



# BUONE PRATICHE DI GESTIONE DEL CORSO D'ACQUA

Linee guida



### Referenti del Progetto:

E. COMINO Politecnico di Torino (Capofila)  
M. ROSSO Politecnico di Torino  
G. DE RENZO Provincia di Torino  
G. FILIPPINI Provincia di Torino  
I. CHOUQUET Conseil Général des Hautes-Alpes

### Coordinamento e supporto alla realizzazione:

G. DE RENZO <sup>(1)</sup>

### Revisione grafica:

G. DE RENZO <sup>(1)</sup>

### Revisione testi:

G. BETTA <sup>(2)</sup>  
E. COMINO <sup>(3)</sup>  
G. DE RENZO <sup>(1)</sup>  
M. ROSSO <sup>(4)</sup>

### Realizzazione sezione gialla:

E. CRAVERO <sup>(1)</sup>  
C. ROSSATO <sup>(2)</sup>  
R. VATTERONI <sup>(1)</sup>

### Realizzazione sezione azzurra:

M. APOLLONIO <sup>(1)</sup>  
L.C.G. BENINATI <sup>(1)</sup>  
E. CRAVERO <sup>(1)</sup>  
L. IORIO <sup>(2)</sup>  
C. ROSSATO <sup>(2)</sup>  
R. VATTERONI <sup>(1)</sup>

### Realizzazione sezione rossa:

L.C.G. BENINATI <sup>(1)</sup>  
G. PONCHIA <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Provincia di Torino - Servizio Difesa del Suolo e Attività Estrattiva

<sup>(2)</sup> Provincia di Torino - Servizio Pianificazione Risorse Idriche

<sup>(3)</sup> Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente e delle Geotecnologie

<sup>(4)</sup> Politecnico di Torino - Dipartimento di Idraulica Trasporti ed Infrastrutture Civili

### Si ringraziano

**Laura Berardo** <sup>(1)</sup> e **Anna Maria Di Biccari** <sup>(1)</sup> per l'insostituibile e fondamentale sostegno amministrativo

**Nuna Tognoni** <sup>(2)</sup> per il prezioso e tempestivo supporto tecnico

<sup>(1)</sup> Provincia di Torino- Servizio Amministrazione e Controllo dell'Area Risorse Idriche

<sup>(2)</sup> Provincia di Torino- Servizio Pianificazione Risorse Idriche

Impaginazione, grafica e stampa  
AGIT Mariogros Industrie Grafiche, Beinasco (TO)  
Novembre 2011.

Stampa su carta Symbol Freelifa Satin da 115 g, copertina 350 g costituita da pura cellulosa E.C.F., certificata FSC.

# Introduzione

---

Questa *guida di buone pratiche* è uno dei risultati perseguiti con le azioni previste dal programma di lavoro del Progetto Interreg Alcotra PELLIDRAC “*Pellice e Drac si parlano - histoire d'eau*” svoltosi in Italia e in Francia tra l'agosto 2009 e il novembre 2011 che ha coinvolto il Politecnico di Torino, come capofila e referente scientifico, la Provincia di Torino ed il Conseil Général des Hautes Alpes, Enti Locali con competenze amministrative territoriali, come partners.

Il Progetto PELLIDRAC nasce, come idea condivisa, all'indomani dell'evento alluvionale che, nel maggio 2008, colpì le Alpi Occidentali con perdite umane e materiali nel bacino del T. Pellice, in Italia, e sulla memoria di altri eventi precedenti che causarono altrettanti danni e altre vittime, in Francia.

In quelle occasioni, si osservò infatti che, sia ad est che a ovest delle Alpi, le amministrazioni e i cittadini coinvolti dagli eventi distruttivi vivevano il bisogno di difesa dal rischio idraulico e la necessità di preservare e migliorare la naturalità del corso d'acqua come esigenze in contrapposizione fra loro, con una sentita e comprensibile urgenza di risolvere il primo anche a grave discapito della seconda.

In Italia in particolare, ma anche in Francia, questa contrapposizione è ritenuta insuperabile dalla stragrande maggioranza delle persone direttamente o indirettamente coinvolte dagli eventi e questo avviene troppo spesso sulla base di false memorie e di false credenze diffuse nella popolazione e, a volte, veicolate con troppa superficialità dai mezzi d'informazione.

Lo scopo del Progetto PELLIDRAC divenne quindi il perseguimento di obiettivi di conoscenza dei due torrenti, il Pellice e il Drac, e dei loro bacini, di approfondimento tecnico scientifico, di condivisione dei risultati e di formazione, informazione e sensibilizzazione alle tematiche relative ai corsi d'acqua. Obiettivi tutti indirizzati alla mitigazione di questo conflitto, in linea teorica falso, nella realtà a volte apparente, a volte procurato dall'uomo.

La guida di buone pratiche segue questo indirizzo e si propone di fare maggiore chiarezza su quando possa essere effettivamente necessario intervenire su di un corso d'acqua; su quale possa essere il modo migliore per farlo privilegiando, laddove possibile, la pianificazione urbanistica e la riqualificazione fluviale e intervenendo con maggiore consapevolezza, laddove indispensabile, con opere di ingegneria idraulica.

Questa consapevolezza emerge anche nella normativa europea che, con la Direttiva Acque, introduce un nuovo concetto di stato di qualità dei corpi idrici che non considera più, come in passato, le sole caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, ma che valuta l'ecosistema del corso d'acqua nel suo complesso tenendo conto anche degli elementi biologici (vegetazione, macroinvertebrati, fauna ittica) e idromorfologici.

Per questi motivi nella *guida*, la sezione azzurra relativa ai diversi tipi di opere di difesa idraulica comprende anche i temi della riqualificazione fluviale e della gestione della vegetazione riparia ed è posta a seguito di una diffusa trattazione del corso d'acqua (sezione gialla) a partire da alcuni concetti base di idrologia, di idraulica, di morfologia e di ecologia con l'intento di porre le basi conoscitive idonee ad un approccio multidisciplinare alla gestione del corso d'acqua. Nella sezione azzurra si tratta anche dei parametri da adottare per progettare correttamente gli interventi e le opere e degli idonei accorgimenti per mitigare, almeno parzialmente, gli impatti generati dalle opere idrauliche sull'ecosistema fluviale.

L'ambizione non è quella di offrire una casistica completa ed approfondita sulle modalità di gestione dei corsi d'acqua, né di proporre un manuale tecnico esaustivo delle singole discipline (per le quali si rimanda la trattazione di dettaglio alla bibliografia specializzata), ma quella di proporre uno strumento di conoscenza che aiuti chi, per dovere o per interesse, si occupa di gestione dei corsi d'acqua, offrendo spunti di riflessione per un approccio più sostenibile e più consapevole e anche insinuando dubbi laddove albergano talvolta troppe certezze o false credenze.

La guida si conclude con la descrizione di alcuni interventi progettati lungo il T. Pellice, contenuti nella sezione rossa in italiano, e lungo il T. Drac nella sezione rossa in francese. Questi interventi costituiscono esempi concreti di una progettazione possibile ma non sempre eseguita che, anche in presenza di ostacoli non rimovibili (strutture ed infrastrutture antropiche), coniuga gli strumenti dell'ingegneria classica con le esigenze di un assetto geomorfologico il più naturale possibile.

L'importanza e l'urgenza di porre in essere un approccio più sostenibile e più consapevole alla gestione dei corsi d'acqua sono state rammentate dal T. Pellice che, il 6 novembre 2011, pochi giorni prima che questa *guida* andasse in stampa, per una piena significativa, ha esondato lungo alcuni tratti del suo corso ed ha parzialmente demolito un ponte, il ponte dell' Alberdenga che, per altro, dal 1846 ad oggi ha subito gravi danni per ben quindici volte.



<b>Introduzione</b>	<b>3</b>	Variazioni ecologiche del corso d'acqua in senso verticale	44
<b>IL CORSO D'ACQUA</b>	<b>7</b>	<b>IL CORSO D'ACQUA dall'asse di deflusso verso l'esterno</b>	<b>45</b>
<b>Alcuni concetti base</b>	<b>8</b>	Il corso d'acqua in senso trasversale dal punto di vista idraulico	45
Cosa si intende per BUONE PRATICHE	8	Variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso trasversale (dal corso d'acqua verso l'esterno)	45
Cosa significa GESTIRE UN CORSO D'ACQUA	8	Variazioni ecologiche del corso d'acqua in senso trasversale (dal corso d'acqua verso l'esterno)	47
<b>Cosa è importante FARE e NON FARE</b>	<b>10</b>	<b>Dinamicità e diversità dell'ecosistema fluviale</b>	<b>50</b>
<b>Il bacino idrografico come scala spaziale di riferimento</b>	<b>14</b>	<b>I servizi ecosistemici</b>	<b>51</b>
<b>La direttiva acque</b>	<b>17</b>	<b>Valutazione della qualità dei corsi d'acqua</b>	<b>54</b>
<b>La competenza decisionale sui corsi d'acqua</b>	<b>20</b>	<b>Criteri da applicare per la valutazione dell'indispensabilità di intervento</b>	<b>58</b>
<b>Che cos'è un corso d'acqua</b>	<b>21</b>	<b>False credenze - analisi degli interventi più usuali lungo i corsi d'acqua</b>	<b>60</b>
<b>La componente animale dell'ecosistema fluviale</b>	<b>27</b>	È necessario togliere i sedimenti dall'alveo? SOVRALLUVIONAMENTO E DISALVEO	60
<b>La componente vegetale dell'ecosistema fluviale</b>	<b>30</b>	È sempre necessario incanalare il corso d'acqua? DIVAGAZIONE/EROSIONE E CANALIZZAZIONE	62
<b>La funzione della VEGETAZIONE RIPARIA</b>	<b>32</b>	È sempre necessario rimodellare/canalizzare il corso d'acqua? INCISIONE E RIPROFILATURA/CANALIZZAZIONE	64
Alcuni esempi di funzioni "ecologiche"	32	La vegetazione lungo i fiumi costituisce pericolo? VEGETAZIONE E PULIZIA DELL'ALVEO	65
Esempi di funzioni "idraulico-meccaniche"	32	<b>Bibliografia</b>	<b>67</b>
<b>IL CORSO D'ACQUA da monte verso valle</b>	<b>35</b>	<b>Siti internet</b>	<b>67</b>
Il corso d'acqua da monte verso valle dal punto di vista idraulico	35		
Variazioni morfologiche del corso d'acqua da monte verso valle	36		
Variazioni ecologiche del corso d'acqua da monte verso valle	39		
<b>IL CORSO D'ACQUA dalla superficie verso il sottosuolo</b>	<b>41</b>		
Il corso d'acqua dal pelo libero al fondo dal punto di vista idraulico	41		
Variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso verticale	41		

# IL CORSO D'ACQUA

---

# Alcuni concetti base

## Cosa si intende per BUONE PRATICHE

✓ Secondo quanto indicato da **ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), per buona pratica si intende “... un’azione, esportabile in altre realtà, che permette ad un Comune, ad una comunità o ad una qualsiasi amministrazione locale, di muoversi verso forme di gestione sostenibile a livello locale”.

Si considera quindi buona, una pratica che corrisponda all’idea di sostenibilità intesa come fattore essenziale di uno sviluppo in grado di rispondere “...alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie” (Rapporto Brundtland-UNCED 1987).

A prescindere dal contesto economico-sociale del settore nel quale si interviene, è sostenibile quel modello di sviluppo compatibile con le esigenze di tutela dell’ambiente e di salvaguardia delle risorse.

## ✓ Cosa significa GESTIRE UN CORSO D’ACQUA

La gestione di un corso d’acqua può assumere valenze diverse in situazioni differenti, ad esempio del tipo di professionalità di chi intra-

prende l’azione. La gestione dei corsi d’acqua è, quindi, un tema complesso e trasversale che coinvolge interessi differenti, a volte in contrasto tra loro: occorre quindi raggiungere un compromesso tra obiettivi in conflitto ma, soprattutto, integrare approcci di conduzione differenti.

Inoltre, è bene ricordare che gestire correttamente un corso d’acqua non implica necessariamente il dover intervenire. Infatti, un fiume integro nelle sue componenti, come evidenziato nel seguito, è un sistema autosufficiente che, assecondato nelle proprie dinamiche evolutive, è anche in grado di offrire all’uomo molteplici benefici.

Diventa invece necessario intervenire qualora sussistano reali situazioni di rischio per l’uomo, al fine di mettere in sicurezza la popolazione, o laddove corsi d’acqua fortemente impattati dalle attività antropiche, facciano registrare inquinamento chimico, fisico e/o scarsa portata in alveo o ancora altre alterazioni.

Nel valutare quale possa essere il modo migliore per gestire un corso d’acqua, occorre, quindi, sfatare alcuni luoghi comuni e, soprattutto, tenere in considerazione in modo integrato i principi fondamentali dell’idraulica, della geomorfologia, dell’ecologia e della biologia vegetale e animale.

CONTENERE IL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO

MANTENERE L’EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO

MIGLIORARE/PRESERVARE LA QUALITÀ DELLE ACQUE

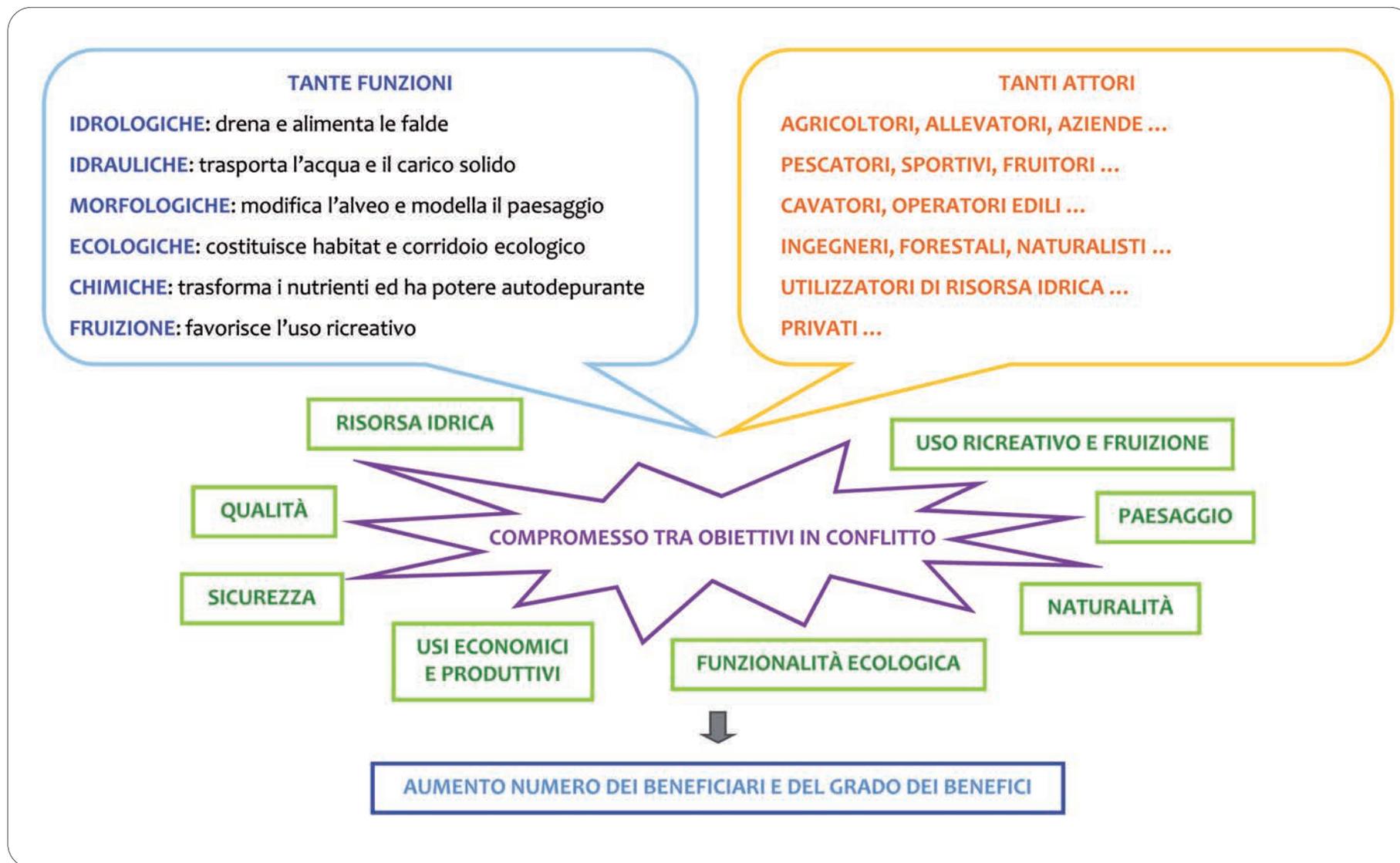
GARANTIRE LA PRESENZA DI ACQUA IN ALVEO UTILIZZARE RAZIONALMENTE LA RISORSA ACQUA

CONSERVARE LA BIODIVERSITÀ (FLORA E FAUNA)

REGOLARE L’USO DEL TERRITORIO

IMPEDIRE LA BANALIZZAZIONE DEL PAESAGGIO

CONSENTIRE LA FRUIZIONE



**FIGURA I.1** (Figura tratta da: La riqualificazione ambientale e la gestione del reticolo idrico superficiale. Parco a Calvatone (CR) 4 ottobre 2007 – “Gestione naturalistica dei corsi d’acqua e dei canali” G. Mezzalana, G. Baldo. Modificata)

# Cosa è importante FARE e NON FARE

Il corso d'acqua è naturalmente un ambiente dinamico. Nelle situazioni in cui la “convivenza uomo – corso d'acqua” genera dei rischi, diventa necessario “difendersi” dal corso d'acqua:

- ✓ **attraverso una corretta pianificazione territoriale**
- ✓ **con la prevenzione e la previsione dei rischi**
- ✓ **mediante la gestione e la manutenzione del territorio**

## ✓ **realizzando opere di regimazione e di difesa idraulica**

(soluzione da adottare qualora non siano praticabili le azioni prima indicate)

Di fronte alla percezione di un pericolo, la reazione più comune consiste nel porvi rimedio (o meglio, tentare di ridurre il **rischio idraulico** attraverso la realizzazione di azioni o di opere di difesa al fine di **mettere in sicurezza** il territorio).

### **Mettere in sicurezza? RISCHIO IDRAULICO**

Il rischio, definito come *“l'entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso”*, viene stimato, semplificando, secondo la formula:

$$R = P * D$$

nella quale:

**P** = la *“pericolosità”* è la probabilità di accadimento, in un dato periodo di tempo ed in una data area, di un evento calamitoso di una determinata intensità che potenzialmente può danneggiare i beni esposti;

**D** = il *“danno”* potenziale, che esprime l'entità potenziale delle perdite nel caso in cui si verifichi l'evento calamitoso.

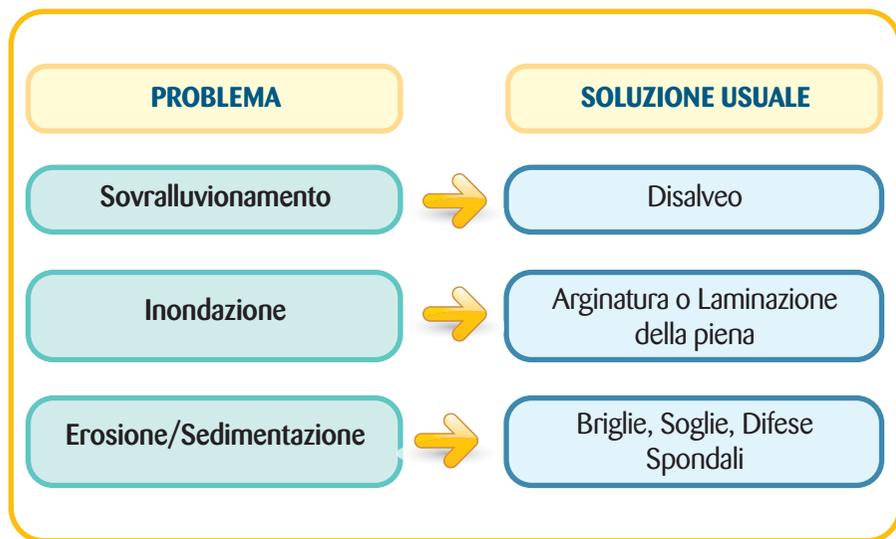
Il *“danno”* potenziale dipende dal valore dei beni e/o dalle persone esposti e può, a sua volta, essere espresso come:

$$D = V * E$$

dove:

**V** = la *“vulnerabilità”* ovvero la suscettibilità dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento calamitoso;

**E** = il *“valore esposto”* ovvero il valore dell'elemento esposto al rischio (vita umana quale bene prioritario dal valore inestimabile, beni, risorse naturali, attività economiche, ...).



Tali interventi, in realtà, riducono il rischio idraulico attraverso la sola diminuzione della probabilità che un evento calamitosi si verifichi (pericolosità), senza intervenire sul bene esposto.

Questa strategia però può rivelarsi molto pericolosa. Si ponga, infatti, il caso di un evento alluvionale “A” che procura danno a un edificio. Dopo la realizzazione dell’argine gli effetti di tale alluvione vengono annullati poiché la piena è contenuta nell’alveo; ma se nell’area “messa in sicurezza” vengono realizzati nuovi edifici, in occasione di un evento alluvionale “B” di maggiore intensità (con **tempo di ritorno** più lungo) aumentano sia il **danno potenziale** che, di conseguenza, il **rischio idraulico**.

In questo caso, parlare di messa in sicurezza del territorio genera una illusoria percezione di sicurezza!

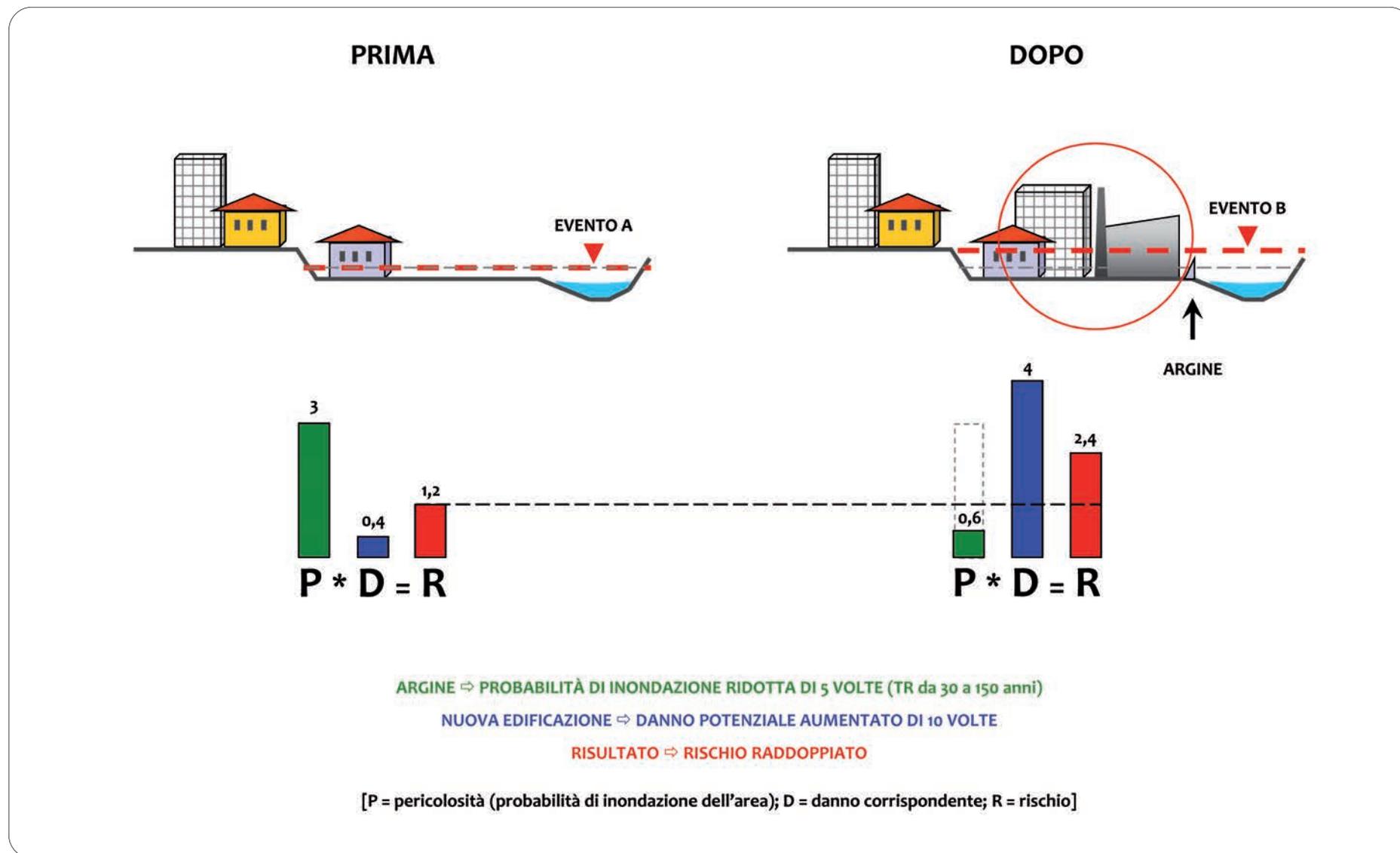
### TEMPO DI RITORNO

Il **tempo di ritorno** ( $T_r$ ) è l’intervallo di tempo misurato in anni in cui un dato valore di una grandezza idrologica (portata, precipitazione) viene mediamente uguagliato o superato una sola volta. Il tempo di ritorno è, quindi, univocamente collegato ad un prefissato valore della grandezza idrologica.

