

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

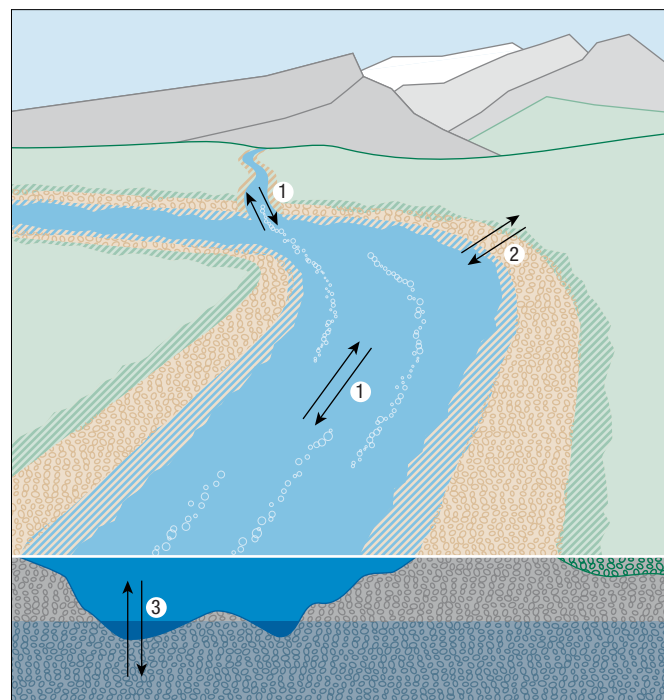


Fig. 1 *Interconnessione. 1: longitudinale fra tratti del corso principale e fra corso principale e affluenti; 2: laterale fra ecosistemi acquatici e terrestri; 3: verticale fra fondo dell'alveo e interstiziale iporreico. Illustrazione secondo Malmqvist 2002*

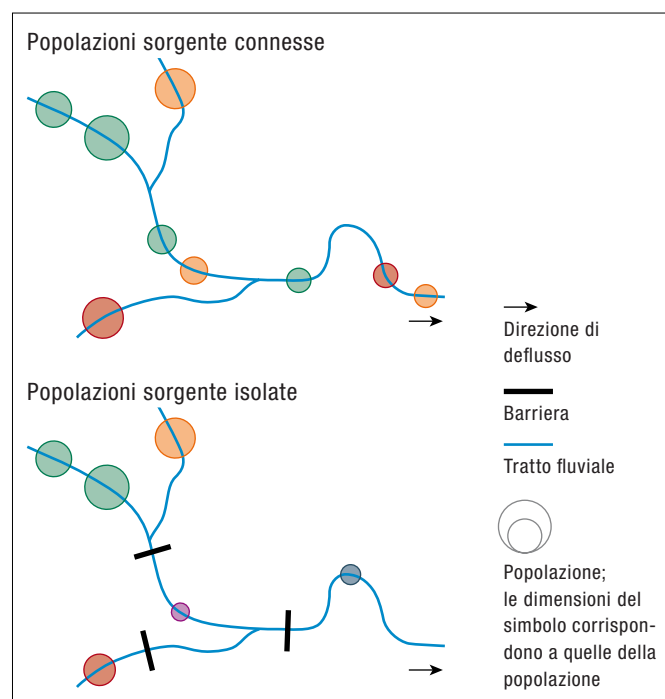


Fig. 2 *Influenza dell'interconnessione sulle dimensioni e sulla composizione genetica delle popolazioni in un modello «source-sink». Gli effettivi geneticamente diversi sono contrassegnati con i colori. Illustrazioni secondo Silke Werth*

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	Chioccioline	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-

