

4 Opere di ritenuta selettiva dei sedimenti

Le opere di ritenuta nei torrenti trattengono i sedimenti al fine di ridurre i danni delle piene alle zone abitate e alle infrastrutture. Quelle classiche li trattengono già durante le piene modeste, anche se il loro trasporto in questo caso non provocherebbe danni. In tal modo si crea un deficit di sedimenti nei tratti a valle dei corsi d'acqua. La scheda 4 spiega come migliorare la continuità del trasporto di sedimenti mediante la realizzazione di opere di ritenuta selettiva dei sedimenti.

S. Schwindt, M. J. Franca, S. Fink, Ch. Scheidegger, A. Schleiss

I torrenti hanno un'elevata capacità di trasporto solido perché sono caratterizzati da forti pendenze e si contraddistinguono per i loro bacini imbriferi ricchi di sedimenti. Durante le piene, i torrenti possono trasportare grandi quantità di materiale solido modificando così la morfologia del tratto a valle del corso d'acqua. La morfologia dell'alveo e il trasporto solido influenzano lo sviluppo degli ambienti acquatici con la loro flora e fauna (cfr. scheda 1). Nella maggior parte dei casi, le opere di ritenuta realizzate per proteggere i centri abitati e le infrastrutture trattengono quasi tutto il materiale solido interrompendo così la continuità del suo trasporto. Al

contempo interrompono la connettività longitudinale degli ambienti lungo i corsi d'acqua (cfr. scheda 5). Le opere di ritenuta sono costituite da una camera di ritenuta e da una briglia aperta per lo scolo (fig. 2).

Nel bacino imbrifero di un torrente (cfr. scheda Dinamica dei sedimenti e degli habitat nei corsi d'acqua: fig. 1, tab. 1; sezione in dettaglio: cfr. fig. 1) le diverse opere di protezione influenzano il passaggio dei sedimenti. Nella parte superiore del bacino imbrifero, come pure nei tratti scoscesi spesso presenti, vengono costruite briglie di consolidamento per ridurre l'erosione dell'alveo e per stabilizzare le sponde. Nella parte inferiore del bacino imbrifero, sulla conoide di deiezione formata dai detriti depositati dal torrente si trovano spesso centri abitati e infrastrutture.

Su una conoide con una pendenza minore, il corso d'acqua è nella maggior parte dei casi completamente canalizzato, con un alveo rinforzato per aumentare la capacità di trasporto solido. Durante gli eventi di piena estremi, non è però da escludere la formazione di pericolosi depositi di detriti, in particolare lungo i restringimenti del corso d'acqua o in prossimità di ponti, che possono provocare

Fig. 1

Rappresentazione di un'opera di ritenuta dei sedimenti per proteggere una galleria (a sinistra). Opera di ritenuta dei sedimenti presso un'affluente della Reuss a Gurtellen (UR, a destra).



considerevoli danni ai centri abitati. Questo è stato ad esempio dimostrato dagli eventi di piena del 2000 verificatisi nei Comuni di Briga (VS) e di Naters (VS; UFAEG 2002). Per prevenire i danni si ricorre pertanto alla realizzazione di opere di ritenuta a monte degli agglomerati urbani e delle infrastrutture.

Opere di protezione nei torrenti

I processi che caratterizzano il trasporto del materiale solido di fondo e in sospensione e del materiale legnoso galleggiante sono diversi tra loro, motivo per cui anche le opere di protezione impiegate sono differenti. Le opere di ritenuta classiche sono concepite per trattenere il materiale solido fluviale in presenza di piene con una percentuale di materiale solido esigua rispetto alla portata totale (acqua e materiale solido). Eventi di piena caratterizzati da una percentuale di materiale solido trasportato superiore al venti per cento rispetto alla portata totale sono definiti colate detritiche. Una protezione dalle colate detritiche è offerta dalle briglie frangicolata. Tuttavia, anche le opere di ritenuta possono essere progettate per trattenere il materiale solido trasportato con le colate detritiche. In questi casi, la briglia che chiude la camera di ritenuta deve avere caratteristiche specifiche, in particolare per quanto riguarda la grandezza delle aperture.

Le opere di ritenuta classiche hanno una camera di ritenuta a monte della briglia, come si può vedere nell'esempio della figura 2 (Riddes, VS). La briglia è caratterizzata da una o più aperture. In caso di piena si ottura automaticamente per motivi meccanici o idraulici, con conseguente accumulo di detriti nella camera di ritenuta. L'ostruzione idraulica interviene quando il deflusso del torrente supera la capacità di deflusso delle aperture della briglia, quella meccanica quando l'ingombro del materiale di fondo e/o detriti legnosi galleggianti intasano le aperture (Piton e Recking 2016a). Per garantire la stabilità di un'opera di ritenuta sono necessari altri elementi edili (per es. protezione contro l'affossamento ai piedi della briglia), nonché una rampa di accesso per la manutenzione. Per la descrizione dei processi torrentizi fondamentali nonché della struttura edile delle opere di ritenuta e delle briglie torrentizie si rimanda alla letteratura specialistica (per es. Bergmeister et al. 2009).

Nelle opere di ritenuta classiche spesso l'apertura della briglia non è dimensionata in modo corretto. Le aperture troppo strette o basse provocano una trattenuta di materiale già in caso di eventi di piena modesti favorendo un precoce deposito di sedimenti nella camera di ritenuta. Le aperture troppo strette bloccano inoltre il passaggio a numerose specie di pesci. Una volta che l'accumulo di sedimenti diventa permanente, aumenta la velocità di deflusso attraverso le aperture della briglia. In tal modo, i pesci cattivi nuotatori non riescono più a risalire lo sbarramento, in particolare quando il fondo dell'alveo è liscio. Se le aperture sono troppo grandi, vi è il rischio che durante un evento di piena la camera di ritenuta si svuoti spontaneamente dei sedimenti (processo di autopulizia).

