

6 Gallerie di bypass dei sedimenti e piene artificiali

La continuità del trasporto di sedimenti è interrotta dalla presenza di laghi artificiali. Nei tratti a valle dei corsi d'acqua si crea così un deficit di sedimenti che ha conseguenze negative per l'ecologia e la morfologia dei corsi d'acqua. Le gallerie di bypass dei sedimenti e le piene artificiali incrementano la disponibilità di sedimenti e ne riducono la carenza. Questa scheda descrive entrambe le misure spiegandole con esempi concreti. Mostra inoltre gli effetti di tali misure sull'ecologia e sulla morfologia delle acque.

M. Facchini, E. Martín Sanz, S. Fink, D. Vetsch, Ch. Robinson, M. Döring, A. Siviglia, Ch. Scheidegger, R. Boes

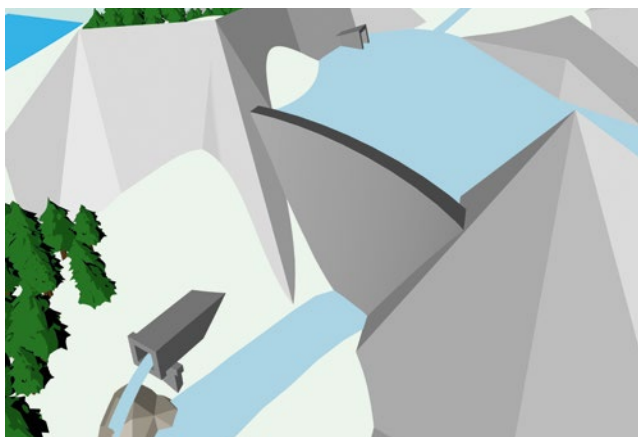
I laghi artificiali interrompono la continuità di un corso d'acqua, influenzano il trasporto dei sedimenti e riducono la connettività longitudinale delle popolazioni vegetali e animali e dei loro habitat. L'alterazione del trasporto di sedimenti determina inoltre un deficit di sedimenti nel corso inferiore con ripercussioni ecologiche. Il bacino artificiale agisce come un'opera di ritenuta dei sedimenti e, in assenza di contromisure, con il tempo tende a interrarsi. In questo caso si producono effetti negativi sull'e-

sercizio dell'opera idraulica, come per esempio perdite di rendimento (per es. energia idraulica), minore capacità di laminazione delle piene, minore flessibilità nell'esercizio o maggiore deterioramento dei macchinari come le turbine a causa di concentrazioni più elevate di materiale in sospensione.

Le gallerie di bypass dei sedimenti e le piene artificiali rappresentano possibili misure per migliorare la continuità dei corsi d'acqua (fig. 1) e saranno descritte nella presente scheda. Un'altra misura che si adotta di frequente è lo spurgo dei bacini artificiali. Gli spurghi e le piene artificiali sono a volte confusi tra loro. La differenza è negli obiettivi: gli spurghi hanno lo scopo di prevenire l'interramento del bacino artificiale e di garantire la funzionalità degli organi di rilascio, mentre con le piene artificiali si persegue la valorizzazione ecologica dei tratti a deflusso residuale a valle dello sbarramento. Entrambe le misure richiedono da parte del gestore dell'impianto di accumulazione un'attenta valutazione degli aspetti economici. A parità di volume di acqua rilasciato, le due misure presentano sinergie. Tuttavia, per lo spurgo dei ba-

Fig. 1

Rappresentazione schematica di una galleria di bypass dei sedimenti (a sinistra). Struttura di scarico della galleria di bypass presso l'impianto di accumulazione Solis nel fiume Albul (GR; a destra); l'immagine è stata ripresa il 23.05.2014 durante il suo secondo funzionamento in presenza di una piena.



cini artificiali la concentrazione del materiale in sospensione costituisce un fattore critico (cfr. scheda 3).

