Domanda 8: Erosione

	sponda	dx	sx
a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve		20	20
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale		15	15
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale		5	5
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali		1	1

1) Obiettivi della domanda

La struttura della riva naturalmente consolidata identifica un sistema maturo dove i processi morfologici evolutivi del corso d'acqua sono a lungo periodo, permettendo alle rive di esercitare una funzione ecologica importante nell'economia omeostatica del sistema fiume. Tale funzione viene valutata attraverso l'osservazione dei processi erosivi della riva.

2) Principi

L'erosione accelerata può accentuare la migrazione dei meandri e rendere il corridoio più ampio, ma non consente una maturazione del sistema, operando un rilevante movimento del materiale solido, attraverso l'asportazione nelle zone di massima forza della corrente e il deposito nei momenti di caduta di velocità. In tale sistema, in rapida trasformazione, si ha la riduzione dei siti di ritenzione, la distruzione di zone rifugio e di aree di ovodeposizione, soprattutto per la fauna ittica, contribuendo a limitare i fattori di trasformazione della materia organica. L'erosione fisiologica, invece, garantisce nel medio periodo la stabilità del sistema fluviale e dei suoi processi metabolici.

L'erosione delle sponde può essere una conseguenza dell'incisione verticale di lunghi tratti dell'alveo, indotta dalle escavazioni (anche a notevole distanza di spazio e/o di tempo) o da altri interventi (ad es. dighe e sistemazioni forestali a monte).

3) Cosa guardare

L'operatore deve individuare i processi di erosione in atto; solitamente questo fenomeno si presenta soprattutto nella parte esterna delle curve o nelle

strettoie. Erosioni o smottamenti presenti solo su una riva saranno segnalati se interessano un tratto più esteso del TMR. Nel caso in cui i tratti di erosione abbiano una lunghezza minore del TMR si assegna lo stesso punteggio ad entrambe le sponde. Per individuare la presenza di erosione è importante osservare la porzione di alveo che va dal limite tra alveo di magra e alveo di morbida sino al limite tra alveo di morbida ed alveo di piena: è in tale collocazione che si possono rinvenire le tracce di erosione più importanti.

Se il tratto è stato oggetto di un violento fenomeno di piena con tempi di ritorno molto ampi (quindi con ripercussioni prolungate nel tempo), si risponde considerando la situazione reale che si osserva al momento.

Nel rilevare la capacità erosiva di un corso d'acqua è facile essere tratti in errore di valutazione quando essa, pur essendo potenzialmente elevata, è impedita da opere di difesa spondale che possono essere "mascherate" da una rigogliosa vegetazione riparia. È necessario quindi effettuare un'accurata analisi della situazione, cercando di individuare se effettivamente le difese spondali sono state realizzate per contrastare una concreta e reale capacità erosiva del corso d'acqua e se tuttora svolgono tale funzione.

Qualora il piede delle opere longitudinali (difese spondali, argini) sia bagnato dalle piene ordinarie, la loro funzione antierosiva va considerata ancora presente. Qualora invece tra le opere longitudinali e l'alveo bagnato sia presente una formazione arborea o arbustiva o una formazione a erbacee palustri consolidata ed esterna all'alveo di piena ordinaria, la funzione antierosiva delle opere può essere considerata marginale (poiché non si esplica abitualmente, ma solo in occasione di eventi eccezionali); in tal caso devono essere presi in considerazione i fenomeni erosivi eventualmente presenti nella fascia più interna.

Le opere di difesa trasversali (costituite da serie di briglie) possono essere considerate equivalenti ad opere longitudinali in quanto sono finalizzate a ridurre la forza erosiva e consolidare i versanti e le scarpate attraverso la riduzione della pendenza e della velocità dell'acqua. In tal caso, la valutazione va fatta sulla base della loro distanza.

4) Come rispondere

- a) Tratto privo di fenomeni erosivi evidenti. Rientrano in questa opzione anche gli ambienti con erosione localizzata, solitamente all'esterno delle curve, e gli ambienti con fascia di vegetazione secondaria arborea, eventualmente conseguenti a interventi di rinaturalizzazione ben concepiti ormai consolidati e maturi;

- b) situazione in cui i fenomeni erosivi, sebbene non frequenti, sono presenti anche lungo i tratti rettilinei, con limitata incisione verticale del percorso;
- c) rive sottoposte ad erosione frequente in cui è evidente l'incisione verticale del percorso con scavo delle rive e scopertura delle radici. Si ricade in questa opzione anche nel caso di successione di briglie in cui il rapporto tra distanza tra le briglie e larghezza dell'alveo di morbida è superiore a 3:1;
- d) situazione di erosione molto evidente e presente in modo continuo, oppure presenza di opere longitudinali di difesa spondale o di canalizzazioni che, di fatto, impediscono l'erosione o di successioni di briglie in cui il rapporto tra distanza tra le briglie e larghezza dell'alveo di morbida è inferiore o uguale a 3:1.

Domanda 9: Sezione trasversale

	sponda	dx		sx
a) alveo integro con alta diversità morfologica			20	
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica			15	
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica			5	
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla			1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare la diversità morfologica e strutturale della sezione trasversale, ovvero il profilo del fiume da sponda a sponda, a cui corrisponde solitamente una significativa diversità ambientale, e il suo eventuale deterioramento conseguente a trasformazioni antropiche.

2) Principi

Un alveo naturalmente integro presenta solitamente diversità morfologiche e strutturali elevate e una transizione graduale dall'ambiente acquatico a quello terrestre (che arricchisce ulteriormente la diversità ambientale). Poiché ciascun taxon animale vivente nell'alveo presenta un optimum e un proprio intervallo di tolleranza alle condizioni ambientali (legato alle esigenze fisiologiche, agli adattamenti morfologici e comportamentali, alle modalità di procacciamento del cibo, alle strategie riproduttive, ecc.), quanto maggiore è l'eterogeneità ambientale, tanto maggiore sarà il numero di specie che possono convivere nell'ecosistema. L'elevata diversità biologica, a sua volta, è garanzia di una più pronta ed efficace risposta alle variazioni temporali del carico organico, di una migliore efficienza depurante, di una maggiore stabilità del sistema.

La "diversità ambientale" dell'alveo bagnato, di quello di morbida e di piena determina "diversità biologica" e, di conseguenza, funzionalità ecologica elevata.

Tale diversità ambientale, inoltre, garantisce solitamente al corso d'acqua la continuità laterale con l'ecotono ripario e la continuità verticale con l'ambiente iporreico.

Gli interventi di risagomatura, anche parziale, banalizzando la

sezione dell'alveo, determinano una riduzione della funzionalità globale dell'ecosistema fluviale, sia riducendo l'eterogeneità ambientale, sia interrompendo la continuità con il territorio circostante.

3) Cosa guardare

Per rispondere in modo corretto alla domanda è necessario prestare attenzione alla conformazione della sezione trasversale dell'alveo di piena ordinaria, rilevando l'eventuale presenza di uniformità ambientale, anche attraverso la sola presenza di geometricità della sezione (che è sempre da mettere in rapporto ad interventi antropici). Per effettuare una corretta valutazione occorre prima immaginare la sezione spogliata dalla vegetazione presente per valutare la sola morfologia e poi, solo in un secondo tempo, considerare il contributo della vegetazione presente.

La risposta si riferisce, ovviamente, alle caratteristiche "tipo" della sezione nel tratto omogeneo individuato (e, di conseguenza, a quelle predominanti e non alla loro media).

4) Come rispondere

- a) Tratti a sezione integra, con elevata diversità ambientale. Si utilizza questa opzione anche in presenza di interventi di consolidamento puntiformi e/ o di interventi di rinaturalizzazione ben concepiti, consolidati e maturi. Anche in situazioni in cui siano presenti arginature talmente lontane dall'alveo da non risultare più interessate dalle dinamiche fluviali, la sezione si considera morfologicamente diversificata.
- b) tratti che presentano limitati interventi di artificializzazione della sezione, che hanno interessato al massimo una parte delle rive o del fondo. Rientrano perciò in questa opzione anche gli interventi di rinaturalizzazione ormai consolidati ben concepiti, ma non ancora maturi (a 2-3 anni dall'intervento); nel caso, invece, di interventi di ingegneria naturalistica che introducono una sezione geometrica innaturale (attenzione, una rigogliosa vegetazione spondale può mascherare difese spondali: osservare da una certa distanza per cogliere meglio eventuali rettifiche dell'alveo o pendenze uniformi delle sponde) ci si riferisce alla terza opzione. Le serie di briglie, localizzate all'interno di un tratto omogeneo, si considerano in questa opzione quando il rapporto tra distanza tra le briglie e larghezza dell'alveo di morbida è superiore a 3:1;

- si ascrivono a queste risposte anche i tratti naturali che però presentano una bassa diversità ambientale, come nel caso di corsi d'acqua che scorrono in valli incassate in pareti rocciose (anche su una sola sponda) e/o presentano fondo dell'alveo piatto e roccioso;
- c) sezione con interventi artificiali molto evidenti, pur in presenza di un residuo di naturalità della sezione (che interessa almeno una sponda o il fondo). Ricadono in questa risposta anche i tratti nei quali, col tempo, gli interventi artificiali sono stati mitigati in parte dalla formazione di strutture dovute all'evoluzione del corso d'acqua o "mascherati" da una copertura vegetale consistente. Si ricade in questa opzione anche nel caso di briglie ravvicinate con un rapporto tra distanza tra le briglie e larghezza dell'alveo di morbida inferiore o uguale a 3:1;
- d) rientrano in questo caso i tratti che presentano opere di fondo – come plateazioni, rivestimenti e cunettoni – con o senza opere longitudinali non ancora mitigate dall'evoluzione del corso d'acqua, i canali di bonifica a fondo in terra con interventi di sfalcio e pulizia frequenti, le risagomature e i tratti pensili a sezione geometrica. Si rientra in questa opzione anche nel caso in cui interventi di escavazione in alveo, preesistenti o in atto, abbiano indotto rilevanti alterazioni della sezione.

Domanda 10: Idoneità ittica

	sponda	dx		sx
--	--------	----	--	----

a) elevata		25	
b) buona o discreta		20	
c) poco sufficiente		5	
d) assente o scarsa		1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare l'idoneità del tratto omogeneo ad ospitare la fauna ittica vocazionale, considerando sia le esigenze dei diversi stadi vitali (es. avannotti giovanili, adulti) sia del ciclo vitale, come: la disponibilità di aree per la riproduzione, di *nursery*, di accrescimento, di nascondigli, ecc.

Si intendono, quindi, le caratteristiche ambientali correlate alla capacità riproduttiva, alla possibilità di stabulazione, ai fattori legati alla fotosensibilità e alla presenza di un adeguato apporto trofico.

2) Principi

Le diverse specie ittiche per poter vivere in un determinato sistema fluviale, necessitano naturalmente di quella serie di caratteristiche ambientali che permettono l'espletamento del proprio ciclo vitale o, su una scala spaziale più ridotta, almeno di una parte di esso. Questo è evidente per gran parte delle popolazioni ittiche fluviali che, per diverse esigenze, possono migrare lungo il profilo longitudinale dei corsi d'acqua per raggiungere le aree di riproduzione o di accrescimento o, ancora, di svernamento ("unità di habitat"). I casi più noti sono quelli delle specie diadrome (es. anguilla, alosa, storioni); ma anche i salmonidi (es. trota fario, trota macrostigma e trota marmorata) e i ciprinidi più reofili (es. barbi e cavedano) presentano frequentemente popolazioni o sub-popolazioni migranti.

Una caratteristica essenziale del sito per la sopravvivenza degli individui di una determinata popolazione ittica è la presenza di aree idonee alla propria "stabulazione". Queste ultime sono definite come zone rifugio e rappresentano quelle porzioni di fiume in cui i pesci possono sostare con il minimo sforzo e sfuggire ad eventuali predatori. Indispensabile inoltre è

la presenza di idonee aree di frega affinché le varie specie ittiche possano riprodursi. La potenziale idoneità di tali aree varia in funzione della diversa strategia di riproduzione delle specie attese (es. specie a deposizione litofila o fitofila).

Inoltre, essendo accertato un elevato grado di fotosensibilità nella fauna ittica, l'ombreggiatura diviene molto importante, soprattutto nei tratti dei corsi d'acqua poco profondi e con acque più trasparenti.

Altro fattore indispensabile è la presenza di zone di produzione di cibo, che variano anch'esse a seconda delle specie.

Inoltre, la presenza di sbarramenti trasversali lungo il corso d'acqua, creando una discontinuità longitudinale dell'alveo ed un impedimento fisico (nei casi di assenza di "passaggi per pesci") soprattutto per i pesci che migrano per esigenze riproduttive, rappresenta un fattore limitante per molte popolazioni ittiche fluviali.

2) Cosa guardare

L'operatore dovrà individuare, per tratto omogeneo, la presenza o assenza di: zone di rifugio, aree di frega, ombreggiatura, aree trofiche e presenza di sbarramenti trasversali che non permettono i liberi spostamenti dei pesci migranti lungo il profilo longitudinale dei corsi d'acqua.

Applicando un approccio multimetrico e considerando ciascuna metrica come indipendente e ugualmente importante (stesso peso), ognuno dei primi 4 parametri viene classificato utilizzando 5 livelli di giudizio, assegnandogli valori da 1 a 5 punti, con il valore 5 che esprime la massima idoneità del sistema.

Il parametro relativo agli sbarramenti, invece, essendo comunque un fattore limitante viene utilizzato quale grandezza numerica da sottrarre al punteggio ottenuto con una scala che va da 0 a 5.

Zone rifugio

I rifugi sono aree che permettono ai pesci di proteggersi dai predatori e dalla eccessiva esposizione all'alta velocità di corrente. Le zone rifugio sono quelle aree che permettono ai pesci di sostare, con un certo grado di protezione, compiendo un minimo sforzo per rimanere in equilibrio, generalmente, contro corrente. Queste sono rappresentate, per la tipologia ritrale, da strutture in alveo stabilmente incassate quali grossi massi, sassi e ciottoli, vecchi tronchi, rive concave con presenza di radici d'alberi o rocce sporgenti, buche in cui la velocità di corrente diminuisce e assume

un andamento rotatorio o turbolenze d'acqua. Nei corsi d'acqua potamali o di risorgiva queste sono rappresentate da presenza di banchi di macrofite acquatiche, buche, rive scavate con presenza di radici.

Alla elevata diversità ambientale, alla quale contribuisce la presenza di un elevato numero di aree rifugio, è generalmente legata la presenza di popolazioni ittiche ben strutturate ed associate localmente a formare delle comunità ben strutturate e funzionali.

Aree di frega

Tutte le specie ittiche, ed in particolare i salmonidi, all'epoca della stagione riproduttiva, ricercano lungo i corpi idrici delle zone idonee per la riproduzione: rilascio dei gameti e deposizione delle uova. Tali zone sono dette aree di frega e, in relazione alla biologia riproduttiva delle diverse specie ittiche, devono possedere determinate caratteristiche. Ad esempio, le aree riproduttive ("letti di frega") delle trote (deposizione litofila) sono caratterizzate da: assenza di materiale in sospensione, velocità di corrente compresa tra 15 e 90 cm/s, profondità dell'acqua tra 15 e 50 cm ed un substrato costituito da ciottoli e ghiaie di granulometria compresa tra i 6 e i 70 mm di diametro. Un aspetto fisico importante è rappresentato dalla permeabilità del substrato che dovrebbe consentire la circolazione dell'acqua tra gli interstizi del sedimento e, quindi, la corretta ossigenazione delle uova. Generalmente un buon drenaggio è garantito da un materiale litico di tipo ciottoloso-ghiaioso con una percentuale di sabbia inferiore al 5%.

Cavedano, alborella, savetta ed i barbi sono specie che prediligono deporre su fondi ghiaiosi - ciottolosi.

Altre specie ittiche utilizzano invece la vegetazione acquatica quale substrato di deposizione (specie a deposizione fitofila). Molte di queste producono uova adesive, ad esempio la tinca o, come nel caso del persico reale, rilasciate a formare dei nastri di uova attaccati sulle macrofite acquatiche (es. alla base di cannuce d'acqua, su basse batimetrie, o su macroalghe come le Characee, nelle acque più profonde). Oppure il luccio che depone le uova sulla vegetazione di fondo, alla quale rimangono aderenti anche le prelarve (embrioni liberi muniti di sacco vitellino) (lunghe 8-9 mm) per circa 8-10 giorni.

Tra le altre specie a deposizione fitofila si possono citare: pigo, triotto, tinca, scardola. Tutte possono deporre le uova sulla vegetazione acquatica in acque poco profonde e alcune di queste possono utilizzare diversi tipi di substrato di deposizione (specie fito-litofile) come, ad esempio, l'alborella. Inoltre le prelarve di varie delle specie fitofile restano attaccate alla vegetazione

per un periodo variabile da alcuni giorni fino al completo riassorbimento del sacco vitellino.

Ombreggiatura

Questo parametro riveste notevole importanza per la fauna ittica, infatti una buona ombreggiatura favorisce una certa stabilità della temperatura dell'acqua e quindi un corretto mantenimento del tenore di ossigeno; la riduzione di luminosità diretta è un vantaggio per molte specie ittiche (che sono per la maggior parte fototropiche negative). Le zone d'ombra quindi divengono anche in pratica delle zone rifugio, al pari delle radici degli alberi. Essendo inoltre l'ombreggiatura un fattore limitante per la crescita delle macrofite, contribuisce a favorire l'instaurarsi di un ecomosaico caratterizzato da diverse forme di vegetali acquatici.

Zone trofiche

In un corpo idrico ritrale, l'area più importante di produzione di biomassa è rappresentata dal raschio, caratterizzato dall'aver una discreta-elevata velocità di corrente, una ridotta profondità dell'acqua ed un substrato grossolano costituito da ghiaia, ciottoli. Benché anche altri fattori influenzino la produzione di biomassa, i parametri principali sono la velocità di corrente ed i substrati. Tuttavia, anche le pozze e, forse, ancor di più le zone di accumulo di detrito organico nei piccoli bracci marginali d'acque calme (*back waters*), possono rappresentare gli habitat più idonei per l'alimentazione degli stadi giovanili precoci di molte specie ittiche fluviali.

Nei corpi idrici potamali le zone di produzione di cibo sono rappresentate da meandri dalle barre di meandro, dalle isole fluviali e dalle zone di deposizione di particolato organico.

Sbarramenti

La presenza di opere trasversali al flusso della corrente rappresenta un fattore altamente negativo per la fauna ittica, in quanto determina un'alterazione della struttura delle popolazioni. Le briglie, gli sbarramenti e le dighe rappresentano inoltre delle barriere artificiali che interrompono la circolazione della fauna ittica che normalmente si sposta per motivi trofici, migratori o riproduttivi.

Le stesse popolazioni, a causa del confinamento tra sbarramenti e/o per effetto di deriva genetica, tendono a formare sub-popolazioni, più rarefatte e meno diversificate, anche geneticamente. In alcuni casi sono state osservate estinzioni locali, a scala di bacino come nel caso delle cheppie.

Per la forte frammentazione dei sistemi, causata spesso dalla presenza

lungo l'asta fluviale di diversi sbarramenti in successione, dal teorico concetto di *River Continuum* si è passati alla realtà del "*Discontinuum*" per la grande maggioranza dei corsi d'acqua nazionali.

Per sbarramento si intende qualsiasi elemento trasversale (anche naturale) al flusso della corrente che non consente alla popolazione ittica di migrare da valle a monte durante tutto l'anno. Va ricordato che alcuni sbarramenti in condizioni di morbida possono essere superati dalla fauna ittica, mentre per convenzione si definisce invalicabile per tutto il periodo dell'anno uno sbarramento con un battente d'acqua di 1 metro.

Le dighe invece sono invalicabili dalla fauna ittica durante l'intero arco dell'anno, a meno che siano provviste di appositi passaggi per pesci. In tutti i casi la presenza di una diga comporta la formazione di un serbatoio artificiale che modifica profondamente la struttura e funzione del sistema fluviale, inducendo cambiamenti profondi anche nei popolamenti ittici e per tanto rappresenta un aspetto negativo da penalizzare.

4) Come rispondere

L'attribuzione delle risposte può essere effettuata sulla base della seguente tabella:

	Zone rifugio ZR	Aree di frega AF	Ombreg- giatura OM	Zone di produzione cibo PC
Assenti	1	1	1	1
Scarse	2	2	2	2
Discrete	3	3	3	3
Abbondanti	4	4	4	4
Molto abbondanti	5	5	5	5

Sbarramenti non superabili durante l'anno SB	
Almeno due sbarramenti con distanza tra loro < 3 volte l'alveo di morbida	5
Almeno due sbarramenti con distanza tra loro > 3 volte l'alveo di morbida	3
Presenza di una briglia	1
Assenza di sbarramenti	0

Sbarramenti dotati di passaggi per pesci che ne consentono il superamento non vanno considerati come impedimento fisico e perciò sono scevri da penalizzazioni.

La presenza di dighe sprovviste di passaggi per pesci deve essere considerata un fattore negativo per tutta l'asta fluviale a monte della diga stessa e viene quindi penalizzata di 2 punti (**D**).

Il punteggio finale **PF** si ricava da:

$$\mathbf{PF = ZR + AF + OM + PC - SB - D.}$$

In base al punteggio finale, che può assumere un valore fino ad un massimo di 20, si assegnerà una delle 4 risposte a questa domanda, come riportato nella tabella successiva.

Punteggio finale PF	Risposta da assegnare
14-20	A
9-13	B
4-8	C
< 4	D

Domanda 11: Idromorfologia

	sponda	dx	sx
a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20	
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15	
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5	
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare la diversificazione morfologica dell'alveo fluviale a macroscale e mesoscale, prodotto del libero svolgimento dei processi idrodinamici e geomorfologici e, perciò, indice di buona funzionalità. L'obiettivo, quindi, è legato alla rappresentazione funzionale delle caratteristiche idromorfologiche, anche in relazione alle richieste della Direttiva 2000/60EU.

2) Principi

La morfologia di un corso d'acqua è grossolanamente schematizzabile dalla presenza, frequenza e disposizione di alcuni elementi idromorfologici, differenziati a seconda dei tratti (vedi cap. 2.2).

Si considera come massimamente funzionale la diversificazione morfologica determinata dagli elementi idromorfologici caratteristici dei diversi ambiti (montani, di piana alluvionale)

Nei tratti vallivi, collinari e pedemontani normalmente l'alternanza di processi erosivi e di deposizione porta alla formazione di raschi e pozze. Nelle pianure alluvionali (e quindi non solo nei tratti potamali dei fiumi, ma anche in aree di deposito alluvionale in ambito ritrale), la dispersione dell'energia cinetica tende a determinare una divagazione del corso principale con formazione di meandri, caratterizzati anch'essi da aree a maggiore e minore profondità.

Nei tratti con andamento pluricursale a canali intrecciati e anastomizzato, in via semplificativa, può essere considerata la tipologia a raschi e pozze.

I raschi, in corpi idrici ritrali, favoriscono l'ossigenazione delle acque; essi sono pertanto le zone di maggior produzione di biomassa, soprattutto di macroinvertebrati bentonici. I fattori che influenzano la produzione di biomassa sono principalmente la velocità di corrente, i substrati e la profondità

dell'acqua. Le pozze, solitamente associate ai raschi, permettono il deposito e l'accumulo degli elementi energetici organici. Le zone di transizione tra pozza e raschio offrono una varietà di habitat alle popolazioni bentoniche; le variazioni verticali del fondo favoriscono gli scambi in ambiente iporreico.

Nelle piane alluvionali le anse dei meandri favoriscono la diversità idromorfologica e di conseguenza la creazione di habitat diversi.

Nei tratti definiti a mosaico, cioè caratterizzati dalla compresenza irregolare di elementi idromorfologici diversi, i singoli habitat hanno dimensioni ridotte e non soddisfano appieno tutte le esigenze della comunità biotica.

3) Cosa guardare

L'operatore deve individuare nel tratto in esame la presenza dei diversi elementi idromorfologici e la distanza alla quale essi si susseguono lungo il percorso longitudinale.

Nei tratti in piana alluvionale l'operatore deve concentrare l'attenzione sulla presenza di forme caratteristiche di tali situazioni come meandri, sinuosità, canali intrecciati o anastomizzati (Fig 6.5).

In condizioni di massima funzionalità i raschi (o le buche, o le curve con concavità opposta) si susseguono ad una distanza pari a circa 5-7 volte la larghezza dell'alveo di morbida; l'intero meandro (compreso tra due curve con uguale concavità) occupa una lunghezza doppia (10-14 volte la larghezza). Successioni diverse e irregolari sono generalmente sintomo di alterazioni nei processi idromorfologici. Si considerano anastomizzati fiumi con almeno tre rami comunicanti nell'alveo di morbida e intrecciati quelli con almeno tre barre oblique (cfr. par. 2.2.3).

Dato l'effetto di scala, nel caso di grandi corsi d'acqua planiziali la valutazione della presenza e successione dei meandri non può essere effettuata attraverso la semplice osservazione in campo (in un corso d'acqua di 200 m di ampiezza la successione avviene in un tratto di 2-3 km). In questo caso, la risposta va attribuita, mediante l'uso di carte e foto aeree, a porzioni di corso d'acqua che possono corrispondere a più schede.

In assenza di meandri verificare la presenza di anastomosi o intrecci e se mancanti verificare se il corso d'acqua è transizionale, sinuoso, confinato o semiconfinato (Fig 6.5).

4) Come rispondere

Nei tratti montani:

- a) Ambienti in cui i vari elementi idromorfologici sono ben distinti e ricorrenti ad intervalli regolari (la distanza tra due raschi o pozze o barre consecutivi è solitamente inferiore a 7 volte la larghezza dell'alveo di morbida); possono ascrivere a questa risposta anche i tratti a canali intrecciati purché presentino alternanze di raschi e pozze (Fig. 6.6);
- b) tratti in cui gli elementi idromorfologici, pur avendo una buona distinzione e diversificazione, presentano una sensibile irregolarità nella loro distribuzione; rientrano in questa opzione anche le tipologie *step and pool* tipiche delle condizioni montane;
- c) ambienti con netta predominanza di una tipologia di elementi idromorfologici, ad esempio corsi d'acqua con lunghe pozze intervallate da brevi raschi o viceversa; si rientra in questa opzione anche nel caso di zone caratterizzate esclusivamente da scorrimenti lenti (*glides*) o veloci (*runs*); assenza di canali intrecciati;
- d) tratti sostanzialmente privi elementi idromorfologici diversificati (per lo più perché artificializzati).

Nei tratti di piana alluvionale (sia potamali sia ritrali):

- a) Corsi d'acqua in cui i meandri sono ben distinti e ricorrenti ad intervalli regolari di circa 10-14 volte la larghezza dell'alveo di morbida; rientrano in questa opzione anche i canali anastomizzati con almeno tre rami comunicanti e i canali intrecciati con tre o più barre oblique;
- b) corsi d'acqua nei quali la divagazione è limitata dal confinamento all'interno di un ambito delimitato da arginature, o che presentano significativi interventi di rettifica (non necessariamente rettilinea); si assegna questa risposta anche a tratti sinuosi e transizionali e a quelli con un accenno di anastomosi;
- c) tratti che presentano tentativi di sinuosità, limitati dalla presenza di arginature ravvicinate, oppure tratti non arginati ma con percorso sensibilmente raddrizzato (per consentire coltivazioni o altri usi del suolo adiacenti all'alveo), nonché i tratti naturalmente confinati; assenza di anastomosi e intreccio di rami d'acqua;
- d) tratti sostanzialmente privi di sinuosità, raddrizzati e artificiali.