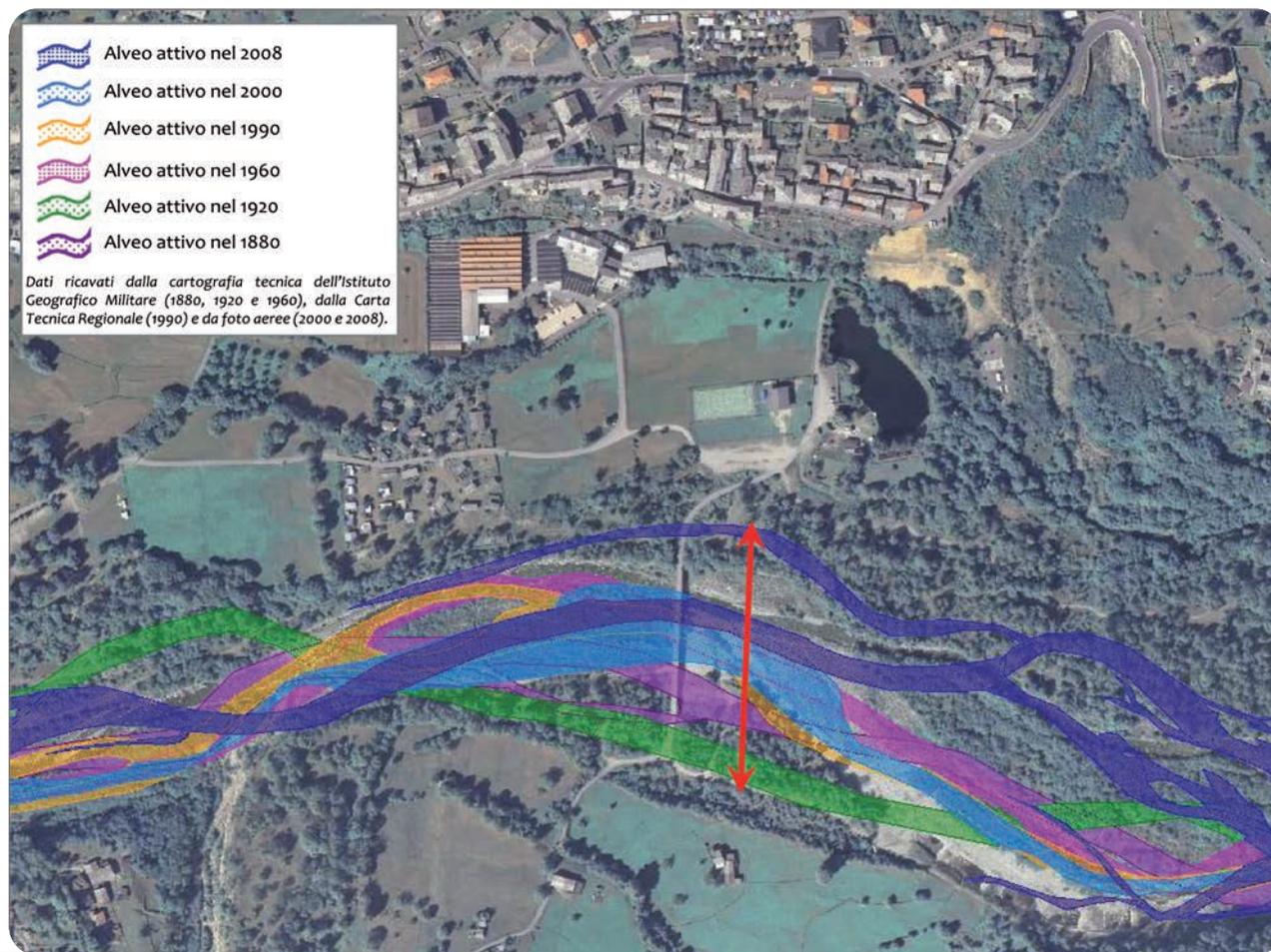
Sebbene largamente usato, è un termine che può creare confusione poiché, ad esempio, induce a pensare che dopo una piena secolare ci si possa attendere che trascorra un secolo prima della piena successiva di pari entità (che, invece, potrebbe verificarsi anche il giorno dopo).

Di più immediata comprensione è l’uso della probabilità annua: ad esempio, piena con probabilità annua 1% (anziché con tempo di ritorno 100 anni: TR 100); piena con probabilità annua 4% (anziché con TR 25 anni). 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.

È molto diffusa l’idea che, al fine di mettere in sicurezza un territorio, si debbano sempre e necessariamente realizzare interventi sul corso d’acqua (per es. opere di difesa), mentre è poco noto che un corso d’acqua naturalmente si modifica attraverso processi dinamici (per es. erosione e sedimentazione) che non sono di per sé pericolosi o dannosi, ma che lo diventano nel momento in cui l’uomo posiziona i suoi insediamenti troppo vicino al fiume.



**FIGURA I.2** Messa in sicurezza del territorio: approccio "classico".  
 [Tratto da: CIRF - Riqualficazione Fluviale n. 3 4.2010 - Provincia dell'Aquila Assessorato all'Ambiente - Modificato].



**FIGURA I.3** Modificazioni storiche dell'alveo attivo del T. Pellice. (Progetto PELLIDRAC - Pellice e Drac si parlano: histoire d'eau).

- ✓ **non sottrarre spazio al corso d'acqua**
- ✓ **assecondare o ripristinare i processi evolutivi del corso d'acqua**
- ✓ **ridare spazio al corso d'acqua**

Gli **strumenti** per mettere in pratica tali azioni sono:

- ✓ **la pianificazione territoriale a scala di bacino**
- ✓ **lo studio e la comprensione del funzionamento ecosistemico, geomorfologico ed idraulico del corso d'acqua**
- ✓ **la delocalizzazione dei beni esposti** (sebbene spesso sia economicamente conveniente a confronto della realizzazione e manutenzione di nuove opere idrauliche, è un intervento raramente attuato, soprattutto perché complesso dal punto di vista amministrativo e per i risvolti umani che presenta, ove a dover essere delocalizzate siano unità di civile abitazione).

Il modo migliore per mettere realmente in sicurezza la popolazione quindi consiste nel **ridurre il danno potenziale** attraverso le seguenti azioni:

# Il bacino idrografico come scala spaziale di riferimento

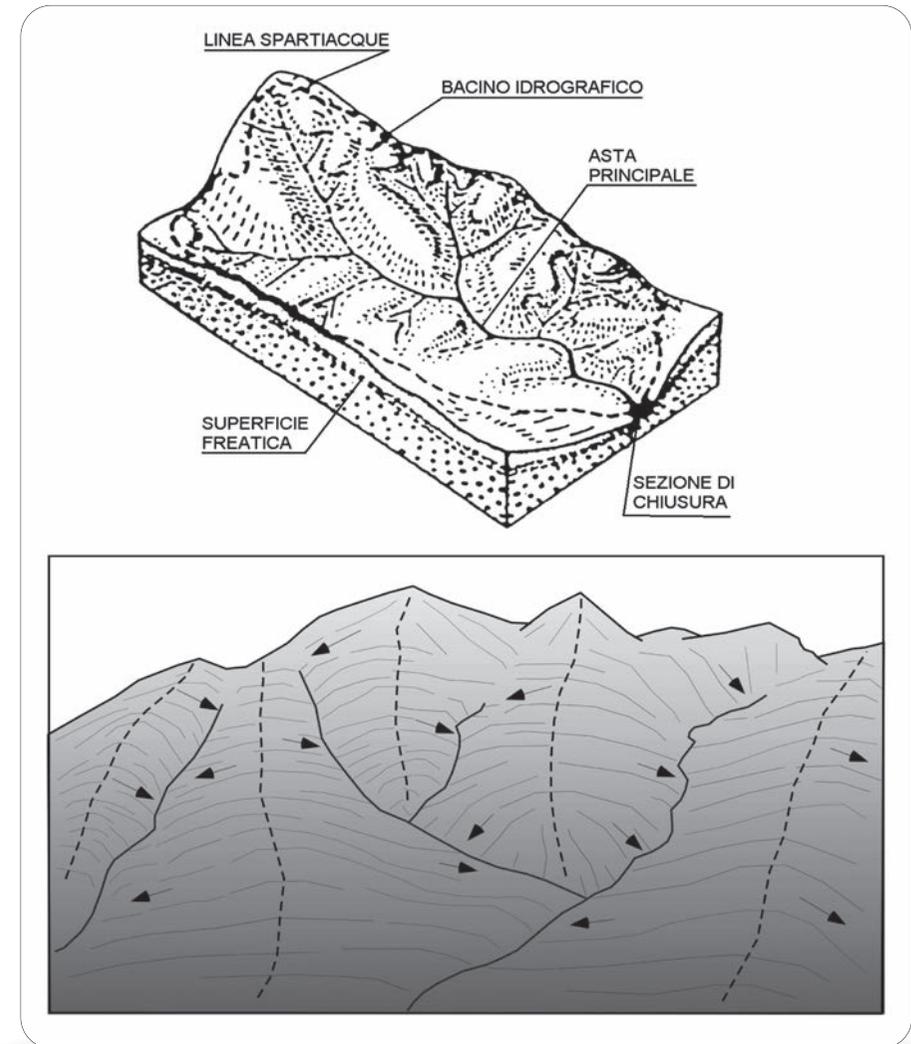
✓ Le acque che arrivano sulla superficie terrestre sotto forma di precipitazioni nevose e piovose, si distribuiscono nei diversi **bacini idrografici** che la compongono e in parte evaporano, in parte si infiltrano nel sottosuolo, in parte scorrono sulla superficie concentrandosi lungo direttrici principali: i corsi d'acqua.

Quando si ha a che fare quindi con un corso d'acqua la scala spaziale di riferimento è il **bacino idrografico**.

## BACINO IDROGRAFICO

È definito bacino idrografico una porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una fissata sezione di un corso d'acqua che è definita **sezione di chiusura** del bacino (vedi testo). In un bacino idrografico si possono individuare vari sottobacini di ordine inferiore drenati dai vari affluenti e subaffluenti del corso d'acqua principale. I vari bacini idrografici vengono delimitati da linee dette di spartiacque o di displuvio.

Infatti, è nel bacino idrografico che l'azione erosiva delle acque superficiali da origine a tutti i processi di modellazione della superficie stessa ed è sempre nel bacino che tutte le azioni umane di modificazione del territorio influiscono inevitabilmente sul deflusso delle acque e sul loro **tempo di corrivazione** e di conseguenza sul corso d'acqua collettore. Allo stesso modo gli impatti e le attività antropiche che insistono sul bacino si ripercuotono sulla qualità del corso d'acqua.



**FIGURA I.4** Rappresentazione schematica del bacino idrografico. In alto. Figura tratta da: A. Desio (1978) Geologia applicata all'ingegneria. In basso: le linee nere tratteggiate rappresentano le linee di displuvio e le frecce le direzioni di deflusso superficiale (Autore R. Vatteroni).

### TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione, valutato in un determinato punto di una rete di drenaggio (naturale o artificiale), è il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto considerato a raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame. Un punto particolare è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica: il tempo di corrivazione calcolato rispetto a questo punto prende il nome di "tempo di corrivazione del bacino".

Per questi motivi, nel caso in cui si debbano risolvere problemi di rischio idraulico, è necessario che la soluzione venga proposta a seguito di una valutazione complessiva della dinamica del corso d'acqua da effettuarsi a scala di bacino idrografico.

La pianificazione territoriale a scala di bacino idrografico consente, infatti, di evitare che interventi, pur generanti un effetto positivo locale, diventino causa di problemi in altri tratti del corso d'acqua.

Lo strumento di pianificazione principale è il **Piano di bacino idrografico** che, per il bacino del Po, è in corso di realizzazione attraverso la redazione di **piani stralcio**, strumenti più facilmente adattabili alle specifiche esigenze dei diversi ambiti territoriali e delle diverse tematiche. I piani stralcio sono atti settoriali, o riferiti a parti dell'intero bacino, che consentono un intervento più efficace e tempestivo in relazione alle maggiori criticità ed urgenze.

Dal punto di vista idrogeologico e idraulico la pianificazione di riferimento è quindi una sola per l'intero bacino ed è costituita, nel Bacino idrografico del fiume Po, dai documenti e dalle carte del **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico** (di seguito PAI) mediante il quale sono: "pianificate e pro-

grammate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato". Il PAI individua anche attività di manutenzione e monitoraggio dei corsi d'acqua nei confronti di tre componenti essenziali del sistema fluviale: i sedimenti dell'alveo, la vegetazione ripariale e le opere di difesa; attività sulla base delle quali programmare la gestione dei sedimenti attraverso **Programmi di gestione dei sedimenti**.

Dal punto di vista della tutela e gestione della risorsa idrica, la pianificazione di riferimento è costituita dal **Piano di Tutela delle Acque (PTA)** regionale che fornisce indicazioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.

Tali strumenti (PAI e Piano di Tutela delle Acque) devono essere coerenti con gli indirizzi della Direttiva Europea Quadro sulle Acque (2000/60/CE) nota come **Direttiva Acque**.

### LA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Il **Piano di Tutela delle Acque** regionale, per quanto riguarda la tutela e gestione della risorsa idrica e il **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico**, per quanto riguarda gli aspetti di gestione del rischio alluvionale e di tutela dell'ambito fluviale, rappresentano il punto di partenza del processo di elaborazione del **Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po** adottato il 24.02.2010.

### **PROGRAMMA DI GESTIONE DEI SEDIMENTI**

Il modellamento di un alveo di un corso d'acqua avviene attraverso i fenomeni naturali di erosione del letto e delle sponde e di trasporto e deposizione dei sedimenti. Spesso tali fenomeni di modellamento sono interpretati come fonte di potenziale pericolo per il territorio circostante la regione fluviale e di conseguenza impediti o alterati. Inoltre a causa della pressione antropica, generata in gran parte da prelievo di inerti, creazione di sbarramenti, invasi e canalizzazioni, i corsi d'acqua hanno subito una notevole alterazione soprattutto nel XX secolo. (vedi BOX 32 – L'incisione del Po)

Per ovviare a questi problemi è stata approvata nel 2006 la **Direttiva per la gestione dei sedimenti** tramite la quale l'Autorità di bacino ha fissato i principi generali e le regole che devono sovrintendere ad una corretta gestione dei sedimenti negli alvei fluviali.

In attuazione alla nuova Direttiva per la gestione dei sedimenti è stato redatto e approvato dal Comitato Istituzionale il **Programma generale di gestione dei sedimenti per l'intera asta fluviale del Po**.

Il Programma generale di gestione dei sedimenti affianca all'obiettivo di miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica i seguenti obiettivi innovativi:

- preservare i processi naturali laddove essi siano ancora presenti ed attivi;
- ridurre gli effetti ed i condizionamenti al sistema naturale generati dalle opere in alveo per riavviare il fiume verso forme meno vincolate e di maggior equilibrio dinamico e valore ecologico.

A tal fine il Programma individua le seguenti linee di azione strategica:

- salvaguardia di tutte le forme e processi fluviali e monitoraggio di sorveglianza ed operativo,
- ripristino dei processi di erosione, trasporto solido e deposizione dei sedimenti attraverso la dismissione o l'adeguamento delle opere in alveo non più efficaci,
- ripristino delle forme attraverso la riapertura e la rifunzionalizzazione di rami laterali.

# La direttiva acque

✓ Il quadro di riferimento normativo a livello europeo per la **protezione delle acque** (superficiali interne, di transizione, costiere e sotterranee) e quindi anche dei corsi d'acqua, è rappresentato dalla **Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Acque)** recepita in Italia dal D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

La direttiva si pone i seguenti scopi:

- impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli **ecosistemi** (si veda box a pag 19) acquatici e terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico;
- agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- proteggere e migliorare l'ambiente acquatico anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie e delle sostanze pericolose prioritarie;
- mitigare gli effetti delle inondazioni e delle siccità.

In particolare la Direttiva introduce un nuovo approccio alla qualità delle acque in quanto, per i corsi d'acqua, fissa obiettivi ambientali incentrati non solo sullo **stato chimico** delle acque, ma anche sullo **“stato di salute”** degli elementi biologici dell'ecosistema fluviale (**stato ecologico**).

La valutazione dello stato ecologico viene espressa attraverso la **classificazione dello stato ecologico**.

Tale classificazione si fonda su una valutazione congiunta di parametri biologici e di parametri idromorfologici e chimici o fisico-chimici selezionati in quanto di sostegno agli elementi biologici.

## I PARAMETRI DELLO STATO ECOLOGICO

I **parametri biologici** da indagare riguardano composizione e abbondanza della flora acquatica, dei macroinvertebrati bentonici e della fauna ittica (in quest'ultimo caso è richiesta anche la struttura in età).

I **parametri idromorfologici** a sostegno degli elementi biologici sono: 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 e struttura della zona ripariale.

I **parametri chimici e fisico-chimici** a sostegno degli elementi biologici sono: condizioni termiche, condizioni di ossigenazione, salinità, stato di acidificazione, inquinamento da sostanze prioritarie di cui sia stato accertato lo scarico nel corpo idrico, inquinamento da altre sostanze di cui sia stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative.

La classe viene quindi assegnata in base al più basso dei valori riscontrati durante il monitoraggio biologico e fisico-chimico.

Nella tabella che segue viene riportata una definizione delle **5 classi di stato ecologico**.

<b>Stato elevato</b>	Nessuna alterazione antropica, o alterazioni antropiche poco rilevanti, dei valori degli elementi di qualità fisico-chimica e idro-morfologica del tipo di corpo idrico superficiale rispetto a quelli di norma associati a tale tipo inalterato. 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. Si tratta di condizioni e comunità tipiche specifiche.
<b>Stato buono</b>	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.
<b>Stato sufficiente</b>	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. I valori presentano segni moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono.
<b>Stato scarso</b>	I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano alterazioni considerevoli e le comunità biologiche interessate si discostano sostanzialmente da quelle di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.
<b>Stato cattivo</b>	I valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano gravi alterazioni e mancano ampie porzioni di comunità biologiche interessate di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.

La direttiva prevede il raggiungimento, entro il 2015 (con possibilità di deroghe adeguatamente giustificate) dello stato ambientale buono.

La Direttiva individua in particolare nei **Piani di Gestione dei bacini idrografici** il principale strumento operativo attraverso il quale attuare la tutela delle acque comunitarie mediante un approccio dei diversi aspetti gestionali ed ecologici.

Il principale elemento di innovazione introdotto dalla Direttiva Acque è, infatti, la richiesta di **un approccio integrato alla protezione e alla gestione delle acque** che persegua il raggiungimento degli obiettivi ambientali attraverso una maggiore integrazione della politica in materia di protezione e gestione delle acque con le altre politiche comunitarie quali quella energetica, dei trasporti, agricola, della pesca e la politica regionale del turismo.

I Piani di Gestione contengono quindi tutte le misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi generali fissati dalla stessa Direttiva.

Infine la Direttiva prevede, per ciascun distretto, l'istituzione del **registro delle aree protette** al fine di proteggere le acque superficiali e sotterranee ivi contenute o di conservarne gli habitat e le specie presenti che dipendono direttamente dall'ambiente acquatico. Tale registro comprende:

- aree designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano;
- aree designate per la protezione di specie acquatiche significative dal punto di vista economico;
- corpi idrici intesi a scopo ricreativo comprese le aree balneabili;
- aree sensibili ai nutrienti comprese quelle vulnerabili per i nitrati;
- aree designate per la protezione di habitat e specie nelle quali mantenere o migliorare lo stato delle acque è importante per la loro protezione (compresi i siti della Rete Natura 2000 istituiti a tutela di habitat e specie di importanza comunitaria).

# La competenza decisionale sui corsi d'acqua

Dal punto di vista delle competenze sono diversi gli Enti di riferimento, tra i quali i principali sono:

- ✓ **Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare** con compiti parziali di autorizzazione di Valutazione d'Impatto Ambientale (di seguito VIA) e di Valutazione Ambientale Strategica (di seguito VAS).
- ✓ **Autorità di Bacino del fiume Po** (di seguito AdBPo) con compiti di pianificazione a scala di bacino.
- ✓ **Agenzia Interregionale per il Po** (di seguito Aipo) con compiti di programmazione e d'intervento lungo i tratti dei corsi d'acqua fasciati ovvero per i quali il PAI ha definito le Fasce Fluviali.

✓ **Regione Piemonte** con compiti di pianificazione, programmazione e d'intervento lungo i tratti dei corsi non fasciati e con compiti parziali di autorizzazione all'uso della risorsa idrica; di classificazione e monitoraggio dei corpi idrici per il raggiungimento degli obiettivi di qualità della Direttiva Acque; di VIA e di VAS.

✓ **Provincia di Torino** con compiti parziali di autorizzazione allo scarico di acque reflue nel corso d'acqua e con compiti parziali di concessione all'uso della risorsa idrica, di monitoraggio della qualità delle acque, di VIA e di VAS.

✓ **Comuni** con compiti parziali di autorizzazione allo scarico di acque reflue e compiti parziali di concessione all'uso di acque sotterranee.