Se le aperture non sono state correttamente dimensionate e strutturate, in una situazione di piena di dimensionamento¹, si aggiunge anche il rischio che, per i motivi sopra menzionati, la capacità della camera di ritenuta sia ridotta, in quanto già occupata dai sedimenti che si sono depositati durante le precedenti portate di piccola entità. Pertanto, per lo svuotamento periodico della camera di ritenuta occorre spesso adottare misure di manutenzione dispendiose. Inoltre, venendo a mancare nel corso inferiore i sedimenti trattenuti a monte, occorre adottare anche misure di consolidamento del fondo dell'alveo e delle sponde. Un deficit di sedimenti rilasciati dai torrenti compromette l'intero sistema fluviale e gli habitat annessi (cfr. scheda 1). La figura 3 mostra una camera di ritenuta nella Tinière presso Villeneuve (VD) con una griglia, in cui la ridotta distanza tra le barre determina la trattenuta permanente di sedimenti.

Opere di ritenuta selettiva dei sedimenti

Se le opere di ritenuta interrompono il trasporto di sedimenti già durante le piene modeste che formano banchi di ghiaia ($< HQ_{10}$), lo stato ecologico fluviale a valle di tali opere può essere compromesso. Per conservare il passaggio dei sedimenti e la connettività ecologica (cfr. scheda 5), da un punto di vista idromorfologico le opere di ritenuta non dovrebbero trattenere sedimenti fino a

¹ La definizione del termine «piena di dimensionamento», e di altri termini, si trova nel glossario. Online: www.rivermanagement.ch > prodotti e pubblicazioni

Fig. 2

Esempio di un'opera di ritenuta dei sedimenti presso il torrente La Fare a Riddes (VS) con camera di ritenuta e opera di sbarramento con apertura per lo scolo.



Foto: Sebastian Schwindt

quando il deflusso totale di un torrente può scorrere a valle senza rischi.

Gli eventi di piena modesti sono importanti per la sopravvivenza delle specie di fauna e flora pioniera che vivono sui banchi di ghiaia. Per esempio la tamerice alpina (*Myricaria germanica*) per potersi imporre rispetto ad altre specie concorrenti più forti, e colonizzare a lungo termine i banchi ghiaiosi, ha bisogno di piene con portate com-

Fig. 3

Esempio di una camera di ritenuta chiusa da una griglia a barre che determina una trattenuta eccessiva di materiale solido (La Tinière presso Villeneuve, VD).



Foto: Sebastian Schwindt

prese tra HQ₇ a HQ₁₀. Molte specie vegetali si sono adattate agli eventi di piena modesti, per esempio sviluppando radici per fissarsi saldamente al sottosuolo (per es. *M. germanica*). Altre invece, come le specie di salice, sono provviste di tronchi e rami pieghevoli che le proteggono dai danni che può provocare lo spostamento di sedimenti.

Inoltre, dal punto di vista ecologico, è auspicabile che durante gli eventi di piena modesti non vengano trattenuti materiali solidi nella camera di ritenuta, per evitare l'immobilizzazione dei sedimenti fini e dei preziosi nutrienti ivi presenti (cfr. scheda 3). Un'opera di ritenuta dovrebbe pertanto svolgere la sua funzione di trattenuta soltanto durante gli eventi di piena maggiori che mettono in pericolo le aree abitate e le infrastrutture a valle. A tal fine, l'apertura della briglia per lo scolo della camera di ritenuta deve essere progettata in maniera tale che si intasi di materiale solido soltanto quando la portata di piena non è più in grado di trasportare i sedimenti verso il tratto inferiore del corso principale. Nel presente testo, la portata alla quale il materiale solido deve iniziare a depositarsi nella camera di ritenuta è definita portata solida massima.

Progettazione e ubicazione

Le camere di ritenuta con una superficie a forma di pera sono le più indicate per trattenere i sedimenti. Il rapporto

Fig. 4

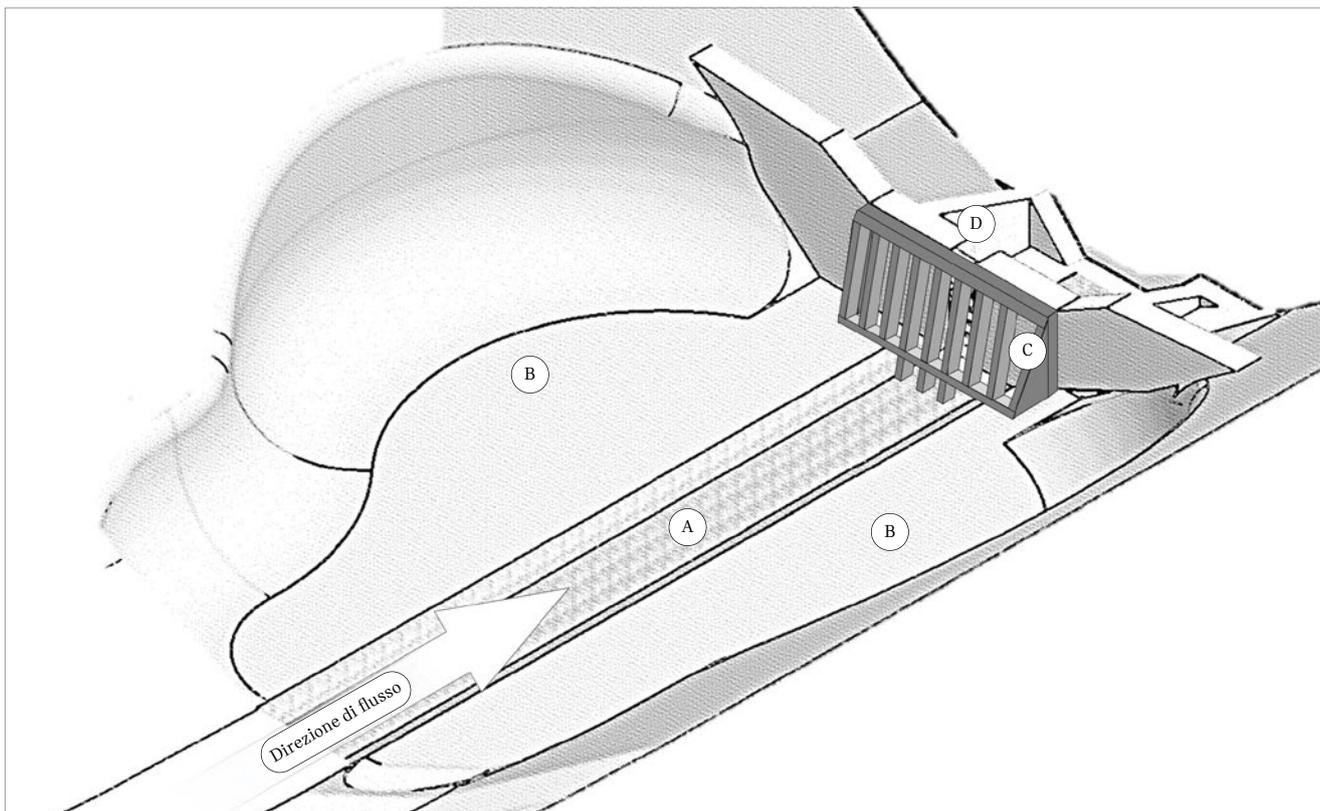
Esempio di apporto puntuale di materiale solido di fondo tramite colata detritica con ghiaia, molto più fine rispetto ai blocchi del letto del torrente (Ruisseau des Vaunaises, presso Caux, VD).



Foto: Sebastian Schwindt

Fig. 5

Rappresentazione schematica di un'opera di ritenuta dei sedimenti con canaletta (A), camera di ritenuta (B) nonché opera di sbarramento con doppia apertura per un controllo meccanico (C) e idraulico (D) della trattenuta di materiale solido. Fonte: Illustrazione secondo Zollinger 1983



Fonte: Illustrazione secondo Zollinger 1983

tra la lunghezza e la larghezza massima deve essere di 1,5 : 1 (Zollinger 1983).

Le briglie di consolidamento modificano la pendenza dell'alveo e riducono in tal modo il trasporto solido, che tra l'altro può anche essere influenzato dalla presenza in alveo di singoli grandi blocchi di frana (i cosiddetti blocchi residuali). Ciò rende molto incerta la stima del trasporto di sedimenti, che tuttavia resta fondamentale per progettare la struttura di un'opera di ritenuta. La capacità di trasporto solido durante le piene è spesso sottovalutata quando si assume come riferimento la composizione granulometrica del materiale di fondo visibile. In caso di piena, in effetti, grandi accumuli di materiale nel bacino imbrifero possono essere di nuovo mobilizzati e/o essere trascinati con le colate detritiche ai lati del corso d'acqua. Sono trasportati su un fondo selciato naturale come

materiale di fondo mobilizzabile («travelling bed load») (fig. 4).

È pertanto consigliabile calcolare il trasporto solido delle piene assumendo come riferimento granulometrico la granulometria del materiale di fondo mobilizzabile più fine. In tal modo si ottengono tassi di trasporto più elevati. La granulometria del materiale di fondo mobilizzabile può essere determinata analizzando i banchi di deposito presso le sponde o i depositi presso le briglie esistenti (Piton 2016).

La sistemazione a gradinata con più briglie chiuse (briglie di consolidamento) ritarda e riduce i picchi di trasporto solido, come hanno mostrato Piton e Recking (2016b).

La progettazione delle aperture delle briglie delle camere di ritenuta è stata analizzata in diversi studi, per esempio

valutando l'altezza di deposito davanti alle briglie a fessura con aperture verticali strette (per es. Armanini e Larcher 2001, 2006). Aspetti rilevanti per la pratica sono:

- l'importanza e le possibilità offerte dal controllo della modalità dei deflussi nella camera di ritenuta al di sopra dell'opera di sbarramento,
- la capacità di deflusso dell'apertura della briglia,
- la riduzione della capacità di trasporto solido con il riempimento dell'apertura, nonché
- la prevenzione dello svuotamento spontaneo delle camere di ritenuta dai sedimenti per azione della corrente (autopulizia).

Al primo posto abbiamo la trattenuta sicura dei sedimenti a partire dal raggiungimento della portata solida massima, basata su una combinazione tra ostruzione idraulica e meccanica delle aperture. La deposizione di sedimenti in una camera di ritenuta gestita con un'ostruzione esclusivamente idraulica o esclusivamente meccanica nasconde dei rischi, in quanto il momento in cui essa interviene presenta grandi incertezze. La combinazione dei due principi di ostruzione risulta meglio controllabile ed è stata applicata con successo nella Drance presso Martigny (Schwindt et al. 2016).

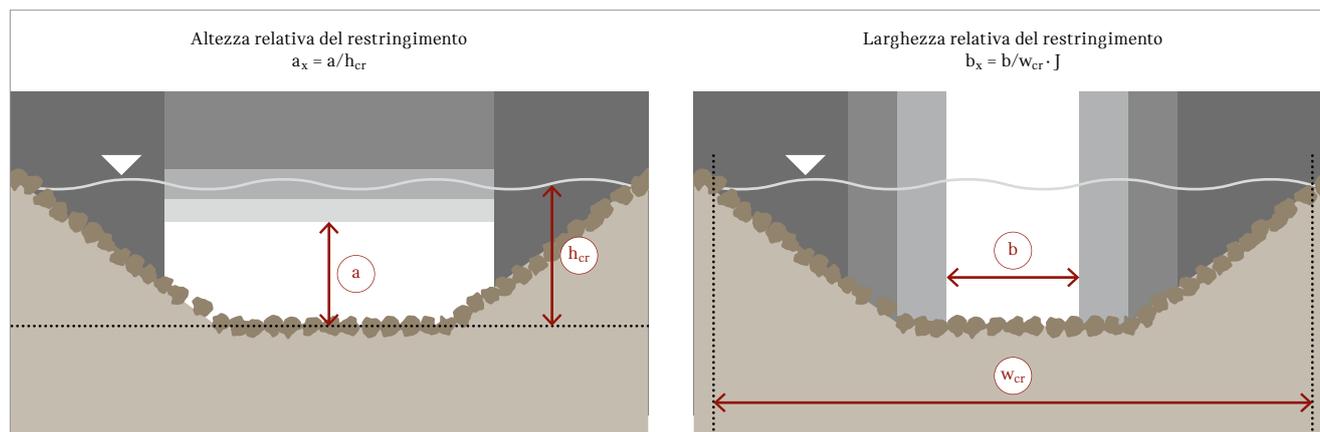
Per un'ostruzione meccanica dell'apertura, che interviene in primo luogo attraverso il materiale di fondo gros-

solano e il materiale legnoso galleggiante, il criterio principale è dato dalla larghezza e dall'altezza relative dell'apertura. In questo caso, l'altezza e la larghezza non devono superare 1,5 volte il diametro dell'oggetto di dimensionamento (Piton e Recking 2016a). La grandezza dell'oggetto di dimensionamento è definita tramite il diametro caratteristico d_{90} del sedimento mobilizzabile o tramite il diametro del legno galleggiante. Tuttavia, considerato che questi diametri dipendono dal tipo di eventi, la loro determinazione è problematica. Per fare un esempio, il diametro d_{90} del materiale solido dipende dall'erosione dei depositi e anche la presenza di legno galleggiante può variare molto. In linea di massima, le quantità di legno galleggiante sono scarse durante gli eventi di piena modesti ($< HQ_{10}$) e un'ostruzione meccanica è piuttosto improbabile fino al raggiungimento della portata solida massima. È tuttavia raccomandabile adottare misure supplementari per bloccare il legno galleggiante a monte della camera di ritenuta.

Numerosi studi dimostrano che l'ostruzione meccanica interviene in modo sicuro quando l'altezza dell'apertura è minore o uguale al diametro d_{90} del materiale di fondo o la sua larghezza è minore o uguale a $1,5 \cdot d_{90}$. Gli effetti dell'ostruzione idraulica sul trasporto solido sono stati studiati sperimentalmente e saranno illustrati nel presente capitolo.

Fig. 6

Aperture analizzate sperimentalmente con restringimenti verticali (a sinistra) e laterali (a destra). Sono rappresentate le seguenti grandezze: altezza dell'apertura a , profondità di deflusso h_{cr} , larghezza dell'apertura b , larghezza media del deflusso critico w_{cr} . Per il calcolo della larghezza relativa del restringimento b_x , è importante la pendenza longitudinale della canaletta J .



Concetto più ampio per la struttura delle opere di ritenuta

Le aperture delle briglie dovrebbero essere strutturate in maniera tale da non ostruirsi né idraulicamente né meccanicamente fino al raggiungimento della portata solida massima. A tal fine è necessario il controllo della modalità dei deflussi nell'opera di ritenuta, che può essere ottenuto con l'inserimento di un canale scabro nella camera di ritenuta. Nel canale, la portata al colmo deve corrispondere alla portata solida massima. La figura 5 mostra un'opera di ritenuta concepita in maniera classica integrata da un canale di questo genere.

Da un'analisi condotta su circa 60 torrenti delle Alpi svizzere è risultato che la sezione trasversale naturale di un torrente può essere approssimata a un canale di forma trapezoidale con un'inclinazione spondale compresa tra 20° e 35°. La scabrezza del canale viene stabilita utilizzando il diametro granulometrico determinante dello strato di copertura (in genere quello di d_{90} del fondo dell'alveo del corso superiore). Per garantire la stabilità del canale, sul fondo devono essere disposti dei blocchi grossolani. La loro granulometria deve corrispondere all'incirca a quella del materiale di fondo che può ancora essere mobilizzato da una portata di picco della piena di dimensionamento. In prossimità della briglia, i blocchi nel canale devono essere rivestiti con magrone di calcestrutto in maniera che la camera di ritenuta possa essere svuotata dopo gli eventi di piena maggiori senza danneggiare il canale. A partire dalla portata solida massima, la camera di ritenuta a monte dell'apertura viene progressivamente riempita e, di conseguenza, si riduce la capacità di trasporto nel canale.

Ostruzione idraulica

Nelle modellizzazioni è stata studiata sistematicamente l'influenza delle dimensioni delle aperture sul deflusso e sul trasporto solido (Schwindt et al. 2017). Sono state testate aperture in forma di restringimenti verticali e laterali del canale. Un restringimento verticale del canale (fig. 6a) determina un deposito e un deflusso in pressione nell'apertura. I restringimenti laterali (fig. 6b) limitano il deflusso dalle sponde e provocano nell'apertura un deflusso a pelo libero critico. A causa del deposito, a monte dell'opera di sbarramento il deflusso da torrentizio diventa lento. In tal modo l'apertura della briglia funge da

sezione di controllo (deflusso a pelo libero con profondità di deflusso critica).

Per un'utilizzabilità generale dei risultati delle sperimentazioni, l'altezza e la larghezza dell'apertura sono normalizzate mediante l'altezza e la larghezza di deflusso del deflusso critico (senza opera di sbarramento) (fig. 7). Inoltre l'altezza relativa del restringimento (a_x) è definita mediante il quoziente tra l'altezza dell'apertura (a) e la profondità di deflusso (h_{cr}) del deflusso critico nel canale. La larghezza relativa del restringimento (b_x), condizionata dalla pendenza dell'alveo, corrisponde al quoziente tra la larghezza dell'apertura (b) e la larghezza media del deflusso critico (w_{cr}), moltiplicato per la pendenza longitudinale del canale (J). Le modellazioni mostrano che le pendenze longitudinali sono da considerare soltanto per i restringimenti laterali (Schwindt 2017).

La capacità di deflusso Q_c dell'apertura in m^3/s per una sezione rettangolare dell'alveo con restringimento laterale può essere calcolata con l'equazione sottostante (1) (Bergmeister et al. 2009), dove μ è un coefficiente di deflusso, g la costante di gravità ($9,81 m/s^2$) e H_0 l'altezza dinamica immediatamente a monte dell'apertura. In caso di scarso intasamento, per il coefficiente di deflusso μ può essere assunto un valore compreso tra 0,65 e 0,75. Per le aperture a forma di trapezio deve essere utilizzata la larghezza media del trapezio (Schwindt 2017, Schwindt et al. 2017).

$$Q_c = \mu b \frac{2}{3} \sqrt{2g} [H_0^{3/2} - (H_0 - a)^{3/2}] \quad (1)$$

Un importante parametro è la capacità di trasporto solido, che corrisponde al massimo trasporto solido che non provoca accumuli di sedimenti nel canale.

La capacità di trasporto solido Q_b è ridotta dai restringimenti verticali e laterali. La diminuzione è stata stabilita confrontando le misurazioni della capacità di trasporto solido nel canale in presenza e in assenza di restringimenti. La capacità di trasporto solido del canale senza restringimenti corrisponde all'incirca alla quantità calcolata con la formula VAW (Smart e Jaeggi 1983). Per deflussi superiori, a causa della posa in opera del canale, la capacità di trasporto solido può essere maggiore rispetto a quella calcolata con la formula VAW.

La diminuzione della capacità di trasporto solido dovuta al restringimento può essere determinata dalla normalizzazione con la capacità di trasporto solido del deflusso normale nel canale. La capacità relativa del trasporto solido risultante ϑ (2) corrisponde alla diminuzione percentuale della capacità di trasporto solido del canale,

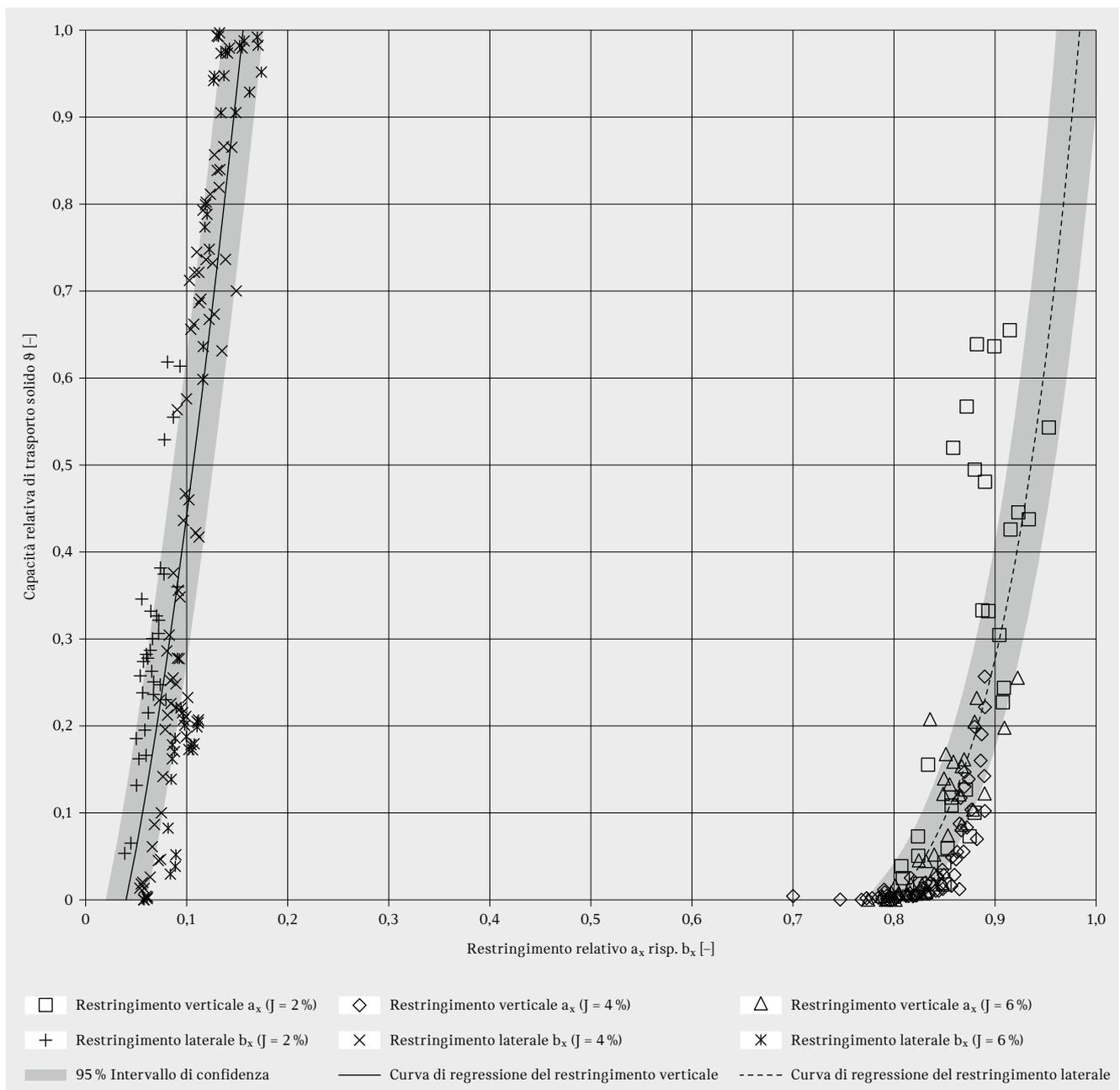
che dipende dai restringimenti verticali o laterali:

$$\vartheta = \frac{Q_{b, \text{restringimento}}}{Q_{b, \text{canaletta}}} \quad (2)$$

Con $\vartheta = 1$ la capacità di trasporto solido non viene ridotta dal restringimento. Più stretto diventa il restringimento

Fig. 7

Capacità relativa di trasporto solido $\vartheta = Q_{b, \text{restringimento}} / Q_{b, \text{canaletta}}$ in funzione dell'altezza e della larghezza relativa del restringimento a_x , con curve di regressione qualitative e un intervallo di confidenza del 68 %.



più si riduce la capacità di trasporto solido e ϑ si avvicina allo zero. La figura 5 mostra questo rapporto per il canale con diverse pendenze longitudinali (2%, 3,5% e 5,5%) in relazione all'altezza relativa del restringimento a_x e la larghezza relativa del restringimento b_x determinata dalla pendenza (per le definizioni geometriche cfr. fig. 6).

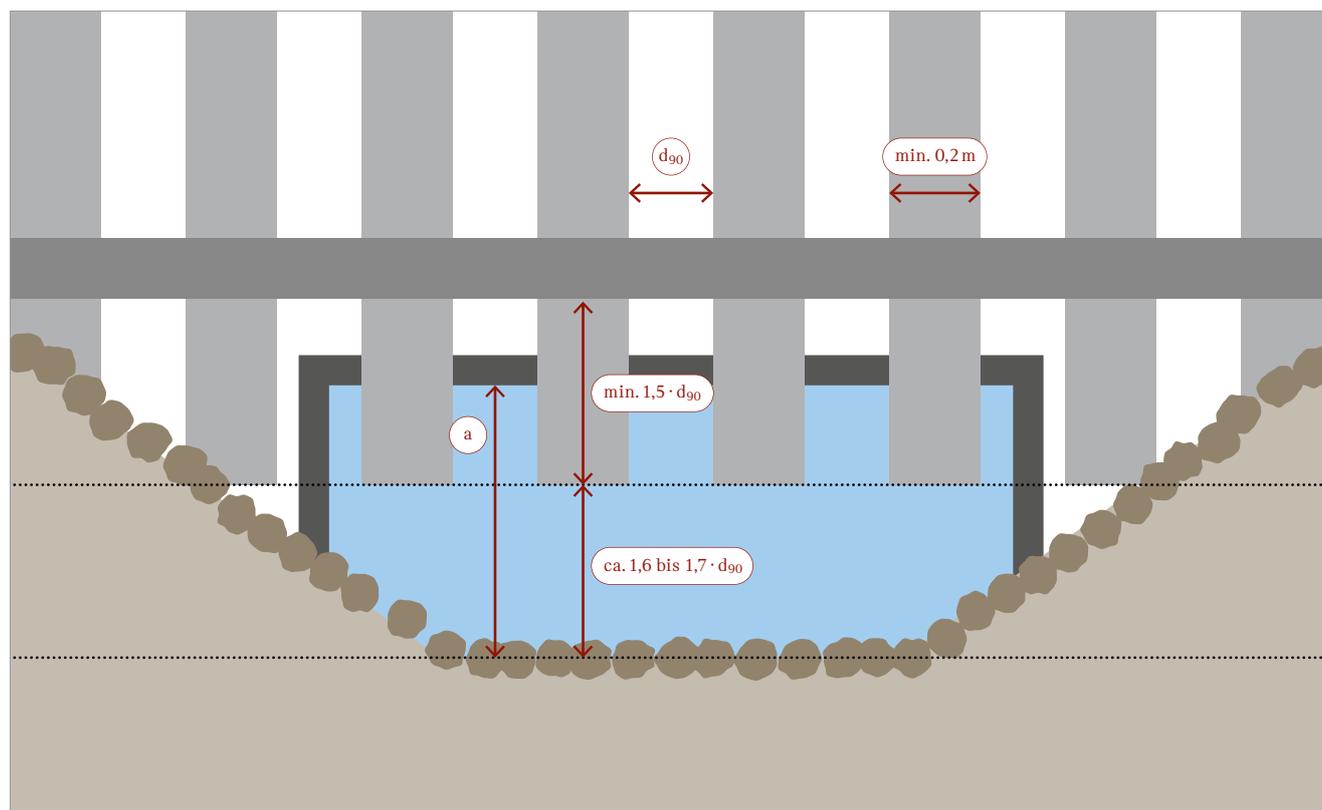
La figura 7 mostra che un restringimento verticale influisce sul trasporto solido a partire da un'altezza relativa del restringimento di circa $a_x = 0,98$. La capacità di trasporto solido reagisce significativamente agli ulteriori restringimenti verticali e per valori di circa $a_x = 0,75$ si approssima allo zero. Per poter adeguare l'altezza critica dell'apertura anche dopo la realizzazione dell'opera, è consigliabile nella pratica realizzare un'apertura modulabile, per esempio con un sistema mobile di travi (ciò non corrisponde all'installazione di uno sbarramento regolabile). Gli elementi mobili, a differenza degli sbarramenti mobili, possono essere adattati soltanto in caso di portate ridotte e non sono regolabili durante le piene.