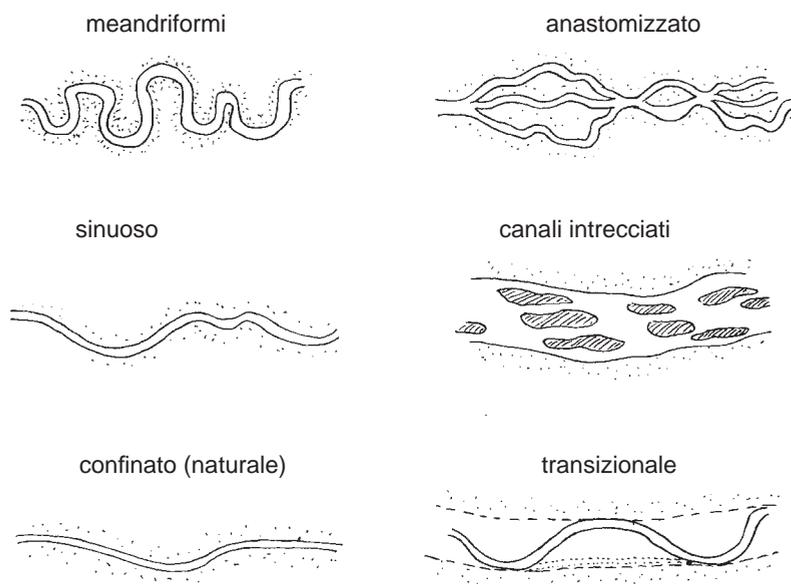


Fig 6.5 Tipi morfologici ritenuti utili ai fini della tipizzazione fluviale per la WFD.

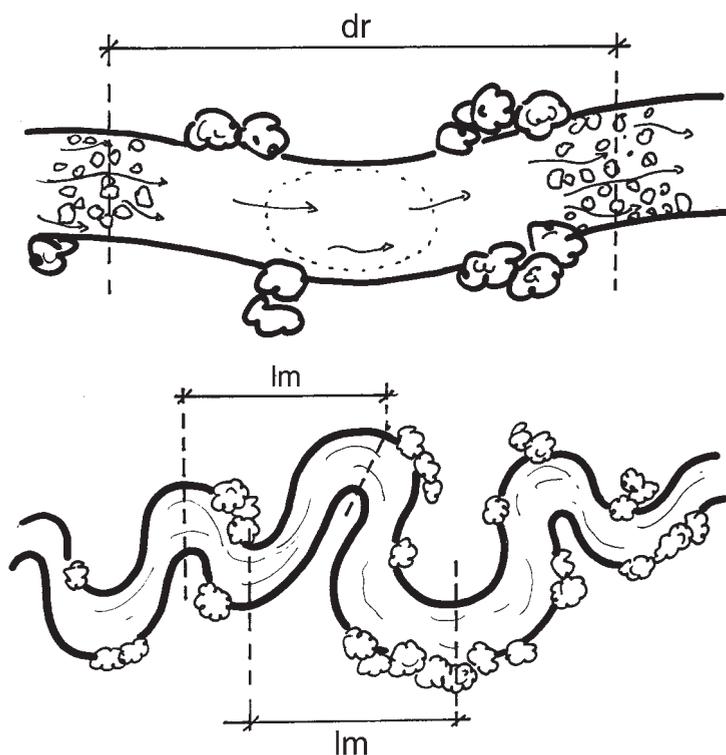


Fig 6.6 Successione di raschi e meandri.

Domanda 12: Componente vegetale in alveo bagnato

	sponda	dx		sx
a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti			15	
b) film perifitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti			10	
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto			5	
d) perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti			1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare lo stato trofico delle acque attraverso l'osservazione dello sviluppo del feltro perifitico e dell'eventuale copertura macrofitica.

2) Principi

L'eutrofizzazione di un corso d'acqua si riflette visibilmente nella produzione di uno spesso feltro perifitico e, qualora la velocità di corrente lo consenta, nella proliferazione di macrofite acquatiche in grado di tollerare elevati stati trofici.

Tuttavia lo sviluppo del feltro perifitico in un corso d'acqua è influenzato in maniera rilevante anche da diversi altri fattori. Oltre alla presenza di nutrienti, infatti, esercitano un'importante influenza la velocità della corrente, la capacità abrasiva del corso d'acqua, la torbidità dell'acqua, l'ombreggiamento, il tipo di substrato e l'azione di pascolo effettuata dagli organismi erbivori. La valutazione del grado di trofia, oltre che sullo spessore del perifiton, deve perciò tenere conto, in maniera critica, degli altri fattori.

La disponibilità di nutrienti, d'altro canto, può influire sullo sviluppo della componente macrofitica in alveo bagnato, che ne è direttamente influenzata in termini di biomassa (fermo restando il ruolo svolto dai fattori edafici ed idrologici) e di composizione floristica. A tale proposito, anche se le specie di macrofite acquatiche che si rinvencono lungo i corsi d'acqua europei sono in numero relativamente limitato, va sottolineato come non esistano taxa di rango superiore, in linea di massima neppure a livello di genere, che comprendano specie tutte ad autoecologia simile. Tutte le metodologie di biomonitoraggio delle acque correnti superficiali che si basano sull'uso delle macrofite acquatiche prevedono, per i vegetali superiori, la determinazione

a livello di specie. È possibile utilizzare le ricerche sull'autoecologia delle specie che sono alla base della formulazione di tali metodiche per individuare raggruppamenti di macrofite acquatiche caratterizzate da diversi gradi di tolleranza nei confronti di elevati livelli di trofia nel corso d'acqua.

La valutazione contemporanea dello sviluppo del feltro perifitico, da un lato, e della copertura e della composizione della componente macrofita, dall'altro, può essere utilizzata per definire in via indiretta lo stato trofico delle acque.

In questo senso l'analisi della componente vegetale in alveo costituisce una valutazione dello stato del corso d'acqua piuttosto che la misura di una funzione. Tale valutazione di stato, però, trattandosi di una risposta dell'ecosistema fluviale a pressioni provenienti dal territorio circostante, può essere letta anche come valutazione dello stato di equilibrio tra due funzioni: la produzione primaria e quella secondaria e, di conseguenza, della capacità di omeostasi del sistema.

3) Cosa guardare

La valutazione dello spessore del feltro perifitico deve essere effettuata, nell'ambito del tratto rilevato, attraverso l'osservazione visiva e tattile di substrati duri (eventualmente in corrispondenza di ponti o di altre strutture nel caso di corsi d'acqua a substrato molle), in zone non ombreggiate e lungo porzioni relativamente meno profonde del corso d'acqua, al fine di ridurre l'interferenza degli altri fattori che condizionano lo sviluppo del perifiton stesso.

Per quanto riguarda la componente macrofita, devono essere presi in considerazione tutti gli organismi vegetali (fanerogame, pteridofite, briofite, alghe formanti aggregati macroscopicamente visibili) presenti nell'alveo bagnato.

Si deve quindi esaminare sommariamente la composizione specifica della comunità macrofita valutando la copertura delle macrofite tolleranti costituite da alcune angiosperme (vedasi allegato 1, parte A e parte B) e dalle alghe filamentose formanti aggregati macroscopicamente visibili. Successivamente si deve valutare la copertura percentuale di tali organismi rispetto all'area dell'alveo bagnato del tratto considerato.

Le alghe formanti aggregati macroscopicamente visibili appartengono sia a taxa fortemente tolleranti alle alterazioni dello stato trofico sia a taxa mesotrofi o oligotrofi. Lo sviluppo di significative coperture di alghe filamentose è comunque, in prima approssimazione, attribuibile a alterazione

dello stato trofico.

Le alghe verdi appartenenti al gruppo delle Characeae (alghe a candelabro) non sono da inserire all'interno del gruppo delle alghe filamentose considerate come complessivamente tolleranti.

Breve nota sulle specie di fanerogame tolleranti

In base alla valutazione delle caratteristiche autoecologiche delle più frequenti fanerogame acquatiche desunte dall'esame della gran parte degli Indici Macrofitici in uso da decenni in Europa e finalizzati prevalentemente alla valutazione dello stato trofico si è definito un limitato elenco di specie tolleranti:

<i>Alisma plantago aquatica</i> L.	<i>Potamogeton crispus</i> L.
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	<i>Potamogeton pectinatus</i> L.
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.
<i>Lemna gibba</i> L.	<i>Rumex hydrolapathum</i> Hudson
<i>Lemna minor</i> L.	<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	<i>Sparganium emersum</i> Rehm
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	<i>Sparganium erectum</i> L.
<i>Nuphar luteum</i> (L.) S. e S.	<i>Typha latifolia</i> L.
<i>Polygonum amphibium</i> L.	<i>Zannichellia palustris</i> L.
<i>Polygonum hydropiper</i> L.	

Per una corretta e più agevole determinazione delle specie si consiglia di effettuare il rilievo durante la fioritura utilizzando esemplari completi.

4) Come rispondere

L'attribuzione delle risposte può essere effettuata sulla base della seguente tabella a due entrate:

		percentuale di copertura delle macrofite tolleranti rispetto all'area dell'alveo bagnato del tratto considerato		
		<15%	15-35%	> 35
spessore perifiton	assente o formante sottili pellicole aderenti al substrato	a)	b)	c)
	formante patine apprezzabili tridimensionalmente	b)	c)	d)
	discreto	c)	c)	d)
	spesso	d)	d)	d)

Accade frequentemente che un corso d'acqua sia privo di macrofite tolleranti o, addirittura, di macrofite (o, comunque, che esse siano presenze sporadiche); in entrambi i casi si utilizza solo la prima colonna della tabella.

Domanda 13: Detrito

	sponda	dx		sx
a) frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi			15	
b) frammenti vegetali fibrosi e polposi			10	
c) frammenti polposi			5	
d) detrito anaerobico			1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare l'efficienza del processo di demolizione del detrito organico da parte della comunità macrobentonica.

2) Principi

Il detrito vegetale rappresenta una risorsa alimentare fondamentale per le comunità macrobentoniche. Sebbene, alle nostre latitudini, la caduta delle foglie sia concentrata nel periodo autunnale, il loro apporto ai corsi d'acqua – ad opera delle piogge che dilavano la lettiera dai versanti – è distribuito lungo tutto l'anno, sia pure in maniera discontinua.

In condizioni ottimali (buona ossigenazione, ricca comunità macrobentonica, buona capacità di ritenzione, elevata ciclizzazione) la demolizione delle foglie in materia organica particolata grossolana (CPOM) e fine (FPOM) è affidata principalmente ai macroinvertebrati trituratori che iniziano a sminuzzarle non appena esse sono rese appetibili ad opera dei batteri e dei funghi che ne colonizzano la superficie.

In condizioni sfavorevoli (inquinamento, carico organico di altra natura, squilibri nelle comunità, scarsa ossigenazione) l'efficienza dei trituratori viene compromessa più o meno fortemente e divengono prevalenti la demolizione batterica e fungina, che danno luogo ad accumuli di frammenti polposi (o, in assenza di ossigeno, a materiale fine nerastro).

La composizione del detrito fornisce quindi informazioni sull'equilibrio tra apporti trofici e capacità di demolizione e sulle condizioni in cui avviene quest'ultima.

Pulsazioni frequenti della portata, causate dalla presenza a monte di restituzioni idroelettriche, possono determinare una situazione di assenza di

detrito (o di una sua significativa riduzione) dovuta all'effetto di "washing out".

Nei tratti montani oligotrofi, con elevata ciclizzazione della sostanza organica, la presenza di detrito può risultare scarsa. Questi casi vanno distinti dalla situazione precedente e richiedono da parte dell'operatore una maggior cura nella ricerca del materiale da osservare.

3) Cosa guardare

La ricerca del detrito va effettuata negli interstizi delle strutture di ritenzione (sotto i ciottoli più grossi o qualunque ostacolo alla corrente, come radici, rami o rifiuti incastrati; tra le idrofite), raccogliendo col retino il materiale di fondo. I segni di anaerobiosi vanno ricercati sulla superficie inferiore dei massi e nel limo.

Il rinvenimento di foglie intere o loro frammenti non è sufficiente a scegliere la prima opzione poiché entrambi possono essere trascinati nel corso d'acqua in ogni momento, ad opera del vento o delle piogge. Più che ai grossi frammenti occorre quindi prestare attenzione all'eventuale presenza di frammenti polposi e alla loro abbondanza.

L'osservazione deve essere particolarmente attenta nel periodo successivo ad una pioggia poiché questa può aver dilavato i materiali polposi e aver apportato nuove foglie, creando una situazione che può indurre a valutazioni errate; in tal caso indagare soprattutto negli habitat più protetti dalla corrente.

Si ricordi che anche i tratti potamali in pianure disboscate ricevono rilevanti quantità di apporti fogliari, provenienti sia dagli affluenti che dalle fasce elofitiche (es. canneto) e dalle fasce riparie.

4) Come rispondere

- a) Il detrito è costituito da foglie con lamina più o meno erosa e da frammenti vegetali fibrosi la cui origine è ancora facilmente riconoscibile (es. intelaiatura delle nervature fogliari con qualche frammento di lamina scuro e viscido, frammenti fibrosi di canneto);
- b) i frammenti fibrosi sono accompagnati da frammenti polposi, facilmente spappolabili tra le dita e dal cui esame è difficile riconoscere la natura del materiale di origine;
- c) i frammenti polposi rappresentano la frazione più rilevante del detrito.

In questa risposta vanno inserite anche le situazioni di assenza di detrito dovute a fenomeni di dilavamento causati da variazioni frequenti di portata;

- d) nelle zone di accumulo si verificano condizioni anaerobiche con formazione di materiale fine nerastro, talora maleodorante; la superficie inferiore dei ciottoli presenta chiazze nerastre, generate da batteri solfito-riduttori.

Domanda 14: Comunità macrobentonica

	sponda	dx	sx
a) ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10	
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5	
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1	

1) Obiettivi della domanda

Valutare l'esistenza di una comunità ben strutturata, ricca e diversificata. In tali condizioni è garantita anche una buona capacità autodepurativa, intesa come capacità di demolire in modo ottimale la sostanza organica.

2) Principi

Le comunità di organismi macrobentonici costituiscono la struttura essenziale nella rete alimentare di un ecosistema fluviale; esse, inoltre, rivestono un ruolo fondamentale nel processo di ciclizzazione della materia organica, entrando attivamente nel meccanismo autodepurativo ed autoregolativo degli ecosistemi di acque correnti. La scelta di questi organismi come indicatori risponde inoltre a motivi pratici (vivono stabilmente sui substrati disponibili nei corsi d'acqua e sono facilmente campionabili).

La presenza di una comunità macrobentonica ben strutturata ed adeguata alla tipologia fluviale in esame indica che il corso d'acqua ha una buona funzionalità trofica ed è in grado di sostenere anche altri livelli trofici (es. pesci), come si riscontra in condizioni ottimali. L'allontanamento da questa condizione comporta una destrutturazione della comunità e una riduzione della funzione autodepurativa del corso d'acqua.

Alterazioni della struttura delle comunità macrobentoniche possono essere conseguenti all'inquinamento delle acque o a modificazioni sostanziali della morfologia o dell'idrodinamica fluviale.

3) Cosa guardare

La struttura della comunità macrobentonica cambia in relazione alla tipologia fluviale; per rispondere a questa domanda occorre pertanto verificare che la comunità osservata nel tratto fluviale in esame corrisponda a quella attesa.

È pertanto necessario effettuare un campionamento speditivo a mano o, dove non sia possibile, con un retino di raccolta, osservando gli organismi presenti su alcuni substrati (vegetazione, ciottoli) che caratterizzano il corso d'acqua nel tratto in esame, per verificare la presenza di organismi sensibili all'inquinamento e la diversità approssimativa della comunità bentonica.

I luoghi di verifica del macrobentos devono essere preventivamente stabiliti sulla carta, una volta raccolte le informazioni sull'idrologia del bacino e sulle fonti inquinanti che v'insistono. Come regola generale, è sufficiente effettuare i rilievi a valle dei principali fattori di disturbo e/o dei principali affluenti, poiché su brevi tratti, se non intervengono fattori di questo tipo, è improbabile che ci sia un cambiamento significativo della struttura della comunità. È inoltre opportuno inserire punti di controllo in corrispondenza di tratti pesantemente artificializzati, qualora la loro lunghezza sia rilevante.

4) Come rispondere

Tratti ritrali, a flusso turbolento

- a) Condizioni ottimali, in cui non si osservano effetti di disturbo sulla comunità macrobentonica dovuti a inquinamento o a pesanti modificazioni della morfologia fluviale. Nella comunità, in questo caso, sono ben rappresentati sia i Plecotteri che gli Efemerotteri Heptageniidae; nei tratti inferiori a materasso ciottoloso, prevalgono invece Efemerotteri e Tricotteri;
- b) situazioni in cui la struttura della comunità è lievemente alterata: si può osservare una lieve riduzione di diversità e/o l'assenza di Plecotteri ed Heptageniidae; una comunità di questo tipo è solitamente sostenuta da Efemerotteri, Tricotteri e Ditteri;
- c) situazioni di evidente alterazione della struttura della comunità macrobentonica. Gli organismi più sensibili sono assenti, sostituiti da macroinvertebrati piuttosto tolleranti che tendono a formare popolazioni numerose (ad es. di Gammaridae o Baetidae); il risultato è una comunità

scarsamente diversificata e poco equilibrata;

- d) situazioni di gravissimo degrado, con una rete trofica profondamente alterata e conseguentemente con una funzionalità compromessa: sopravvivono solo pochi taxa di macroinvertebrati, tutti decisamente tolleranti l'inquinamento; mancano le forme tipicamente reofile e possono essere presenti organismi a respirazione aerea.

Tratti di tipo planiziale, a flusso laminare

Questi ambienti sono caratterizzati da un'elevata diversità, mentre sono più raramente presenti taxa quali Plecotteri ed Efemerotteri Heptageniidae.

- a) La prima risposta può essere assegnata se nella comunità sono presenti Efemerotteri quali Leptophlebidae, Ephemerellidae, Ephemeridae;
- b) situazioni in cui sono assenti i taxa di Efemerotteri sopra indicati e/o la diversità è leggermente ridotta; sono solitamente presenti Baetidae, Gammaridae, Hydropsychidae e diversi Ditteri;
- c) corsi d'acqua evidentemente inquinati, con assenza di Efemerotteri e Tricotteri sensibili, presenza di organismi tolleranti che sviluppano popolazioni abbondanti, ridotta diversità;
- d) situazioni di forte degrado, in cui la rete trofica è profondamente alterata e la capacità autodepurativa compromessa; sopravvivono solo pochi taxa di macroinvertebrati, tutti tolleranti l'inquinamento, con predominanza di Ditteri Chironomidae e di Oligocheti.

7 GLOSSARIO

A

ACQUA DI FALDA

Acqua sotterranea, presente in strati di roccia porosa o fessurata, generalmente sovrastanti a strati di roccia impermeabile.

ACQUA LENTICA

Acqua caratterizzata da assenza di corrente e direzione costante nel tempo, tipica di laghi, stagni, paludi.

ACQUA LOTICA

Acqua caratterizzata da scorrimento o elevata turbolenza, tipica dei fiumi e dei torrenti.

ACQUE DI TRANSIZIONE

Sono così definite le acque di laguna, di laghi salmastri, di stagni costieri, di delta e di estuario dei fiumi.

ACQUE SOTTERRANEE

Le acque che si trovano al di sotto della superficie del terreno, nella zona di saturazione e in diretto contatto con il suolo e sottosuolo (D.Lgs.11/05/99 n. 152)

ACQUIFERO

Strato di roccia porosa o fessurata contenente acqua di falda. Esso può essere libero o in pressione: nel caso delle falde libere (o freatiche) la superficie superiore della falda acquifera ha la possibilità di oscillare, variando la quota in relazione alle diverse condizioni di alimentazione o di sfruttamento; nel caso di quelle in pressione, la superficie della falda è confinata superiormente da livelli impermeabili. In quest'ultimo caso, se la falda è raggiunta da pozzi, l'acqua può risalire fino ad una quota detta livello piezometrico.

ALBERO

Pianta legnosa perenne con fusto di diametro generalmente superiore ai 10 centimetri indiviso fino ad una certa altezza, si differenzia dalle altre piante legnose (arbusti, frutici o suffrutici) perché il fusto porta i rami a partire da qualche metro dal suolo.

ALGHE FILAMENTOSE

Ammassi e/o cordoni mucillaginosi ancorati al substrato o liberamente flottanti costituiti da alghe che ad un'osservazione ravvicinata hanno un aspetto filamentoso.

ALLOCTONA (specie)

Specie animale o vegetale originaria di un territorio diverso da quello dove viene rinvenuta.

ALVEO ANASTOMIZZATO

Tratto fluviale di pianura nel quale la corrente fluisce attraverso più canali (solitamente a substrato fine e con discreta profondità) ripetutamente interconnessi tra loro e che mantengono a lungo termine la propria individualità.

ALVEO A CANALI INTRECCIATI (BRAIDED)

Tratto fluviale (molto dinamico, a discreta pendenza e alto trasporto solido) nel quale la corrente si suddivide ripetutamente in più canali, poco profondi, separati da barre; la loro individualità è di breve durata poiché anche piene modeste provocano un riarrangiamento dei canali e delle barre.

ALVEO BAGNATO

Porzione dell'alveo in cui è presente l'acqua.

ALVEO DI MAGRA

Parte dell'alveo, all'interno del letto ordinario, che resta bagnato in condizioni di magra. Nei fiumi a regime irregolare, come le fiumare dell'Italia insulare e meridionale, è sinuoso e spesso diviso in diversi bracci.

ALVEO DI MORBIDA

Porzione dell'alveo occupata nelle condizioni di morbida alta. La frequenza delle sommersioni, la loro durata e l'azione delle correnti di piena sulla vegetazione e sui ciottoli (abrasione, rotolamento) determinano condizioni che non permettono lo sviluppo di arbusti.

Nei periodi asciutti viene colonizzato, soprattutto nella fascia più esterna, dalle erbacee pioniere di greto.

ALVEO DI PIENA ORDINARIA (corsi d'acqua non arginati)

Alveo, solitamente molto più esteso di quello di morbida, inondato dalle piene ordinarie (con tempo di ritorno circa 4 anni). Comprende l'alveo inciso

e, se presenti, la piana inondabile ed aree adiacenti, definite da formazioni prevalentemente arbustive che normalmente non sono interessate dallo scorrimento, dalla sommersione e/o dal ristagno delle acque.

ALVEO DI PIENA STRAORDINARIA o ECCEZIONALE

Porzione del letto fluviale occupata nelle condizioni idrologiche episodiche di piena eccezionale. Costituisce un ambito maggiore rispetto all'alveo di piena ordinaria e può comprendere anche la porzione di fascia perifluviale interessata da formazioni arboree

ALVEO INCISO

Porzione della regione fluviale compresa tra le sponde fisse o incise del corso d'acqua stesso, normalmente sede dei deflussi idrici in condizioni di portata inferiori a valori di piena gravosi; si assume il limite determinato dall'altezza della piena ordinaria, coincidente, con il limite dell'alveo appartenente al demanio pubblico. In un'altra accezione, si riferisce ad alvei che hanno subito un processo di incisione (abbassamento) del letto.

ALVEO PENSILE

Alveo posto ad una quota più elevata del piano di campagna circostante. È una condizione frequente nei corsi d'acqua in pianura arginati i cui sedimenti, non potendo depositarsi nella piana alluvionale, si accumulano nell'alveo, sopraelevandolo.

AMBIENTE FLUVIALE

Ambiente caratterizzato da corsi d'acqua di rilevante portata che influiscono sulla regione che attraversano, tanto in termini di evoluzione e modellamento del territorio (ciclo fluviale, geomorfologia, erosione lineare), quanto in termini di biocenosi floristiche e faunistiche.

AMBIENTE RIPARIO

Zona d'interfaccia o ecotono tra l'ambiente acquatico in senso stretto e territorio circostante, contigua al corso d'acqua ed ancora interessata dalle piene o dalla falda freatica fluviale. La sua definizione è strettamente connessa a quella di vegetazione riparia: è proprio la presenza delle formazioni vegetali riparie che delimita ed evidenzia l'esistenza di una zona riparia, rendendo possibile la distinzione tra aree prossime all'alveo, la cui vegetazione è influenzata dal corso d'acqua, e aree circostanti in cui sono insediate le formazioni zonali.

ANAEROBICO (processo)

Processo microbiologico che avviene in assenza di ossigeno.

ANFIFITE

Tipologia di idrofite che possono colonizzare anche substrati non costantemente sommersi; spesso presentano dimorfismo in funzione della profondità dell'acqua presente nell'ambiente da loro occupato (es.: *Sagittaria* spp., *Alisma* spp., *Sparganium* spp.).

ARBUSTO

Pianta legnosa di altezza modesta (generalmente non superiore ai 4 – 5 metri), il cui fusto si ramifica già dalla base o si sviluppa con più assi (gemme).

ARBUSTETO

Formazione vegetale che presenta una dominanza di individui arbustivi.

AREA UMIDA

Ai sensi della Convenzione di Ramsar relativa alle zone umide d'importanza internazionale, si intendono per zone umide le paludi e gli acquitrini, le torbiera oppure i bacini, naturali o artificiali, permanenti o temporanei, con acqua stagnante o corrente, dolce, salmastra, o salata, ivi comprese le distese di acqua marina la cui profondità, durante la bassa marea, non supera i sei metri.

ARGINE

Opera longitudinale rilevata rispetto al piano di campagna. Ha la funzione di contenere le acque di piena e, perciò, di proteggere la piana alluvionale dalle inondazioni. Nei grandi fiumi possono essere presenti più serie di argini, il più esterno dei quali (più elevato) viene chiamato argine maestro. Dovendo resistere al sifonamento, è costruito con un nucleo impermeabile che si approfondisce di alcuni metri nel suolo. Quando l'argine è realizzato con un muro verticale si parla di muro arginale. V. *difesa spondale*

ASSOCIAZIONE

Unità di base della fitosociologia. È una comunità vegetale, presente in un dato biotopo, caratterizzata da una particolare composizione floristica (specie caratteristiche o differenziali proprie, o una combinazione specifica caratteristica) e da particolari caratteristiche ecologiche, biogeografiche, successionali, storiche e antropogene.

AUTOCTONA (specie)

Specie animale o vegetale originaria del territorio dove viene rinvenuta.

AUTODEPURAZIONE

Capacità delle acque naturali di smaltire un carico inquinante organico, ad esse imposto, grazie all'opera di microrganismi aerobi e di comunità animali che demoliscono le sostanze organiche con formazione di prodotti finali relativamente innocui. Tuttavia, poiché tale attività consuma ossigeno, se il carico inquinante è eccessivo, ne può derivare un eccessivo impoverimento del tenore dell'ossigeno disciolto nel corpo idrico (fiume, lago, mare), con gravi ripercussioni sulle comunità viventi.

B**BACINO IDROGEOLOGICO**

Territorio nel quale si raccolgono e sono convogliate le acque meteoriche che scorrono in superficie e quelle che penetrano in profondità; differisce sia dal bacino idrografico sia dal bacino orografico in quanto lo spartiacque è sotterraneo e il suo andamento dipende dalla morfologia del terreno, dall'orientamento stratigrafico delle rocce impermeabili e dalla dinamica dei corsi sotterranei. Il bacino idrogeologico alimenta le falde acquifere.

BACINO IDROGRAFICO

Il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti.

BARRA

Banco di sedimenti fluviali, solitamente poco rilevato, presente al centro o ai lati dell'alveo. Secondo l'altezza si distinguono barre basse e alte; secondo la posizione barre longitudinali, trasversali, laterali, di meandro.

BIOCENOSI

Insieme delle popolazioni di specie animali e vegetali che coesistono nello spazio e nel tempo in un dato ambiente ed interagiscono fra loro, in reciproca relazione. Lo spazio, o ambiente, occupato dalla biocenosi, è chiamato biotopo. Può essere distinta in fitocenosi e zoocenosi.

BIODIVERSITÀ

Varietà delle forme di vita vegetali e animali nei diversi habitat del pianeta. È un concetto molto ampio che include: la diversità genetica all'interno di una popolazione, il numero e la distribuzione delle specie in un'area, la diversità di gruppi funzionali (produttori, consumatori, decompositori) all'interno di un ecosistema, la differenziazione degli ecosistemi all'interno di un territorio. La perdita di biodiversità si riferisce alla diminuzione di questa "variabilità" dovuta a fattori naturali e, in prevalenza, al progressivo aumento di fattori di inquinamento, delle infrastrutture, degli insediamenti produttivi e dei centri urbani che riducono l'estensione e la funzionalità degli habitat.

BIOTICO

Relativo agli organismi viventi e ai loro processi vitali.

BIOTOPO

Ambiente fisico unitario con determinate caratteristiche fisico-chimico-climatiche, entro il quale risiede una popolazione o associazione di organismi viventi (biocenosi).

BLANKET WEEDS

Tappeti continui o cordoni generati dal massivo sviluppo del perifiton costituiti in gran parte da alghe macrofite bentoniche.

BRAIDED

v. Alveo a canali intrecciati.

