

# > Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua

*Risultati del progetto di gestione integrata del bacino fluviale*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM





## > Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica

Sonia Angelone, Roland Fähr, Armin Peter, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

*Nell'ambito del progetto di ricerca «Gestione integrata del bacino fluviale» sono state elaborate delle basi ecologiche e idrauliche per la rivitalizzazione dei corsi d'acqua, agevolandone in tal modo la pianificazione e l'attuazione. La presente raccolta di schede illustra i risultati di questo progetto interdisciplinare curato da Eawag, WSL, LCH-EPFL e VAW-ETHZ e si rivolge agli esperti di uffici federali e cantonali nonché agli studi tecnici specializzati in ingegneria ed ecologia.*

Negli ultimi 150 anni, in seguito ad interventi idraulici, molti corsi d'acqua della Svizzera sono stati trasformati in canali monotoni e poveri dal punto di vista ecologico, al punto tale da limitare al minimo lo spazio per i cambiamenti naturali e dinamici. L'impatto sull'ecologia è stato così negativo che i corsi d'acqua possono ormai essere considerati degli ecosistemi minacciati. Questa scheda introduttiva illustra i principali deficit dei corsi d'acqua svizzeri e descrive le modifiche della legislazione svizzera. Inoltre presenta il progetto interdisciplinare «Gestione integrata del bacino fluviale», i cui risultati sono riassunti nella presente raccolta, segnala i principali aiuti all'esecuzione, illustra i singoli promemoria della raccolta e contempla un glossario che spiega i termini principali.

### **Regime di deflusso e bilancio del materiale solido di fondo**

In Svizzera approssimativamente il 55 per cento dell'approvvigionamento energetico è generato dalle circa 1600 centrali idroelettriche (UFE 2010). Le centrali ad accumulazione modificano notevolmente il bilancio idrico dei fiumi poiché vi prelevano acqua per lunghi tratti. Si formano così tratti con deflussi residuali, il cui livello è spesso ben inferiore a quello naturale. I tratti con deflussi residuali compromettono il valore paesaggistico e la funzionalità ecologica dell'intero bacino imbrifero. Nei periodi di massimo fabbisogno elettrico le turbine delle centrali a bacino mettono in movimento l'acqua trattenuta. Quando l'acqua viene di nuovo convogliata nel fiume, si registrano picchi di flusso artificiali, definiti con il



Foto aerea della valle del Reno alpino (Haag SG, Benden LF).

Foto: D. Walser (Programma di sviluppo Reno alpino, [www.alpenrhein.net](http://www.alpenrhein.net))

termine di deflussi discontinui. Si creano pertanto eventi alternati e innaturali di portate di piena e di magra che hanno un impatto negativo sui corsi d'acqua, anche nei tratti molto a valle delle centrali. Le centrali idroelettriche non influenzano solo il deflusso ma anche il bilancio in materiale solido di fondo. Assieme ad arginature, bacini di raccolta di materiale e prelievi di ghiaia, gli sbarramenti idroelettrici rendono insufficiente l'apporto di materiale solido. Questo deficit può provocare un abbassamento del fondo dell'alveo e ridurre il livello della falda nelle golene. Un paesaggio fluviale intatto richiede sia un deflusso naturale sia un bilancio equilibrato del materiale solido di fondo (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica, scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua).

### Morfologia modificata dei corsi d'acqua

Per proteggere dalle piene le zone abitate e le infrastrutture, i corsi d'acqua in Svizzera sono stati completamente arginati. Inoltre, l'attuazione di opere di bonifica ha consentito di ottenere estese superfici ad uso agricolo. Questo sviluppo ha comportato la perdita di circa il 90 per cento delle superfici golene e la diversità strutturale delle sponde è stata compromessa (Lachat *et al.* 2010). Fra le misure principali adottate figurano principalmente la canalizzazione e l'arginatura dei corsi d'acqua come pure il prosciugamento e la copertura di ruscelli (fig. 1). Per migliorare le superfici agricole circostanti e per garantire una maggiore protezione dalle piene, il letto di numerosi corsi d'acqua è stato scavato. Ai loro sbocchi sono state costruite opere di caduta per poter collegare gli affluenti in modo più semplice. Inoltre, nei tratti rettificati sono state innalzate opere di caduta o soglie di diverse altezze per impedire l'abbassamento del fondo dell'alveo. Oggi sono presenti in Svizzera circa 101 000 opere trasversali artificiali di altezza superiore ai 50 cm (Zeh Weissmann *et al.* 2009). Le opere trasversali rappresentano un ostacolo per la migrazione della fauna acquatica e impediscono l'interconnessione dei corsi d'acqua, una delle funzioni ecologiche più importanti (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua, scheda 6 Continuità delle rampe di blocchi).

### Nuovo orientamento nella protezione contro le piene

Negli alvei ristretti e canalizzati il deflusso aumenta rapidamente e provoca picchi di piena nel corso inferiore del fiume. Quando la sezione di deflusso è troppo piccola, l'acqua si crea un proprio percorso, con conseguenze fatali per la popolazione e le infrastrutture situate nelle zone densamente abitate (fig. 2). Dal 1987 la frequenza delle piene in Svizzera è in notevole aumento. L'entità dei danni mostra che gli alvei canalizzati, e quindi gli spazi progressivamente sottratti ai corsi d'acqua, costituiscono, in seguito alla crescente urbanizzazione, una minaccia per la sicurezza delle persone. La frequenza di eventi estremi ha costretto le autorità a riflettere



Fig. 1 Alveo canalizzato del fiume Wigger presso Zofingen (AG).  
Foto: Armin Peter



Fig. 2 Piena di Klosters (GR) nell'agosto 2005.  
Foto: Forze aeree svizzere



Fig. 3 Allargamento nella Val Mesolcina presso Grono (GR).  
Foto: Ufficio per la caccia e la pesca dei Grigioni



sull'utilizzazione dei corsi d'acqua e a sviluppare nuove strategie per la protezione dalle piene. Le autorità si sono rese conto che un ampio spazio riservato alle acque rappresenta il presupposto per una protezione efficace contro le piene e, al contempo, consente una valorizzazione ecologica dei corsi d'acqua. Pertanto dal 2000 i nuovi progetti di protezione contro le piene sono stati spesso abbinati a rivitalizzazioni dei corsi d'acqua, consentendo così la realizzazione di numerosi allargamenti (fig. 3).

### Protezione delle acque e diritto

La legge federale del 1991 sulla protezione delle acque (RS 814.20 LPaC) ha lo scopo di salvaguardare la qualità delle acque ma anche di garantire adeguati deflussi residuali e di prevenire e rimuovere altri effetti pregiudizievoli alle acque. Anche la legge del 1991 sulla sistemazione dei corsi d'acqua (RS 721.100 LSCA) prescrive che gli interventi debbano essere realizzati in modo prossimo allo stato naturale (art.4 LSCA, principio ripreso anche dall'art. 37 LPaC). L'esecuzione di queste disposizioni è compito dei Cantoni. Controversie sui deflussi residuali emerse successivamente hanno infine indotto la Federazione svizzera di pesca (FSP) a lanciare, nell'estate del 2006, l'iniziativa popolare «Acqua viva». Su iniziativa della Commissione dell'ambiente, della pianificazione del territorio e dell'energia (CAPTE-CS), il Consiglio degli Stati ha elaborato il controprogetto indiretto «Protezione e utilizzo dei corsi d'acqua» che è stato, adottato dal Parlamento a fine 2009. In seguito, l'FSP ha ritirato l'iniziativa. La revisione della legge sulla protezione delle acque (riquadro 1) è in vigore dal 1° gennaio 2011, quella dell'ordinanza sulla protezione delle acque (RS 814.201 OPaC) dal 1° giugno 2011.

### Ricerca orientata alla pratica

Anche la ricerca ha riconosciuto la necessità di intervenire nel settore della protezione delle acque. Di seguito vengono brevemente illustrati due progetti interdisciplinari di particolare importanza per le applicazioni pratiche, promossi da istituzioni del Politecnico federale e dall'UFAM. Ricercatori di diverse discipline (ingegneria idraulica, scienze naturali e ambientali, sociologia) hanno collaborato per definire delle basi per migliorare la protezione delle acque. Il progetto «Rodano-Thur» ha analizzato le problematiche relative a deflussi discontinui, allargamenti, controllo dei risultati e processi decisionali per le rivitalizzazioni dei corsi d'acqua. I risultati più importanti sono stati oggetto di pubblicazioni scientifiche e di rapporti di sintesi per la messa in pratica (riquadro 2) e sono disponibili sul sito [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch) (in tedesco e francese). Il progetto successivo «Gestione integrata del bacino fluviale» ha studiato i corsi d'acqua dinamici e interconnessi con elevata varietà di habitat e specie e

### > Riquadro 1. La revisione della legge sulla protezione delle acque impegna i Cantoni

> I Cantoni sono tenuti a delimitare lo spazio riservato alle acque necessario per garantire le funzioni naturali dei corsi d'acqua, la protezione contro le piene e l'utilizzazione delle acque. Questo spazio deve essere delimitato per tutte le acque. In alcuni casi definiti nell'ordinanza sulla protezione delle acque (OPaC) i Cantoni possono rinunciare a definire lo spazio riservato alle acque. L'utilizzazione e la gestione consentite in tale spazio sono disciplinate dall'OPaC. Gli agricoltori vengono indennizzati per le limitazioni subite in tal ambito utilizzazione, a tal fine il bilancio per l'agricoltura è stato aumentato di 20 milioni di franchi l'anno.

> I Cantoni devono realizzare e attuare i piani di rivitalizzazione. Nei prossimi 80 anni si prevede il ripristino di 4000 degli oltre 15 000 km di corsi d'acqua arginati, a tal fine si stima che sarà necessario un territorio con una superficie pari a 2000 ha. La Confederazione si fa carico mediamente del 65 per cento dei costi, pari a circa 40 milioni di franchi l'anno. Gli accordi programmatici devono definire le prestazioni dei Cantoni e i finanziamenti della Confederazione.

> Per le centrali idroelettriche nuove e per quelle esistenti i Cantoni devono programmare e attuare una serie di misure di risanamento entro 20 anni. Fra queste misure figurano l'eliminazione dei danni causati dai deflussi discontinui, il miglioramento del bilancio del materiale solido e il ripristino della connettività. I costi sono stimati a circa 50 milioni di franchi l'anno e sono finanziati con un supplemento di al massimo 0,1 cts./kWh sui costi di trasporto delle reti elettriche ad alta tensione. La produzione di energia non viene limitata da queste misure.

ha sviluppato strumenti per la modellazione di aspetti di ingegneria idraulica (Schleiss *et al.* 2008). La raccolta presenta i contributi principali.

### La raccolta di schede tematiche

Molti corsi d'acqua richiedono una valorizzazione ecologica e, al contempo, devono soddisfare le esigenze di protezione dalle piene. Sono perciò necessarie modalità di intervento e misure innovative nel campo dell'ingegneria idraulica. La loro applicazione richiede uno scambio d'informazioni fra esperti della ricerca, della tecnica, della pratica professionale della politica. La raccolta di promemoria intende fornire un contributo a questo scambio, presentando nuove conoscenze scientifiche. I temi sono stati scelti sulla base delle necessità attuali di intervento nel settore della protezione delle acque e seguendo un processo interattivo, a cui hanno partecipato rappresentanti della ricerca e delle autorità di Confederazione e Cantoni di diversi settori (cfr. nota editoriale). Alcuni promemoria presentano i risultati delle ricerche condotte nell'am-

## > Riquadro 2. Pubblicazioni rilevanti per la pratica

### «Progetto Rodano-Thur»

- > Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen (Woolsey *et al.* 2005)
- > Integrales Gewässermanagement – Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur Projekt (Rhode 2005)
- > Synthesebericht Schwall/Sunk (Meile *et al.* 2005)
- > Wasserbauprojekte Gemeinsam Planen. Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten (Hostmann *et al.* 2005)
- > Pubblicazioni su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch) (in tedesco e francese)

### UFAM e altri uffici federali

- > Protezione contro le piene dei corsi d'acqua (UFAEG 2001)
- > Linee guida per la gestione dei corsi d'acqua svizzeri (UFAP 2003)
- > Auendossier: Faktenblätter Auen (UFAM 2001 – 2008)
- > Strukturen der Fließgewässer in der Schweiz (Zeh Weissmann *et al.* 2009)
- > Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau (BAFU 2010)
- > Raccomandazione relativa all'elaborazione di strategie cantonali di protezione e di utilizzo nel settore delle piccole centrali idroelettriche (UFAM, UFE, ARE 2011)
- > Gestione a scala di bacino (UFAM, UFE, UFAG, ARE 2011)
- > Metodi per l'analisi e la valutazione dei corsi d'acqua: [www.modul-stufen-konzept.ch](http://www.modul-stufen-konzept.ch) (in tedesco)
- > Moduli dell'aiuto all'esecuzione Rinaturazione delle acque: [www.bafu.admin.ch/umsetzungshilfe-renaturierung/index.html?lang=it](http://www.bafu.admin.ch/umsetzungshilfe-renaturierung/index.html?lang=it)

bito del progetto «Gestione integrata del bacino fluviale». Altri invece trattano problemi che non sono analizzati direttamente in questo progetto ma che sono pur sempre rilevanti per la rivitalizzazione dei corsi d'acqua. Il promemoria «Rivitalizzazioni: controllo dei risultati» riassume i risultati del progetto «Rodano-Thur».

## La raccolta comprende i seguenti documenti:

# 1



### Scheda 1: Rivitalizzazioni: promozione della dinamica

I corsi d'acqua naturali o vicini allo stato naturale sono sistemi dinamici: il fondo dell'alveo e le sponde vengono periodicamente ridisegnati dalle piene, creando nuovi habitat. Negli ultimi decenni queste dinamiche sono state spesso limitate in seguito all'arginatura e alla sistemazione di numerosi corsi d'acqua. Uno degli scopi principali della rivitalizzazione è ripristinare i sistemi dinamici. Il documento presenta le basi necessarie per promuovere questa dinamica.

# 2



### Scheda 2: Biodiversità nei corsi d'acqua

Habitat diversificati, dinamici e vicini allo stato naturale sono un presupposto importante per conservare e promuovere la biodiversità nei corsi d'acqua. Il documento presenta i fattori principali che determinano la diversità degli habitat e delle specie e raccomanda le misure necessarie per incrementare la biodiversità.

# 3



### Scheda 3: Indice della diversità idromorfologica

La varietà strutturale è un presupposto per il corretto funzionamento degli ecosistemi acquatici. Il documento presenta un nuovo indice, il cosiddetto indice della diversità idromorfologica (IDIM), il quale consente di misurare la diversità idromorfologica lungo i corsi d'acqua. Si tratta di uno strumento per la sistemazione dei corsi d'acqua che permette di valutare quantitativamente gli obiettivi di miglioramento della diversità strutturale dei progetti.

# 4



### Scheda 4: Interconnessione dei corsi d'acqua

I diversi tratti di un corso d'acqua fanno parte di un insieme e si influenzano reciprocamente. Le conoscenze sull'interconnessione sono il presupposto per comprendere i processi locali e regionali nei corsi d'acqua. La scheda spiega come tenere conto di tali processi nell'ambito di un intervento di rivitalizzazione.

## 5



### Scheda 5: Allargamento locale delle confluenze

Una morfologia naturale degli sbocchi degli affluenti incrementa l'interconnessione dei corsi d'acqua. Il promemoria illustra come l'allargamento locale dello sbocco di un affluente possa incrementare la varietà di habitat e l'interconnessione dei corsi d'acqua. Generalmente queste misure hanno costi esigui perché vengono eseguite solo a livello locale.

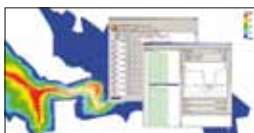
## 6



### Scheda 6: Continuità delle rampe di blocchi

Le rampe di blocchi sono tratti di fiumi con una pendenza maggiore e consolidati mediante blocchi di pietra. Servono per sostituire le opere di caduta artificiali e gli sbarramenti, per stabilizzare il fondo dell'alveo, e, al contempo, per migliorare l'interconnessione longitudinale a favore degli organismi acquatici. La scheda presenta i diversi tipi di rampe di blocchi e analizza le tipologie di rampe più adatte per le diverse specie e situazioni.

## 7



### Scheda 7: Modellazione numerica dei corsi d'acqua

I corsi d'acqua sono oggetto di diversi interessi che riguardano il loro sfruttamento e la loro protezione, pertanto è importante mantenere una visione d'insieme per gli interventi di ingegneria idraulica. Le simulazioni numeriche contribuiscono alla valutazione delle misure di sistemazione dei corsi d'acqua e delle loro conseguenze. La scheda descrive la procedura per la creazione di modelli numerici, presenta il software di simulazione *BASEMENT* e illustra possibili applicazioni sulla base di esempi pratici.

## 8



### Scheda 8: Rivitalizzazioni: controllo dei risultati

I controlli dei risultati hanno lo scopo di verificare se gli obiettivi di una rivitalizzazione sono stati raggiunti, inoltre contribuiscono a comprendere meglio le reazioni dei corsi d'acqua. È importante considerare dei controlli già in fase di progettazione. Il promemoria illustra i controlli più importanti e descrive la procedura per la loro pianificazione ed esecuzione.

## Glossario

Il glossario riprende i termini principali impiegati nella presente raccolta di documenti. Fonte: Loat e Meier 2003, Woolsey *et al.* 2005, [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

### Allargamento

Designa un ampliamento locale del fondo dell'alveo di un corso d'acqua canalizzato. Viene impiegato in ingegneria fluviale in sostituzione delle soglie per stabilizzare il fondo dell'alveo e presenta numerosi vantaggi ecologici. Consente lo sviluppo di alvei dinamici e intrecciati, assicura la migrazione dei pesci e dei piccoli organismi e offre nuovi habitat per le specie animali e vegetali riparie.

### Biodiversità specie vegetali riparie

Designa la variabilità biologica e descrive il numero, la diversità e la variabilità degli organismi viventi. Comprende tre livelli: la variabilità fra le specie (diversità di specie), la variabilità all'interno di una specie (diversità genetica) nonché la variabilità fra ecosistemi (diversità di ecosistemi o habitat). Per biodiversità funzionale si intende la variabilità delle interazioni che si esplicano all'interno e fra le singole componenti, i tre livelli di biodiversità.

### Controllo dei risultati

Verifica se gli obiettivi di un progetto sono stati raggiunti. Serve a controllare l'efficacia, l'attuazione e le procedure di un progetto o di una misura. Alla base vi è un confronto fra la situazione precedente e quella successiva oppure un'osservazione in loco (p. es. comportamento). Se gli obiettivi non sono raggiunti, devono essere evidenziati i motivi. La base per i controlli dei risultati ecologici è costituita da indicatori biotici e abiotici.

### Deflussi discontinui: portata di piena artificiale/portata di magra

Risultato dell'incremento e decremento artificiale e repentino delle portate di un corso d'acqua in seguito al funzionamento delle turbine di una centrale idroelettrica. La portata di piena artificiale designa il deflusso giornaliero di un corso d'acqua originato artificialmente in seguito al funzionamento delle turbine di una centrale idroelettrica. La portata ridotta rappresenta il deflusso di base fra le portate di piena artificiale. La portata ridotta (deflusso minimo) spesso rappresenta il deflusso residuale; il deflusso massimo (onda di piena artificiale) viene anche designato con il termine «peak» (in lingua inglese). Si parla anche di regime giornaliero di piena e di regime giornaliero di magra.

### Differenziazione genetica

Designa la suddivisione della varietà genetica a più livelli: all'interno e fra le popolazioni della stessa specie nonché fra popolazioni di specie diverse. In linea di massima si applica la seguente regola: minore è la differenziazione, più simili sono gli individui, le popolazioni o le specie.

### Dinamica fluviale

Oscillazioni periodiche e naturali del flusso dell'acqua e del trasporto di materiale solido di fondo che modificano gli habitat dei paesaggi fluviali. Sono processi dinamici, ad esempio, la formazione e la scomparsa di nuovi alvei o banchi di ghiaia. La dinamica spaziale e temporale è essenziale per la vita di molte specie riparie poiché il loro ciclo vitale dipende dalle caratteristiche e dal regime di disturbo.

**Diversità di habitat**

Designa il numero, la multiformità e la variabilità degli habitat di una superficie o di un ecosistema. Dopo la diversità delle specie e la diversità genetica rappresenta il terzo livello della biodiversità. A differenza dei primi due livelli vengono considerate solo le caratteristiche geografiche e non biologiche specifiche dell'habitat.

**Ecotono**

Sinonimo di biotopo marginale, descrive in ecologia un ambiente di transizione tra due ecosistemi. Spesso gli ecotoni presentano una varietà di specie superiore rispetto alla somma delle specie presenti nei territori limitrofi.

**Effetto di diffusione**

Designa l'effetto positivo di una fonte di diffusione sui settori acquatici limitrofi. Per fonti di diffusione si intendono tratti fluviali con comunità di specie e/o popolazioni che servono come popolazioni sorgente per colonizzare habitat idonei in posizioni limitrofe. Il tratto di diffusione degli organismi viene definito anche via di diffusione che può essere allungata o intensificata con la creazione di elementi di connessione.

**Erosione dell'alveo**

Descrive l'asportazione di materiale dal fondo e dalle sponde per effetto della forza della corrente del corso d'acqua. Il materiale asportato viene trascinato dal corso d'acqua verso i tratti più a valle.

**Fondo dell'alveo**

Terreno su cui l'acqua scorre. Viene definito dalla superficie che si trova fra gli argini, normalmente bagnata dall'acqua e sulla quale viene trasportato il materiale solido. Durante i periodi di siccità e nei tratti con flussi residuali il fondo può risultare parzialmente visibile.

**Idraulica, idraulico**

Scienza che studia l'utilizzazione dei liquidi. L'idraulica fluviale studia le interazioni fra deflusso, trasporto del materiale solido e morfologia dell'alveo. Le misure edilizie lungo i corsi d'acqua influenzano queste interazioni.

**Impoverimento genetico**

Riguarda popolazioni la cui varietà genetica è ridotta. Sono particolarmente colpite le piccole popolazioni isolate. Un impoverimento genetico marcato comporta problemi di endogamia.

**Indicatore**

Parametro in grado di fornire un'indicazione relativa a uno specifico fenomeno o a un determinato evento. Poiché i fenomeni biologici sono difficilmente catalogabili, in ecologia vengono impiegati come misure sostitutive per descrivere lo stato o i processi di un ecosistema. Nel manuale relativo al controllo dei risultati delle rivitalizzazioni fluviali sono descritti 50 indicatori.

**Interconnessione (longitudinale, laterale, verticale) o connettività**

Descrive i processi di scambio e le interazioni fra gli habitat acquatici e fra gli habitat acquatici e quelli terrestri. Si distinguono tre livelli: 1) interconnessione longitudinale che descrive la continuità all'interno di un alveo per gli organismi che si spostano con la corrente e contro-corrente, compresi gli scambi con gli affluenti; 2) interconnessione laterale che descrive lo scambio fra alveo, area riparia, golene e ambiente circostante; 3) interconnessione verticale che descrive lo scambio

fra acque superficiali e acque sotterranee attraverso il fondo dell'alveo, la zona di scambio è definita zona iporeica (vedi interstiziale iporreico).

**Interstiziale iporreico**

Descrive l'habitat della matrice di spazi interstiziali formata dai sedimenti accumulati dal corso d'acqua e situata sotto all'acqua superficiale di un corso d'acqua.

**Linea guida**

Obiettivo specifico per un tratto fluviale da rivitalizzare. Descrive il potenziale prossimo allo stato naturale ed ecologico del corso d'acqua interessato in condizioni non compromesse, ma tenendo conto delle condizioni quadro irreversibili esistenti.

**Macrobenthos**

Raggruppamento di organismi invertebrati che abitano nel letto del fiume, visibile a occhio nudo. Nei corsi d'acqua sono ad esempio larve, gamberi, vermi, sanguisughe, lumache e molluschi.

**Materiale solido di fondo**

Designa sostanze solide minerali (sabbia, ghiaia, blocchi) che vengono asportati da un bacino imbrifero, trascinati dalla corrente sul fondo del letto e trasportati a valle dal corso d'acqua. In seguito alle reciproche interazioni, le particelle minerali vengono arrotondate e diventano più piccole più aumenta la distanza di trasporto. Le particelle fini trasportate dall'acqua e le parti fini asportate per erosione vengono chiamate sostanze o materiale in sospensione. Sono distribuite per l'intera profondità di flusso e sono trasportate in forma sospesa.

**Metapopolazione**

Descrive un gruppo di popolazioni fra le quali avviene uno scambio genetico. Lo scambio genetico non avviene uniformemente fra tutte le popolazioni poiché dipende dalla migrazione e dal successo riproduttivo dei singoli individui. Gli individui emigrano o immigrano a seconda della qualità e delle condizioni degli habitat e della loro interconnessione. Questo comporta dinamiche di ripopolamento o di estinzione locale dette di «source-sink».

**Modello numerico**

Descrive i processi relativi alla corrente e al trasporto nei corsi d'acqua mediante equazioni matematiche che non possono essere risolte analiticamente per le applicazioni pratiche. Le equazioni di conservazione per massa e impulso possono essere risolte numericamente solo per approssimazione sulla base di elementi spaziali discreti e intervalli di tempo. Un modello numerico comprende un programma che risolve le equazioni, una griglia di calcolo che discretizza lo spazio e tutti i parametri che specificano le condizioni limite.

**Monitoraggio**

Sinonimo di osservazione di lungo periodo e osservazione ambientale, indica una rilevazione sistematica di condizioni e processi. Un aspetto importante è la ripetizione dei monitoraggi mediante i quali vengono seguiti i cambiamenti nella natura e nel paesaggio. Un monitoraggio consente di riconoscere tempestivamente i cambiamenti che possono così essere studiati nel dettaglio.

**Morfologia dell'alveo**

Studio della struttura e della forma di organismi e habitat che descrive le caratteristiche strutturali dei corsi d'acqua. Le proprietà morfologiche dell'alveo sono descritte dalla sezione longitudinale e trasversale del



letto del fiume, dalla forma e della pendenza del fondo dell'alveo, dal bilancio di materiale solido in sospensione e di fondo o dai processi geomorfologici che determinano il tracciato del corpo idrico.

#### **Popolazione**

Gruppo di esseri viventi della stessa specie che formano una comunità riproduttiva naturale e che al contempo soggiornano in un'area omogenea.

#### **Popolazione sorgente**

Parte di una metapopolazione che serve da sorgente per le popolazioni circostanti. Dalla popolazione sorgente spesso emigrano degli individui.

#### **Prestazione ecosistemica**

Designa contributi diretti o indiretti dell'ecosistema al benessere dell'uomo. Sono la base dell'alimentazione e della fabbricazione di prodotti, della protezione dai pericoli naturali come le piene nonché dello svago nella natura.

#### **Rampa di blocchi**

Tratto del corso d'acqua con una pendenza maggiore e consolidato con blocchi di pietra; serve per stabilizzare il fondo dell'alveo. Sostituisce le opere di caduta come le soglie e ha lo scopo di ripristinare l'interconnessione del corso d'acqua per i pesci e i piccoli organismi acquatici.

#### **Rivitalizzazione**

Ripristino dei processi e degli elementi chiave che regolano il funzionamento di un corso d'acqua naturale. Oltre a strutture e funzioni, gli interventi di rivitalizzazione hanno l'obiettivo di ripristinare anche condizioni fisiche, morfologiche e idrologiche come pure una buona qualità dell'acqua. Il fine è quello di ottenere da un lato un sistema in grado di conservarsi da sé, caratterizzato da processi dinamici e da habitat interconnessi e dall'altro di ripristinare la diversità biologica e la promozione di biocenosi tipiche. Il termine è stato inserito nella revisione della legge dell'11 dicembre 2009 sulla protezione delle acque (LPac, RS 814.20). Nella legge la rivitalizzazione è definita come «il ripristino, con misure di natura edile, delle funzioni naturali di acque superficiali arginate, corrette, coperte o messe in galleria». In Svizzera viene spesso impiegato anche il termine «rinaturalizzazione» che designa tutte le misure di valorizzazione.

#### **Scambio genetico**

Descrive lo scambio fra due popolazioni di una specie. Gli organismi migranti e il loro successo riproduttivo determinano lo scambio di geni fra le popolazioni.

#### **Simulazione numerica**

Applicazione di modello numerico e designa il processo di calcolo di un modello numerico su un computer.

#### **Sostanze in sospensione**

Materiali la cui granulometria è così fine che possono essere trasportati in sospensione nell'acqua corrente senza venire in contatto con il fondo del letto del corso d'acqua. In caso di correnti deboli i materiali più grossolani si depositano e vengono trasportati sul fondo.