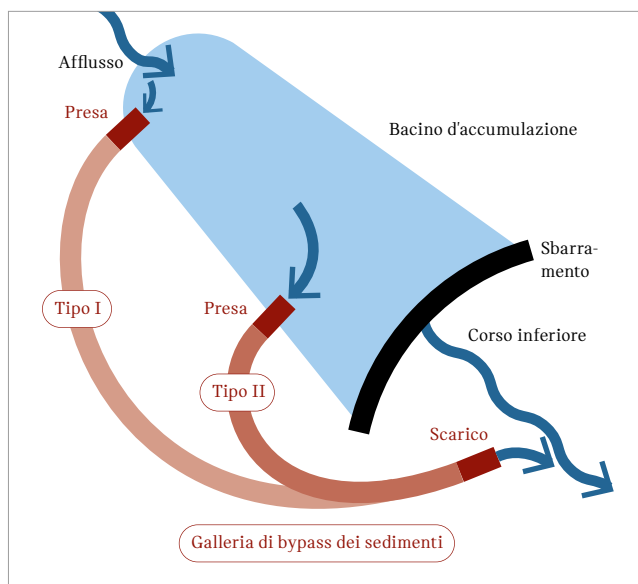
Quest'ultima misura non è stata oggetto di studio nell'ambito del progetto «Dinamica dei sedimenti e degli habitat» e pertanto non sarà ulteriormente trattata in questa sede. La presente scheda è strutturata in due parti: nella prima tratta gli aspetti tecnici e di esercizio delle gallerie di bypass e delle piene artificiali, nella seconda illustra gli aspetti ecologici e riporta esempi concreti.

Le gallerie di bypass dei sedimenti

Le gallerie di bypass dei sedimenti servono a ridurre l'interramento dei bacini artificiali e a conservare o ripristinare la continuità dei corsi d'acqua, in particolare per il trasporto dei sedimenti. In Svizzera, attualmente, sono in esercizio 10 gallerie di bypass presso impianti di accumulazione con laghi artificiali non molto estesi (tab. 1), altre sono in corso di pianificazione.

Fig. 2

Rappresentazione schematica del funzionamento di una galleria di bypass dei sedimenti. L'acqua e i sedimenti trasportati nel bacino artificiale sono convogliati dalla galleria e restituiti al fiume a valle della diga.



Fonte: VAW

Una galleria di bypass è costituita da un'opera di presa a monte del bacino artificiale o al suo interno, dalla galleria stessa e da un'opera di scarico a valle del bacino (fig. 2). Si distinguono due tipi di gallerie di bypass. Nel tipo I l'opera di presa è situata sull'immissario al limite superiore dell'invaso. Nella pianificazione si considerano attentamente la lunghezza della galleria e il necessario tratto di accelerazione del deflusso a monte della presa. In tutta la galleria prevale il deflusso a pelo libero (Auel e Boes 2011).¹ Un esempio di galleria di bypass del tipo I è quella del «Pfaffensprung» sul fiume Reuss presso Wassen (UR). Nel tipo II l'opera di presa è collocata per lo più in prossimità dello sbarramento e, di conseguenza, la lunghezza della galleria è inferiore. Inoltre l'opera di presa è sommersa e dal punto di vista idraulico predomina il deflusso in pressione (Auel e Boes 2011). Se l'organo di controllo che regola il deflusso (paratoia) è inserito in prossimità della presa, il passaggio dal deflusso in pressione a quello a pelo libero avviene in tal punto. Se invece si trova presso lo sbocco, nella galleria può anche instaurarsi un deflusso in pressione. In ogni caso deve essere impedita l'entrata di materiale galleggiante nella galleria di bypass, per esempio con un setto divisorio per prevenire intasamenti nella galleria. Un esempio di galleria di bypass di tipo II è quella dell'Albula presso Solis (GR; cfr. cap. Esempi concreti).

Funzionamento delle gallerie di bypass dei sedimenti

Le gallerie di bypass dei sedimenti sono attive soprattutto durante gli eventi di piena naturale. L'acqua in questo caso è utilizzata per trascinare il sedimento attraverso la galleria. In Svizzera le gallerie di bypass entrano in funzione generalmente per più giorni all'anno (Auel 2014; Kondolf et al. 2014). L'organo di controllo consente di regolare la quantità di acqua convogliata. L'acqua che non può essere né convogliata né accumulata nel bacino, viene rilasciata attraverso l'organo di regolazione dell'impianto di accumulazione (per es. turbine, sfioratore di piena o scaricatore di fondo).

Il funzionamento di una galleria di bypass di tipo I avviene in condizioni di ritenzione normale deviando attraverso la galleria la maggior parte dei sedimenti con deflusso a

¹ La definizione di «deflusso a pelo libero» e di altri termini si trova nel glossario. Online: www.rivermanagement.ch > prodotti e pubblicazioni

Interrogativi scientifici irrisolti

- Dislocazione dei nuovi sedimenti immessi ed effetto della riattivazione del trasporto di sedimenti sotto l'aspetto ecologico.
- Periodo, frequenza e durata ideali per l'esercizio delle gallerie di bypass dei sedimenti o delle piene artificiali nonché i picchi di deflusso ottimali sotto l'aspetto ecologico.

pelo libero. Il funzionamento della galleria di bypass di tipo II richiede invece una parziale riduzione del livello di invaso nel bacino. In tal modo nell'area di interrimento si creano le condizioni di corrente che mobilizzano i sedimenti (Auel 2014).

Il funzionamento delle gallerie di bypass durante gli eventi di piena produce effetti paragonabili a quelli creati dalle piene artificiali a valle degli impianti di accumulazione. Esso consente un rilascio controllato di acqua. Adeguando in modo opportuno il funzionamento di queste gallerie, è possibile regolare la portata di picco e la durata di un evento in maniera tale da migliorare le condizioni ecologiche a valle (Martín Sanz et al. 2015) e prevenire i danni ecologici. Una piena artificiale che non trasporta sedimenti rilascia a valle soltanto acqua, mentre una galleria di bypass rilascia pure il sedimento prove-

niente dal corso d'acqua a monte del lago artificiale. Una galleria di bypass è messa in esercizio preferibilmente in concomitanza con una piena naturale, affinché a valle si creino condizioni paragonabili a quelle precedenti la costruzione dell'impianto di accumulazione per quanto riguarda il bilancio di sedimenti.

Auel et al. (2016) hanno studiato l'evoluzione a monte e a valle di quattro impianti di accumulazione con gallerie di bypass, basandosi su indicatori ecologici e morfologici. Al momento del rilevamento gli impianti erano in esercizio da un periodo compreso tra 0 e 92 anni. Con l'aumentare della durata dell'esercizio di una galleria di bypass, le condizioni che si creano a valle sono simili a quelle presenti prima della costruzione degli impianti di accumulazione nonché a quelle a monte dei bacini di accumulazione. È consigliabile adeguare costantemente l'esercizio di una galleria di bypass in base alle specifiche esperienze fatte con l'impianto, in modo da prevenire gli effetti negativi e favorire lo spostamento dei sedimenti che agisce positivamente sullo stato ecologico delle acque. Le ottimizzazioni devono essere supportate da altri studi.

Effetti spaziali e temporali

Il carico di sedimenti immesso nelle gallerie di bypass dipende fondamentalmente dalla posizione dell'opera di presa, dalla struttura del lago artificiale nonché della massa sedimentaria e dalla composizione del materiale

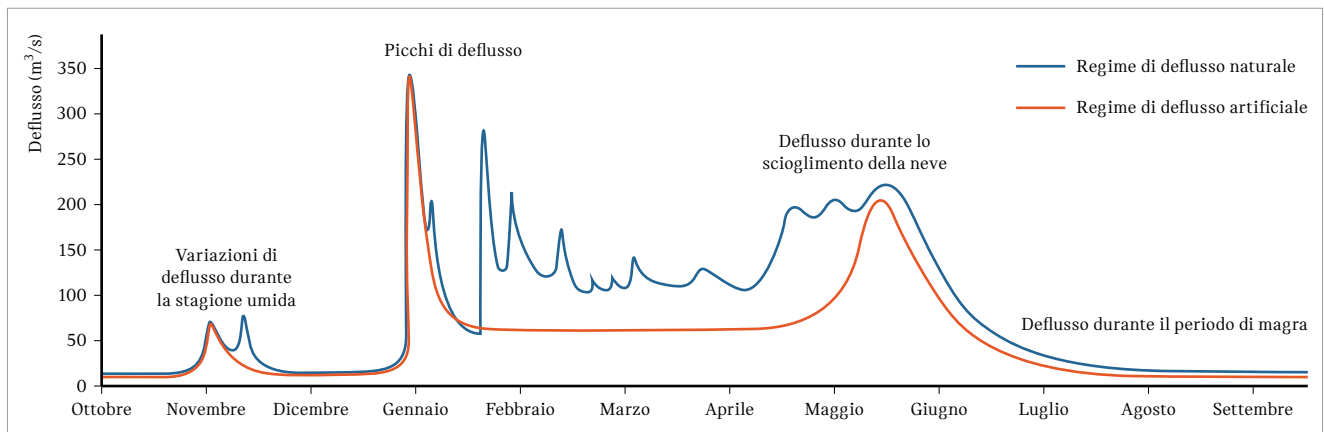
Tab. 1

Gallerie di bypass dei sedimenti in Svizzera; il tipo di galleria è schematizzato nella figura 2. * In funzione del livello dell'acqua del bacino.

| Denominazione | Centrale idroelettrica | Tipo di galleria | Corso d'acqua | Gestore |
|------------------------------------|------------------------|------------------|-----------------|--|
| Egschi | Rabiusa-Realta | II | Rein da Sumvitg | Kraftwerke Zervreila AG |
| Bacino di compensazione Hintersand | Linth-Limmern | I | Sandbach | Kraftwerke Linth-Limmern AG Axpo Hydroenergie |
| Palagnedra | Verbano | I/II* | Melezza | OFIMA SA |
| Pfaffensprung | Amsteg | I | Reuss | SBB AG – Infrastruktur Energie |
| Rempen | Siebnen | I | Wägitaler Aa | Axpo/ewz – AG Kraftwerk Wägital |
| Runcahez | Tavanasa | I | Rein da Sumvitg | Axpo – Hydro Surselva AG |
| Sera | Gondo | I | Grosses Wasser | Alpiq HYDRO Exploitation SA |
| Solis | Rothenbrunnen/Sils | II | Albula | ewz |
| Val d'Ambrà | Nuova Biaschina | I | Rierna | Azienda Elettrica Ticinese |
| Ual da Mulin | Bargaus | I | Ual Draus | Flims Electric AG |

Fig. 3

Esempio di un idrogramma che mostra il tipico andamento di un deflusso naturale e funzionale. I diversi picchi di deflusso sono determinati in base alle funzioni morfofluviali, ecologiche e biogeochimiche necessarie per conservare gli habitat di diverse specie.



Fonte: UC Davis Center for Watershed Sciences (adattamento)

depositato. Uno studio nell'ambito del progetto di ricerca «Dinamica dei sedimenti e degli habitat» ha dimostrato che durante l'esercizio, a valle, possono subentrare sia un interrimento che un'erosione del fondo dell'alveo. L'entità dei cambiamenti morfologici dipende dalla durata dell'esercizio, dal picco di deflusso nonché dal volume di deflusso e dal carico di sedimenti (Facchini 2017). Nei tipici tratti fluviali alpini, i cambiamenti del fondo dell'alveo si estendono a valle per un tratto da cento metri a diversi chilometri. Lo studio ha inoltre evidenziato che i cambiamenti del fondo dell'alveo, subito dopo la prima messa in esercizio, proseguono in direzione della corrente. Tuttavia, con il passare del tempo e un esercizio più frequente i cambiamenti si riducono a favore di una situazione d'equilibrio. A lungo termine le condizioni morfologiche del corso d'acqua tornano ad approssimarsi a quelle originarie antecedenti la costruzione dell'impianto di accumulazione. A seconda della situazione, questo processo può durare anche diversi decenni.

Piense artificiali

Le piense artificiali sono una misura adottata nel mondo intero allo scopo di valorizzare gli habitat dei corsi fluviali a valle dei grandi impianti di accumulazione. Sono definiti grandi impianti di accumulazione quelli in grado di contenere una considerevole quota del deflusso medio an-

nuale. Con questa capacità di invaso, neanche le piense piccole e medie tracimano e nell'acqua a valle viene a mancare la dinamica di deflusso. Mediante il rilascio controllato di acqua dal bacino artificiale è possibile creare a valle una piena artificiale per favorire la variabilità del deflusso e lo spostamento dei sedimenti. Gli obiettivi ecologici delle piense artificiali dipendono da situazioni specifiche. Spesso l'obiettivo è quello di valorizzare gli ambienti e di potenziare le opportunità di riproduzione per le specie ittiche che, come le trote, depongono le uova sui fondali ghiaiosi.

La prassi di rilasciare piense artificiali per finalità ecologiche si consolida sempre più nel mondo come pure in Svizzera. La loro frequenza ed entità varia in base alla situazione locale e all'obiettivo perseguito. Il ricorso alle piense artificiali come misura ecologica richiede una corretta gestione dei corsi d'acqua a valle degli impianti di accumulazione. A tal fine occorre rilevare e valutare periodicamente gli effetti prodotti a valle, in particolare prima e dopo una piena. Le piense artificiali possono così essere ottimizzate in funzione della valorizzazione ecologica dei corsi d'acqua e della sicurezza contro le piense.

Esecuzione

Per migliorare l'idrologia e il regime sedimentario dei corsi fluviali alterati, l'entità, la frequenza e la durata delle piense artificiali devono orientarsi a un regime di

deflusso naturale (fig. 3). Modificando in modo adeguato l'esercizio dell'impianto di accumulazione, la portata di picco e la durata di un evento possono essere regolate in maniera tale da consentire nel corso inferiore condizioni idrologiche ed ecologiche ottimali (Martín Sanz et al. 2015), in altre parole un regime di deflusso funzionale. Al contrario, sono quanto più possibile da prevenire piene o carichi di materiale in sospensione che si discostano troppo dal regime naturale. Nei corsi d'acqua con deflusso residuale e deficit di sedimenti, le piene devono essere combinate con un rilascio di sedimenti immediatamente a valle dell'impianto di accumulazione. In caso contrario le piene artificiali possono abbassare l'alveo, come pure isolare e inaridire le golene.

Aspetti ecologici

La fisionomia dei fiumi è determinata dal deflusso, dal sedimento e dalla temperatura (cfr. scheda 1). Per una gestione ottimale dei fiumi impattati dagli impianti di accumulazione occorre tener conto di tutti e tre gli aspetti in ugual misura.

Spostamenti di sedimenti

Il rilascio controllato dell'acqua e dei sedimenti mediante le gallerie di bypass come pure le piene artificiali migliorano il bilancio dei sedimenti nel corso inferiore. A tal fine è importante che l'attuazione delle misure sia ottimale sul piano ecologico. Lo spostamento di sedimenti e di materiale organico incentiva la formazione di nuovi ambienti e anche la loro varietà. I sedimenti trasferiti presso i banchi di ghiaia sono particolarmente importanti per la creazione di microhabitat per le specie acquatiche, anfibe e terrestri nonché per le popolazioni di specie pioniere (cfr. schede 1, 5). Inoltre le inondazioni e gli spostamenti di sedimenti occasionali agiscono positivamente sull'evoluzione dei boschi golenali a legno duro e tenero perché contribuiscono alla deposizione di nutrienti.

I grandi eventi di deflusso e di movimentazione dei sedimenti agiscono in modo più incisivo rispetto a quelli minori, come è stato dimostrato nell'Albula a valle della galleria di bypass di Solis (cfr. cap. Esempi concreti). I grandi eventi che rilasciano sedimenti erodono in profondità il fondo dell'alveo e lo spostano riducendo così la

densità e il numero di specie dei macroinvertebrati nonché la crescita delle alghe. Una forte erosione può ridurre la respirazione nel sedimento, ossia l'importante funzione di trasformazione delle sostanze (cfr. scheda 1). A seconda della frequenza dei rilasci controllati di acqua e sedimenti, lo stato precedente agli eventi può ripristinarsi abbastanza rapidamente. Nell'ambito dell'esercizio delle gallerie di bypass e della produzione delle piene artificiali occorre pertanto ricordare che i grandi eventi di deflusso incidono notevolmente sulla struttura e la funzionalità dei corsi d'acqua. Ne sono coinvolte anche la produzione primaria e secondaria nonché la decomposizione della biomassa. Per ottenere le modifiche ecologiche auspiccate occorre pertanto dimensionare correttamente tali eventi e ripeterli con una certa frequenza al fine di conservarle i cambiamenti indotti (Martín Sanz et al. 2017).

Connettività longitudinale

Le gallerie di bypass non soltanto favoriscono la continuità del flusso di sedimenti, ma assicurano anche il trasporto di semi e di parti vegetali (cfr. scheda 3) garantendo così la diffusione a valle delle specie come pure la connettività longitudinale degli habitat terrestri e acquatici (Auel et al. 2016). Considerato che le gallerie di bypass sono in esercizio soltanto durante gli eventi di piena, la connettività è limitata solo a questo periodo; nel resto del tempo i semi si depositano nel bacino artificiale e perdono la loro capacità di germinazione perché rimangono immersi troppo a lungo nell'acqua (cfr. scheda 4).

I semi di determinate specie di piante (per es. *Myricaria germanica*, *Salix* ssp) sono trasportati dall'acqua per galleggiamento soltanto nei mesi estivi e per favorire la diffusione di queste specie è consigliabile pianificare le piene artificiali in questi periodi. Inoltre, il periodo in cui sono pianificate le piene e l'intensità del rilascio di acqua possono essere determinanti per la sopravvivenza delle piante allo stadio giovanile, le quali possono essere trascinate via con maggior facilità (cfr. scheda 5).

Sia l'esercizio delle gallerie di bypass che le piene artificiali assicurano il trasporto di nutrienti ne favoriscono la disponibilità per le piante (cfr. scheda 3).

Fig. 4

Lo Spöl con deflusso residuale (a sinistra, deflusso ca. $1,5\text{ m}^3/\text{s}$) e durante una piena (a destra, deflusso $43\text{ m}^3/\text{s}$).



Foto: Urs Uehlinger, Eawag

Esempi concreti

Galleria di bypass di Solis

La galleria di bypass per l'impianto di accumulazione di Solis nel fiume Albula (GR) nella parte centrale del Canton Grigioni è stata terminata nel 2012. Caratterizzata da un profilo ad arco ha una larghezza di 4,4 m, una lunghezza di 973 m e un pendenza media dell'1,9 per cento. La sua portata massima è di $170\text{ m}^3/\text{s}$, che equivale all'incirca ai picchi di piena che si verificano una volta ogni cinque anni. La galleria di bypass del tipo II sfocia nell'Albula 300 m a valle dello sbarramento (fig. 1) e dalla messa in esercizio ha funzionato finora otto volte durante le piene (stato autunno 2016).

Il più grande evento ha avuto luogo il 13 agosto 2014. In quell'occasione la galleria ha funzionato per circa 14 ore con una portata media di $153\text{ m}^3/\text{s}$ e ha convogliato all'incirca $20\,000\text{ m}^3$ di sedimento (Müller-Hagmann 2017). Subito a valle dello scarico, questi rilasci hanno eroso il fondo fluviale e depositato un sedimento più fine, mentre più a valle, prima della foce del Reno posteriore, hanno provocato interramenti e un deposito di materiale più grossolano (Facchini et al. 2015).

Piè artificiali nello Spöl

Lo Spöl (fig. 4) nasce dalla Val Ursera, scorre attraverso i due laghi artificiali di Livigno e Ova Spin e sfocia a Zernez nell'Inn. Nel 1973, fu terminata la costruzione della

diga Punt dal Gall nella Valle di Livigno. Da allora, a valle dell'impianto non esiste più una dinamica naturale di deflusso che segue la variabilità stagionale, ma soltanto un deflusso residuale ($1,5\text{ m}^3/\text{s}$ di notte e $2,5\text{ m}^3/\text{s}$ di giorno).

Nel 1999 è stato avviato un programma per aumentare la variabilità dei deflussi tramite le piene artificiali. Da allora, ogni anno, le piene vengono adeguate in base ai dati di monitoraggio dell'anno precedente. L'obiettivo è quello di acquisire esperienza e conoscenze sulle piene artificiali e sui loro effetti ecologici. Le piene artificiali sono inoltre impiegate per provocare lo spostamento di sedimenti ed erodere i coni laterali delle colate detritiche favorendo così la dinamica degli habitat. A condizione che sia presente una sufficiente quantità di acqua nel bacino di Livigno, il programma prevede da due a tre portate di picco all'anno, che corrispondono all'incirca agli eventi di piena che si verificavano prima della costruzione della diga. A valle dell'impianto di accumulazione, l'apporto di sedimenti dagli affluenti previene il deficit di sedimenti e pertanto non è necessaria un'ulteriore introduzione di sedimenti.