A partire da una larghezza relativa del restringimento di circa $b_x = 0,18$ la capacità di trasporto solido è ridotta dai restringimenti laterali. Con una larghezza relativa del restringimento di circa $b_x = 0,03$ si esaurisce la capacità di trasporto solido. Questo valore corrisponde circa al 30 per cento della larghezza della portata solida massima nel canale. Fondamentalmente l'apertura del passaggio non dovrebbe comportare un restringimento laterale del canale principale, visto che la capacità di trasporto solido, secondo la figura 7, reagisce molto sensibilmente già con dei piccolissimi restringimenti.

Un importante criterio per la progettazione dell'apertura è la massima profondità di deposito possibile, determinata dall'altezza dell'opera di sbarramento. In linea di massima, con gli sbarramenti più alti aumentano sia il volume di raccolta sia l'affidabilità della trattenuta di sedimenti prodotta dall'ostruzione idraulica.

Fig. 8

Profilo trasversale con misure della griglia per l'ostruzione meccanica. Sullo sfondo è raffigurata l'apertura per l'ostruzione idraulica.



Il calcolo dell'altezza di deposito per un'opera di sbarramento con aperture multiple è complesso ed è stato poco studiato. Pertanto è sconsigliato predisporre più aperture.

Funzionamento di un'opera di ritenuta ampliata

Nella figura 5 è raffigurata un'opera di ritenuta che mostra l'attuazione pratica di un sistema di trattenuta combinato. Si tratta di un sistema costituito da una briglia con apertura presidiata da una griglia a barre per la trattenuta selettiva meccanica, seguita da un'altra briglia con un'apertura libera per la trattenuta selettiva idraulica. La distanza tra le barre verticali deve corrispondere a un diametro granulometrico di d_{90} . Le barre devono scendere nel canale soltanto fino ad un livello in cui l'azione idraulica esercitata sul trasporto solido è assente o è lieve fino al raggiungimento della portata solida massima (fig. 8). La griglia ha un'inclinazione di 2:1, in maniera tale che in caso di innalzamento del livello dell'acqua, il legno galleggiante possa essere trasportato oltre l'opera di sbarramento. L'altezza libera sotto la griglia deve essere pari verticalmente a circa $1,6 - 1,7 \cdot d_{90}$ in maniera tale che la parte inferiore della griglia sia già immersa prima del raggiungimento della portata solida massima e i sedimenti a granulometria grossolana possano incagliarsi.

L'altezza e la larghezza dell'apertura idraulica devono essere configurate secondo la figura 5 in maniera tale che il trasporto solido, al raggiungimento della portata solida massima, sia limitato a circa $\vartheta \leq 0,5$. L'accumulo così generato, al superamento della portata solida massima, determina un deposito di sedimenti direttamente dietro la griglia. Con l'aumento della portata, il materiale grossolano «salta» nelle barre che sporgono nel canale, dove resta intrappolato provocando l'ostruzione meccanica della griglia a barre. Tale chiusura ostacola l'autopulizia della camera di ritenuta, in quanto non si apre neanche in presenza di portate oscillanti o in fase di calo. Per un funzionamento corretto è determinante che i singoli elementi della griglia scendano liberamente con sufficiente lunghezza (verticalmente min. $1,5 \cdot d_{90}$) verso il canale.

Le simulazioni idrauliche hanno dimostrato che se una briglia aperta non è preceduta da una griglia a barre vi è il rischio di un autosvuotamento.

Costruzione, manutenzione e gestione delle opere di ritenuta

Un'opera di ritenuta nel corso superiore di un torrente dev'essere ubicata idealmente dopo una diminuzione della pendenza longitudinale, in prossimità dell'oggetto da proteggere. La camera di ritenuta deve essere quanto più ampia possibile, in modo tale che durante gli eventi di piena e con la sua intera superficie sommersa, i sedimenti possano depositarsi per via naturale. In questo modo, in alcuni casi, si riesce a ridurre la dimensione della briglia aperta nonché la frequenza delle operazioni di manutenzione.

Il bacino idrografico di un torrente come pure il sito in cui realizzare l'opera di ritenuta devono essere sottoposti ad analisi geologica e idrologica. La geologia locale è importante per la fondazione e l'ancoraggio della briglia aperta e per la necessaria protezione dagli affossamenti. I processi idrologici sono importanti per stabilire le portate di piena, il trasporto solido e la comparsa di materiale legnoso galleggiante. Le misure per il trattenimento di legno galleggiante devono essere adottate indipendentemente dall'opera di sbarramento, nel corso superiore o nella camera di raccolta. Le corrispondenti misure sono descritte nella letteratura specialistica, per esempio Lange e Bezzola (2006) oppure Bergmeister et al. (2009). Per esempio nell'opera di ritenuta rappresentata nella figura 5, nello specifico all'imbocco della camera di ritenuta, potrebbe essere collocata una griglia a forma di V. Un'altra soluzione per una trattenuta combinata di materiale di fondo e legno galleggiante consiste nell'installare in prossimità dell'apertura della briglia dei setti sommersi. Esempi di tali opere li troviamo in Austria e Svizzera, dove i setti sommersi si sono già dimostrati efficaci durante i grandi eventi di piena (Lange e Bezzola 2006).