#### **Struttura genetica**

Designa i modelli nella composizione genetica di popolazioni. In caso di elevato scambio genetico fra le popolazioni, la struttura genetica è ridotta poiché le popolazioni presentano una composizione genetica si-

mile a causa dell'elevato scambio. In caso di ridotto scambio genetico, la struttura genetica è marcata, poiché differenzia la composizione genetica delle popolazioni.

#### **Successione**

Processo biologico attraverso il quale le specie occupano nel tempo, secondo una sequenza ordinata, un ambiente fisico e ne determinano le modificazioni. La successione tende a ripristinare l'equilibrio ecologico all'interno di ecosistemi che l'hanno perso a causa di eventi di disturbo. A seconda delle condizioni ambientali le successioni possono avvenire rapidamente (settimane, mesi) o più lentamente (anni, decenni).

#### **Trasporto di materiale solido di fondo**

Processo sul fondo dell'alveo che avviene mediante scivolamento o rotolamento. In ingegneria idraulica il trasporto di materiale solido di fondo viene definito dalla massa del materiale solido di fondo trasportata attraverso l'intera sezione trasversale del corso d'acqua per unità di tempo.

#### **Trasporto di sedimenti**

Processo le diverse possibilità di distribuzione dei materiali sul suolo, in acqua e nell'aria. Il trasporto di sedimenti nei corsi d'acqua viene suddiviso in trasporto solido al fondo e trasporto in sospensione.

#### **Varietà genetica**

Descrive le differenze, basate sul patrimonio ereditario, fra individui e popolazioni. La varietà genetica di una popolazione può essere calcolata con metodi di laboratorio che determinano la frequenza relativa delle forme del patrimonio genetico di ogni individuo di una popolazione.

## Bibliografia

Hostmann, M., Buchecker, M., Ejderyan, O., Geiser, U., Junker, B., Schweizer, S., Truffer, B., Zaugg Stern, M., 2005: Wasserbauprojekte Gemeinsam Planen. Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ.

Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., Walter, T. (Red.) 2010: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Haupt, Berna.

Loat, R., Meier, E., 2003: Wörterbuch Hochwasserschutz / Dictionnaire de la protection contre les crues / Dizionario della protezione contro le piene / Dictionary of Flood Protection. Haupt, Berna.

Meile, T., Fette, M., Baumann, P., 2005: Synthesebericht Schwall/Sunk. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ.

Rohde, S., 2005: Integrales Gewässermanagement. Erkenntnisse aus dem Rhône-Thur Projekt. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ.

Schleiss, A., Peter, A., Fäh, R., Scheidegger, C., 2008: Dynamische Lebensräume und Hochwasserschutz – Forschungsprojekt «Integrales Flussgebietsmanagement». Wasser Energie Luft: 3/2008: 187 – 194.

UFAEG, 2001: Protezione contro le piene dei corsi d'acqua, Direttive. UFAEG, Berna.

UFAPP, 2003: Linee guida per la gestione dei corsi d'acqua svizzeri. UFAPP, UFAEG, UFAG, ARE, Berna.

UFAM, 2001 – 2008: Auendossier: Faktenblätter Auen. UFAM, Berna.

UFAM, 2009: Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. UFAM, Berna.

UFAM, 2010: Ingenieurbiologische Bauweisen im naturnahen Wasserbau. UFAM, Berna.

UFAM, UFE, ARE, 2011: Raccomandazione relativa all'elaborazione di strategie cantonali di protezione e di utilizzo nel settore delle piccole centrali idroelettriche. UFAM, UFE, ARE, Berna.

UFAM, UFE, UFAG, ARE, 2011: Gestione a scala di bacino. Linee guida per una gestione integrata delle acque in Svizzera. UFAM, UFE, UFAG, ARE, Berna.

UFE, 2010: Statistica dell'elettricità. Berna, online: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Peter, A., 2005: Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ.

Zeh Weissmann, H., Könitzer, C., Bertiller, A., 2009: Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. UFAM, Berna.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
 Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
 Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
 Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
 Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
 Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Indicazione bibliografica

Angelone, S., Fäh, R., Peter, A., Scheidegger, C., Schleiss, A., 2012: Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica.

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
 Confédération suisse  
 Confederazione Svizzera  
 Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

# 1 > Rivitalizzazioni: promozione della dinamica

Christoph Scheidegger, Silke Werth, Walter Gostner, Anton Schleiss, Armin Peter

*I corsi d'acqua seminaturali sono sistemi dinamici: il fondo dell'alveo e le sponde vengono regolarmente ridisegnati dalle piene, creando nuovi habitat. Negli ultimi decenni questa dinamica è stata spesso limitata in seguito all'arginatura di numerosi corsi d'acqua. Uno degli scopi principali della rivitalizzazione è il ripristino dei sistemi dinamici. Il presente promemoria presenta le basi necessarie per promuovere questa dinamica.*

## Dinamica naturale dei corsi d'acqua

I tratti di un corso d'acqua sono costituiti da habitat acquatici, anfibi e terrestri caratterizzati da determinati processi. Tali processi possono essere descritti secondo la loro frequenza e intensità. Fra questi figurano le variazioni stagionali del deflusso, il trasporto di materiale solido e la temperatura delle acque nonché le variazioni naturali della portata con periodi di ritorno in ore, giorni, anni e decenni. Una dinamica naturale è pertanto il presupposto per la conservazione e la promozione di corsi d'acqua seminaturali e la loro connettività nello spazio e nel tempo.

Una marcata dinamica del deflusso e del trasporto di materiale solido crea un'elevata diversità di habitat (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua) e promuove ulteriori elementi della biodiversità nonché le prestazioni degli ecosistemi dei corsi d'acqua (Staub *et al.* 2011). Inoltre, i corsi d'acqua seminaturali dalla morfologia diversificata presentano un elevato effetto tampone nei confronti delle piene estreme e hanno un impatto positivo sull'infiltrazione nelle acque sotterranee e sulla funzione ricreativa del paesaggio. Riducendo la dinamica del deflusso e del trasporto di materiale solido, si limita la diversità degli habitat.



Meandro dinamico nella Singine (FR/BE).

Foto: Stephanie Speiser



### Nuova formazione di habitat

La dinamica del deflusso stagionale e del trasporto di materiale solido creano sul fondo dell'alveo dei microhabitat molto importanti per le comunità di animali acquatici, sia per la riproduzione sia per i successivi stadi di sviluppo degli animali. Gli habitat terrestri (banchi di ghiaia, canneti e boschi golenali) sono invece caratterizzati da disturbi che si susseguono con frequenze e intensità diverse (fig. 1). Per essere popolati dalle loro comunità di specie caratteristiche, gli habitat devono essere disponibili e connessi fra loro in modo spaziale e temporale.

Gli habitat dei corsi d'acqua non possono essere conservati in modo statico ma devono essere ricreati continuamente dalle dinamiche di deflusso e di trasporto del materiale solido, in particolare dalle piene. In caso di piene importanti la morfologia dell'alveo subisce modifiche spaziali e temporali. I deflussi di ampie dimensioni e che rimodellano l'alveo distruggono gli habitat esistenti e creano spazio per quelli nuovi. In caso di piene minori i singoli tratti dell'alveo vengono conservati e la maggior parte delle sponde non viene modificata. Nelle piene importanti, invece, si ha un completo trasferimento del fondo dell'alveo, pertanto gli habitat vengono ricreati sia sul fondo dell'alveo sia sulle sponde. Le piene molto importanti (periodo di ritorno > 30 anni) possono comportare il completo trasferimento di un corso d'acqua (comprese le sponde).

Da un punto di vista ecologico la dinamica di un corso d'acqua è considerata sufficiente quando crea l'intera varietà

degli habitat tipici e delle comunità di specie. Nella maggior parte dei corsi d'acqua della Svizzera questa dinamica è stata ridotta da interventi costruttivi, da prelievi di inerti e da misure di regolazione del deflusso (Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica). Questo ha comportato una forte riduzione di numerose specie, altre invece sono compromesse, in particolare quelle legate agli habitat specifici (tab. 1).

### Le piene aiutano i pesci

I pesci che depongono le uova su fondali ghiaiosi come la trota fario possono riprodursi solo in presenza di piene. Queste ultime puliscono infatti il fondo di ghiaia dai sedimenti fini creando un substrato dalle caratteristiche idonee per la deposizione delle uova. Tuttavia, le piene non devono coincidere con il periodo di deposizione delle uova poiché queste ultime vengono depositate nella ghiaia e devono potersi sviluppare in presenza di un deflusso senza trasporto solido al fondo. Nel primo anno di vita le giovani trote vivono nelle cosiddette rapide (ovvero in zone non profonde dove l'acqua scorre veloce). Le trote grandi o adulte preferiscono invece le zone profonde create dalle piene.

La presenza di pesci dipende generalmente da microhabitat di piccole dimensioni e mutevoli. Nei corsi d'acqua questi habitat vengono distrutti più volte durante l'anno (da 2 a 10 volte) e poi ricreati. Questo dimostra l'importanza della dinamica, poiché contribuisce a creare habitat come le zone riparie strutturate e le aree inondabili in determinate stagioni, ideali

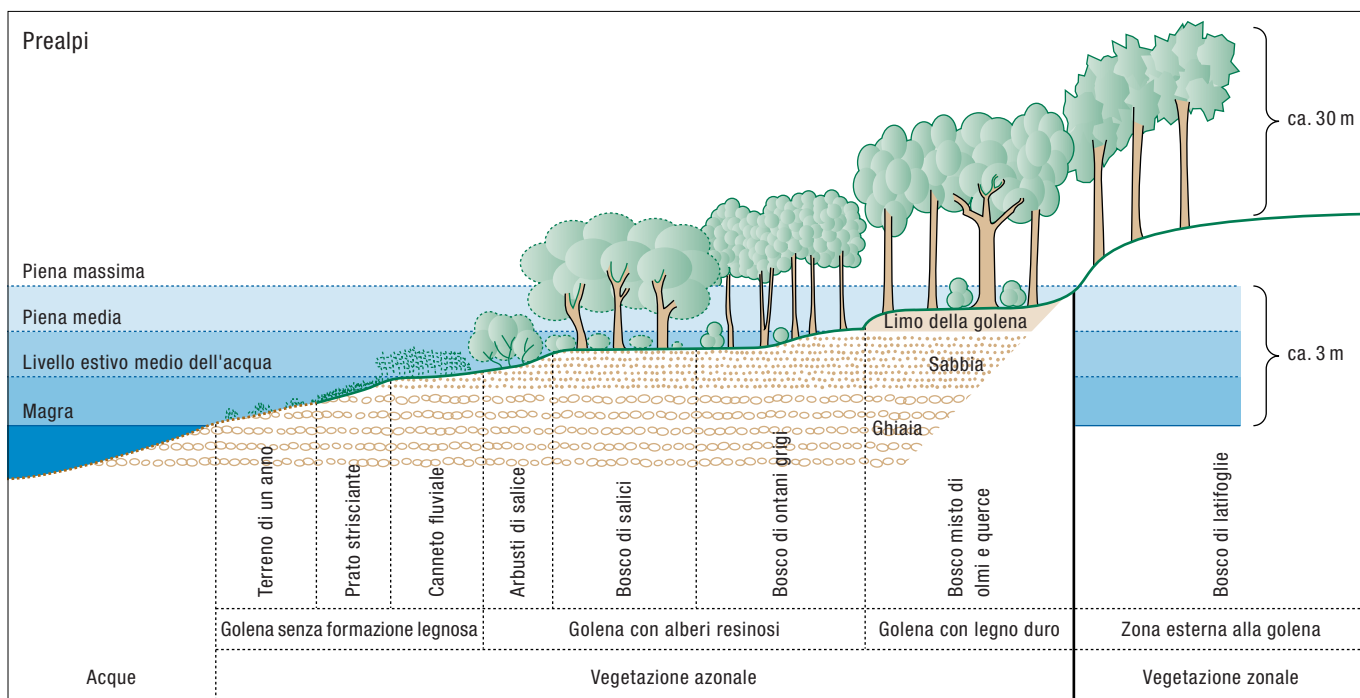


Fig. 1 Sezione schematica della vegetazione golenale nel corso medio di un fiume delle Prealpi.

Illustrazione secondo Ellenberg e Leuschner 2010

per i pesci e altri animali acquatici. La struttura e la densità delle comunità di specie sono una reazione a questa dinamica e comportano la creazione di catene alimentari.

### I trasferimenti di sedimenti promuovono la biodiversità

Per le comunità di piante e animali dei siti golenali (fig. 2) è decisivo il tempo di ritorno dei trasferimenti di sedimenti. In tale occasione gli habitat esistenti vengono distrutti, ma vengono anche creati nuovi banchi di ghiaia e di sabbia (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua). Questo equilibrio dinamico comporta la conservazione di habitat e quindi di specie caratteristiche del corso d'acqua (tab. 1). Affinché i nuovi habitat creati possano essere popolati dalla vegetazione tipica delle golene, il trasferimento dei sedimenti deve avvenire in una determinata stagione dell'anno. Per le piante che si diffondono sopra l'acqua, le piene che spostano i banchi di ghiaia devono avvenire in estate. In questa stagione, infatti, le sementi sono mature e possono diffondersi correttamente. Nei cosiddetti allagamenti ecologici di tratti con deflussi residuali, il periodo dell'inondazione deve essere adeguato ai cicli vitali delle piante e degli organismi acquatici.

La progettazione delle rivitalizzazioni deve tenere conto dei cicli vitali delle specie. Solo in questo modo è possibile stabilire i periodi ottimali per l'inondazione ecologica dei tratti fluviali o la pulizia delle centrali elettriche. La germinabilità di molte specie arboree e arbustive tipiche delle golene è limitata a pochi giorni, e alcune specie possono germinare correttamente solo su sedimenti che vengono completamente impregnati subito dopo essersi depositati. Le comunità di specie terrestri possono stabilirsi su isole relativamente piccole a condizione che siano connesse ( riquadro 1). Le indicazioni contenute nella tabella 2 sono superfici minime che consentono una sopravvivenza di breve termine delle comunità. Sulle superfici piccole gli effetti di diffusione non sono prevedibili (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua).

Molte specie terrestri, in particolare quelle che vivono su banchi di ghiaia come il tamerici, fondano la loro sopravvivenza su un ritorno periodico (tab. 2) di fattori di disturbo come le piene (fig. 3). Se questi eventi non si verificano, i banchi di ghiaia vengono popolati da cespugli e nel lungo periodo si trasformano in boschi golenali. Gli specialisti dei banchi di ghiaia spariscono (fig. 2). Se gli eventi sono troppo frequenti, saranno più le popolazioni rare che andranno distrutte rispetto a quelle nuove che si insiederanno e nel lungo periodo saranno minacciate dall'estinzione (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua). Nelle zone golenali ad una quota superiore e raramente inondate sono importanti le successioni di lungo periodo, possibilmente indisturbate dagli interventi dell'uomo, affinché possano svilupparsi strutture legnose mature.

### > Tabella 1

Tipi di habitat e numero di specie minacciate in seguito alla mancanza di dinamica delle acque (secondo Delarze e Gonseth 2008).

Tipo di habitat	Specie minacciate
Zona del temolo	15
Saliceti arbustivi alluvionali	2
Canneti di ruscello	8
Zona del barbo e dell'abramide	17
Suoli alluvionali con vegetazione pioniera erbacea	10
Ontaneti alluvionali a ontano bianco	2
Frassineti umidi	8
Regione superiore delle trote	3
Canneti litorali	22
Saliceti alluvionali a salice comune	2
<b>Totale</b>	<b>87</b>



Fig. 2 Il corso superiore della Singine nei pressi di Plaffeien (FR) è un esempio di corso d'acqua con dinamica naturale. In caso di piene importanti la vegetazione e i banchi di ghiaia vengono distrutti e si creano nuovi banchi popolati dalle specie pioniere specializzate. Foto: Christoph Scheidegger

### Obiettivi delle rivitalizzazioni

Le rivitalizzazioni hanno lo scopo di restituire ai corsi d'acqua una dinamica naturale e una ricchezza strutturale ottimale. Se lo spazio è carente, è necessario trovare un compromesso fra le varie esigenze. Gli interventi di sistemazione devono prevedere come obiettivo una varietà strutturale la più ampia possibile e la formazione di habitat terrestri. Questi ultimi si ripercuotono positivamente sulla biodiversità dei corsi d'acqua. Anche un'eventuale gettata di pietre deve essere ricoperta da materiale sfuso oltre il livello di piena media in modo che possa insediarsi una vegetazione riparia mediante successione naturale. In un tratto fluviale quasi diritto la linea di sponda di una gettata di pietra deve procedere tortuosamente poiché in questo modo aumenta la varietà del deflusso. La ricchezza strutturale è sempre il risultato di un corso d'acqua dinamico che sposta regolarmente il materiale solido nell'alveo e causa un'erosione locale.

### Protezione dalle piene e dinamica

I progetti di protezione dalle piene devono essere realizzati in modo pressoché naturale (art. 4 legge sulla sistemazione dei corsi d'acqua, RS 721.100 e art. 37 legge sulla protezione delle acque, RS 814.20). Essi devono limitare la dinamica nei limiti del necessario e favorire il più possibile la varietà strutturale. Conformemente alla citazione «L'acqua è un elemento ospitale per chi la conosce e sa come affrontarla» (Goethe 1809), la protezione dalle piene deve basarsi sulla conoscenza precisa dei processi che avvengono durante una piena. Solo in questo modo è possibile applicare le misure di protezione dalle piene nei luoghi corretti e ridurre al massimo gli interventi nei corsi d'acqua. Fino agli inizi degli anni Novanta le misure si sono focalizzate principalmente sulla resistenza alle forze del deflusso e al trasporto di materiale solido. Oggi hanno anche l'obiettivo di incrementare la qualità e l'interconnessione dei flussi d'acqua (Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica).

Per protezione costruttiva dalle piene si intendono gli interventi edili che proteggono i corsi d'acqua da erosioni pericolose dell'alveo e che contemporaneamente garantiscono la capacità di deflusso in caso di piene. Una capacità di deflusso sufficiente non comprende soltanto l'acqua, ma anche i sedimenti e il materiale legnoso galleggiante. La protezione costruttiva dalle piene tende a limitare i processi di erosione, accumulo e straripamento che si verificano durante le piene e pertanto riduce necessariamente la dinamica delle acque. I progetti di protezione dalle piene realizzati in modo seminaturale devono invece consentire la massima dinamica naturale possibile. Quest'ultima necessita di molto spazio che però è spesso limitato nelle zone densamente abitate. Pertanto in molti casi è possibile ottenere soltanto una dinamica ridotta, che deve essere sfruttata entro i limiti disponibili. Anche una

### > riquadro 1. Trasferimento di sedimenti e periodi di ritorno

Per conservare nel lungo periodo gli habitat ripari sono necessari specifici periodi di ritorno dei trasferimenti dei banchi di ghiaia. I valori soglia minimi devono sempre essere rispettati, i valori massimi non possono essere superati perché le specie target delle comunità possano concludere completamente il loro ciclo vitale. Per creare nuovi habitat con le rivitalizzazioni è necessario che essi siano connessi con gli habitat dello stesso tipo già esistenti (Werth *et al.* 2011; scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua). La superficie minima indicata nella tabella 2 si riferisce alle dimensioni di una popolazione. L'intera superficie necessaria per la sopravvivenza nel lungo periodo della comunità regionale incluse le sue specie acquatiche e golenali deve essere incrementata almeno del fattore 10.

### > Tabella 2

Gli habitat terrestri dei corsi d'acqua (secondo Delarze e Gonseth 2008), il loro fabbisogno minimo di superficie per la conservazione di breve periodo della diversità delle specie caratteristiche, nonché il periodo di ritorno minimo e massimo dei trasferimenti di banchi di ghiaia.

Habitat	Fabbisogno minimo di superficie	Periodo di ritorno minimo	Periodo di ritorno massimo
Suoli alluvionali con vegetazione pioniera erbacea	0,5 ha	3 anni	8 anni
Saliceti arbustivi alluvionali	0,5 ha	8 anni	15 anni
Canneti	0,5 ha	8 anni	15 anni
Saliceti alluvionali a salice comune	1 ha	15 anni	40 anni
Ontaneti alluvionali a ontano bianco	1 ha	15 anni	40 anni
Sorgenti con copertura vegetale	100 m <sup>2</sup>	50 anni	>150 anni
Frassineti umidi	10 ha	40 anni	>150 anni

dinamica di piccola scala può essere preziosa dal punto di vista ecologico, poiché incrementa la ricchezza strutturale e quindi gli habitat disponibili. Nelle zone abitate la dinamica deve essere controllabile in caso di piene, pertanto le misure di protezione costruttive sono spesso indispensabili.

### Raccomandazioni per la prassi

Attualmente la ricerca è ben lungi dal poter presentare un modello quantitativo in cui mettere in relazione fra loro i parametri di deflusso, la morfologia dell'alveo e la biodiversità. Tali previsioni possono essere fornite soltanto per sistemi parziali (WSL *et al.* 2008). L'obiettivo di ogni rivitalizzazione dovrebbe essere quello di promuovere la dinamica seminatu-



rale del corso d'acqua, poiché la morfologia dell'alveo e la biodiversità acquatica e terrestre è controllata dalla dinamica delle acque. Anche i progetti di protezione dalle piene devono consentire una certa dinamica. Per le raccomandazioni che riguardano in particolare la protezione delle piene si rimanda alle direttive dell'Ufficio federale delle acque e della geologia (UFAEG 2001) e al loro aggiornamento e ampliamento a cura dell'UFAM («Wegleitung Hochwasserschutz und Revitalisierungen an Fließgewässern», disponibile dal 2012).

Le rivitalizzazioni hanno come obiettivo il ripristino, con misure di natura edile, delle funzioni naturali di acque superficiali arginate, corrette, coperte o messe in galleria (LPac, art. 4, lett. m; Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica). In questo contesto il ripristino della dinamica assume una particolare importanza. Vale la pena considerare i punti seguenti:

- > il ripristino del regime idrologico ha un ruolo fondamentale: senza deflussi che rimodellano l'alveo, le rivitalizzazioni non sono efficaci, nemmeno in presenza di una morfologia diversificata dell'alveo o di buone condizioni per il materiale solido;
- > per ripristinare la dinamica, è necessario un bilancio equilibrato del materiale solido, ovvero il corso d'acqua deve presentare un'elevata continuità per il trasporto. In assenza di un apporto di materiale solido dall'alto, il ramo principale si abbassa nel giro di poche piene a causa della dinamica idrologica. All'opposto anche un

apporto eccessivo di materiale solido è problematico poiché può provocare sovralluvionamenti;

- > i corsi d'acqua devono disporre di uno spazio sufficiente per lo spostamento del letto di ghiaia e il trasporto di materiale solido, in modo da promuovere le comunità di specie acquatiche e golenali. Lo spazio a disposizione delle comunità caratteristiche e delle specie dei corsi d'acqua deve essere ampliato. Le indicazioni della tabella 2 sono da considerarsi superfici minime;
- > gli habitat di piccole dimensioni, già presenti prima della rivitalizzazione, hanno un elevato valore per le comunità acquatiche e golenali nonché per le popolazioni di specie rare. Invece, gli habitat ricreati nel corso delle rivitalizzazioni e pertanto isolati vengono popolati solo in alcuni casi e nel lungo periodo (molti anni);
- > un elevato grado di connettività fra le comunità golenali può incrementare il successo di una rivitalizzazione anche in presenza di habitat relativamente ridotti. In ogni caso deve essere favorita la connettività fra gli habitat dei corsi d'acqua.

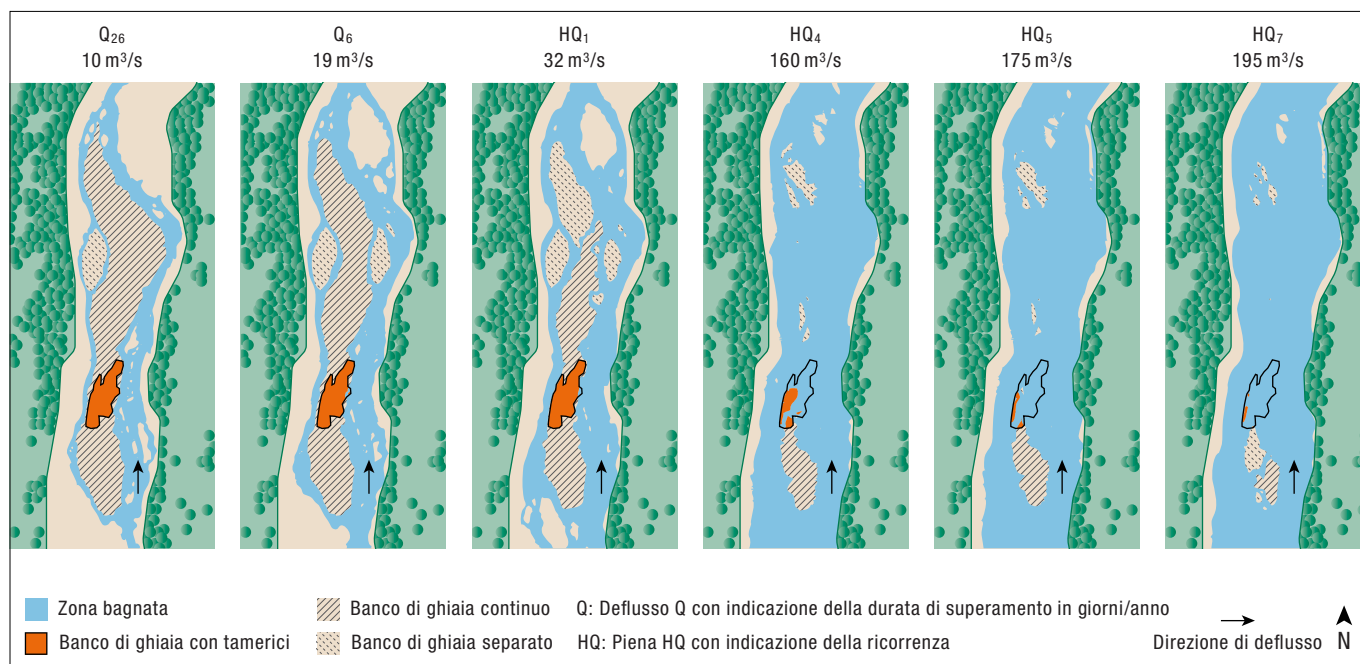


Fig. 3 Grado di inondazione dei banchi di ghiaia sul corso superiore della Singine nei pressi di Plaffeien (FR). I valori di deflusso vengono raggiunti (da sinistra a destra) nel corso di 26, 6 e 1 giorno l'anno, con un periodo di ritorno di 4, 5 e 7 anni.

Illustrazione secondo Walter Gostner

## Bibliografia

Delarze, R., Gonseth, Y., 2008: Lebensräume der Schweiz. Hep Verlag, Berna.

Ellenberg, H., Leuschner, C., 2010: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Eugen Ulmer, Stoccarda.

Marti, C., 2006: Morphologie von verzweigten Gerinnen. Tesi ETHZ, Zurigo.

Méndez, PR., 2008: Seitenerosion in kiesführenden Flüssen. Tesi ETHZ, Zurigo.

Staub, C., Ott, W., Heusi, F., Klingler, G., Jenny, A., Häcki, M., Hauser, A., 2011: Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. UFAM, Berna.

UFAEG, 2001: Protezione contro le piene dei corsi d'acqua. UFAEG, Berna.

von Goethe JW., 1809: Die wunderlichen Nachbarskinder. online: [www.digbib.org/Johann\\_Wolfgang\\_von\\_Goethe\\_1749/Die\\_wunderlichen\\_Nachbarskinder](http://www.digbib.org/Johann_Wolfgang_von_Goethe_1749/Die_wunderlichen_Nachbarskinder)

Werth, S., Weibel, D., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Lebensraumverbund Fliessgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. Wasser Energie Luft: 3/211, 224 – 234.

WSL, Eawag, ETHZ, EPFL 2008. Indikatorsteckbriefe. Online: [www.rivermanagement.ch/download.php](http://www.rivermanagement.ch/download.php)

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)

Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)

Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Indicazione bibliografica

Scheidegger, C., Werth, S., Gostner, W., Schleiss, A., Peter, A., 2012: Rivitalizzazioni: promozione della dinamica. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 1.

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 2 > Biodiversità nei corsi d'acqua

Silke Werth, Maria Alp, Theresa Karpati, Walter Gostner, Christoph Scheidegger, Armin Peter

*Habitat diversificati, dinamici e prossimi allo stato naturale costituiscono un presupposto importante per conservare e promuovere la biodiversità nei corsi d'acqua. La presente scheda presenta i fattori principali per la varietà dei biotopi e delle specie e raccomanda le misure necessarie per incrementare la biodiversità.*

### Fulcri di biodiversità

La biodiversità comprende l'insieme di tutte le forme viventi, implica tutta la variabilità biologica di geni, habitat e funzioni ecologiche, comprese le prestazioni degli ecosistemi (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2005). La presenza di specie rare e caratteristiche è parte integrante della biodiversità.