Anche altri studi scientifici indicano che le piene artificiali modificano le condizioni degli habitat e di conseguenza la struttura delle biocenosi (Mürle et al. 2005). Nei fiumi con una variabilità di deflusso elevata, la composizione delle comunità di macroinvertebrati risulta per esempio più na-

turale rispetto ai fiumi con una variabilità minore. Inoltre, dall'avvio del programma, si assiste al reinsediamento di specie adattate a un regime di deflusso variabile e alla riduzione di quelle non resistenti alle correnti. Inoltre le piene, asportando materiale organico, lasciano il campo libero all'insediamento di nuove comunità dei microrganismi decompositori che modificano la trasformazione delle sostanze (respirazione) nel fondo dell'alveo.

Il programma attuato nello Spöl ha inoltre dimostrato che le piene artificiali aumentano la capacità degli ambienti situati a valle di resistere agli eventi catastrofici, come è accaduto con l'incidente che causò un enorme trasporto di materiale in sospensione nel torrente Spöl all'inizio del 2013.

Conclusione

Il rilascio controllato e ottimizzato dal punto di vista ecologico di acqua e sedimenti ottenuto con il funzionamento delle gallerie di bypass come pure di piene artificiali possono migliorare il bilancio di sedimenti a valle. Un rilascio ottimizzato contribuisce allo spostamento dei sedimenti e del materiale organico e favorisce la nascita di nuovi habitat. Le caratteristiche idrologiche di entrambi gli approcci, vale a dire il periodo (stagione), i picchi, la durata, la frequenza ecc. devono orientarsi alle condizioni del regime di deflusso originario.

Ogni situazione richiede un concetto di gestione fluviale a sé stante, il quale dovrebbe essere accompagnato da un monitoraggio che consenta un confronto tra i diversi fiumi come pure un processo di apprendimento. Considerare l'aspetto del regime sedimentario è una prassi relativamente recente, introdotta nell'ambito della gestione ecologica dei fiumi. I responsabili della pianificazione e attuazione dei rilasci di acqua e di sedimenti devono pertanto adottare un sistema di gestione adattativa che consente di ottimizzare costantemente i processi gestionali grazie al monitoraggio continuo e all'analisi dei risultati ottenuti.

Bibliografia

L'elenco bibliografico dettagliato relativo a questa scheda si trova nella pagina web del programma www.rivermanagement.ch > prodotti e pubblicazioni

Nota editoriale

Editore: Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

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

Istituti di ricerca coinvolti: Eawag; Istituto per la ricerca sulle acque dei Politecnici federali; Laboratoires de Constructions Hydrauliques (LCH), EPFL Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zurigo; Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL)

Direzione del progetto: Anna Belser, coordinamento progetto, UFAM; Christoph Scheidegger, WSL; Christine Weber, Eawag; David Vetsch, VAW-ETH Zurigo; Mário J. Franca, LCH-EPFL

Assistenza specialistica: UFAM: Hugo Aschwanden, Rémy Estoppey, Andreas Knutti, Stephan Lussi, Manuel Nitsche, Olivier Overney, Carlo Scapozza, Diego Tonolla, Hans Peter Willi
Cantoni: Josef Hartmann (GR), Norbert Kräuchi (AG), Christian Marti (ZH), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Ritler (LU), Thomas Stucki (AG); Istituti di ricerca: Bernhard Wehrli (Eawag), Anton Schleiss (LCH-EPFL), Robert Boes (VAW-ETHZ), Christoph Hegg (WSL); Altri: Raimund Hipp (CDPNP), Roger Pfammatter (ASEA), Luca Vetterli (Pro Natura)

Redazione: Manuela Di Giulio, Natur Umwelt Wissen GmbH

Indicazione bibliografica: Facchini, M., Martín Sanz, E., Fink, S., Vetsch, D., Robinson, Ch., Döring, M., Siviglia, A., Scheidegger, Ch., Boes, R., 2017: Gallerie bypass dei sedimenti e piene artificiali. In: Dinamica dei sedimenti e degli habitat. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna. Scheda 6.

Traduzione: Servizio linguistico italiano, UFAM

Progetto grafico e illustrazioni: M. Schneeberger, anamorph.ch

Per scaricare il PDF:

www.bafu.admin.ch/uw-1708-i

© UFAM 2017