## FASCE FLUVIALI

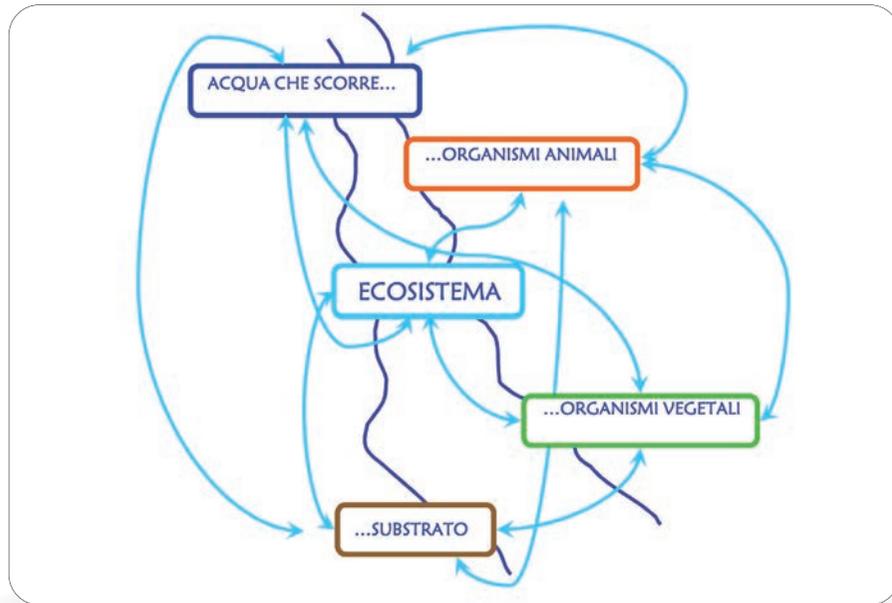
Il PAI individua tre fasce fluviali e le classifica come segue:

- **Fascia di deflusso della piena (Fascia A).** È costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena. Si assume la delimitazione più ampia tra le seguenti:
  - fissato in 200 anni il tempo di ritorno (TR) della piena di riferimento e determinato il livello idrico corrispondente, si assume come delimitazione convenzionale della fascia la porzione ove defluisce almeno l'80% di tale portata. All'interno di tale fascia la velocità della corrente deve essere  $\leq 0,4$  m/s;
  - limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR di 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati).
- **Fascia di esondazione (Fascia B).** È esterna alla precedente ed è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata. Si assume come portata di riferimento la piena con TR di 200 anni.
- **Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C).** È costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento. Si assume come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore a 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR di 500 anni.

# Che cos'è un corso d'acqua

Un corso d'acqua non è solo acqua che scorre, ma è un ambiente dinamico (cioè in continua evoluzione) e vivo, caratterizzato dalla presenza di diverse **componenti**, le principali delle quali sono:

- ✓ **acqua fluente che trasporta a valle e scambia con l'esterno materia ed energia (sedimento inorganico, nutrienti, sostanza organica, ...);**
- ✓ **substrato (suolo, rocce, ...);**
- ✓ **organismi vegetali e animali dell'alveo e delle sponde.**



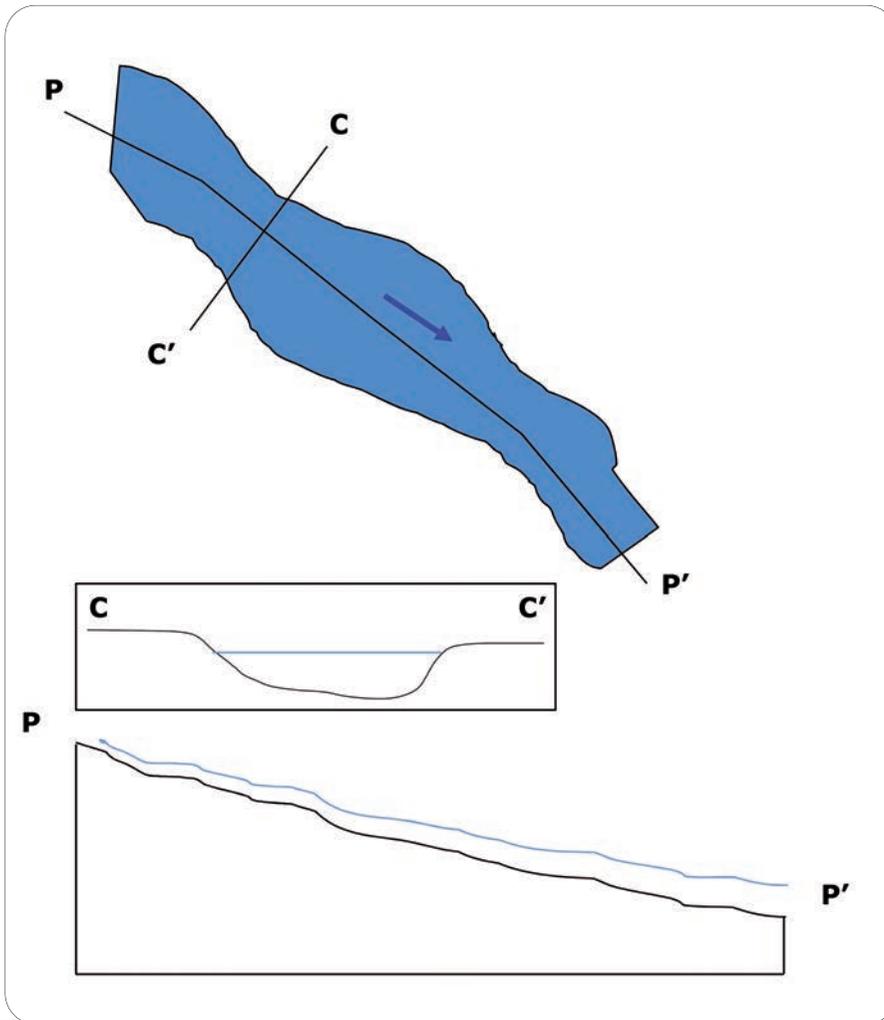
**FIGURA I.5** Le relazioni dell'ecosistema fluviale.

Tali componenti sono governate da processi dinamici e sono strettamente interdipendenti tra loro a formare l'**ecosistema fluviale** (si veda box) per cui la modifica di un solo elemento del corso d'acqua può avere ripercussioni sull'intero sistema, ad esempio le opere di regimazione idraulica intervengono sulla morfologia ma hanno ripercussioni anche sulle comunità acquatiche e sulle funzioni del corso d'acqua.

Come già evidenziato, il corso d'acqua risente di tutte le modificazioni che avvengono all'interno del suo bacino idrografico e il bacino idrografico è a sua volta influenzato dal regime idraulico e dalla dinamica del corso d'acqua.

Ogni corso d'acqua è alimentato dal suo bacino e, in condizioni climatiche e al contorno simili (assetto geologico-strutturale, vegetazionale e antropico), questo comporta una certa proporzione fra le dimensioni del bacino e la portata del corso d'acqua.

La rappresentazione del corso d'acqua avviene tramite l'uso delle **sezioni geomorfologiche e idrauliche** e del **profilo longitudinale** dell'asta fluviale che consentono la valutazione quantitativa dei parametri fisici in gioco (per es. area, altezza, portata, ...) al fine di rappresentare con modelli matematici il più possibile approssimati il comportamento del corso d'acqua stesso.



**FIGURA I.6** Rappresentazione schematica del profilo longitudinale di un corso d'acqua e della sezione trasversale nonché della traccia planimetrica di entrambi.

La portata è senza dubbio il parametro più utilizzato per studiare le caratteristiche idrologiche di un corso d'acqua. Essa esprime il volume d'acqua che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione trasversale al fiume. In uno stesso corso d'acqua è possibile distinguere una **portata media**, una portata minima (detta **portata di magra**) e una portata massima (**portata di piena**).

### PORTATA (Q)

Quantità di fluido che attraversa una sezione di area (A) nell'unità di tempo (t)

$$Q = A \cdot \frac{s}{t} \text{ [m}^2 \cdot \text{m/s]}$$

Le piene giocano un ruolo fondamentale soprattutto nel modellamento del corso d'acqua: infatti, è importante evidenziare come la portata che influisce in modo significativo sulla morfologia dell'alveo, **portata formativa**, corrisponde alla portata di piena con Tr 1-2 anni in virtù dell'effetto cumulativo del materiale trasportato.

### PORTATA FORMATIVA

La **portata formativa** o a **piene rive (fullbank)** è quella portata che impegna l'intera sezione del fiume senza provocare il superamento delle sponde (Wolman, 1955). Corrisponde a quel valore di portata liquida a cui sono associati prevalenti fenomeni di trasporto solido e di dinamica morfologica. (*Direttiva per la definizione degli interventi di rinaturazione di cui all'art. 36 delle Norme del PAI. Autorità di bacino del fiume Po. Linee guida tecnico-procedurali per la progettazione e la valutazione degli interventi di rinaturazione. Del. n. 8/2006 del 5 aprile 2006*)

Il corso d'acqua è sede di **erosione**, **trasporto** e **deposizione** o sedimentazione: la corrente asporta (erosione) il materiale costituente il fondo e le sponde dell'alveo, lo trasporta verso valle (trasporto) e, quando la velocità della corrente diminuisce, lo depone (deposizione/sedimentazione).

Dato che la velocità della corrente varia lungo un corso d'acqua è normale che in esso si susseguano luoghi in cui avvengono fenomeni di erosione e di sedimentazione, allo stesso modo in cui nel medesimo luogo, al va-

riare delle **portate**, fenomeni di erosione possono sostituirsi a fenomeni di deposizione e viceversa.

La portata di un corso d'acqua varia lungo il corso stesso e, per una stessa sezione, varia nel tempo; in generale la portata aumenta da monte verso valle e varia con il variare degli afflussi.

Quindi è solo dopo un periodo sufficientemente lungo di osservazione che si può definire se il sistema fluviale nel suo complesso presenta una tendenza all'erosione, alla sedimentazione o al trasporto.

### TIPOLOGIE E FORME DI EROSIONE

Due sono le **tipologie di erosione** principali:

- **Erosione in senso stretto**: avviene quando gli sforzi di taglio generati dall'acqua superano la resistenza al movimento delle singole particelle di materiale; tale resistenza è dovuta principalmente al peso dei granuli, alla loro forma e alla loro coesione.
- **Abrasion**e: è una forma di erosione che avviene principalmente sulle pareti del canale ed è dovuta al materiale solido trasportato dalla corrente che, urtando e strisciando, ne abrade il materiale costituente il canale stesso.

L'azione dell'erosione da origine a **forme erosionali** diverse, tipiche e riconoscibili:

- **Vallecole**: forme di erosione derivanti dall'azione delle acque superficiali incanalate. Esse si sviluppano in settori caratterizzati da elevata energia di rilievo oppure da una azione di erosione particolarmente intensa; si sviluppano in settori acclivi secondo le linee di massima pendenza.
- **Gorghi**: forme erosionali generate dalla rottura degli argini e dalla conseguente fuoriuscita di acque disalveate caratterizzate da elevata energia e moto turbolento. Queste acque generano dei vortici ad asse verticali la cui azione erosiva genera delle cavità di forma semicircolare che spesso vengono occupate dalle acque di falda.
- **Gole**: forme tipiche dei letti rocciosi, definibili come valli strette e profonde, caratterizzate da versanti molto ripidi quando non direttamente sub verticali. Nelle gole la lama d'acqua è caratterizzata da valori di altezza e turbolenza eccezionali con una capacità di trasporto solido proporzionata.
- **Cascate**: forme dei letti rocciosi caratterizzate dalla presenza di una rottura di pendenza subverticale lungo il profilo longitudinale dell'alveo. Le cascate sono forme che tendono allo spostamento a ritroso verso monte a causa dell'erosione del loro ciglio, e in generale sono delle forme "temporanee" indicatrici di uno stato di immaturità o ringiovanimento del profilo del corso d'acqua.
- **Rapide**: forme dei letti rocciosi o di quelli impostati su sedimenti grossolani caratterizzate da una brusca variazione di pendenza del profilo longitudinale dell'alveo non sufficiente però a generare il distacco dell'acqua dal letto.



**FIGURA I.7** La cascata di Locana (Provincia di Torino) (Autore R. Vatteroni).



**FIGURA I.8** La gola lungo il torrente Severo in Val D'Ossola (Provincia di VCO) (Autore R. Vatteroni).

### TIPOLOGIE DI TRASPORTO FLUVIALE

Il materiale preso in carico dalla corrente di un corso d'acqua può subire un trasporto secondo modalità differenti che dipendono dal peso specifico del sedimento, dalla velocità della corrente e dalla forma e dalle dimensioni dei clasti:

- **Trasporto per galleggiamento:** riguarda prevalentemente resti vegetali presi in carico dalla corrente e poi sedimentati quando il loro peso specifico aumenta per effetto della imbibizione.
- **Trasporto per soluzione:** efficace nel caso in cui nel bacino idrografico affiorino litologie idrosolubili come carbonati, anidriti, gessi o salgemma. Localmente, soprattutto nel caso dei carbonati, si può avere una forma di “rideposizione” lungo l'alveo sotto forma di cementazione dei sedimenti.
- **Trasporto per sospensione:** distribuito in tutto il volume della massa d'acqua è tanto più efficace quanto minori sono le dimensioni dei granuli e maggiore è la turbolenza.
- **Trasporto sul fondo:** può avvenire per rotolamento strisciamento o saltazione. Il rotolamento e lo slittamento avvengono quando gli sforzi tangenziali esercitati dall'acqua sono prossimi agli sforzi critici; il movimento per saltazione è invece principalmente dovuto agli impulsi ricevuti dagli urti con altri clasti.

La capacità di erosione di un corso d'acqua, così come l'attitudine a sedimentare, influiscono sull'andamento in pianta delle aste torrentizie fluviali che formano il reticolato idrografico del bacino dando origine a "pattern" differenti.

### I PATTERN

Per pattern si intende il disegno in pianta delle aste torrentizie fluviali, cioè la forma del reticolo idrografico del bacino. Esistono due principali tipi di pattern:

#### – Pattern di erosione

La disposizione delle aste fluviali è convergente: numerosi affluenti di esigua larghezza confluiscono in un numero decrescente di corsi d'acqua di larghezza progressivamente maggiore.

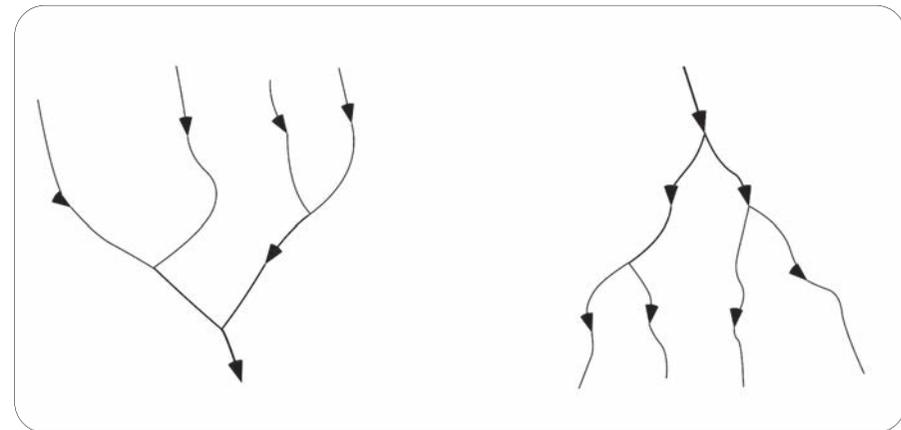
Questo pattern, definito anche pattern arborescente convergente si sviluppa nelle aree in cui prevalgono nel modellamento le azioni di erosione.

#### – Pattern di deposito

La disposizione delle aste fluviali è divergente: da un corso d'acqua principale divergono numerosi corsi in numero crescente e aventi una larghezza progressivamente minore.

Questo pattern, definito anche pattern arborescente divergente si sviluppa nelle aree in cui prevalgono nel modellamento le azioni di deposizione (delta fluviali).

Gli **ecosistemi fluviali** rappresentano realtà complesse che non sono riferibili solo alla porzione di territorio occupata in modo più o meno stabilmente dall'acqua, ma che si estendono anche, lateralmente (**asse laterale**), alle aree interessate dal passaggio delle piene, sia ordinarie che eccezionali, e interessate da un livello di falda elevato. Tali ambiti sono infatti fortemente condizionati dalla presenza del corso d'acqua



**FIGURA I.9** Rappresentazione schematica del pattern di erosione - a destra nell'immagine - e del pattern di deposito - a sinistra nell'immagine.

dal punto di vista morfologico, idrologico, della tipologia di substrato e dal punto di vista vegetazionale e faunistico e costituiscono ecotoni di transizione verso gli ecosistemi terrestri circostanti.

Allo stesso modo è possibile individuare uno sviluppo verticale (**asse verticale**) dell'ecosistema fluviale, relativo al sistema falda-corso d'acqua, e uno sviluppo longitudinale (cioè da monte verso valle – **asse longitudinale**). Le variazioni delle caratteristiche idrologiche, morfologiche e biologiche, che si succedono da monte verso valle, determinano infatti una **successione di ecosistemi** che sfumano gradualmente l'uno nell'altro. Ciascuno di questi ecosistemi, che si susseguono dalle vallate alpine alla foce, è caratterizzato da comunità animali e vegetali peculiari che variano in funzione delle modificazioni dei parametri fisici e chimici, morfologici e ideologici, la cui variazione si riflette sugli equilibri ecologici contribuendo a generare diversità, sia a livello di specie che di ecosistema.

Un'altra chiave di lettura dell'ecosistema fluviale è quella temporale (**asse temporale**) in quanto la morfologia fluviale evolve nel tempo e a volte in modo molto evidente (ad es. con modificazioni del tracciato dell'alveo), anche se magari con tempi molto lunghi (vedi le piene con tempo di ritorno pluridecennale). Tale dimensione dovrebbe essere sempre tenuta in considerazione nelle scelte di gestione e di pianificazione relative ai territori fluviali, mentre troppo spesso le decisioni vengono prese sulla base di analisi relative intervalli di tempo troppo brevi.

Infine un'ultima chiave di lettura è rappresentata dalla **scala spaziale**, in quanto l'ecosistema fluviale incorpora livelli di risoluzione spaziale annidati su modello di una matryoska, ciascuno dei quali richiede una specifica analisi ecologica. Tali livelli possono infatti spaziare ad

esempio dal bacino idrografico (la scala ottimale per lo studio dei fenomeni della dinamica fluviale), ai tratti fluviali (importanti negli studi dell'ittiofauna) ai microhabitat determinati dall'eterogeneità granulometrica (es. per lo studio della comunità macrobentonica).

### ECOSISTEMA

Il termine *ecosistema* indica un insieme di organismi animali e vegetali che interagiscono tra loro e con l'ambiente che li circonda.

Un ecosistema rappresenta, quindi, l'insieme dei **fattori biotici** (costituiti dalle comunità animali e vegetali) dei **fattori abiotici** (es. tipologia di substrato, temperatura, morfologia) e delle relazioni e dei processi che legano tali fattori.

### ALCUNI TRA I PRINCIPALI FATTORI CHE INFLUENZANO L'ECOSISTEMA FLUVIALE

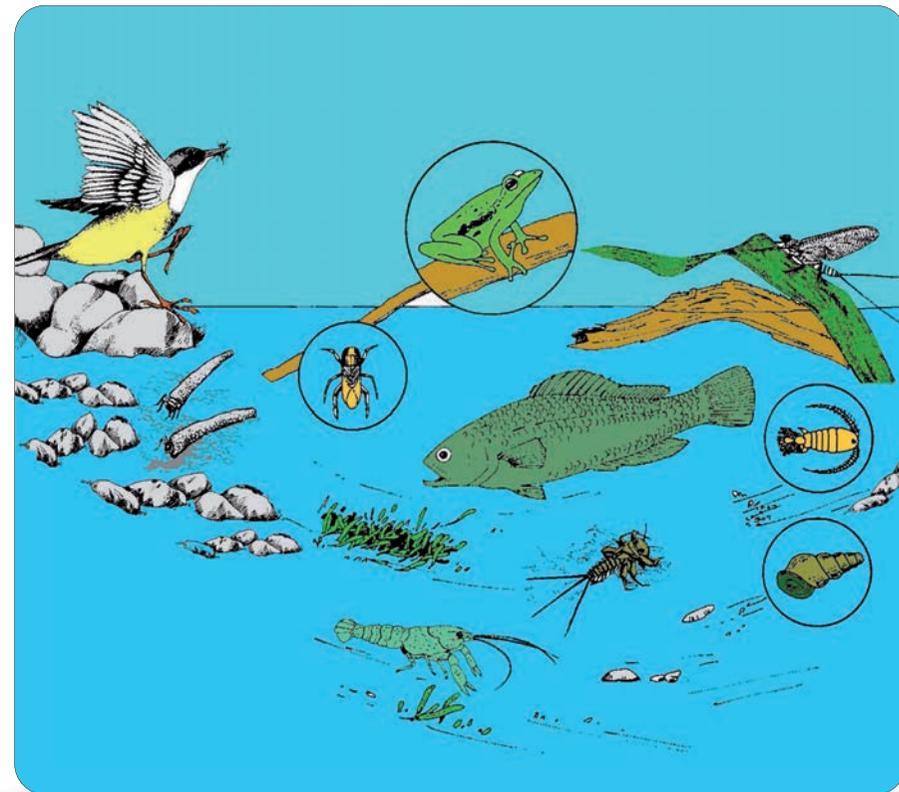
- **temperatura dell'acqua:** dipende dal clima del bacino, dall'altitudine e varia con le stagioni
- **ossigeno disciolto:** dipende principalmente dalla temperatura, dalla turbolenza dell'acqua e dall'attività fotosintetica delle piante acquatiche;
- **parametri chimici dell'acqua** (es. pH, solfati, nitrati ...): dipendono dalla natura geologica del bacino e dall'uso delle terre (quindi anche dalle attività umane che su di esso si sviluppano)
- **velocità della corrente:** dipende dalla portata e dalla pendenza dell'alveo, diminuisce progressivamente da monte verso valle
- **portata:** aumenta da monte verso valle
- **andamento e forma dell'alveo:** da rettilineo diventa sempre più sinuoso (possibilità che si formino più canali e meandri)
- **natura del substrato:** a monte è generalmente caratterizzato dalla prevalenza di roccia affiorante e massi, mentre a valle dominano le granulometrie più fini (sabbia, limo e argilla)
- **erosione/sedimentazione:** l'azione erosiva predomina nel tratto a monte, mentre verso valle prevale sempre più la sedimentazione
- **ambiente circostante:** terreni rocciosi, prati, boschi, terreni agricoli, aree antropizzate ... influenzano in modo diverso l'ecosistema fluviale: ad esempio dalle aree agricole possono essere dilavati fertilizzanti o fitofarmaci; i boschi contrastando l'erosione diminuiscono l'apporto dei sedimenti al corso d'acqua...

# La componente animale dell'ecosistema fluviale

Gli **organismi animali** legati all'ecosistema fluviale appartengono a gruppi differenti:

- ✓ **mammiferi**
- ✓ **uccelli**
- ✓ **rettili**
- ✓ **anfibi**
- ✓ **pesci**
- ✓ **invertebrati (es molluschi, crostacei, insetti...)**

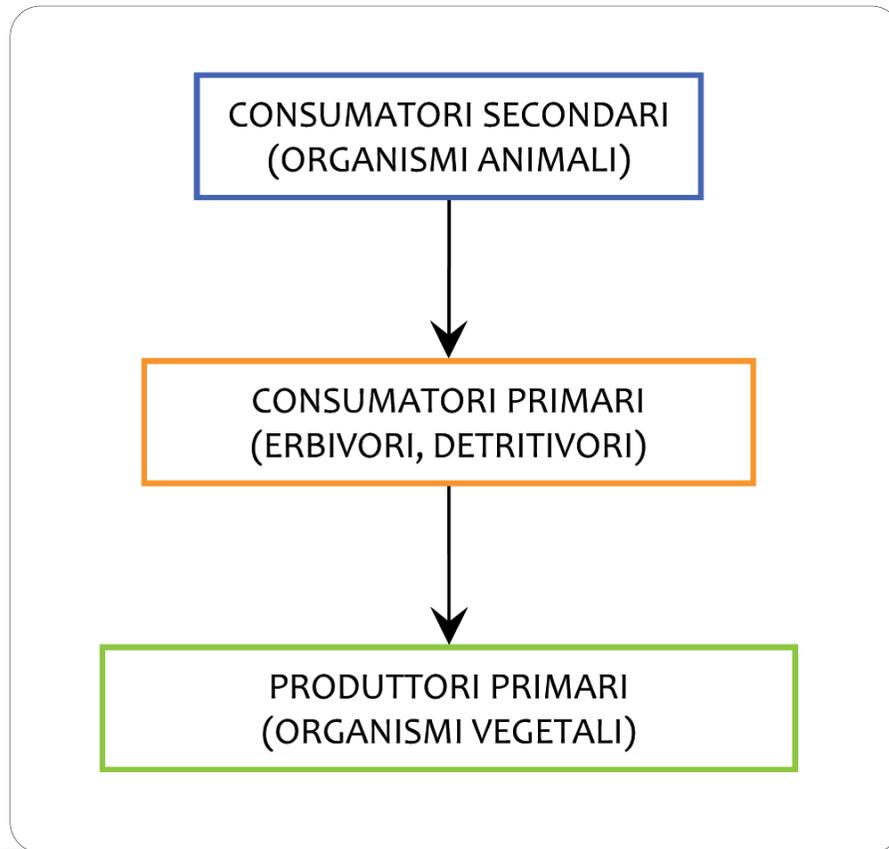
Non solo i pesci e gli invertebrati acquatici vivono all'interno dell'ecosistema fluviale. Anche gli anfibi possono trovare aree di riproduzione privilegiate in corrispondenza delle lanche, così come vi sono specie di uccelli particolarmente legate ai corsi d'acqua. A titolo di esempio si possono citare il merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), assiduo frequentatore dei corsi d'acqua soprattutto montani, che si nutre di macroinvertebrati che pesca nuotando per brevi tratti sott'acqua, e specie quali il topino (*Riparia riparia*), il gruccione (*Merops apiaster*) e il martin pescatore (*Alcedo atthis*) che trovano luoghi adatti alla nidificazione proprio grazie alla dinamica fluviale, in quanto scavano i nidi nelle scarpate erose dal corso d'acqua. Tra i mammiferi non si può non ricordare la lontra (*Lutra lutra*) purtroppo estinta in Piemonte ed estremamente rara in Italia.



**FIGURA I.10** Principali organismi animali dell'ecosistema fluviale. (Figura di G. Sansoni. Tratta da: Seminario sulla gestione degli ambienti perifluviali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - Caratteristiche degli ambienti perifluviali: significato ecologico e valenze ambientali. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC)).

Questi organismi sono legati all'ecosistema fluviale in modo differente: alcuni vivono il loro intero ciclo vitale in acqua, altri sono obbligatoriamente legati all'acqua per il proprio ciclo riproduttivo, altri ancora sfruttano l'ambiente fluviale per trovare nutrimento e riparo.

Alla base della piramide alimentare è la sostanza organica vegetale che rappresenta il cibo dei consumatori primari.



**FIGURA I.11** Esempificazione delle relazioni trofiche dell'ambiente acquatico.

A loro volta i consumatori primari sono preda dei consumatori secondari.

All'interno dell'ecosistema fluviale svolgono un ruolo di particolare importanza i **macroinvertebrati bentonici**, ovvero quegli organismi invertebrati di solito di dimensioni maggiori al millimetro che trascorrono almeno una parte del loro ciclo vitale sui substrati disponibili del corso d'acqua, usando meccanismi di adattamento che li rendono capaci di resistere alla corrente.

A questa categoria appartengono numerosi gruppi: insetti, crostacei, molluschi, ....

Questi organismi svolgono importanti funzioni ecologiche tra le quali, di maggior interesse per l'uomo, il mantenimento di un buon livello del **potere autodepurante** del corso d'acqua (si veda box) grazie al complesso delle attività trofiche che essi svolgono. Una comunità macrobentonica ben diversificata e ben strutturata, infatti, implica la presenza contemporanea di erbivori, carnivori e detritivori che sono in grado di sfruttare al massimo la varietà di apporti alimentari e, soprattutto, di adattarsi alle loro variazioni.

### RELAZIONI TROFICHE DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

A seconda delle modalità di assunzione del cibo, e quindi del ruolo trofico che svolgono all'interno del sistema, i macroinvertebrati vengono distinti rispettivamente in detritivori, erbivori e carnivori.

RUOLO TROFICO	GRUPPO FUNZIONALE	RISORSE ALIMENTARI	ESEMPI
Detritivori	Trituratori	foglie, particelle organiche grossolane e microbi associati	larve di tricoteri, isopodi, ...
	Scavatori	materiale legnoso	larve di ditteri, coleotteri, ...
	Filtratori	particelle organiche fini sospese e microbi associati	larve di tricoteri, bivalvi, ...
	Raccoglitori	particelle organiche fini sedimentate e microbi associati	larve di efemerotteri, ditteri
Erbivori	Trituratori	macrofite	larve di ditteri acquatici
	Raschiatori	perifiton	larve di efemerotteri, gasteropodi, ...
	Perforatori	macrofite	larve di tricoteri
Carnivori	Predatori	prede animali	larve di plecoteri, ditteri, odonati, ...

(Tratto da: I.F.F. 2007 *Indice di funzionalità fluviale* - APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA. Modificato.)

# La componente vegetale dell'ecosistema fluviale

Le formazioni vegetali dell'ecosistema fluviale si sviluppano all'interno e lungo il corso d'acqua a formare **corridoi vegetati** di ampiezza diversa, a seconda delle condizioni idromorfologiche locali.

Tra i **fattori** che maggiormente condizionano la struttura e la composizione della vegetazione associata ai corsi d'acqua si possono citare:

- l'azione meccanica della corrente;
- la frequenza e la durata dei periodi di sommersione ed emersione che possono determinare repentini passaggi da condizioni di asfissia radicale a situazioni di aridità;
- l'oscillazione della falda;
- il substrato (presenza di substrati sciolti e più o meno frequentemente rimaneggiati);
- il chimismo delle acque che può condizionare la composizione della comunità vegetale acquatica;
- la temperatura;
- i cicli temporali e spaziali di erosione e deposizione di suolo.

Tali comunità vegetali sono, quindi, costituite da specie caratterizzate da particolari **adattamenti** che consentono loro di vivere nelle situazioni di elevato stress ambientale che contraddistinguono gli ambienti fluviali. Tali adattamenti possono essere di tipo morfologico (es. flessibilità dei fusti), riproduttivo (es. semi e talee in grado di sopravvivere all'inghiottimento) o fisiologico (es. presenza di tessuti che, incrementando l'efficienza nel trasporto dei gas, consentono alla pianta di sopravvivere in condizioni di sommersione).

La **componente vegetale** dell'ecosistema di un corso d'acqua è costituita da:

## ✓ fitoplancton

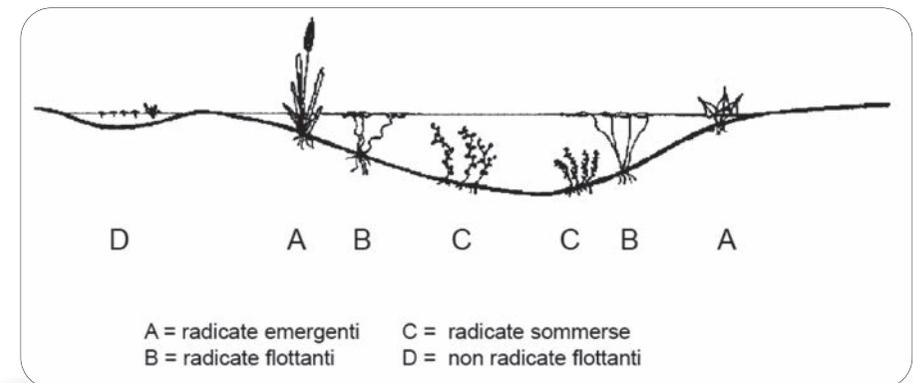
presente soprattutto nei tratti fluviali di pianura, è tipicamente dominato da alghe verdi, diatomee e cianobatteri.

## ✓ perifiton

insieme di microrganismi che vivono aderenti a substrati sommersi di diversa natura (inorganici ed organici, viventi o morti) o che penetrano e si muovono all'interno della maglia costituita dagli altri organismi sessili (cioè fissi). Ne fanno parte: alghe (che costituiscono la componente preponderante in termini di biomassa), funghi, batteri e protozoi.

## ✓ 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.



**FIGURA I.12** Disposizione delle tipologie di piante acquatiche lungo una sezione trasversale. (Figura tratta da: I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale- APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA).

### ✓ **vegetazione riparia**

tipologia di vegetazione che si interpone tra le comunità vegetali acquatiche e le comunità vegetali zonali del territorio circostante, non più influenzate dalla presenza del corso d'acqua, ovvero non più interessate dagli eventi di piena e dalla falda freatica fluviale.

Semplificando, in condizioni di assenza di disturbo antropico, la vegetazione riparia è costituita, a partire dall'alveo di magra, da erbacee **pioniere di greto**, **formazioni arbustive riparie** e **formazioni arboree riparie**. Solitamente le **erbacee pioniere di greto** si insediano all'interno dell'alveo di morbida, dove il continuo rimaneggiamento del fondo e la periodica sommersione non consentono l'affermazione di popolamenti arborei e/o arbustivi.

Le **formazioni arbustive** iniziano la colonizzazione a partire dalle zone di alveo sommerse solo in occasione degli eventi di piena (alveo di piena ordinaria). I **popolamenti arborei**, infine, si ritrovano solo nelle regioni fluviali rimaneggiate meno frequentemente dagli eventi di piena (alveo di piena eccezionale) e sfumano più o meno gradatamente nelle formazioni vegetali zonali dei territori circostanti.

Il **dinamismo fluviale**, con il passaggio delle piene e le modificazioni morfologiche che ne conseguono, è quindi determinante nel mantenere il **complesso mosaico della vegetazione perifluviale** costituito sia da specie riparie che da specie acquatiche o palustri (es. nelle lanche e nei bracci secondari). Tali formazioni vegetali costituiscono, infatti, un sistema "immaturato" che può esistere solo grazie all'azione distruttiva delle piene che, con il loro passaggio, rinnovano e modificano continuamente tale mosaico di habitat. Le opere di regimazione idraulica, nel loro opporsi alla dinamica fluviale (ad es. impedendo le esondazioni ed ostacolando i normali processi di erosione e sedimentazione), hanno quindi un impatto estremamente rilevante nei confronti della biodiversità vegetale (e quindi animale

ad essa associata). In tali circostanze le formazioni riparie, acquatiche e palustri, tenderanno, infatti, ad essere progressivamente sostituite dalla vegetazione zonale presente nei territori circostanti che, in assenza del "disturbo fluviale", rappresenta lo stadio verso cui tenderà il dinamismo vegetazionale.

#### ALVEI

- **Alveo di magra:** parte dell'alveo, all'interno del letto ordinario, che resta bagnato in condizioni di magra.
- **Alveo di morbida:** porzione di alveo occupata durante le condizioni di morbida alta (condizione idrologica di portata ordinaria). In questa porzione di alveo le condizioni (frequenza e durata delle sommersioni, abrasione della vegetazione esercitata dalla corrente di piena e rotolamento dei ciottoli) sono tali per cui gli arbusti non hanno la possibilità di svilupparsi. Durante i periodi asciutti l'alveo di magra viene colonizzato, nella parte più esterna, dalle specie erbacee pioniere di greto.
- **Alveo di piena ordinaria** (per i corsi d'acqua non arginati). Alveo, solitamente molto più esteso di quello di morbida, inondato dalle piene ordinarie (con tempo di ritorno di circa 4 anni). Oltre all'alveo inciso, comprende la piana inondabile e le aree adiacenti caratterizzate dalla presenza di quelle formazioni arbustive che di solito non sono interessate dalla sommersione o dal ristagno d'acqua.
- **Alveo di piena straordinaria o eccezionale:** porzione del letto fluviale occupata durante episodi di piena eccezionale. Si tratta di una porzione più estesa dell'alveo di piena ordinaria, che può comprendere anche la fascia perifluviale interessata da formazioni arboree. (IFF, 2007)

# La funzione della VEGETAZIONE RIPARIA

- ✓ La vegetazione riparia, all'interno dell'ecosistema fluviale, svolge importanti funzioni sia dal punto di vista ecologico che dal punto di vista idraulico.

## VEGETAZIONE RIPARIA

Tipologia di vegetazione che si interpone tra le comunità vegetali acquatiche e le comunità vegetali zonali del territorio circostante, non più influenzate dalla presenza del corso d'acqua. E' costituita, a partire dall'alveo di magra, da erbacee pioniere di greto, formazioni arbustive riparie, formazioni arboree riparie.

Va sottolineato che il termine "riparia" si riferisce alla composizione delle comunità vegetali che sono costituite da specie riparie, cioè adattate ad insediarsi nel corridoio fluviale (specie in grado di sopportare la corrente, il deposito di sedimento, l'abrasione e la rottura dei fusti; specie dotate di semi e talee che sopravvivono all'inghiainamento; specie pioniere in grado di attecchire su suoli nudi; specie in grado di colonizzare ambienti periodicamente sommersi); il termine perifluviale ha, invece, un significato topografico e prescinde dalla composizione in specie.

La fascia caratterizzata dalla presenza di vegetazione riparia ("fascia riparia") rappresenta una zona di transizione (in ecologia "ecotono") tra due sistemi adiacenti. Le zone di transizione, o gli ecotoni, sono zone dinamiche caratterizzate da un'elevata biodiversità. (IFF, 2007)

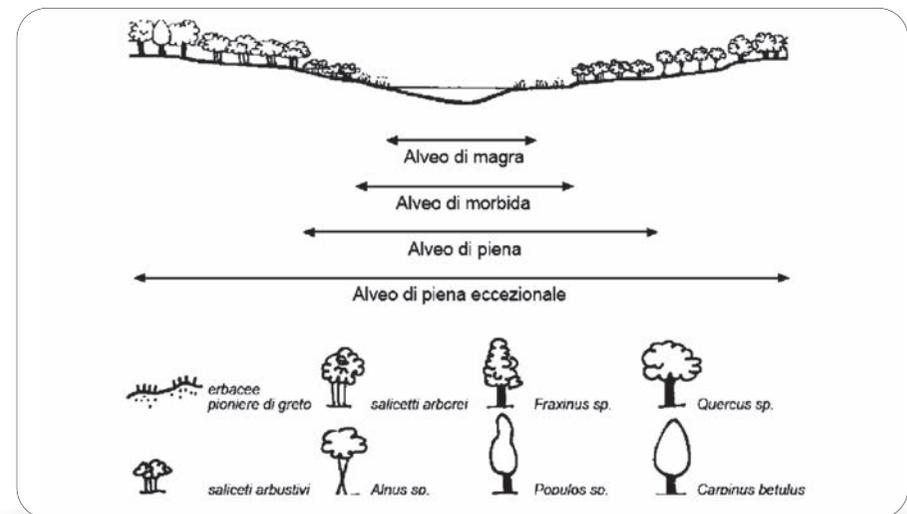
## Alcuni esempi di funzioni "ecologiche":

- ✓ apporto di **materia organica** al corso d'acqua (sottoforma di detriti vegetali);
- ✓ creazione di un **microclima** particolare in prossimità del corso d'acqua (la vegetazione trattiene l'umidità del suolo e induce, principalmente mediante l'ombreggiamento, una diminuzione della temperatura dell'aria);
- ✓ **regolazione termica** delle acque (l'ombreggiamento impedisce che l'acqua raggiunga temperature elevate);

- ✓ funzione di **corridoio ecologico** per le specie animali (soprattutto nei contesti territoriali antropizzati i corsi d'acqua spesso costituiscono uno dei pochi elementi naturali rimasti in grado di offrire cibo e rifugio);
- ✓ funzione **filtro** nei confronti degli inquinanti dilavati dai territori circostanti (tale funzione è particolarmente significativa quando il corso d'acqua attraversa aree agricole);

## Esempi di funzioni "idraulico-meccaniche":

- ✓ riduzione dell'erosione spondale e consolidamento delle sponde;
- ✓ funzione di omeostasi idraulica (la vegetazione riparia, aumentando la scabrezza, svolge un'azione di regolazione delle piene attenuandone i picchi);
- ✓ intercettazione dei sedimenti e del materiale vegetale.



**FIGURA I.13** Distribuzione della vegetazione riparia lungo una sezione trasversale. (Figura tratta da: I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale- APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA).

## FUNZIONI IDRAULICO-MECCANICHE

La vegetazione riparia quindi può rappresentare un naturale strumento di difesa del territorio, limitando gli effetti di eventi alluvionali.

### LE FUNZIONI IDRAULICO-MECCANICHE SVOLTE DALLA VEGETAZIONE RIPARIA

#### ⇒ REGOLAZIONE DEL CORSO D'ACQUA

La presenza della vegetazione riparia garantisce, in caso di piena, il rallentamento della velocità della corrente poiché contribuisce ad aumentare la scabrezza della sezione interessata dal passaggio dell'acqua. La fascia riparia, inoltre, rallenta l'onda di piena fungendo da cassa di espansione: essa, infatti, trattiene grandi quantità di acqua che poi rilascia gradualmente.



#### ⇒ INTERCETTAZIONE DEI SEDIMENTI E DEL MATERIALE VEGETALE

La presenza di alberi e arbusti nella fascia riparia, riducendo la velocità della corrente, favorisce la deposizione dei sedimenti. Inoltre, la vegetazione riparia, intercetta e trattiene il materiale vegetale trasportato dall'acqua (es. tronchi), impedendo che questo vada ad ostruire i ponti.



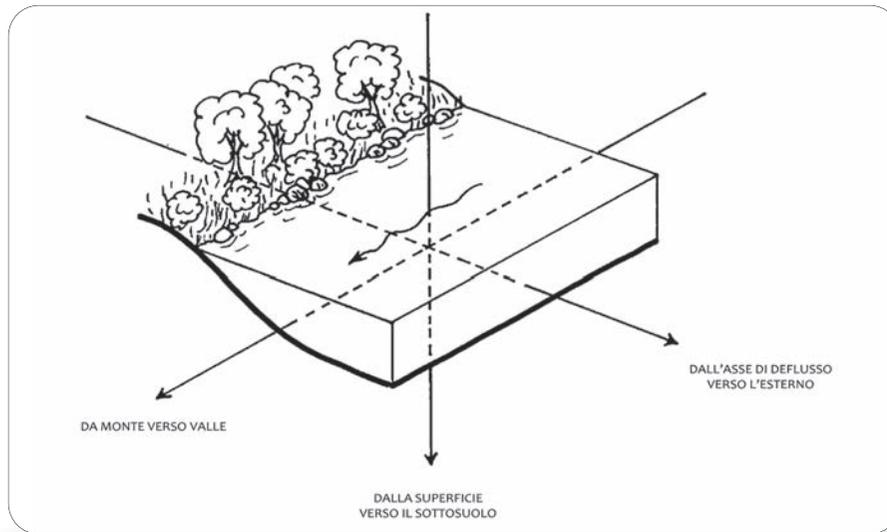
COESIONE SUOLO

RIDUZIONE DELLA VELOCITA'

#### ⇒ RIDUZIONE DELL'EROSIONE SPONDALE e CONSOLIDAMENTO DELLE SPONDE

Le specie riparie, adattate a questo particolare ambiente, sono dotate di apparati radicali profondi che rendono il suolo coeso, svolgendo un'efficace azione di consolidamento delle sponde. Le specie riparie, inoltre, contribuiscono ad aumentare la scabrezza e, quindi, a rallentare la corrente. L'assenza di vegetazione riparia o la sostituzione con altre specie favorisce i fenomeni erosivi.

(Foto di: Servizio Difesa del Suolo e Attività Estrattiva - Provincia di Torino)

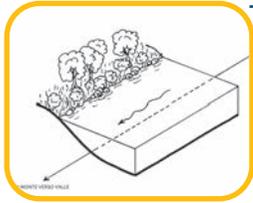


**FIGURA I.14** Approccio pluridimensionale all'ambiente fluviale. (Figura tratta da: I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale- APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA). Modificata.

Di seguito vengono sinteticamente introdotti alcuni concetti di ecologia fluviale al fine di comprendere le principali caratteristiche e i principali meccanismi del funzionamento dell'ecosistema fluviale.

I concetti che seguono vengono esposti secondo la **chiave di lettura** introdotta precedentemente, che analizza il corso d'acqua secondo le sue **tre dimensioni**: da monte verso valle (**asse longitudinale**), laterale, ovvero dall'asse di deflusso principale verso l'esterno (**asse trasversale**) e dalla superficie verso il sottosuolo (**asse verticale**). I tre assi vengono esaminati secondo diversi **approcci**: **idraulico**, **geomorfologico**, **biologico** ed **ecologico**.

# IL CORSO D'ACQUA da monte verso valle

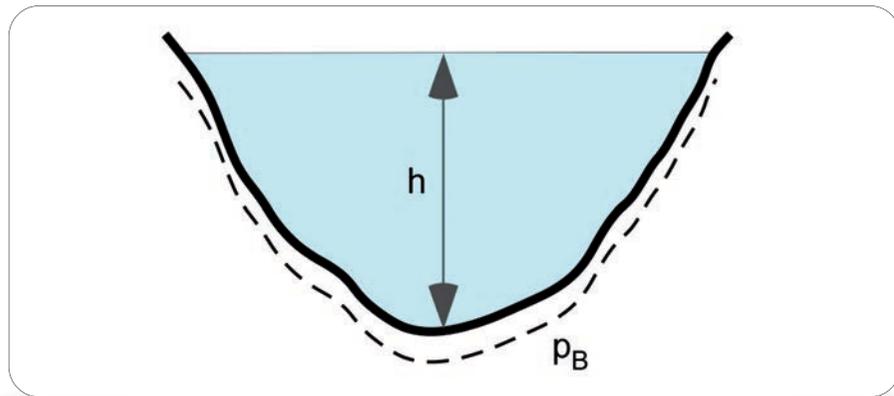


**FIGURA I.15** La dimensione longitudinale del corso d'acqua.

## Il corso d'acqua da monte verso valle dal punto di vista idraulico

L'idraulica di un corso d'acqua naturale è una scienza molto complessa che non può essere sviscerata in questa sede. Qui ci si limita ad accennare alle **correnti idriche** che percorrono i corsi d'acqua naturali (fiumi e torrenti) e che sono caratterizzate dall'aver la parte superiore della superficie di contorno a contatto con l'atmosfera (**superficie libera o pelo libero**) e **moto turbolento**.

Le correnti a pelo libero in natura sono sempre in moto turbolento, in idraulica spesso le correnti sono considerate in **moto uniforme** per motivi di semplificazione dei calcoli.



**FIGURA I.16** Sezione trasversale corso d'acqua esemplificativa dei fattori introdotti dalla formula di Chezy (Autore R. Vatteroni).

Il moto uniforme è un particolare tipo di moto che mantiene le medesime caratteristiche (profondità, sezione bagnata, portata, diagramma di velocità, densità, viscosità, turbolenza) nel tempo e nello spazio.

La formula di moto uniforme comunemente utilizzata è quella di Chezy:

$$Q = A \chi \sqrt{R i_f}$$

dove:

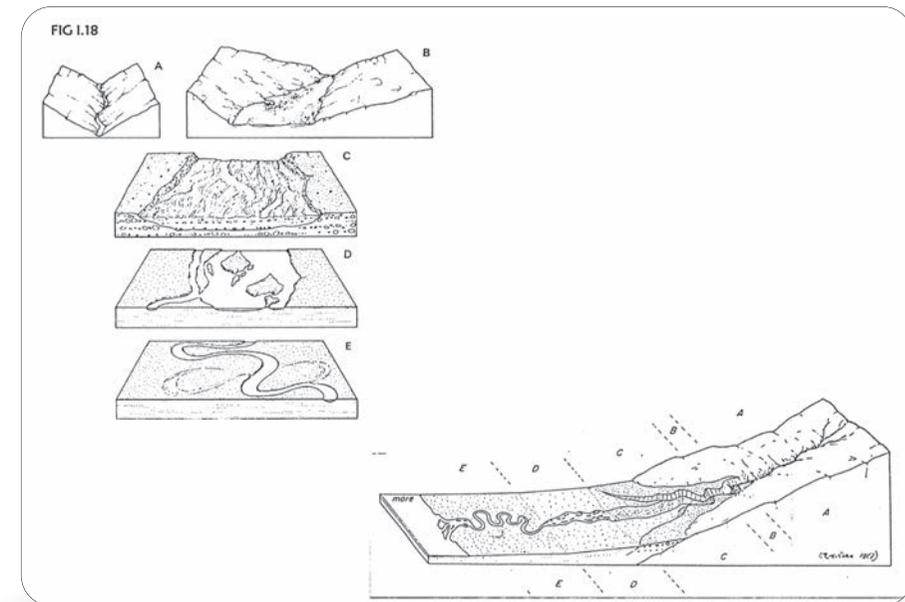
**Q** : portata;

**A** : area sezione bagnata;

**$\chi$**  : coefficiente di scabrezza;

**R** : raggio idraulico (rapporto tra area bagnata e perimetro bagnato);

**$i_f$**  : pendenza fondo alveo.



**FIGURA I.17** Rappresentazione schematica delle diverse forme d'alveo. Figura tratta da: "I diversi tipi di alvei fluviali e la loro evoluzione" di L. Trevisan 1968 Quaderni dell'Accademia Nazionale dei Lincei, 112.

La portata è senza dubbio il parametro più utilizzato nello studio delle caratteristiche idrologiche di un corso d'acqua. Essa esprime il volume d'acqua che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione trasversale al fiume.

In uno stesso corso d'acqua è possibile distinguere una portata media, una portata minima (detta portata di magra) e una portata massima (detta portata di piena).

Procedendo da monte verso valle la portata di un corso d'acqua aumenta mentre la velocità della corrente diminuisce gradatamente in quanto vi è una diminuzione delle pendenze.

La porta di un corso d'acqua varia in funzione di molti fattori primi fra tutti la quantità e l'intensità delle precipitazioni piovose e nevose. Richiamando il concetto di tempo di corrivazione (si veda box) gli afflussi meteorici si trasformano in deflussi misurabili in corrispondenza delle sezioni di chiusure del bacino idrografico sotteso (si veda box).

In conclusione quando si ha una portata misurata in una sezione (per esempio in prossimità di un insediamento urbano) si esplica una compresenza di tutte le portate di tutti i corsi d'acqua confluenti a monte della sezione presa in esame (ciascun corso d'acqua ha un proprio tempo di corrivazione).

Il corso d'acqua scorrendo quindi da monte verso valle aumenta progressivamente la sua portata in proporzione al contributo di ciascun affluente.

### **Variazioni morfologiche del corso d'acqua da monte verso valle**

Nello scorrere da monte verso valle, il corso d'acqua risente della variazione di due parametri fondamentali:

#### **variazione della pendenza**

e quindi conseguentemente della velocità di deflusso e della energia delle acque

#### **variazione della disponibilità e della dimensione delle granulometrie dei sedimenti**

Il corso d'acqua, in un **contesto montano o collinare**, nella parte di **testata del suo bacino** idrografico presenta generalmente forti acclività; queste si traducono in una maggiore capacità di erosione e trasporto delle acque il che genera degli alvei profondamente incisi. Inoltre, date le granulometrie grossolane presenti nel contesto montano prevarrà il trasporto di fondo rispetto a quello in sospensione.

La capacità di erosione di un corso d'acqua così come l'attitudine a sedimentare influiscono anche sull'andamento del corso d'acqua e sulla conformazione dell'alveo che nella parte di testata in un contesto montano si presenta più frequentemente monocursale ad andamento rettilineo (indice di sinuosità inferiore a 1.1) con fondo a gradini, a letto piano o a *pool and riffle*, inciso in roccia o in sedimenti molto grossolani.

### INDICI MORFOLOGICI

L'**indice di sinuosità** è il rapporto tra la lunghezza misurata lungo il corso d'acqua e la lunghezza misurata lungo la valle.

L'**indice di intrecciamento** è il numero medio di canali attivi separati da barre.

L'**indice di anastomizzazione** è il numero medio di canali attivi separati da isole fluviali.

Nei settori di testata lungo le aree ad elevata pendenza (15°-20°) scarsamente vegetate e con elevata presenza di materiale detritico (falde di detrito o accumuli di frane) si generano con frequenza le **colate detritiche torrentizie (debris flow)** che, successivamente al loro innesco, possono scorrere all'interno dell'alveo preesistente oppure liberamente sul versante. Tali colate sono fenomeni intermedi tra le piene torrentizie e i moti gravitativi; si generano in occasione di precipitazioni intense e sono costituite da miscele mobili di sedimento di varia pezzatura caratterizzate da una frazione solida che può raggiungere anche il 90% del totale del materiale che si mobilizza. Le colate detritiche si muovono verso valle con velocità che possono superare i 6 m/s.

### COLATA DETRITICA TORRENTIZIA (DEBRIS FLOW)

La densità del fluido che costituisce la colata gli permette di sviluppare una notevole forza erosiva e di trasportare al suo interno massi anche ciclopici; la deposizione del materiale e l'arresto della colata avvengono nel momento in cui la pendenza del versante diminuisce o la frazione fluida scende al di sotto di un valore limite. In ambiente alpino tali fenomeni sono molto frequenti lungo i conoidi e la loro elevata forza distruttiva, l'imprevedibilità e la velocità che li caratterizza comportano gravi rischi per gli abitati montani.



**FIGURA I.18** Foto panoramica di una colata detritica a Villar Pellice il 31 maggio del 2008 (Provincia di Torino)

Nel procedere verso valle, il corso d'acqua raggiunge gli **areali di raccordo tra i rilievi montani e le pianure alluvionali**; la conseguente diminuzione della pendenza longitudinale dell'alveo comporta la diminuzione della capacità di trasporto e la diminuzione della tendenza erosionale. Porta invece alla deposizione dei sedimenti grossolani trasportati come carico di fondo.

Lungo questi tratti, il corso d'acqua assume frequentemente una morfologia di **tipo transizionale** caratterizzata da alveo a canali multipli e larghezze molto maggiori rispetto alle profondità. Tale alveo risulta occupato in gran parte da barre emerse. Un'altra morfologia ricorrente è quella a canali intrecciati che, verso valle, tendono a diventare anastomizzati.

### MORFOLOGIE DEL CORSO D'ACQUA

I corsi d'acqua vengono suddivisi in:

transizionale e a loro volta, sulla base del valore dell'indice di intrecciamento in

a) **wandering**: presentano un indice di intrecciamento compreso tra 1 e 1.5 e locale presenza di isole fluviali;

b) **sinuoso a barre alternate**: presentano caratteristiche simili agli alvei di tipo wandering, ma essendo caratterizzati da un maggior numero di canali effimeri in caso di portate ridotte il loro indice di intrecciamento scende.

a) **canali intrecciati**: a canali multipli separati da barre fluviali e caratterizzati da un indice di intrecciamento superiore a 1.5

**anastomizzati**: a canali multipli separati da isole fluviali e caratterizzati da un indice di anastomizzazione superiore a 1.5.



**FIGURA I.19** Foto panoramica di un tratto d'alveo del Pellice multicursale con barre e isole.

### FORME DEPOSIZIONALI

**Barre**: superfici deposizionali costituite da sedimenti analoghi a quelli presenti sul fondo dell'alveo, che restano però emersi in condizione di alveo di magra. Queste forme in occasione degli eventi di piena vengono sommerse ed obliterate

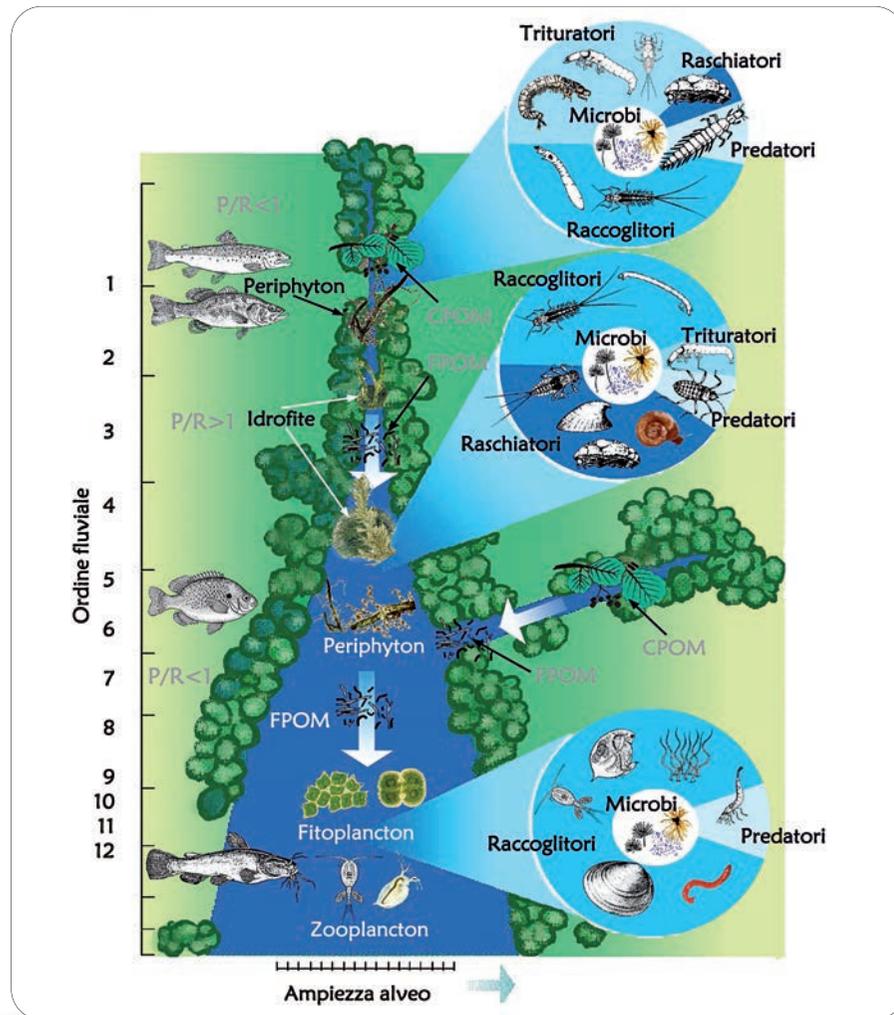
**Isole**: superfici deposizionali costituite da sedimenti analoghi a quelli della pianura alluvionale, restano emergenti anche in condizione di portata a rive piene e presentano vegetazione arborea o arbustiva pluriennale.

Nelle **aree di pianura** più distanti dai rilievi montuosi, infine, l'energia di trasporto è molto più bassa e le granulometrie disponibili molto più fini, prevale quindi la sedimentazione di materiale fine trasportato in sospensione.

Lungo questi tratti il corso d'acqua torna ad assumere conformazione monocursale sinuosa (indice di sinuosità (si veda box) approssimativamente compreso tra 1.1 e 1.5) o meandriforme (indice di sinuosità maggiore di 1.5) ossia caratterizzato da una successione più o meno regolare di meandri.

### MEANDRI

Vengono definiti meandri dei tratti curvilinei di corsi d'acqua a fondo mobile caratterizzati da migrazione innescata dall'erosione sulla sponda concava e dalla deposizione sulla sponda convessa.



**FIGURA I.20** Le relazioni proposte dal River Continuum Concept (CPOM=Coarse Particulate Organic Matter o materia organica particolata grossolana; FPOM=Fine Particulate Organic Matter o materia organica particolata sottile) (Figura di Illies e Botosaneanu, 1963. Tratta da: Seminario sulla gestione degli ambienti perifluviali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - Caratteristiche degli ambienti perifluviali: significato ecologico e valenze ambientali. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC).

## Variazioni ecologiche del corso d'acqua da monte verso valle

Nel suo scorrere da monte verso valle, il fiume attraversa ambienti differenti che ne influenzano le caratteristiche idrologiche, idrauliche, morfologiche, fisiche e chimiche, in relazione al variare delle quali corrispondono cambiamenti nella composizione delle comunità animali e vegetali.

Ecco due esempi di come può essere interpretato un corso d'acqua da monte verso valle.

### ✓ Il continuum fluviale (River Continuum Concept)

La struttura e le funzioni delle comunità biologiche, quindi, dipendono dalle condizioni geomorfologiche ed idrauliche medie dell'ecosistema. Le comunità acquatiche e il metabolismo del corso d'acqua non sono determinati solo dalle condizioni locali, i processi che si instaurano a valle sono, infatti, connessi con gli eventi che accadono a monte.

Nella figura che segue viene evidenziato come il variare delle condizioni idrologiche, morfologiche e biologiche determini un susseguirsi di ecosistemi, caratterizzati da determinate comunità animali e vegetali, e governati da specifiche relazioni.

**Nel tratto montano** del corso d'acqua, la comunità degli invertebrati è dominata dalla presenza di trituratori e raccoglitori sostenuti dall'abbondanza di detrito organico grossolano (es. foglie e rami) fornito dalla vegetazione riparia. Poiché la vegetazione riparia occupa una zona più ampia rispetto all'estensione dell'alveo, questo le consente non solo di



**FIGURA I.21** Zonazione ittica semplificata (Tratto da: Regione Piemonte - Carta ittica relativa al territorio della regione piemontese. Torino, 1992).

essere la principale fonte di cibo, ma anche causa dell'ombreggiamento dell'alveo stesso. L'ombra riduce lo sviluppo degli organismi fotosintetici (es. alghe).

**Scendendo verso valle** l'alveo aumenta di dimensioni, di conseguenza si riduce la superficie ombreggiata e aumenta lo sviluppo degli organismi fotosintetici. Tra gli invertebrati aumenta la presenza dei raschiatori, organismi che si nutrono del particolato organico fine prodotto dai trituratori nel tratto a monte. I trituratori, invece, in questo tratto sono meno abbondanti.

**Nelle zone di pianura**, fino alla foce, l'alveo si allarga ancora rendendo trascurabile l'ombreggiamento. Nonostante ciò la fotosintesi contribuisce in misura poco significativa alla produzione primaria poiché è limitata dalla torbidità dell'acqua. A causa delle ingenti quantità di materia organica particolata fine proveniente da monte, i raschiatori diventano l'elemento dominante nella comunità degli invertebrati.

### ✓ La zonazione ittica

Anche la composizione delle comunità ittiche dipende dai fattori che caratterizzano il corso d'acqua e, quindi, varia lungo il corso d'acqua a seconda di come variano, per esempio, il tipo di substrato, il regime termico ed idrologico o la presenza di determinate comunità vegetali. Attraverso la cosiddetta *zonazione ittica* è possibile suddividere un corso d'acqua in tratti ecologicamente uniformi (e quindi con condizioni morfodinamiche simili) in base alla popolazione di pesci ospitata.

Per i corsi d'acqua piemontesi vengono distinte:

- la **zona a salmonidi**: definita tale per la presenza, ad esempio, della trota fario e della trota marmorata e caratterizzata da acque limpide e ben ossigenate, corrente molto veloce, fondo a massi o ciottoli, temperature inferiori ai 16-17°C e scarsa presenza di macrofite;
- la **zona a ciprinidi reofili** (vale a dire la zona dei ciprinidi di acque correnti): è caratterizzata dalla presenza di specie come il barbo e il barbo canino, acque raramente torbide e discretamente ossigenate, corrente veloce, fondo con ghiaia e sabbia, temperature inferiori a 18-20°C e moderata presenza di macrofite;
- la **zona a ciprinidi limnofili** (ovvero la zona dei ciprinidi di acque stagnanti): sono presenti il cavedano, la scardola, il vairone, ...; caratteristiche di questo tratto sono acque frequentemente torbide e moderatamente ossigenate, bassa velocità della corrente, fondo fangoso e abbondanza di macrofite.

Esiste anche una quarta zona definita **zona a mugilidi**, caratteristica dell'ambiente di foce, che ci si limita a citare per completezza, ma che non viene trattata perché non presente all'interno del contesto dei corsi d'acqua alpini.

# IL CORSO D'ACQUA dalla superficie verso il sottosuolo

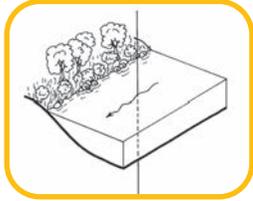


FIGURA I.22 La dimensione verticale del corso d'acqua.

## Il corso d'acqua dal pelo libero al fondo dal punto di vista idraulico

Come già detto il moto delle correnti dell'acqua nell'alveo viene considerato in idraulica spesso in modo semplificato ossia in moto uniforme. La rappresentazione grafica della velocità della corrente lungo il profilo di un corso d'acqua avviene mediante vettori di velocità graficamente rappresentanti la velocità della corrente in ogni punto.

Come messo in evidenza dalla formula di Chezy la velocità della corrente è influenzata dalla scabrezza dell'alveo che fa sì che la distribuzione della velocità della corrente nel moto uniforme, dal pelo libero al fondo, sia decrescente.

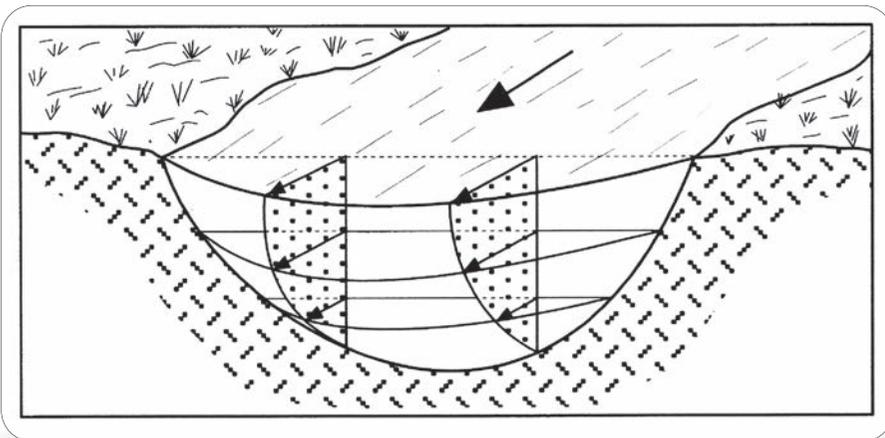


FIGURA I.23 Distribuzione longitudinale della velocità della corrente (Autore R. Vatteroni).

## Variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso verticale

Dal punto di vista **geomorfologico** e **idrogeologico** i corsi d'acqua possono presentare tre assetti differenti:

### ✓ corsi d'acqua con alveo impermeabile o semimpermeabile

Sono impostati generalmente in roccia e sostanzialmente tendono ad erodere il proprio alveo. La loro genesi è da attribuirsi principalmente al ruscellamento superficiale che si raccoglie ed erode lungo direttrici preferenziali depresse arrivando a formare un vero e proprio alveo. Le acque di questi corsi d'acqua non sono sostanzialmente isolate dalle acque sotterranee circostanti

### ✓ corsi d'acqua con alveo permeabile e alimentanti la falda

Sono caratterizzati dall'alternanza di processi erosivi e sedimentari, e si trovano generalmente a scorrere al di sopra dei propri depositi. Questo assetto idrogeologico si riscontra con maggiore frequenza nelle aree di raccordo tra i rilievi rocciosi e le pianure alluvionali (conoidi), e nelle aree di pianura nei settori distali dalla testata. In queste aree il corso d'acqua cede parte delle sue acque alla falda ospitata nell'acquifero.

### ✓ corsi d'acqua con alveo permeabile e drenanti la falda

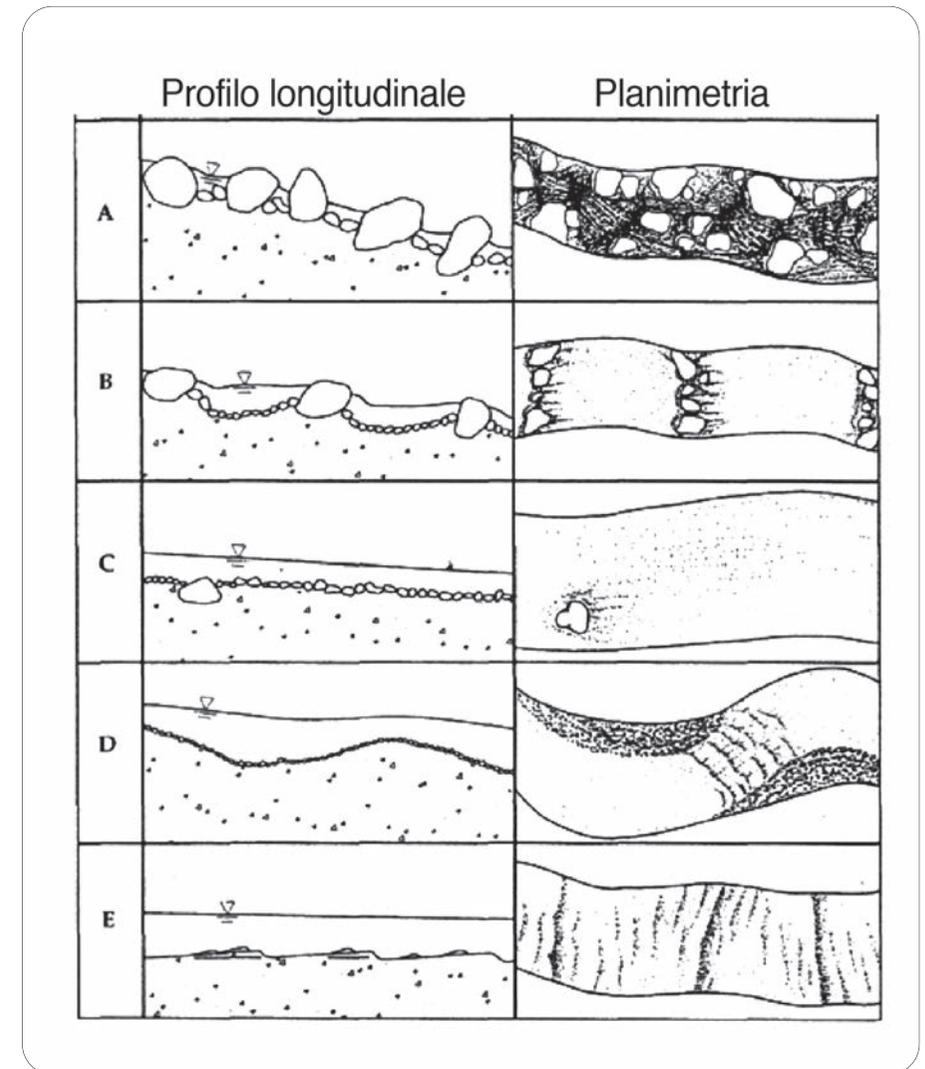
Sono caratterizzati dall'alternanza di processi erosivi e sedimentari, e si trovano generalmente a scorrere al di sopra dei propri depositi. Questo

assetto idrogeologico si riscontra con maggiore frequenza nelle aree di pianura alluvionali soprattutto intravallive. In queste aree il corso d'acqua riceve parte della sua alimentazione dalla falda, anche se resta determinante l'apporto dell'acqua che scorre in superficie diffusa e incanalata.

Le variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso verticale sono anche strettamente correlate alla pendenza longitudinale dell'asta torrentizia che influisce sulla conformazione del profilo dell'alveo.