BRIGLIA

Opera trasversale rilevata sul fondo. Ha la funzione di dissipare l'energia della corrente (nel salto) e di intrappolare i sedimenti, elevando il livello del letto con conseguente riduzione della forza erosiva e consolidamento di manufatti, scarpate o versanti. A tal fine le briglie sono spesso realizzate in serie.

BUFFER STRIP (fascia tampone)

Zona riparia che, grazie alla sua fascia di vegetazione, esercita azione tampone tra il sistema fluviale e il territorio circostante, intercettando e regolando l'apporto di nutrienti drenati dal terreno.

C

CANNETO

Insieme di cenosi vegetali tipiche di zone umide, tra i quali fragmiteti, scirpeti, cariceti, tifeti.

CAPTAZIONE

Prelievo di acqua da falda (mediante pozzi), da sorgente, da invaso o da corso d'acqua. In quest'ultimo caso l'acqua viene captata mediante la costruzione di traverse o dighe, necessarie per realizzare le condizioni idrauliche adatte per l'alimentazione delle opere di presa.

CASSE DI ESPANSIONE

Opere di difesa idraulica, finalizzate a laminare le piene accogliendone temporaneamente i picchi. Le *casse in linea* sono costituite da uno sbarramento con una grossa apertura sul fondo (bocca tarata) che lascia transitare indisturbate le portate normali e delle piene ordinarie; al crescere delle piene la parte della portata che non riesce a defluire dalla bocca tarata si accumula a monte dello sbarramento formando un bacino temporaneo che si svuota rapidamente non appena passata la piena. Le *casse in derivazione* sono vasche laterali all'alveo, dal quale sono separate da un argine munito di soglia sfiorante; restano asciutte durante le piene ordinarie e invasano acque non appena il livello di piena supera lo sfioratore; passata la piena sono svuotate da un organo di scarico.

CLIMAX

Comunità che rappresenta lo stadio di maggiore complessità ed omeostasi della vegetazione in relazione alle caratteristiche climatiche di un dato territorio e, di conseguenza, ha raggiunto lo stadio di equilibrio ottimale. Lo stadio di climax viene raggiunto attraverso una successione di stadi intermedi (serie dinamiche di vegetazione).

COLTURE PERMANENTI

Colture che necessitano di pratiche agricole durante tutto il periodo vegetativo ed oltre (es. frutteti, vigneti, pioppeti coltivati).

COMUNITÀ VEGETALE

Insieme più o meno omogeneo di piante appartenenti a taxa distinti, che coesistono all'interno di un determinato biotopo. È sinonimo di fitocenosi.

CONOIDE DI DEIEZIONE

Deposito alluvionale a forma di ventaglio costituito da detriti trasportati dai torrenti di montagna e depositati nel loro tratto terminale per la brusca diminuzione di pendenza.

CORRENTINO, RUN

Tratto di corso d'acqua caratterizzato da flusso idrico discreto e regolare, privo di rottura delle increspature e con profondità praticamente costante.

CORRIDOIO ECOLOGICO

Elemento che connette due o più aree di habitat naturale. Esso funge da habitat e permette lo spostamento di animali e di semi per scambio genetico tra le popolazioni. Possono essere citati come esempio i sistemi ripari ovvero la vegetazione delle fasce di pertinenza fluviale, le siepi arboree ed arbustive che circondano i margini dei terreni coltivati, i corridoi lineari di vegetazione erbacea entro matrici boscate.

CORRIDOIO FLUVIALE

Area che comprende il corso d'acqua e la zona riparia. Tali componenti hanno la funzione di connessione all'interno del territorio.

CRENON

Porzione iniziale di un corso d'acqua, sorgentizia e ruscellante, povera di ossigeno e di sostanza organica e quindi oligotrofa.

CUNETTONE

Rivestimento in calcestruzzo di fondo e sponde di un tratto di corso d'acqua, a sezione parabolica.

D**DEFLUSSO MINIMO VITALE**

Portata minima necessaria in ogni tratto di corso d'acqua per garantire la sopravvivenza delle biocenosi acquatiche.

DETRITO

Frammenti vegetali in stato di decomposizione più o meno avanzata.

DIFESA SPONDALE

Opera longitudinale, solitamente in massi ciclopici o in gabbionate di rete metallica riempite di ciottoli, realizzata per proteggere una sponda dall'erosione. A differenza degli argini, le difese spondali non sono rilevate rispetto al piano di campagna e non hanno funzione di protezione dalle esondazioni. Quando è costituita da un muro verticale si parla di muro spondale. Cfr. *argine*.

DILAVAMENTO

Allontanamento di materiali dal suolo o da altre matrici e loro trascinamento (in soluzione o in sospensione) ad opera dell'acqua piovana.

E**ECOSISTEMA O SISTEMA ECOLOGICO**

Unità funzionale di base in ecologia, comprendente la componente biotica, quella abiotica, i flussi di energia e le loro interazioni.

ECOTONI RIPARI

Ambienti di transizione tra il corso d'acqua e il territorio circostante.

ELOFITE

Piante radicate nel terreno, con porzione basale del corpo immersa in acqua e maggior parte del corpo emersa.

ERBACEE PIONIERE DI GRETO

Piante erbacee annuali che colonizzano la porzione dell'alveo di morbida emersa nei periodi di magra.

ETEROFILLIA

Dimorfismo fogliare.

EXPORT

Quantità di energia, sotto forma di materia organica metabolizzabile, che esce dal tratto discreto di fiume considerato.

F**FALDA ACQUIFERA**

Zona sotterranea impregnata d'acqua, costituita di terreni permeabili per porosità o fessurazione, delimitata inferiormente da uno strato di roccia impermeabile. Possono coesistere più falde acquifere sovrapposte, separate tra loro da strati impermeabili; la prima di esse, a superficie superiore libera, è detta falda freatica.

FASCIA PERIFLUVIALE

Fascia di territorio localizzata topograficamente a lato del corso d'acqua, immediatamente esterna all'alveo di morbida. Nell'ambito della fascia perifluviale si collocano, se presenti, le formazioni riparie arbustive ed arboree; in ogni caso, comprende al suo interno l'ecotono tra l'alveo ed il territorio circostante.

La fascia perifluviale è primaria in assenza di interventi di arginatura di qualunque tipo e, quindi, in condizioni di totale permeabilità ai flussi tra il territorio circostante e l'alveo. Si considera, invece, secondaria quella compresa all'interno di un alveo artificiale. Se, però, l'arginatura è talmente lontana dall'alveo da non risultare più interessata dalle dinamiche fluviali, la fascia perifluviale può essere considerata primaria.

FITOCENOSI

Insieme più o meno omogeneo di piante appartenenti a taxa distinti, che coesistono all'interno di un determinato biotopo. È sinonimo di comunità vegetale.

FLOOD PULSE

Scambio laterale di acqua, nutrienti e organismi tra il fiume e la sua zona esondabile.

FONTANILE

Escavazione artificiale realizzata per captare, in zone di pianura, le acque emergenti dal terreno (provenienti dalla falda freatica). In Italia costituiscono uno dei caratteri ambientali tipici della pianura padano-veneta, dal Piemonte al Friuli.

FIUMARA

Fiumi o torrenti a letto largo e ciottoloso, tipici dell'Italia meridionale, che presentano scorrimento superficiale solo in occasione di precipitazioni

particolarmente intense.

FIUME ANASTOMIZZATO

Tratto di un corso d'acqua nel quale l'acqua fluisce attraverso canali interconnessi.

FIUMI TORRENTIZI

Corsi d'acqua con caratteri intermedi fra quelli del torrente e quelli del fiume.

FLUSSO LAMINARE

Condizione di scorrimento dell'acqua dove predominano le forze di coesione tra le molecole o più in generale la viscosità del fluido stesso, determinando così un movimento uniforme.

FLUSSO TURBOLENTO

Condizione per cui le forze di coesione o viscosità dell'acqua sono vinte dalle forze idrodinamiche che rendono il movimento non uniforme o turbolento.

FORMAZIONE VEGETALE

Comunità di organismi vegetali appartenenti a diverse specie, associati secondo modalità proprie, che costituisce un'entità omogenea dal punto di vista fisionomico e, secondariamente, strutturale. Ciascuna formazione ha caratteristiche tali da consentirne l'individuazione, quale entità riconoscibile per omogeneità intrinseca, rispetto alle formazioni contigue da cui si differenzia.

FORRA

Incisione profonda e subverticale del substrato, prodotta dall'erosione lineare di un corso d'acqua montano. È tipica di substrati compatti e resistenti, quali i calcari, dove l'erosione lineare prevale su quella areale.

FROLDO

Opera idraulica (es. argine) realizzata a diretto contatto con l'acqua, senza golena interposta.

FUNZIONALITÀ FLUVIALE

Capacità dell'ecosistema fluviale di svolgere e di mantenere i processi e le relazioni trofico-funzionali di un corso d'acqua.

FUNZIONALITÀ FLUVIALE REALE

È la funzionalità misurata dall'IFF. Implicitamente, le sue condizioni di riferimento sono un corso d'acqua ideale, in cui ogni domanda della scheda riceve il massimo del punteggio.

FUNZIONALITÀ FLUVIALE POTENZIALE

Funzionalità massima di un dato corso d'acqua tenuto conto della sua specifica tipologia (ad es. se è naturalmente priva di piana inondabile, il punteggio massimo per la domanda 6 sarà 1).

FUNZIONALITÀ FLUVIALE RELATIVA

Rapporto (percentuale) tra funzionalità reale e potenziale. Esprime con immediatezza la vicinanza della funzionalità reale alle condizioni naturali di un determinato corso d'acqua.

G**GABBIONI**

Parallelepipedi in rete metallica riempiti di pietrame, impiegati per consolidare le sponde o il fondo. V. *difesa spondale*.

GHIAIONI

Accumuli detritici alla base di pareti rocciose.

GLIDE

Tratto con caratteristiche intermedie tra correntino (run) e raschio (riffle), solitamente con velocità di corrente ridotta tra grossi massi.

GOLENA

Parte dell'alveo o della piana alluvionale interna ad un argine, solitamente asciutta e vegetata, destinata ad accogliere le acque di piena. In assenza di argini non si può parlare propriamente di golena.

GRETO

Fascia ciottolosa dell'alveo di morbida, sostanzialmente privo di vegetazione stabile. Nei periodi di magra può ospitare una vegetazione rada di piante erbacee pioniere di greto.

I**IDROCORIA**

Dispersione di semi e frammenti vegetativi per trasporto acqueo.

IDROFITE

Piante perenni acquatiche con gemme sommerse. Specie vegetali appartenenti a Briofite, Pteridofite e Fanerogame che si sviluppano interamente in acqua, in modo che gli individui siano completamente sommersi, appena galleggianti, oppure solo in parte emersi.

IMPORT

Quantità di energia, sotto forma di materia organica metabolizzabile, che entra nel tratto discreto di fiume considerato.

ISOLA FLUVIALE

Deposito di sedimenti fluviali caratterizzato da una stabilità temporale, ecologicamente in evoluzione, emergente all'interno dell'alveo colonizzato da vegetazione arbustiva e/o arborea.

L**LANCA**

Braccio di alveo fluviale abbandonato occupato da acque ferme, riattivabile in caso di piena straordinaria.

M**MACROBENTHOS**

Organismi invertebrati, di dimensioni maggiori di 1 mm, che vivono almeno una parte della loro vita sul substrato di fondo dei corsi d'acqua. Appartengono a questa comunità Insetti, Crostacei, Molluschi, Tricladi, Hirudinei, Nematomorfi, Nemertini e Oligocheti.

MACROFITE ACQUATICHE

Organismi vegetali che hanno in comune le dimensioni macroscopiche e l'essere rinvenibili sia in prossimità sia all'interno di acque dolci superficiali (lotiche e lentiche). Alle macrofite acquatiche appartengono numerose

Fanerogame, alcune Pteridofite, numerose Briofite (Muschi ed Epatiche) e alghe (filamentose e coloniali) formanti aggregati macroscopicamente visibili.

Le macrofite acquatiche sono ritenute degli ottimi indicatori grazie alla loro spiccata sensibilità nei confronti dell'inquinamento di natura organica e da eccesso di nutrienti (eutrofizzazione), unitamente alla relativa facilità di identificazione e alla scarsa mobilità.

MAGRA

Condizion e idrologica di portata minima. Può essere *naturale* o *indotta* da cause antropiche (sbarramenti, deviazioni ecc.).

MEANDRO

Sequenza di due anse con curvatura opposta, caratteristica dei tratti planiziali.

MORBIDA

Condizione idrologica di portata ordinaria. Può essere distinta in morbida alta (giorni successivi alla piena), morbida media (stato ordinario) e morbida bassa (periodo precedente alla magra).

O

OPERE FLUVIALI o IDRAULICHE

Comprendono un vasto insieme di opere ingegneristiche che modificano in modo più o meno significativo la morfologia del corridoio fluviale. Le opere possono essere longitudinali (parallele all'asse fluviale): argini, difese spondali; trasversali (perpendicolari all'asse fluviale): briglie, soglie, traverse, dighe, pennelli, deflettori; o di fondo: plateazioni, rivestimenti, cunettoni.

P

PALUDE

Terreno pianeggiante completamente intriso di acqua, caratterizzato dallo sviluppo di una particolare vegetazione, adattata a condizioni di anossia radicale, e spesso anche dalla presenza di specie animali peculiari.

PARACLIMAX

Comunità che rappresenta lo stadio di maggiore evoluzione possibile della vegetazione in presenza di condizioni limitanti di tipo edifico (suoli a salinità elevata, inondati).

PENNELLO

Opera idraulica a diversa tipologia costruttiva, con andamento trasversale rispetto alla sponda dell'alveo inciso, con funzioni di allontanamento della corrente dalla sponda stessa.

PERIFITON

Complessa comunità di microrganismi che vivono aderenti a substrati sommersi di diversa natura o che penetrano e si muovono all'interno della maglia costituita dagli altri organismi sessili. Ne fanno parte alghe, funghi, batteri e protozoi.

PIANA INONDABILE (FLOODPLAIN)

Piana immediatamente esterna all'alveo di morbida, inondata dalle piene ordinarie, costruita dal fiume grazie alle migrazioni laterali dell'alveo nelle *attuali* condizioni di regime idrologico (costruita dalla portata formativa, con tempi di ritorno di circa 1-3 anni). Presenta alla sommità un substrato fine (sabbioso-limoso) ed è colonizzata da vegetazione arbustiva e arborea. La sua superficie non è necessariamente piatta, ma presenta spesso bassure, rilievi e zone umide; per i frequenti interscambi con le acque fluviali e gli habitat che ospita, ha un'importanza ecologica molto rilevante.

PIANURA ALLUVIONALE

Pianura formatasi in tempi geologici dal deposito dei sedimenti erosi nel bacino montano di un corso d'acqua e depositati dalle alluvioni. Comprende la piana inondabile (se esistente) e gli eventuali terrazzi; la sua fascia esterna è inondata solo dalle piene eccezionali. Cfr. *piana inondabile*.

PIENA ORDINARIA

Condizioni idrologiche (con tempo di ritorno di circa 4 anni) che portano l'acqua ad invadere la zona perifluviale e la piana inondabile (se esistente).

PIENA ECCEZIONALE

Condizioni idrologiche episodiche del corso d'acqua in situazioni eccezionali coincidenti col massimo trasporto liquido. La frequenza può essere anche centenaria e le acque possono raggiungere anche le porzioni più lontane

della zona perifluviale costituite da formazioni arboree zonali.

PIONIERE DI GRETO O SOPRA-ACQUATICHE

Si tratta di piante erbacee annuali che superano la stagione avversa sotto forma di seme (terofite). Tali erbacee, per questa loro peculiarità, sono tipiche colonizzatrici delle porzioni d'alveo frequentemente rimaneggiate dalle morbide del corso d'acqua.

PLATEAZIONI

V. *rivestimento*

PORTATA

Quantità di acqua (solitamente espressa in m^3/s) che passa nell'unità di tempo attraverso una determinata sezione trasversale di un fiume. Dipende dalle condizioni climatiche e litologiche del bacino d'impluvio o idrografico e dalla sua estensione.

POTAMON

Porzione inferiore di un corso d'acqua, a corrente lenta, tipicamente localizzata nelle aree di pianura alluvionale, fino alla foce. È caratterizzata dalla presenza di ricche comunità planctoniche, di vegetazione igrofila e di comunità ittiche a ciprinidi.

POZZA (o POOL o BUCA)

Tratto di corso d'acqua caratterizzato da profondità maggiore rispetto alla media e ridotta velocità di corrente.

R

RASCHIO (o RIFFLE)

Tratto di corso d'acqua, caratterizzato da forti increspature e/o turbolenze, con velocità dell'acqua in genere superiore alla media e granulometria del substrato più grossolana.

REGIME IDRICO

Andamento abituale delle portate del fiume nel corso dell'anno.

RINATURAZIONE

Attività di ripristino delle condizioni "naturali" di un ecosistema. Pratica

assai difficile da attuarsi in quanto le variabili della condizione naturale sono tante e scarsamente controllabili.

RINATURALIZZAZIONE

Attività di riqualificazione ecologica di un sistema ecologico intesa come recupero e realizzazione di alcune caratteristiche dell'ambiente, senza l'obiettivo del ritorno a condizioni naturali.

RETTIFICHE

Riduzioni più o meno spinte della sinuosità, fino al taglio dei meandri. Comportano un aumento di pendenza e di velocità nel tratto rettificato.

RISAGOMATURE

Ampliamenti della sezione trasversale con asportazione di sedimenti e, solitamente, spianamento del fondo e conferimento di una sezione geometrica.

RISORGIVA

Emergenza della falda freatica, localizzata normalmente al contatto fra l'alta e la bassa pianura, a causa delle differenze di permeabilità fra i sedimenti ghiaioso-sabbiosi, altamente permeabili, della prima e quelli sabbioso-limoso-argillosi, poco permeabili, della seconda.

RITHRON

Porzione intermedia di un corso d'acqua, caratterizzato da pendenze superiori al 2 per 1000 e corrente forte. Corrisponde alla zona ittica a trote e temoli.

RIVA

Stretta fascia al margine esterno del greto, al confine con la fascia perifluviale.

RIVESTIMENTO

Consolidamento di un tratto più o meno lungo di alveo (fondo e sponde), mediante massi ciclopici, massi cementati o calcestruzzo. Può essere finalizzato a proteggere l'alveo dall'erosione, o a ridurre l'attrito e ad accelerare la velocità della corrente (in corrispondenza di strozzature idrauliche, es. ponti con luce stretta), o ad assolvere entrambe le funzioni. Quando il rivestimento interessa solo il fondo dell'alveo si parla di plateazioni (vedi), mentre la forma estrema di rivestimento è il cunettone in calcestruzzo, a sezione parabolica.

S**SCABREZZA DI FONDO**

Irregolarità del fondo dovuta alla presenza di elementi di diversa grandezza e a diverse distanze in grado di creare turbolenze delle vene d'acqua.

SINANTROPICHE (COMUNITÀ)

Comunità legate ad ambienti antropizzati.

SOGLIE

Strutture trasversali simili a briglie, ma interrate, delle quali affiora in superficie solo la sommità: a monte di esse non si accumulano quindi né acqua, né sedimenti. La loro funzione è quella di stabilizzare la quota dell'alveo, impedendone l'approfondimento. Per tale motivo sono spesso realizzate al piede di ponti, per proteggerli dallo scalzamento dei piloni, oppure vengono disposte in serie in tratti fluviali nei quali l'approfondimento dell'alveo minerebbe la stabilità dei versanti.

SUCCESSIONE

Processo naturale attraverso il quale diverse comunità vegetali (stadi) si sostituiscono nel tempo l'una all'altra, all'interno della stessa unità ambientale, dando origine a tipi vegetazionali distinti. La successione può essere progressiva e condurre ad uno stadio di equilibrio (climax) oppure regressiva, se si allontana dalla stabilità.

T**TEMPO DI CORRIVAZIONE**

Tempo che le acque di precipitazione impiegano per raggiungere una determinata sezione, partendo dai punti più lontani del bacino. Per ciascun bacino, a parità di condizioni dell'evento meteorico, esso è costante dipendendo dalla natura dei terreni, dalla geometria, dalla morfologia, dalla pendenza del bacino e dalla copertura vegetale.

TEMPO DI RITORNO

Intervallo di tempo medio che intercorre, statisticamente, tra un evento di piena e quello successivo di pari entità. Sebbene largamente usato, è un termine sconsigliabile poiché, ad es., induce a pensare che dopo una piena

secolare possiamo attenderci che trascorra un secolo prima della prossima piena di pari entità (che, invece, potrebbe verificarsi anche il giorno dopo). Più corretto è l'uso della probabilità annua: ad es. piena con probabilità annua 1% (anziché con tempo di ritorno 100 anni: TR100); piena con probabilità annua 4% (anziché con TR25), L'uso della probabilità annua ci rende più consapevoli che una piena rovinosa non garantisce alcun periodo di tregua, in quanto l'anno dopo essa ha la stessa probabilità di verificarsi.

TERRAZZO FLUVIALE

Coltre alluvionale pianeggiante sospesa sui fianchi delle valli. Rappresenta residui di antichi letti abbandonati del fiume formati durante periodi di erosione che seguono una condizione di grande accumulo detritico. Esistono serie di terrazzi sovrapposti. Secondo l'origine, si distinguono terrazzi climatici, eustatici, tettonici.

TERRAZZI CLIMATICI

Terrazzi fluviali la cui formazione è stata causata da cambiamenti climatici (es. notevoli variazioni delle precipitazioni e quindi delle portate fluviali, oppure della temperatura e quindi della copertura vegetale e degli apporti solidi).

TERRAZZI EUSTATICI

Terrazzi geneticamente correlati alle oscillazioni del livello marino legate ai cambiamenti climatici (periodi glaciali e interglaciali) e alle conseguenti variazioni eustatiche della crosta terrestre (abbassamento per il peso delle calotte glaciali, o innalzamento in seguito al loro scioglimento).

TERRAZZI TETTONICI

Terrazzi correlati ai fenomeni tettonici (epirogenesi, bradisismi, corrugamenti, faglie, ecc.) che comportano innalzamenti o abbassamenti differenziati di parti più o meno estese di un bacino idrografico, anche senza che ciò implichi variazioni del livello del mare.

TIRANTE IDRAULICO

Profondità dell'acqua.

TOMBAMENTO

Copertura di un corso d'acqua che, perciò, diviene sotterraneo e viene a scorrere entro un rivestimento artificiale completo (fondo, sponde e tetto).

TORRENTE

Corso d'acqua a regime variabile, data la non costanza delle fonti di alimentazione. Solitamente caratterizzato da velocità elevata e forte turbolenza delle acque.

U**UPTAKE**

Passaggio di energia, come nutriente, dal comparto inorganico al comparto organico.

V**VEGETAZIONE ACQUATICA**

Tipologia di vegetazione costituita da idrofite appartenenti a vari gruppi sistematici: Fanerogame, Pteridofite, Briofite ed Alghe. La vegetazione acquatica è costituita da specie che si sviluppano interamente in acqua; le specie possono essere radicate emerse, radicate sommerse, flottanti.

VEGETAZIONE RIPARIA

Tipologia di vegetazione che si interpone tra le fitocenosi acquatiche e le fitocenosi zonali del territorio circostante, non più influenzate dalla presenza del corso d'acqua. È costituita, a partire dall'alveo di magra, da erbacee pioniere di greto, formazioni ad elofite, formazioni arbustive riparie, formazioni arboree riparie.

W**WATER FORCE**

Complesso di azioni ed effetti fisici causati nel tempo dall'acqua sui corpi immersi.

LETTURE CONSIGLIATE**Ecologia fluviale**

A.A.V.V. (1996) – *Buffer Zone: Their processes and potential in water protection* (Ed. Heycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T, Pinay G.) – Proceedings of International Conference on Buffer Zone – Guest Environmental, P.O. Box 45, Harpenen, Hertfordshire, AL5 5LJ, UK

AA.VV. (1992). *The Rivers Handbook* (Ed. Callow P., Petts G.) Vol 1 e 2. Blackwell Scient. Publ. Oxford

Baldaccini G.N., Sansoni G., 2002. *Prime riflessioni sull'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale*. *Biologia Ambientale*, 16 (1):29-33.

Billi P., 1987. *Sediment storage, bed fabric and particles features of two mountain stream ai Plynlimon (mid wales)*. Institute of Hidrology Report Series. Report 97, 39 pp.

Billi P., Magi M. & Sagri M., 1987. Coarse-grained low-sinuosity river deposits: example from plio-pleistocene valdarno basin, Italy. In: *Recent developments in fluvial sedimentology* (Cur. F. C. Ethridge and R. M. Flores), SEPM Spec. Publ., 39, 197-203.

Boon P.J., Calow P., Petts G.E. (eds). 1992. *River conservation and management*. John Wiley & Sons, Chichester, 470 pp.

Bosch D.D., Hubbard R.K., West L., Lowrance R.R. 1994. *Subsurface flow patterns in a riparian buffer system*. ASAE Internat. Meeting, Chicago, Il. Paper No 93-2551

Callander R.A., 1978. *River meandering*. *Ann. Rev. Fluid Mech.*, 10, 129-158.

Callow P., Petts G.E. (eds).1992. *The Rivers Handbook* (Ed. Callow P., Petts G.) Vol 1 e 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England

Cannata P.G. 1994. *Governo dei bacini idrografici. Sistemi tecnici e pianificatori*. ETAS libri. Scienze del territorio.