I corsi d'acqua e le zone golenali sono fulcri di biodiversità e presentano un'ampia varietà di specie animali e vegetali (Lachat *et al.* 2010, Hausammann 2008). Stando alle stime, le zone golenali ospitano 1500 specie vegetali (UFAM 2005). Questo corrisponde a circa un terzo della flora svizzera, sebbene le zone golenali coprano soltanto lo 0,55 per cento del

territorio nazionale. Le specie vegetali e animali che vivono nei o in prossimità di corsi d'acqua (fig. 1) si sono adattate alle condizioni ambientali di corsi d'acqua naturali e dinamici. In seguito a interventi costruttivi e a causa dell'inquinamento delle acque, l'uomo ha compromesso il bilancio ecologico di molti corsi d'acqua e minacciato la sopravvivenza di numerose specie (tab. 1). Il territorio di diffusione di molte di queste specie si trova prevalentemente in Svizzera e la loro protezione richiede pertanto a livello nazionale una responsabilità particolare. La biodiversità in generale e le specie tipiche dei corsi d'acqua possono essere promosse migliorando la connettività e ripristinando una dinamica fluviale il più possibile prossima



Meandro naturale della Singine (BE/FR).

Foto: Walter Gostner



a uno stato naturale (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica, scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua).

### Varietà genetica

Un'elevata varietà genetica è il presupposto per conservare popolazioni stabili e in grado di adattarsi a eventuali perturbazioni. La varietà genetica dipende dalle dimensioni delle popolazioni e dal loro grado di interconnessione. Le specie che diventano rare per fenomeni naturali o in seguito a interventi antropici formano spesso delle piccole popolazioni isolate con una ridotta diversità genetica. Possono così verificarsi problemi di endogamia che compromettono la vitalità e i successi riproduttivi delle popolazioni poiché gli individui risultano meno resistenti ai cambiamenti ambientali. Pertanto, le popolazioni con un'elevata varietà genetica sono in grado di adeguarsi meglio alle mutazioni delle condizioni ambientali e sono perciò particolarmente preziose per la protezione della natura (Werth *et al.* 2011).

Il Tamerici alpino (*Myricaria germanica*), una pianta caratteristica delle golene, spesso è presente in Svizzera in piccole popolazioni e cresce sui banchi di ghiaia di fiumi prossimi allo stato naturale. Il progetto «Gestione integrata del bacino fluviale» ha analizzato una grande parte delle popolazioni svizzere e ha evidenziato che la loro varietà genetica presenta differenze notevoli (fig. 2). Nella Singine (BE/FR) esiste oggi una singola popolazione che è fortemente impoverita dal punto di vista genetico nonostante l'elevata qualità dell'habitat. Le cause di questo impoverimento sono da ricercare nelle dimensioni ridotte delle popolazioni, ma anche nell'assenza di connessioni con popolazioni situate a valle distrutte decenni fa in seguito a interventi di bonifica delle acque (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua). Fino a cento anni fa, il Tamerici alpino era diffuso lungo un tratto di fiume di circa trenta chilometri. Lo sviluppo delle popolazioni del Reno alpino (GR/SG) è invece stato alquanto diverso: nel bacino imbrifero sono sopravvissute diverse grandi popolazioni che presentano un'elevata diversità genetica. Il risultato è sorprendente e illustra l'importanza dell'interconnessione: nonostante il Reno alpino sia caratterizzato da numerose opere di arginatura, le popolazioni nei tratti canalizzati ricevono un numero di individui e di geni sufficiente dalle popolazioni sorgente situate a monte del fiume.

### Habitat diversificati

Un corso d'acqua naturale offre agli organismi acquatici, anfibi e terrestri habitat diversificati, come ad esempio i rami principali e secondari del fiume e i banchi di ghiaia (fig. 3). Questi ultimi possono essere influenzati da numerosi fattori ambientali, in particolare dalla temperatura (fig. 3), dall'esposizione alla luce, dal contenuto di sostanze nutritive, dalla morfologia dell'alveo e dal regime di deflusso. I tratti con con-



Fig. 1 Esempi di specie caratteristiche dei corsi d'acqua. In alto: Tamerici alpino (*Myricaria germanica*; foto: Silke Werth), in basso: *Chorthippus pullus* (foto: Theresa Karpati).

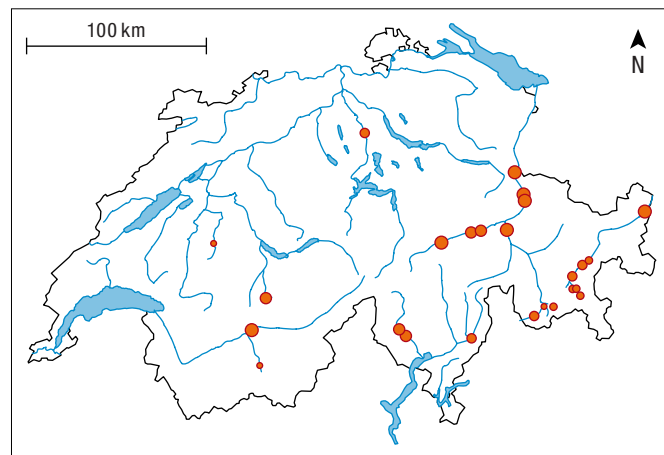


Fig. 2 Diversità genetica nelle popolazioni svizzere di Tamerici alpino (*Myricaria germanica*). La dimensione dei cerchi è proporzionale alla diversità genetica di una popolazione. Illustrazione secondo Silke Werth

dizioni ambientali diversificate sono caratterizzati da un'elevata varietà di specie che vi trovano condizioni ideali per la vita. Le specie acquatiche sono particolarmente influenzate dal regime di deflusso, determinato dalla profondità e dalla velocità di scorrimento dello stesso. Importanti fattori per le specie terrestri sono, ad esempio, le caratteristiche delle sponde, l'altezza dell'argine sul normale livello d'acqua, la presenza di banchi di ghiaia e la qualità del substrato. I tratti fluviali naturali e/o prossimi allo stato naturale sono spesso caratterizzati da un'ampia variabilità di importanti fattori ambientali (p. es. temperatura, velocità di deflusso; fig. 3 e 4), mentre i tratti canalizzati sono monotoni (fig. 4).

Per molte specie acquatiche e terrestri è importante anche la disponibilità di legno morto. Ai margini dei grandi tronchi morti si formano spesso zone di acque profonde che offrono buoni nascondigli per i pesci e sono caratterizzate da temperature più basse. E quando, in seguito ad una piena, l'acqua trascina i tronchi morti su banchi di ghiaia, si depositano substrati sabbiosi su cui può insediarsi la vegetazione. Le strutture e le condizioni che si creano in prossimità dei tronchi morti costituiscono anche un habitat ottimale per il *Chorthippus pullus*, una specie di cavalletta minacciata (fig. 1) che si ciba di

vegetazione, trova rifugio nel legno morto e depone le uova su piccole superfici sabbiose prive di vegetazione.

### Habitat interconnessi

La presenza di specialisti di un habitat dipende dall'interconnessione funzionale dei loro spazi vitali (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica). L'interconnessione longitudinale favorisce la diffusione e quindi la presenza delle specie, inoltre influenza i cicli delle sostanze nutritive e le catene alimentari nei corsi d'acqua. I siti a valle di un corso d'acqua, ad esempio, dipendono dall'apporto di biomassa (p. es. strame di latifoglie, legno morto) dai siti collocati a monte dello stesso. Le barriere come i laghi artificiali interrompono questa interconnessione e compromettono la biodiversità. Anche l'interconnessione laterale fra habitat acquatici e terrestri ha un notevole impatto sulla biodiversità. Ad esempio l'ombra che crea la vegetazione di sponda (riparia) si ripercuote sulla temperatura nei piccoli corsi d'acqua. Nei ruscelli dove tale vegetazione viene tagliata la temperatura dell'acqua è più elevata. La temperatura ha un impatto diretto sulla vita degli organismi, poiché il suo aumento riduce la disponibilità di ossigeno disciolto nell'acqua. D'altro canto una tempera-

### > Tabella 1

Specie caratteristiche di paesaggi fluviali prossimi allo stato naturale (UFAM 2011). Priorità di protezione: 1 molto elevata; 2 elevata; 3 media; 4 esigua. La colonna «responsabilità» descrive l'importanza europea o mondiale delle popolazioni svizzere di una specie ed evidenzia la responsabilità internazionale della Svizzera per la conservazione della specie interessata. Scala: 4 molto elevata; 3 elevata; 2 media; 1 esigua.

Nome comune	Nome scientifico	Classe	Categoria di minaccia (Svizzera)	Priorità di protezione	Responsabilità
	<i>Bembidion eques</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	1	2
	<i>Bembidion foraminosum</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	2	1
	<i>Bryodemella tuberculata</i>	Insetti	Estinto	1	2
	<i>Chorthippus pullus</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	1	2
Epacromio triestino	<i>Epacromius tergestinus</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	1	2
	<i>Tetrix tuerki</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	1	2
	<i>Leucorrhinia caudalis</i>	Insetti	In pericolo d'estinzione	1	2
Rospo calamita o dei canneti	<i>Bufo calamita</i>	Anfibi	Fortemente minacciato	3	1
Raganella	<i>Hyla arborea</i>	Anfibi	Fortemente minacciata	3	1
Piro piro piccolo	<i>Actitis hypoleucos</i>	Uccelli	Fortemente minacciato	1	1
Corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	Uccelli	Vulnerabile	1	1
	<i>Bryum versicolor</i>	Muschi	In pericolo d'estinzione	1	2
Lattugaccio dei torrenti	<i>Chondrilla chondrilloides</i>	Piante a fiori	Fortemente minacciato	3	0
Tamerici alpino	<i>Myricaria germanica</i>	Piante a fiori	Potenzialmente minacciato	-	-
Olivello spinoso	<i>Hippophæ rhamnoides</i>	Piante a fiori	Non minacciato	-	-
Salice dafnoide	<i>Salix daphnoides</i>	Piante a fiori	Non minacciato	-	-
Coltellaccio a fusto semplice	<i>Sparanium emersum</i>	Piante a fiori	Vulnerabile	4	0
Lisca minore	<i>Typha minima</i>	Piante a fiori	Fortemente minacciata	3	0

tura elevata provoca l'aumento di agenti patogeni (p. es. la malattia proliferativa renale PKD [Proliferative Kidney Disease] nelle trote) che compromettono indirettamente gli organismi.

Nella Singine (BE/FR), la diversità del macrobenthos è influenzata dalla posizione del sito nel bacino imbrifero (Alp *et al.* 2011). La ricchezza del macrobenthos nei tratti canalizzati è paragonabile a quella dei tratti seminaturali nel corso superiore della Singine (BE/FR). Il macrobenthos viene favorito dalla buona interconnessione dei siti e dalla situazione presente nel bacino imbrifero: gli organismi provenienti dai tratti prossimi allo stato naturale del corso superiore si diffondono passivamente nei tratti canalizzati a valle. Inoltre, diversi fattori importanti per gli habitat nel corso inferiore sono paragonabili a quelli dei siti naturalistici. Il regime di deflusso naturale, la buona qualità dell'acqua e una struttura naturale del fondo dell'alveo hanno probabilmente contribuito all'elevata biodiversità del macrobenthos nei tratti canalizzati. Le specie terrestri come il Tamerici alpino e il *Chorthippus pullus* non sono tuttavia presenti nei tratti canalizzati della Singine, poiché mancano banchi di ghiaia idonei e, quindi, gli habitat per entrambe le specie.

### Organismi esigenti

Nel corso del loro ciclo vitale molti organismi necessitano di habitat diversi. Ad esempio, alcuni pesci ed insetti acquatici richiedono diversi tipi di habitat per la riproduzione e lo sviluppo dei giovani esemplari (Jungwirth *et al.* 2003). Per deporre le uova, molte specie di insetti acquatici hanno bisogno di grandi pietre che fuoriescono dall'acqua. Il successo della riproduzione è fortemente legato alla disponibilità di questi substrati (Alp *et al.* 2011). Sempre per deporre le uova, molti pesci dell'ordine dei Salmoniformi migrano negli affluenti o nel corso superiore del fiume perché vi trovano siti ideali. Determinate specie richiedono diversi habitat addirittura nel corso dello stesso giorno. Noti esempi in tal senso sono i pesci che vivono in habitat diversi in funzione del giorno e della notte. Se in un corso d'acqua mancano i siti per determinate fasi della vita, le specie caratteristiche e specializzate scompaiono. Questo problema può verificarsi anche quando i diversi siti del bacino imbrifero non sono interconnessi.

### Biodiversità compromessa

La frammentazione dei corsi d'acqua con barriere, come, ad esempio, i laghi artificiali e altre opere di arginatura, rappresenta una minaccia per la biodiversità. Le arginature hanno ridotto drasticamente la ricchezza di habitat. I corsi d'acqua canalizzati con profili monotoni offrono un habitat idoneo solo a pochi generalisti. Le modifiche del bilancio del materiale solido (p. es. l'estrazione di ghiaia), del regime di deflusso e

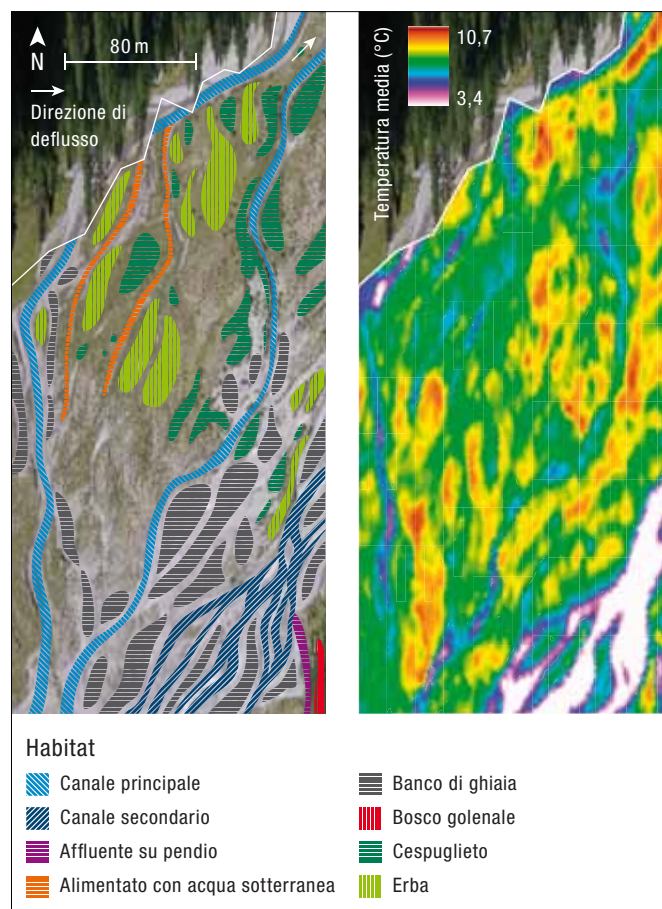


Fig. 3 Varietà degli habitat (sinistra) e delle condizioni termiche (destra) in una gola naturale (Val Roseg, GR). La temperatura è un importante fattore ambientale che influenza la flora e la fauna dei corsi d'acqua. Illustrazione secondo Tonolla *et al.* 2010

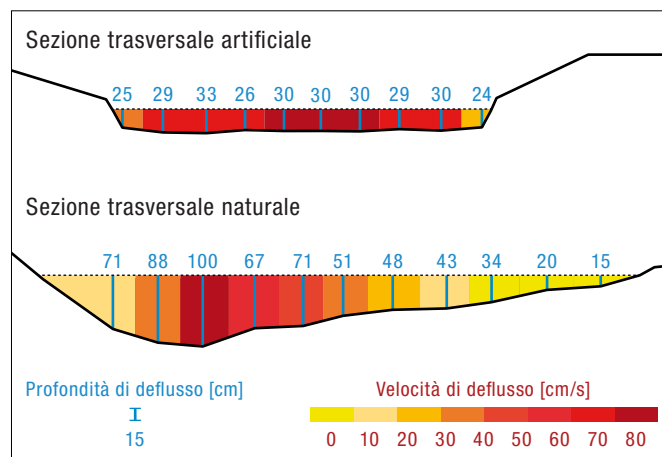


Fig. 4 Sezioni trasversali di un tratto canalizzato (in alto) e di un tratto naturale (in basso) dell'Altopiano (Bünz, AG). Sono indicate le profondità e la velocità di deflusso (alla profondità media). Illustrazione secondo Walter Gostner



della temperatura (p. es. lo sfruttamento dell'energia idraulica) compromettono le condizioni vitali degli specialisti dei corsi d'acqua. Perciò molte di queste specie oggi sono minacciate (Delarze e Gonseth 2008). Gli apporti di sostanze chimiche provenienti da agricoltura, industria e zone abitate riducono la qualità delle acque e minacciano le specie che necessitano di acque di elevata qualità. In Svizzera l'inquinamento chimico dei corsi d'acqua si è ridotto dagli anni Ottanta. Tuttavia non tutte le specie scomparse a causa dell'inquinamento hanno fatto ritorno. Questo è dovuto in parte all'interconnessione insufficiente lungo le acque, oggi frammentate da numerose barriere artificiali. Le barriere impediscono il ripopolamento di tratti fluviali, compromettendo in particolare le specie con capacità di diffusione ridotte. In futuro, il cambiamento climatico rappresenterà una sfida supplementare per la conservazione della biodiversità nei corsi d'acqua. Le variazioni stagionali delle precipitazioni, così come previste dai modelli climatici, sono rilevanti perché possono modificare il regime di deflusso di molti corsi d'acqua.

I fattori che influenzano la biodiversità dei corsi d'acqua sono numerosi. Le rivitalizzazioni, che hanno per obiettivo la promozione della biodiversità, necessitano pertanto di un approccio globale e devono considerare i corsi d'acqua nel loro complesso. In molti casi il miglioramento di singoli aspetti (p. es. incremento della morfologia dell'alveo) non è sufficiente per ripristinare la ricchezza di specie. In passato molte rivitalizzazioni sono state eseguite secondo il presupposto che un ripristino locale della diversità morfologica incrementa automaticamente la biodiversità. Dopo la realizzazione degli interventi è stato appurato che altri fattori ambientali (p. es. inquinamento chimico, centrali con flusso discontinuo) si sovrapponevano agli effetti positivi dei miglioramenti morfologici (Alp *et al.* 2011), limitando o addirittura vanificando il successo della rivitalizzazione.

#### Raccomandazioni per la pratica

- > Ripristinare la biodiversità è molto più difficile che conservarla. La conservazione di popolazioni e di habitat di buona qualità deve perciò avere la massima priorità.
- > Devono essere presenti sufficienti habitat interconnessi per tutte le fasi vitali delle specie acquatiche, anfibi e terrestri. Una morfologia dell'alveo diversificata e zone riparie e golenali ricche sono un presupposto per ripristinare la biodiversità.
- > Per garantire il successo delle rivitalizzazioni è necessario considerare i principali fattori che caratterizzano gli habitat. Nell'assegnare le priorità ai tratti da rivitalizzare, è necessario da un lato tenere conto dei fattori morfologici e strutturali, dall'altro del regime di deflusso, della qualità dell'acqua e dell'interconnessione degli habitat nel bacino imbrifero (Werth *et al.* 2011). Un deficit in uno

di questi fattori può ritardare o addirittura impedire la colonizzazione dei tratti rivitalizzati. Inoltre, va considerato che nemmeno la ricchezza di strutture morfologiche garantisce che dopo la rivitalizzazione si formi una biodiversità elevata.

- > La situazione nel bacino imbrifero determina il successo degli interventi: la biodiversità trae maggiore vantaggio dalle rivitalizzazioni di tratti in prossimità di habitat ricchi di specie che non di tratti molto isolati privi di ogni connessione con le popolazioni sorgente.
- > Come misure di accompagnamento delle rivitalizzazioni possono essere utili specifici interventi di promozione delle specie. Ad esempio nel corso della rivitalizzazione possono essere costruite sponde ripide volte a favorire la nidificazione del Martin pescatore (*Alcedo atthis*) e creati siti idonei alla deposizione delle uova degli anfibi. L'analisi sull'urgenza di queste misure dovrebbe basarsi sulla «Lista delle specie prioritarie a livello nazionale» (UFAM 2011). Oltre al grado di minaccia cui sono esposte le specie, la lista definisce anche la responsabilità che detiene la Svizzera per la conservazione di singole specie.

## Bibliografia

Alp, M., Karpati, T., Werth, S., Gostner, W., Junker, J., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Erhaltung und Förderung der Biodiversität von Fließgewässern. *Wasser Energie Luft*: 3/2011, 216–223.

Delarze, R., Gonseth, Y., 2008: Lebensräume der Schweiz. Hep Verlag, Berna.

Hausammann, A., 2008: Fauna und Flora in Auen. Faktenblatt Nr. 13, Auendossier. UFAM, Berna.

Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S., Schmutz, S., 2003: Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. *Facultas Universitätsverlag*, Vienna.

Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., Walter, T., 2010: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900 – ist die Talsohle erreicht? *Haupt*, Berna.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2005: Handbook of the convention on biological diversity including its Cartagena protocol on biosafety. *Friesen*, Montreal, online: [www.cbd.int/handbook](http://www.cbd.int/handbook)

Tonolla, D., Acuña, V., Uehlinger, U., Frank, T., Tockner, K., 2010: Thermal heterogeneity in river floodplains. *Ecosystems* 13: 727–740.

UFAM, 2005: Le golene della Svizzera. UFAM, Berna, online: [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00888/index.html?lang=it](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00888/index.html?lang=it)

UFAM, 2011: Lista delle specie prioritarie a livello nazionale. UFAM, Berna.

Werth, S., Weibel, D., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Lebensraumverbund Fließgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. *Wasser Energie Luft*: 3/2011, 224–234.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti: Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)  
L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Indicazione bibliografica

Werth, S., Alp, M., Karpati, T., Gostner, W., Scheidegger, C., Peter, A., 2012: Biodiversità nei corsi d'acqua. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 2.

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 3 > Indice della diversità idromorfologica

Walter Gostner, Anton Schleiss

*La varietà strutturale è uno dei requisiti fondamentali per la funzionalità degli ecosistemi acquatici. Questo promemoria presenta un nuovo indice con cui calcolare la diversità idromorfologica: l'indice della diversità idromorfologica (IDIM). Si tratta di un importante strumento per i progetti di riqualifica dei corsi d'acqua perché consente una valutazione quantitativa degli obiettivi di miglioramento della diversità strutturale.*

### Importanza della diversità strutturale

La funzionalità degli ecosistemi acquatici è determinata da fattori biotici e abiotici che si influenzano reciprocamente. Tra i fattori abiotici più importanti vanno annoverate la qualità dell'acqua, la dinamica di deflusso e la struttura del corso d'acqua. I corsi d'acqua a morfologia naturale si differenziano da quelli a morfologia artificiale per le caratteristiche di deflusso (fig. 1). Nelle tratte fluviali seminaturali si alternano zone a elevata velocità di corrente, zone a bassa velocità ma con una profondità elevata, zone a profondità e velocità dell'acqua ridotte, banchi di ghiaia colonizzati da vegetazione e diversi stadi di successione (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua), legno morto e diversi substrati. Un'ampia fascia

riparia separa il corso d'acqua dall'ambiente circostante. Le tratte fluviali canalizzate presentano invece caratteristiche monotone: il deflusso è uniforme longitudinalmente e trasversalmente.

L'omogeneizzazione della morfologia del corso d'acqua comporta una riduzione della ricchezza delle specie e della biomassa di organismi acquatici e delle zone ripariali. La diversità morfologica favorisce invece lo sviluppo, la conservazione di habitat e l'aumento della biodiversità (Jungwirth *et al.* 2003). Molti interventi di rivitalizzazione hanno pertanto lo scopo di ripristinare la diversità strutturale incrementando quella degli habitat. Molti organismi acquatici, anfibi e terrestri presenti nei o in prossimità dei corsi d'acqua, necessitano



*La ricchezza strutturale comporta una maggiore varietà della velocità e della profondità di deflusso: rapida della Singine (FR/BE).*

Foto: Walter Gostner



di una grande varietà di habitat per riprodursi e svilupparsi (scheda 2 Biodiversità nei corsi d'acqua). I pesci, ad esempio, durante il loro ciclo vitale hanno bisogno di habitat molto diversificati: zone con un substrato dell'alveo idoneo per deporre le uova, zone a scorrimento rapido con un'elevata offerta alimentare e zone profonde a scorrimento lento per riposarsi. Le popolazioni ittiche locali possono essere conservate soltanto in presenza di un numero sufficiente di habitat.

### Indice della diversità idromorfologica

La sistemazione dei corsi d'acqua non deve limitarsi esclusivamente alla progettazione e alla realizzazione di misure di protezione contro le piene. Deve ugualmente prevedere delle misure volte a migliorare il funzionamento degli ecosistemi acquatici. Una valutazione del possibile miglioramento della diversità strutturale nell'ambito dei progetti di sistemazione dei corsi d'acqua è stata sinora possibile soltanto ricorrendo a stime qualitative effettuate sulla base di valutazioni di esperti. Grazie all'indice della diversità idromorfologica (IDIM), descritto nel presente documento, è possibile effettuare anche una valutazione quantitativa ( riquadro 1). L'IDIM può essere calcolato facilmente grazie a modellazioni numeriche e ad analisi statistiche di variabili idrauliche che descrivono la diversità morfologica. Calcolando tale indice per più varianti di un progetto è possibile confrontare i relativi valori IDIM, definire oggettivamente la variante con il miglior impatto ecologico e stimare di quanto si avvicina allo stato di riferimento auspicato.

L'IDIM colma la lacuna fra la valutazione dello stato iniziale di un corso d'acqua prima dell'inizio di un progetto (UFAFP 1998) e il controllo dei risultati dopo l'attuazione del progetto (Woolsey *et al.* 2005). Consente inoltre di eseguire una valutazione a priori dei progetti, ottimizzandoli. L'IDIM è stato sviluppato per corsi d'acqua alpini con un buon trasporto solido e che nel loro stato di riferimento presentano un tracciato sinuoso, meandriforme o a canali intrecciati. Poiché questo tipo di corso d'acqua era frequente nelle Alpi l'IDIM può trovare oggi un'ampia applicazione.

### Derivazione e sviluppo dell'IDIM

La derivazione dell'IDIM si basa sui seguenti presupposti (Gostner e Schleiss 2011):

- la varietà morfologica di un tratto fluviale può essere definita dai valori idraulici della velocità e della profondità di deflusso e dai loro parametri statistici;
- i parametri statistici delle variabili idrauliche possono essere combinati, in un indice di misura, l'IDIM, sulla base di una definizione matematica. L'indice è in grado di caratterizzare la diversità morfologica dell'ambiente acquatico e semiacquatico di un tratto fluviale.

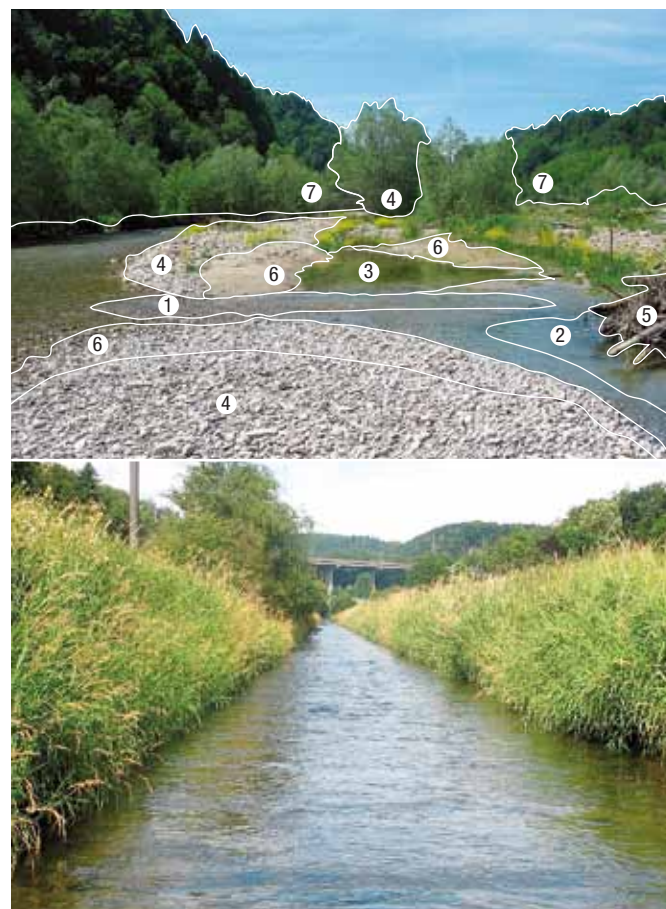


Fig. 1 In alto: tratto seminaturale della Singine (FR) caratterizzato da zone a elevata velocità di corrente (1), elevata profondità dell'acqua (2), zone di acqua bassa (3), banchi di ghiaia (4), legno morto (5), diversi substrati (6) e un'ampia fascia riparia (7). In basso: tratto arginato e canalizzato del Bünz (AG), con una ridotta diversità di habitat. Foto: Walter Gostner

Per ricavare l'IDIM sono state effettuate ricerche approfondite in alcuni corsi d'acqua della Svizzera (Bünz, AG; Venoge, VD; Singine, FR/BE). Per ogni tratto in analisi sono state definite diverse sezioni trasversali (tab. 1) nelle quali sono state misurate, a distanza di 1–2 metri, profondità e velocità dell'acqua. La figura 2 mostra i risultati, relativi alle cinque tratte fluviali, della Singine (FR/BE).