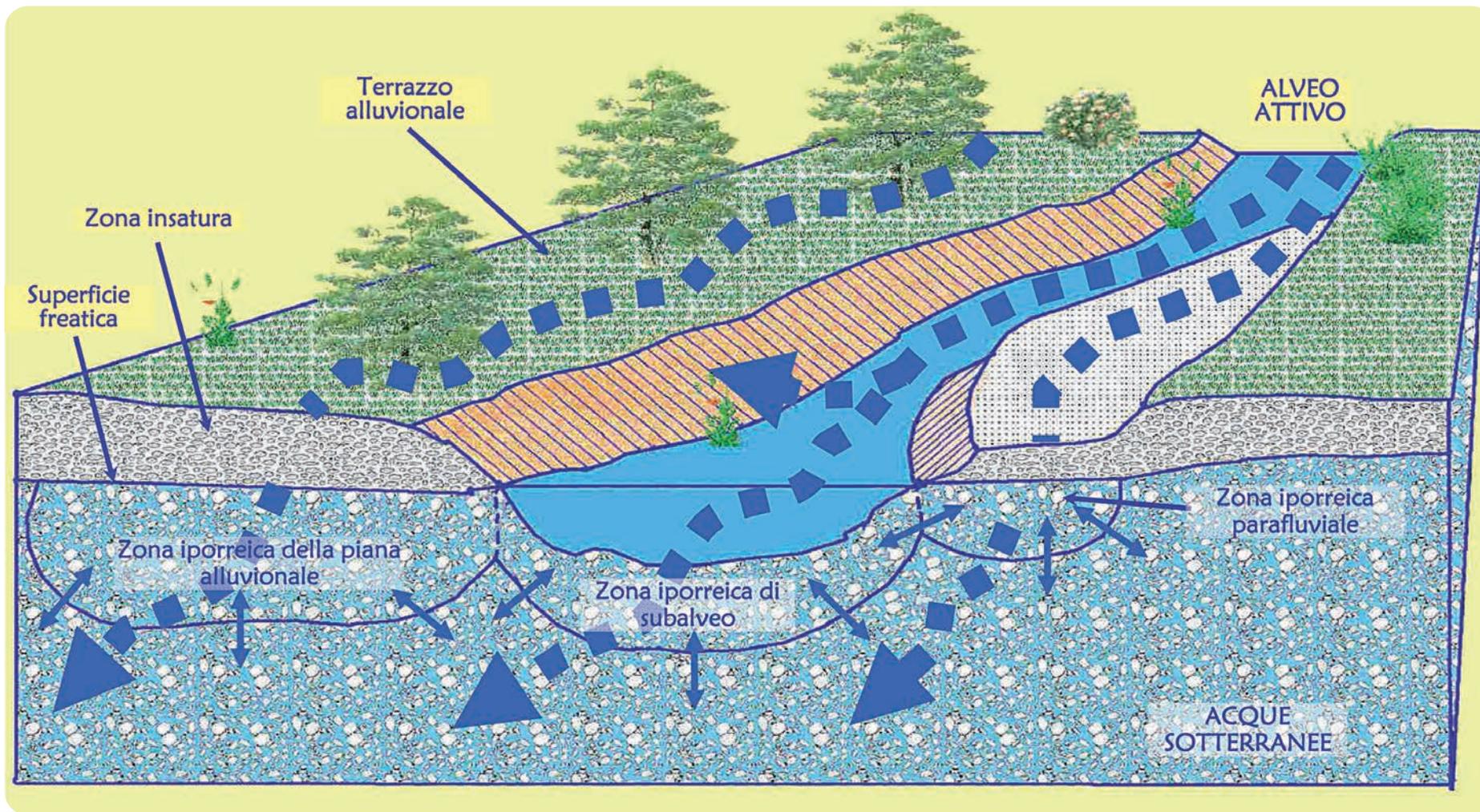
#### VARIAZIONI MORFOLOGICHE DEGLI ALVEI DEI CORSI D'ACQUA

- **a gradinata (pendenza maggiore del 3%)** alvei caratterizzati da morfologie a *step and pool* o da morfologie più caotiche; presentano dei gradini aventi altezza superiore al livello di piena ordinaria. I gradini sono costituiti da accumuli di massi e localmente anche di tronchi posti trasversalmente all'alveo, e sono separati da pozze. Essi indicano una alta capacità di trasporto del carico solido e caratterizzati da una granulometria fortemente eterogenea;
- **a letto piano (pendenza compresa tra 1% e 3%)** alvei con un profilo longitudinale privo di brusche variazioni altimetriche, sono caratterizzati da una granulometria meno eterogenea rispetto agli alvei a gradinata e da una inferiore capacità di trasporto
- **a riffle-pool (pendenza inferiore a 1-2%)** alvei ghiaiosi caratterizzati dalla alternanza di settori con maggiore altezze d'acqua e velocità di corrente più bassa denominati *pool* e da settori con altezze d'acqua inferiore e velocità di corrente superiore denominati *riffle*;
- **a dune (pendenza inferiore a 0,5%)** alvei sabbiosi caratterizzati da alternanze di dune e increspature. La loro presenza è legata a condizioni morfologiche peculiari che hanno generato dei vasti territori pianeggianti in ambiente montano (colmamenti di laghi di frana, conche di origine glaciale ecc).



**FIGURA I.24** Rappresentazione schematica delle diverse morfologie dei corsi d'acqua montani. Figura tratta da: Montgomery D.R. & Buffington J.M. (1997) – Channel morphology in mountain drainage basins. Geol.Soc. of America Bull.

Variazioni del corso d'acqua in senso verticale



**FIGURA I.25** Relazioni tra le acque superficiali e le acque sotterranee. (Figura da R.T. Edwards, 1998. Tratta da: Seminario sulla gestione degli ambienti periglaciali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - Caratteristiche degli ambienti periglaciali: significato ecologico e valenze ambientali. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC).

## **Variazioni ecologiche del corso d'acqua in senso verticale**

**La zona iporreica:** zona di transizione tra le acque superficiali e le acque sotterranee.

È un ambiente estremamente dinamico che presenta diversi motivi di interesse:

- è una **attiva zona di connessione** tra l'alveo e la vegetazione riparia;
- è un ecotono con **intensi gradienti fisici e chimici**, di notevole interesse anche per la biodiversità;
- i processi che in essa si svolgono (es. **autodepurazione**) possono essere determinanti per la qualità delle acque fluviali;
- è una **zona di rifugio** per la fauna acquatica negli episodi di stress ambientali (piene, secche);
- il suo **rilascio di nutrienti** influenza la produzione primaria delle comunità superficiali e accelera il recupero dopo disturbi ambientali (es. piene).

È quindi una **superficie attiva**, i cui processi biologici sono in grado di **influenzare grandemente la qualità delle acque fluviali e le comunità che in esse vivono**.

# IL CORSO D'ACQUA dall'asse di deflusso verso l'esterno

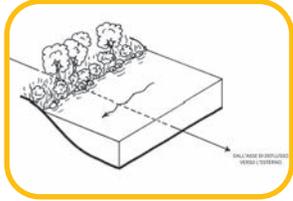


FIGURA I.26 La dimensione trasversale del corso d'acqua.

## Il corso d'acqua in senso trasversale dal punto di vista idraulico

La velocità, varia anche lungo la sezione trasversale ed assume valori massimi al centro alveo e valori minimi nelle aree golenali; anche in questo caso la scabrezza delle sponde gioca un ruolo molto importante. La rappresentazione della distribuzione della velocità della corrente di un corso d'acqua è data dalle **isotachie**, ossia le curve date dall'unione dei punti ad uguale velocità.

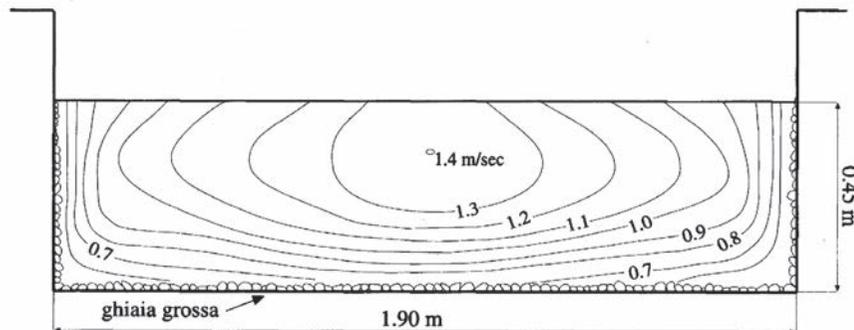


FIGURA I.27 Distribuzione delle isotachie. Rappresentazione semplificata riferita a cabalette sperimentali a forma rettangolare. Figura tratta da: Geomorfologia fluviale di Mauro Marchetti (2000 Pitagora Editrice Bologna)

## Variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso trasversale (dal corso d'acqua verso l'esterno)

In una pianura alluvionale si ha regolarmente una variazione dell'assetto del corso d'acqua derivante dalla progressiva variazione delle linee di drenaggio; tale variazione può essere indotta da fenomeni di erosione laterale o da fenomeni deposizionali sufficientemente consistenti che avvengono in occasione di piene. Questo fenomeno genera una vera e propria migrazione dell'alveo del corso d'acqua che, nel tempo, si sposta ciclicamente in una fascia di territorio molto più ampia della larghezza media del suo alveo. Tale fascia rappresenta l'inviluppo di tutte le fasce di territorio occupate dal migrare del corso d'acqua nel tempo (almeno da quelle di cui è rimasta traccia) e costituisce lo spazio vitale del fiume. Buona



FIGURA I.28 Panoramica di uno dei paleovalvei lungo il T. Pellice (Politecnico di Torino)

pratica è quella di lasciare al fiume tale spazio vitale almeno nei tratti dove questo non sia già stato parzialmente o completamente antropizzato.

I vincoli naturali che si oppongono a tali variazioni sono rappresentati, procedendo dall'interno dell'alveo verso l'esterno, da:

### ✓ **argini naturali**

sono delle forme deposizionali convesse e nastriformi disposte parallelamente ad un corso d'acqua. In sezione si presentano come un cuneo di sedimenti avente un lato più acclive rivolto verso il corso d'acqua e una granulometria media decrescente verso l'esterno.

### **ARGINE NATURALE**

Questa forma si genera in occasione delle tracimazioni diffuse delle acque da un canale: le acque che si espandono sulla pianura diminuiscono infatti bruscamente la loro velocità e di conseguenza la loro capacità di trasporto solido, deponendo così i sedimenti in carico, i più grossolani in un settore più prossimo al corso d'acqua e quelli più fini in uno più distale.

### ✓ **orli di terrazzi fluviali**

Un terrazzo fluviale è una morfoscultura composta legata all'alternarsi nel tempo di fenomeni di migrazione laterale, di deposizione e di approfondimento. La sua presenza è connessa all'azione di un corso d'acqua avente una tendenza a lungo termine comunque impostata verso l'erosione e l'approfondimento, e la sua genesi può essere legata alla erosione o "terrazzamento" sia di una pianura alluvionale che di un fondo- valle alluvionale o di un conoide

### **TERRAZZO FLUVIALE**

Dal punto di vista morfologico, un terrazzo è costituito da:

- 1) una superficie piana e a debole inclinazione indicata come superficie sommitale o superficie terrazzata che costituisce la sommità del corpo alluvionale
- 2) una rottura di pendio che delimita verso l'alveo la superficie sommitale e che viene indicata con il nome di scarpata o orlo di terrazzo fluviale; è costituita dalla scarpata erosionale generatasi in seguito all'approfondimento erosionale successivo alla deposizione del sedimento alluvionale che costituisce il corpo del terrazzo.



**FIGURA I.29** Panoramica di un terrazzo in erosione lungo il T. Pellice.

✓ **conoidi**

I conoidi fluviali sono delle forme complesse aventi superficie a forma di segmento di cono con l'apice rivolto verso monte in corrispondenza del corso d'acqua (conoidi attivi) derivanti dal succedersi di episodi di erosione e sedimentazione. Tali forme si generano per effetto della brusca variazione della capacità di trasporto in settori in cui il corso d'acqua cambia rapidamente la sua acclività; sono molto frequenti quindi in corrispondenza degli sbocchi vallivi delle valli secondarie laddove i tributari confluiscono nel corso d'acqua principale. I conoidi torrentizi e fluviali infatti formano generalmente le superfici di raccordo tra i ripidi versanti montani e la pianura di fondovalle. Data la loro ridotta acclività e la posizione rilevata rispetto al livello delle più significative piene del corso d'acqua principale sono stati nei secoli scelti come luogo preferenziale per l'ubicazione di nuovi insediamenti, con le conseguenti problematiche di controllo della tendenza evolutiva del conoide e conseguente regimazione.

✓ **margini vallivi**

Nel senso più ampio del termine sono da intendersi come i rilievi rocciosi che bordano la pianura alluvionale

**IL CONOIDE**

A causa della variazione della capacità di trasporto in occasione delle piene il corso d'acqua si trova a deporre repentinamente i sedimenti grossolani che stava trasportando, modificando la topografia e creando una zona rilevata.

Alla piena successiva il corso d'acqua cambia la posizione del suo alveo ponendosi in una zona depressa limitrofa a quella in cui aveva deposto in occasione della piena precedente; questa successione di deposizioni e di variazioni di percorso genera nel tempo uno spostamento dell'alveo definito "a tergitristallo" che genera la forma a segmento di cono del conoide.



**FIGURA I.30** Panoramica di un conoide lungo il versante destro della Val Figurane (Francia) (R. Vatteroni).

**Variazioni ecologiche del corso d'acqua in senso trasversale (dal corso d'acqua verso l'esterno)**

✓ **Il corso d'acqua non è solo il canale principale!**

Lungo la dimensione trasversale di un corso d'acqua è possibile individuare, in funzione delle caratteristiche idro-morfologiche, una differente distribuzione delle comunità animali e vegetali.

Ad esempio la composizione delle comunità macrobentoniche è differente lungo la sezione trasversale dell'alveo in relazione alla tipologia del sub-

## Guida di buone pratiche **II CORSO D'ACQUA dall'asse di deflusso verso l'esterno**

strato (ciottoli, sabbia, ...) e della velocità della corrente (che può formare raschi – *riffles*- e pozze – *pools*-).

Anche la zona di contatto tra il corso d'acqua e l'ambiente circostante (la cosiddetta “*fascia riparia*”) è caratterizzata da una successione di particolari specie vegetali, ciascuna delle quali è capace di colonizzare una precisa fascia in relazione al rapporto che ha con il regime delle piene.

La dimensione trasversale alla direzione della corrente è, quindi, costituita da una **successione di microhabitat** che hanno una notevole influenza sulla funzionalità del corso d'acqua, intesa come capacità dell'ecosistema fluviale di svolgere e mantenere i processi e le **relazioni trofico-funzionali** di un corso d'acqua.

In questo contesto assumono particolare importanza le **zone umide riparie**, particolari ecosistemi caratterizzati da velocità della corrente bas-

sissima e dalla presenza di vegetazione palustre, che costituiscono parte integrante dell'ambiente fluviale. Esse comprendono, per esempio, alvei secondari, anse profonde e tortuose, meandri abbandonati e rami morti originati dall'azione modellatrice del corso d'acqua.

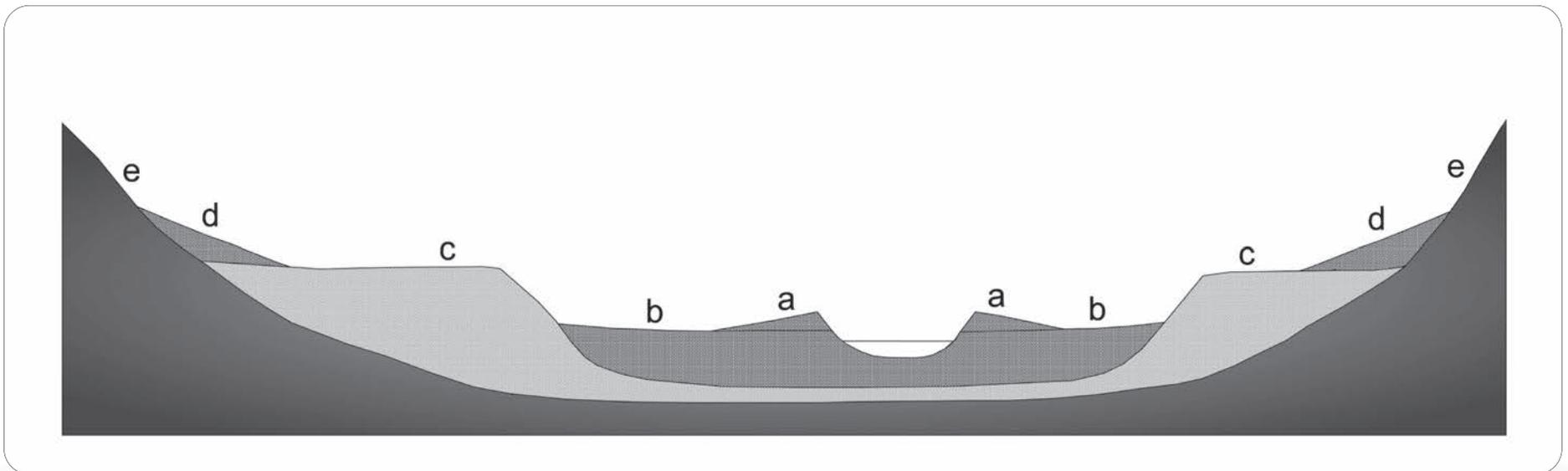
Le zone umide riparie svolgono numerose funzioni in quanto elemento di connessione tra il corso d'acqua e l'ambiente terrestre circostante:

### ✓ azione “tampone”

nei confronti del corso d'acqua intercettando le acque meteoriche di dilavamento cariche di nutrienti e di inquinanti.

### ✓ costante apporto di materia organica

al corso d'acqua compensando l'impoverimento che esso subisce in seguito alle piene.



**FIGURA I.31** Schema rappresentativo delle variazioni morfologiche del corso d'acqua in senso trasversale. a) argini naturali; b) pianura alluvionale recente, attuale; c) terrazzi; d) conoidi; e) margini vallivi.

**✓ contributo alla biodiversità**

poiché rappresentano un habitat per numerose specie (per es. aree di riparo, riproduzione e svezzamento per l'ittiofauna, rifugi per la fauna selvatica, habitat vitali per anfibi, rettili e alcuni mammiferi, ...) e un collegamento tra differenti ecosistemi (per es. rotte di transito per gli uccelli migratori ed altri animali).

In questa successione di microhabitat, la vegetazione riparia svolge un ruolo di fondamentale importanza.



**FIGURA I.32** Zonazione trasversale in un tratto planiziale del corso d'acqua. (Figura tratta da: Seminario sulla gestione degli ambienti perifluviali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - Caratteristiche degli ambienti perifluviali: significato ecologico e valenze ambientali. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC).

# Dinamicità e diversità dell'ecosistema fluviale

La diversità dell'ambiente fluviale è frutto delle dinamiche fluviali e può essere preservata grazie all'azione modellatrice svolta dai processi di erosione, trasporto e sedimentazione e al rinnovamento generato dal periodico "disturbo" idraulico delle piene.

Per esempio l'andamento pulsante delle piene (o *Flood Pulse Concept*, concetto formulato a metà degli anni '80 che identifica nel ripetersi delle esondazioni l'elemento responsabile delle dinamiche che intercorrono tra corso d'acqua e la sua zona esondabile) favorisce il rigenerarsi degli habitat di transizione (o ecotoni - si veda box), caratterizzati dalla presenza di una fauna ed una flora ecotonali di grande valore ecologico, in grado di tollerare peculiari condizioni di vita.

## PIANA INONDABILE

"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 [...] è colonizzata dalla 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". (IFF, 2007)

L'attività dell'uomo induce **profonde alterazioni nella morfologia** degli ambienti fluviali:

✓ **indirettamente:** attraverso modifiche dell'uso del suolo;

✓ **direttamente:** mediante opere idrauliche.

Queste alterazioni incidono negativamente sulla funzionalità fluviale poiché modificano le condizioni morfologiche e idrodinamiche del corso d'acqua e, di conseguenza, gli habitat.

# I servizi ecosistemici

✓ Preservare l'integrità e la salute di un ecosistema è di fondamentale importanza, non solo per la sopravvivenza dell'ecosistema stesso, ma soprattutto per l'uomo: l'uomo, infatti, dipende dagli ecosistemi che sostengono la vita e l'attività umana e ne favoriscono e ne migliorano la qualità offrendo dei veri e propri servizi, detti "servizi ecosistemici".

I **servizi ecosistemici** rappresentano quindi "*i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano*" (Secondo la definizione data dal *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005).

Essi comprendono l'approvvigionamento idrico e la purificazione dell'aria, il riciclo naturale dei rifiuti, la formazione del suolo, l'impollinazione e i meccanismi regolatori di cui la natura, lasciata a se stessa, si avvale per controllare le condizioni climatiche e le popolazioni di piante e animali.

## TIPOLOGIE DI SERVIZI ECOSISTEMICI

Gli esperti hanno identificato quattro diverse tipologie di servizi, tutte di vitale importanza per il benessere e la salute dell'uomo:

- servizi di approvvigionamento, che forniscono i beni veri e propri, quali cibo (carne, pesce, verdure, ...), acqua, combustibili e materiali (es. legname);
- servizi di regolazione, che regolano il clima, le precipitazioni e le maree, la depurazione dell'acqua, la diffusione delle malattie e l'impollinazione;
- servizi culturali, relativi alla bellezza all'ispirazione e allo svago che contribuiscono al nostro benessere spirituale;
- servizi di supporto, che comprendono la formazione del suolo, la fotosintesi e il ciclo dei nutrienti che costituiscono la base della produzione alimentare.

In particolare la **conservazione della biodiversità** è di fondamentale importanza per la sopravvivenza degli ecosistemi stessi e quindi gioca un ruolo chiave nel garantire l'offerta dei servizi ecosistemici. Alla luce del

fatto che la biodiversità è minacciata (molte specie sono già scomparse o stanno scomparendo) l'Unione Europea ha messo a punto un piano d'azione per arrestare la perdita di biodiversità.

## BIODIVERSITÀ

La biodiversità esprime la diversità delle forme viventi che si esplica a livello di ecosistema (come interazione tra gli elementi viventi), di specie e di patrimonio genetico.

Tra le principali minacce per la biodiversità si possono citare:

- il cambiamento dell'uso del suolo (urbanizzazione e agricoltura intensiva);
- lo sfruttamento incontrollato delle risorse (per es. dello stock ittico);
- l'inquinamento;
- i cambiamenti climatici;
- l'introduzione di specie esotiche (alloctone) che competono con la flora e la fauna indigene (autoctone).

Una delle iniziative intraprese dalla Commissione Europea e dalla Germania, in collaborazione con numerosi altri partner internazionali, consiste nello studio "*Economia degli ecosistemi e della biodiversità*" (The Economics of Ecosystem and Biodiversity, TEEB) che si pone l'obiettivo di fornire una valutazione economica dei servizi ecosistemici. Tale quantificazione permetterà di introdurre a tutti gli effetti i servizi ecosistemici nei meccanismi di mercato (ad esempio tramite il loro pagamento) e di valutare, all'interno di processi decisionali di tutti i livelli, gli effetti di una determinata scelta in termini di costi per la perdita di tali servizi o di guadagni per il loro mantenimento o potenziamento.

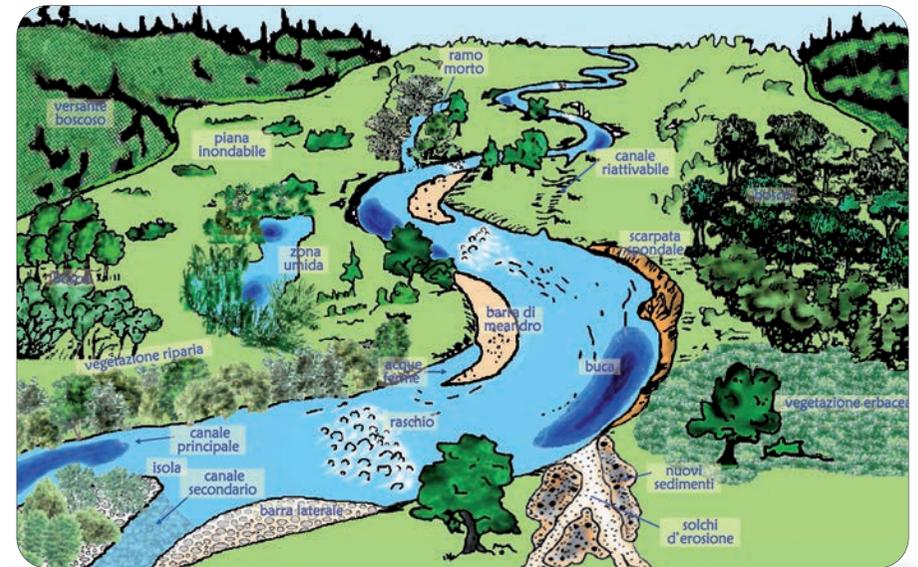
La relazione intermedia TEEB del maggio 2008 ha già stimato che, a livello mondiale, la perdita annuale dei servizi ecosistemici costa all'umanità circa 50 miliardi di euro.

Tale premessa mette in evidenza l'importanza che i corsi d'acqua integri in tutte le loro componenti rivestono in termini di offerta di servizi ecosistemici.

Tra le principali funzioni assolte da un **ecosistema fluviale "sano"**, si possono, infatti, ricordare le seguenti che presentano anche vantaggi evidenti per l'uomo:

- ✓ **l'approvvigionamento di acqua** diretto e indiretto, attraverso la ricarica delle falde, per gli usi umani (potabile, irriguo e industriale);
- ✓ **la depurazione delle acque** dagli inquinanti attraverso il mantenimento di habitat per le comunità che depurano (autodepurazione);
- ✓ **l'omeostasi idraulica** che si esplica:
  - sia attraverso l'attenuazione delle piene: la vegetazione perifluviale rallenta la corrente e le aree umide laterali (es. lanche) contribuiscono a trattenere parte dell'acqua di piena;
  - sia attraverso l'attenuazione delle magre tramite il passaggio di acqua dalle zone di accumulo naturali dell'ecosistema fluviale (falde e aree umide laterali) al corso d'acqua stesso;
- ✓ **la mitigazione degli effetti dei gas serra** (mediante assorbimento di biossido di carbonio da parte delle specie vegetali riparie e acquatiche);

- ✓ **la conservazione del paesaggio;**
- ✓ **il mantenimento della biodiversità:** i corsi d'acqua rappresentano corridoi ecologici preferenziali per la diffusione, e quindi la conservazione, di specie animali e vegetali (le specie supportate dai corsi d'acqua possono costituire fino al 50% delle specie presenti a scala di bacino);
- ✓ **l'offerta di servizi ricreativi e sportivi** (itinerari pedonali, balneazione, canoeing, pesca, ...).



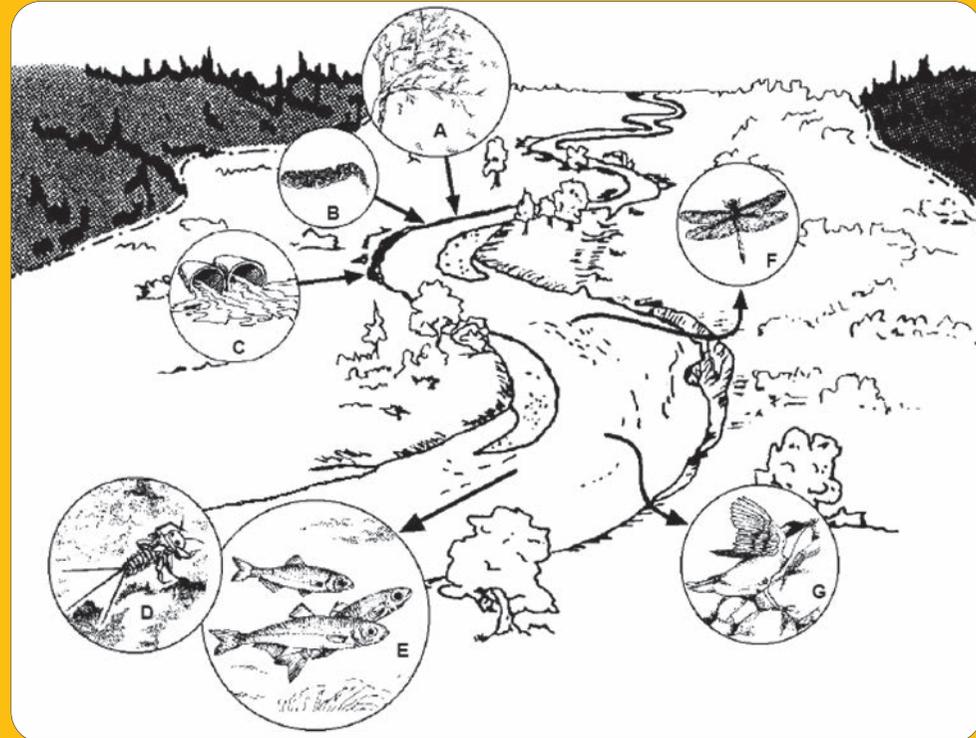
**Fig. I.33** La diversità dell'ambiente fluviale. (Figura di G. Sansoni, 2006. Tratta da: Seminario sulla gestione degli ambienti perifluviali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - *Caratteristiche degli ambienti perifluviali: significato ecologico e valenze ambientali*. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC).

## IL POTERE AUTODEPURANTE DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

La materia organica che arriva al corso d'acqua, quali foglie e frammenti vegetali, ma anche scarichi antropici, viene demolita ad opera di microrganismi e della comunità macrobentonica.

Un passaggio chiave di tale processo è costituito dai macroinvertebrati tagliuzzatori che sminuzzano i detriti organici grossolani rendendoli più facilmente degradabili da parte dei batteri la cui azione, in un sistema che si autoalimenta, rende a sua volta la materia organica disponibile ad altri gruppi di macroinvertebrati che si nutrono di particelle organiche di dimensioni minori. Tali processi portano alla mineralizzazione della sostanza organica i cui prodotti possono essere assorbiti e quindi riciclati dalla componente vegetale. L'efficienza del sistema autodepurante è a sua volta condizionata dall'integrità dell'ambiente terrestre circostante, con particolare riferimento alla fascia di vegetazione riparia che svolge una duplice funzione depurante agendo sia da filtro meccanico che 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 (micro-ambienti 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). ... 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” (IFF, 2007).



**FIGURA I.34** L'essenza del processo autodepurante. I rifiuti organici provenienti dal territorio (A: foglie e frammenti vegetali, B: escrementi e spoglie animali, C: scarichi antropici), raggiunto il fiume vengono assunti dagli organismi acquatici (D: macroinvertebrati, E: pesci, ecc.) e trasformati in biomassa vivente che, in parte, viene restituita al territorio sotto forma di insetti (F), uccelli (G) e altri organismi. (Figura di: G. Sansoni, 1997. Tratta da: Gestione dei corsi d'acqua tra funzionalità ecologica e sicurezza idraulica. L'esperienza del Consorzio di Bonifica Dese Sile. Anno Accademico 2007 - 2008. Tesi di laurea di P. Miglionini. Università degli Studi di Padova. Facoltà di Agraria).

# Valutazione della qualità dei corsi d'acqua

La **valutazione della qualità dei corsi d'acqua** è fondamentale al fine di una loro **corretta gestione**, in quanto conoscerne lo stato di salute rappresenta la base di partenza per qualsiasi intervento che riguardi l'ecosistema fluviale.

L'analisi dei dati relativi alla qualità dei corsi d'acqua permette infatti ad esempio di valutare se siano necessari interventi per migliorare la qualità di un ecosistema fluviale compromesso (anche nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi richiesti dalla normativa comunitaria), oppure di individuare gli impatti di un'azione su un corso d'acqua al fine di predisporre le idonee misure di mitigazione o di proporre soluzioni alternative a minor impatto ambientale.

Numerosi sono i metodi applicabili per tali valutazioni.

Tradizionalmente si distinguono metodi di tipo analitico, relativi principalmente alle **analisi chimico-fisiche** delle acque e **indici** che si basano sull'utilizzo di **indicatori ambientali** che valutano la qualità dell'ecosistema fluviale attraverso l'analisi di una o più componenti dell'ecosistema stesso. Tali metodi non si escludono l'uno con l'altro ma vanno utilizzati **in modo integrato**, in quanto forniscono elementi di conoscenza diversi, ma ugualmente utili, al fine di una corretta interpretazione dell'integrità del corso d'acqua.

La valutazione della qualità ambientale richiederebbe lo svolgimento di indagini approfondite di tutte le componenti dell'ecosistema fluviale, con costi elevati e tempi molto lunghi. L'indicizzazione ambientale nasce quindi da un lato dall'esigenza di ridurre tali indagini, ottenendo comunque risultati significativi, e dall'altro di trasporre tali risultati in modo sintetico (es. un valore numerico al quale associare una classe di qualità).

A questo scopo sono stati individuati gli **indicatori ecologici** che sono parametri (fisici, chimici o biologici) in stretta relazione con un fenomeno o una caratteristica ambientale di cui sono in grado di riassumere gli aspetti più importanti. La rappresentazione funzionale o integrata di uno o più indicatori, viene definita **indice ecologico**. Gli indici, infatti, derivano dall'elaborazione delle risposte fornite dagli indicatori.

In particolare il rilevamento delle alterazioni ambientali mediante parametri biologici, **indicatori biologici**, si basa sullo studio e l'interpretazione degli effetti prodotti dai cambiamenti ambientali sugli organismi viventi (animali o vegetali) e, soprattutto, sulle loro comunità.

Infatti, l'alterazione dei livelli ottimali dei fattori biotici e abiotici (tenore di ossigeno, temperatura, morfologia, regime idrologico...) di un ecosistema si riflette sulle diverse specie di una comunità provocando dei cambiamenti nella sua struttura. In particolare si assiste alla progressiva riduzione (fino alla scomparsa) delle specie più sensibili e al contemporaneo aumento delle specie più tolleranti che diventano la componente dominante della comunità.

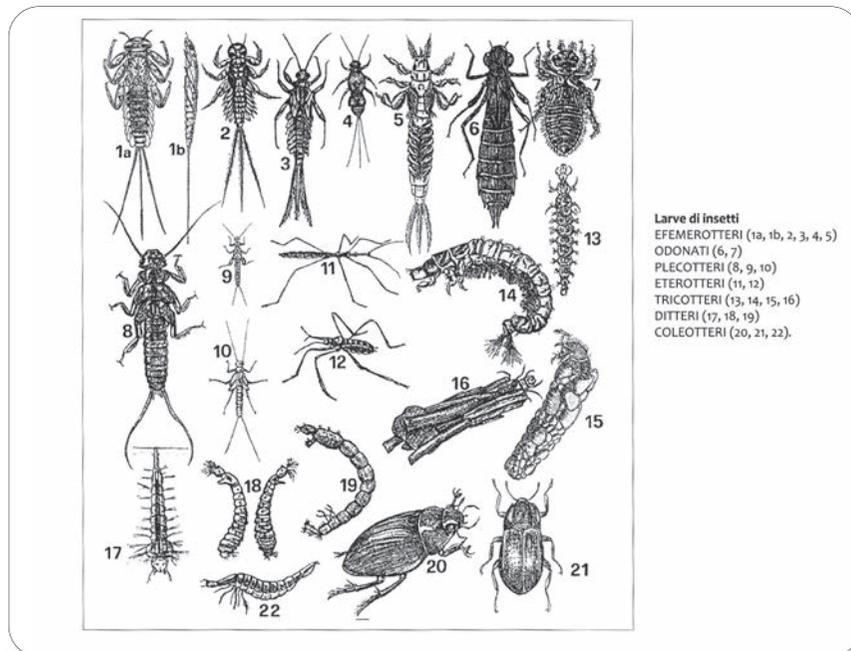
Per poter essere un buon indicatore biologico, un organismo deve essere molto sensibile alle variazioni dei fattori che caratterizzano l'ambiente in cui vive; cioè deve avere un ristretto *range* di tolleranza rispetto ai valori considerati ottimali per la specie. Gli organismi che hanno una maggior tolleranza alle variazioni ambientali, infatti, non si prestano ad essere usati come indicatori.

Per esempio, le **macrofite acquatiche** sono ritenute 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.

Per valutare la qualità dei corsi d'acqua sono molto utilizzate anche le

comunità di **macroinvertebrati bentonici**, cioè l'insieme dei popolamenti di invertebrati visibili ad occhio nudo che vivono per almeno una parte della loro vita su substrati sommersi, usando meccanismi di adattamento che li rendono capaci di resistere alla corrente (per es. Insetti, Crostacei, Molluschi, Irudinei, Tricladi, Oligocheti, ...). Questi organismi sono particolarmente adatti ad indicare le alterazioni indotte in un corso d'acqua poiché si tratta di organismi facilmente campionabili e dotati di un ampio spettro di specie diversamente sensibili agli agenti inquinanti e, più in generale, alle alterazioni dell'ecosistema.

Uno dei metodi di bioindicazione, basato sulla componente macrobentonica, è l'**Indice Biotico Esteso o IBE**.



**FIGURA I.35** Alcuni esempi di invertebrati. Larve di insetti. (Figura tratta da: Provincia di Torino. Forneris G., Perosino G. C., Elementi di Idrobiologia. La gestione delle risorse idriche, un esempio di applicazione: l'ecosistema fluviale dell'Orco. EDA)

### INDICE BIOTICO ESTESO (I.B.E.)

È un metodo utilizzato a valutare la qualità biologica di un tratto di un corso d'acqua mediante il campionamento dei macroinvertebrati bentonici ed il confronto tra la composizione di una comunità "attesa" in un dato tratto di fiume con la composizione della comunità realmente "presente" nel medesimo tratto. Si basa sul principio che un'alterazione ambientale (inquinamento, alterazioni fisiche, ...) causa delle modificazioni nella comunità di macroinvertebrati con scomparsa dei gruppi più sensibili all'inquinamento e proliferazione di quelli più tolleranti.

Il valore dell'indice viene calcolato attraverso l'uso di una tabella a due entrate: in ordinata sono riportati i gruppi faunistici in ordine di sensibilità crescente e in ascissa sono riportati gli intervalli numerici relativi al numero totale delle unità sistematiche ritrovate nel sito di campionamento. L'intersezione delle due entrate traduce la lista dei taxa in un valore numerico e, quindi, di giudizio di qualità.

Classi di Qualità	Valore IBE	Giudizio di Qualità	Colore di Riferimento
CLASSE I	10-11-12-...	Ambiente non inquinato o comunque non alterato in modo sensibile	
CLASSE II	8-9	Ambiente con moderati sintomi di inquinamento o di alterazione	
CLASSE III	6-7	Ambiente inquinato o comunque alterato	
CLASSE IV	4-5	Ambiente molto inquinato o comunque molto alterato	
CLASSE V	0-1-2-3	Ambiente fortemente inquinato o fortemente alterato	

Tabella di conversione dei valori IBE in classi di qualità con relativo giudizio e colore per la rappresentazione cartografica.

Un ulteriore esempio di indice applicato in ecologia fluviale è rappresentato dall'**Indice di Funzionalità Fluviale o IFF**, un metodo di indagine di tipo olistico, che si pone l'obiettivo di fornire una lettura critica e inte-

grata delle principali componenti che caratterizzano l'ecosistema fluviale, al fine di addivenire a una valutazione della funzionalità fluviale.

### INDICE di FUNZIONALITÀ FLUVIALE (I.F.F.)

Che cos'è la **funzionalità fluviale**? E' la "capacità dell'ecosistema fluviale di svolgere e di mantenere i processi e le relazioni trofico-funzionali di un corso d'acqua".

SCHEMA 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°.....

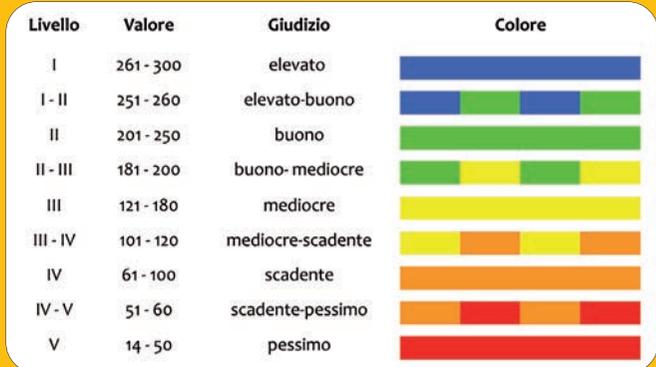
	sponda dx	sx
<b>1) Stato del territorio circostante</b>		
a) assenza di antropizzazione	25	25
b) presenza di aree naturali e usi antropici del territorio	20	20
c) colture stagionali e/o permanenti; urbanizzazione rada	5	5
d) aree urbanizzate	1	1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia periferuale primaria</b>		
a) presenza 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
<b>2bis) Vegetazione presente nella fascia periferuale secondaria</b>		
a) presenza 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
<b>3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia periferuale</b>		
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
<b>4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia periferuale</b>		
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

**FIGURA I.36** Stralcio della scheda di rilevamento dell'IFF (Figura tratta da: I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale- APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA).

La **valutazione della funzionalità fluviale** è importante in quanto un'elevata funzionalità è indice di un corso d'acqua "robusto", cioè in grado di rispondere meglio alle alterazioni di tipo ambientale, (es. inquinamento), mentre una bassa funzionalità esprime una fragilità intrinseca del sistema che quindi sarà particolarmente vulnerabile nei confronti di eventuali impatti.

L'IFF operativamente si applica attraverso l'utilizzo di un'apposita scheda composta di 14 domande che riguardano le principali caratteristiche ecologiche del corso d'acqua (la vegetazione periferuale, il regime idraulico, la struttura dell'alveo e della sezione trasversale, le componenti vegetali e biologiche in alveo). Sommando i punteggi assegnati a ciascuna domanda, si ottiene un valore numerico che viene tradotto in diversi livelli di funzionalità a ciascuno dei quali corrisponde un giudizio di funzionalità. Ad ogni livello di funzionalità viene associato un colore differente per la rappresentazione cartografica (vengono tracciate due linee, una per sponda, con colore differente a seconda del livello di funzionalità assegnato a ciascun tratto indagato).

Occorre ricordare come naturalità e funzionalità non siano sinonimi. Benché spesso ad elevati valori di funzionalità corrisponda anche un'elevata naturalità, vi sono circostanze in cui ciò non accade. E' il caso, ad esempio, dei corsi d'acqua di alta quota, dove, anche in condizioni di elevata naturalità, solitamente la funzionalità è bassa (ad esempio per l'assenza della vegetazione arborea ma non solo). In tali circostanze l'IFF permette di evidenziare la scarsa capacità di questi ecosistemi fluviali di assorbire le pressioni derivanti dal contesto territoriale, per cui modeste alterazioni possono indurre profondi cambiamenti nelle comunità biologiche e nella funzionalità di questi sistemi che si ripercuotono in un abbassamento della qualità del corso d'acqua stesso.



**FIGURA I.37** Livelli di funzionalità e relativo giudizio e colori di riferimento (Figura tratta da: I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale- APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA. Modificata).



**FIGURA I.38** Esempio di restituzione cartografica dell'IFF (Progetto PELLIDRAC - Pellice e Drac si parlano: histoire d'eau - Servizio Difesa del Suolo e Attività Estrattiva - Provincia di Torino).

# Criteri da applicare per la valutazione dell'indispensabilità di intervento

✓ A monte della fase progettuale, le ipotesi di interventi o di opere devono essere vagliate alla luce dei seguenti criteri:

## ✓ **Necessarietà:**

**L'intervento e/o l'opera sono necessari? Rappresentano la migliore soluzione possibile alla problematica da risolvere?**

Per rispondere a tali domande è indispensabile:

- effettuare una **valutazione tecnico-scientifica** di quali sono le **problematiche idrauliche e/o di dissesto idrogeologico** che necessitano di essere risolte (se le criticità **non** risultano fondate, prima ancora di passare alle fasi successive d'esame, l'intervento o l'opera possono essere fin da subito valutati come non necessari);
- studiare e capire il **funzionamento idraulico, geomorfologico ed ecosistemico** del corso d'acqua a scala di bacino idrografico;
- indagare, sulla base delle conoscenze acquisite nei punti precedenti, quali sono le **alternative** di intervento prendendo in considerazione, tra le alternative progettuali, anche la riqualificazione fluviale.

In particolare l'elevato costo delle opere idrauliche e l'impatto paesaggistico e ambientale che comporta la loro costruzione, obbliga a procedere, nell'analisi delle alternative, ad un'accurata analisi del **rapporto** tra **costi previsti** e **benefici attesi**. Questa valutazione per essere completa deve prendere in considerazione almeno i seguenti parametri:

- **risorse economiche** necessarie per la realizzazione e la manutenzione dell'opera/intervento;
- **valore economico dei beni esposti** protetti a seguito della realizzazione dell'opera/intervento;

- **impatto ambientale** esercitato dall'opera/intervento sulle componenti flora, fauna, ecosistemi e paesaggio;

- **valore delle componenti ambientali** interferite.

Come già in precedenza evidenziato, anche solo per motivi strettamente economici, può essere più conveniente diminuire il rischio riducendo il valore del danno esposto, piuttosto che diminuire la probabilità che si verifichi un evento calamitoso, tramite la realizzazione di un'opera idraulica. Questo è, ad esempio, il caso delle difese spondali che proteggono dall'erosione aree agricole: è sicuramente economicamente più vantaggioso per la collettività acquisire ad aree pubbliche (o indennizzare o prevedere comunque forme di compensazione per i proprietari) i terreni a rischio di erosione per lasciarli a disposizione del corso d'acqua, piuttosto che costruire costose opere idrauliche che poi necessitano di spese aggiuntive per la manutenzione. Tale soluzione inoltre è a impatto nullo sulle componenti ambientali.

## ✓ **Proliferazione:**

**la nuova opera rende necessaria la realizzazione di altre opere a valle o a monte del corso d'acqua?**

Le modificazioni della dinamica del corso d'acqua innescate dalla realizzazione di un'opera si ripercuotono direttamente e indirettamente sull'intero corso d'acqua così da favorire la necessità di realizzazione di altre opere di compensazione (proliferazione) il cui costo, anche se non necessariamente gravante sul medesimo soggetto, deve essere considerato un "costo relativo alla realizzazione dell'opera".

## ✓ **Dismissione:**

**ci sono opere idrauliche che possono essere smantellate?**

L'antropizzazione del territorio e la gestione parcellizzata dell'asta tor-

rentizia hanno comportato in generale un'eccessiva artificializzazione degli alvei e delle fasce ripariali, generando l'attuale assetto dei corsi d'acqua che spesso risulta incompatibile con una corretta gestione finalizzata al miglioramento dello stato ambientale generale dell'asta. Ogni nuova realizzazione deve quindi essere preceduta da una valutazione della possibilità di **smantellare**, lungo lo stesso corso d'acqua, **altre opere** di efficacia ridotta o nulla.

### **Area vasta:**

**qual è l'area realmente coinvolta?**

Qualsiasi intervento lungo un corso d'acqua induce inevitabilmente l'antropizzazione di un'area più vasta di quella coinvolta direttamente dall'intervento stesso e non solo nei confronti del corso d'acqua ma anche, e soprattutto, in direzione del territorio circostante. Tale antropizzazione è rappresentata per esempio dalla necessità di garantire l'accesso all'opera, oppure dall'aumento delle possibilità di utilizzo del suolo che l'opera può generare. Ad esempio, a seguito della messa in sicurezza, un'area prima esondabile, e quindi inedificabile, potrebbe diventare l'occasione per un'espansione edilizia. Questi aspetti devono essere analizzati precedentemente alla fase progettuale perché favoriscono nel tempo la diminuzione della naturalità dei luoghi di un'area ben più vasta di quella coinvolta direttamente dall'intervento.

# False credenze - analisi degli interventi più usuali lungo i corsi d'acqua

Nel valutare quale possa essere la soluzione migliore occorre “smontare” alcuni luoghi comuni; nel prosieguo vengono trattati sinteticamente alcuni argomenti ricorrenti, per approfondimenti si rimanda alle fonti bibliografiche da cui sono tratti.

## È necessario togliere i sedimenti dall'alveo?

### SOVRALLUVIONAMENTO E DISALVEO

Il termine **sovralluvionamento** viene utilizzato nel linguaggio comune per indicare un accumulo di sedimenti anomalo che, così vuole il senso comune, deve essere rimosso. Tecnicamente, invece, è più corretto parlare di **sedimentazione** se il fenomeno interessa un tratto esteso del corso d'acqua e perdura nel tempo, e di **accumulo locale** nel caso opposto.

Il termine **disalveo**, ovvero **l'estrazione di materiale in alveo**, viene spesso proposto come soluzione al problema del sovralluvionamento in considerazione del fatto che comporta l'aumento della sezione dell'alveo e migliora l'“efficienza idraulica”.

Per stabilire se il corso d'acqua è effettivamente in sovralluvionamento (cioè se l'accumulo di sedimenti è anomalo o se fa parte della naturale dinamica fluviale) è necessario:

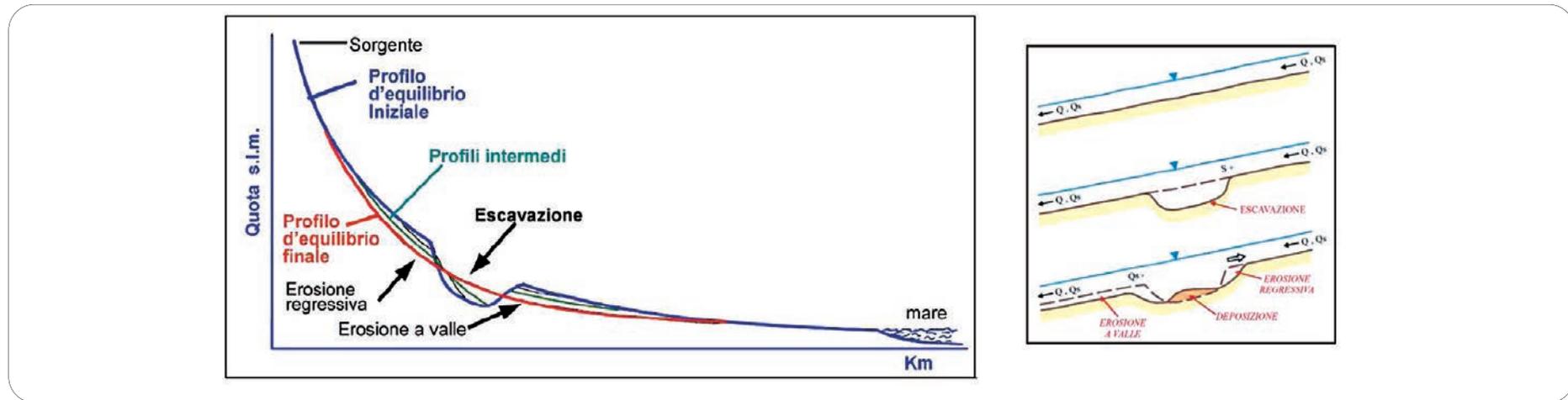
- **eseguire studi geomorfologici a scala di bacino** e non farsi ingannare da ciò che si vede (o da ciò che non si vede): il deposito di sedimenti potrebbe sembrare anomalo per il semplice fatto che il fiume è senza acqua oppure l'accumulo di materiale riguarda un corso d'acqua in approfondimento per cui deve essere interpretato come un fenomeno positivo di recupero dell'equilibrio. Si ricorda, infatti, come nei corsi d'acqua italiani sia molto diffuso il problema dell'abbassamento del fondo (es. il fiume Po - vedi *L'incisione del Po*). Per poter asserire quindi che il deposito è anomalo bisogna avere sezioni morfologiche

ante evento di sedimentazione che lo dimostrino per confronto con le stesse sezioni misurate dopo l'evento;

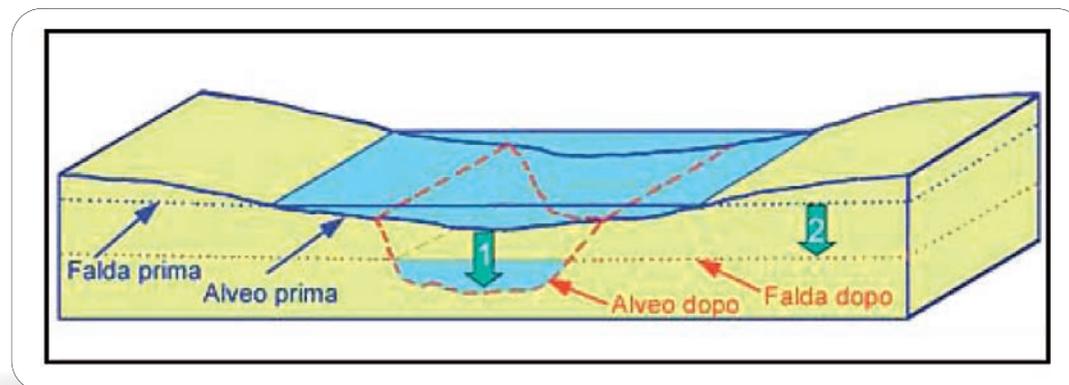
- **tener presente che un intervento di disalveo può produrre, nel tratto in cui viene realizzato e nell'immediato, un effetto positivo (aumenta la sezione dell'alveo quindi la portata convogliata e riduce la scabrezza), ma può altresì creare molti problemi, che spesso vengono sottovalutati perché si manifestano altrove e in tempi lunghi.**

### EFFETTI NEGATIVI DEL DISALVEO

- **altera il profilo longitudinale** innescando fenomeni di erosione del fondo dell'alveo a monte (regressiva) e a valle che possono interferire con i manufatti e le infrastrutture presenti (es. scalzamento delle pile dei ponti).
- **riduce la frequenza di inondazione** nel tratto in cui è realizzato (per effetto dell'aumento della sezione dell'alveo), **ma può innescare il problema a valle** per l'arrivo di portate di piena maggiori e con velocità superiori (per effetto della riduzione della scabrezza).
- **induce un l'abbassamento del fondo dell'alveo** che è accompagnato da **fenomeni di erosione** spondale causati dall'instabilità dell'alveo stesso e quindi genera instabilità delle sponde.
- **induce un abbassamento del pelo libero dell'acqua** del fiume e delle falde ad esso connesse con conseguente scomparsa delle aree umide associate al corso d'acqua (es. lanche o altre aree idonee per la riproduzione dell'ittiofauna) e alterazione della vegetazione riparia (suolo più secco)
- **produce effetti che si ripercuotono anche sugli aspetti ecologici ed ambientali**, come per esempio la perdita di habitat acquatici e ripari: un alveo spianato con rimozione delle barre e della vegetazione riparia è inospitale per i macroinvertebrati e per i pesci che, privi di ripari ed esposti all'impeto della corrente, in caso di piena in pochi giorni possono morire a causa dello sforzo esercitato per opporsi alla corrente che determina un eccessivo accumulo di acido lattico nei muscoli.



**FIGURA I.39** Effetti morfologici dell'estrazione di inerti dagli alvei fluviali. Situazione locale (a destra): al margine di monte della buca, per la maggior pendenza, si innesca l'erosione regressiva; poiché la buca intrappola i sedimenti in arrivo, interrompendo il trasporto solido, l'erosione si propaga anche a valle di essa. Situazione a scala di bacino (a sinistra): il profilo longitudinale mostra come nel corso degli anni il deficit solido causato dall'escavazione locale si redistribuisce lungo le intere aste fluviali, producendo un'erosione generalizzata dalla sorgente alla foce. (Figura a sinistra di Kondolf, 1994, ritoccata da M. Rinaldi. Figura a destra di G. Sansoni. Tratte da CIRF - Riqualificazione Fluviale n. 3 3.2010 - Provincia dell'Aquila Assessorato all'Ambiente.)



**FIGURA I.40** Abbassamento della falda freatica conseguente alle escavazioni in alveo. L'abbassamento del fondo (freccia 1) induce un "effetto canalizzazione" dell'alveo (sponde più ripide) e l'abbassamento del pelo libero dell'acqua (in continuità con il livello della falda): ne deriva il drenaggio della falda il cui livello si abbassa (freccia 2) per tutta l'estensione dell'acquifero della piana provocando problemi collaterali. (Figura di G. Sansoni. Tratta da CIRF - Riqualificazione Fluviale n. 3 3.2010 - Provincia dell'Aquila Assessorato all'Ambiente.)

### L'INCISIONE DEL PO

Nel corso del XX secolo, l'asta fluviale del Po ha subito notevoli trasformazioni (variazioni altimetriche delle quote di fondo, variazioni di larghezza delle sezioni trasversali, variazioni morfologiche) in conseguenza principalmente alla forte pressione antropica (estrazione di inerti, costruzione di dighe e di opere di canalizzazione, urbanizzazione di molte aree di pertinenza fluviale, ...).

Il processo verificatosi con maggior frequenza consiste in un generalizzato approfondimento delle quote di fondo medio degli alvei. A tale processo sono associati fenomeni di restringimento dell'alveo e di trasformazione in forme planimetriche monocursali più semplificate con disattivazione, per le portate minori, di numerosi rami laterali.

In seguito a tali modificazioni il Po presenta un forte carattere di instabilità morfologica che genera gravi ripercussioni sul sistema antropico:

- lo scalzamento delle fondazioni dei ponti e delle opere di difesa idraulica (difese spondali, pennelli, argini in froldo);
- l'impossibilità di derivare da parte di numerose opere di presa irrigue in seguito all'abbassamento dei livelli idrici di magra (a parità di portata);
- la necessità di rifacimento delle conche di navigazione in seguito a processi di approfondimento dei fondali;
- l'abbassamento della falda e la perdita di zone umide con conseguente depauperamento degli habitat palustri golenali;
- la semplificazione e la banalizzazione dell'assetto morfologico e dei suoi processi evolutivi nonché della diversità ambientale dell'alveo e delle zone ripariali;
- la mancanza di apporto solido al litorale costiero (Mar Adriatico).

Le prime soluzioni adottate per contrastare questo fenomeno si basavano principalmente sul divieto di estrarre materiali litoidi dai corsi d'acqua fatta eccezione per gli interventi aventi finalità di sistemazione idraulica, ma si dimostrarono per lo più inefficaci, recentemente è stata varata la **Direttiva per la gestione dei sedimenti** (si veda box).

Prima di realizzare interventi di disalveo, è opportuno quindi individuare le **cause del sovralluvionamento** per intervenire prioritariamente sulle cause del fenomeno piuttosto che sugli effetti.

#### ✓ **A scala di bacino**

Aumento dell'apporto solido da monte (es. rilascio di sedimenti da frane e versanti deforestati)

#### ✓ **A scala locale**

Restringimenti di sezione e confinamento dell'alveo a valle del tratto sovralluvionato (es. ponti con sezioni idrauliche inadeguate o arginature troppo vicine all'alveo)

Diminuzione della pendenza dell'alveo (es. presenza di briglie o soglie)

Per quel che riguarda gli obiettivi e le linee d'azione da adottare per affrontare il tema del sovralluvionamento si rimanda alla successiva sezione azzurra.

### **È sempre necessario incanalare il corso d'acqua? DIVAGAZIONE/EROSIONE E CANALIZZAZIONE**

L'**erosione spondale** e la **divagazione** sono manifestazioni del dinamismo che caratterizza il corso d'acqua. Il corso d'acqua, infatti, è un sistema determinato da un equilibrio geomorfologico dinamico e modifica in continuazione il proprio corso tendenzialmente mantenendo invariate e le sue dimensioni medie.

La **divagazione**, così come l'**apertura naturale a seguito di piene di nuovi canali di deflusso**, è una manifestazione naturale del fiume facente parte della sua dinamica.

L'erosione spondale e la divagazione diventano problemi quando si verificano lungo tratti fortemente antropizzati.

Prima di proporre delle soluzioni, è opportuno individuare le **cause dell'erosione spondale** per intervenire prioritariamente sulle cause del fenomeno piuttosto che sugli effetti.

### ✓ **A scala di bacino**

- Deficit di trasporto solido per la presenza di opere trasversali a monte del tratto in erosione che trattengono il sedimento
- Deficit di trasporto solido per scarsità o disconnessione del corso d'acqua dalle fonti di sedimenti presenti nel bacino (es. i sedimenti presenti lungo le sponde, i versanti o i terrazzi fluviali sono stati rimossi o non sono connessi al corso d'acqua per la presenza di opere idrauliche o infrastrutture che impediscono il rimpascimento dell'alveo)
- Estrazione di inerti in alveo (con conseguente erosione progressiva a valle e regressiva a monte)
- Rettifica, accorciamento del percorso e perdita delle aree di laminazione. Alterazione del regime delle portate (es. hydropeaking (**BOX 37**), rilascio di portate eccessivamente ridotte, rilascio di portate eccezionali...)

### ✓ **A scala locale**

- Presenza di elementi in alveo che deviano la corrente su una sponda
- Mancanza di copertura vegetale a protezione della sponda
- Incisione localizzata (può essere causa del cedimento della sponda)
- Artificializzazione dell'alveo (es. rettifica del corso d'acqua)

- Erosione per processi di naturale dinamica fluviale

Per quel che riguarda gli obiettivi e le linee d'azione da adottare per affrontare il tema dell'erosione spondale si rimanda alla successiva sezione azzurra

### **HYDROPEAKING**

Violente oscillazioni giornaliere di portata a causa degli sbarramenti a scopo idroelettrico.

L'hydropeaking comporta pesanti alterazioni delle portate che, in particolare, si manifestano attraverso:

- alterazione del regime delle portate
- alterazione dell'andamento idrologico
- alterazione della water force (ovvero insieme di azioni ed effetti fisici causati nel tempo dall'acqua sui corpi immersi)

Tali alterazioni generano degli impatti su:

- temperatura e qualità dell'acqua: le acque turbinate sono caratterizzate da temperature inferiori rispetto alla temperatura dell'acqua alla sezione di rilascio, poiché provengono da quote più elevate. Tale alterazione compromette la capacità auto depurativa e l'effetto filtro dell'ecosistema fluviale.
- morfologia fluviale e riparia: la dinamica di erosione e sedimentazione viene alterata. A valle della restituzione, nei periodi di picco, l'azione meccanica del corso d'acqua è amplificata.
- habitat fluviali: le comunità animali e vegetali acquatiche (macroinvertebrati, comunità diatomica, fauna ittica e macrofite acquatiche) sono soggette ad un considerevole stress di tipo meccanico. Il brusco innalzamento della portata comporta anche una brusca variazione del livello di sommersione. I deflussi variabili causati dall'hydropeaking comportano riduzioni nella diversità a scala di comunità (sopravvivono, infatti, solo le specie in grado di tollerare ampie e brusche variazioni di velocità e flusso), ma anche a livello di habitat.

## È sempre necessario rimodellare/canalizzare il corso d'acqua?

### INCISIONE E RIPROFILATURA/CANALIZZAZIONE

L'**incisione dell'alveo** consiste in un eccezionale abbassamento dell'alveo rispetto ad una situazione precedente misurata lungo un tratto di corso d'acqua omogeneo e significativamente lungo.

Per stabilire se il corso d'acqua sta effettivamente incidendo l'alveo in modo eccezionalmente accelerato è **necessario**:

- eseguire rilievi geologici e geomorfologici in sito per l'individuazione di superfici d'erosione recenti
- eseguire misure lungo sezioni morfologiche tracciate trasversalmente e longitudinalmente. Di tali sezioni devono essere già note precedenti misure al fine di poter effettuare confronti significativi
- **tenere in conto che il fenomeno di incisione accelerata è spesso sottovalutato in quanto ritenuto cautelativo nei confronti del rischio di alluvione. In realtà l'incisione accelerata comporta gravi danni sia alle infrastrutture sia all'ecosistema.**

#### EFFETTI E CONSEGUENZE NEGATIVI DELL'INCISIONE ACCELERATA DELL'ALVEO

##### IMPATTI SULL'ECOSISTEMA FLUVIALE

**"Effetto canalizzazione"**: l'alveo si restringe, le sponde diventano più ripide e il corso d'acqua perde diversità morfologica con conseguente banalizzazione degli habitat fluviali.

**Abbassamento della falda** con conseguenze sulla piana inondabile (inaridimento) e sulle specie vegetali: le specie riparie tendono a scomparire in quanto le radici non raggiungono più le acque di falda.

**Disconnessione della piana inondabile** dal corso d'acqua. Il venire meno del periodico allagamento della piana determina la perdita di importanti habitat fluviali la cui esistenza è connessa alla possibilità di essere inondati.

...

##### CONSEGUENZE ANTROPICHE

**Danni ad opere ed infrastrutture** causati dall'incisione dell'alveo (es. scalfamento delle pile dei ponti) e dal conseguente franamento delle sponde.

**Problemi di approvvigionamento idrico** (uso irriguo, uso potabile, ...) a causa dell'abbassamento della falda.

...

...

Prima di realizzare interventi per contrastare l'**incisione accelerata** dell'alveo è opportuno individuare le **cause** di questo fenomeno.

### ✓ **A scala di bacino**

- Deficit di trasporto solido per la presenza di opere trasversali a monte del tratto in erosione che trattengono il sedimento.
- Deficit di trasporto solido per scarsità o disconnessione dal corso d'acqua delle fonti di sedimenti presenti nel bacino (es. i sedimenti presenti lungo le sponde, i versanti o i terrazzi fluviali sono stati rimossi o non sono connessi al corso d'acqua per la presenza di opere idrauliche o infrastrutture che impediscono il rinascimento dell'alveo).
- Estrazione di inerti in alveo (con conseguente erosione progressiva a valle e regressiva a monte).
- Rettifica, accorciamento del percorso e perdita delle aree di laminazione.
- Alterazione del regime delle portate (es. hydropeaking, rilascio di portate eccessivamente ridotte, rilascio di portate eccezionali...).

### ✓ **A scala locale**

- Presenza di un'opera trasversale a monte del tratto inciso
- Rettifica e accorciamento del corso d'acqua (con conseguente aumento della pendenza e, quindi, della velocità della corrente).

Per quel che riguarda gli obiettivi e le linee d'azione da adottare per affrontare il tema dell'incisione si rimanda alla successiva sezione azzurra.

## **La vegetazione lungo i fiumi costituisce pericolo? VEGETAZIONE E PULIZIA DELL'ALVEO**

La "pulizia dell'alveo" è uno dei "classici" interventi posti in essere molto frequentemente e in modo indiscriminato per ridurre il rischio idraulico. Infatti, la vegetazione presente in alveo e sulle sponde (*vegetazione periferiale*) viene considerata tra le principali cause delle inondazioni e quindi secondo il senso comune va eliminata per "pulire" il corso d'acqua.

### **EFFETTI E CONSEGUENZE DELLA "PULIZIA DELL'ALVEO"**

#### **EFFETTI POSITIVI DELLA VEGETAZIONE**

La vegetazione in alveo e riparia aumenta la **scabrezza** e rallenta la velocità dell'acqua con un naturale effetto di laminazione.  
La vegetazione in alveo e riparia intercetta e **trattiene il materiale vegetale** travolto dalle piene e dalle frane impedendo che questi ostruiscano i ponti.  
La vegetazione riparia **consolida le sponde** grazie all'azione di coesione del suolo esercitata dall'apparato radicale.

#### **EFFETTI NEGATIVI DELLA VEGETAZIONE**

La vegetazione in alveo e riparia aumenta la scabrezza ed innalza il livello idrico, facendo aumentare localmente il rischio di **esondazione**.  
Gli alberi travolti dalle piene possono **ostruire i ponti** causando **esondazioni**.

In realtà gli alberi travolti dalle piene, che si incastrano nelle arcate dei ponti ostruendoli e provocando l'esondazione del corso d'acqua, **derivano in gran parte dai fenomeni franosi dei versanti boscati** che si innescano in occasione degli eventi alluvionali più significativi! In tale situazione **il taglio della vegetazione riparia è irrilevante, e anche dannoso**: in occasione delle piene di minore entità, infatti, la vegetazione riparia (si veda box), non viene travolta, mentre quando si verificano eventi di maggiore rilevanza le fasce riparie contribuiscono a intercettare e trattenere i tronchi trascinati dalle frane.

**Solo in corrispondenza di aree fortemente urbanizzate l'aumento della scabrezza e l'innalzamento del livello idrico**, indotti dalla presenza della vegetazione, **possono produrre impatti negativi**: in situazioni in cui l'alveo è confinato, infatti, l'innalzamento del livello idrico può determinare problemi di sicurezza idraulica. **Nelle aree meno antropizzate invece l'effetto indotto dalla presenza della vegetazione ha risvolti positivi, anche dal punto di vista idraulico, di cui possono beneficiare i centri abitati a valle**. L'aumento della scabrezza, infatti, rallentando la corrente, ne diminuisce il potere erosivo e smorza i picchi di piena. Il taglio indiscriminato della vegetazione quindi, diminuendo la scabrezza, può favorire problemi di sicurezza idraulica.

Laddove la strozzatura idraulica critica (es. centri abitati o ponti con luce ridotta) non può essere facilmente rimossa, può essere opportuno eseguire interventi di manutenzione della vegetazione a monte o in corrispondenza di essa.

Nella successiva sezione azzurra vengono indicate le modalità per una **corretta manutenzione della vegetazione** in alveo e sulle sponde del corso d'acqua.

**BIBLIOGRAFIA**

*Legambiente. Operazione fiumi. Protezione Civile Nazionale - Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico - a cura di S. Andreotti e G. Zampetti.*

*CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni e collaboratori, Mazzanti Editori, Venezia.*

*CIRF - Riqualificazione Fluviale n. 3 1.2010, 2.2010, 3.2010, 4.2010 - Provincia dell'Aquila Assessorato all'Ambiente.*

*Autorità di Bacino del fiume Po, Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo, Del. C.I. n. 1 del 11.05.1999*

*Forneris G., Perosino G. C., Elementi di Idrobiologia. La gestione delle risorse idriche, un esempio di applicazione: l'ecosistema fluviale dell'Orco. Provincia di Torino. EDA*

*I.F.F. 2007 Indice di funzionalità fluviale - APAT, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, APPA.*

*Regione Piemonte - Indirizzi per la gestione dei boschi ripari montani e collinari - Quaderno di tutela del territorio n. 2 - IPLA*

*Seminario sulla gestione degli ambienti perifluviali - Coazze (TO) 12 marzo 2010 - Caratteristiche degli ambienti perifluviali: significato ecologico e valenze ambientali. M. R. Minciardi Centro Ricerche ENEA di Saluggia (VC).*

*APAT. IRSA-CNR. Metodi analitici per le acque. APAT Manuali e Linee Guida 29/2003*

*Autorità di Bacino del Fiume Po - Il recupero morfologico ed ambientale del fiume Po. Il contributo del Programma generale di gestione*

*dei sedimenti del fiume Po. EDIZIONI DIABASIS.*

*European Commission Environment. Beni e servizi ecosistemici. Settembre 2009.*

*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Definizione del metodo per la classificazione e quantificazione dei servizi ecosistemici in Italia. Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità.*

*M. R. Minciardi, G. L. Rossi. 2010. Modalità ecosistemiche di valutazione dell'impatto derivante dalla presenza di derivazioni in un corso d'acqua. ENEA - Unità Tecnica Tecnologie Saluggia. Centro Ricerche Saluggia, Vercelli.*

**SITI INTERNET**

[www.sinanet.isprambiente.it](http://www.sinanet.isprambiente.it)

[www.rischioidrogeologico.it](http://www.rischioidrogeologico.it)

[www.protezionecivile.gov.it](http://www.protezionecivile.gov.it)

[www.adbpo.it](http://www.adbpo.it)

[www.teebweb.org](http://www.teebweb.org)

[www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

[www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)

[www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)

[www.easac.eu](http://www.easac.eu)

Laddove non diversamente specificato le immagini e i disegni presenti in questa sezione sono di proprietà della Provincia di Torino o del gruppo di lavoro del Progetto Pellidrac.