La struttura dell'opera di ritenuta, in particolare il volume della camera di ritenuta, deve essere adeguata alla portata di dimensionamento definita per il trattenimento dei sedimenti. In Svizzera, a seconda dell'obiettivo di protezione, i suoi valori sono compresi tra HQ_{50} e HQ_{100} . Il controllo dell'energia del deflusso immediatamente a valle della briglia mediante opere di protezione contro l'affos-

samento va considerato nell'ambito del dimensionamento idraulico.

La regolazione del transito di sedimenti attraverso le opere di ritenuta esistenti può essere migliorata realizzando un canale nella camera di ritenuta. I risultati delle simulazione indicano che la progettazione del canale deve essere basata sulla portata solida massima dell'apertura, in maniera tale che il trasporto dei sedimenti sia garantito fino al raggiungimento di tale portata. Grazie alla concentrazione della portata nel canale, non si verifica alcun deposito di materiale fino al raggiungimento della portata solida massima. Le opere di sbarramento esistenti, costituite soltanto da una griglia o soltanto da un'unica apertura per il controllo idraulico, devono essere completate in maniera complementare: a una griglia va aggiunta a valle un'apertura idraulica, ad una apertura idraulica aggiunta a monte una griglia.

È da preferire l'impiego di tecniche di bioingegneria e di materiale da costruzione disponibile in loco. Le parti in cemento che vengono a contatto con il materiale solido trasportato devono essere rivestite da blocchi antierosione.

I criteri di costruzione riguardanti la stabilità delle opere idrauliche, le proprietà meccaniche del materiale da costruzione e la fondazione sono descritti esaurientemente nella letteratura specialistica con particolare attenzione per le ali delle briglie che non dovrebbero essere sommerse (Bergmeister et al. 2009).

Per i lavori di pulizia e manutenzione sono necessari una rampa di accesso alla camera di ritenuta nonché un buon collegamento con la rete stradale. La frequenza di tali lavori dipende dal grado di riempimento della camera di ritenuta, dalle direttive di sicurezza specifiche del luogo e dalla classificazione dell'opera. Nel migliore dei casi, il materiale depositato è costituito da ghiaia che può essere utilizzata nell'industria delle costruzioni come aggregato per il calcestruzzo. Tale utilizzo è consentito soltanto se non vi è carenza di sedimenti nel corso inferiore. Altrimenti occorre restituire i sedimenti al corso d'acqua nel punto adatto (cfr. scheda 7) Nel peggiore dei casi, la manutenzione comporta costi notevoli, per esempio quando i depositi frammisti a materiale organico (= legno,

rami) nonché a sedimenti fini devono essere portati via e depositati. Durante i lavori di pulizia si deve evitare di danneggiare il canale. Utili allo scopo sono la demarcazione del canale e la posa in opera di massi.

Piccole quantità residue di materiale solido nel canale vengono trascinate via senza rischi direttamente dalla corrente del torrente. L'autopulizia del canale può essere favorita dai lavori di asportazione durante le portate di entità superiore rispetto a quella media annuale, per esempio quando è ancora in atto la fase calante della piena (cfr. scheda 3).

I piccoli depositi di legno galleggiante e le piante sono preziosi dal punto di vista ecologico, per esempio perché servono da rifugio per le larve di insetti. I depositi di legno morto devono invece essere eliminati se compromettono il funzionamento dell'opera di ritenuta.

Per i lavori di manutenzione si fa una distinzione tra opere standard e opere chiave. Tuttavia i due concetti sono descritti vagamente dalla letteratura. Sono definite opere standard quelle che in caso di guasti tecnici hanno un impatto da minimo a medio sulle zone abitate. Vanno sorvegliate e controllate almeno ogni cinque anni. I guasti tecnici delle opere chiave hanno un grande impatto sulle zone abitate e pertanto devono essere sorvegliate e controllate annualmente. In entrambi i casi, le verifiche sono da svolgere secondo necessità. I controlli devono essere attuati da esperti interdisciplinari (Bergmeister et al. 2009).

Conclusioni

Le opere di ritenuta la cui camera di ritenuta è dotata di un canale a forma di trapezio, con superficie scabra (fig. 5), lasciano passare materiale solido fino a una portata solida massima. L'apertura di una briglia deve essere conforme alla geometria del canale e quindi non influenzare o influenzare limitatamente il trasporto solido fino al raggiungimento della portata solida massima. Con la combinazione di una briglia aperta e una griglia a monte si può prevenire l'autosvuotamento della camera di ritenuta rendendo più sicuro il trattenimento dei sedimenti.

Una trattenuta sicura dei sedimenti selezionata idraulicamente a partire dalla portata solida massima si ottiene soltanto mediante i restringimenti verticali dell'apertura della briglia. Inoltre l'opera non deve essere sommersa. Si possono prendere in considerazione i restringimenti laterali come strumenti costruttivi, per esempio per ottenere una sezione rettangolare dell'apertura della briglia. Il deflusso reagisce in modo sensibile ai restringimenti verticali. Pertanto dovrebbero essere strutturati in modo flessibile. Ai fini di una maggiore sicurezza di pianificazione per l'introduzione della trattenuta dei sedimenti, occorre svolgere in aggiunta delle modellizzazioni basate sui progetti specifici.

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: Schwindt, S., Franca, M.J., Fink, S., Scheidegger, Ch., Schleiss, A., 2017: Opere di ritenuta selettiva dei sedimenti. In: Dinamica dei sedimenti e degli habitat. Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna. Scheda 4.

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

01.17 1500 86039243