La figura 2 mostra la velocità di corrente (m/s) e il livello dell'acqua (m). Nelle tratte canalizzate la dispersione delle variabili è ridotta: la velocità di corrente è elevata e le zone lentiche sono relativamente assenti. Come ci si attendeva, nei tratti fluviali naturali la variabilità dei fattori che caratterizzano gli habitat è superiore a quella dei tratti canalizzati.

Per descrivere la diversità idromorfologica è possibile impiegare la deviazione standard  $\sigma$ . La sua ponderazione è strettamente legata al valore medio  $\mu$  ed è espressa con il coefficiente di variazione  $c_v = \sigma/\mu$ . La diversità  $V(i)$  di una singola

grandezza idraulica può essere calcolata con la seguente formula (Schleiss 2005):

$$V(i) = (1 + c_{v,i})^2 = \left(1 + \frac{\sigma_i}{\mu_i}\right)^2$$

L'IDIM di un tratto è calcolato con la moltiplicazione dell'indice parziale di diversità della velocità di deflusso  $v$  e della profondità di deflusso  $t$ :

$$IDIM_{\text{tratto}} = \prod_i V(i) = V(v) \cdot V(t) = \left(1 + \frac{\sigma_v}{\mu_v}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{\sigma_t}{\mu_t}\right)^2$$

La definizione dell'IDIM descrive la diversità spaziale delle caratteristiche morfologiche-strutturali di un corso d'acqua (cfr. tab. 2). La modellazione delle tratte fluviali della Singine, analizzate con il software *BASEMENT* (scheda 7 Modellazione numerica dei corsi d'acqua), mostra, per differenti valori di deflusso, che le tratte fluviali caratterizzate da un'elevata diversità morfologica presentano anche una miglior variabilità nel tempo. Nelle tratte naturali l'IDIM è praticamente costante anche se il deflusso cambia secondo le stagioni, a eccezione dei deflussi che non vengono raggiunti o sorpassati durante circa cinque giorni all'anno. Nelle tratte arginate, invece, l'IDIM diminuisce con l'aumentare del deflusso. Nelle tratte fluviali naturali la diversità strutturale è generalmente superiore rispetto a quelle canalizzate, di conseguenza le condizioni vitali per gli organismi sono più stabili.

### Applicazioni dell'IDIM

L'IDIM è uno strumento che permette di ottimizzare la diversità morfologica nei progetti di riqualifica dei corsi d'acqua. La figura 3 mostra una possibile applicazione dell'IDIM a partire da un esempio, semplificato considerevolmente, di possibili varianti di un progetto di rivitalizzazione. La situazione iniziale è caratterizzata da un tratto canalizzato, dal profilo trapezoidale, con protezione fissa delle due rive. Si presuppone che questo tratto nel suo stato di riferimento fosse un corso alpino a canale intrecciato caratterizzato da un buon apporto solido. Uno degli obiettivi dell'intervento di sistemazione è quello di riportare il corso d'acqua allo stato morfologico di riferimento.

Le misure ipotizzabili sono le seguenti: interventi minori con il posizionamento di massi ciclopici di disturbo (fig. 3: variante 1); la rimozione di uno dei due argini, per consentire la formazione di banchi di ghiaia alternati, mantenendo la protezione della sponda opposta, al margine della fascia tampone (fig. 3: variante 2); la rimozione di entrambi gli argini per permettere un allargamento dell'alveo e consentire di ristabilire una dinamica fluviale completa senza limitazioni laterali (fig. 3: variante 3).

### Riquadro 1. L'indice della diversità idromorfologica (IDIM)

Qual è l'innovazione dell'IDIM?

L'IDIM utilizza grandezze idrauliche che caratterizzano gli habitat acquatici. Al contrario dei metodi di valutazione che ricorrono in parte a stime soggettive o all'osservazione sul campo (p. es. la valutazione ecomorfologica), l'IDIM si basa su criteri oggettivi.

Quali sono i vantaggi dell'IDIM?

L'impiego di modelli di deflusso numerici bidimensionali per la valutazione dei progetti idraulici in caso di piena è oggi ormai uno standard. Con poche operazioni supplementari questi modelli possono essere impiegati anche per modellare le portate medie e, applicando le grandezze idrauliche che ne derivano, per calcolare l'IDIM.

Quali lacune colma l'IDIM?

L'IDIM consente di confrontare le varianti di un progetto per il miglioramento della diversità strutturale. L'IDIM non è uno strumento per valutare lo strato iniziale o i risultati, ma serve per valutare le diverse varianti dei progetti di sistemazione dei corsi d'acqua.

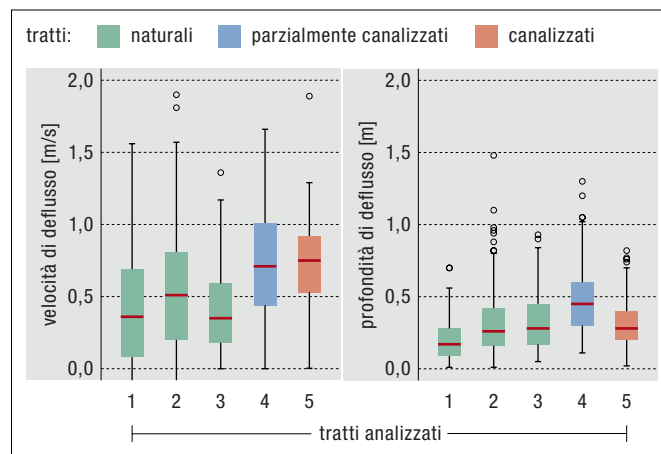


Fig. 2 Boxplot di velocità di deflusso (sinistra) e profondità di deflusso (destra) per i tratti analizzati della Singine (FR). Indicano la mediana (linea rossa orizzontale). Il 50 per cento dei dati si trova all'interno del limite inferiore e superiore. Le linee verticali tratteggiate corrispondono a circa 2 deviazioni standard. Al di fuori di questo settore si trovano i cosiddetti «outlier», contrassegnati come punti singoli. Illustrazione secondo Walter Gostner

L'IDIM viene calcolato nel modo seguente:

- > si procede a una modellazione numerica bidimensionale della portata media prevista per lo stato immediatamente successivo all'attuazione del progetto. Se il corso d'acqua si trova in un equilibrio dinamico, la composizione degli habitat resta costante, anche se, quando il deflusso permette di modificare la struttura dell'alveo, i detti habitat possono essere spostati. I dati necessari per la modellazione sono quelli relativi al modello altitudinale per le singole varianti (compresi i coefficienti di scabrezza), e alla portata media, che deve essere calcolata o ricavata da una curva di durata delle portate relativa al tratto fluviale interessato. Il modello altitudinale è generalmente già disponibile poiché viene impiegato per calcolare il regime di piena;
- > scegliamo in seguito, a partire dai risultati della modellazione, le velocità di corrente e le profondità dell'acqua per le singole celle della griglia del modello altitudinale;
- > calcoliamo infine i valori medi e delle deviazioni standard per le grandezze idrauliche (profondità e velocità) e per l'IDIM conformemente alla formula riportata precedentemente.

Calcolando l'IDIM per lo stato iniziale, è possibile valutare il potenziale di miglioramento della diversità morfologica per le varianti proposte. Rispetto alla diversità strutturale presente allo stato iniziale, la variante 1 (fig. 3) mostra un leggero miglioramento, nella variante 2 l'IDIM è decisamente superiore, ma a causa della protezione delle rive non ci si deve attendere uno sviluppo di habitat naturali completo. La variante 3 consente di ottenere un valore IDIM elevato e rappresenta quindi il risultato ottimale per una rivitalizzazione: grazie a questa variante è possibile ottenere un'elevata diversità di habitat e, di conseguenza, promuovere la biodiversità, a condizione che

#### > Tabella 2

Calcolo dell'IDIM per i singoli tratti analizzati della Singine (FR/BE).

Tratto		(1) a canale intrecciato, naturale	(2) sinuoso, naturale	3) a canale intrecciato, naturale, leggermente arginato	4) canalizzato, parzialmente arginato	(5) canalizzato
Velocità di deflusso	$\mu$ [m/s]	0,445	0,564	0,388	0,717	0,713
	$\sigma$ [m/s]	0,412	0,450	0,266	0,416	0,294
	$c_v$	0,93	0,80	0,69	0,58	0,41
	V(v)	3,71	3,23	2,84	2,50	1,99
Profondità di deflusso	$\mu$ [m]	0,196	0,319	0,314	0,461	0,306
	$\sigma$ [m]	0,131	0,222	0,184	0,219	0,149
	$c_v$	0,67	0,70	0,59	0,48	0,49
	V(t)	2,78	2,88	2,52	2,18	2,21
<b>IDIM</b>		<b>10,31</b>	<b>9,30</b>	<b>7,15</b>	<b>5,43</b>	<b>4,41</b>

#### > Tabella 1

Dati salienti delle ricerche sul campo relative alla Singine (FR/BE).

Tratto		(1) a canale intrecciato	(2) sinuoso	(3) a canale intrecciato	(4) parzialmente arginato	(5) canalizzato
Lunghezza	[m]	1850	770	620	685	940
Sezioni trasversali		19	17	19	14	14
Distanza sezioni trasversali	[m]	100	48	10,4	53	72
Punti		310	202	249	135	216
Deflusso Q	[m <sup>3</sup> /s]	2,30	2,93	3,19	5,65	5,81
Portata specifica q	[l/s, km <sup>2</sup> ]	19,5	19,5	18,2	17,6	16,3

la dinamica sia ristabilita grazie a un riequilibrio del trasporto solido. Possiamo constatare che l'IDIM consente di valutare l'impatto di diverse varianti sull'idromorfologia di un corso d'acqua.

#### Limitazioni nell'applicazione

L'utilizzo dell'IDIM richiede di rispettare alcuni principi affinché l'attuazione di un progetto garantisca dei risultati a lungo termine.

Per ogni rivitalizzazione conviene elaborare precedentemente delle idee direttrici che permettano di definire chiaramente gli obiettivi. È inoltre necessario determinare le caratteristiche morfologico-strutturali del corso d'acqua che impediscano la realizzazione di queste idee direttrici. Se la riduzione della biodiversità è dovuta ad altri fattori (p. es.



apporto di nutrienti o di sedimenti dall'agricoltura, inquinamento chimico o frammentazione del corso d'acqua), le misure volte a migliorare la diversità strutturale possono non essere sufficienti per ottenere l'auspicato successo del progetto. La connettività longitudinale, laterale e verticale è quindi indispensabile per permettere al miglioramento morfologico di garantire un incremento della biodiversità (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua).

Nella fase di progettazione è inoltre necessario analizzare e valutare la dinamica del corso d'acqua (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica). I corsi d'acqua la cui morfologia è diversificata da molto tempo sono caratterizzati da un equilibrio dinamico: i deflussi che rimodellano l'alveo formano periodicamente nuovi habitat, senza provocare abbassamenti o sovralluvionamenti irreversibili. Per poter valutare la stabilità temporale dei parametri dell'IDIM è necessario analizzare il trasporto solido e la dinamica dei deflussi su tutto il bacino imbrifero. Un apporto insufficiente di materiale solido da monte, accompagnato da picchi di piena frequenti, può ad esempio limitare nel tempo il miglioramento o il ripristino della diversità strutturale. Il ramo fluviale principale può infatti erodere nuovamente il materiale depositato in seguito all'intervento di sistemazione e, a lungo termine, riportare il corso d'acqua a una situazione morfologica povera di strutture. Nei progetti di gestione dei corsi d'acqua è importante non solo migliorare la diversità morfologica, ma anche garantire un equilibrio nel trasporto solido: è questa l'unica solu-

zione che permette di garantire il ripristino della funzionalità ecologica a lungo termine.

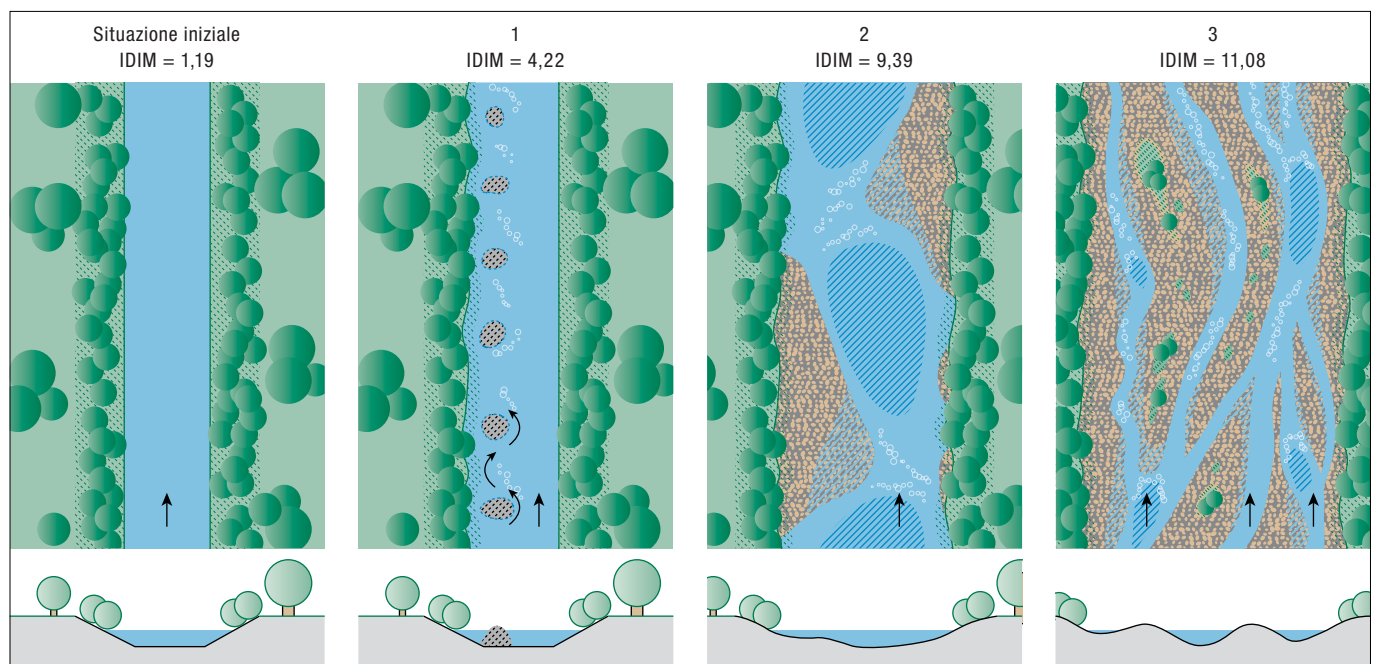


Fig. 3 *Rappresentazione di possibili varianti di rivitalizzazione con l'indicazione dell'IDIM ottenuto per ogni variante. Da sinistra a destra: situazione iniziale; variante 1 (posizionamento di masse di disturbo); variante 2 (avvio di banchi di ghiaia alternati); variante 3 (sviluppo di una dinamica propria completa). Illustrazione secondo Walter Gostner*

## Bibliografia

Gostner, W., Schleiss, A., 2011: Der hydromorphologische Index der Diversität – «eine Messlatte für das ökologische Potenzial von Hochwasserschutzprojekten». *Wasser Energie Luft*: 4/2011, 327 – 336.

Jungwirth, M., Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S., Schmutz, S., 2003: *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. *Facultas Universitätsverlag*, Vienna.

Schleiss, A., 2005: Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindex. *Wasser Energie Luft*: 7/8 2005, 195 – 199.

UFAP, 1998: *Ökomorphologie Stufe F. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz*. UFAP, Berna.

UFAEG, 2001: *Protezione contro le piene dei corsi d'acqua*. UFAEG, Berna.

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tieg, S., Tockner, K., Peter, A., 2005. *Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen*. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW ETHZ, 112 p.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti: Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)

Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)

Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)

Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Indicazione bibliografica

Gostner, W., Schleiss, A., 2011: *Indice della diversità idromorfologica*. In: *Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua*. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 3.

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 4 > Interconnessione dei corsi d'acqua

Silke Werth, Maria Alp, Julian Junker, Theresa Karpati, Denise Weibel, Armin Peter, Christoph Scheidegger

*I diversi tratti di un corso d'acqua fanno parte di un insieme e si influenzano reciprocamente. Le conoscenze sull'interconnessione sono il presupposto per comprendere i processi locali e regionali nei corsi d'acqua. La presente scheda illustra come considerare al meglio tali processi in un intervento di rivitalizzazione.*

### Habitat interconnessi

Il termine «interconnessione (o connettività)» descrive i processi di scambio e le interazioni fra habitat acquatici e/o terrestri, come il trasporto di acqua, materiale solido, energia, nutrienti nonché il trasporto attivo o passivo di organismi. Nel presente documento il termine viene impiegato in un senso più stretto e si riferisce alla continuità di corsi d'acqua per la diffusione di organismi acquatici, anfibi e terrestri. È importante distinguere fra connettività strutturale e funzionale. Gli habitat possono essere interconnessi in modo prettamente strutturale, ad esempio con dei corridoi. I corridoi sono elementi lineari del paesaggio che permettono, almeno teoricamente, la migrazione di organismi da un habitat all'altro. Gli

habitat sono funzionalmente connessi soltanto quando gli organismi utilizzano effettivamente i corridoi come vie di migrazione e quando si ha uno scambio genetico fra popolazioni. Le rivitalizzazioni hanno per obiettivo il ripristino delle funzioni naturali dei corsi d'acqua e quindi anche della loro connettività.

La connettività longitudinale descrive lo scambio fra habitat a monte e a valle di un corso d'acqua all'interno dello stesso bacino imbrifero nonché fra il corso d'acqua principale e gli affluenti (fig. 1, Uehlinger 2001). I corsi d'acqua interconnessi longitudinalmente sono percorribili da diversi gruppi di organismi e consentono la migrazione di pesci, come la trota lacustre e il nasò, e la diffusione di semi di piante,



*Interconnessione laterale con il paesaggio golenale sul fiume Isar presso Moosburg (D).*

Foto: Harald Matzke



come il Tamerici alpino. Anche i pesci che effettuano migrazioni piuttosto brevi (p. es. trota fario o scazzone) e altri organismi acquatici, anfibi e terrestri dipendono da un'effettiva interconnessione longitudinale. Quest'ultima consente la sopravvivenza, la formazione di nuove popolazioni e lo scambio genetico fra popolazioni lungo i corsi d'acqua e i loro affluenti. È pertanto decisiva per lo sviluppo delle popolazioni e la sopravvivenza di molti organismi.

La connettività laterale è la connessione di un corso d'acqua alla zona rivierasca, agli habitat golenali e altri spazi vitali terrestri attraverso l'ecotono (fig. 1). La connettività laterale dei corsi d'acqua con gli habitat terrestri della zona rivierasca e dell'ambiente circostante è di fondamentale importanza per gruppi di organismi come gli anfibi, gli artropodi o gli insetti acquatici, poiché per il loro ciclo vitale necessitano di diversi tipi di habitat. Le catene alimentari terrestri e acquatiche sono strettamente interconnesse fra loro. Un'interruzione della connettività laterale ha pertanto un impatto negativo su numerosi organismi, sia sulle specie predatrici (p. es. uccelli, pesci, invertebrati) sia sulle specie che necessitano di un apporto di lettiera di latifoglie dalla zona riparia (p. es. anfipode d'acqua dolce).

La connettività verticale descrive le interazioni fra il corso d'acqua e l'ambiente interstiziale iporreico nonché fra le comunità che vivono fra acqua e suolo (fig. 1). I sistemi collegati verticalmente sono importanti per lo scambio fra acque superficiali e sotterranee, per l'infiltrazione nelle e l'esfiltrazione dalle acque sotterranee, nonché per lo sviluppo di diversi organismi, soprattutto dei pesci e degli invertebrati.

### Scambio genetico e modelli di popolazione

La connettività influenza lo scambio genetico fra le popolazioni (fig. 2). Lo scambio genetico avviene quando gli individui si riproducono nella popolazione in cui sono migrati contribuendo in tal modo al pool genetico (insieme dei genotipi). In molti casi di diffusione non avviene alcuno scambio genetico poiché gli individui immigrati migrano nuovamente o muoiono prima di riprodursi. Poiché le specie hanno diverse capacità di diffusione e selezionano il proprio habitat in modo più o meno specifico, sono stati formulati modelli teorici per descrivere le popolazioni (tab. 1). I modelli non sono rigidi e possono variare a seconda delle specie. Alcune specie, ad esempio, costituiscono popolazioni che in certe zone del loro territorio di diffusione sono interconnesse, mentre in altre zone sono presenti in piccole popolazioni isolate o metapopolazioni (p. es. il Tamerici).

### Ostacoli

L'interconnessione dei corsi d'acqua in Svizzera è compromessa da ostacoli naturali e antropici (Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica). Le strutture che rappresentano

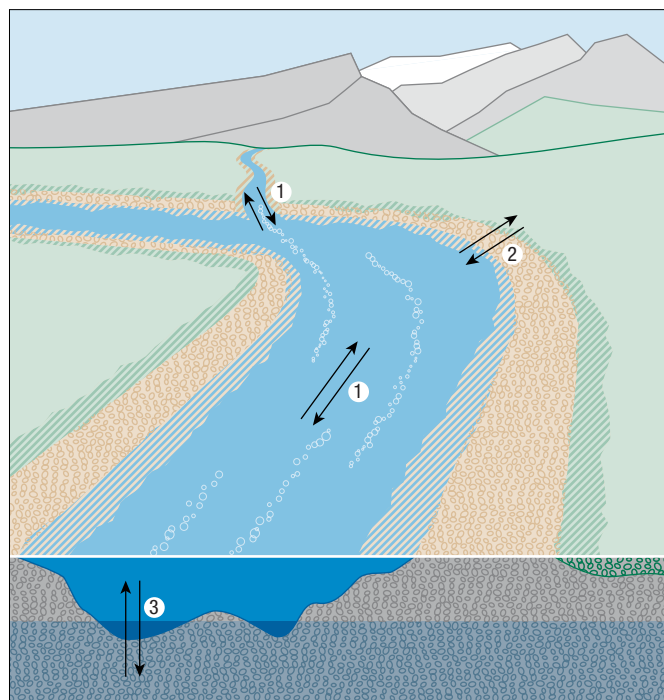


Fig. 1 *Interconnessione. 1: longitudinale fra tratti del corso principale e fra corso principale e affluenti; 2: laterale fra ecosistemi acquatici e terrestri; 3: verticale fra fondo dell'alveo e interstiziale iporreico. Illustrazione secondo Malmqvist 2002*

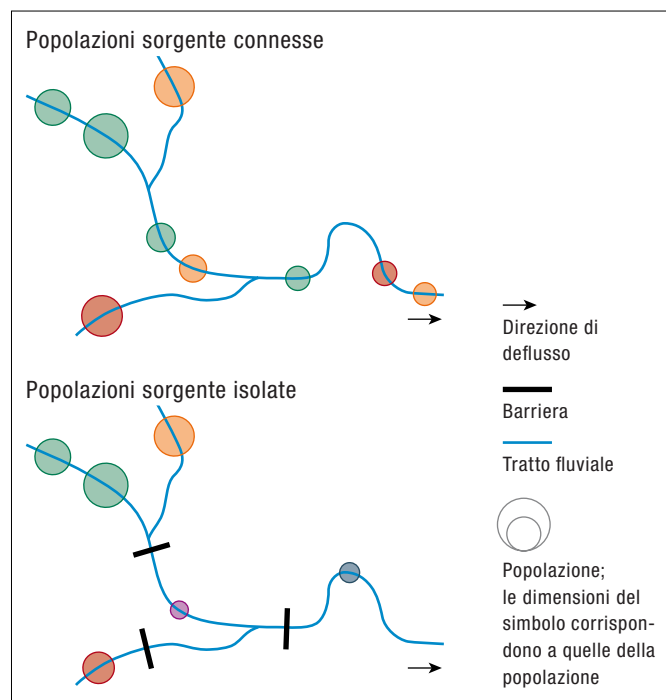


Fig. 2 *Influenza dell'interconnessione sulle dimensioni e sulla composizione genetica delle popolazioni in un modello «source-sink». Gli effettivi geneticamente diversi sono contrassegnati con i colori. Illustrazioni secondo Silke Werth*

effettivamente un ostacolo dipendono dalla specie. Un impianto di sbarramento alto diversi metri può ad esempio essere superato senza problemi da insetti acquatici alati allo stadio adulto, mentre impedisce la migrazione verso monte di pesci e invertebrati acquatici senza ali come gli anfipodi d'acqua dolce e i molluschi (scheda 6 Continuità delle rampe di blocchi). Determinati tipi di ostacoli compromettono la deriva a valle, ovvero il trasporto passivo di organismi attraverso l'acqua. La deriva è un'importante modalità di diffusione del macrobenthos e influenza la distribuzione dei pesci. Dopo eventi di piena è responsabile della colonizzazione di zone a valle del fiume e influenza lo sviluppo e la strutturazione delle comunità del macrozoobenthos. Anche particolari situazioni nel corso d'acqua possono creare ostacoli, ad esempio un deflusso insufficiente o i tratti con deflusso veloce. Per gli organismi terrestri le dighe o i tratti canalizzati del fiume senza zone golenali e banchi di ghiaia possono rappresentare degli

ostacoli che ne impediscono la diffusione e lo scambio genetico delle specie.





#### Distanza ed effetto di diffusione

Per molte specie difficile diffusione la distanza fra habitat rappresenta una barriera, una cosiddetta barriera soft, non insuperabile ma pur sempre un ostacolo. Può essere problematica per specie caratteristiche che popolano esclusivamente habitat rari. La diffusione del Tamerici alpino, ad esempio, dipende dall'interconnessione dei banchi di ghiaia formati in seguito a diversi cicli di piene e da diversi stadi di successione della vegetazione. Questi habitat sono diventati rari a causa degli interventi antropici nei corsi d'acqua. Per le specie come il Tamerici alpino le rivitalizzazioni sono efficaci soltanto se vengono eseguite in prossimità di popolazioni sorgente.

L'effetto di diffusione descrive l'impatto positivo di una fonte di diffusione sui settori acquatici limitrofi. Per fonti di

#### > Tabella 1

Modelli di popolazioni per organismi terrestri e acquatici di corsi d'acqua. Illustrazioni secondo Tero *et al.* (2003) e Pollux *et al.* (2009).