Cummins K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, 49 (1): 24-30

Cummins K.W. 1988. The study of stream ecosystem: a functional view. In L.R. Pomeroy and J.J. Albert (eds): *Ecosystem processes*, Springer-Verlag, New York, 240-245

- Cummins K.W., Klug M.G. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10: 147-172
- D'Angelo D.J., Webster J.R., Benfield E.F. 1991. Mechanisms of stream phosphorus retention: an experimental studies. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 10 (3): 225-237
- Dal Cin et al., 2002. *Linee guida per la ricostruzione di aree umide per il trattamento di acque superficiali*, ANPA, Roma.
- Dawson F.H., Hansen U.K. 1979. The effect of natural and artificial shade on the macrophytes of lowland streams and the use of shade as a management technique. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 64 (4): 437-455
- Decamps H., Planty-Tabacchi A.M., Tabacchi E. 1995. Change in the hydrological regime and invasions by plant species along riparian systems of the Adour river, France. *Reg. Rivers: research & management.* 11: 23-33.
- Di Marcantonio P. *Elementi Di Geomorfologia: Forme e processi con particolare riguardo ai movimenti franosi e alla morfologia fluviale*. Dispensa per il corso per Tecnici di Ingegneria Naturalistica Centro Regionale di Formazione Professionale, Sulmona (AQ).
- Gilbert J., Dole-Olivier M-J., Marmonier P., Vervier P. 1990. Surface water-groundwater ecotones, chapter 10: In: Naiman R.J, and H. Decamps (eds): *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Man and the Biosphere series*,4. The Parthenon Publishing Group, Carnforth. 199-222
- Goulding K.W.T., Pinay G. (eds): Buffer Zones: their processes and potential in water protection. In: *Guest Environmental Harpenen*, U.K.
- Groffman P.M., Axelrod E.A., Lemunyon J.L., Sullivan W.M. 1991. Denitrification in Grass and forest vegetated Filter Strips. *J. Environm. Qual.*, 20: 671-674
- Gumiero B., Salmoiraghi P., 1997. Relation between land use, river bank biodiversity and lotic macroinvertebrate community. In: *Hycocck N.E.*, T.P. Burt,
- Harper D., Smith C., Barham P., Howell R. 1995. The Ecological Basis for the Management of the Natural River Environment. In: D.M. Harper and A.J.D. Ferguson (eds): *The Ecological Basis for River management*. John Wiley & Sons Ltd. Cichester, New York, Brisbane, Toronto Singapore. 219-238.
- Haycock N.E., Pinay G., Walker C. 1993. Nitrogen retention in river corridors. European perspectives. *Ambio*, 22 (&): 340-446

- Hellawell J.M. 1988. River regulation and river conservation. *Regulated Rivers: Research and management*, 2: 425-443
- Holland M.M., Risser P.G., Naiman R.J. (eds). 1991. *Ecotones. The role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments*. Chapman and Hall, N.Y., London.
- Karr J.R. Schlosser I.J. 1978. Water resources and the land-water interface. In: *Science*, 201: 229-234.
- Lewin J. 1976. *Initiation of bed forms and meanders in coarse-grained sediment*. Geol. Soc. Am. Bull., 87, 281-285.
- Lowrance R.R., Altier L.E., Newbold J.D., Schnabel R.R., Groffman P.N., Denver J.M., Correl D.L., Gillam J.W., Robinson J.L., Brinsfield R.B., Staver K.W., Lucas W., Todd A.H. 1995. *Water Quality Functions of Riparian Forest Buffer System in the Chesapeake Bay Watershed*.
- Middleton. A. 2002. *Flood Pulsing in Wetlands: Restoring the Natural Hydrological Balance*, John Wiley & Sons
- Moss B. 1980. *Ecology of Freshwaters*. Blackwell Scient. Publ. Oxford
- Moss B. 1996 – Ecology of Freshwaters – Blackwell Scient. Publ. – Oxford
Mulamootil G., Warnwr B.G., Mcbean E.A. (eds). *Wetlands. Environmental Gradients, Boundaries, and Buffers*. Lewis Publishers, N.Y.
- Naiman R.J., Decamps H. (eds). 1990. *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones. Man and the Biosphere series*, 4. The Parthenon Publishing Group, Carnforth.
- Naiman R.J., Decamps H., Pastor J., Johnston C.A., 1988. The potential importance of boundaries of fluvial ecosystems. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 289-306
- Negri P., Siligardi M., Ghetti P.F. 2004, "Indagine sperimentale sulla funzione filtro della fascia riparia." *Atti del Covegno: Classificazione ecologica delle acque interne. Applicabilità della Direttiva 2000/60/CE Trento (Italy)*, CISBA.
- Newbold C., Honnor J., Buckley K. 1990. Nature conservation and management of drainage channels. *Nature Conservancy Council, Association of Drainage Authorities*. 108 pp.
- Newbold J.D. 1994. Cycles and Spirals of nutrients. In: Calow P. and G.E. Petts (eds): *The rivers Handbook*, 1-2. Blackwell Scientific Publications, Oxford: , England. 370-410

- Newman R.M. 1991. *Herbivory and detritivory of freshwater macrophytes by macroinvertebrates: a review*. J. N. Am. Benthol. Soc., 10 (2): 89-114.
- Omernik J.M., Abernathy A.R., Male L.M. 1981. *Stream nutrient levels and proximity of agricultural and forest land to stream: some relationship*. J. Soil and water Cons. 22- 231
- Osborne L.L., Kovacic D.A. 1993. Riparian vegetated buffer strips in waterquality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29: 243-258.
- Panizza M. 1988. *Geomorfologia applicata*. NIS
- Peterjohn W.T., Correl D.L. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. In: *Ecology*, 65: 1466-1475.
- Petersen R.C., Madsen B.L., Wilzbzbach M.A. Magadza C.H., Parlberg A., Kullberg A., Cummins K.W. 1987. Stream management: emerging global similarities. *Ambio*, 16 (4): 166-179.
- Ricci Lucchi F. 1980. *Sedimentologia*, Vol.I-III. CLUEB, Bologna.
- Sansoni G. 1992. *Il bacino del Magra. Mappaggio biologico del reticolo idrografico, sintesi ecologica, problematiche ambientali, proposte di risanamento*. Tesi di laurea in Scienze Naturali, Università di Pisa, Anno Accademico 1991- 1992, 183 pp.
- Sansoni G. 1998. *Elementi di progettazione ambientale dei lavori fluviali*, Biologia Ambientale XII (2), 64 pp.
- Triska F.J., Duff J.H., Avanzino R.J. 1993. Patterns of hydrological exchange and nutrient transformation in the hyporeic zone of gravel-bottom stream: examining terrestrial-aquatic linkages. *Freshwater Biology*, 29: 259-274.
- Vought L.B., Dahl J., Pedersen C.L. Lacoursiere J.O. 1994. Nutrient retention in riparian ecotones. *Ambio*, 23 (6): 432-438
- Ward J.V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 8 (1): 2-8
- Ward J.V., Stanford J.A. 1979. *The ecology of regulated rivers*. Plenum Press, New York, 398 pp.
- Wasson J.G. 1992. *Les orientations fondamentales par bassin: proposition pour une gestion .intégrée des écosistèmes d'eau courante*. CEMAGREF, Lyon, 32 pp.
- Weisner S.E., Ericsson P.G., Granell W., Leonardson L. 1994. Influence of

macrophytes on nitrate removal in wetlands. *Ambio*, 23 (&). 363-366.

Whitton B.A. 1975. *River Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford

Yalin M.S., 1971. *On the formation of dunes and meanders*. Proceedings of the 14th Int. Congr. of the Hydr. Res. Ass., Paris, 3, C13, 1-8.

Zalewski M. 1992. Ecotones at river basin scale: global land / water interactions. In: Iensen A. (ed). *Ecotones at the river basin scale global land/water interactions. Proceedings of ecotones regional workshop*. Barbera, South Australia – 12-15 october.

Vegetazione acquatica e ripariale

Auble G.T., Friedman J.M., Scott M.L. 1994. Relating riparian vegetation to present and future streamflows. In: *Ecological Applications*, 4 (3): 544-554.

Barrat-Segretain M.H. 1996. Strategies of reproduction, dispersion and competition in river plants: a review. *Vegetatio*, 123: 13-37.

Bielli E., Buffagni A., Cotta Ramusino M., Crosa G., Galli P., Guzzella L., Guzzi L., Minciardi M.R., Spaggiari R., Zoppini A. 1999. *Linee guida per la classificazione biologica delle acque correnti superficiali*. Manuale UNICHIM N. 191: 59 pp.

Botineau M., Ghestem A. 1995. Caractérisation des communautés des macrophytes aquatiques (plantes vasculaires, bryophytes, lichen) en Limousin. Leurs relations avec la qualité de l'eau. In: *Acta botanica Gallica*, 142 (6): 585-594.

Bourrelly P. 1966. *Les algues d'eau douce*. Éditions N. Boubée & Cie. Tome I-II-III.

Caffrey J.M. 1987. Macrophytes as biological indicators of organic pollution in Irish rivers. In: *Biological indicators of pollution*. Dublin, 24-25 february 1986. Richardson D. H. S. (ed.). Royal Irish Academy: 77-87.

Cairns J.Jr. 1990. The genesis of biomonitoring in aquatic ecosystems. *Environ. Prof.*, 12: 169-176.

Canalis L., Bari A., Minciardi M.R., Rossi G.L., Badino G. 1997. *Confronto tra diverse metodologie di valutazione della qualità ambientale del canale Naviglia (Piemonte occidentale - Italia)*. S.I.T.E. Atti, 18: 465-467.

Carpenter S.R., Lodge D.M. 1986. Effects of submerged macrophytes on ecosystem processes. In: *Acquatic Botany*, 26: 341-370.

Collins G.B., Weber D.I. 1978. Phycoperiphyton (algae) as indicators of water quality . In: *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 97: 36-43.

Dell'uomo A. 1981. Alghe di acque correnti e loro impiego come bioindicatori. In: *Giornale Botanico Italiano*, 115: 327-342.

Dennison W.C., Orth R.J., Moore K.A., Steveneson J.C., Carter V., Kollar S., Bergstrom P.W., Batiuk R.A. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. In: *BioScience*, 43: 86-94.

Grasmuck N., Haury J., Leglize L., Muller S. 1993. Analyse de la végétation aquatique fixée des cours d'eau lorrains en relation avec les paramètres d'environnement. In: *Annls. Limnol.* 29 (3-4): 223-237.

Gregory S.V., Swanson F.J., Mckee W.A., Cummins K.W. 1991. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. In: *BioScience*, 41(8): 540-551.

Haslam S.M. 1987. *River plants of Western Europe - The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community*. Cambridge University Press: 504 pp.

Haury J. 1996. Assessing functional typology involving water quality, physical features and macrophytes in Normandy river. In: *Hydrobiologia*, 340: 43-49.

Haury J., Peltre M.C. 1993. Intérêts et limites des "indices macrophytes" pour qualifier la mésologie et la physicochimie des cours d'eau: exemples armoricains, picards et lorrains. In: *Annls. Limnol.*, 29 (3-4): 239-253.

Hellawell J.M. 1989. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. In: *Elsevier Applied Science*: 546 pp.

Hill B.H. 1997. Aquatic plant communities for impact monitoring and assessment. In: *Plants for Environmental Studies*. Wang W., Gorsuch J.W., Hughes J.S. (Eds): 277-305.

Holmes N.T.H. 1983. *Typing British rivers according to their flora. Focus on nature conservancy* 4. Nature Conservancy Council. U.K. :194 pp.

Holmes N.T.H., Whitton B.A. 1977. The macrophytic vegetation of the River Tees in 1975: observed and predicted changes. In: *Freshwater Biology*, 7: 43-60.

Kelly M.G., Whitton B.A. 1995. Workshop: *Plants for monitoring rivers*. Durham, 26-27 September 1994. National Rivers Authority. 34 pp.

Lewis M.A., Wang W. 1997. Water quality and aquatic plants. In: *Plants for Environmental Studies*. Wang W., Gorsuch J.W., Hughes J.S. (Eds.), 141-175.

- Mattirolo E. 1904. Schiarimenti sulla Carta Geo-litologica delle Valli di Lanzo. In: *Le Valli di Lanzo*. C.A.I. Torino.
- Minshall G.W. 1978. Autotrophy in Stream Ecosystems. In: *BioScience*, 28(12): 767-771.
- Naiman R.J., Decamps H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian Zones. In: *Annual Review of Ecological Systems*, 28: 621-658.
- Önorm M. 1995. 6232 E. *Guidelines for the ecological study and assessment of rivers*: 1-10.
- Patrick R. 1973. Use of algae, especially diatoms, in the assessment of water quality. In: *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*. ASTM STP 528. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA: 76-95.
- Pedrotti F., Gafta D. 1996. *Ecologia delle foreste ripariali e paludose dell'Italia*. Università degli Studi. Camerino. 165 pp.
- Pignatti S. 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, 3 vol.
- Robach F., Thiébault G., Trémolières M., Muller S. 1996. A reference system for continental running waters: plant communities as bioindicators of increasing eutrophication in alkaline and acid waters in north-east France. In: *Hydrobiologia*, 340: 67-76.
- Smith A.J.E. 1977. *The Moss Flora of Britain & Ireland*. Cambridge University Press. 706 pp.
- Tremp H., Kohler A. 1995. The usefulness of macrophyte monitoring system, exemplified on eutrophication and acidification of running waters. In: *Acta botanica Gallica*, 142 (6): 541-550.
- Wiegleb G. 1981. *Récherches méthodologiques sur les groupments végétaux des eaux courantes*. Colloq. phytosoc. X Végétations aquatiques: 69-83.

ALLEGATO 1

PARTE A

**CHIAVI DICOTOMICHE
PER LA DETERMINAZIONE DELLE MACROFITE ACQUATICHE
INDICATRICI DI CARICO ORGANICO**

CHIAVI DICOTOMICHE PER LA DETERMINAZIONE DELLE MACROFITE ACQUATICHE INDICATRICI DI CARICO ORGANICO

Allo scopo di rendere più agevole l'individuazione delle specie indicatrici di carico organico a cui si fa riferimento nella domanda 12, si propone una serie di semplici chiavi di determinazione che si rifanno, in ampia misura, alla "Flora d'Italia" di Pignatti (1982).

Le chiavi di determinazione partono dal genere, di cui si fornisce una breve descrizione, e conducono alla determinazione delle specie. Per la determinazione sino al livello di genere si consiglia l'uso di guide pratiche di campo nonché di altri testi di determinazione tra i quali, ovviamente, la stessa "Flora d'Italia"; l'uso di altri testi di determinazione (alternativi a questo manuale) è utile anche per giungere a livello di specie.

Per rendere più agevole e corretta la determinazione si consiglia di utilizzare esemplari completi (comprendenti radici, fusto, foglie, fiori e, preferibilmente, frutto) anche se, laddove si è potuto, sono state fornite chiavi che si basano esclusivamente, o in larga misura, sull'esame di caratteri del corpo vegetativo.

Per l'utilizzo della chiave, a partire dal genere si segue l'ordine numerico compiendo ogni volta una scelta tra dicotomie alternative individuate dallo stesso numero.

Sono state riportate solo le dicotomie che conducono alle specie indicatrici di carico organico, mentre, quando la chiave procede all'identificazione di altre specie (non utili ai fini della domanda 12), eventuali ulteriori dicotomie vengono ignorate (simbolo ">").

***Alisma* (fam. Alismataceae)**

Piante acquatiche, radicante sul fondo, con fusti e foglie dotati di parenchimi aeriferi. Le foglie, emergenti e per lo più tutte basali, sono prive di stipole e hanno lamina con base progressivamente ristretta, troncata o raramente subcordata. Gli scapi eretti sostengono i fiori, che hanno un diametro di circa 5 mm e sono ermafroditi, attinomorfi, spirociclici, trimeri: il perianzio è formato da 3 sepali e 3 petali; gli stami sono generalmente 6; i carpelli sono spiralati. I fiori sono riuniti in pannocchie a rami verticillati. Ciascun fiore produce 9-12 frutti galleggianti ad achenio compresso.

Il genere comprende 3 specie, tra le quali solo una, *Alisma plantago-aquatica*, è indicatrice di carico organico.

CHIAVE

1. Stilo generalmente più breve dell'ovario, raramente lungo quanto questo, uncinato o interamente revoluto; stami lunghi quanto i carpelli; frutto a 2 solchi laterali, generalmente pianta con fusto arcuato o comunque non perfettamente diritto, foglie ristrette alla base:

>

1. Stilo più lungo (fino al doppio) dell'ovario, diritto o appena curvato; stami lunghi il doppio dei carpelli; frutto con 1 solco laterale

2. Pianta gracile (2-4 dm), foglie larghe fino a 15 mm, gradualmente ristrette alla base:

>

2. Pianta robusta (3-12 dm); foglie larghe 3-6 cm, troncate o subcordate alla base:

***Alisma plantago-aquatica* (vedi scheda 1 – All. B)**

***Ceratophyllum* (fam. Ceratophyllaceae)**

Piante acquatiche radicanti sommerse, ramosissime, con verticilli di foglie divise in lacinie senza stipole. I fiori, unisessuali e spirociclici, sono minuti, portati su corti peduncoli ascellari, con perianzio sepaloide di 12 (8-15) segmenti nei fiori maschili, biancastri e 9-10 segmenti nei femminili, verdi: si tratta di piante monoiche; i fiori sono posti alla base dei verticilli di foglie. Il frutto è un achenio, coriaceo, sormontato dallo stilo persistente.

Il genere comprende 2 specie, *Ceratophyllum demersum* e *Ceratophyllum submersum*, entrambe indicatrici di carico organico.

CHIAVE

1. Foglie 1-2 volte dicotome, cioè divise in 2-4 lacinie, queste con dentatura laterale evidente; frutto alla base con 2 spine divergenti; stilo \geq al frutto:
***Ceratophyllum demersum* (Vedi scheda 2 – All.B)**
1. Foglie 3 volte dicotome, cioè divise in 5-8 lacinie, queste capillari e con denti laterali appena accennati; frutto senza spine; stilo molto $<$ del frutto:
***Ceratophyllum submersum* (vedi scheda 3 – All. B)**

***Lemna* (fam. Lemnaceae)**

Piante acquatiche liberamente flottanti non radicate; sono tra le più piccole piante superiori europee, talvolta così numerose da coprire interi specchi d'acqua con un tappeto verde. Sono piante prive di fusto, ridotte a 1-4 coppie di foglie, ciascuna con una sola radice non ramificata e pendula nell'acqua. I fiori sono unisessuali, piccolissimi e difficilmente osservabili: i maschili ridotti ad 1 stame, i femminili a 1 carpello. Il frutto è un achenio.

Tipiche di acque lentiche.

Il genere comprende 4 specie, tra le quali due, *Lemna gibba* e *Lemna minor* sono indicatrici di carico organico. *Lemna paucicostata* è una specie presente in Italia che ha probabilmente anch'essa ecologia simile e che si rinviene spesso nelle risaie.

CHIAVE

1. Lamine lanceolato-spatolate di 1-3(5) x 10-12(16) mm:

>

1. Lamine fogliari da ovali a rotonde, lunghe 2-6 mm

2. Lamina inferiormente ingrossato-spugnosa (0.6-1 mm di spessore):

***Lemna gibba* (vedi scheda 4 - All. B)**

2. Lamina più sottile, non spugnosa

3. Apice radicale acuto; guaina della radice provvista di due appendici laterali a forma d'ala:

>

3. Apice radicale ottuso; guaina della radice priva di appendici:

***Lemna minor* (vedi scheda 5 - All. B)**

***Myriophyllum* (fam. Haloragaceae)**

Piante acquatiche radicante sommerse. Le foglie sono opposte, verticillate o spirale, con o senza stipole. I fiori, generalmente ridotti, sono spesso unisessuali, attinomorfi, con 4 (3-2) sepali, petali spesso assenti e ovario infero. I fiori sono raccolti in infiorescenze. Il frutto è una drupa.

Il genere comprende 3 specie, due delle quali, *Myriophyllum spicatum* e *Myriophyllum verticillatum*, sono indicatrici di carico organico.

CHIAVE

1. Fusti fioriferi fogliosi fino all'apice; foglie in verticilli di 5-6:

***Myriophyllum verticillatum* (vedi scheda 6 - All. B)**

1. Fusti fioriferi senza foglie, foglie in verticilli di 4:

2. Foglie con segmenti alterni; fiori superiori alterni od opposti; infiorescenze < 3 cm:

>

2. Foglie con segmenti più o meno opposti; fiori tutti verticillati; infiorescenze > 4 cm:

***Myriophyllum spicatum* (vedi scheda 7 - All. B)**

***Nuphar* (fam. Nymphaeaceae)**

Piante acquatiche radicanti sul fondo ma flottanti in superficie, di 2-20 dm, con rizoma grande. Sono presenti sia grandi foglie sommerse color verde vivo, sia foglie galleggianti con lamina ovale astata, per lo più ondulata sul bordo, lunga circa 8-20 x 15-30 cm. Le nervature delle foglie si sdoppiano ad angolo acuto verso il margine (mentre quelle di *Nymphaea* si sdoppiano quasi ad angolo retto). Il picciolo s'inserisce ad 1/4 della lamina, in un'insenatura progressivamente allargata ed è tronco nella parte superiore a sezione triangolare. I fiori sono globosi (diam. 4-5 cm), gialli, dall'odore di alcool, con numerosi petali e 5 sepali più lunghi dei petali. L'ovario è supero pluricarpellare. Il frutto è composto ed è simile ad una bacca.

Il genere comprende 1 sola specie, *Nuphar luteum*, indicatrice di carico organico. **(vedi scheda 8 - All. B)**

***Polygonum* (fam. Polygonaceae)**

Il genere *Polygonum* comprende specie sia erbacee sia legnose. Come in tutte le Polygonaceae, le foglie si prolungano alla base nell'ocrea, una guaina cilindrica che avvolge il fusto e che deriva dalla fusione delle stipole. La base delle foglie si restringe progressivamente nel picciolo. I fiori sono ermafroditi o unisessuali, attinomorfi, tipicamente pentaciclici, pentameri. Il perianzio è corollino con tepali bianchi o rosei (almeno in parte). Gli stami sono generalmente 6, disposti su due verticilli; l'ovario è supero e il frutto è un achenio.

Si tratta di un genere abbastanza ampio che comprende 20 specie (alcune considerate come gruppo di più specie), tra le quali solo due, *Polygonum amphibium* e *Polygonum hydropiper* sono indicatrici di carico organico.

CHIAVE

1. Cespugli con rami flessuosi; foglie precocemente caduche:
 - >
1. Erbe annue o perenni con fusti e rami erbacei; foglie persistenti fino all'autunno
 2. Foglie composte (almeno le maggiori), con lamina triangolare e 2 orecchiette nella zona apicale del picciolo:
 - >
 2. Foglie semplici; lamina intera, senza orecchiette
 3. Guaine scariose o argentee almeno sul bordo; fiori in glomeruli all'ascella delle foglie cauline:
 - >
 3. Guaine brune; fiori formanti infiorescenze dense terminali
 4. Fusto terminato da una pannocchia ramosa:
 - >
 4. Fusto terminato da una spiga semplice ± continua
 5. Foglie ovali, lunghe fino a 20 cm:
 - >
 5. Foglie da lanceolate a lineari, assai più brevi
 6. Fusto semplice con una sola spiga terminale, eretta, densa:
 - >
 6. Fusto ramificato con una spiga all'apice di ciascun ramo

-
- 7. Spighe terminali dense, con asse diritto
 - 8. Piante annue, terrestri, foglie a base acuta
 - >
 - 8. Pianta perenne acquatica, spesso sommersa almeno alla base, con foglie natanti a base tronca o cordata:
 - Polygonum amphibium***
 - (vedi scheda 9 – All. B)**

 - 7. Spighe terminali interrotte, con asse arcuato
 - 9. Perianzio senza ghiandole:
 - >
 - 9. Perianzio con ghiandole brunastre:
 - Polygonum hydropiper***
 - (vedi scheda 10 – All. B)**

Potamogeton (fam. Potamogetonaceae)

Piante acquatiche radicate natanti, con rizoma non legnoso. Le foglie sono alterne (tranne talora quelle fiorali o alle biforcazioni dei fusti), lineari o allargate, con una guaina cilindrica e ligula stipolare e sono inserite su assi erbacei. Le foglie possono essere sommerse e/o galleggianti, di dimensioni molto variabili; quelle sommerse sono traslucide, quelle galleggianti sono solitamente verdi. Le specie del genere *Potamogeton* possono presentare eterofillia. I fiori sono solitamente ermafroditi, 2-3 ciclici, con cicli formati da 1-4 segmenti; il perianzio è sostituito da bratteole erbacee, gli stami sono 4 con filamento subnullo, l'ovario è supero e il polline granulare. I fiori, più o meno numerosi, sono riuniti in infiorescenze a spiga peduncolate. Il frutto è sessile ed è un achenio. Il genere comprende 18 specie, tra le quali almeno tre, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton perfoliatus* e *Potamogeton pectinatus* sono indicatrici di carico organico.

CHIAVE

1. Foglie con lamina allargata, ovale, ellittica o lanceolata:
 2. Foglie superiori ristrette alla base e \pm distintamente picciolate, generalmente affioranti alla superficie dell'acqua:
 - >
 2. Foglie tutte con base allargata amplessicaule, sessili, immerse
 3. Fusto subtetragono; foglie regolarmente ondulate sul margine, 3-6 volte più lunghe che larghe; stipole caduche:

***Potamogeton crispus* (vedi scheda 11 – All. B)**
 3. Fusto cilindrico; foglie non ondulate
 4. Foglie lisce sul bordo, lanceolate (3-5 volte più lunghe che larghe), con base più stretta; stipole persistenti:
 - >
 4. Foglie denticolato-scabre sul bordo, generalmente ovali o subrotonde (1-2 volte più lunghe che larghe), largamente amplessicauli; stipole caduche:

***Potamogeton perfoliatus* (vedi scheda 12 – All. B)**
1. Foglie strettamente lineari o filiformi:
 2. Foglie non guainanti, le fiorali opposte:
 - >
 2. Foglie con base guainante il fusto, tutte alterne
 5. Fusti compressi; frutto 2 mm:
 - >
 5. Fusti cilindrici; frutto 3x4 mm:

***Potamogeton pectinatus* (vedi scheda 13 – All. B)**

***Rumex* (fam. Polygonaceae)**

Il genere *Rumex* comprende specie sia erbacee sia legnose. Come in tutte le Polygonaceae, le foglie si prolungano alla base nell'ocrea, una guaina cilindrica che avvolge il fusto e che deriva dalla fusione delle stipole. I fiori sono ermafroditi o unisessuali, attinomorfi, trimeri, tipicamente pentaciclici. Il perianzio è sepaloido con 6 tepali erbacei, verdi, in 2 verticilli, i 3 esterni piccoli e patenti, i 3 interni più grandi; gli stami sono generalmente 6. L'ovario è supero e il frutto è un achenio.

Si tratta di un genere piuttosto ampio che comprende 29 specie. Le specie acquatiche sono solo *Rumex aquaticus*, *R. hydrolapathum* e *R. conglomeratus*, tra queste, solo *Rumex hydrolapathum* è indicatore di carico organico.

CHIAVE

1. Piante terrestri:

>

1. Piante acquatiche

2. Foglie basali a base astata, cordata o tronca:

>

2. Foglie basali a lamina lanceolata, acuta alle due estremità:

***Rumex hydrolapathum* (vedi scheda 14 – All. B)**

***Sagittaria* (fam. Alismataceae)**

Piante acquatiche, radicanti sul fondo, con fusti e foglie dotati di parenchimi aeriferi. Le foglie, emergenti e per lo più tutte basali, prive di stipole, sono sagittate (ad eccezione di *Sagittaria platyphylla* che ha lamina ovale-lanceolata).

I fiori, generalmente unisessuali (monoici o dioici) e raramente ermafroditi, sono attinomorfi, spirociclici, trimeri: il perianzio è formato da 3 sepali e 3 petali; gli stami sono 9-12 in più cicli; i carpelli sono spiralati. I fiori sono riuniti in pannocchie a rami verticillati con verticilli di 2-3 fiori. Il frutto è un achenio.

Il genere comprende 3 specie, tra le quali solo una, *Sagittaria sagittifolia*, è indicatrice di carico organico.

CHIAVE

1. Foglia con lamina ovale-lanceolata; fiori con diametro 8-15 mm:

>

1. Foglia con lamina astata

2. Fiori bianchi, diametro 20-30 mm:

>

2. Fiori bianco-lilacini diametro 12-20 mm, lamina fogliare di solito profondamente sagittata:

***Sagittaria sagittifolia* (vedi scheda 15 – All. B)**

***Sparganium* (fam. Sparganiaceae)**

Piante acquatiche radicate emergenti. Le foglie sono distiche, senza stipole e possono essere emergenti e/o galleggianti. Si tratta di piante monoiche, i fiori sono unisessuali ed attinomorfi, 2 ciclici e trimeri: hanno 3(6) tepali sepaloidi, 3(6) stami, 1 stilo, 1-2 stimmi. Le infiorescenze sono capolini unisessuali, gli inferiori femminili e i superiori maschili. Il frutto è una piccola drupa acheniforme, con adattamenti per il galleggiamento.

Il genere comprende 5 specie, tra le quali solo due, *Sparganium erectum* e *Sparganium emersum*, sono indicatrici di carico organico.

CHIAVE

1. Foglie piane non trigone nemmeno alla base, flaccide, natanti; fusto natante:
>
1. Foglie trigone almeno alla base, erette ed emergenti dall'acqua; fusto eretto
 2. Infiorescenza con rami portanti numerosi capolini; foglie larghe (3)10-16 mm:
***Sparganium erectum* (vedi scheda 16 – All. B)**
 2. Infiorescenza indivisa o raramente con rami portanti 1 solo capolino; foglie larghe 3-6 mm:
***Sparganium emersum* (vedi scheda 17 – All. B)**

***Typha* (fam. Typhaceae)**

Piante acquatiche radicate emergenti. Foglie distiche, senza stipole. Si tratta di piante monoiche, i fiori sono unisessuali e non hanno perianzio: i maschili sono dotati di 3 (1-7) stami; i femminili di 1 carpello, 1 stilo persistente e 1 stimma spatolato. La presenza di un involucri di setole sotto ogni fiore dà all'infiorescenza, costituita da uno spadice cilindrico inferiormente femminile e superiormente maschile, il caratteristico aspetto cotonoso. Il frutto è un achenio.

Il genere comprende 5 specie, tra le quali solo *Typha latifolia* è sicuramente indicatrice di carico organico.

CHIAVE DICOTOMICA

1. Infiorescenza femminile ellissoide lunga 2-5 cm:

>

1. Infiorescenza femminile cilindrica lunga 8-20 cm

2. Infiorescenza femminile e maschile separate da un asse nudo di 2-4 cm:

>

2. Infiorescenza femminile e maschile contigue

3. Infiorescenza maschile lunga 1/2-2/3 della femminile; foglie larghe 5-8 mm:

>

3. Infiorescenza maschile lunga quanto la femminile; foglie larghe 8-25 mm:

***Typha latifolia* (vedi scheda 18 – All. B)**

***Zannichellia* (fam. Zannichelliaceae)**

Piante acquatiche radicate natanti di 1-10 dm, con fusti filiformi, ramosi, radicanti ai nodi e ascendenti all'apice. Rizoma strisciante e breve. Le foglie hanno una guaina cilindrica alla base, sono strettamente lanceolate e alterne, anche se sui fusti fioriti possono sembrare opposte o quasi verticillate. I fiori unisessuali, subsessili e minuscoli, sono associati all'ascella delle foglie: i fiori maschili sono ridotti al solo stame, quelli femminili ad un involucro membranoso e 2-6 ovari da ciascuno dei quali si sviluppa un frutto subsessile, fusiforme, con stilo uncinato.