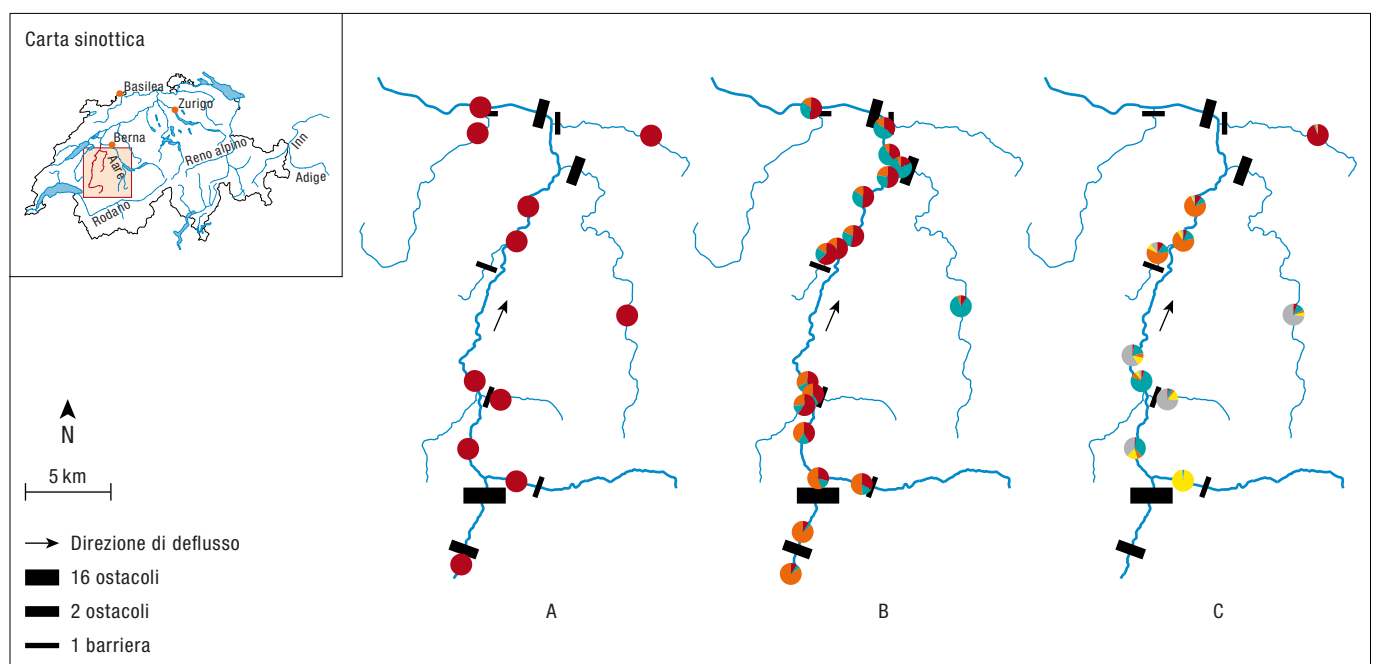


Fig. 4 Struttura delle popolazioni di specie acquatiche nella Singine (BE/FR). Gli ostacoli sono raffigurati con barre nere. I cerchi colorati indicano il raggruppamento genetico degli effettivi studiati. A. *Baetis rhodani*, B. *Cottus gobio*, C. *Chorthippus pullus*.

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 calcstruzzo 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.

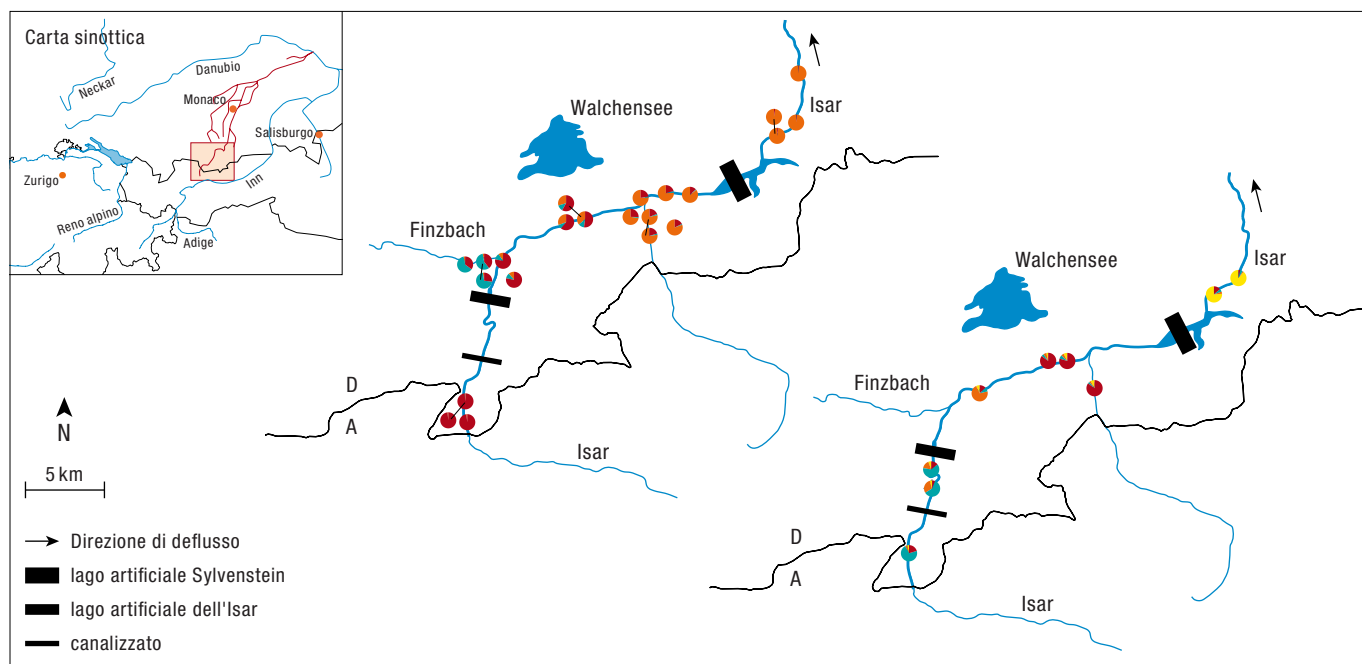


Fig. 5 *Struttura delle popolazioni delle specie terrestri sulla Isar al confine fra Germania (D) e Austria (A). Gli ostacoli sono raffigurati con barre nere. I cerchi colorati indicano il raggruppamento genetico degli effettivi studiati. Sinistra: Chorthippus pullus, destra: Myricaria germanica. Illustrazione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

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

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
 Christoph Scheidegger, Istituto federale WSL, Biodiversità e Biologia della conservazione naturale, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, www.wsl.ch
 Anton Schleiss, EPF-Lausanne, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH-EPFL, Station 18, 1015 Losanna, 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

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

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