Modello	Illustrazione	Caratteristica	Esempi	Priorità delle misure
Popolazioni isolate		Le popolazioni di una specie sono talmente isolate che non avviene alcuno scambio genetico. Questo modello di popolazione si applica alle specie rare che hanno solo piccoli effettivi sui fiumi.	> <i>Myricaria germanica</i> sull'Altopiano svizzero > <i>Chorthippus pullus</i> nel Reno anteriore > <i>Salmo trutta fario</i> affluenti separati	1. Promozione delle specie nei siti dove sono ancora presenti 2. Ripopolamento soltanto se sono disponibili habitat idonei e solo con organismi locali
Popolazioni localmente strutturate		Gli individui delle specie con questo modello di popolazione si muovono principalmente fra effettivi vicini. La struttura genetica si differenzia a seconda dei tratti del corso d'acqua.	> <i>Gammarus fossarum</i> e <i>Cottus gobio</i> nella Singine (BE/FR) > <i>Populus nigra</i> sull'Altopiano svizzero	1. Conservare e promuovere gli effettivi lungo l'intero corso d'acqua 2. Migliorare le interconnessioni longitudinali
Metapopolazioni		Nelle metapopolazioni lo sviluppo degli effettivi dipende dalla frequente estinzione dei vecchi effettivi e dalla formazione di nuove popolazioni (in alto). Il numero delle nuove formazioni deve superare il numero delle perdite, altrimenti la specie si estingue localmente. Nelle specie che si diffondono con l'acqua è possibile che la diffusione avvenga prevalentemente a valle del fiume (in basso). In questo caso devono essere protette le popolazioni nei corsi superiori.	> <i>Myricaria germanica</i> nel Reno anteriore e alpino (GR/SG) > <i>Typha minima</i> nel delta del Reno > <i>Chondrilla chondrilloides</i> > <i>Chorthippus pullus</i>	1. Conservare il numero maggiore possibile di grandi effettivi 2. Eseguire le rivitalizzazioni vicino agli effettivi esistenti 3. Verificare l'interconnessione longitudinale ed eventualmente incrementarla 4. Verificare la dinamica ed eventualmente incrementarla 5. Conservare ed eventualmente promuovere le popolazioni sorgente
Popolazioni connesse		Le specie con questo modello di popolazione si diffondono bene e possono popolare siti anche molto distanti. La loro diffusione viene favorita dalle rivitalizzazioni anche se queste ultime sono attuate a grande distanza dagli effettivi esistenti.	> <i>Salix purpurea</i> > <i>Salix alba</i> > <i>Baetis rhodani</i> sulla Singine (BE/FR) > <i>Populus nigra</i> sul Rodano (VS)	1. Conservare habitat intatti 2. Se la qualità degli habitat è insufficiente, adottare misure per il loro miglioramento

diffusione si intendono tratti fluviali con comunità di specie e/o popolazioni che servono come popolazioni sorgente per colonizzare habitat idonei in posizione limitrofa (fig. 2). Il percorso di diffusione degli organismi, detto anche via di diffusione, è più lungo nei corsi d'acqua interconnessi che non nei tratti isolati, poiché l'interconnessione offre loro tratti più estesi lungo i quali diffondersi.

#### Variazione temporale dell'interconnessione

L'interconnessione dei corsi d'acqua può cambiare nel corso dell'anno con il deflusso. Quando si prosciugano tratti di fiume, in modo naturale o in seguito al prelievo di acqua per irrigare campi o produrre energia, l'interconnessione per gli organismi acquatici è compromessa. Se questa situazione sopravviene nel periodo di diffusione di organismi acquatici, questi ultimi non possono generare nuove popolazioni. Ciò pregiudica la loro esistenza, in particolare quando si tratta di metapopolazioni. In casi estremi a lungo termine questo può comportare l'estinzione di una specie in un bacino imbrifero.

#### Popolazioni isolate

La presenza di ostacoli si ripercuote sullo scambio genetico delle specie acquatiche e terrestri. Se lo scambio genetico è interrotto per diverse generazioni, le popolazioni locali rimangono isolate e in questo modo va persa la varietà genetica. Sono particolarmente colpite da questo fenomeno le specie presenti in piccole popolazioni. Per le grandi popolazioni, invece, possono essere necessarie diverse generazioni per poter dimostrare una differenziazione genetica o una riduzione della varietà genetica (Hartl e Clark 1997).

#### Specie acquatiche della Singine

Nella Singine (BE/FR) sono state studiate tre specie acquatiche con diverse strategie di diffusione (fig. 3):

- > *Baetis rhodani*: allo stadio di larva si diffonde come il *Gammarus fossarum*. L'animale adulto è in grado di volare e superare ostacoli;
- > *Gammarus fossarum*: percorre brevi distanze strisciando (verso valle o monte del corso d'acqua) o mediante deriva (verso valle);
- > scazzone (*Cottus gobio*): pesce, cattivo nuotatore, che non può superare ostacoli più alti di 0,5 m (p. es. soglie artificiali);

Lo scambio genetico fra popolazioni di scazzone e del *Gammarus fossarum* è inferiore rispetto a quello delle popolazioni di *Baetis rhodani* (fig. 4). Quest'ultima forma una popolazione connessa nella Singine e sembra non incontrare limitazioni alla sua diffusione. La sua struttura genetica riflette l'elevato scambio genetico fra le sue popolazioni (fig. 4, A).

Per quanto riguarda lo scazzone, gli ostacoli costruiti negli ultimi 100 anni lungo la Singine esercitano un impatto



Fig. 3 Specie analizzate nel progetto dal punto di vista genetico. A1: larva di *Baetis rhodani*; A2: esemplare adulto alato (foto: Maria Alp); B: *Gammarus fossarum* (foto: Maria Alp); C: *Cottus gobio* (foto: Jeannette Gantenbein); D: *Chorthippus pullus* (foto: Theresa Karpati); E: *Myricaria germanica* (foto: Silke Werth)



sulla struttura genetica delle popolazioni (fig. 4, B) poiché impediscono la risalita del pesce, provocando un impoverimento genetico delle popolazioni a monte delle barriere e una differenziazione fra le popolazioni a monte e a valle degli ostacoli. Per il *Gammarus fossarum* non è possibile dimostrare inequivocabilmente l'impatto degli ostacoli. La struttura genetica è determinata dalla distanza geografica più che da ostacoli (fig. 4, C).

Il *Gammarus fossarum* e il *Cottus gobio* nella Singine formano popolazioni localmente strutturate. La differenziazione genetica delle popolazioni vicine è inferiore rispetto a quelle delle popolazioni più distanti. Questo indica una ridotta capacità di diffusione di queste specie.

### Specie terrestri del fiume Isar

Nel tratto superiore del fiume Isar, nella Germania meridionale, sono state studiate due specie terrestri con diverse strategie di diffusione (fig. 3):

- > il *Chorthippus pullus* è una specie di cavalletta a rischio di estinzione in Svizzera e con le sue piccole ali ha un basso potenziale di diffusione;
- > il Tamerici alpino (*Myricaria germanica*) si sviluppa su banchi di ghiaia in golene e lungo i corsi d'acqua e necessita di ecosistemi dinamici. In Svizzera è potenzialmente minacciata. Si riproduce con piccoli semi in grado di essere trasportati dal vento o dall'acqua.

Per il *Chorthippus pullus* i laghi artificiali dell'Isar e di Sylvenstein rappresentano degli ostacoli allo scambio genetico fra popolazioni a monte e a valle (fig. 5). Tra il 1949 e il 1990, il tratto fra i due laghi artificiali si è prosciugato ogni estate a causa di prelievi. Ciononostante in questo tratto fluviale è avvenuto uno scambio genetico su lunghe distanze. Le ridotte portate hanno favorito la connessione dei siti terrestri e quindi il mescolamento delle popolazioni di *Chorthippus pullus*.

Per quanto riguarda il Tamerici alpino la differenziazione genetica delle popolazioni a monte e a valle dei laghi artificiali è netta (fig. 5). Questi laghi rappresentano un importante ostacolo sebbene la specie presenti un elevato potenziale di diffusione grazie ai suoi semi trasportati dal vento e dall'acqua. Il fatto che il tratto canalizzato offra meno habitat idonei non limita la diffusione del Tamerici alpino.

### Promozione dell'interconnessione

Per meglio connettere gli habitat dei corsi d'acqua, è necessario ripristinare una dinamica vicina allo stato naturale dei deflussi e del bilancio del materiale solido di fondo. A tal fine le acque hanno bisogno di maggiore spazio per i processi naturali e di un sufficiente apporto di materiale solido. Qualora quest'ultimo risulti insufficiente, il bilancio può essere migliorato mediante la rimozione di ostacoli o attraverso l'attuazione di altre misure (scheda 1 Rivalitizzazioni: promozione della dinamica).

La tabella 2 riepiloga le misure con le quali è possibile migliorare l'interconnessione lungo i corsi d'acqua. Nella pianificazione di rivalitizzazioni è necessario tenere conto della distanza fra gli organismi bersaglio e le popolazioni sorgente e delle dimensioni delle popolazioni. Le tratte rivalitizzate vengono nuovamente colonizzate con successo se si trovano all'interno della distanza massima di diffusione delle specie bersaglio. Queste distanze variano fortemente a secondo dei gruppi di specie (tab. 3).

### Raccomandazioni per la pratica

Nelle rivalitizzazioni l'interconnessione longitudinale può essere migliorata collegando le tratte rivalitizzate con tratti prossimi allo stato naturale o naturali. Inoltre, al posto di opere trasversali è possibile costruire rampe di blocchi per garantire la continuità in determinati tratti fluviali per i pesci e gli altri

#### > Tabella 2

Misure per promuovere l'interconnessione.

Obiettivo	Misura	Attenzione a	Specie che ne beneficiano
Interconnessione longitudinale	Sostituire le opere trasversali con rampe di blocchi; rivalitizzazione di tratti fluviali; connessione con gli affluenti	Pendenze; connessione a tratti fluviali seminaturali	> Pesci > Macrofitos > Specie di golene e banchi di ghiaia > Uomo
Interconnessione laterale	Sistemare le sponde e i siti acquatici riparie per renderli prossimi allo stato naturale; rimuovere gli arginamenti; ripristinare il bosco golenale	Spazio necessario per il corso d'acqua	> Pesci > Macrofitos > Specie di golene e banchi di ghiaia > Uomo
Interconnessione verticale	Sistemare le sponde e i siti acquatici ripari per renderli prossimi allo stato naturale; rimuovere gli arginamenti; ripristinare il bosco golenale	Deflusso dinamico; spazio necessario per il corso d'acqua	> Pesci > Macrofitos > Piante acquatiche > Eventuali specie delle zone umide

organismi acquatici (scheda 6 Continuità delle rampe di blocchi). La connessione degli affluenti al corso d'acqua principale prossimo allo stato naturale è importante (scheda 5 Allargamento locale delle confluenze), poiché in questo modo è possibile incrementare rapidamente il numero di specie della fauna acquatica. Ad esempio nella rivitalizzazione del «Liechtensteiner Binnenkanal» il numero delle specie ittiche è stato incrementato da 6 a 16, collegando il canale con la valle del Reno (GR/SG).

Le rivitalizzazioni dovrebbero promuovere l'interconnessione delle zone golenali, tenendo conto del fabbisogno di spazio vitale per le specie golenali: durante il loro ciclo di vita molte specie necessitano di diversi habitat vicini fra loro. Ad esempio gli anfibi hanno bisogno di rami morti e lanche per deporre le uova e per i primi stadi di sviluppo, nonché di altri habitat dove soggiornare dopo la riproduzione. La raganella, ad esempio, dopo aver deposto le uova, soggiorna sotto siepi e cespugli.

L'interconnessione laterale può essere migliorata creando lo spazio per una dinamica prossima allo stato naturale del corso d'acqua (scheda 1 Rivitalizzazioni: promozione della dinamica) e zone riparie seminaturali, per esempio rimuovendo strutture in calcestruzzo e arginature laterali. Inoltre, devono essere ripristinati i banchi di ghiaia e i boschi golenali. Nell'area riparia che si trova al di fuori della zona dinamica, è vantaggioso procedere ad un'alberatura di sponda. A seconda del sito, è utile disporre di un mosaico composto da

### > Tabella 3

Distanze di diffusione massime di diversi gruppi di specie (Werth *et al.* 2011).

Gruppo	Gruppo di specie	Distanza massima
Anfibi	Rane, rospi e bombine	1–4 km
Anfibi	Salamandre	0,5–1 km
Pesci	Ciprinidi	58–446 km
Pesci	Salmonidi	126 km
Insetti	Cavallette	1 km
Insetti	Libellule	5 km
Molluschi	Molluschi	0,9–3 km
Molluschi	Chiocchie	10 km
Piante	Piante a fiori	8–50 km

superfici culturali estensive e superfici alberate. Questo obiettivo può essere raggiunto delimitando uno spazio sufficiente per le acque con una fascia riparia non sfruttata o coltivata in modo estensivo che favorisce l'interconnessione fra habitat acquatici e terrestri.

L'interconnessione verticale viene migliorata da misure che promuovono un bilancio del materiale solido trasportato prossimo allo stato naturale e che contrastano la colmatazione del fondo dell'alveo con depositi di sedimenti a grana fine. Una percentuale elevata di sedimenti fini riduce la permeabi-

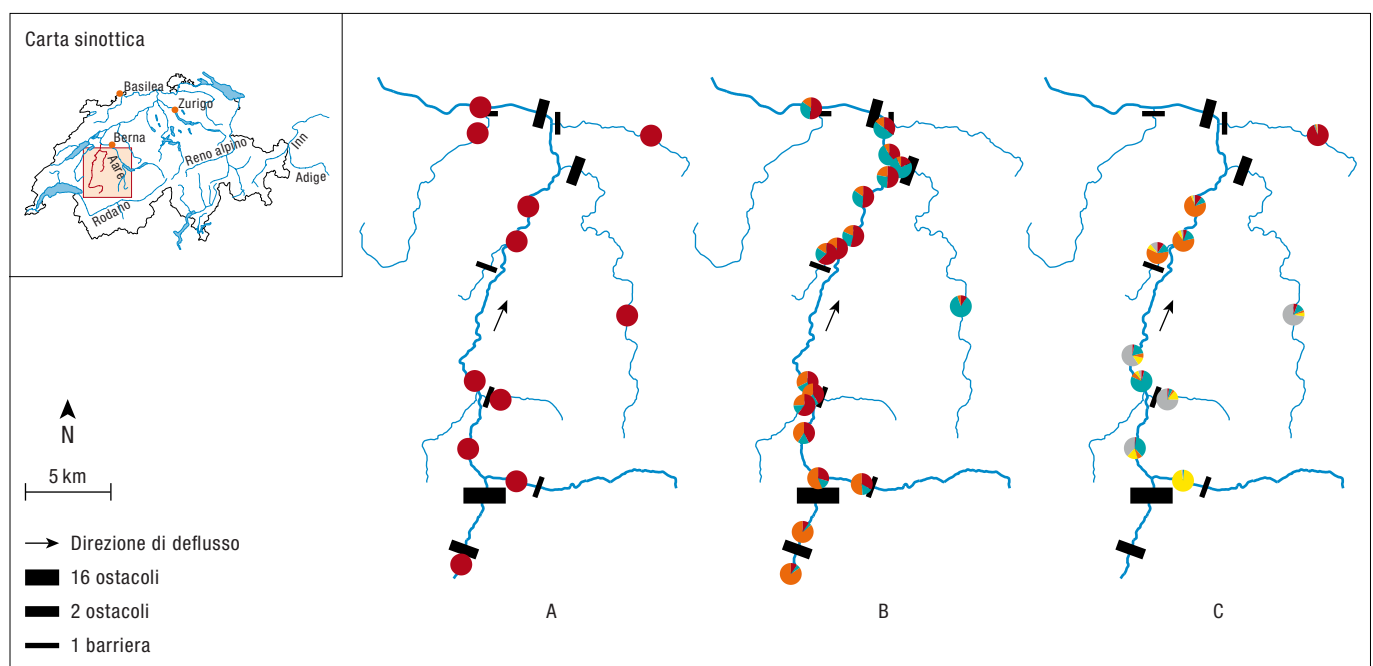


Fig. 4 *Struttura delle popolazioni di specie acquatiche nella Singine (BE/FR). Gli ostacoli sono raffigurati con barre nere. I cerchi colorati indicano il raggruppamento genetico degli effettivi studiati. A. Baetis rhodani, B. Cottus gobio, C. Chorthippus pullus.*

*Illustrazione secondo Sonia Angelone*

lità del fondo e impedisce gli scambi con l'interstiziale iporreico. Per i corsi d'acqua che presentano un regime di deflusso modificato nel ramo superiore, a causa delle centrali idroelettriche, e che hanno quindi una percentuale elevata di sedimenti fini, possono essere prese in considerazione delle «piene artificiali». Tuttavia, occorre prestare attenzione che, come nei corsi d'acqua naturali, il livello dell'acqua si innalzi e si abbassi lentamente. I corsi d'acqua con fondo dell'alveo in calcestrutto devono essere liberati dalla loro «gabbia» per ripristinare il trasporto di materiale solido e l'interconnessione verticale con l'interstiziale iporreico. Queste misure possono migliorare il bilancio idrico fra fiume e regione circostante e favorire le specie ittiche come la trota fario che necessita di un fondo ghiaioso per deporre le uova.

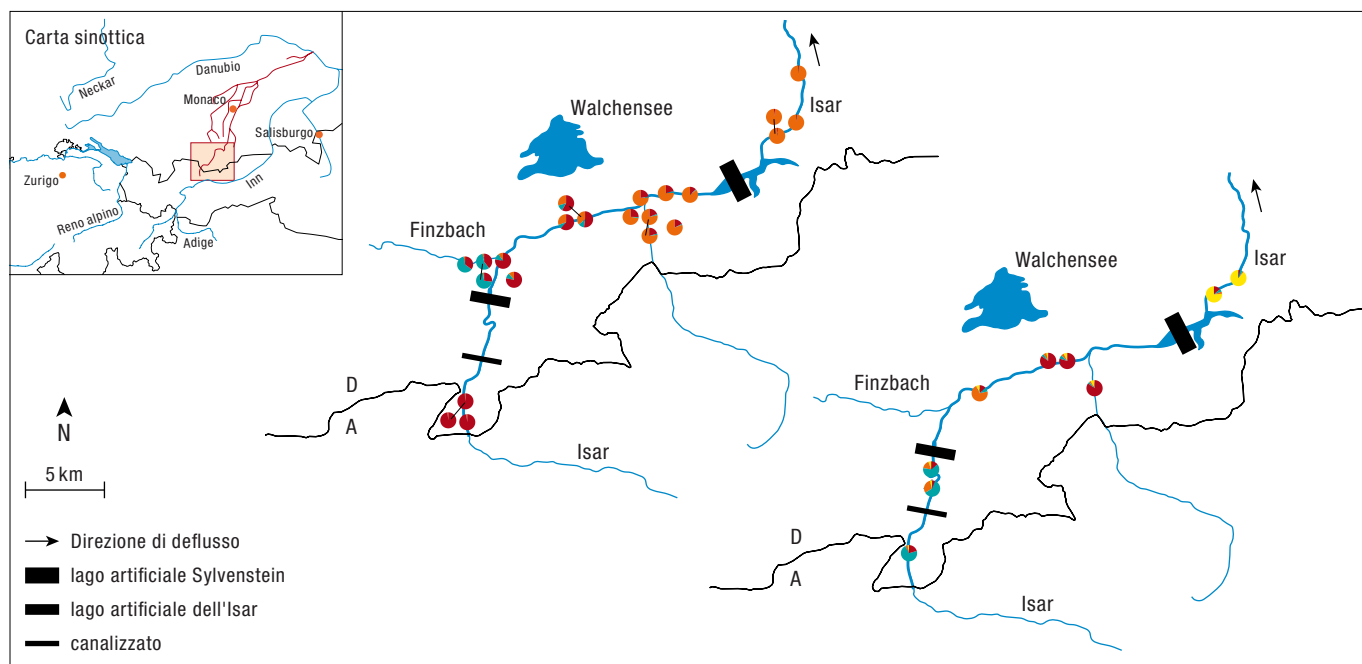


Fig. 5 *Struttura delle popolazioni delle specie terrestri sulla Isar al confine fra Germania (D) e Austria (A). Gli ostacoli sono raffigurati con barre nere. I cerchi colorati indicano il raggruppamento genetico degli effettivi studiati. Sinistra: Chorthippus pullus, destra: Myricaria germanica. Illustrazione secondo Sonia Angelone*



## Bibliografia

Benda, L., Poff, LN., Miller, D., Dunne, T., Reeves, G., Pess, G., Pollock, M., 2004: The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. *BioScience* 54(4): 413–427.

Hartl, DL., Clark., AG., 1997: Principles of population genetics. Sinauer Associates, Sunderland.

Malmqvist, B., 2002: Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology* 47: 679–694.

Pollux, BJA., Luteijn, A., Van Groenendael, JM., Ouborg, NJ., 2009: Gene flow and genetic structure of the aquatic macrophyte *Sparganium emersum* in a linear unidirectional river. *Freshwater Biology* 54: 64–76.

Tero, N., Aspi, J., Siikamaki, P., Jakalaniemi, A., Tuomi, J., 2003: Genetic structure and gene flow in a metapopulation of an endangered plant species, *Silene tatarica*. *Molecular Ecology* 12: 2073–2085.

Uehlinger, U., 2001: Vom Bachabschnitt zum Einzugsgebiet. Die ökologische Bedeutung räumlicher und zeitlicher Heterogenität. *EAWAG news* 51: 16–17, online: [www.eawag.ch/publications/eawagnews/www\\_en51/en51d\\_pdf/en51d\\_uehl.pdf](http://www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en51/en51d_pdf/en51d_uehl.pdf)

Werth, S., Weibel, D., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Peter, A., Scheidegger, C., 2011: Lebensraumverbund Fliessgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. *Wasser Energie Luft* 3/2011: 224–234.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

IA questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
 Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
 Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
 Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
 Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
 Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Indicazione bibliografica

Werth, S., Alp, M., Junker, J., Karpati, T., Weibel, D., Peter, A., Scheidegger, C., 2012: Interconnessione dei corsi d'acqua. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 4.

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
 Confédération suisse  
 Confederazione Svizzera  
 Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 5 > Allargamento locale delle confluenze

Marcelo Leite Ribeiro, Koen Blanckaert, Jean-Louis Boillat e Anton Schleiss

*Quando le zone di confluenza di due corsi d'acqua hanno una morfologia vicina allo stato naturale, la connettività dei corsi d'acqua è ottimizzata. Il presente promemoria mostra come un allargamento locale della confluenza incrementa la diversità degli habitat e la connettività longitudinale dei corsi d'acqua. Queste misure sono spesso economiche perché eseguite su scala locale.*

### Diminuzione dell'interconnessione dei corsi d'acqua canalizzati

Gli interventi di bonifica realizzati nelle regioni alpine hanno spesso trasformato in semplici canali i grandi corsi d'acqua a banchi alternati o a canali intrecciati. La maggior parte dei corsi d'acqua canalizzati, come ad esempio il corso superiore del Rodano (CH), presentano una diversità strutturale insufficiente: sono privi di banchi di ghiaia, di isole e dell'alternanza di tratti a deflusso lento e a deflusso più rapido. I corsi d'acqua principali e i loro affluenti sono stati gestiti e canalizzati. Sul Rodano, ad esempio, numerosi affluenti sono stati trasformati in canali a fondo liscio, con rive arginate e soglie artificiali alla confluenza con il canale principale. L'obiettivo di questi interventi era di ottimizzare il trasporto solido degli affluenti del

Rodano. Queste misure hanno però ridotto notevolmente la connettività dei corsi d'acqua e, con essa, il loro valore ecologico. Una ricerca condotta su 21 punti di confluenza del Rodano ha evidenziato che l'ecomorfologia e la connettività longitudinale sono, per le tratte analizzate, insufficienti (fig. 1 Bourgeois 2006). Il potenziale di rivitalizzazione è quindi molto elevato: grazie alla realizzazione di misure locali, le zone di confluenza possono ritrovare la loro morfologia e la loro connettività naturale.



Sbocco della Borgne nel Rodano (VS).

Foto: Marcelo Leite Ribeiro

### Un piccolo intervento per grandi risultati

Allo stato naturale le confluenze costituiscono i punti nevralgici dei corsi d'acqua.

- > Dal punto di vista idraulico: la complessità della dinamica dei corsi d'acqua e le differenze nel trasporto solido creano zone di deposito e zone d'erosione che evolvono regolarmente con le piene.
- > Dal punto di vista ecologico: per i corsi d'acqua è importante garantire la connettività laterale e longitudinale, così come l'apporto di materiale solido e organico (p. es. legname). In prossimità di una confluenza si sviluppano, in spazi molto ridotti, ecosistemi molto diversificati, che non sono reperibili negli altri tratti del corso d'acqua. Queste caratteristiche sono dovute alle interazioni tra il deflusso, il trasporto solido, l'apporto di materiale organico e la morfologia.
- > Dal punto di vista paesaggistico: le zone di confluenza sono importanti punti di riferimento dei paesaggi fluviali. Quando il loro stato naturale è conservato o rivitalizzato, costituiscono spesso delle zone ricreative molto apprezzate.

Quando viene interrotta la connettività laterale e longitudinale (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua) gli obiettivi delle rivitalizzazioni non possono essere completamente raggiunti: le misure realizzate localmente possono quindi esercitare un impatto positivo su tutto il bacino imbrifero (fig. 2, riquadro 1).

### Allargamento delle confluenze

I processi idrodinamici e morfologici in prossimità delle confluenze dei corsi d'acqua alpini caratterizzati da un buon trasporto solido sono ancora poco conosciuti. Per colmare queste lacune, sono state elaborate delle modellazioni nell'ambito del progetto «Gestione integrata del bacino fluviale». Lo studio ha analizzato le interazioni tra lo spazio riservato alla confluenza, il regime del trasporto solido e la morfologia. I ricercatori hanno analizzato le differenze morfologiche in funzione dell'allargamento della confluenza e del deflusso (corsi d'acqua secondari e principali). Si sono basati su un allargamento rettangolare di lunghezza  $L_w$  nella direzione della corrente e una larghezza  $B_w$  in funzione della larghezza  $B_i$  dell'affluente (fig. 3):

- > allargamento piccolo:  $L_w = 3 \cdot B_i$  e  $B_w = 2 \cdot B_i$
- > allargamento medio:  $L_w = 3 \cdot B_i$  e  $B_w = 3 \cdot B_i$
- > allargamento grande:  $L_w = 4 \cdot B_i$  e  $B_w = 3 \cdot B_i$

I risultati hanno evidenziato una morfologia diversificata già con piccoli allargamenti (fig. 4), senza alterare negativamente la dinamica sedimentaria del corso d'acqua principale immediatamente a valle della confluenza. Questo significa che un allargamento delle confluenze non incrementa il pericolo di

### > Riquadro 1. Obiettivi ecologici realizzabili con l'allargamento locale delle confluenze

#### Incremento della variabilità della profondità dell'acqua, della velocità di deflusso e del substrato:

- > sviluppando degli habitat (p. es. per invertebrati, pesci, piante);
- > creando zone di rifugio utilizzabili in caso di piene naturali e artificiali (deflussi discontinui).

#### Gestione delle rive:

- > promuovendo la diversità di specie animali e vegetali;
- > creando centri della biodiversità.

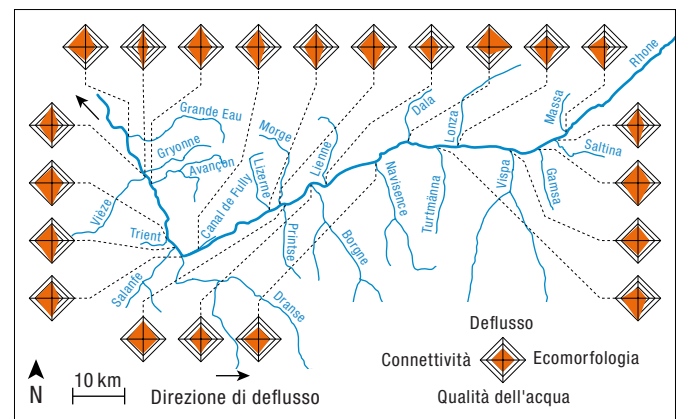


Fig. 1 Rilevamento dello stato degli affluenti del Rodano in funzione dei criteri seguenti: deflusso, ecomorfologia, qualità dell'acqua e connettività longitudinale (CH) secondo Bourgeois (2006). La sezione in arancione indica lo stato attuale in riferimento a uno stato in assenza di impatti negativi (quadrato eretto). Illustrazione secondo Bourgeois 2006

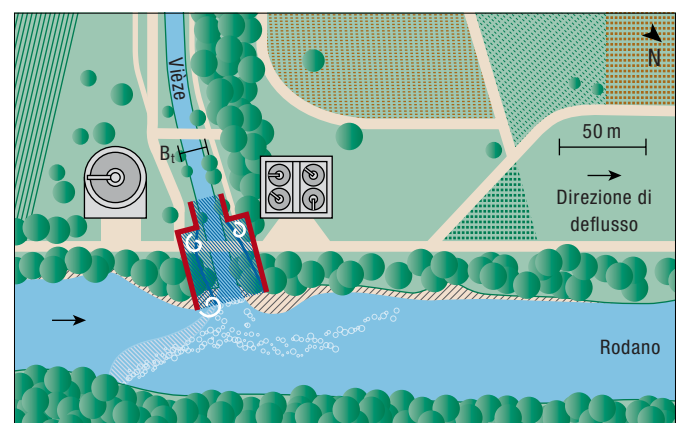


Fig. 2 Allargamento schematico di una zona di confluenza (tra la Vièze e il Rodano, VS).  $B_i$ : larghezza dell'alveo. Illustrazione secondo Marcelo Leite Ribeiro



inondazioni nel corso d'acqua principale. Questa situazione è dovuta alle conseguenze stesse dell'allargamento: la capacità limitata di trasporto solido è rapidamente compensata da un leggero innalzamento del letto fluviale e dallo spostamento del canale del corso d'acqua principale.