Il genere comprende 1 sola specie, *Zannichellia palustris*, indicatrice di carico organico. (**vedi scheda 19 – All. B**)

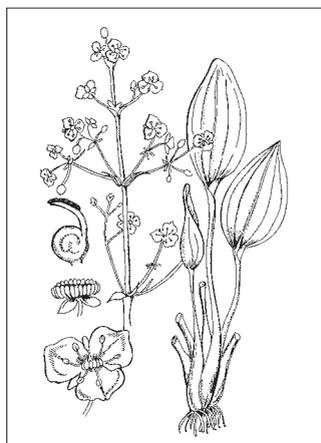
ALLEGATO 1

PARTE B

DESCRIZIONE DELLE MACROFITE ACQUATICHE INDICATRICI DI CARICO ORGANICO DA CONSIDERARE NELLA DOMANDA 12

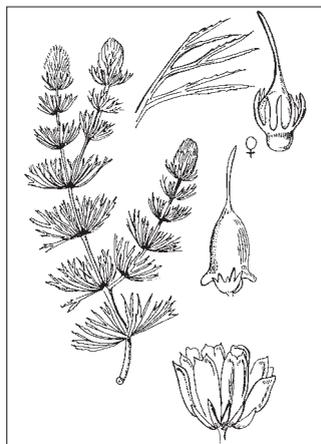
disegni originali di *Gabriella Gretter* tratti dalle seguenti fonti:

- *La flora acquatica del Parco Ticino*, Consorzio Parco del Ticino - Gruppo Editoriale Fabbri
- *La nostra flora*, G. Dalla Fior - Casa Editrice G.B. Monauni, Trento
- *Che fiore è?*, Dietmar Aichele - Rizzoli
- *Flora d'Italia*, Sandro Pignatti - Edagricole
- *La grande flora a colori*, Gaston Bonnier - Editoriale Jaca Book

Scheda 1***Alisma plantago-aquatica* L.****FAMIGLIA:** Alismataceae**NOME ITALIANO:** piantaggine acquatica, cucchiaio, cinquenervi d'acqua, mestolaccia

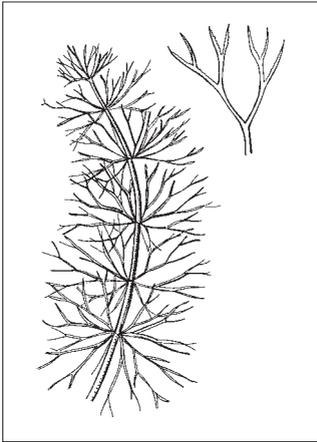
DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne di circa 3-12 dm, robusta e glabra. Rizoma tuberoso. Foglie con picciolo tubuloso, lungo 3-5 volte la lamina, che può essere da lanceolata a ovale, troncata, talora subcordata o auricolata alla base, con 5 nervature. Foglie tutte basali in numero di 3-9. Fiori dioici, eretti, a 3 petali generalmente bianchi e con sepalii bianco-rosei, riuniti in pannocchie con rami verticillati a 3-6. Frutto con lungo rostro in prossimità della zona centrale.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce da maggio a luglio. Comune in tutto il territorio (0 – 500 m, max. 1500 m).

Scheda 2***Ceratophyllum demersum* L.****FAMIGLIA:** Ceratophyllaceae**NOME ITALIANO:** ceratofillo

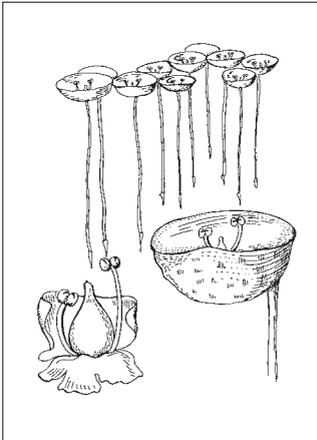
DESCRIZIONE: Specie sommersa radicata natante. Pianta perenne di circa 5-20 dm. Fusti tenaci e flessuosi, spesso rosseggianti. Foglie piuttosto dure, verde scuro, a lacinie dentato-spinose, irregolarmente dicotome, con 1-2 dicotomie; le foglie inferiori sono capillari, le superiori larghe fino a 1 mm, dentate sul lato esterno. Le foglie sono riunite in verticilli a 4-12. I fiori si trovano su peduncoli ascellari, i maschili inferiormente ai femminili. I fiori femminili hanno perianzio sepaloide di 9-10 segmenti, i maschili di circa 8-15, con stami bruni lineari. Il frutto è ovale, nero, con tre spine, simile a una noce.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce da giugno a settembre. Comune in Pianura Padana e nelle valli alpine, nella penisola sulla costa occidentale e nelle isole. Presumibilmente assente in Abruzzo, Puglia, Basilicata e Calabria. Distribuzione altitudinale tra 0 e 500 m.

Scheda 3***Ceratophyllum submersum* L.****FAMIGLIA:** Ceratophyllaceae**NOME ITALIANO:** ceratofillo sommerso

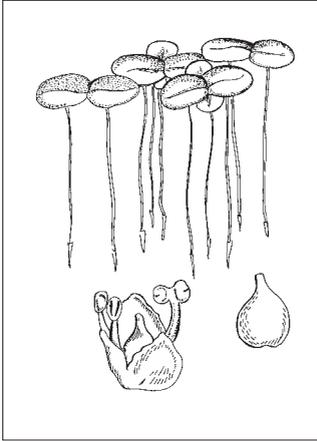
DESCRIZIONE: Specie sommersa radicata natante. Simile a *Ceratophyllum demersum*, ma con foglie a 3 dicotomie e più sottili a lacinie lisce o appena dentellate. Frutti senza spine.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce da giugno a settembre. Talvolta si trova in acque salmastre. Rara in Pianura Padana, Toscana (Versilia e Lucchesia), Paludi Pontine, Sicilia. Presumibilmente assente nel resto dell'Italia centro-meridionale, ad eccezione del Lazio. Distribuzione altitudinale tra 0 e 600 m.

Scheda 4***Lemna gibba* L.****FAMIGLIA:** Lemnaceae**NOME ITALIANO:** lenticchia d'acqua spugnosa

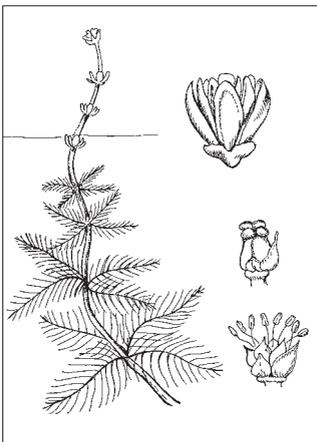
DESCRIZIONE: Specie natante non radicata. Pianta annuale, natante alla superficie dell'acqua, priva di fusti. Foglie con faccia inferiore fortemente convessa, spugnosa, spesso più o meno screziata di rosso ai margini. La lamina fogliare è ovale o subrotonda, di 3-6 mm di lunghezza e di 0,6-1 mm di spessore. Per ogni lamina fogliare è presente una unica radice spesso molto allungata. I fiori sono privi di petali. Il frutto è un achenio trasversalmente deiscete con 1-6 semi.

ECOLOGIA: Idrofita natante. Forma colonie così numerose da ricoprire la superficie dell'acqua con un tappeto verde. Fiorisce tra maggio e ottobre. Comune in Pianura Padana, rara nel resto della penisola (spesso confusa con *Lemna minor*). Distribuzione altitudinale tra 0 e 800 m.

Scheda 5***Lemna minor* L.****FAMIGLIA:** Lemnaceae**NOME ITALIANO:** lenticchia d'acqua comune

DESCRIZIONE: Specie natante non radicata. Pianta annuale, natante alla superficie dell'acqua, priva di fusti. Ciascun individuo è formato da due foglie ellittiche opposte, ciascuna con una sola radichetta pendente di 1-3 cm. A volte è presente un secondo paio di foglie più piccole disposte trasversalmente. Lamina fogliare non spugnosa. I fiori sono privi di petali ed unisessuali: quelli maschili ridotti a due stami, quelli femminili ad un carpello. Il frutto è un achenio.

ECOLOGIA: Idrofita natante. Forma colonie talora molto dense. Nel nostro paese la fioritura è del tutto eccezionale. Fiorisce tra maggio e ottobre. Comune in tutto il territorio. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1600 m.

Scheda 6***Myriophyllum spicatum* L.****FAMIGLIA:** Haloragaceae**NOME ITALIANO:** millefoglio d'acqua

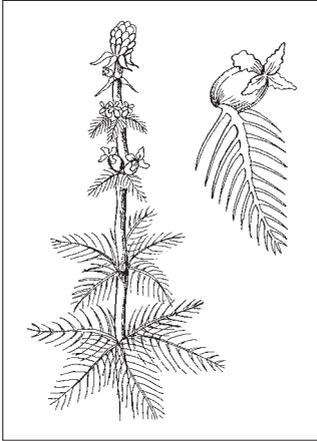
DESCRIZIONE: Specie sommersa radicata natante. Pianta perenne con dimensioni variabili tra i 3 e i 30 dm. Il fusto è molle, prevalentemente rossiccio. Le foglie, completamente divise in 15-35 segmenti lineari, pennati, più o meno opposti, sono riunite in verticilli di 4. Infiorescenza terminale eretta, afilla, lunga 4-15 cm. I fiori, con petali rossi, si trovano in glomeruli verticillati all'ascella di brattee lineari, su spighe più lunghe di 4 cm che sporgono appena sopra il pelo dell'acqua. Il frutto è una piccola drupa subsferica di 2-3 mm.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce tra giugno e settembre. Comune in Pianura Padana; rara in Alpi, Italia centrale, isole. È probabilmente assente in Calabria, Puglia, Basilicata. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1500 m.

Scheda 7***Myriophyllum verticillatum* L.**

NOME ITALIANO: millefoglio d'acqua

FAMIGLIA: Haloragaceae



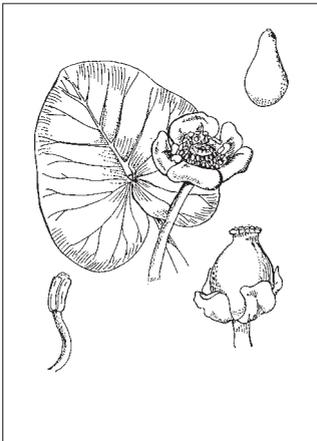
DESCRIZIONE: Specie sommersa radicata natante. Pianta perenne, con dimensioni variabili tra i 5 e i 20 dm. Simile a *Myriophyllum spicatum*, se ne differenzia però per alcuni caratteri: ha fusti fioriferi fogliosi fino all'apice e le foglie sono riunite in verticilli di 5-6. I fiori si trovano all'ascella di foglie normali o di foglie più corte, ma comunque sempre maggiore dei fiori.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce tra giugno e settembre. Rara in tutto il territorio italiano, è presumibilmente assente in Calabria e Corsica. Distribuzione altitudinale tra 0 e 800 m.

Scheda 8***Nuphar luteum* (L.) S. e S.**

NOME ITALIANO: nannufaro

FAMIGLIA: Nymphaeaceae



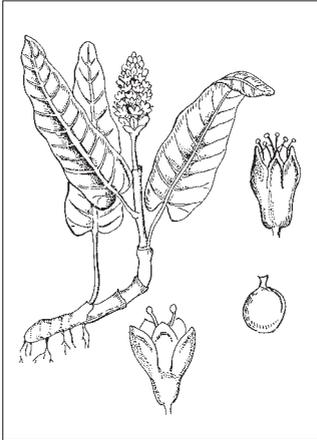
DESCRIZIONE: Specie flottante radicata. Pianta perenne di 2-20 dm, con rizoma grande. La pianta possiede sia grandi foglie sommersive color verde vivo, traslucide, sia foglie galleggianti con lamina ovale astata, per lo più ondulata sul bordo, lunga circa 12-40 cm e larga 9-30 cm (più lunghe di quella di *Nymphaea*). Le nervature delle foglie si sdoppiano ad angolo acuto verso il margine (mentre quelle di *Nymphaea* si sdoppiano quasi ad angolo retto). Il picciolo s'inserisce ad 1/4 della lamina, in un'insenatura progressivamente allargata ed è tronco nella parte superiore triangolare. Fiori globosi gialli, dall'odore di alcool, con numerosi petali e 5 sepal. Frutto composto simile ad una bacca.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce tra giugno e settembre. Comune in Italia settentrionale, presente sulle coste tirreniche fino al Salernitano, nelle isole. Presumibilmente assente in Marche, Umbria, Abruzzo, Molise, Puglia, Basilicata, Calabria. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1500 m.

Scheda 9***Polygonum amphibium* L.**

NOME ITALIANO: poligono anfibio

FAMIGLIA: Polygonaceae



DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne di 3-12 dm, con fusto generalmente sommerso e cavo. Foglie galleggianti lanceolate, glabre, picciolate, con base tronca, arrotondata e debolmente cuoriforme. Fiori spesso unisessuali, bianco-purpurei, in infiorescenze a spighe terminali erette, cilindriche. Achenio biconvesso.

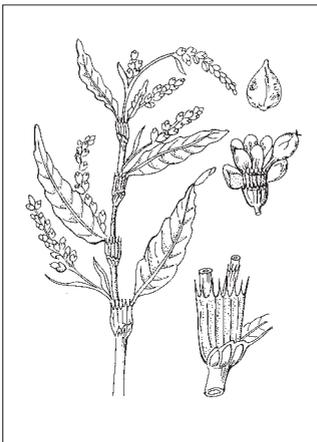
È conosciuta anche una forma completamente terrestre, spesso sterile, con fusto eretto e foglie larghe lanceolate, sessili e pelose.

ECOLOGIA: Geofita rizomatosa. Fiorisce tra giugno e agosto. Non molto comune in tutto il territorio italiano, ha distribuzione altitudinale tra 0 e 1400 m.

Scheda 10***Polygonum hydropiper* L.**

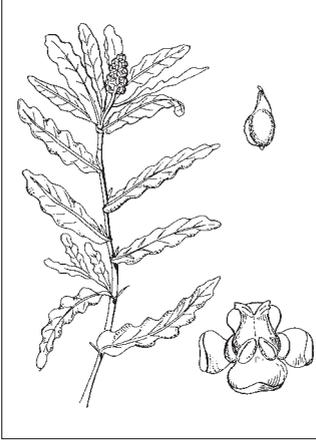
NOME ITALIANO: poligono, pepe d'acqua

FAMIGLIA: Polygonaceae



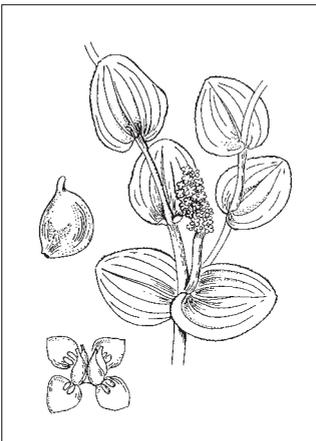
DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta annuale di 2-8 dm, con fusti prostrato-ascendenti, robusti. Le foglie, con intenso sapore acre, hanno lamina lanceolato-acuminata; sono presenti ocree con ciglia brevi. Le infiorescenze sono costituite da spighe lunghe fino a 6 cm, con asse flaccido e arcuato. I fiori hanno perianzio bianco, raramente roseo, con ghiandole brunastre. Il frutto è un achenio quasi piano su una faccia e crenato-convesso sull'altra.

ECOLOGIA: Terofita scaposa. Fiorisce tra luglio e ottobre. Predilige gli ambienti fangosi. Le infiorescenze compaiono tra luglio e ottobre. Comune in Italia settentrionale, abbastanza rara nella penisola (dalla Toscana alla Basilicata) e in Sicilia. Presumibilmente assente in Abruzzo, Puglia e Sardegna. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1300 m.

Scheda 11***Potamogeton crispus* L.****FAMIGLIA:** Potamogetonaceae**NOME ITALIANO:** Brasca increspata, lattuga ranina

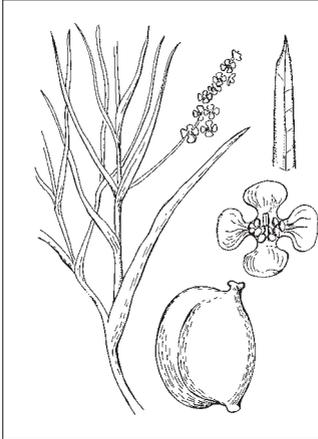
DESCRIZIONE: Specie flottante radicata. Pianta perenne di 3-18 dm, con fusto ottusamente quadrangolare, ramoso. Le foglie, tutte immerse, sono membranose, indurite alla base, pellucide, sessili, lanceolate, 3-6 volte più lunghe che larghe, con base allargata amplessicaule, regolarmente ondulate sul margine e con stipole corte, trasparenti e precocemente caduche. I fiori sono riuniti in una spiga breve, talora ridotta a pochi fiori, su un peduncolo sottile di 1-5 cm. Frutto lungamente rostrato.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce da aprile a maggio. Comune in Alpi e Pianura Padana; abbastanza rara nel resto della penisola, in Sicilia e Sardegna (0-1000 m).

Scheda 12***Potamogeton perfoliatus* L.****FAMIGLIA:** Potamogetonaceae**NOME ITALIANO:** Brasca arrotondata

DESCRIZIONE: Specie flottante radicata. Pianta perenne di 10-50 dm, con fusti cilindrici, compressibili, ramosi. Le foglie, tutte simili tra loro (le superiori più piccole) e immerse, sono membranose e traslucide, sessili, con lamina ovale arrotondata all'apice (1,2-2 volte più lunghe che larghe), largamente amplessicauli e con margine denticolato-scabro; le stipole (di 1 cm) sono precocemente caduche. La spiga, cilindrica, è lunga 1.5-3 cm ed è portata da un peduncolo di 2-5 cm, spesso un po' ingrossato.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce tra giugno e agosto. Comune in Alpi e Pianura Padana; rara in Liguria, Toscana, Umbria e Lazio. Presumibilmente assente nelle Marche, Abruzzo, Italia meridionale e isole. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1800 m.

Scheda 13***Potamogeton pectinatus* L.****FAMIGLIA:** Potamogetonaceae**NOME ITALIANO:** Brasca delle lagune

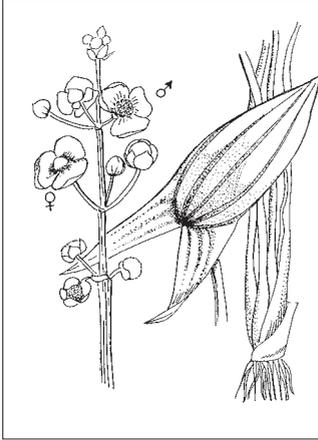
DESCRIZIONE: Specie flottante radicata. Pianta perenne di 5-15 dm, con fusti cilindrici, tenaci, ampiamente ramificati. Le foglie, appuntite, hanno la guaina ingrossata (il doppio del ramulo contenuto), di 2 mm, e stipole generalmente caduche. I fiori sono piccoli, verdi, apetalati, con quattro sepali, disposti in verticilli di fiori molto ravvicinati tra loro sulle spighe. La spiga, interrotta, è lunga 3-5 cm ed è portata da peduncoli filiformi poco più lunghi.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Si trova anche in acque salmastre. Fiorisce tra giugno e agosto. Comune in tutto il territorio, con distribuzione altitudinale tra 0 e 2000 m.

Scheda 14***Rumex hydrolapathum* Hudson****FAMIGLIA:** Polygonaceae**(= *Rumex aquaticus* Auct. Pl. Non L.)****NOME ITALIANO:** Romice, tabacco di palude, lapazio acuto

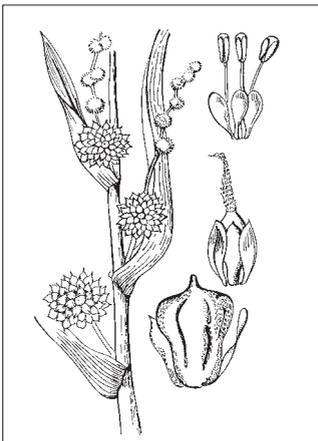
DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne, robusta e imponente, di 10-20 dm, che cresce con la base immersa nell'acqua. Ha fusto eretto, striato; rizoma grosso, strisciante. Le foglie basali, lunghe fino ad 1 m, sono lanceolate, acute alle due estremità e ondulate sul bordo. I fiori, verdastri, sono riuniti in una spiga strettamente ramificata, con brattee fogliacee abbondanti. Frutti trigoni, con valve ovali-cuoriformi, acute. Il frutto è un achenio.

ECOLOGIA: Emicriptofita scaposa (elofita). Fiorisce tra maggio e luglio. Comune in Alpi e Pianura Padana, Appennini fino alla Basilicata, Sardegna. Presumibilmente assente in Marche, Lazio, Abruzzo, Calabria, Sicilia. Distribuzione altitudinale tra 0 e 300 m.

Scheda 15***Sagittaria sagittifolia* L.****FAMIGLIA:** Alismataceae**NOME ITALIANO:** sagittaria, erba saetta

DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne di 2-8 dm. Presenta foglie con forma molto variabile e dipendente dalla profondità dell'acqua: foglie aeree sagittate, acute, con picciolo di 1-3 dm; foglie galleggianti lanceolate, con lamina a lungo picciolo e foglie sommerse nastriformi lineari. I fiori hanno 3 petali bianchi con macchia lilla alla base e sono disposti in 4-7 verticilli di 2-3 fiori su scapi triangolari allungati; i verticilli inferiori portano fiori F, i superiori M. Il frutto è un achenio alato-compresso, con becco uncinato brevissimo.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Sopravvive all'inverno grazie a tuberi tondeggianti che si formano sugli stoloni. Fiorisce tra giugno e agosto. Rara in Pianura Padana, Italia centrale fino alle Paludi Pontine, Sardegna. Presumibilmente assente in Italia meridionale e Sicilia. Distribuzione altitudinale tra 0 e 500 m.

Scheda 16***Sparganium erectum* L.****FAMIGLIA:** Sparganiaceae**(=Sparganium racemosum Hudson)****NOME ITALIANO:** coltellaccio maggiore, sala

DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne robusta, di 4-15 dm, con fusto cilindrico eretto, avvolto da guaine fogliari. Rizoma arcuato e strisciante. Le foglie, emergenti dall'acqua, sono rigide, nastriformi, trigone, crenate. Quelle basali sono visibilmente più lunghe del fusto che circondano con le loro guaine; le cauline sono prive di guaina. Infiorescenza ampiamente ramificata, con 2-5 rametti laterali all'ascella di lunghe brattee fogliacee; i rametti inferiori portano capolini femminili sferici, quelli superiori un capolino femminile e parecchi capolini maschili, più piccoli e bruno scuri. Il frutto è una drupa acheniforme a piramide o cono rovesciato, con breve rostro.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Tra le altre specie della famiglia è la più frequente. Fiorisce tra giugno e agosto. Comune in tutto il territorio (0-500 m).

Scheda 17

***Sparganium emersum* Rehm**
 (= *S. simplex* Hudson)

NOME ITALIANO: coltellaccio

FAMIGLIA: Sparganiaceae



DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne di 2-5 dm. Simile a *Sparganium erectum* ma più piccolo, con foglie più strette, le cauline allargate a guaina alla base. Infiorescenza non ramificata o con qualche ramo laterale portante 1 solo capolino. Frutto con rostro lungo quasi quanto il frutto.

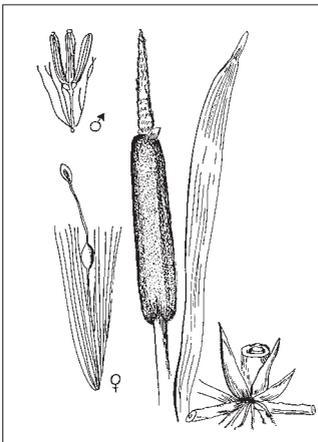
ECOLOGIA: Idrofita radicante. In grado di costituire formazioni anche estese ma non particolarmente fitte. Fioritura da giugno a settembre. Abbastanza rara in tutto il territorio tranne Marche, Umbria, Abruzzo, Puglia, Campania.

Scheda 18

***Typha latifolia* L.**

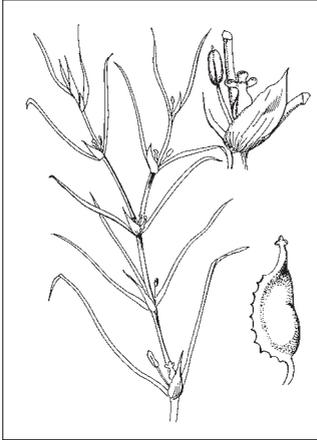
NOME ITALIANO: tifa, mazza sorda, lisca maggiore

FAMIGLIA: Typhaceae



DESCRIZIONE: Specie radicata emergente. Pianta perenne alta 10-25 dm, con fusto semplice, rigido ed eretto. Ha lunghi stoloni. Foglie verde-bluastro, lineari, piatte, larghe 8-25 mm, le superiori più lunghe delle infiorescenze. Fiori a sessi separati in infiorescenza a spadice costituita da pannocchie cilindriche sovrapposte e contigue: i fiori maschili si trovano sulla pannocchia superiore, più stretta e altrettanto lunga rispetto a quella inferiore, con fiori femminili senza brattee e di colore bruno-scuro (dato dagli stimmi). Sotto ad ogni fiore è presente un involucri di setole che dà all'infiorescenza un aspetto cotonoso.

ECOLOGIA: Geofita rizomatosa. Pianta aggressiva, invade le zone poco profonde provocandone l'interramento. Fiorisce da giugno ad agosto. Comune in tutto il territorio (0-2000 m).

Scheda 19***Zannichellia palustris* L.****NOME ITALIANO:** zannichellia**FAMIGLIA:** Potamogetonaceae

DESCRIZIONE: Specie sommersa radicata natante. Pianta perenne di 1-10 dm, con fusti filiformi, ramosi, radicanti ai nodi e ascendenti all'apice. Rizoma strisciante e breve. Le foglie sono strettamente lanceolate, con stipole ampiamente guainanti alla base. Le foglie sono alterne, anche se sui fusti fioriti potrebbero sembrare opposte o quasi verticillate. I fiori, subsessili e minuscoli, sono associati all'ascella delle foglie: il fiore M è ridotto ad un unico stame, i fiori F sono costituiti da un involucro membranoso e 2-6 ovari da ciascuno dei quali si sviluppa un frutto. I frutti sono subsessili, fusiformi, con stilo uncinato.

ECOLOGIA: Idrofita radicante. Fiorisce da aprile a luglio. Abbastanza rara in tutto il territorio (0-800 m).

ALLEGATO 2

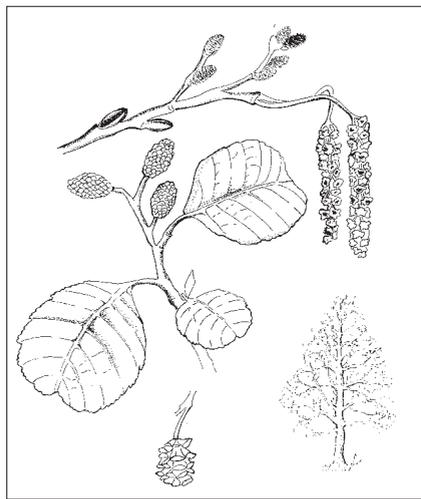
**SCHEDE DESCRITTIVE DELLE SPECIE COSTITUENTI
LE FORMAZIONI RIPARIE ARBOREE ED ARBUSTIVE E DELLE
SPECIE MESOFILIE AD ESSE FREQUENTEMENTE ACCOMPAGNATE**

DESCRIZIONE DELLE SPECIE

***Alnus glutinosa* Gaertn.**

FAMIGLIA: Betulaceae

NOME ITALIANO: ontano comune, ontano nero



DESCRIZIONE: piccolo albero piramidale con tronco dritto, alto sino a 20 metri o più, o arbusto ceduato. Chioma densa di colore verde scuro carico. Corteccia bruno scura, lucida, con lenticelle trasversali, gemme peduncolate.