Grazie ad un allargamento può quindi crearsi un angolo di confluenza naturale. Per gli affluenti alpini l'angolo di confluenza è compreso tra i 60 e gli 80 gradi. Quando una confluenza è canalizzata, le modellazioni mostrano un netto spostamento del fondo dell'alveo tra il corso d'acqua principale e il suo affluente. Questo fenomeno, che può essere osservato anche allo stato naturale in assenza di soglie artificiali, rappresenta un importante ostacolo alla connettività longitudinale dei corsi d'acqua. Quando il deflusso di piena è sufficientemente elevato per permettere di modificare il letto fluviale (deflusso situato tra  $HQ_2$  e  $HQ_5$ ), il fondo dell'alveo si sposta malgrado l'allargamento della confluenza. Con portate inferiori, invece, si forma una dinamica che migliora considerevolmente la connettività longitudinale fino a renderla praticamente ottimale. Quando le portate sono elevate (primo caso), nella zona di confluenza si creano un canale di deflusso principale, dei banchi di sabbia e di ghiaia emersi e delle zone ad acqua lenticale. I deflussi e le profondità differenti (fig. 4) migliorano considerevolmente la diversità degli habitat. In caso di piene del corso d'acqua principale, i banchi di sabbia e ghiaia della confluenza sono regolarmente bagnati dall'acqua.

Con l'allargamento locale di un affluente nella sua zona di confluenza è possibile incrementare la variabilità di parametri importati per il ripristino degli habitat, quali la profondità dell'acqua (fig. 4), la velocità di corrente e il substrato del letto fluviale (fig. 3).

### Raccomandazioni pratiche

L'allargamento delle confluenze è una misura efficace nell'ambito delle rivitalizzazioni perché permette di ripristinare la diversità delle strutture morfologiche e la connettività dei corsi d'acqua. È inoltre una misura relativamente economica perché eseguita localmente. Le simulazioni effettuate consentono di ricavare le seguenti raccomandazioni:

- > un allargamento pari a tre volte la larghezza dell'affluente ( $B_w = 3 \cdot B_i$ ) su una lunghezza pari a quattro volte la larghezza dell'affluente ( $L_w = 4 \cdot B_i$ ) è sufficiente per raggiungere gli obiettivi di rivitalizzazione. Questo tipo di intervento non aumenta il pericolo di piene nel canale principale;
- > negli esperimenti di laboratorio sono stati studiati soltanto gli allargamenti semplici, di forma rettangolare: anche questi semplici cambiamenti hanno portato a risultati soddisfacenti. Un allargamento trapezoidale risulta tuttavia più funzionale (Bidaud 2010);

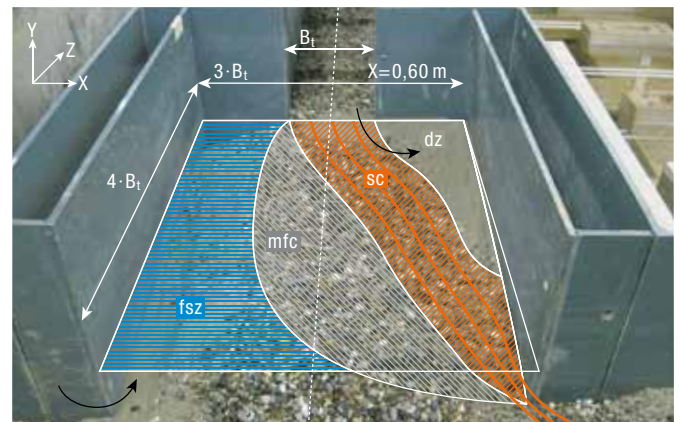


Fig. 3 Osservazione, nell'ambito della modellazione, dell'evoluzione morfologica di una zona di confluenza allargata (per le misure di calcolo cfr. p. 2;  $B_i$ : larghezza dell'alveo). È possibile osservare la formazione di banchi di sabbia e ghiaia fine (dz) che rimangono regolarmente in secca, zone di acque morte (fsz), corridoi di deflusso (mfc) e zone (sc) dove è presente un buon trasporto dei sedimenti. Illustrazione da Leite Ribeiro et al. 2011

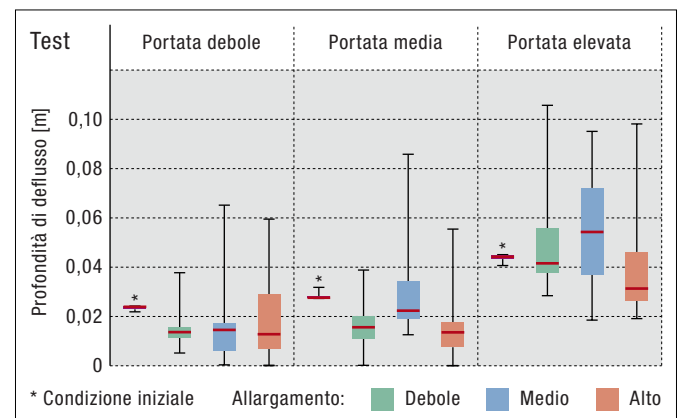


Fig. 4 Suddivisione delle profondità di deflusso nel punto di confluenza di un corso d'acqua e del suo affluente. Confronto tra tre tipi di allargamento differenti (piccolo, medio, grande) per tre tipi di deflusso differenti (debole, medio, elevato; definito dal rapporto tra il deflusso dell'affluente  $Q_i$  e quello del canale principale  $Q_m$ :  $Q_i/Q_m = 0,11$  (debole),  $0,15$  (medio) e  $0,20$  (elevato)). Illustrazione da Leite Ribeiro et al. 2011

- > negli affluenti canalizzati sono stati spesso costruiti bacini di raccolta del materiale con l'obiettivo di limitare il trasporto solido e migliorare la protezione contro le piene. In questi casi è consigliato prendere in considerazione anche le misure di ripristino del trasporto solido dell'affluente secondo la sua dinamica morfologica.

## Bibliografia

Benda, L., Poff, LN., Miller, D., Dunne, T., Reeves, G., Pess, G., Pollock, M., 2004: The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. *BioScience* 54(4): 413–427.

Bidaud, L., 2010 : Etude morphologique de confluences alpines. Application à la jonction du Rhône et de la Borgne. Travail de master, LCH-EPFL.

Bourgeois, M., 2006: Accroissement de la valeur naturelle de la vallée du Rhône par un raccordement optimal des affluents du Rhône. Travail de master, LCH-EPFL.

Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A., 2011 : Elargissement local de l'affluent dans une zone de confluence – Comportement morphologique et potentiel écologique. *Wasser Energie Luft*: 3/2011, 235–242.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Indicazione bibliografica

Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A., 2012: Allargamento locale delle confluenze. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 5.

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 6 > Continuità delle rampe di blocchi

Denise Weibel, Armin Peter, Anton Schleiss

*I tratti di fiume caratterizzati localmente da una pendenza maggiore e consolidati con blocchi di pietra sono definiti «Rampe di blocchi». Più funzionali, sostituiscono le opere artificiali di caduta o gli sbarramenti, stabilizzano il fondo dell'alveo e ripristinano la connettività longitudinale delle acque a favore degli organismi acquatici. Il promemoria identifica le diverse tipologie di rampe e propone con differenti analisi le rampe da abbinare alle diverse situazioni e alle specie ittiche coinvolte dall'intervento.*

### Corsi d'acqua frammentati

Gli interventi di bonifica hanno comportato la rettificazione e la canalizzazione di una moltitudine di corsi d'acqua. I salti puntuali artificiali e le soglie (fig.1) sono stati realizzati per stabilizzare il fondo dell'alveo e per contrastarne l'erosione (Rivitalizzazioni dei corsi d'acqua: panoramica). Queste opere rappresentano un vero e proprio ostacolo per molti organismi acquatici in quanto ne compromettono la migrazione lungo il fiume (a monte e a valle) e comportano una discontinuità dei corsi d'acqua (scheda 4 Interconnessione dei corsi d'acqua). Altri ostacoli sono rappresentati dalle dighe e dai manufatti per la captazione dell'acqua a scopo idroelettrico o per l'irrigazione, dai corsi d'acqua intubati e dai tratti arginati con

fondo liscio in calcestruzzo o in lastricato che determinano la velocizzazione dello scorrimento dell'acqua. Per i pesci e diversi organismi acquatici, quali i gamberi, è vitale potere migrare senza ostacoli nei corsi d'acqua. Le barriere sopra elencate impediscono o ostacolano la loro naturale diffusione e, nel caso specifico dei pesci, la loro libera migrazione con ripercussioni dirette sulla deposizione delle uova. Per altre specie pesci, come nel caso degli invertebrati alati allo stadio adulto, l'ostacolo artificiale è facilmente sorvolabile, e nel caso di vertebrati quali il castoro europeo e il toporagno, gli ostacoli sono facilmente aggirabili dalla terraferma e non rappresentano quindi una barriera insormontabile.



Rampa di blocchi sull'Aabach a Wildegg (AG).

Foto: Thomas Schläppi



### Le rampe di blocchi favoriscono la connettività

Molto spesso l'erosione dell'alveo può essere contrastata con la costruzione di rampe di blocchi durante i lavori di sistemazione dei corsi d'acqua. Le rampe di blocchi sono identificabili visivamente con tratti di corsi d'acqua dalla pendenza marcata e consolidati con blocchi di pietra (Lange 2007); rispetto alle soglie e ai salti puntuali le stesse facilitano notevolmente la risalita del corso d'acqua da parte dei pesci.

Al fine di ripristinare la connettività longitudinale dei corsi d'acqua frammentati, le opere trasversali sono spesso sostituite da rampe di blocchi. Queste devono soddisfare determinati criteri idraulici per ripristinare o migliorare la connettività dei corsi d'acqua e di conseguenza permettere la libera migrazione degli organismi acquatici come i pesci. Esistono diversi tipi di rampe di blocchi (classiche e posate alla rinfusa) (fig. 2), ma purtroppo alcune di esse, in particolare le rampe classiche, non ottemperano ai necessari criteri di continuità per la fauna ittica. In letteratura sono stati fissati alcuni criteri per la risalita dei pesci, i più importanti dei quali concernono la velocità massima di deflusso stabilita a 2 m/s e la profondità minima fissata a 20 cm (DVWK 1996). Nelle rampe strutturate la risalita dei pesci è facilitata dalla creazione di punti di corrente a velocità diversa dell'acqua. Nella costruzione delle rampe vanno considerati vari fattori; per esempio la rampa deve essere adeguata alle specie ittiche presenti nel corso d'acqua, alle loro capacità natatorie e eventualmente deve considerare le esigenze di quelle specie introdotte per i ripopolamenti.

### Controllo dei risultati

Alla costruzione delle rampe in blocchi vanno abbinate adeguate misure di controllo e di monitoraggio dei risultati; difatti è importante verificare il grado di efficienza della rampa nel facilitare la libera migrazione delle specie ittiche desiderate nel corso d'acqua. Prima di procedere alla realizzazione delle rampe è necessario definire le specie prevalenti nel corso d'acqua avvalendosi dei piani di azzonamento. Inoltre vanno verificate la pendenza, la larghezza dell'alveo e la temperatura del corso d'acqua dato che determinano il potenziale di risalita della fauna ittica (fig. 3). La pesca elettrica può essere sicuramente un ulteriore strumento di rilevamento per determinare la composizione delle specie.

Un primo metodo di verifica del grado di ripristino della connettività del corso d'acqua a favore di diverse specie di pesci e di differenti classi di peso consiste nel liberare un certo quantitativo di pesci facendo ricorso a un'apposita marcatura. Per i ruscelli o i piccoli corsi d'acqua sono preferibili i metodi di cattura-ricattura dei pesci (liberati a valle del fiume) con marcatura a colori. I risultati più affidabili sono ottenuti grazie ai trasmettitori individuali passivi, chiamati «PIT-tag», che vengono iniettati nella cavità addominale dei pesci. Questo sistema permette di individuare nella fase di rimonta i pesci



Fig. 1 I gradini sul fondo e le opere artificiali di caduta rappresentano degli ostacoli per le migrazioni dei pesci. Opere a traverse sulla Sissle (AG; in alto) e sulla Suhre (AG; in basso).

Foto: Denise Weibel

### > Riquadro 1. Fattori importanti per la costruzione di rampe di blocchi

- > Pendenza della rampa
- > Lunghezza della rampa
- > Tipo di rampa (genere, struttura della rampa)
- > Specie ittiche presenti e potenziali
- > Stabilità in caso di piena, in particolare della base della rampa
- > Connettività per le specie ittiche con diverse capacità natatorie

marcati sia con un'antenna fissa e installata direttamente sopra alla rampa sia con un'antenna manuale. Nei corsi d'acqua medi e grandi (p. es. Glatt ZH, Aare BE) l'impiego di trasmettitori radiotelemetrici (trasmettitori attivi a lungo raggio) è particolarmente efficace.

### Connettività delle rampe di blocchi

La capacità connettiva delle rampe di blocchi dipende non solo dal tipo della rampa stessa ma anche dalla specie e dalla dimensione dei pesci. Per esempio l'età e la dimensione del corpo (>200 mm) determinano il tasso di risalita della trota fario e del cavedano.

Le rampe di blocchi con pendenza superiore al 6 per cento permettono un miglioramento della libera migrazione soltanto per le trote di grosse dimensioni (<200 mm) e in casi specifici rappresentano un ostacolo parziale per gli esemplari più giovani se non addirittura un ostacolo insormontabile nel caso dello scazzone.

Nel caso dei ciprinidi il superamento delle rampe risulta compromesso se la pendenza supera il 5 per cento e per il gobione e il vairone la risalita è ostacolata quando la velocità di deflusso supera i 2 m/s (DVWK 1996). Inoltre per gli scazzoni, noti per essere dei pessimi nuotatori, uno scalino di 15 cm è un vero e proprio ostacolo e ne compromette la libera migrazione.

Le rampe relativamente lunghe con una struttura a bacino, offrono ridotte velocità di deflusso e garantiscono zone di riposo. In caso di portate ridotte esiste tuttavia il pericolo che si formi sulle traverse un collegamento tra i bacini a stramazzo (fig. 4).

### Esperimenti con modelli di rampe

Per il progetto «Gestione integrata del bacino fluviale» è stata eseguita una serie di rilevamenti su vari modelli di rampe durante la fase sperimentale di laboratorio. Questi rilevamenti hanno dimostrato che le rampe di blocchi con pendenze dal 6 al 10 per cento non soddisfano i criteri di connettività ( $V_{\max} = 2 \text{ m/s}$ ;  $h_{\max} = 20 \text{ cm}$ ) e questo malgrado la presenza di deflussi minimi specifici. Nel caso in cui le traverse fossero disposte in modo irregolare i criteri di connettività possono essere soddisfatti solo fino a un deflusso specifico di  $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ . Un'alternativa alla rampa classica è offerta dalla rampa meandriforme (Studer e Schleiss 2011), la cui superficie irregolare e ruvida permette di distribuire la velocità facilitando la risalita dei pesci. Questo tipo di rampa strutturata è in grado di soddisfare i criteri di connettività sia in caso di pendenza del 10 per cento e di un deflusso specifico di  $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  sia in caso di pendenza del 6 per cento con un deflusso specifico di  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  (fig. 5); ambedue le situazioni sono ottimali per la rimonta delle trote. Le rampe di blocchi uniformi raramente riescono a soddisfare i criteri di connettività.



Fig. 2 Diversi sistemi costruttivi per le rampe di blocchi. In alto: rampa a posa classica sull'Emme presso Burgdorf (BE; foto: Thomas Berchtold). Al centro: rampa strutturata sciolta con struttura di bacino e traverse sullo Staffeleggbach (AG). In basso: rampa non strutturata sciolta sull'Aabach a Seengen (AG). Foto: Denise Weibel



### Raccomandazioni per la pratica

- > Le rampe strutturate sono da preferire alle rampe classiche poiché offrono migliori condizioni di risalita per i pesci grazie ad una maggiore distribuzione della velocità.
- > Nella regione della trota possono essere costruite rampe di blocchi con una pendenza superiore al 6 per cento se la trota fario è l'unica specie di pesci presente. Tuttavia, le piccole trote hanno difficoltà di risalita. Se sono presenti altre specie di pesci (p. es. goppio) la pendenza della rampa deve essere inferiore.
- > Nella regione del temolo le rampe con una pendenza superiore al 5 per cento non sono adatti per i ciprinidi più piccoli. In presenza di pessimi nuotatori (p. es. piccoli ciprinidi, goppio) la pendenza non deve essere superiore al 3 per cento (DVWK 1996). Le strutture con blocchi sciolti nell'area ripuale al margine delle rampe più grandi possono creare zone al riparo dalle correnti (fig. 6) con ridotta velocità di deflusso che possono essere attraversate dai pesci.
- > Gli sbalzi verticali nelle rampe con traverse devono essere evitati per assicurare la connettività durante almeno 300 giorni l'anno (deflusso  $Q_{30}$ – $Q_{330}$ , Friedrich *et al.* 2005).



Fig. 4 Scoscendimenti verticali sulle traverse nello Staffeleggbach (AG). Nei corsi d'acqua dove è presente il goppio devono essere evitati questi scoscendimenti. Foto: Denise Weibel

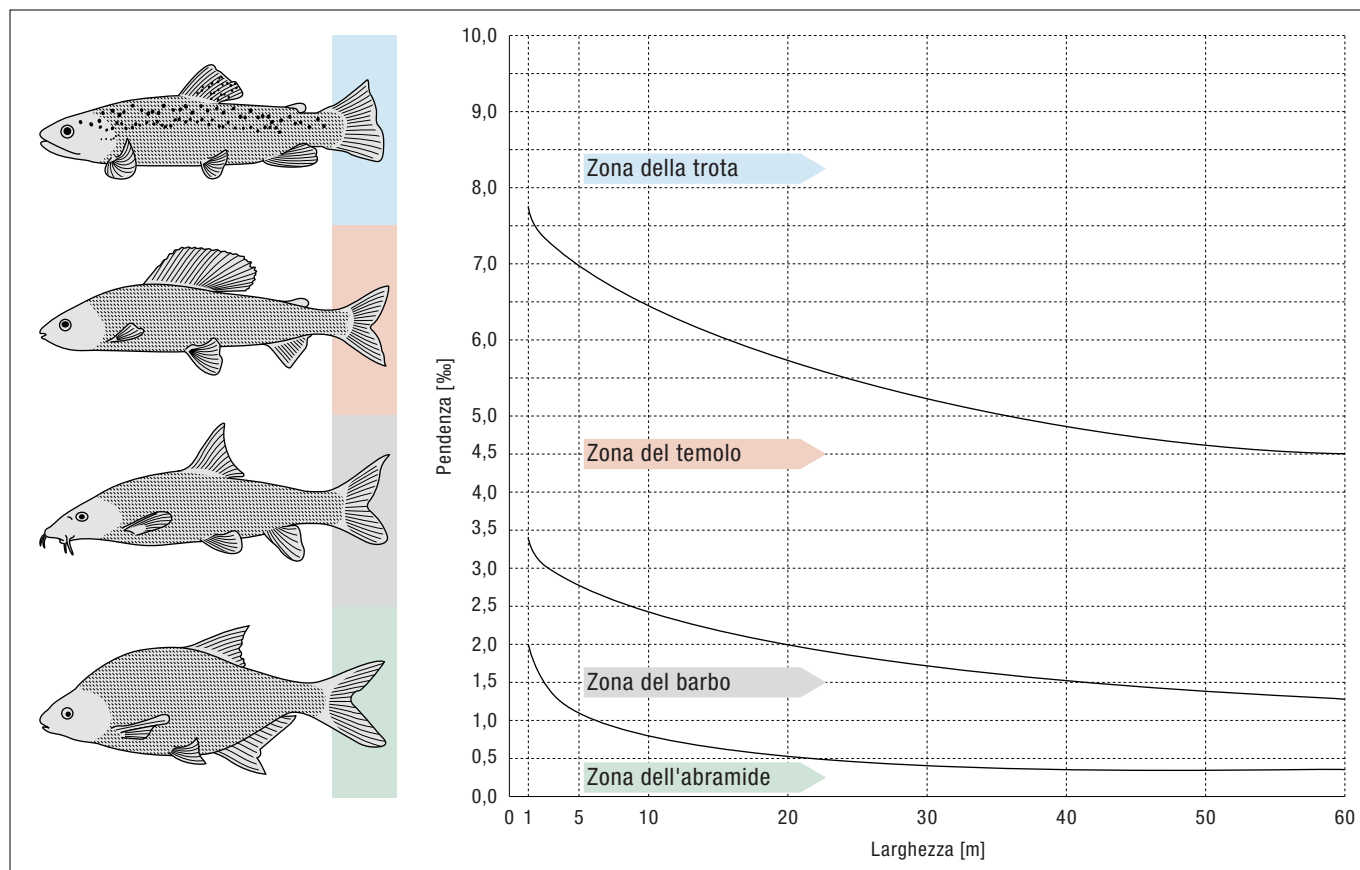


Fig. 3 Zonazione ittica come funzione della pendenza e della larghezza del corso d'acqua.

Illustrazione tratta da «Modul Fische Stufe F» (Schager e Peter 2004, secondo Huet 1949)



> Si consiglia di eseguire un monitoraggio prima e dopo la costruzione della rampa di blocchi per definire le specie di pesci target, verificare la funzionalità ecologica e trarre insegnamenti per la costruzione di successive rampe.

Per consigli pratici in merito alla scelta, al dimensionamento e alla realizzazione costruttiva delle rampe di blocchi si rimanda alla pubblicazione «*Blockrampen Normalien* (Hunziker *et al.* 2008)».



Fig. 6 Zone marginali con velocità di deflusso fortemente ridotte sulla Suhre (AG). Foto: Denise Weibel

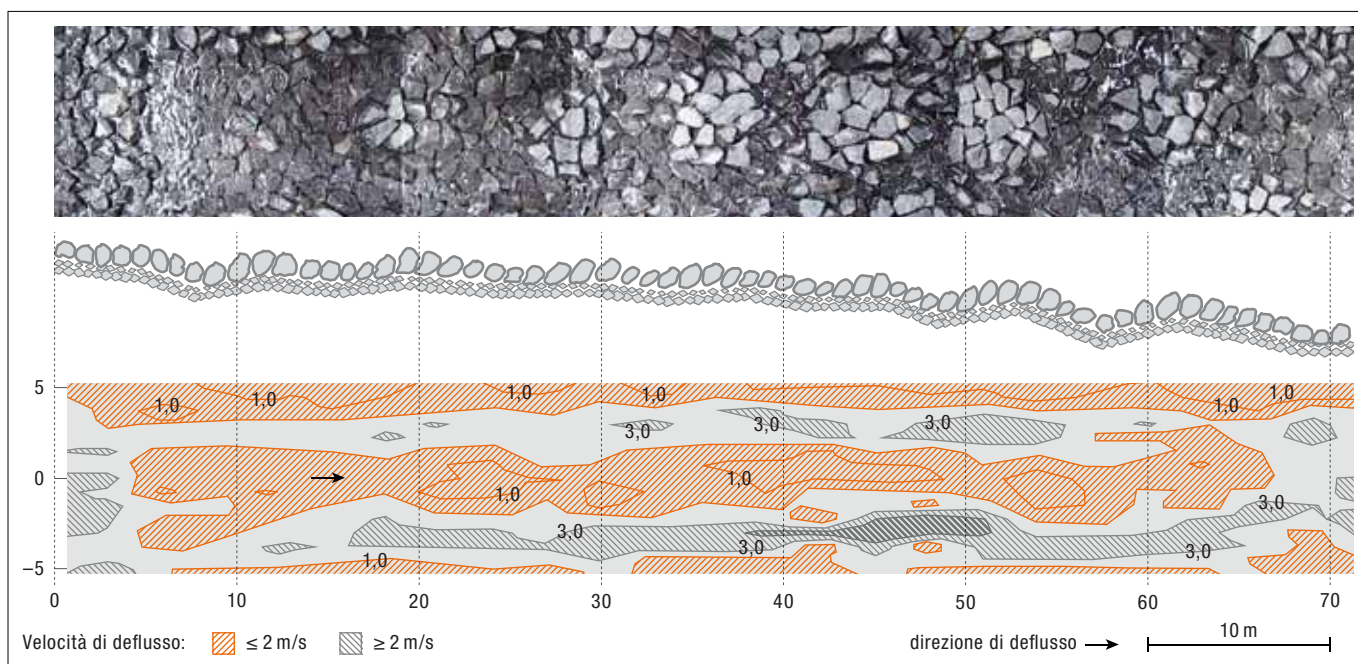


Fig. 5 Rampa di blocchi meandriforme (in alto; tipo IV, 6%). Velocità di deflusso in m/s per il deflusso specifico di  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  (in basso). La linea arancione circonda i settori con velocità di deflusso  $\leq 2 \text{ m/s}$ . Grigio: settori con velocità di deflusso  $\geq 2 \text{ m/s}$ . Illustrazioni secondo Markus Studer

## Bibliografia

DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V.), 1996: Fischaufstiegsanlagen- Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. DVWK-Merkblatt 232/1996.

Friedrich, H., Kolf, R., Pawlowski, S., 2005: Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

Huet, M., 1949: Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courants. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 11: 333–351.

Hunziker, Zarn & Partner AG, 2008: Blockrampen Normalien – Manual zur Sanierung von Abstürzen. Aarau, online: [www.ag.ch/alg/de/pub/angebote/dokumente.php](http://www.ag.ch/alg/de/pub/angebote/dokumente.php)

Lange, D., 2007: Blockrampen- ökologische Bauwerke zur Sohlenstabilisierung. In: Minor, H.-E. (ed.), Blockrampen: Anforderungen und Bauweisen. ETH Zürich. Pagg. 5–21.

Schager, E., Peter, A., 2004: Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Fischstufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz 44, UFAFP, Berna.

Studer, M., Schleiss, A., 2011: Analyse von Fließgeschwindigkeiten und Abflusstiefen auf verschiedenen Typen von Blockrampen. Wasserwirtschaft 101(1–2): 67–71.

UFAFP, 1998: Ökomorphologie Stufe F. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz. UFAFP, Berna.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
 Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
 Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
 Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
 Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
 Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)  
 L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Indicazione bibliografica

Weibel, D., Peter, A., Schleiss, A., 2012: Continuità delle rampe di blocchi. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 6.

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
 Confédération suisse  
 Confederazione Svizzera  
 Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 7 > Modellazione numerica dei corsi d'acqua

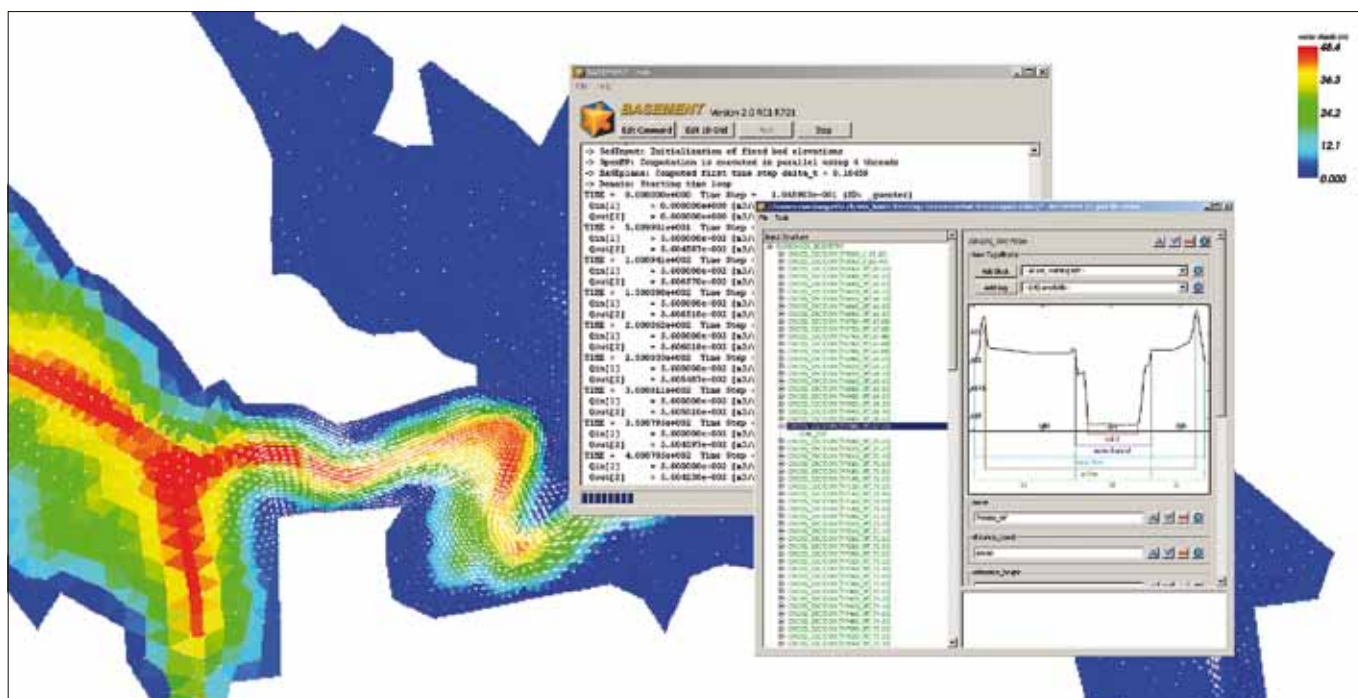
Patric Rousselot, David Vetsch, Roland Fähr

*I corsi d'acqua sono al centro di interessi divergenti: da un lato per il loro sfruttamento, e dall'altro per la loro protezione. Per la loro gestione è quindi essenziale mantenere una visione d'insieme. Le simulazioni numeriche contribuiscono a valutare le differenti possibilità di sistemazione idraulica e le loro ripercussioni. Questo promemoria descrive il processo di elaborazione dei modelli numerici e presenta il software di simulazione BASEMENT, illustrandone le possibili applicazioni sulla base di esempi pratici.*

### Le simulazioni contribuiscono alla protezione contro le piene

Da alcuni anni, in Svizzera, i corsi d'acqua sono soggetti a interventi di rivalutazione e di valorizzazione ecologica. Per incrementare la varietà morfologica e la diversità degli habitat di un corso d'acqua si effettuano in genere degli allargamenti della sezione fluviale. Nell'ambito della protezione contro le piene questo tipo di intervento costituisce tuttavia una nuova sfida. Le simulazioni numeriche permettono di gestire con più efficienza i progetti: analizzano le ripercussioni dei lavori da pianificare, cercando di armonizzare al meglio i diversi interessi di utilizzazione.