Rami giovani e foglie vischiosi. Foglie glabre con picciolo di 1-2 cm e lamina obovata od orbicolare, grossolanamente dentate, con base tronca, apice tronco o bidentato.

Specie monoica. I fiori sono unisessuali ed estremamente ridotti. Le infiorescenze M sono amenti penduli, lunghi 6-12 cm, quelle F sono amenti ovoidi di 1-3 cm dapprima verdi poi brune e permangono anche dopo la

fruttificazione assumendo l'aspetto di piccole pigne. I frutti sono acheni alati.

ECOLOGIA: fanerofita arborea e cespugliosa.

È costituente fondamentale di formazioni arboree ed arbustive riparie ma si rinviene anche nei boschi planiziali frequentemente inondati. È l'ontano più comune, si rinviene in tutto il territorio italiano.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 800 m, raramente si ritrova sino a 1200 m.

***Alnus incana* Moench.**

FAMIGLIA: Betulaceae

NOME ITALIANO: ontano bianco

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero che non supera i 10 metri di altezza, con fusto contorto e debolmente scanalato. Ramificazione densa ed irregolare. Corteccia grigio verde chiara con lenticelle puntiformi. Foglie con lamina ovata e fittamente dentata, tronca alla base, acuminata all'apice. Peli grigio-argentei sulla pagina inferiore delle foglie, sui rami dell'annata e sui giovani polloni. Le infiorescenze e i frutti sono simili a quelli di *Alnus glutinosa* anche se di dimensioni lievemente minori.

ECOLOGIA: fanerofita arborea e cespugliosa.

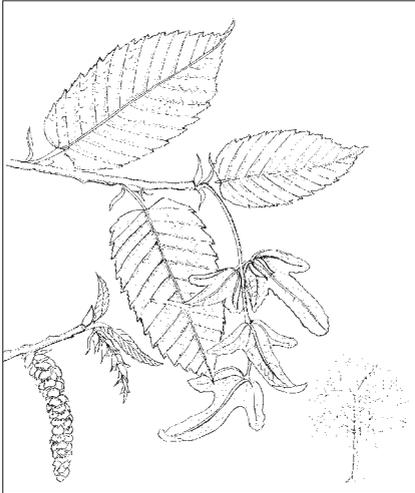
Costituente di boscaglie palustri e riparie in vallate montane. Comune nelle Alpi e nell'Appennino settentrionale, piuttosto raro in pianura Padana. Il suo areale si estende, a meridione, poco oltre l'Appennino settentrionale.

Distribuzione altitudinale tra 800 e 1700 m.

***Carpinus betulus* L.**

NOME ITALIANO: carpino bianco

FAMIGLIA: Corylaceae



DESCRIZIONE: albero che raggiunge i 25 m di altezza e 1,5 m di diametro. Presenta chioma densa rotondeggiante, con rami ascendenti e ramoscelli di ultimo ordine penduli.

Fusto con corteccia grigio-brunastra liscia, rami giovani bruno-rossastri. Foglie doppiamente dentate a lamina ellittica; base tronca simmetrica o leggermente cordata, apice acuto.

Specie monoica. Le infiorescenze M sono amenti penduli lunghi 2-4 cm formati da brattee rossicce ciascuna delle quali porta 6-12 stami. Le infiorescenze F sono amenti lunghi 1-2 cm formati da brattee trilobe su cui si inseriscono gli stimmi rossi in seguito formanti un'infruttescenza pendula.

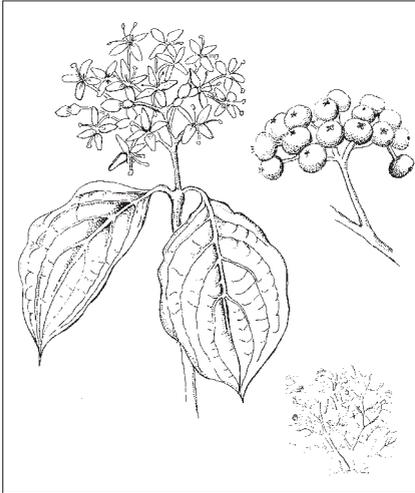
Il frutto è una nucula piriforme che si sviluppa alla base della brattea triloba.

ECOLOGIA: fanerofita arborea e cespugliosa.

Costituente caratteristico di boschi mesofili più frequentemente in pianura ma anche in ambito submontano e montano, ma solo su terreno umido, ricco e ben umificato. Si rinviene sporadicamente anche in formazioni ripariali spesso associato a *Fraxinus oxycarpa*, *Ulmus minor*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*.

È comune in Italia settentrionale ma anche nella Penisola sui rilievi; manca nelle isole. Raggiunge l'estremità meridionale del suo areale con un progressivo accantonamento in esposizioni ombreggiate, in forre o nelle pianure alluvionali.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1200 m.

Cornus sanguinea* L.*FAMIGLIA:** Cornaceae**NOME ITALIANO:** corniolo sanguinello, sanguinello

DESCRIZIONE: arbusto deciduo alto fino a 4 metri che produce molti polloni e forma spesso macchie, con esili rami opposti, cilindrici, molto flessibili, di colore rosso scuro. Foglie opposte intere, ellittiche, con 3 - 4 nervature arcuate su ciascun lato, pubescenti inferiormente sulle nervature. Le foglie in autunno diventano rosso scuro. Specie monoica. I fiori sono ermafroditi ed attinomorfi, presentano 4 sepalii ridotti e 4 petali bianchi. Il frutto è una drupa sferica, zigrinata, purpureo-nerastra di 5-7 mm.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

Si rinviene frequentemente nello strato arbustivo di molte formazioni ripariali. Comune in tutto il territorio, distribuzione altitudinale tra 0 e 1300 m.

Euonymus europaeus* L.*FAMIGLIA:** Celastraceae**NOME ITALIANO:** fusaggine, berretta del prete

DESCRIZIONE: arbusto deciduo alto fino a 6 metri molto ramificato con corteccia brunastra, sui rami più grigio-verdastra. Foglie a lamina ellittico-lanceolata (23-35 x 45-70 cm), dentellata, verde scura nella pagina superiore. I fiori ermafroditi a 4 sepalii e 4 petali, corolla giallastra, sono riuniti in cime. Il frutto è una capsula quadrilobata rossa alla maturazione.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

Si rinviene frequentemente nello strato arbustivo di molte formazioni ripariali. Comune in tutto il territorio, distribuzione altitudinale solitamente tra 0 e 800 m.

***Frangula alnus* Mill.**

(=*Rhamnus frangula* L.)

FAMIGLIA: Rhamnaceae

NOME ITALIANO: frangola, alno nero

DESCRIZIONE: piccolo albero con fusto slanciato che può raggiungere i 6 m. Corteccia liscia grigio-brunastra a lenticelle biancastre molto evidenti. Foglie a lamina ellittica (3-4 x 4-6 cm). Fiori ermafroditi bianco verdastri a 5 petali riuniti in infiorescenze ombrelliformi. Il frutto è una drupa nero-violacea a maturazione.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

È frequente in boschi umidi, in particolare è un componente frequente delle formazioni riparie a dominanza di *Alnus glutinosa*.

Presente in Italia settentrionale e in Italia centrale sui versanti tirrenici sino all'Agro Pontino con distribuzione altitudinale tra 0 e 1300 m.

***Fraxinus excelsior* L.**

FAMIGLIA: Oleaceae

NOME ITALIANO: frassino maggiore



DESCRIZIONE: albero con portamento slanciato, alto fino a 40 metri; il fusto è diritto e molto allungato. Corteccia grigio-chiara con fessurazioni a cratere; rami lisci e grigi, i giovani grigio-verdastri. Gemme molto evidenti di colore nero o nero-brune. Foglie imparipennate di (7)9-11(13) foglioline lanceolate o ellittiche, sessili, acute, seghettate. Foglioline con più dentelli che nervature secondarie. La fioritura precede la comparsa delle foglie. I fiori sono privi di calice e corolla e sono riuniti in piccole infiorescenze a pannocchia all'ascella delle foglie. I frutti sono samare lanceolato-lineari.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

È specie che si rinviene sia in boschi ripari e forre umide sia, nelle pianure alluvionali, nei boschi planiziali. È particolarmente frequente in ambito montano e submontano; nei fondovalle spesso si localizza in fasce nelle immediate vicinanze dei corsi d'acqua ad alveo incassato.

È comune in Italia settentrionale, raro in Italia centrale, dubbio nell'Italia meridionale. Distribuzione altitudinale tra 0 e 1500 m.

***Fraxinus oxycarpa* Bieb.**

FAMIGLIA: Oleaceae

NOME ITALIANO: frassino meridionale, frassino ossifillo



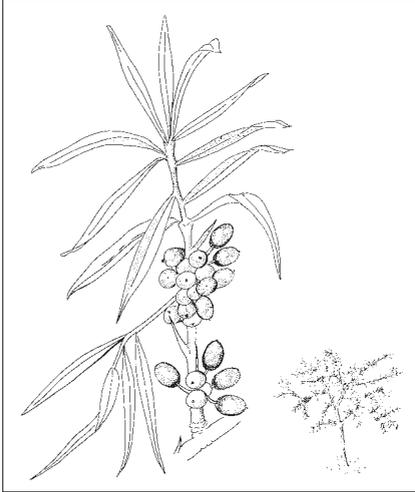
DESCRIZIONE: albero con portamento slanciato con portamento simile al frassino maggiore anchese raggiunge altezze minori. Chioma folta e vagamente ombrelliforme; rami giovani glabri, lucidi, verdi. Gemme verdi-brune. Foglie imparipennate 5-7(13) foglioline strettamente lanceolate, dentellate. Foglioline con dentelli in numero uguale a quello delle nervature secondarie. Fiori e frutti simili a quelli di *Fraxinus excelsior*.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

È componente essenziale delle formazioni ripariali e delle foreste mesoigrofile planiziali. Può formare

boschi ripariali o paludosi quasi puri anche se più frequentemente si associa in formazioni dove sono presenti altre essenze quali *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *Salix alba*. Risale lungo i corsi d'acqua associata sovente a *Salix alba* sino nelle posizioni submontane ove può espandersi negli impluvi e nelle esposizioni più fresche, su terreni fertili. Presente in Italia meridionale, Sicilia e Sardegna e sulla costa Tirrenica risale sino alla Toscana.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1000 m.

Hippophae rhamnoides* L.*FAMIGLIA:** Elaeagnaceae**NOME ITALIANO:** olivella, olivello spinoso

DESCRIZIONE: cespuglio o piccolo albero alto fino a 10 m, densamente ramificato, spinoso pollonante e formante fitte macchie. Foglie lineari sessili, con dense squame bianco-argentine di sotto, di sopra verde scuro con tomento biancastro caduco. I rami sono rigidi, alcuni afilli e spinescenti; la corteccia è grigio-biancastra. La comparsa dei fiori precede quella delle foglie, fiori apetalati, i M formanti amenti brevi, i F isolati. Il frutto è una drupa giallo-aranciata, subsferica. Ha caratteri morfologici molto simili ai salici da cui si distingue per i frutti carnosì e per le squame argentee che tappezzano le foglie.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

È una specie pioniera che colonizza i greti, i pendii franosi e persino i calanchi. Presente nelle Alpi, Pianura Padana ed Appennino settentrionale sino a Toscana e Marche. Presente anche in Campania. Distribuzione altitudinale tra 50 e 1700 m.

Myricaria germanica* Desv.*FAMIGLIA:** Tamaricaceae**NOME ITALIANO:** tamerice alpina, tamerice di Germania

DESCRIZIONE: arbusto che può raggiungere i 3 m, simile per portamento alle vere tamerici. Fusto eretto, cilindrico, rossiccio. Foglie glaucescenti, piccole, lanceolate (0,5x1,5-2 mm). Fiori ermafroditi con 5 sepali e petali bianco-rosei. Il frutto è una capsula piramidale.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

È una specie pioniera che colonizza i greti spesso in consociazione con salici. Presente in Italia settentrionale e centrale ad esclusione del Lazio. Distribuzione altitudinale tra 0 e 2000 m.

Nerium oleander* L.*FAMIGLIA:** Apocynaceae**NOME ITALIANO:** oleandro, mazza di S. Giuseppe

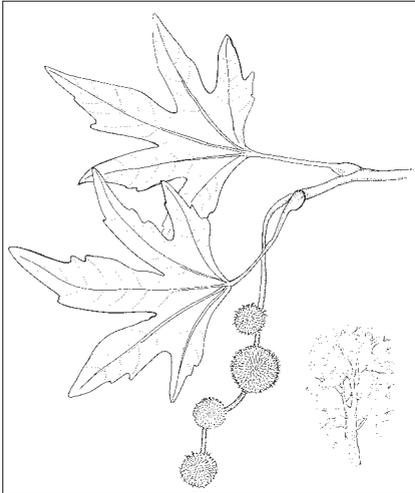
DESCRIZIONE: piccolo albero o arbusto sempreverde alto sino a 4 metri, con emissione notevole di polloni dalla base. Rami giovani lisci, pruinosi. Foglie coriacee grigio-verdi, lineari-lanceolate in verticilli di 2, 3 o 4. Fioritura da aprile-maggio a settembre. Fiori con corolla rosso-purpurea o rosa o quasi bianca con 5 sepali e 5 petali saldati insieme alla base. Il frutto è costituito da 2 follicoli saldati insieme contenenti numerosi semi provvisti di pappo.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

Si rinviene in boscaglie riparie e greti dei corsi d'acqua nella zona mediterranea.

È una specie spontanea nell'Italia meridionale e nelle Isole; si rinviene anche in Riviera Ligure, all'Argentario e attorno al Lago di Garda (ma probabilmente solo inselvatichita).

Distribuzione altitudinale tra 0 e 300 m.

Platanus orientalis* L.*NOME ITALIANO:** platano orientale**FAMIGLIA:** Platanaceae

DESCRIZIONE: albero alto sino a 30 metri, con corteccia desquamantesi in placche. I rami giovani sono feltrosi. Le foglie, con stipole ad imbuto, hanno una lamina palmata con 5 (3-7) lobi ottusi; il lobo centrale è più lungo che largo (1,2-1,5 x 2) ed è provvisto lateralmente di 2-4 denti acuti. Fiori unisessuali con sepalì e petali ridotti a brevi squame che si raccolgono in infiorescenze costituite da capolini unisessuali sferici, sessili. Le infiorescenze F si trasformano in infruttescenze globose che solo alla successiva primavera liberano i frutti che sono acheni.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

È una specie arborea diffusa nel bacino mediterraneo orientale lungo i torrenti di pianura e di montagna in climi temperati.

In Italia, tale specie si rinviene spontanea anche se rara in Sicilia, Calabria e Cilento; altrove è coltivata. È resistente all'inquinamento urbano, a crescita rapida.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 600 m.

Populus alba* L.*FAMIGLIA:** Salicaceae**NOME ITALIANO:** pioppo bianco

DESCRIZIONE: albero alto sino a 30 metri, con chioma ampia, irregolare, bianco-grigio pallido; corteccia dapprima bianca o grigiastra, coperta di lenticelle rombiche, più tardi nera e scabra. Rami giovani coperti da lanugine ragnatelosa bianca. Foglie con picciolo lungo $2/5$ della lamina e questa da ovale a \pm lobata e partita con lobi grossolani ed ottusi, verde scuro superiormente, bianco-lanosa inferiormente.

Specie dioica. I fiori sono unisessuali e ridotti ad una brattea alla cui ascella si trovano 6-8 stami o 1 pistillo. I fiori si raccolgono in infiorescenze unisessuali, le M sono amenti penduli di 8-10 cm, le F sono amenti più lunghi ed ancora più

nettamente penduli. Gli amenti compaiono prima della foliazione. I frutti sono capsule contenenti numerosi piccoli semi muniti di lunghi peli.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

Si trova sui greti dei fiumi, specie se ghiaiosi, assieme ai salici; risale lungo gli avvallamenti e nei luoghi umidi fino a quote submontane.

È comune in tutto il territorio nazionale.

La distribuzione altitudinale va da 0 fino circa 1000 m.

***Populus canescens* (Aiton) Sm.**
 (= *P. albo-tremula* Auct.)

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: pioppo canescente, pioppo grigio, pioppo gatterino

DESCRIZIONE: albero alto sino a 35 metri con fusto slanciato e a chioma ampia. Rami e pagina inferiore delle foglie coperti di densi peli grigiastri. Foglie dei germogli brevi rotondeggianti come quelle del tremolo.

Secondo alcuni autori sarebbe un ibrido tra *Populus alba* e *Populus tremula*.

Fiori, infiorescenze e frutti simili a *Populus alba*.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

Si trova in stazioni umide, anche nei pressi dei corsi d'acqua spesso in associazione con *Populus alba*; tollera suoli pesanti ed argillosi.

Si tratta di una specie abbastanza rara in Italia, presente soprattutto in Italia settentrionale, pressoché assente a Sud e nelle grandi Isole.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 600 m.

***Populus nigra* L.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: Pioppo nero

DESCRIZIONE: alto albero ben proporzionato, che raggiunge i 30 metri d'altezza, con tronco breve e rami ascendenti che formano una chioma larga. Caratteristica è la forma fastigata del pioppo cipressino (*Populus nigra* var. *italica*) che ha chioma molto stretta. Il tronco, spesso contorto, ha una corteccia più scabra che nella maggior parte dei pioppi, profondamente lacerata scura, con cospicue protuberanze. Le foglie sono ovato-triangolari, acuminate, ottuse alla base. I fiori, simili a quelli di *Populus canescens* sono riuniti in amenti unisessuali, più corti e rossastri i M, più lunghi, grandi e verdognoli i F.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

Si rinviene spontanea lungo i corsi d'acqua e i laghi, presenta carattere pioniero su substrati alluvionali umidi, entra a far parte di diverse formazioni riparie, spesso consociata a salici.

Comune in tutto il territorio italiano, il pioppo nero viene coltivato per ornamento soprattutto nella cv. *italica*.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1200 m.

***Prunus padus* L.**

(= *Cerasus padus* DC. = *Prunus racemosa* L.)

NOME ITALIANO: Pado.

FAMIGLIA: Rosaceae

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero alto sino a 15 m raramente con tronco unico, chioma densa. La corteccia ha un odore sgradevole ed è di colore bruno fessurata longitudinalmente. Foglie a lamina ovato-oblunga con apice acuminato, di colore verde scuro sulla pagina superiore, glaucescenti in quella inferiore. I fiori con 5 sepali e 5 petali bianchi sono raccolti in ampi racemi di 8-15 cm. I frutti sono piccole drupe subsferiche di 6-7 cm.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Si rinviene nei boschi igrofilo, lungo i corsi d'acqua, come costituente secondaria.

Presente quasi esclusivamente in ambito alpino, molto rara in ambito padano.

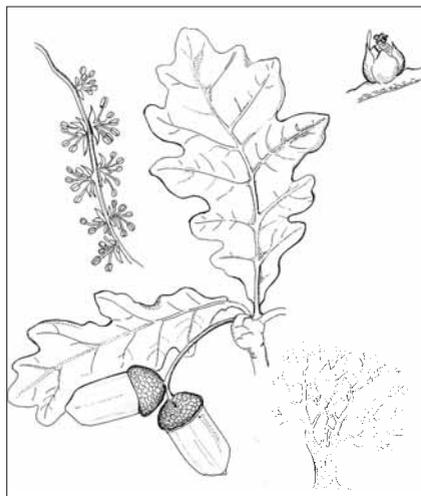
Distribuzione altitudinale tra 0 e 1900 m.

***Quercus robur* L.**

(= *Quercus pedunculata* Ehrh.)

NOME ITALIANO: farnia, quercia pedunculata

FAMIGLIA: Fagaceae



DESCRIZIONE: Albero che può facilmente superare i 30 m di altezza e i 2 m di diametro. Ha fusto diritto che si ramifica in grosse branche tortuose con chioma molto ampia e irregolare.

Foglie ovato-oblunghe allargate nella parte superiore con margine inciso da 5-7 paia di lobi sessili o subsessili. Fiori M costituiti da un involucre a 5 lobi allungati contenente 4-12 stami riuniti in infiorescenze pendule. Fiori F costituiti da brattee allungate che racchiudono 3 stili. Il frutto è una ghianda portata su un lungo peduncolo, la cupola è formata da squame embricate.

ECOLOGIA: fanerofita arborea

Costituente fondamentale dei boschi planiziali, si può rinvenire anche in vicinanza dei grandi fiumi, ma non è costituente abituale e fondamentale di formazioni riparie. Comune in Italia settentrionale e centrale, presente, anche se meno diffusa nel resto d'Italia salvo che in Sardegna.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1000 m.

Salix alba* L.*NOME ITALIANO:** salice bianco**FAMIGLIA:** Salicaceae

DESCRIZIONE: albero alto fino a 25 metri con diametro sino a 60 cm, tronco robusto con ampia chioma ovoide; spesso si trova capitozzato. I rami, le gemme e le foglie sono coperti di peli argentei, che conferiscono al fogliame uno splendore bianco molto caratteristico. Le foglie sono lanceolato-lineari, regolarmente attenuate alle estremità, finemente dentate, quella superiore lievemente lucida, quella inferiore bianco-sericea per la presenza di una fine e fitta peluria. Gli amenti compaiono contemporaneamente alle giovani foglie. Specie dioica. I fiori M sono costituiti da una brattea portante 2 stami, quelli F da una brattea portante 1 pistillo. I fiori sono riuniti in amenti, quelli M sono lunghi circa 6 cm e sono piuttosto compatti, quelli F sono più lunghi e più lassi.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

Si insedia sulle rive di corsi d'acqua in formazioni riparie in cui è dominante o, comunque, costituente fondamentale.

È comune in tutta la penisola.

Distribuzione altitudinale da 0 a circa 1000 m.

***Salix apennina* A. Skortsov**

FAMIGLIA: Salicaceae

(=*Salix nigricans* Sm. var. *apennina* Borzi)

NOME ITALIANO: salice dell'Appennino

DESCRIZIONE: salice arbustivo che può arrivare sino a 4 m, con rami eretti. Foglie da ellittiche ad obovate, acuminate e dentellate, verdi sulla pagina inferiore, bianco-argenteo tomentose sulla superiore. Gli amenti compaiono poco prima della foliazione: i M ovati (1.5 x 2.5 cm), i F più sottili (1x 4-6 cm).

ECOLOGIA: nano-fanerofita.

Si rinviene presso specchi d'acqua, compluvi umidi, rive di torrenti, talvolta costituisce popolamenti monospecifici.

Diffuso sull'Appennino, dalla Liguria alla Basilicata, per taluni presente anche sul versante meridionale delle Alpi e in Sicilia. Per altri rinvenibili solo dal Parmense alla Basilicata e sostituito da *Salix myrsinifolia* sull'Appennino.

Distribuzione altitudinale tra 300 e 1800 m.

***Salix arrigonii* Brullo**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice di Arrigoni

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero alto sino a 8-10 m.

Specie distinta da *Salix pedicellata* solo in tempi relativamente recenti, con tale specie presenta comunque grandi affinità morfologiche ed ecologiche.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Si rinviene solo nei pressi dei corsi d'acqua. Non forma popolamenti puri ma compare sia in saliceti misti sia in ontaneti.

Il suo areale è ristretto alla Sardegna centro-meridionale.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1000 m circa.

***Salix atrocinerea* Brot.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice di Gallura

DESCRIZIONE: salice arbustivo molto ramoso. Rami giovani con pubescenza attenuata e legno con creste longitudinali. Foglie lunghe 3-10 cm con picciolo breve e lamina oblunga lanceolata, acuta, intera o seghettata, superiormente verde scuro, inferiormente grigio-bruno con pelosità grigiastra e punteggiature color ruggine. Amenti ellittici, sessili, piuttosto grandi che compaiono prima della foliazione.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

Si insedia in corrispondenza di depressioni umide e suoli paludosi, spesso consociata all'Ontano nero in boschi ripariali; talvolta forma popolamenti puri. In Italia areale ristretto alla sola Sardegna settentrionale.

***Salix brutia* Br. et Spam.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: -

DESCRIZIONE: arbusto molto affine morfologicamente a *Salix triandra*.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

Specie presente in consociazione con *Salix alba* lungo i corsi d'acqua. Tale specie si rinviene lungo il corso inferiore dei fiumi calabresi, endemica della penisola italiana.

***Salix daphnoides* Vill.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice dafnoide

DESCRIZIONE: salice alto arbustivo, piccolo albero che può arrivare sino a 10 m. Corteccia da grigio-chiara a giallastra, rametti scuro-rossastri. Foglie a lamina ellittica o lanceolata (5-10 x 2.5 cm) lungamente acuminata, seghettata sul bordo. Amenti vistosi, sessili che compaiono prima delle foglie; i M sono più sottili e presenti già in inverno.

ECOLOGIA: fanerofita arborea e cespugliosa.

Si rinviene lungo i corsi d'acqua, spesso in associazione con *Salix eleagnos* in ambito montano.

La sua distribuzione in Italia è limitata alle Alpi e all'Appennino centro-settentrionale, sino ai monti Sibillini. Distribuzione altitudinale tra 100 e 1800 m.

***Salix eleagnos* Scop.** FAMIGLIA: Salicaceae

(= *S. incana* Schrank)

NOME ITALIANO: salice ripaiolo

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero, può arrivare sino a circa 6 m; corteccia liscia e grigia, rami giovani grigiastri, pubescenti. Foglie strette, lineari con picciolo breve (3–5 mm) e lamina verde scuro e lucida sopra (all'inizio tomentosa), bianco-cotonosa sotto a bordi paralleli, revoluti. Amenti giallo-rossastri, lunghi 2-5 cm, brevemente pedunculati alla fioritura.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Si rinviene lungo i corsi d'acqua come costituente fondamentale di saliceti arbustivi.

È comune lungo i corsi d'acqua in ambito alpino, più raro nell'Italia peninsulare, manca nelle isole maggiori.

Distribuzione altitudinale tra 100 e 1800 m.

***Salix fragilis* L.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice fragile

DESCRIZIONE: cespuglio o piccolo albero con rami molto fragili al punto di inserzione. Corteccia grigio-scura, lucente, i rami giovani sono glabri. Foglie ellittiche, acute all'apice (lunghe 16 cm e larghe sino a 4 cm), dentate, lucide di sopra, nerastre al disseccamento. Amenti M densiflori, stami 5, lunghi il doppio delle squame. Amenti F più lassi, con squame caduche, all'apice glabre, ed 1 ghiandola.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

Si insedia lungo i greti dei corsi d'acqua, spesso in consociazione con *Salix alba*. Secondo alcuni presente spontaneo solo in Alto Adige e Friuli Venezia Giulia e coltivato altrove, per altri presente anche o esclusivamente in Italia peninsulare.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1000 m.

***Salix gussonei* Br. et Spam.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice di Gussone

DESCRIZIONE: arbusto che presenta stretta affinità morfologica con *Salix pedicellata*.

ECOLOGIA: fanerofita arbustiva ed arborea.

Si rinviene nello strato arbustivo delle formazioni arboree ripariali a dominanza di *Platanus orientalis*.

Areale di distribuzione limitato alla Sicilia nord-orientale.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 600 m.

***Salix myrsinifolia* Salisb.**

FAMIGLIA: Salicaceae

(= *S. nigricans* Sm.; *S. phyllicifolia* var. *nigricans* Auct.)

NOME ITALIANO: salice nero

DESCRIZIONE: arbusto, talvolta piccolo albero alto fino a 5-8 metri. I rami giovani sono nerastrati, pubescenti. Foglie da ellittiche e subovate, dentellate, acuminate, per lo più sparsamente pubescenti, di sotto cerose, annerenti al disseccamento. Gli amenti compaiono prima della foliazione: quelli M ovati, quelli F più sottili.

ECOLOGIA: nano-fanerofita.

Non è dominante nei popolamenti ma si rinviene nell'ambito di formazioni riparie a dominanza di ontani. In Italia si trova in ambito alpino ed appenninico sino all'Appennino tosco-emiliano.

Distribuzione altitudinale tra 600 e 1300 m, talvolta tra 0 e 2100 m.

***Salix pedicellata* Desf.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: -

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero alto sino a 10 m. Corteccia grossolana, rami giovani grigio-tomentosi. Le foglie oblungho ellittiche sono glabre e scure di sopra, pubescenti sotto. Amenti sessili, laxiflori.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

Si rinviene lungo gli alvei fluviali nell'ambito delle formazioni riparie a dominanza di *Salix alba* e in quelle a dominanza di *Platanus orientalis*.

Specie con areale strettamente mediterraneo, limitato, per l'Italia alle regioni Sardegna, Sicilia, Calabria e Basilicata.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1200 m

***Salix pentandra* L.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: Salice odoroso

DESCRIZIONE: arbusto o piccolo albero alto sino a 12 m. Corteccia liscia grigia con rami giovani glabri. Foglie oblunگو-lanceolate, dentato-ghiandolose, lucide e scure di sopra, verde chiaro opache inferiormente. È l'unico salice in cui le ghiandole sono sviluppate già nelle prime foglie. Amenti M densiflori lunghi sino a 7 cm, amenti F più lassi lunghi sino a 6 cm, con squame caduche. Gli amenti profumano di miele.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

Si rinviene spesso in consociazione con *Salix cinerea* nei pressi di zone paludose; frequente anche nelle torbiere acide, meno frequente nelle formazioni riparie.

In Italia è esclusivo e non frequente nelle Alpi, manca nella pianura Padana nella penisola e nelle isole.

Distribuzione altitudinale tra 500 e 1900.

***Salix purpurea* L.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice rosso



DESCRIZIONE: arbusto o, raramente piccolo albero, può raggiungere anche i 6 m di altezza. Corteccia liscio argentea che si fessura solo in età matura, rami giovani rossastri, soprattutto in primavera. Foglie lineari-spatolate, acute, lucide e scure di sopra, glauche di sotto (7-9 x 40-50 cm). La fioritura avviene prima della foliazione. Amenti M eretti, spesso opposti, i F arcuato-eretti, entrambi densi, chiaramente color porpora prima della fioritura.

ECOLOGIA: fanerofita arborea e cespugliosa. Si rinviene come costituente principale di formazioni arbustive ripariali.

È diffuso in tutte le regioni, lungo i corsi d'acqua.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1800 m.

***Salix triandra* L.**

(= *S. amygdalina* L.)

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice da ceste

DESCRIZIONE: Arbusto, raramente piccolo albero alto sino a 4-6 m. Corteccia grigiastra che si stacca, a maturità, a placche. Foglie ovato-oblunghe, da giovani spesso setose, poi glabrescenti; verde scuro sulla pagina inferiore, sotto glauche. Gli amenti, lassi e slanciati, compaiono poco prima o contemporaneamente alla foliazione.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa

Questa specie si rinviene prevalentemente lungo i corsi d'acqua; partecipa, come costituente, alla formazione di cenosi arboree a dominanza di *Salix alba*, spesso vicariante di *Salix purpurea*.

Si tratta di una specie non frequente, presente in tutta Italia anche se con una diffusione più ampia verso sud.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1400 m.

***Salix viminalis* L.**

FAMIGLIA: Salicaceae

NOME ITALIANO: salice da vimini

DESCRIZIONE: arbusto o, talvolta, piccolo albero alto sino a 10 m. Corteccia da grigio-verde a bruna. Foglie lineari lanceolate verdi scure e sparsamente tomentose sopra, bianco cenerine sotto, spesso revolute ai margini. Gli amenti compatti compaiono prima della foliazione.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa ed arborea.

Si trova lungo i corsi d'acqua ma anche in prossimità di paludi e laghi.

Entra a far parte, come costituente, delle formazioni riparie a dominanza di *Salix alba*.

Diffuso in Italia settentrionale e sino alla Toscana.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 500 m, talvolta sino a 1500.

Sambucus nigra* L.*FAMIGLIA:** Caprifoliaceae**NOME ITALIANO:** sambuco, sambuco nero

DESCRIZIONE: arbusto molto ramoso, o talora piccolo albero, alto sino a 10 metri. La corteccia bruna presenta longitudinalmente fratture e solchi. Internamente ai rami, che sono grigi, lisci e con lenticelle, si trova il midollo bianco. Le foglie sono opposte, imparipennate, con 5–7 foglioline ellittiche o lanceolate, acuminate, seghettate. Fiori ermafroditi a 5 sepali e 5 petali biancolattei riuniti in infiorescenze ombrelliformi. I frutti sono drupe subsferiche nero-violacee, lucide, riunite in infruttescenze spesso pendule.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

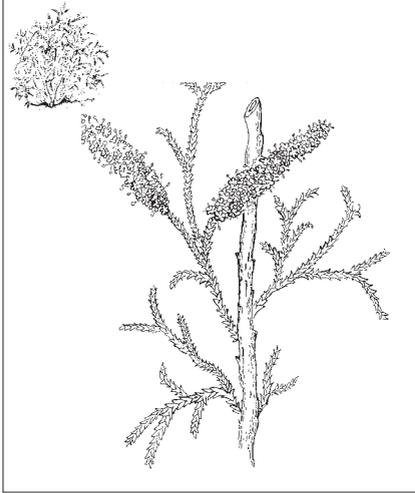
Prevalentemente come componente dei boschi umidi dal piano collinare a quello

montano, nelle schiarite, nei luoghi incolti e nelle siepi, soprattutto in terreni freschi ricchi di sostanze azotate; si rinviene frequentemente nelle formazioni riparie arbustive a dominanza di altre essenze quali *Salix purpurea*, *Populus nigra*, *Populus alba*, spesso ove c'è ristagno di composti azotati.

Qualora si dovesse rinvenire come dominante, la presenza di tale specie deve essere considerata negativa.

Comune in tutto il territorio italiano.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1500 m.

Tamarix africana* Poir.*FAMIGLIA:** Tamaricaceae**NOME ITALIANO:** tamerice maggiore, tamarisco, mîrice

DESCRIZIONE: piccolo albero che raggiunge i 5 m di altezza a corteccia nero-violacea. Foglie squamiformi, acute, lunghe fino a 4 mm, trasparenti sul bordo. Fiori ermafroditi con 5 sepali e 5 petali ridotti, questi ultimi sono rosei o bianchi, persistenti con brattee triangolari generalmente più lunghe dei sepali. Le infiorescenze sono racemi esili con asse papilloso. Il frutto è una capsula.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

È più termofila di *Tamarix gallica*, caratteristica di dune marittime, paludi subsalse è localizzata sul litorale e solo talvolta si rinviene lungo i tratti terminali dei corsi d'acqua mediterranei costituendo

formazioni in cui è dominante.

Comune in Liguria, Penisola (spontanea solo lungo il litorale, verso nord fino a Ravenna), Isole.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 800 m.

Tamarix canariensis* Willd.*FAMIGLIA:** Tamaricaceae**NOME ITALIANO:** tamerice delle Canarie.

DESCRIZIONE: arbusto o alberello con corteccia rossastra. Foglie e fiori simili a quelli di *Tamarix gallica*. Il frutto è una capsula.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

È la specie più termofila tra le tamerici spontanee in Italia. Si rinviene su sabbie umide e greti ove costituisce formazioni arbustive spesso in associazione con *Tamarix africana*.

Presente ma rara solo in Sicilia e Sardegna.

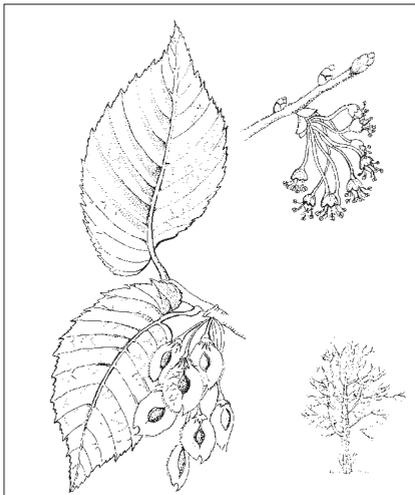
Distribuzione altitudinale tra 0 e 300 m.

Tamarix gallica* L.*FAMIGLIA:** Tamaricaceae**NOME ITALIANO:** tamerice comune, tamerice di Francia

DESCRIZIONE: arbusto o alberello alto fino a 5-8 metri, con chioma irregolare, leggera e di colore grigio-glaucò. La corteccia è scura, bruna o purpurea. Le foglie sono squamiformi, acute. Le infiorescenze, costituite da racemi cilindrici con asse glabro riuniti in pannocchia, portano fiori pentameri, di colore rosa, con brattee lunghe circa la metà dei sepali. Il frutto è una capsula piramidale.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Colonizza sabbie umide subsalse ma, in ambito mediterraneo, si rinviene anche nei greti dei torrenti, dove forma arbusteti ripariali quasi puri. Comune lungo tutte le coste italiane dall'Istria alla Liguria e nelle Isole. Distribuzione altitudinale tra 0 e 800 m.

Ulmus laevis* Pallas*FAMIGLIA:** Ulmaceae**(= *U. effusa* Willd.)****NOME ITALIANO:** olmo bianco, olmo. liscio

DESCRIZIONE: albero alto fino a 30 m, con fusto slanciato, alla base sono evidenti costolature salienti spesso coperte di polloni; la chioma è ampia, irregolare e rada. Corteccia desquamantesi. I rami possono essere pelosi o glabri. Le foglie sono ellittico-acuminate, a base molto asimmetrica, più larghe di quelle di *Ulmus minor*. I fiori sono simili a quelli di *Ulmus minor*. I frutti sono samare lungamente pedunculato, ad ala cigliata.

ECOLOGIA: fanerofita arborea.

Si tratta di una specie esotica per l'Italia, il suo areale comprende l'Europa Centrale ed Orientale. È meno sensibile alla grafiosi

rispetto agli olmi autoctoni. Nel suo areale

naturale questa specie si rinviene come costituente di formazioni arboree riparie, spesso in associazione con *Alnus glutinosa*.

Viene frequentemente coltivato nell'Italia settentrionale e centrale è stato ripetutamente segnalato nelle Alpi, probabilmente per confusione con *U. minor*. Distribuzione altitudinale tra 0 e 600 m.

Ulmus minor* Miller*FAMIGLIA:** Ulmaceae(= *U. campestris* Auct. non L.; *U. carpinifolia* Suckow).**NOME ITALIANO:** olmo

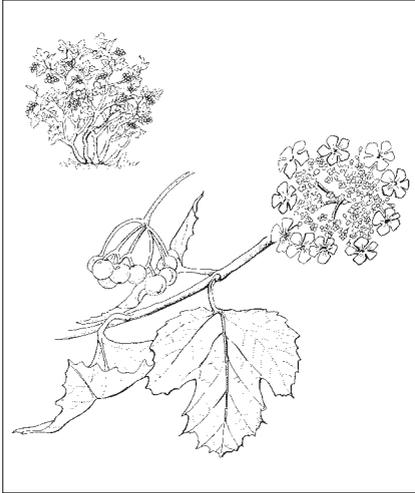
DESCRIZIONE: albero alto fino a 30 m, pollonante, con fusto slanciato e spesso biforcuto con chioma ampia e densa. La corteccia è verde-rossastra, lucida, desquamantesi in piastre poliedriche. Le gemme sono pelose. Le foglie ruvide, grossolanamente ovoidi-acuminate, raggiungono la massima larghezza al di sopra della metà della lamina e sono asimmetriche alla base. I fiori sono ermafroditi, formati da un involucro che racchiude 4-6 stami e un solo pistillo con due stigmi. Il frutto è una samara con un unico seme centrale circondato da ali membranose.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Si rinviene come costituente tipico di formazioni arboree planiziali ma entra anche nella composizione di formazioni riparali sia con ontani sia con pioppi; talvolta può persino formare popolamenti puri.

Comune in tutto il territorio.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1200 m.

Viburnum opulus* L.*FAMIGLIA:** Caprifoliaceae**NOME ITALIANO:** pallon di maggio, palla di neve, sambuco acquatico, sambuco rosso, oppio

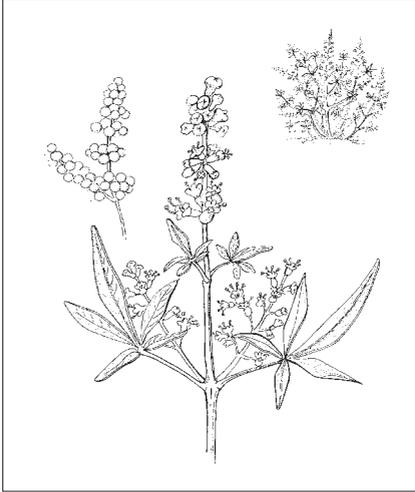
DESCRIZIONE: arbusto alto sino a 4 m, forma cespugli densi con apparato radicale superficiale. La corteccia è bruno-grigiastra, chiara. Le foglie, generalmente trilobe, a lobi acuti, grossolanamente e irregolarmente dentate e finemente pelose inferiormente, possiedono alla base della lamina 2 ghiandole. I fiori sono ermafroditi con 5 sepali e 5 petali di colore bianco, vagamente rosato, riuniti in infiorescenze ombrelliformi di 5-12 cm. I frutti sono drupe sferiche, rosse, spesso persistenti dopo la caduta delle foglie.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa.

Entra a far parte del sottobosco di boschi umidi, alveali, in associazione sia con salici sia con ontani. S trova anche in pioppeti, macchie e siepi.

È presente in Italia settentrionale e centrale; indicato ancora nel Gran Sasso, Campania e Penisola Salentina.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 1100 m.

Vitex agnus-castus* L.*NOME ITALIANO:** lagano, agno casto**FAMIGLIA:** Verbenaceae

DESCRIZIONE: arbusto, talvolta piccolo albero alto sino a 5 m. La corteccia è bruna, nei rami giovani si riscontra pelosità. Le foglie sono generalmente formate da cinque segmenti lanceolato-lineari acuti di cui il centrale raggiunge facilmente i 10 cm, i due distali non superano i 3 cm; la lamina è verde scuro, glabra superiormente, grigio-verde inferiormente.

Fiori ermafroditi con calice campanulato e corolla bianca bilabiata con tubo di 5-6 mm che si riuniscono in cime cilindriche. Il frutto è una drupa subsferica mucronata di 3-4 mm.

ECOLOGIA: fanerofita cespugliosa e arborea.

Specie costituente caratteristica delle boscaglie alveali dei corsi d'acqua mediterranei.

In Italia è presente in Liguria Toscana, Lazio, Italia meridionale e Isole.

Distribuzione altitudinale tra 0 e 500 m.

Le specie esotiche più frequentemente presenti negli ambienti ripari

Negli ambienti ripari si rinvengono specie esotiche erbacee, arbustive ed arboree.

Tali specie introdotte volontariamente o accidentalmente dall'uomo si sono ampiamente diffuse arrivando in alcuni casi a sostituirsi alla vegetazione autoctona. Il loro rapido accrescimento, che avviene sia per moltiplicazione vegetativa sia per disseminazione, unitamente alla loro grande capacità di adattamento (caratteri di pioniericità) fa sì che riescano a colonizzare ambienti differenti sia fortemente antropizzati sia naturali ma fisiologicamente fortemente rimaneggiati quali gli ambiti fluviali.

Tra le specie arboree più frequenti si rinvengono *Robinia pseudoacacia* che spesso costituisce formazioni anche estese, sino a soppiantare i boschi ripari; meno diffusi sono *Ailanthus altissima* e *Prunus serotina*, confinato, quest'ultimo, nell'Italia nordoccidentale ma a comportamento molto aggressivo.

Le specie esotiche arbustive più frequenti ed a comportamento maggiormente invasivo sono *Buddleja davidii*, *Amorpha fruticosa* e, secondariamente, *Acer negundo*; sono presenti anche specie erbacee a portamento pseudoarbustivo e di grandi dimensioni (da considerare quali arbustive ai fini dell'IFF) fortemente invasive quali *Reynoutria japonica* e *Phytolacca americana*. Sono da considerare analogamente specie lianose rampicanti quali *Sycios angulata* e *Humulus scandens* che giungono persino a soffocare anche la vegetazione arborea.

Altre specie erbacee esotiche molto diffuse, talvolta anche di grandi dimensioni sono: *Solidago gigantea*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Artemisia verlotorum*, *Bidens frondosa*, *Helianthus tuberosus*, *Arundo donax*.

Il contingente di specie esotiche presenti lungo i corsi d'acqua tende ad arricchirsi inoltre di specie in grado di colonizzare anche ambienti montani quali l'erbacea *Impatiens glandulifera*, di origine himalayahyana, importata quale pianta ornamentale.

Oltre alla presenza di specie esotiche può essere rilevante e, ecologicamente, indice di alterazione ambientale la presenza di specie autoctone qualora manifestino, però, comportamento infestante quali ad esempio, tra le arbustive, *Rubus sp.*, *Astragalus glycyphyllos*, *Arundo donax*.

ALLEGATO 3

I MACROINVERTEBRATI

disegni tratti da “Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane” vol. I e II di *Campoli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S.* (1994); edito dalla *Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente* (APPA)
Provincia Autonoma di Trento

PLECOTTERI

I Plecotteri sono insetti emimetaboli, cioè con metamorfosi graduale, caratterizzati da fase larvale acquatica e stadio immaginale aereo.

Le larve vivono in ambienti acquatici caratterizzati da acque relativamente fredde e ben ossigenate, nascoste fra i ciottoli e la ghiaia dei fondali dei corsi d'acqua, preferendo le insenature, le zone coperte da detriti vegetali e comunque in prossimità di microambienti con corrente meno forte. Popolano quasi esclusivamente la parte ritrale dei fiumi e solo poche specie si rinvencono nelle zone potamale.

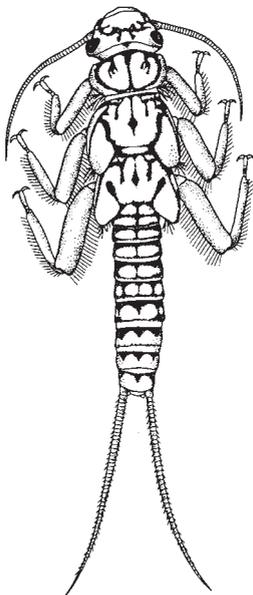
Il corpo delle larve è allungato e depresso dorso-ventralmente, di dimensioni variabili dai 5 ai 50 mm; il colore è bruno-grigio e talvolta è rivestito da evidenti peli.

Il capo, provvisto di apparato boccale masticatore, presenta sui lati due occhi composti e dorsalmente tre ocelli disposti a triangolo.

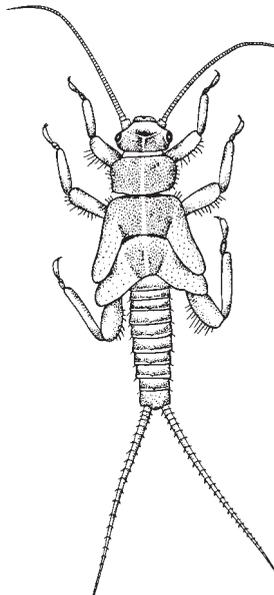
L'addome è munito di 2 cerci, lunghe appendici che si dipartono dalla parte terminale dell'addome; la respirazione è cuticolare o spesso coadiuvata da tracheobranchie toraciche.

All'interno dell'ecosistema possono ricoprire diversi ruoli trofici: a seconda delle specie possono essere carnivori, erbivori, o detritivori.

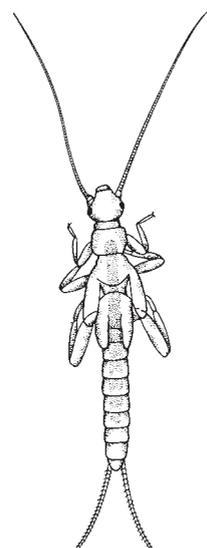
Tra tutti i macroinvertebrati sono notoriamente i più sensibili ai fenomeni di inquinamento e quindi indicatori di buona qualità dell'ambiente acquatico.



Fam. Perlidae (*Perla sp.*)



Fam. Nemouridae (*Nemoura sp.*)



Fam. Leuctridae (*Leuctra sp.*)

EFEMEROTTERI

Sono insetti di piccole e medie dimensioni, aerei allo stadio adulto e acquatici a quello larvale.

Le ninfe hanno corpo sub-cilindrico, appiattito o affusolato, di colore estremamente variabile. Il capo presenta due occhi composti ben sviluppati, tre ocelli disposti a triangolo, antenne molto corte e sottili e apparato boccale masticatore; la respirazione avviene attraverso tracheobranchie, lamellari o filamentose, disposte generalmente in posizione addominale.

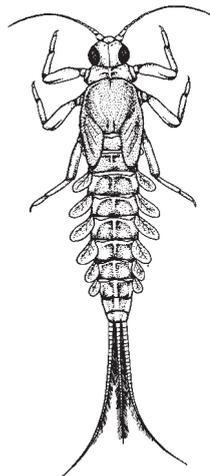
La principale caratteristica distintiva che ne permette il riconoscimento dai plecoteri è rappresentata dalla presenza di 3 cerci anziché di 2.

Le larve hanno ampia diffusione nella maggior parte degli ambienti di acqua dolce; colonizzano, infatti, grazie alla grande varietà di specie con diverse preferenze ecologiche, laghi, stagni, paludi, grandi fiumi di pianura e rapidi torrenti di montagna.

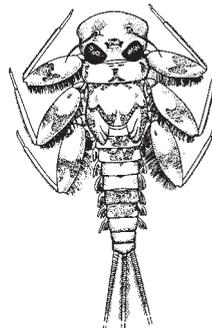
Nell'ecosistema fluviale ricoprono i ruoli trofici dei detritivori e degli erbivori e solo occasionalmente quello dei carnivori; costituiscono una frazione consistente della biomassa animale dei corsi d'acqua, rivestendo una certa importanza nel bilancio energetico complessivo del sistema.

Rappresentano inoltre un importante anello nella catena alimentare dell'ambiente fluviale, essendo una delle componenti fondamentali della dieta di numerose specie ittiche.

Gli efemerotteri sono ottimi indicatori della qualità delle acque e molti taxa, in modo particolare quelli appartenenti alla famiglia *Heptageniidae*, sono particolarmente sensibili all'inquinamento; meno sensibili sono invece i taxa inclusi nelle famiglie *Baetidae* e *Caenidae*.



Fam. Baetidae (Baëtis sp.)



*Fam. Heptageniidae
(Ecdyonurus sp.)*

TRICOTTERI

I Tricotteri costituiscono uno degli ordini più importanti fra gli insetti acquatici, ampiamente diffuso in tutti gli ambienti d'acqua dolce, sia corrente sia lacustre.

Le larve presentano capo con antenne poco sviluppate ed apparato boccale armato di denti e mandibole robuste; il torace è costituito da tre segmenti, diversamente sclerificati, con numero, estensione e forma degli scleriti sui tergiti variabili a seconda delle diverse famiglie; l'addome, per lo più cilindrico, può essere provvisto di filamenti respiratori.

Le zampe sono ben sviluppate, presentano setole, speroni e spinule munite di un'unghia che permettono alla larva di ancorarsi ai substrati.

La caratteristica più nota della maggior parte dei tricotteri è la costruzione di astucci; queste particolari strutture, una specie di piccola casa mobile in cui le larve si proteggono, sono costruite nelle più disparate forme e fogge cementando con secrezioni sericee dell'animale i più svariati materiali presenti nell'alveo del fiume (sabbia, ghiaia, pietruzze, conchiglie ed anche materiali vegetali).

I tricotteri si distribuiscono lungo i corsi d'acqua secondo una tipica zonazione longitudinale, con specie orofile e stenoterme fredde, esclusive del tratto superiore, e specie del corso intermedio e inferiore; alcune specie, eurieche, possono trovarsi indifferentemente in biotopi diversi.

Lo spettro della specializzazione ecologica è molto ricco e differenziato; i ruoli trofici occupati dai tricotteri nell'ecosistema sono molti: esistono infatti taxa detritivori, carnivori ed erbivori.

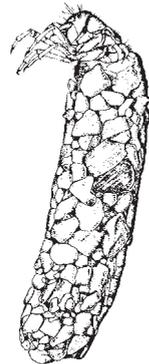
La sensibilità all'inquinamento è mediamente elevata, per cui questi insetti sono validi indicatori biologici.



Fam. Rhyacophilidae



Fam. Hydropsychidae



Fam. Limnephilidae

COLEOTTERI

I Coleotteri sono i soli insetti olometaboli che possono avere sia vita larvale sia adulta nell'ambiente acquatico.

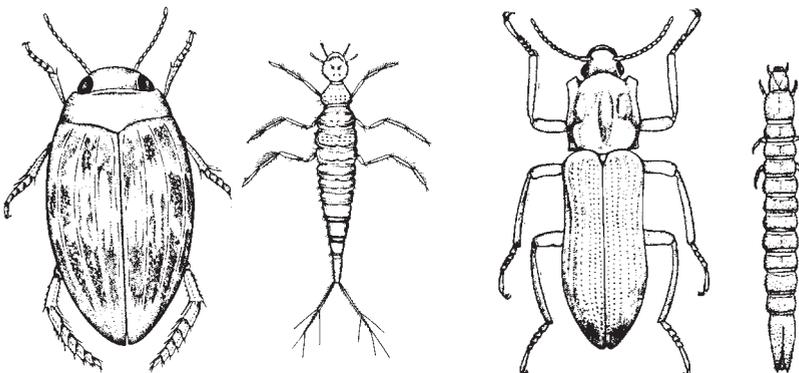
Gli adulti sono facilmente riconoscibili per la presenza di elitre, ali rigide e chitinee, che formano una sorta di astuccio protettivo che ricopre il dorso, proteggendo anche le ali posteriori di natura membranosa.

Vivono in immersione e, in generale, prediligono le acque stagnanti, con velocità di corrente ridotta e bassa profondità, specie dove abbondano la vegetazione acquatica e i detriti vegetali. A seconda dei vari taxa, si muovono nuotando (*Dytiscidae*, *Haliplidae*) o camminando saldamente ancorati al fondo del fiume, grazie alla presenza di robuste unghie (*Dryopidae*, *Elmidae*).

Le forme larvali sono molto diverse rispetto a quelle adulte; presentano un capo ben differenziato, occhi semplici, antenne corte e pluriarticolate ed integrano la respirazione cutanea con lamelle branchiali, assenti nelle forme adulte.

I ruoli trofici occupati dai coleotteri sono vari: carnivori, erbivori (raschiatori e collettori tagliuzzatori), onnivori e detritivori.

I coleotteri sono discretamente sensibili all'inquinamento, anche se il loro valore di indicatore è nettamente inferiore a quello dei gruppi descritti in precedenza.



Fam. Dytiscidae (*Laccophilus* sp.)

Fam. Elmidae (*Stenelmis canaliculata*)

ODONATI

Sono insetti emimetaboli di medie o grandi dimensioni, genericamente conosciuti con il nome di "libellule".

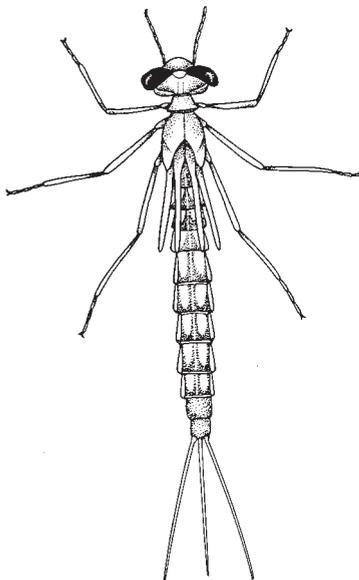
Le larve si distinguono da qualsiasi altro insetto acquatico per la presenza di una maschera boccale, organo derivante dalla modificazione del labbro inferiore ed articolato, terminante ad uncini, la cui funzione è quella di afferrare le prede.

Il capo è molto grande con occhi composti ben sviluppati, il torace e l'addome presentano appendici fortemente sclerificate; le larve, a differenza degli adulti, hanno colori poco vivaci, che variano dal giallo-verde al bruno; la lunghezza varia da 1,5 cm a 5,5 cm.

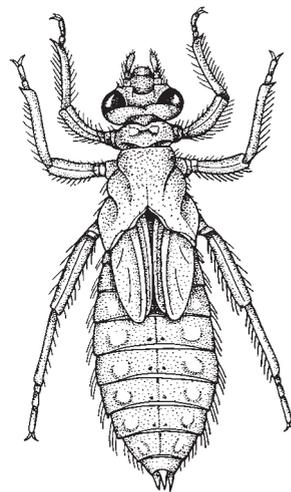
Le larve vivono preferibilmente in acque tranquille, caratterizzate da bassa velocità di corrente; alcuni generi vivono affossati nel fango, altri si muovono lentamente sulla superficie del fondo del corso d'acqua, mentre altri ancora prediligono nascondersi fra la vegetazione acquatica.

Gli odonati sono predatori: si appostano immobili e attendono le prede che sono rappresentate principalmente da crostacei, insetti, gasteropodi, girini, avannotti ed anche loro consimili.

Generalmente la presenza di Odonati si collega a situazioni intermedie di inquinamento: mancano, infatti, sia nelle acque molto oligotrofe, sia in quelle fortemente inquinate.



Fam. Coenagrionidae *Erythromma* sp.)

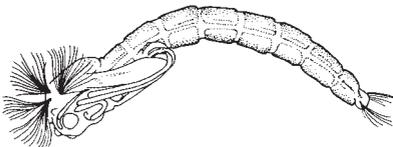


Fam. Gomphidae (*Gomphus* sp.)

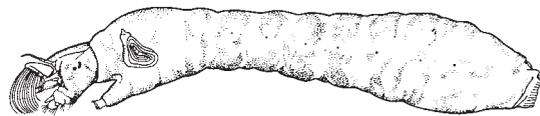
DITTERI

Insetti olometaboli, con stadio adulto aereo, provvisto di un solo paio di ali membranose e apparato boccale atto a pungere o a lambire. Si dicono acquatici quei taxa il cui ciclo vitale preimmaginale si svolge interamente o parzialmente in ambiente acquatico.

Le larve, molto diverse dall'immagine, sono vermiformi di svariato aspetto, prive di zampe articolate, ma con organi di locomozione o adesione quali pseudopodi, cuscinetti ambulacrali, uncini, setole e dischi; possono essere eucefale, emicefale o acefale. Occupano una vastissima gamma di ambienti, dalle acque correnti con alta concentrazione di ossigeno a quelle stagnanti o semiterrestri, a quelle sporche di tipo cloacale, fino ai liquami. La tendenza ad occupare una gamma molto vasta di biotopi non dipende solo dal regime alimentare e dal modo di assumere il cibo, ma anche dai meccanismi di respirazione delle larve. Infatti, i taxa che respirano l'ossigeno disciolto nell'acqua (*Simuliidae*) occupano un numero di ambienti inferiore rispetto a quelli che respirano direttamente l'aria atmosferica, o che utilizzano pigmenti respiratori per sopravvivere in condizioni di carenza di ossigeno. Questi ultimi sono spesso indicatori di inquinamento organico. I Ditteri ricoprono il ruolo trofico dei carnivori, degli erbivori e dei detritivori. A seconda che le larve siano filtratrici, che si nutrano quindi di batteri e microrganismi, predatrici, che si nutrano succhiando i liquidi delle prede o raschiatrici delle superfici sabbiose o ciottolose, occupano zone diverse del corpo idrico. Trattandosi di un gruppo sistematico molto vasto, comprende famiglie con caratteristiche eterogenee di sensibilità agli inquinanti: alcune famiglie vivono esclusivamente in acque correnti fredde molto ossigenate, necessariamente di buona qualità (*Blephariceridae*), altri taxa invece, prosperano in condizioni di forte inquinazione e la loro presenza è sintomo di profonda alterazione ambientale (*Syrphidae*, *Chironomidae* genere *Chironomus* gr. *Thummi-plumosus*).



Fam. Chironomidae



Fam. Simuliidae

CROSTACEI

I crostacei sono artropodi presenti nelle acque dolci con un limitato numero di famiglie in relazione a quello presente negli ambienti marini.

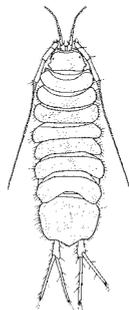
Nelle acque correnti colonizzano acque sia superficiali sia sotterranee; prediligono corsi d'acqua con velocità di corrente lenta o moderata e, a seconda delle varie famiglie, dimostrano predilezione per ambienti dal fondo ghiaioso o fangoso. Sono caratterizzati generalmente dallo sviluppo del carapace e da un'organizzazione del corpo a segmenti; i segmenti cefalici sono sempre fusi tra di loro e spesso anche con quelli toracici, che portano inoltre numerose appendici.

Il capo presenta le antenne e le antennule e tre paia di appendici orali; gli occhi sono composti pedunculati.

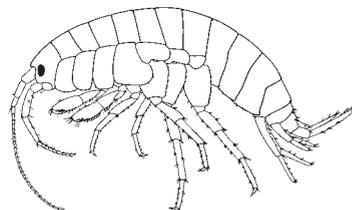
Alla classe dei Crostacei, ordine *Isopoda*, appartiene la famiglia degli *Asellidae*, l'unica presente nelle acque correnti. Si caratterizzano per avere il corpo appiattito dorso-ventralmente e il capo a forma di scudo; in essi manca il carapace e i segmenti addominali sono fusi tra loro. Gli *Asellidae* sono tipici di acque stagnanti, ricche di detrito organico e sono in grado di sopravvivere anche in presenza di forti carichi inquinanti di natura organica dove, anzi, prosperano e formano popolazioni numericamente abbondanti.

All'ordine *Amphipoda* appartiene invece la famiglia dei *Gammaridae*. Le specie d'acqua dolce di questa famiglia colonizzano, oltre a laghi e stagni ricchi di alghe e macrofite, i tratti medio-inferiori dei corsi d'acqua con velocità di corrente non eccessiva. I *Gammaridae* sono discreti indicatori di qualità, anche se sopportano moderati carichi inquinanti, soprattutto se di natura organica.

All'ordine *Decapoda* appartengono le famiglie *Astacidae*, *Atyidae*, *Palaemonidae*, *Potamidae*; fra queste, particolarmente valida come indicatore di qualità, è la prima, che esige acque correnti, limpide e ben ossigenate e prive di inquinazione; le altre famiglie di questo stesso ordine invece, sono in grado di sopravvivere anche in presenza di discreti carichi inquinanti.



Fam. Asellidae



Fam. Gammaridae

GASTEROPODI

I Gasteropodi sono molluschi diffusi in moltissimi ecosistemi terrestri ed acquatici.

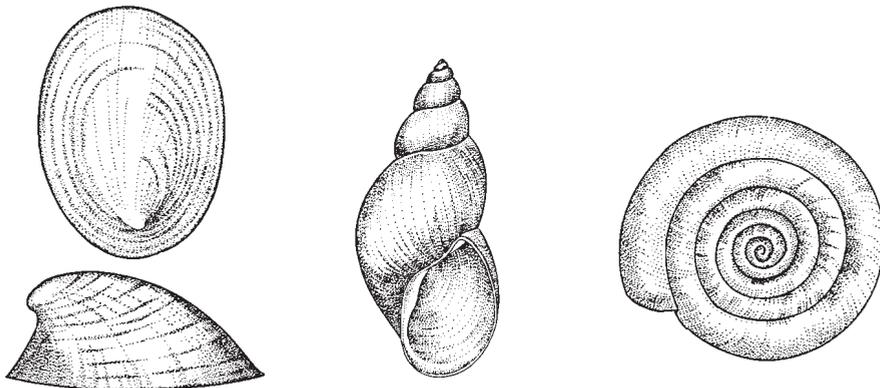
Sono provvisti di una conchiglia con un caratteristico avvolgimento a spirale in cui alloggia il corpo dell'animale, composto da un capo, che porta i tentacoli, gli occhi e la bocca, il piede, che è l'organo della locomozione, il sacco viscerale ed il mantello, che delimita la cavità palleale e secerne la conchiglia.

Il ruolo trofico dei molluschi è quello tipico degli organismi erbivori, spesso brucatori che raschiano il perifiton o le macrofite dai ciottoli grazie alla loro lingua chitinoso, detta radula, che è provvista di denti simili ad una lima.

I gasteropodi di acqua dolce sono organismi bentonici che colonizzano un'ampia varietà di ambienti; si rinvencono infatti, sia in ambienti tipicamente rithrali sia in ambienti lentic di fondovalle o di pianura; alcuni generi prediligono vivere adesi a substrati solidi (*Ancylus*, *Theodoxus*), mentre altri prediligono ambienti nettamente fangosi (*Viviparus*).

I Gasteropodi sono buoni indicatori, poichè sono caratterizzati da cicli vitali relativamente lunghi e da scarsa mobilità, che di fatto rende loro impossibile sottrarsi alle cause esterne di alterazione. Sono decisamente sensibili all'inquinamento di tipo chimico ed in particolar modo ai fenomeni di inquinamento che alterano il pH delle acque fino a comportarne la scomparsa o quantomeno l'inibizione dell'attività riproduttiva; sono inoltre molto sensibili agli inquinamenti dovuti a metalli pesanti, in particolar modo a cadmio, mercurio, argento, piombo, zinco e soprattutto rame, che entra a far parte della composizione di molti erbicidi e pesticidi.

Per quanto riguarda l'inquinamento di natura organica la loro sensibilità si rivela invece minore ed alcune specie possono trarre giovamento, ovviamente fino ad un certo limite, da un'aumentata disponibilità di materia organica.



Fam. *Ancylidae* (*Ancylus* sp.)

Fam. *Lymnaeidae* (*Lymnaea* sp.)

Fam. *Planorbidae* (*Anisus* sp.)

BIVALVI

I bivalvi sono molluschi il cui corpo è racchiuso entro una conchiglia formata da due valve, spesso simmetriche e articolate dorsalmente da una cerniera, costituita da denti cardinali. Sono privi di un capo ben distinto ed hanno il corpo compresso lateralmente; all'interno delle valve si notano i lobi del mantello, le lamine branchiali e il sacco viscerale col piede.

La conchiglia si presenta in varie forme, ma generalmente è tondeggiante oppure ovoidale; le dimensioni variano da qualche millimetro a parecchi decimetri di lunghezza.

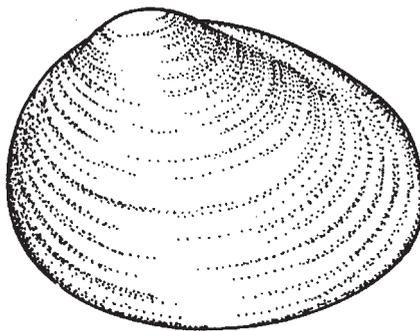
I Bivalvi vivono generalmente affossati nel fango, da cui lasciano fuoriuscire solo l'estremità posteriore con le aperture inalante ed esalante. Sono animali filtratori: le particelle organiche sospese vengono filtrate dalle branchie e agglutinate in boli mucosi, avviati alla bocca.

Il ruolo trofico è principalmente erbivoro o detritivoro.

Le famiglie presenti nelle acque dolci italiane sono 4 e comprendono solamente 8 generi.

Fra queste *Unionidae*, famiglia che comprende i generi *Unio* e *Anodonta*, colonizza laghi e fiumi in corrispondenza di zone con fondali fangosi; presentano un alto grado di adattabilità ecologica e possono sopravvivere anche in ambienti molto inquinati, come corsi d'acqua che accolgono scarichi industriali; le specie di questa famiglia sono ottimi indicatori della presenza di metalli pesanti, che vengono concentrati nelle loro carni.

I *Pisidium* (famiglia *Pisidiidae*) prediligono invece i fondali sabbiosi-fangosi di sorgenti, laghi e torrenti con acque molto limpide e tranquille, mentre gli *Sphaerium* (famiglia *Sphaeridae*) abitano preferibilmente le acque correnti.



Fam. *Sphaeridae* (*Sphaerium* sp.)

IRUDINEI

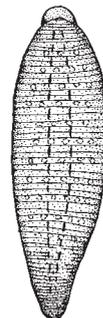
Gli irudinei (conosciuti comunemente con il nome di sanguisughe) vivono prevalentemente nelle acque dolci, anche se possono essere presenti in ambienti marini o terrestri. La maggior parte delle specie si trattiene in acque poco profonde e con ridotta velocità di corrente. Hanno un corpo allungato, appiattito o cilindrico, di lunghezza variabile fra cm 1-30, in genere privo di appendici e setole e suddiviso in segmenti. La parte anteriore del corpo è trasformata in ventosa boccale, che serve come apparato succhiatore, mentre l'estremità posteriore forma una ventosa più ampia e discoidale destinata all'adesione. Sul dorso sono frequenti serie trasversali di minuscole papille sensoriali; a circa un terzo del corpo si trova la regione clitellare, sul cui lato ventrale si aprono i gonopori: la distanza tra essi è un carattere molto importante per la determinazione sistematica. Le sanguisughe abbondano in acque con fondali ciottolosi, ghiaiosi o con detriti coperti di vegetazione sommersa, anziché sabbiosi o fangosi, poco adatti al funzionamento delle ventose, da cui dipende la locomozione.

Molti irudinei sono abili nuotatori, come ed esempio i generi *Erpobdella* e *Piscicola*. Tutti gli irudinei sono carnivori; la maggior parte delle specie si nutre di alimenti liquidi, come fluidi corporei di molluschi, di crostacei, di altri invertebrati, di pesci, oppure sono predatrici di larve di insetti, oligocheti e molluschi. Alcune specie, come *Hirudo medicinalis*, sono invece predatrici ematofaghe e si nutrono anche di sangue di animali a sangue caldo.

La resistenza all'inquinamento è generalmente elevata: alcune specie possono vivere a lungo in carenza di ossigeno ed in condizioni di elevata trofia dell'ambiente acquatico. In ambienti lentici, caratterizzati da forte inquinamento organico, si rinvengono spesso popolazioni numerosissime di irudinei associate ad enormi popolazioni di crostacei *Asellidae*, che costituiscono una delle basi della loro dieta alimentare.



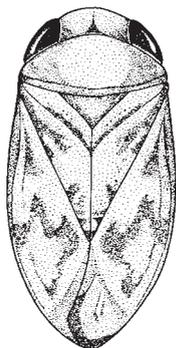
Fam. *Erpobdellidae* (*Erpobdella* sp.)



Fam. *Glossiphoniidae* (*Glossiphonia* sp.)

ALTRI GRUPPI FAUNISTICI

Oltre a quelli illustrati nelle pagine precedenti, altri gruppi di macroinvertebrati, presenti nelle acque interne, sono oggetto di studio nell'analisi di qualità biologica delle acque; fra questi i più importanti sono gli **eterotteri**, i **megalotteri**, i **tricladi**, gli **oligocheti** e i **nematodi**.



Fam. Corixidae (*Micronecta* sp.)

Gli **eterotteri** sono insetti paurometaboli, nei quali le neanidi, fin dal primo stadio larvale, sono simili agli adulti atteri. Gli eterotteri acquatici prediligono le acque stagnanti: vivono nelle paludi, nelle pozze, nei laghi, nei punti con bassa velocità di corrente nei torrenti e nelle anse calme dei fiumi; sono per la maggior parte zoofagi, predano ragni, acari, comprese le uova e le larve. Da un punto di

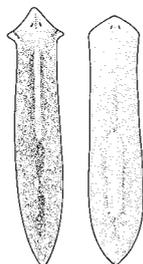
visto ecologico gli eterotteri non sono rilevanti come indicatori di qualità; la loro presenza assume importanza solamente quando associata ad altri gruppi sistematici maggiormente significativi in termini di sensibilità agli inquinanti, nel qual caso gli eterotteri contribuiscono alla numero totale delle unità sistematiche considerate nella definizione della struttura di comunità. Generi frequentemente rilevabili sono: *Gerris*, *Naucoris*, *Aphelocheirus*, *Corixa*, *Sigara*, *Micronecta*, *Nepa* e *Notonecta*.

I **megalotteri** sono insetti che svolgono lo stadio larvale in ambiente acquatico; le larve presentano un capo grosso ben differenziato, con occhi semplici e mandibole ricurve e dentate; il torace, sclerificato e di colore rossastro, ha zampe articolate; l'addome evidenzia, oltre alle tracheobranchie laterali, un lungo filamento respiratorio terminale, senza pigopodi. Non sono molto frequenti.

Nelle acque italiane è presente il solo genere *Sialis*.



Fam. Sialidae (*Sialis* sp.)

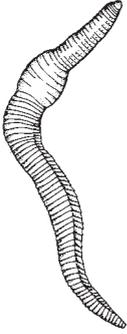


Fam. Dugesiidae (*Dugesia* sp.)

I **tricladi**, conosciuti genericamente come "planarie", sono organismi caratterizzati dal forte appiattimento del corpo, ovale e molle, non segmentato e privo di arti. Sono organismi carnivori, si nutrono di piccoli invertebrati, come larve di Insetti, Gammaridi, Asellidi, Gasteropodi e Anellidi.

Colonizzano un gran numero di ambienti, dalle

sorgente montane in quota sino alle acque lentiche di pianura dove, a seconda dei generi, soggiornando sotto le pietre, tra il fango o fra i detriti vegetali.



Fam. Lumbricidae
(*Eiseniella* sp.)

Gli **oligocheti** sono vermi di corpo cilindrico a simmetria bilaterale, molto allungato, con segmentazione ben visibile.

Gli oligocheti, ad eccezione di poche specie carnivore, sono detritivori e si nutrono di materiale organico in decomposizione. Alcune specie, fossorie, vivono con la parte anteriore infossata nel fango, che ingeriscono in gran quantità e di cui utilizzano la parte organica come nutrimento.

Vivono praticamente in tutti gli ambienti, dalle acque stagnanti ai laghi, dai fiumi lentiche con fondali fangoso-sabbiosi e abbondante vegetazione acquatica alle acque francamente correnti e con substrati litici.

Certe specie tollerano livelli elevati di inquinamento e addirittura se ne avvantaggiano, formando colonie numerosissime in ambienti molto degradati. I taxa più comuni sono i seguenti: *Lumbricidae*, *Haplotaxidae*, *Naididae*, *Lumbriculidae* e *Tubificidae*.

I **nematodi** sono vermi filamentososi o cilindrici ricoperti da una cuticola trasparente spesso provvista di setole sensoriali o spinule, utilizzate per la locomozione.

I nematodi occupano una vasta gamma di biotopi; le specie a vita libera vivono nei fondali marini, sul terreno o corsi d'acqua dolce come stagni, ruscelli, torrenti, laghi e fiumi.

I nematodi d'acqua dolce abbondano soprattutto negli strati superficiali di corsi idrici inquinati o comunque ricchi di materia organica, dove si nutrono di alghe e piccoli organismi.

Ricoprono i ruoli trofici dei carnivori, degli erbivori e dei detritivori, ma la maggior parte delle specie è parassita di animali o piante.

ALLEGATO 4

SCHEDA DI FUNZIONALITÀ RELATIVA

SCHEDA IFF – FUNZIONALITÀ RELATIVA

Bacino:..... Corso d'acqua

Località.....

Codice.....

tratto (m).....larghezza alveo di morbida (m).....quota s.l.m. (m)

data scheda N° foto N°

Funzionalità	reale			potenziale		
	sponda	sx	dx	sx	dx	dx

1) Stato del territorio circostante

a) assenza di antropizzazione	25	25			
b) compresenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20	20			
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5	5			
d) aree urbanizzate	1	1			

2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	40	40			
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	25	25			
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	10	10			
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	1			

2bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria

a) compresenza di formazioni riparie complementari funzionali	20	20			
b) presenza di una sola o di una serie semplificata di formazioni riparie	10	10			
c) assenza di formazioni riparie ma presenza di formazioni comunque funzionali	5	5			
d) assenza di formazioni a funzionalità significativa	1	1			

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali maggiore di 30 m	15	15			
b) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 30 e 10 m	10	10			
c) ampiezza cumulativa delle formazioni funzionali compresa tra 10 e 2 m	5	5			
d) assenza di formazioni funzionali	1	1			

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

a) sviluppo delle formazioni funzionali senza interruzioni	15	15			
b) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni	10	10			
c) sviluppo delle formazioni funzionali con interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata o solo arbusteti a dominanza di esotiche e infestanti	5	5			
d) suolo nudo, popolamenti vegetali radi	1	1			

5) Condizioni idriche

a) regime perenne con portate indisturbate e larghezza dell'alveo bagnato > 1/3 dell'alveo di morbida	20				
b) fluttuazioni di portata indotte di lungo periodo con ampiezza dell'alveo bagnato < 1/3 dell'alveo di morbida o variazione del solo tirante idraulico	10				
c) disturbi di portata frequenti o secche naturali stagionali non prolungate o portate costanti indotte	5				
d) disturbi di portata intensi, molto frequenti o improvvisi o secche prolungate indotte per azione antropica	1				

6) Efficienza di esondazione

a) tratto non arginato, alveo di piena ordinaria superiore al triplo dell'alveo di morbida	25				
b) alveo di piena ordinaria largo tra 2 e 3 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, superiore al triplo)	15				
c) alveo di piena ordinaria largo tra 1 e 2 volte l'alveo di morbida (o, se arginato, largo 2-3 volte)	5				
d) tratti di valli a V con forte acclività dei versanti e tratti arginati con alveo di piena ordinaria < di 2 volte l'alveo di morbida	1				

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti trofici

a) alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati (o presenza di fasce di canneto o idrofite)	25				
b) massi e/o rami presenti con deposito di materia organica (o canneto o idrofite rade e poco estese)	15				
c) strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e idrofite)	5				
d) alveo di sedimenti sabbiosi o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1				

8) Erosione

a) poco evidente e non rilevante o solamente nelle curve	20		20			
b) presente sui rettilinei e/o modesta incisione verticale	15		15			
c) frequente con scavo delle rive e delle radici e/o evidente incisione verticale	5		5			
d) molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1			

9) Sezione trasversale

a) alveo integro con alta diversità morfologica		20				
b) presenza di lievi interventi artificiali ma con discreta diversità morfologica		15				
c) presenza di interventi artificiali o con scarsa diversità morfologica		5				
d) artificiale o diversità morfologica quasi nulla		1				

10) Idoneità ittica

a) elevata		25				
b) buona o discreta		20				
c) poco sufficiente		5				
d) assente o scarsa		1				

11) Idromorfologia

a) elementi idromorfologici ben distinti con successione regolare		20				
b) elementi idromorfologici ben distinti con successione irregolare		15				
c) elementi idromorfologici indistinti o preponderanza di un solo tipo		5				
d) elementi idromorfologici non distinguibili		1				

12) Componente vegetale in alveo bagnato

a) perifiton sottile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15				
b) film perifitico tridimensionale apprezzabile e scarsa copertura di macrofite tolleranti		10				
c) perifiton discreto o (se con significativa copertura di macrofite tolleranti) da assente a discreto		5				
d) perifiton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1				

13) Detrito

a) frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15			
b) frammenti vegetali fibrosi e polposi		10			
c) frammenti polposi		5			
d) detrito anaerobico		1			

14) Comunità macrobentonica

a) ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20			
b) sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto all'atteso		10			
c) poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		5			
d) assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		1			

Funzionalità	reale	potenziale	relativa
	FR	FP	Frel (%)
Punteggio totale			
Livello di funzionalità			

Procedure di calcolo della funzionalità relativa

Come indicato nel cap. 4.4 la funzionalità relativa (Frel) deriva dal rapporto tra la funzionalità reale (FR) e quella potenziale (FP), ovvero dal rapporto tra il punteggio totale reale e quello potenziale. Il valore così ricavato può essere espresso in percentuale ed esprime in modo semplice e comprensibile l'eventuale decremento del reale rispetto al potenziale. Analogo procedimento può essere applicato per gruppi di domande congruenti ad un particolare aspetto dell'ecologia fluviale, calcolando il rapporto tra il sub-totale reale del gruppo considerato ed il suo sub-totale potenziale.

Spetterà poi all'operatore individuare i motivi delle eventuali discordanze tra i due totali o sub totali attraverso l'analisi dei risultati e la rivisitazione delle risposte ed elaborare eventuali indicazioni di miglioramento dell'ambiente fiume al fine di recuperare il gap percentuale registrato.

Un analogo procedimento appare delicato, se applicato alle singole

domande in quanto possono, a causa del diverso *scaling*, fornire valori percentuali differenti e non comparabili tra diverse domande. Per meglio chiarire questo si prenda ad esempio la domanda 5 e la domanda 6, considerando per entrambe una condizione reale pari alla seconda risposta e una condizione potenziale pari alla prima risposta, si otterranno le seguenti situazioni relative:

per la domanda 5 – $b/a = 0.80$ (80%)

per la domanda 6 – $b/a = 0.60$ (60%)

Se poi consideriamo le domande 5 e 8 allora i rapporti saranno rispettivamente di 0.50 (50%) e di 0.75 (75%), senza contare che esistono anche altri rapporti intermedi se si prendono in considerazione tutte le domande e altri rapporti, come c/a o c/b .

Per questo motivo si consiglia di ragionare in termini di funzionalità relativa solo sul punteggio totale o di eventuali sub-totali dei punteggi reali e potenziali, e successivamente riflettere sui perché delle differenze.

CONTATTI

<p>Maurizio Siligardi Agenzia Provinciale Protezione Ambiente Via Mantova 16 38100 Trento 0461 497756 maurizio.siligardi@provincia.tn.it</p>	
<p>Francesco Avolio Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Via Cristoforo Colombo, 44 00147 Roma 06 57225138 avolio.francesco@@minambiente.it</p>	<p>Maria Rita Minciardi ENEA - Centro Ricerche Saluggia Strada per Crescentino 13040 Saluggia (VC) 0161 483339 mariarita.minciardi@saluggia.enea.it</p>
<p>Gilberto N. Baldaccini ARPA Toscana Piazza della Repubblica, 16 55045 Pietrasanta (LU) 0584 793725 gn.baldaccini@arp.toscana.it</p>	<p>Catia Monauni Agenzia Provinciale Protezione Ambiente Via Lidorno 1 38100 Mattarello (TN) 0461 493048 catia.monauni@provincia.tn.it</p>
<p>Serena Bernabei APAT - Dipartimento Tutela delle Acque interne e marine Via Vitaliano Brancati, 48 00144 ROMA 06 50072935 serena.bernabei@apat.it</p>	<p>Paolo Negri Agenzia Provinciale Protezione Ambiente Via Mantova 16 38100 Trento 0461 497730 paolo.negri@provincia.tn.it</p>
<p>Maria Silvia Bucci Arpa Molise via Ugo Petrella, 1 86100 Campobasso 0874 492671 campobasso.dip@arpamolise.it</p>	<p>Giorgio Pineschi Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Via Cristoforo Colombo, 44 00147 Roma 06 57225153 pineschi.giorgio@minambiente.it</p>

<p>Cristina Cappelletti Istituto Agrario di San Michele all'Adige Via E. Mach, 1 38010 San Michele all'Adige (TN) 0461 615363 cristina.cappelletti@iasma.it</p>	<p>Sabrina Pozzi Agenzia Provinciale Protezione Ambiente Via Lidorno 1 38100 Mattarello (TN) 0461 493048 sabrina.pozzi@provincia.tn.it</p>
<p>Emanuela Chierici IND.ECO Via Boscoli 6 43100 Parma 0521 966735 indecos@tin.it</p>	<p>Gian Luigi Rossi ENEA - Centro Ricerche Saluggia Strada per Crescentino 13040 Saluggia (VC) 0161 483290 gianluigi.rossi@saluggia.enea.it</p>
<p>Francesca Ciutti Istituto Agrario di San Michele all'Adige Via E. Mach, 1 38010 San Michele all'Adige (TN) 0461 615363 francesca.ciutti@iasma.it</p>	<p>Giuseppe Sansoni Viale XX Settembre, 148 54033 Carrara (MS) 0585 841592 sansoni@infinito.it</p>
<p>Bruno Floris ARPA Sardegna Viale Ciusa, 6 09131 Cagliari 070 6092653 bruno.floris@tiscali.it</p>	<p>Roberto Spaggiari Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, c.p.4010 Ufficio Postale Rivalta 42100 Reggio Emilia 334 9262826 r.spaggio@libero.it</p>
<p>Alessandra Franceschini Museo Tridentino di Scienze Naturali Via Calepina, 14 38100 Trento (TN) 0461 270320 franceschini@mtsn.tn.it</p>	<p>Concetta Tamburro ARPA Molise Via Berta - (Palazzo Provincia) 86170 Isernia 0865 26994 isernia.dip@arpamolise.it</p>

<p>Laura Mancini Istituto Superiore Di Sanità Viale Regina Elena, 299 00161 Roma 06 49902773 laura.mancini@iss.it</p>	<p>Marco Zanetti Bioprogramm s.c.r.l Via A. Moro 12/3 31043 Fontanelle (TV) 0422 80917 mzanetti@bioprogramm.it</p>
---	--