Le simulazioni numeriche sono particolarmente adatte per la protezione contro le piene, la realizzazione delle carte dei pericoli naturali, la regolazione di fiumi e laghi e il dimensionamento dei corsi d'acqua. Consentono inoltre di analizzare lo sviluppo della dinamica morfologica da definire e, mediante degli indici idonei, di determinare la diversità dell'habitat di un corso d'acqua. Rispetto agli esperimenti fisici, le simulazioni numeriche consentono di confrontare in modo economico le diverse varianti, modificando soltanto i parametri considerati.



Esempio dell'interfaccia di BASEMENT: visualizzazione di profondità e velocità di deflusso.

Illustrazione: VAW-ETHZ Zurigo



### Modelli per l'applicazione in ingegneria

L'impiego del tipo di simulazione da utilizzare dipende dalla problematica di studio e dalle dimensioni del settore da analizzare. L'applicazione è limitata principalmente dalla capacità dei computer. I modelli con un'elevata risoluzione spaziale o con grandi settori di calcolo richiedono tempi di elaborazione lunghi. I tempi per le operazioni di calcolo possono essere ridotti semplificando il modello o riducendo la dimensione spaziale.

#### Modelli 1D

I modelli 1D, basati sui profili trasversali (fig. 1), sono riservati ai progetti di simulazioni che richiedono pochi dettagli o concernono corsi d'acqua di grandi dimensioni. Questi modelli sono adatti anche per le simulazioni su lunghi periodi di tempo: analizzano la variazione temporale del livello d'acqua e dell'alveo, nonché la velocità media di deflusso per ogni sezione trasversale.

#### Modelli 2D

I modelli 2D sono consigliati per i processi locali per i quali è necessario disporre di dati relativi alla topografia basati sul modello altimetrico (fig. 2). La simulazione permette di valutare il livello dell'acqua e del letto fluviale, come pure la velocità di corrente per ogni elemento di calcolo. Questi modelli possono essere utilizzati per calcolare le inondazioni, per realizzare le carte dei pericoli, o ancora, per dimensionare le zone di ritenzione e degli allargamenti.

#### Modelli 3D

I modelli 3D sono consigliati per progetti su dimensioni spaziali ridotte e dove le correnti turbolente svolgono un ruolo primordiale. Utilizzeremo questo tipo di modello per l'ottimizzazione delle condizioni di deflusso a monte di una centrale idroelettrica o quando si tratta di analizzare un fenomeno d'erosione locale in prossimità di opere di sbarramento o di pilastri dei ponti.

La modellazione permette inoltre di analizzare non solamente i deflussi, ma anche il trasporto solido, con lo scopo di identificare il possibile cambiamento morfologico del fondo dell'alveo. I calcoli si basano su formule empiriche e i risultati dipendono dal metodo scelto. Un'alternativa alle simulazioni numeriche è costituita dai modelli fisici, utilizzati quando le modifiche di scala dei parametri, dalla realtà al modello, non cambiano le condizioni di deflusso. I vantaggi dei modelli fisici rispetto alle simulazioni numeriche risiedono nella qualità dei risultati. I risultati di una simulazione numerica possono divergere secondo il metodo, che resta a libera scelta dell'utilizzatore. Con un modello fisico non si riscontrano simili incertezze. Inoltre, alcuni calcoli, come quello relativo

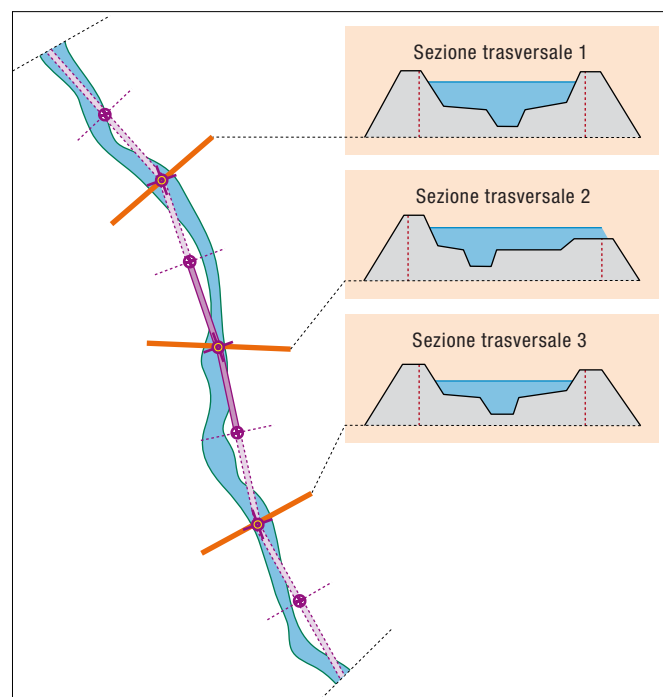


Fig. 1 Rappresentazione schematica della griglia di calcolo per una simulazione 1D. Lungo il corso d'acqua sono presenti numerose sezioni trasversali. Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo

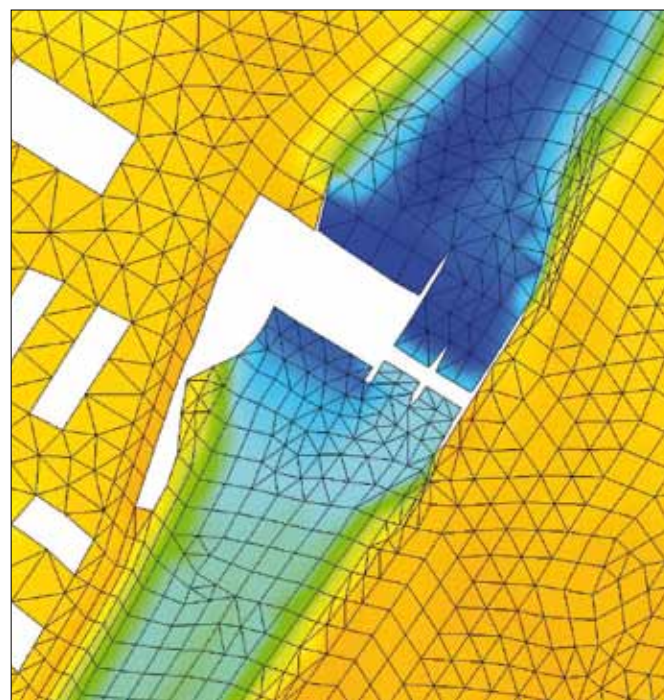


Fig. 2 Esempio di una griglia di calcolo 2D composta da elementi triangolari e rettangolari. I colori rispecchiano la topografia. Le costruzioni sono in bianco. Il deflusso attraverso uno sbarramento viene modellato come condizione limite interna. Illustrazione: VAW-ETHZ Zurigo

ai deflussi complessi e turbolenti, non possono essere effettuati senza l'aiuto di modelli ad alta risoluzione, estremamente costosi e che esigono delle competenze specialistiche approfondite. Tuttavia, anche i modelli fisici presentano alcuni svantaggi: le modifiche durante la fase di progettazione non possono essere integrate così facilmente come con i modelli numerici. Nella prassi, i due modelli di simulazione vengono spesso combinati in un modello ibrido: il modello numerico permette di precisare al massimo le dimensioni e le condizioni di contorno per il modello fisico, il quale viene poi impiegato per definire con precisione il dimensionamento di una componente.

### Software di simulazione BASEMENT

*BASEMENT* è un programma gratuito sviluppato nel 2002 dal laboratorio di ricerche idrauliche, idrologiche e glaciologiche (VAW) del Politecnico federale di Zurigo (riquadro 1), a partire dalla risoluzione delle equazioni di Saint Venant per i modelli 1D e delle equazioni di deflusso in acque poco profonde per l'idrodinamica dei modelli 2D. Queste equazioni si basano sul presupposto di una ripartizione della pressione idrostatica e sono pertanto valide soltanto se la componente verticale della velocità può venir trascurata. Per la calibrazione, il programma utilizza le leggi dell'attrito per definire il coefficiente di scabrezza. Inoltre, nel modello 2D, è possibile generare un modello di turbolenza.

*BASEMENT* propone differenti condizioni di contorno per il calcolo del deflusso: idrogrammi d'entrata, deflusso normale e strutture idrauliche come sbarramenti e paratoie. Queste strutture possono essere utilizzate all'interno dell'area di calcolo. *BASEMENT* permette anche di regolare automaticamente sbarramenti e altre opere, utilizzando criteri ben precisi. La figura 3 schematizza il processo di modellazione di *BASEMENT*. Il trasporto dei sedimenti è diviso in trasporto solido di fondo e trasporto in sospensione. Il calcolo del trasporto solido di fondo si effettua a partire da formule empiriche, quello relativo al trasporto in sospensione tramite l'ausilio dell'equazione del trasporto advettivo-diffusivo. È anche possibile simulare la diffusione di sostanze nocive e il trasporto del materiale in sospensione. Differenti metodi permettono di descrivere lo scambio dei materiali in sospensione tra il fondo dell'alveo e la colonna d'acqua. *BASEMENT* risolve le equazioni di trasporto in modo che i materiali trasportati possano essere classificati in differenti categorie, scelte dall'utilizzatore.

Nel corso d'acqua, i sedimenti sono principalmente spostati dalla forza orizzontale della corrente. Il materiale dell'alveo può essere originato anche in seguito a processi gravitativi, come ad esempio il crollo di una sponda. Questo tipo di processi è rappresentato grazie all'ausilio di un modello geometrico basato sull'angolo critico della scarpata.

### > Riquadro 1. *BASEMENT* – un software di modellazione dei corsi d'acqua

*BASEMENT* è un software per calcolare i processi nei corsi d'acqua, tenendo conto della corrente e del trasporto solido. I processi possono essere descritti con un modello monodimensionale, bidimensionale o accoppiato. Anche gli effetti delle opere idrauliche possono venir presi in considerazione. Il trasporto dei sedimenti si distingue in trasporto solido di fondo e in trasporto in sospensione. La granulometria è un aspetto che può venir misurato. Per configurare agevolmente il modello, l'utilizzatore dispone di un'interfaccia grafica. In futuro è prevista un'estensione di *BASEMENT* con funzioni che permettano di simulare le acque sotterranee, le correnti di densità e di modellare i deflussi nelle tre dimensioni. Il programma e la relativa documentazione (Fäh *et al.* 2011) sono disponibili gratuitamente su [www.basement.ethz.ch](http://www.basement.ethz.ch). È possibile trovare anche delle esercitazioni che facilitano l'apprendimento della modellazione numerica.

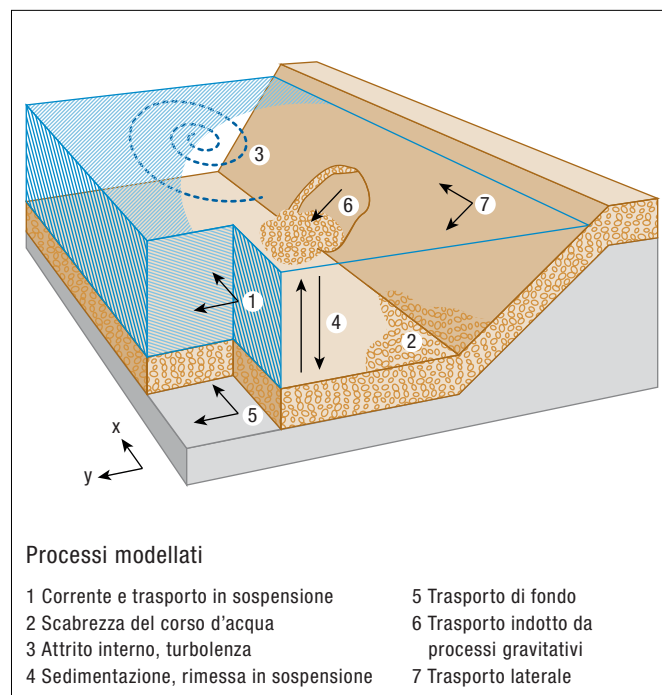


Fig. 3 Schema dei processi simulati in un modello 2D.

Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo

Per ottenere una simulazione efficiente di una grande zona geografica possono essere accoppiati diversi modelli (fig. 4). Ciò consente di valutare un tratto con un modello 1D e di integrare successivamente un modello 2D. Il software è compatibile con tutti i computer in commercio dotati di un processore multicore.

*BASEMENT* offre anche altre funzioni: nel «Command File Editor» vengono definiti i parametri necessari per i modelli numerici. Tutti i parametri disponibili sono presentati e descritti con degli esempi. Gli errori di immissione vengono subito riconosciuti ed evidenziati. L'utente ha la possibilità di creare la griglia dei modelli 1D. Tale operazione viene effettuata all'interno del «1D-Grid Editor», che restituisce graficamente le sezioni trasversali con le loro caratteristiche. I risultati, quali la profondità dell'acqua, la velocità di corrente o le differenze nell'altezza del livello dell'acqua, possono essere facilmente visualizzati già durante il calcolo.

#### Procedura

La modellazione (fig. 5) inizia con l'acquisizione dei dati necessari. È indispensabile conoscere le condizioni iniziali e le condizioni di contorno. I dati relativi ai livelli dell'acqua, alle tracce delle piene, alla distribuzione granulometrica o alla composizione della vegetazione facilitano la calibrazione del modello. Una base solida di dati può incrementare notevolmente l'affidabilità del modello.

Sulla base di queste informazioni, il programma crea una griglia di calcolo corrispondente alle dimensioni del modello. A partire da questa griglia e dalle condizioni di contorno selezionate, inizia la simulazione vera e propria. In una prima fase, il modello numerico viene calibrato sulla base di un evento documentato e, se necessario, validato con altri dati di confronto. Il modello, dopo la calibrazione, calcola le varianti. Infine, i risultati vengono valutati e presentati.

#### Condizioni iniziali: topografia

Le informazioni topografiche su un corso d'acqua sono spesso disponibili sotto forma di sezioni trasversali dell'alveo. Poiché le sezioni sono rilevate a grandi distanze, spesso forniscono solo poche informazioni sui settori intermedi. L'ausilio di ortofoto e le conoscenze della situazione locale sono dei buoni metodi per migliorare la qualità del modello. Per i modelli 2D in particolare, i dati delle sezioni trasversali possono essere estrapolati per ottenere un modello altimetrico più dettagliato. Per l'area circostante, fuori dalla sezione bagnata dell'alveo, sono invece generalmente disponibili informazioni sulle quote ad alta risoluzione (p. es. dati provenienti da scansioni laser).

Per i modelli 1D la griglia di calcolo si ottiene direttamente a partire dalle sezioni trasversali. Per i modelli 2D è necessario creare, sulla base delle informazioni disponibili sulle quote, un'altra griglia di calcolo composta da elementi

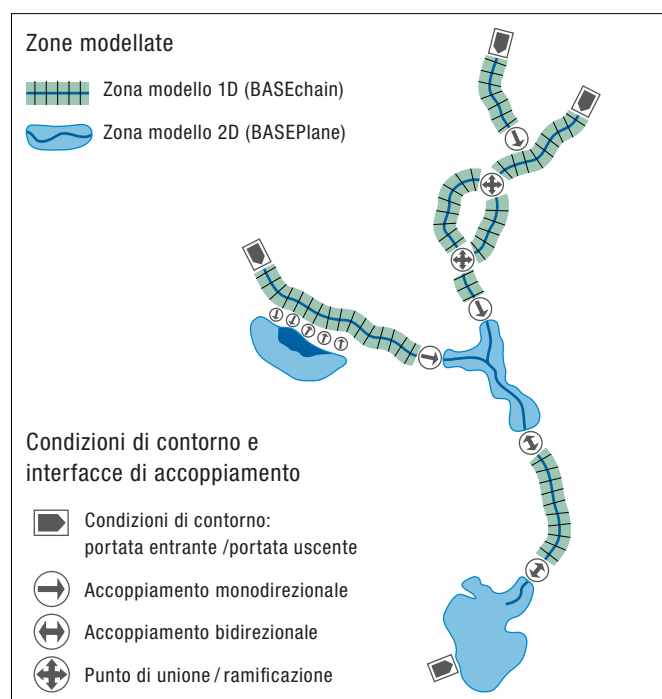


Fig. 4 *Rappresentazione schematica di zone modellate in 1D e 2D che possono essere accoppiate liberamente. Lo scambio d'informazioni può avvenire in una o due direzioni. Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo*

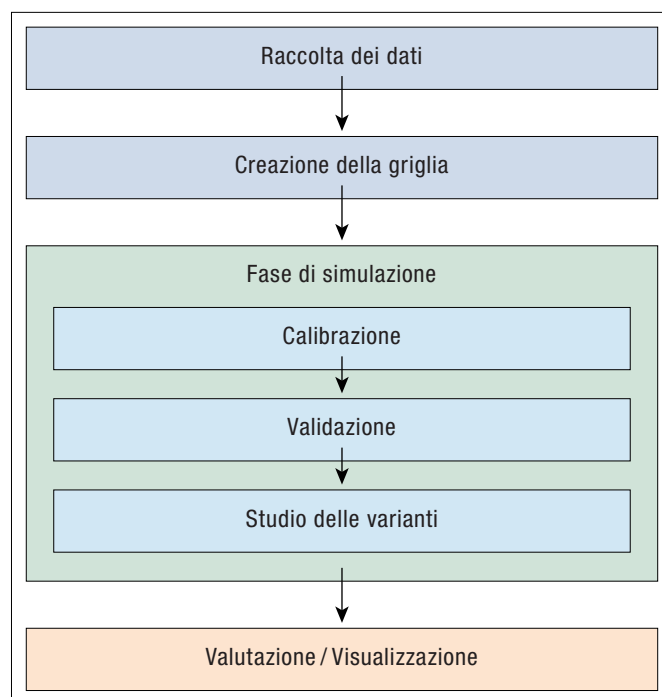


Fig. 5 *Procedura schematica di una modellazione numerica. A seconda delle necessità i singoli processi vengono ripetuti in modo iterativo. Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo*



triangolari e rettangolari. Durante la creazione della griglia è necessario prestare attenzione alle linee di rottura.

#### **Condizioni di contorno: corrente e trasporto di sedimenti**

Gli idrogrammi delle stazioni di misura federali (UFAM) o i risultati di un modello idrologico possono servire per le condizioni di contorno, per le quali possono essere utilizzati più elementi, ad esempio le relazioni tra il livello d'acqua e la portata o le strutture idrauliche (dighe e paratoie).

I valori del trasporto solido per le condizioni di contorno non sono, nella maggior parte dei casi, conosciuti. Spesso è necessario stimare prima l'apporto annuo di sedimenti per costruire una funzione di trasporto in funzione dell'idrogramma. Questa funzione dipende sostanzialmente dalla formula impiegata per il trasporto solido e si basa spesso sul presupposto che venga sfruttata l'intera capacità di trasporto.

#### **Calibrazione e validazione**

I modelli numerici prevedono parametri di calibrazione che permettono di adattare i risultati della simulazione alla situazione reale. I valori relativi al livello dell'acqua, registrati in diversi periodi, sono i dati più pertinenti per la calibrazione idraulica, ma spesso non sono disponibili. In questi casi si possono utilizzare, se disponibili, le tracce delle piene misurate di cui sono noti i picchi di deflusso. Per la taratura, i coefficienti di attrito del fondo dell'alveo del modello numerico vengono adattati fino a quando i livelli dell'acqua coincidono con i valori misurati.

Sono necessari calcoli supplementari per i modelli basati sul trasporto solido: la topografia deve essere misurata in diversi periodi. Per tarare il trasporto solido e il trasporto in sospensione, si possono scegliere differenti parametri. Il modello è validato quando, a partire dai dati dei parametri calibrati, un avvenimento differente dal caso utilizzato per la calibrazione può essere riprodotto qualitativamente e quantitativamente.

Il modello calibrato e validato serve come base iniziale per le simulazioni vere e proprie. Gli scenari sono calcolati a partire dalle condizioni di contorno registrate per l'idraulica e il trasporto dei sedimenti. I progetti di sistemazione possono venir integrati nella griglia di calcolo per studiarne l'impatto.

#### **Valutazione e rappresentazione dei risultati**

Le simulazioni numeriche generano ingenti quantità di dati. Se le informazioni necessarie non sono state precedentemente definite, i documenti dei risultati risulteranno molto voluminosi e il tempo di calcolo e di trattamento dei dati sarà importante. L'utilizzatore deve quindi definire precedentemente i risultati di cui avrebbe bisogno, perché spesso è interessante considerare solo alcuni aspetti. I risultati vengono emessi sotto forma di tabelle in file di testo e possono essere copiati in

programmi di visualizzazione. Per le rappresentazioni piane di dati scalari e vettoriali la successiva elaborazione avviene quasi sempre in altri programmi presenti in commercio.

#### **Precisione e tempi di calcolo**

La precisione dei risultati dipende dai procedimenti impiegati, dalle ipotesi di partenza, dalla qualità dei dati topografici e delle condizioni di contorno. In generale, l'errore è inversamente proporzionale alla risoluzione della griglia: tale correlazione viene definita come «convergenza» (in pratica, la risoluzione della griglia è limitata dal tempo di calcolo). Il risultato di un progetto di simulazione numerica è pertanto sempre un compromesso tra la precisione e i tempi di calcolo.

I tempi da dedicare alla modellazione numerica non devono essere sottovalutati. È ovvio che la creazione di un modello semplice non richiede molto lavoro, ma per ottenere risultati quantitativamente e qualitativamente affidabili, conviene valutare la situazione e gli obiettivi. La sola definizione della griglia può influenzare la stabilità della simulazione, i tempi di calcolo e la qualità dei risultati. Per evitare problemi nelle successive simulazioni, si consiglia di dedicare un tempo sufficiente alla creazione della griglia. Dopo l'interpolazione sulla griglia di calcolo delle informazioni sulle quote, devono essere controllate ed eventualmente adattate le principali linee di rottura. Le condizioni di contorno sono in alcuni casi collocate in punti sfavorevoli, con un conseguente andamento irregolare.

Per una corretta impostazione l'utilizzatore deve tenere conto dei modelli fondamentali. Per i modelli 1D e 2D, ad esempio, si presuppone una distribuzione idrostatica delle pressioni. Non bisogna dimenticare che le equazioni sono valide esclusivamente per le pendenze dolci. Anche le formule relative al trasporto del materiale solido valgono soltanto per un'area di utilizzazione ristretta per quanto concerne la granulometria o la pendenza del fondo dell'alveo. Nella pratica queste regole di base non sono spesso rispettate e possono perciò verificarsi differenze fra i valori calcolati e quelli misurati.

Per quanto concerne i modelli che includono il trasporto dei sedimenti, la calibrazione è spesso molto complessa: i parametri di calibrazione necessari sono maggiori rispetto alla procedura di taratura idraulica vera e propria. Inoltre, le condizioni di contorno relative al volume di sedimenti trasportati sono ricavate spesso da stime di massima, sebbene influenzino in modo determinante i risultati. Spesso non disponiamo, per questi modelli, dei dati topografici relativi a differenti periodi, cosa che rende la calibrazione e la validazione più difficile. Di queste incertezze va tenuto conto considerando con occhio critico i risultati numerici e verificando la loro plausibilità.

## Applicazioni

Le possibili applicazioni di *BASEMENT* sono illustrate con esempi pratici.

### Evoluzione dell'alveo del Reno alpino (1D)

Nel Reno alpino l'obiettivo era di incrementare la protezione contro le piene fra la foce dell'Il (SG) e il lago di Costanza, tenendo in considerazione i numerosi aspetti legati all'ecologia, allo sfruttamento delle acque sotterranee, all'energia idroelettrica e alle zone ricreative. In una prima fase di pianificazione sono state simulate diverse varianti di gestione, analizzando il loro impatto a lungo termine sull'evoluzione dell'alveo. Sono stati sviluppati modelli 1D, perché la simulazione doveva comprendere un'area di 50 km e periodi molto lunghi. Per il trasporto solido è stato impiegato un procedimento con otto frazioni granulometriche. Il modello è stato calibrato sulla base di un periodo di dieci anni e validato con un altro periodo di 20 anni. Grazie al modello validato, l'evoluzione dell'alveo è stata simulata per sette varianti di interventi, per un periodo di 60 anni, e valutata in riferimento all'obiettivo da raggiungere (protezione contro le piene) (fig. 6).

### Regolazione automatica di laghi (1D)

I danni provocati dalle piene possono essere ridotti grazie a una regolazione ottimale dei laghi e degli impianti di sbarramento. Un esempio ha permesso di testare se *BASEMENT* era adatto per la regolazione delle strutture idrauliche situate in una vasta area (fig. 7). Il modello numerico comprendeva i tre laghi di Bienne, Neuchâtel e Morat, i loro canali di collegamento e i tratti fluviali dell'Aare e dell'Emme. La simulazione è stata realizzata a partire dai modelli 1D ricoprenti ciascuno una parte della zona interessata e divisi per un totale di 800 profili trasversali. Gli sbarramenti sono stati sottoposti a differenti regolamentazioni. I dati su tre mesi del 2005 hanno consentito di calibrare il modello generale, che è stato in seguito validato dai dati del 2007. Il modello validato a permesso quindi di calcolare scenari differenti relativi agli impianti di sbarramento e alla regolazione dei laghi.

### Diversità degli habitat nella Singine (2D)

Alcuni tratti della Singine (BE/FR) si trovano ancora allo stato naturale. Le caratteristiche di un tratto fluviale, lungo 2 km e caratterizzato da un canale intrecciato, sono state simulate con i deflussi misurati in un anno. Una simulazione 2D è stata effettuata per rappresentare la diversità della struttura topografica. Il modello idraulico è stato calibrato a partire dai dati del livello dell'acqua. Gli specialisti hanno in seguito studiato l'impatto delle diverse formule per il trasporto solido (granulometria omogenea e granulometria eterogenea) sulla morfologia e sulla variabilità degli habitat (scheda 3 Indice della diversità idromorfologica).

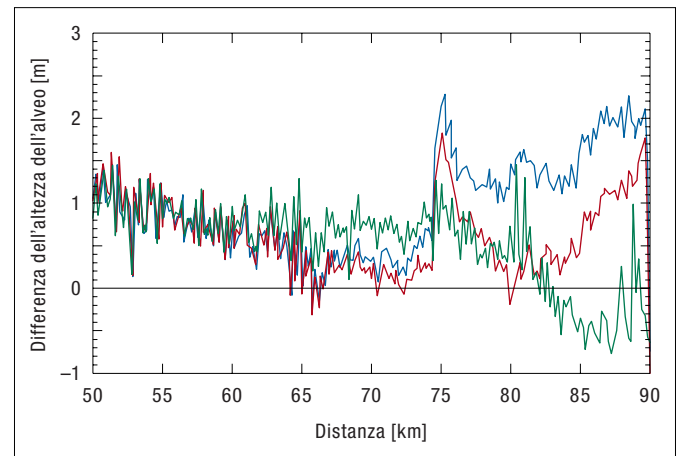


Fig. 6 Differenze dell'altezza dell'alveo del Reno alpino (SG), in seguito a diverse misure d'intervento simulate con un modello 1D per un periodo di 50 anni. La linea 0 indica l'evoluzione dell'alveo senza l'intervento di misure di gestione. Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo

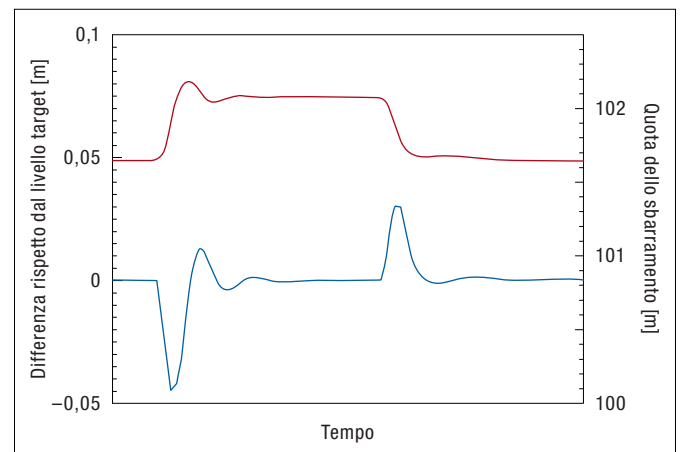


Fig. 7 Comportamento di uno sbarramento regolato con una riduzione repentina e successivo incremento del deflusso. La linea blu indica lo scarto tra il livello reale e il valore target. La linea rossa indica l'evoluzione della quota di sbarramento. Illustrazione secondo VAW-ETHZ Zurigo

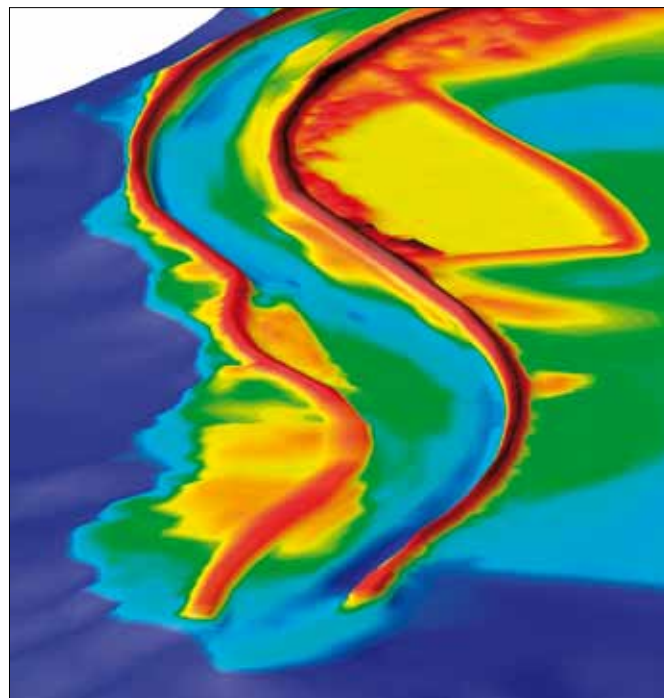
### Evoluzione della foce del Reno alpino (2D)

Il Reno alpino sfocia nel lago di Costanza tramite un alveo artificiale (fig. 8). Ingenti quantità di sedimenti fini sono trasportati nel canale e nel lago di Costanza. Per stimare le variazioni, a lungo termine, dell'alveo, è stato creato un modello 2D del delta. Per il trasporto dei sedimenti, è stato modellato principalmente il trasporto di materiale in sospensione a causa della granulometria molto piccola. La topografia del canale artificiale è nota in due date a distanza di circa 500 giorni. Il modello è stato calibrato a partire dalla situazione precedente

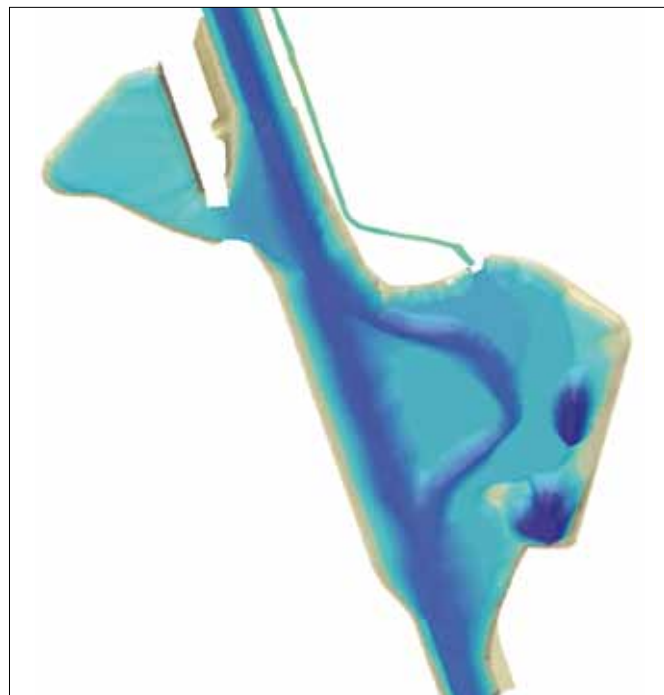
e ha permesso di riprodurre qualitativamente e quantitativamente le differenze dell'altezza dell'alveo.

#### Effetti idraulici di un allargamento (2D)

Gli allargamenti permettono di migliorare la biodiversità e rafforzare la protezione contro le piene. Una simulazione idraulica 2D ha permesso di definire gli effetti di un allargamento sulla base di valori differenti di carico (fig. 9). I risultati possono essere impiegati come condizione ai limiti di un modello fisico per futuri interventi di allargamento.



**Fig. 8** Topografia dell'alveo (2D) del canale artificiale del Reno che si immette nel lago di Costanza. Illustrazione: VAW-ETHZ Zurigo



**Fig. 9** Simulazione (2D) delle altezze dell'acqua in una tratta canalizzata, successivamente allargata, in prossimità di uno sfioratore. Illustrazione: VAW-ETHZ Zurigo



## Bibliografia

Fäh, R., Mueller, R., Rousselot, P., Veprek, R., Vetsch, D., Volz, C., 2006–2011: *BASEMENT* – Basic Simulation Environment for Computation of Environmental Flow and Natural Hazard Simulation. VAW-ETHZ Zurigo, online: [www.basement.ethz.ch](http://www.basement.ethz.ch)

Vetsch, D., Rousselot, P., Fäh, R., 2011: Flussgebietsmodellierung mit der Simulationssoftware *BASEMENT*. Wasser Energie Luft: 4/2011, 313–319.

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)

Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)

Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)

Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Indicazione bibliografica

Rousselot, P., Vetsch, D., Fäh, R., 2012: Modellazione numerica dei corsi d'acqua. In: Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 7.

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Progetto grafico e illustrazioni

anamorph.ch: Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## 8 > Rivitalizzazioni: controllo dei risultati

**Armin Peter e Christoph Scheidegger**

*Il controllo dei risultati di un intervento di rivitalizzazione ha lo scopo di verificare se gli obiettivi fissati all'inizio del progetto sono stati raggiunti. Permette inoltre di migliorare le conoscenze sulla reazione dei corsi d'acqua. Per questi motivi, è importante pianificare i controlli già a partire dalla fase di progettazione. Il presente promemoria illustra i principali tipi di controlli, descrivendone le procedure di pianificazione e d'esecuzione.*

### **Obiettivi dei controlli**

I controlli dei risultati, eseguiti nell'ambito delle rivitalizzazioni, hanno lo scopo di verificare se gli obiettivi fissati all'inizio del progetto sono stati raggiunti. Permettono inoltre di analizzare l'eventuale cambiamento dei parametri fisici, chimici, idrologici o biologici. La pianificazione dei controlli implica la scelta di indicatori e di condizioni di riferimento: è necessario definire il disegno sperimentale, l'ambito geografico e l'ambito temporale. Nella tabella 1 sono stati riportati i diversi tipi di controlli.

In Svizzera, come in altri Paesi, si è raggiunta una maggior consapevolezza dell'importanza delle rivitalizzazioni dei corsi d'acqua. Negli ultimi anni, numerosi corsi d'acqua,

golene, sponde lacustri e altri habitat acquatici sono stati rivitalizzati: questa tendenza si manifesterà anche in futuro. Fino ad oggi, il controllo dei risultati è stato effettuato esclusivamente su pochi progetti e raramente è stato eseguito per i progetti più ambiziosi. Alcune ricerche condotte in Europa e negli Stati Uniti hanno mostrato che controlli dei risultati degli interventi di rivitalizzazione sono stati effettuati solo su meno del 10 per cento dei progetti realizzati.

La pianificazione del controllo dei risultati è una componente essenziale nei progetti di rivitalizzazione e deve imperativamente essere integrata in una strategia globale. Le condizioni iniziali del corso d'acqua devono essere rilevate prima della fase di progettazione: questa è una premessa indispensa-



*Pesca elettrica nel Reno anteriore (GR). Cattura di avannotti di trota fario nati in natura.*

Foto: Armin Peter

bile per definire gli obiettivi da raggiungere e le misure da attuare. Per garantire le disponibilità e i mezzi finanziari, i costi relativi ai controlli (che dipendono dal disegno sperimentale scelto e dalla frequenza del rilievo dei dati) devono essere integrati nei costi complessivi del progetto.

Lo stato iniziale (baseline) deve essere rilevato prima della rivitalizzazione. I controlli effettuati al termine della realizzazione del progetto consistono in alcune analisi a lungo termine. Un monitoraggio delle tendenze fornirà delle informazioni utili per la valutazione dei progetti e delle pianificazioni supplementari.

#### Indicatori per la pianificazione

La pianificazione di un controllo deve avvenire all'inizio di una rivitalizzazione. Non appena è stato definito il tratto fluviale da rivitalizzare, devono esserne rilevate le condizioni iniziali (baseline; fig. 1). Bisognerebbe effettuare più rilievi, in modo da considerare anche le variazioni stagionali. L'ultima analisi preliminare dovrà avvenire poco prima dell'inizio del progetto. Le condizioni iniziali individuate per un tratto fluviale influiscono sulla definizione delle linee direttrici (Woolsey *et al.* 2005: pag. 25). Anche gli indicatori devono essere definiti all'inizio del progetto, per poter essere verificati dopo aver stabilito gli obiettivi da raggiungere. Di regola, gli obiettivi vengono fissati molto presto.

#### Trovare il disegno sperimentale ottimale

Il tipo di controllo dei risultati dipende dal numero di tratti fluviali da analizzare e dal tempo a disposizione. Il controllo dei risultati si basa sugli obiettivi del progetto di rivitalizzazione, i quali a loro volta determinano la scelta degli indicatori da utilizzare. Per il controllo dei risultati è possibile far capo a due tipi di disegno sperimentale:

1. «confronto prima-dopo» (BA = before-after) o «confronto prima-dopo con controllo» (BACI = before-after control-impact): i dati vengono raccolti prima e dopo la realizzazione del progetto di riqualifica, spesso includendo un tratto fluviale di controllo non rivitalizzato (BACI). Queste analisi si prolungano per diversi anni: da 5 a 7 anni prima e dopo per le analisi intensive; da 1 a 2 anni prima e dopo per le analisi estensive (Hicks *et al.* 1991). Nella situazione ideale, i «confronti prima-dopo» (BA, BACI) devono essere realizzati lungo tutto il tratto fluviale interessato (fig. 2);
2. «osservazione post-progetto» (post treatment design): con questo disegno sperimentale si confrontano i valori raccolti su un tratto rivitalizzato e quelli raccolti lungo un tratto non rivitalizzato, ma con caratteristiche molto simili a quelle del tratto oggetto d'intervento prima della realizzazione del progetto. Questo disegno sperimentale viene utilizzato quando non sono stati rilevati i dati prima della realizzazione dell'intervento. In ogni caso si consiglia, se è possibile, di considerare come riferimento il maggior numero possibile di tratti fluviali non rivitalizzati. Le «osservazioni post-progetto» intensive si estendono su diversi anni. Uno studio estensivo dura da 1 a 2 anni e integra un confronto fra diversi tratti rivitalizzati e non rivitalizzati.

I disegni sperimentali, presentati precedentemente, prevedono delle varianti. Per maggiori informazioni, è possibile fare riferimento a Roni (2005), Roni *et al.* (2010) e Hicks *et al.* (1991). Se possibile, è preferibile scegliere il «confronto prima-dopo» (BA, BACI).

#### > Tabella 1

Diversi tipi di controllo dei risultati secondo MacDonald *et al.* (1991) e Roni (2005).

Tipo	Obiettivi	Esempi
<b>Rilevamento delle condizioni iniziali (baseline)</b>	Determinare le condizioni fisiche, chimiche o biologiche per la pianificazione e gli ulteriori confronti; dare una panoramica dello stato prima della rivitalizzazione	Morfologia del corso d'acqua, presenza di specie ittiche e macrobentoniche, composizione chimica dell'acqua
<b>Stato</b>	Definire le condizioni (variabilità spaziale) delle proprietà fisiche o biologiche	Densità dei pesci presenti in un determinato momento (istante T) in un corso d'acqua
<b>Tendenza</b>	Indicare i cambiamenti per un intervallo di tempo scelto; monitoraggio annuale che permette di osservare le eventuali variazioni delle condizioni iniziali (baseline)	Variazioni della densità di pesci o benthos nel tempo
<b>Esecuzione</b>	Verificare se un progetto è stato realizzato come previsto	I lavori sono stati eseguiti conformemente alla pianificazione?
<b>Efficacia</b>	Verificare se le misure applicate hanno raggiunto gli effetti auspicati	Il numero dei tratti a profondità elevata e quelli a maggior velocità di corrente sono aumentati?
<b>Validazione</b>	Verificare la relazione causa-effetto tra le misure di rivitalizzazione e la reazione del corso d'acqua (p. es. biologia)	Le modifiche degli habitat hanno prodotto gli effetti biologici previsti?



### Utilizzo dei corsi d'acqua naturali come riferimento

I controlli dei risultati devono comprendere un confronto con un sito di riferimento, ad esempio un tratto fluviale simile non rivitalizzato, possibilmente in prossimità del tratto oggetto di intervento. In mancanza di un tratto naturale, o prossimo allo stato naturale, è possibile utilizzare come riferimento un tratto fluviale che è stato rivitalizzato molto tempo prima. Altri possibili riferimenti sono le carte storiche (fig. 3) o i dati forniti dagli esperti sulla base di studi scientifici (strategie e sistemi di classificazione).

Come riferimento è possibile utilizzare un singolo tratto isolato o un insieme di tratti fluviali. Bisogna sottolineare che, prendendo in considerazione più tratti fluviali, si può giungere a delle constatazioni contraddittorie per i differenti indicatori. Tuttavia, utilizzando diversi tratti di riferimento, è possibile apprendere aspetti importanti per i progetti futuri (Weber e Peter 2011). Sono pochi in Svizzera i tratti fluviali naturali che possono essere utilizzati come riferimento e le conoscenze sui sistemi di riferimento sono spesso insufficienti. Per questi motivi, il progetto «Gestione integrata del bacino fluviale» prende come tratta di riferimento la Singine (BE/FR; fig.4).

### Indicatori «Smart»

In generale, gli indicatori devono essere «Smart» – in inglese: specific = specifici, measurable = misurabili, accurate = accurati, realistic = realistici, timely = adeguati ai tempi (WFP).

Gli indicatori utilizzati devono essere definiti in base agli obiettivi del progetto considerato. Nell'ambito del progetto «Rodano-Thur», gli indicatori sono stati elaborati sulla base di alcuni obiettivi specifici e assegnati a tre temi: (1) società: protezione e benefici; (2) ambiente ed ecologia; e (3) economia. Il manuale «*Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen*» (Woolsey et al. 2005) descrive 50 indicatori e contiene un modello di calcolo in Excel con il quale definire, a partire dagli obiettivi del progetto, gli indicatori adatti. La tabella 8.1 del manuale fornisce una panoramica degli indicatori consigliati, basandosi sugli obiettivi del progetto. È possibile distinguere tra gli indicatori diretti e quelli indiretti, i primi sono considerati più efficaci dei secondi. La tabella 7.3 del manuale propone un riepilogo di tutti gli indicatori (la lista non è esaustiva e l'utilizzatore può completarla a suo piacere). Il numero degli indicatori da utilizzare dipende dalle disponibilità finanziarie del progetto. L'ideale è definire un set di indicatori che descrivano i diversi aspetti della rivitalizzazione, sul piano ecologico (biodiversità), sociale (p. es. accettazione del progetto da parte della popolazione) e di gestione fluviale (p. es. idraulica e fondo dell'alveo; Woosley et al. 2005). Requena e von Pfuhlstein (2011) propongono ugualmente degli indicatori relativi allo sviluppo morfologico.

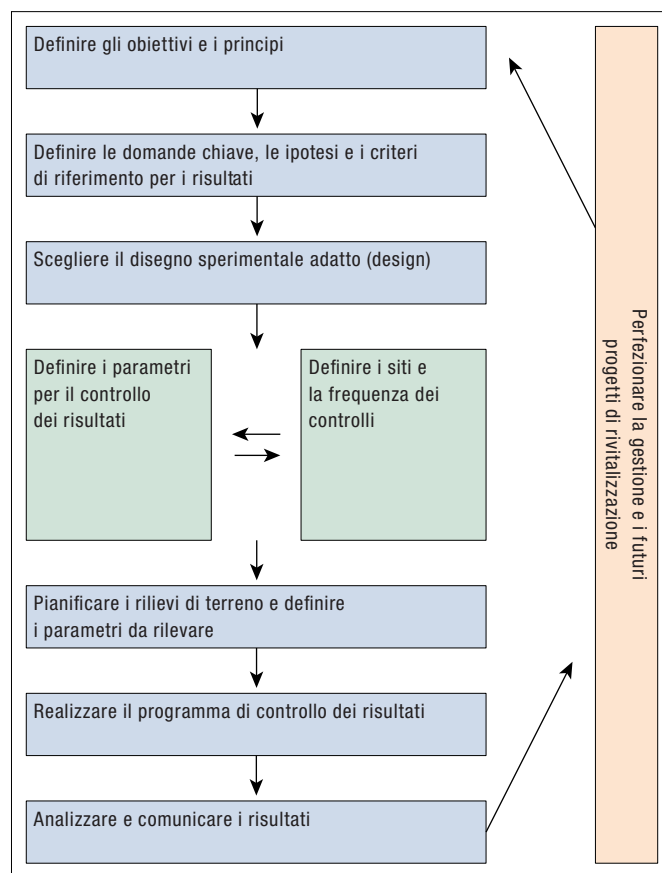


Fig. 1 Svolgimento di un controllo dei risultati secondo Roni 2005.



Fig. 2 Misurazione della larghezza e della profondità di un tratto di fiume nell'ambito di un controllo dei risultati. Foto: Armin Peter

Per il progetto «Naturnahe Diversität und Abundanz der Fauna» sono stati scelti 15 indicatori indiretti e 8 diretti (Woolsey *et al.* 2005: tabella 8.1). Angermeier (1997) propone di ricorrere a un insieme di indicatori, per esempio un set costituito da indicatori compositivi, strutturali e funzionali. Gli indicatori compositivi descrivono gli elementi biotici (p. es. abbondanza, biomassa, diversità di specie), gli indicatori strutturali descrivono la loro organizzazione o i loro modelli (p. es. distribuzione per età, grandezza media dei pesci), mentre gli indicatori funzionali rappresentano i valori diretti dei processi ecologici ed evolutivi (p. es. tasso di crescita o di sopravvivenza; Weber e Peter 2011). La valutazione dei risultati di un progetto di rivitalizzazione dipende anche dagli indicatori scelti per il controllo dei risultati del progetto. Spesso gli indicatori vengono scelti secondo l'importanza per la popolazione (p. es. la presenza di specie della Lista Rossa come la trota marmorata, il naso, il tamerici).

#### Luogo e date di esecuzione dei controlli

I parametri locali e temporali devono essere scelti in modo da stabilire con chiarezza i cambiamenti prodotti dalla rivitalizzazione. Le condizioni temporali devono essere accertate prima dell'inizio del controllo. Di regola i controlli dei risultati si svolgono su un periodo di almeno 3–5 anni, di dieci anni, quando è necessario documentare le variazioni della densità di una specie. Se si dispone di un budget limitato, si raccomanda di documentare le variazioni per un periodo di tempo medio e

lungo (p. es. dopo tre anni e, in seguito, dopo cinque anni). Il periodo di tempo consigliato per i controlli dipende dagli obiettivi del progetto. Il controllo dei risultati termina quando gli obiettivi prefissati sono stati raggiunti. Se dopo diversi anni non è stato possibile raggiungere gli obiettivi, è necessario indagare sulle cause e valutare se il risultato potrebbe essere raggiunto successivamente (p. es. dopo più di dieci anni).

È necessario includere nei controlli numerosi tratti non rivitalizzati (non trattati) soprattutto per l'«osservazione post-progetto» (post-treatment design). Quando più tratti fluviali vengono utilizzati nell'ambito del «confronto prima-dopo» (BA, BACI), soluzione fortemente raccomandata, i tratti di riferimento devono essere conformi al tipo di corso d'acqua rivitalizzato e non devono localizzarsi ad una distanza eccessiva da quest'ultimo.

#### Valutazione

Il manuale «*Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen*» (Woolsey *et al.* 2005) propone una procedura di valutazione a più livelli. I valori ottenuti per ogni indicatore vengono standardizzati e confrontati prima e dopo il progetto di rivitalizzazione, con lo scopo di identificare le modifiche avvenute dopo l'applicazione delle misure di riqualifica (peggioramento: fallimento; leggero miglioramento: piccolo successo; miglioramento medio: successo medio; grande miglioramento: grande successo). Viene successivamente valutata l'evoluzione della situazione in riferimento ai singoli



Fig. 3 Carta storica della Hasliaare (BE) di Mirani (1764). Questa carta può essere utilizzata come riferimento per il controllo dei risultati di una rivitalizzazione. Illustrazione: Heimatbuch Brienz, piani originali: Archivio di Stato, Berna



obiettivi del progetto utilizzando la media dei valori standardizzati. Il capitolo 10 del manuale descrive nel dettaglio il sistema del controllo dei risultati. Il foglio Excel consente di calcolare il risultato per i singoli obiettivi del progetto e fornisce una rappresentazione grafica.

### Costi

Il controllo dei risultati è per la maggior parte eseguito nell'ambito di progetti importanti e dispendiosi. Se in letteratura non esiste nessun riferimento in merito ai costi dei controlli, è consono prevedere circa il 5–10 per cento dei costi complessivi del progetto di rivitalizzazione. È importante considerare tempestivamente i costi per il rilevamento dei singoli indicatori, includendo anche quelli più economici. Da un punto di vista strategico non è indispensabile eseguire un controllo completo per ogni singolo progetto. Per un insieme di progetti effettuati su corsi d'acqua a caratteristiche simili, è sufficiente quantificare i risultati di un singolo progetto, facendo però attenzione a non dimenticare di includere nel controllo i piccoli corsi d'acqua. Se i progetti con un'estensione importante devono essere sempre accompagnati da un controllo dei risultati, una valutazione semplificata può essere effettuata per i progetti meno ambiziosi, utilizzando un minor numero di indicatori (2–3 indicatori chiave), con l'obiettivo di ridurre i costi. Bisognerà però accertarsi di includere indicatori abiotici e biotici.



Fig. 4 Singine e la zona golenale presso Plaffeien (FR). Tratto naturale che può venir utilizzato come riferimento per un corso d'acqua con caratteristiche simili. Foto: Armin Peter



## Bibliografia

Angermeier, PL., 1997: Conceptual roles of biological integrity and diversity. In: Williams, JE., Wood, CA., Dombeck, MP., (ed.) *Watershed restoration: principles and practices*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland: 49–65.

Hicks, BJ., Hall, JD., Bisson, PA., Sedell, JR., 1991: Responses of salmonids to habitat changes. *American Fisheries Society Special Publication 19*: 483–518.

MacDonald, LH., Smart, AW., Wissmar, RC., 1991: Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska. U.S. Environmental Protection Agency, Seattle, WA.

Requena, P., von Pfuhlstein, M., 2011: Erfolgskontrolle der morphologischen Entwicklung bei Flussaufweitungen – Erfahrungen aus der Praxis. *Wasser Energie Luft*: 2/2011, 128–132.

Roni, P., Pess, G., Morley, S., 2010: Monitoring Salmon stream restoration: guidelines based on experience in the American Pacific Northwest. In: Kemp, P., (ed.) *Salmonid Fisheries: Freshwater Habitat Management*. Wiley-Blackwell: 119–147.

Roni, R., 2005: Overview and Background. In: Roni, P., (ed.) *Monitoring stream and watershed restoration*. American Fisheries society, Bethesda, Maryland: 1–11.

Weber, C., Peter, A., 2011: Success or Failure? Indicator selection and reference setting influence river rehabilitation outcome. *North American Journal of Fisheries Management* 31: 3, 535–547.

WFP (United Nations World Food Programme). *Monitoring & Evaluation Guidelines*. WFP, Roma, online: [documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ko/mekb\\_module\\_15.pdf](http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ko/mekb_module_15.pdf)

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Peter, A., 2005: *Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen*, online: [www.rivermanagement.ch/erfolgskontr/docs/erfolgskontrolle.pdf](http://www.rivermanagement.ch/erfolgskontr/docs/erfolgskontrolle.pdf)

## Siti utili

Rivalitizzazioni: controllo dei risultati  
[ecobe.infosite.ch/renf-public/Erfolgskontrollen](http://ecobe.infosite.ch/renf-public/Erfolgskontrollen)  
[www.rivermanagement.ch/erfolgskontr/welcome.php](http://www.rivermanagement.ch/erfolgskontr/welcome.php)

Monitoraggio di una rivalitizzazione golenale  
[faculty.washington.edu/philroni/FSH428/Navigation%20Index/Assignments/Assignment%206/CH6\\_Pess\\_et\\_al\\_Floodplains.pdf](http://faculty.washington.edu/philroni/FSH428/Navigation%20Index/Assignments/Assignment%206/CH6_Pess_et_al_Floodplains.pdf)

## Nota editoriale

### Basi concettuali

A questo progetto hanno collaborato esperti di opere idrauliche e di ecologia nonché rappresentanti di autorità federali e cantonali al fine di cercare soluzioni comuni per eliminare i deficit nei e lungo i corsi d'acqua. Nell'ambito del progetto hanno svolto ricerche su biotopi dinamici collegati e hanno sviluppato proposte innovative per l'attuazione di misure di sistemazione dei corsi d'acqua. Informazioni dettagliate sono disponibili su [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)

### Progetto

Il progetto ha ricevuto il sostegno finanziario dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) ed è stato svolto da quattro responsabili di progetto presso le istituzioni seguenti:

Armin Peter, Eawag, Ecologia ed evoluzione dei pesci, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)  
Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)  
Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, [www.lch.epfl.ch](http://www.lch.epfl.ch)  
Roland Fäh, ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW-ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8092 Zurigo, [www.vaw.ethz.ch](http://www.vaw.ethz.ch)

### Coordinamento

Sonia Angelone, Manuela Di Giulio

### Assistenza specialistica

UFAM: Paul Dändliker, Manuel Epprecht, Werner Göggel, Susanne Haertel-Borer, Daniel Hefti, Jean-Pierre Jordan, Stephan Lussi, Olivier Overney, Markus Thommen  
Cantoni: Lorenz Jaun (UR), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Peduzzi (TI), Markus Zumsteg (AG)  
Progetto: Sonia Angelone, Tobias Buser, Manuela Di Giulio, Roland Fäh, Armin Peter, Christopher Robinson, Christoph Scheidegger, Anton Schleiss

### Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

### Indicazione bibliografica

Peter, A., Scheidegger, C., 2012: Rivalitizzazioni: controllo dei risultati. In: *Schede tematiche sulla sistemazione e l'ecologia dei corsi d'acqua*. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Scheda 8.

### Redazione

Manuela Di Giulio, Sonia Angelone

### Traduzione ed elaborazione linguistica

Sandro Corradini, Sandro Peduzzi, Laura Bernasconi, Servizio linguistico UFAM

### Progetto grafico e illustrazioni

[anamorph.ch](http://anamorph.ch): Marcel Schneeberger (AD), Patrik Ferrarelli

### Per scaricare il PDF

[www.bafu.admin.ch/uw-1211-i](http://www.bafu.admin.ch/uw-1211-i)

La presente pubblicazione è disponibile anche in lingua tedesca e francese. L'edizione originale è in tedesco.

© UFAM 2012



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM