

## 5 Rifugi acquatici durante le piene

I rifugi sono habitat in cui gli organismi si ritirano durante un evento estremo (p. es. piena o siccità). Considerata la ridotta intensità delle condizioni fisico-chimiche, i rifugi consentono agli organismi di resistere ai disturbi. Nonostante il loro importante ruolo ecologico, i rifugi sono poco studiati e spesso trascurati nella gestione pratica (p. es. la rivitalizzazione dei corsi d'acqua). Attraverso la descrizione di esperimenti sul campo e in laboratorio, il presente capitolo illustra la struttura e la funzione dei rifugi alluvionali evidenziando il ruolo del regime sedimentario nella disponibilità dei rifugi.

Cristina Rachelly, Kate Mathers, Volker Weitbrecht, David Vetsch e Christine Weber

I sistemi fluviali naturali sono hotspot della biodiversità e offrono un habitat a un gran numero di piante, animali, funghi e microrganismi. Per habitat s'intende un luogo in cui gli organismi trovano condizioni accettabili per vivere. Durante il loro ciclo vitale e a seconda del periodo dell'anno, molte specie necessitano di habitat diversi per nutrirsi, riprodursi e riposare. I sistemi fluviali naturali offrono un mosaico di habitat diversi, soggetti a continui cambiamenti nello spazio e nel tempo. Il mosaico di habitat di uno specifico corso d'acqua dipende fortemente dalla sua morfologia, che a sua volta è formata dai processi fluviali, dalle interazioni con le piante e gli animali e dalla geologia del bacino idrografico (Castro e Thorne 2019).

### 5.1 Cosa s'intende per rifugi?

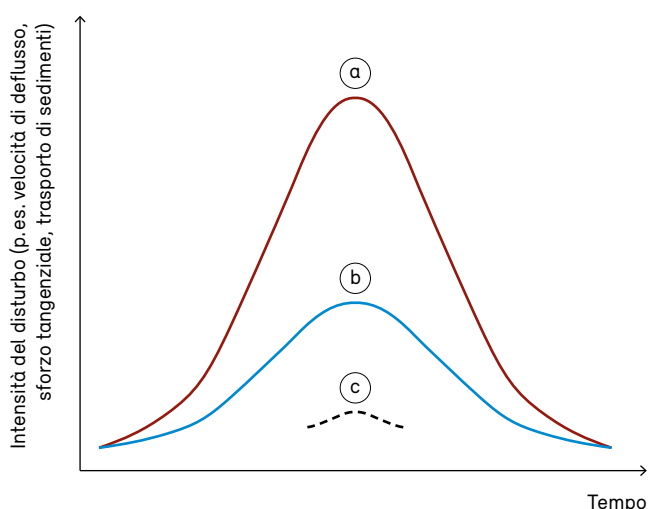
I rifugi sono un tipo particolare di habitat. Offrono spazio agli organismi per sopravvivere in condizioni difficili (eventi estremi), come piene e siccità. Durante gli eventi estremi, i processi biotici e abiotici negli habitat abituali possono raggiungere intensità eccezionali, difficili da sopportare per determinate specie, che rischiano di essere spostate, ferite o uccise. Gli organismi hanno sviluppato diverse strategie per evitare questi rischi. Gli organismi mobili possono cambiare ubicazione e trovare un rifugio per sopravvivere all'evento estremo. Passato l'evento estremo, gli organismi possono tornare ai loro habitat abituali o colonizzare i nuovi habitat creati, mantenendo così il pool di specie (Van Looy *et al.* 2019). I rifugi hanno due funzioni principali: permettono agli organismi di (i) resistere a un evento estremo (resistenza) e (ii) riprendersi da un evento estremo (resilienza).

La figura 27 mostra schematicamente le dinamiche all'interno di tre habitat durante una piena. L'habitat *a* rappresenta il corso d'acqua principale, dove l'intensità del disturbo (velocità della corrente, profondità dell'acqua,

sfuerzo tangenziale o trasporto di sedimenti) è elevata e segue strettamente l'idrografia della piena. Durante un evento di piena, diverse specie dell'habitat *a*, che in condizioni di deflusso di base è un habitat accogliente, devono trovare zone con un'intensità significativamente ridotta del disturbo (habitat *b*), come le acque calme e le sponde

**Figura 27**

Intensità di un evento estremo impulsivo, come una piena. Le curve (a), (b) e (c) mostrano l'intensità del disturbo in diversi habitat di un tratto fluviale. Gli eventi estremi impulsivi si verificano all'improvviso, raggiungono la massima intensità in breve tempo e durano generalmente qualche ora o giorno. La loro intensità varia a seconda dell'habitat. Gli habitat con un'intensità di disturbo minore (b) e (c) offrono rifugi alle specie il cui habitat abituale ha un'intensità di disturbo maggiore (a). I rifugi sono specifici a seconda del disturbo: alcuni si formano solo durante gli eventi estremi (c).



- p. es. habitat nel canale principale
- p. es. acque calme e sponde in erosione
- - - p. es. pozze temporanee nella zona golenale

Figura adattata da Weber *et al.* (2013)

**Figura 28**

Strutture morfologiche che possono fungere da rifugio nei sistemi fluviali. Fonte: VAW, ETH Zurich

Crediti fotografici: (a) Ufficio federale di topografia 2014, (b) Ufficio federale di topografia 2013, (c) K. Mathers, (d) Ufficio federale di topografia 2014, (e) V. Weitbrecht, (f) M. Roggo, (g) I. Schalko, (h) M. Roggo, (i) M. Roggo, (j) M. Mende, (k) K. Mathers



erose (fig. 28f, j). Le specie più vulnerabili trovano rifugio nell'habitat c, che presenta un'intensità di disturbo ancora più bassa. Nel nostro esempio, l'habitat c rappresenta uno stagno golenale (fig. 28c) che si forma solo durante le piene.

## 5.2 Funzionamento dei rifugi

Diversi fattori definiscono le funzioni dei rifugi, le specie che li utilizzano nonché i periodi e i tempi d'utilizzo.

*Caratteristiche degli organismi:* lontre, trote, ragni. Gli animali fluviali differiscono profondamente nella loro mobilità e quindi nella loro sensibilità alle piene. Inoltre, la mobilità di un individuo può cambiare nel corso della sua vita. Per gli efemerotteri come *Baetis* sp., ad esempio, a una fase immobile durante la quale le uova sono cementate alla base delle rocce seguono una fase larvale più mobile, una seconda fase immobile come pupa sommersa e un'ultima fase mobile come adulto volante. Le probabilità di un individuo di sopravvivere a un evento estremo in un rifugio sono influenzate anche dal suo stato di salute. Malattie, parassiti o un indebolimento dello stato fisico, ad esempio a causa della scarsità di risorse alimentari, possono compromettere gravemente la sopravvivenza.

*Caratteristiche della piena:* le piene si presentano in forme diverse, dalle tipiche piene dopo i temporali estivi a quelle più rare di metà inverno dovute a un improvviso riscaldamento e scioglimento delle nevi. Per qualsiasi organismo, il momento della piena è importante, ad esempio perché il suo livello di attività segue schemi stagionali (p. es. svernamento) o perché le diverse fasi della vita si verificano in periodi diversi dell'anno (p. es. la deposizione delle uova delle trote in autunno). Quanto maggiore è la prevedibilità di una piena, cioè quanto più è tipica di una determinata stagione, tanto maggiore è il potenziale di adattamento degli organismi all'ambiente. Altrettanto importante è l'intensità della piena, con la mobilitazione del substrato che rappresenta uno dei principali elementi di disturbo. Diverse caratteristiche di un evento estremo, come vibrazioni, suoni e cambiamenti idraulici, possono essere percepite dagli organismi, funzionando così come un sistema di allerta che innesca la ricerca di un rifugio efficace.

*Caratteristiche del corso d'acqua:* le diverse morfologie fluviali si traducono in tipi di rifugio distinti (fig. 28), come

le pozze dietro i massi e il legno alluvionale nei torrenti di montagna a forte pendenza o gli stagni temporanei nelle zone golenali ben connesse nei tratti di pianura. In generale, la diversità degli habitat è direttamente legata alla disponibilità di rifugi, sia su grande (p. es. foci di affluenti) che su piccola scala (p. es. substrato eterogeneo). Affinché un organismo con una determinata mobilità possa raggiungere un rifugio in tempo utile, la vicinanza tra habitat abituali e rifugi è fondamentale. Ad esempio, i rifugi a monte potrebbero essere inaccessibili per gli organismi con scarse capacità natatorie. Inoltre, un rifugio deve essere persistente e fornire condizioni di sicurezza per tutta la durata dell'evento estremo, cioè fino a quando non è possibile un ritorno sicuro nell'habitat abituale.

Le modifiche di origine antropica dei paesaggi fluviali hanno influenzato in modo sostanziale il funzionamento dei rifugi e le caratteristiche degli eventi estremi. La canalizzazione dei fiumi ha ridotto e semplificato gli habitat complessi che sarebbero naturalmente presenti nei paesaggi fluviali. L'ostruzione del trasporto dei sedimenti e l'incisione dell'alveo hanno portato a una separazione delle zone golenali dagli habitat del corso d'acqua principale. Inoltre, il cambiamento dell'uso del suolo e la produzione di energia idroelettrica hanno alterato profondamente il regime di disturbo idrologico. Tra gli esempi figurano l'accelerazione del deflusso superficiale dovuto all'espansione delle superfici impermeabili e la riduzione della frequenza delle piene dovuta all'utilizzo delle dighe. Le modifiche di origine antropica possono inoltre avere un impatto negativo sulla salute degli organismi fluviali, diminuendo la loro resistenza agli eventi estremi.

## 5.3 Disponibilità e valutazione dei rifugi, tre studi

È difficile valutare direttamente la disponibilità e l'uso dei rifugi durante le piene, a causa di problemi di accessibilità e sicurezza e dell'imprevedibilità dei tempi e dell'intensità delle piene. Qui di seguito è descritta una serie di approcci metodologici utilizzati per studiare i rifugi nonostante queste difficoltà: il monitoraggio diretto dell'uso dei rifugi dopo una piena artificiale e quindi prevedibile, quando l'accesso era possibile (par. 5.3.1), indagini sui macroinvertebrati per dedurre la disponibilità di rifugi durante le piene (par. 5.3.2) e uno studio combinato di laboratorio e numerico che considera diverse intensità di piena (par. 5.3.3).

### 5.3.1 Uso dei rifugi durante una piena artificiale nel fiume Spöl

Abbiamo studiato l'uso dei rifugi da parte di macroinvertebrati fluviali, come insetti e lumache, durante una piena artificiale nel fiume Spöl, situato nel Parco nazionale svizzero (Mathers *et al.* 2021a; Mathers *et al.* 2022). Lo studio si è svolto nella sezione con deflussi residuali (minimi) più a valle, prima della confluenza con il fiume Inn. Sono stati monitorati quattro tratti su una sezione di 1,5 chilometri: (i) campionando habitat fluviali (p. es. fig. 28a, f), zone ripuali (fig. 28e) e zone golenali (fig. 28c) che possono fungere da rifugi durante le piene e (ii) analizzando l'utilizzazione della zona iporreica, un habitat dinamico situato tra i sedimenti superficiali e quelli sotterranei (fig. 28l).

#### Rifugi bentonici contro le piene

Prima della piena artificiale, in ogni tratto i macroinvertebrati bentonici rappresentavano comunità distinte, che

probabilmente riflettevano l'eterogeneità degli habitat presenti. Dopo la piena, le comunità sono diventate più simili tra loro, con poche variazioni tra i vari tratti. Il numero di taxa di insetti diversi (ricchezza) è tuttavia rimasto generalmente stabile, il che suggerisce la presenza di rifugi di piena che hanno permesso la persistenza di taxa più sensibili, che hanno contribuito alla ricchezza complessiva (fig. 29a). Le zone ripuali e la zona golenale inondata hanno mantenuto un'abbondanza di organismi dopo la piena (fig. 29a), evidenziando la loro funzione di rifugio. La bassa stabilità del substrato nelle rapide e nei corsi d'acqua laterali, dovuta al trasporto di sedimenti, ha invece diminuito la disponibilità di rifugi, come indicato dalle minori presenze bentoniche (fig. 29a). L'uso dei rifugi è stato particolarmente evidente per l'efemerottero mobile *Rhithrogena* sp., seppur disomogeneo: alcuni campioni contenevano infatti un numero considerevole di individui dopo la piena (cfr. i valori estremi nella fig. 29b).

**Figura 29**

Box plot di (a) presenza totale di macroinvertebrati bentonici e (b) presenza di *Rhithrogena* sp. associata a una piena artificiale nel fiume Spöl. La presenza rappresenta il numero di individui per campione prelevato con la tecnica del kick sampling per 30 secondi (secondo Murray-Bligh 1999).

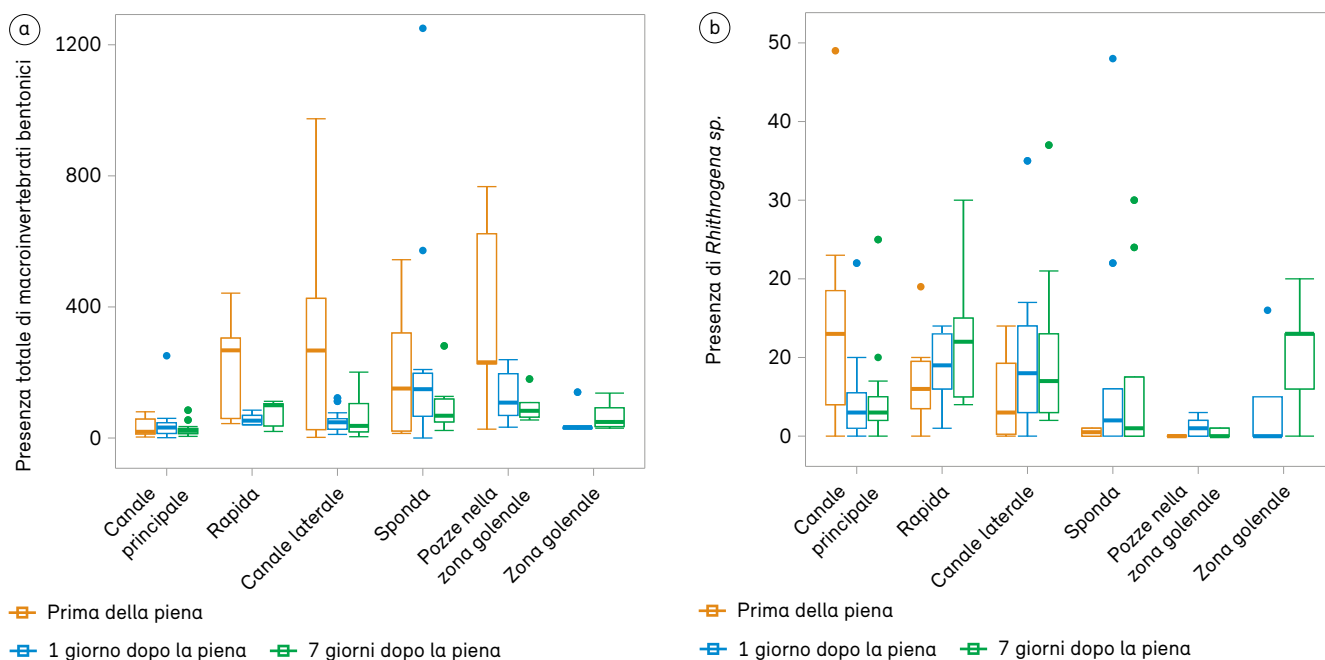
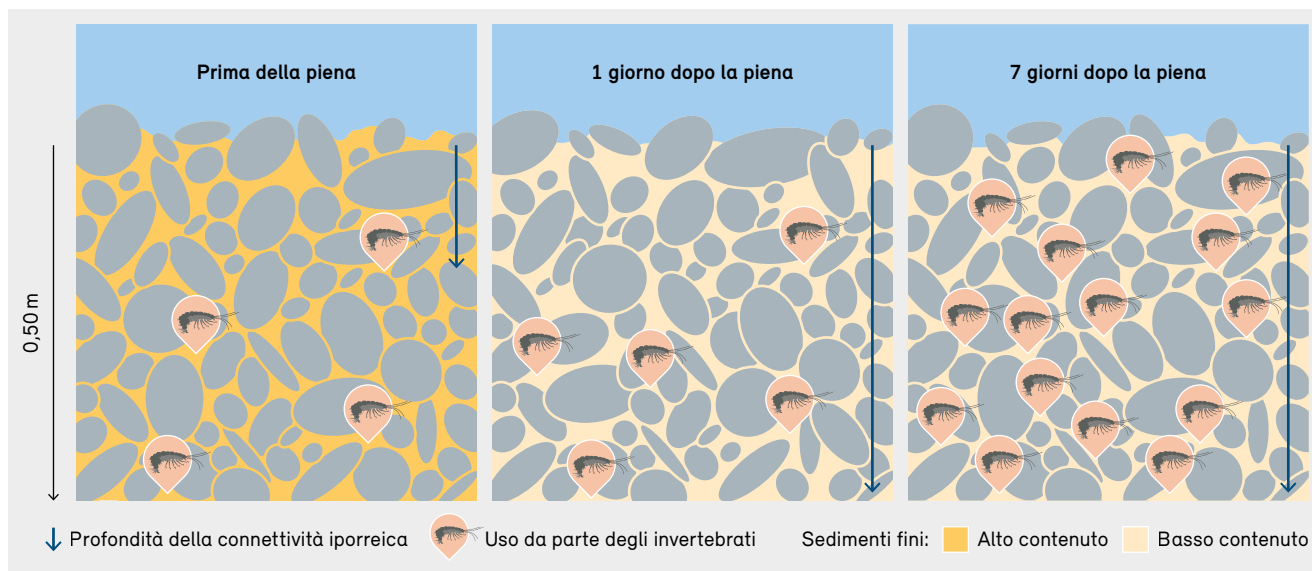


Figura 30

Concettualizzazione dello spazio interstiziale nella ghiaia e della connettività con la zona iporreica a una profondità di 0,50 metri sotto l'alveo, prima e dopo la piena artificiale studiata nel fiume Spöl.



Fonte: Mathers *et al.* (2021a)

### Rifugi iporreici

Lo spazio interstiziale (fig. 28k, 30) nella ghiaia è stato riconosciuto da molti organismi come rifugio. Contrariamente alle aspettative basate sui risultati di Dole-Olivier *et al.* (1997), nel nostro studio poche specie hanno utilizzato la zona iporreica (fig. 28l) come rifugio e le presenze sono tipicamente diminuite o rimaste stabili direttamente dopo la piena, molto probabilmente a causa della bassa stabilità del substrato nel fiume Spöl. Fa eccezione il plecoterio *Leuctra* sp. che ha in parte mostrato un comportamento di ricerca di rifugio nella zona iporreica. La piena artificiale ha tuttavia dilavato i sedimenti fini (particelle < 2 mm) dai substrati superficiali e subsuperficiali (a 0,25 e 0,50 m di profondità), determinando una riconnessione di percorsi interstiziali precedentemente bloccati. Di conseguenza, sette giorni dopo la piena è stato registrato un aumento della presenza e della ricchezza di taxa a 0,25 e 0,50 metri di profondità (fig. 30). L'aumento dell'uso di substrati iporreici precedentemente inaccessibili e le migliori condizioni di ossigeno disciolto indicano che i substrati saranno probabilmente disponibili in futuro come potenziali rifugi dai predatori e da condizioni di portata di magra o siccità. Per mantenere questi benefici sono tuttavia necessarie piene artificiali periodiche (1–2 all'anno) (Robinson 2018).

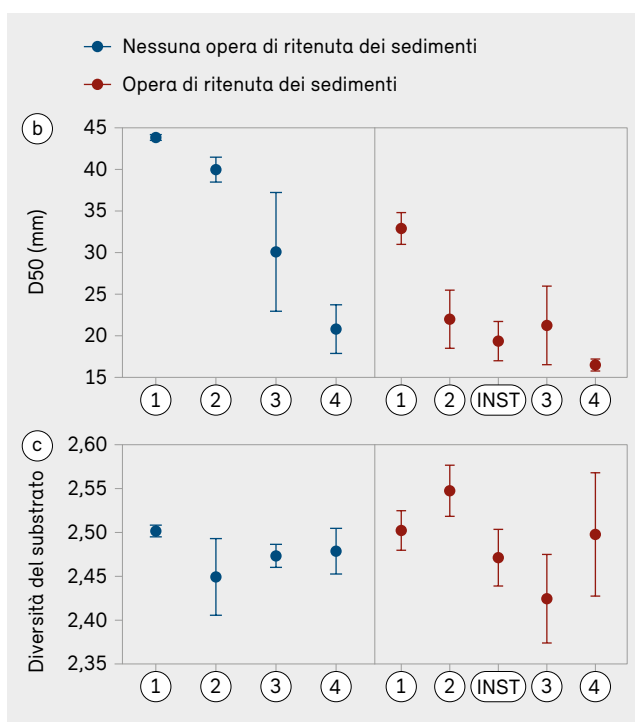
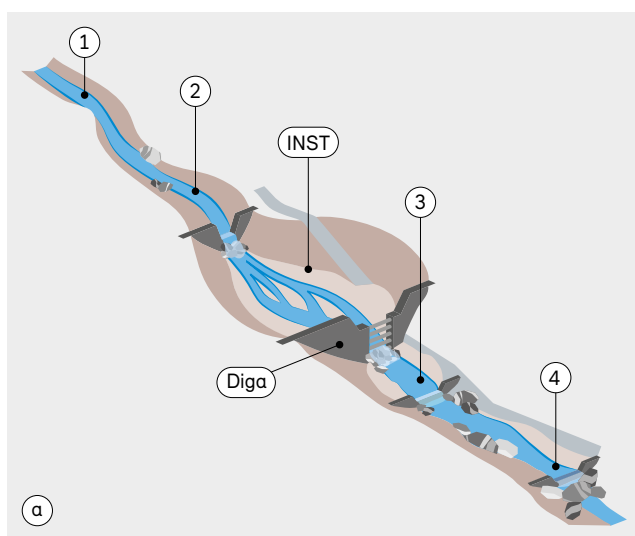
### 5.3.2 Influenza delle opere di ritenuta dei sedimenti sulla disponibilità di rifugi

Sono stati studiati gli effetti delle opere di ritenuta dei sedimenti sulla disponibilità di rifugi e sulle comunità di macroinvertebrati associate in quattro corsi d'acqua, e li abbiamo confrontati con tre corsi d'acqua privi di opere nella Svizzera centrale (Mathers *et al.* 2021b). I corsi d'acqua con opere di ritenuta dei sedimenti sono stati esaminati in due punti a monte e in due punti a valle dell'opera stessa (fig. 31a). Per i torrenti senza opere di ritenuta dei sedimenti, i rilievi sono stati eseguiti nel punto di passaggio da una gola ripida a un cono di deiezione a bassa pendenza, dove sono solitamente posizionate opere di ritenuta dei sedimenti. Sono stati scelti corsi d'acqua con caratteristiche comparabili (p. es. dimensioni del corso d'acqua, geologia) e le posizioni più a monte e più a valle si trovavano a circa 50 metri dall'opera (circa otto larghezze del corso d'acqua).

All'interno delle opere di ritenuta dei sedimenti e immediatamente a valle è stata riscontrata una riduzione della granulometria mediana (fig. 31b) e della diversità del substrato (fig. 31c) e quindi della disponibilità di rifugi, molto probabilmente associata a una diminuzione del trasporto di sedimenti più grandi. In tre dei quattro corsi d'acqua con

**Figura 31**

(a) Illustrazione schematica dei componenti di un'opera di ritenuta dei sedimenti e dei punti di campionamento. I numeri 1–4 indicano i punti di campionamento; INST indica il bacino di ritenuta dei sedimenti; diga indica la diga di contenimento aperta che impedisce il trasporto dei sedimenti a valle. (b) Valori medi di D50 (granulometria mediana) e (c) valori medi di diversità del substrato ( $\pm 1$  SE) registrati in ciascun punto di campionamento nei corsi d'acqua con e senza opere di ritenuta dei sedimenti.



Fonte: Mathers *et al.* (2021b)

un'opera di ritenuta dei sedimenti, la diversità del substrato è tornata a valori paragonabili a quelli osservati nei corsi d'acqua senza opere di ritenuta dei sedimenti a circa otto larghezze del corso d'acqua a valle dell'opera stessa. Nel quarto corso d'acqua, gli elevati livelli di protezione degli argini artificiali hanno limitato il recupero e la diversità del substrato è rimasta ridotta a valle dell'opera.

La disconnessione del trasporto dei sedimenti ha portato anche ad alterazioni nella composizione longitudinale della comunità di macroinvertebrati e nella sua capacità di resistere agli eventi estremi. Ad esempio, immediatamente a valle dell'opera di ritenuta dei sedimenti è stato osservato un aumento della proporzione di taxa di macroinvertebrati che non possiedono strategie di resistenza a breve termine, il che indica ancora una volta una riduzione della disponibilità di rifugi. Al contrario, le comunità all'interno dell'opera di ritenuta dei sedimenti avevano maggiori probabilità di possedere una strategia di resistenza (p. es. dormienza, resistenza all'essiccamento), il che potrebbe riflettere la natura a canali intrecciati del corso d'acqua all'interno dell'opera di ritenuta dei sedimenti, che porta a frequenti fluttuazioni dei livelli di portata a scala di habitat.

Nel complesso, lo studio dimostra che le opere di ritenuta dei sedimenti possono alterare in modo significativo il regime sedimentario, con importanti conseguenze per l'ecologia dei corsi d'acqua e le condizioni ambientali. Questi effetti possono tuttavia essere limitati longitudinalmente e la loro gravità dipende probabilmente dalle strategie di gestione locali.

### 5.3.3 Apporto di sedimenti o allargamento dinamico dei corsi d'acqua

L'allargamento dinamico dei corsi d'acqua è una misura di rivitalizzazione a livello di tratto fluviale, attuata per ripristinare l'attività morfodinamica e la connettività laterale canale–zona golenale nei fiumi canalizzati. Abbiamo studiato come la morfologia dei corsi d'acqua allargati dinamicamente può differire in funzione dell'apporto di sedimenti e come ciò può influenzare la disponibilità di rifugi acquatici in caso di piena (Rachelly *et al.* 2021).

Per studiare l'allargamento del canale è stato creato un modello di laboratorio di un fiume con un alveo di ghiaia inizialmente canalizzato con una pendenza dell'1 per cento

e una zona golenale adiacente sul lato destro. L'apporto di sedimenti è stato impostato al 100, all'80, al 60 o al 20 per cento della capacità di trasporto (TC) del fiume canalizzato ed è stata applicata una portata costante corrispondente a una piena con una periodicità di 1,5 anni ( $Q_{1,5}$ ). Gli esperimenti di laboratorio sono stati accoppiati con un modello numerico idrodinamico BASEMENT 2D (versione 3.0; Vanzo *et al.* 2021), utilizzando portate che vanno dalla portata media annuale alla piena centennale, per valutare il campo di deflusso di ciascuna morfologia risultante con un'elevata risoluzione spaziale. La disponibilità di potenziali rifugi durante le piene è stata studiata attraverso: (i) la persistenza di zone dell'alveo con basso sforzo tangenziale, come misura dell'intensità del disturbo (fig. 28d); (ii) la lunghezza delle sponde, come misura della disponibilità di rifugi laterali (fig. 28e); e (iii) le dinamiche d'inondazione, come misura dell'accessibilità della zona golenale (fig. 28c).

La riduzione dell'apporto di sedimenti al di sotto dell'80 per cento di TC ha portato a una determinata erosione dovuta al moto rotazionale nel corso d'acqua iniziale. Durante la successiva fase di allargamento, si sono sviluppate morfologie nettamente diverse per un apporto di sedimenti del 100 e dell'80 per cento di TC rispetto a un apporto del 60 e del 20 per cento di TC. Un apporto di sedimenti del 100 o dell'80 per cento di TC ha portato a un allargamento dinamico ed eterogeneo, con uno sforzo tangenziale dell'alveo variabile a livello spaziale (fig. 32a, b) e una maggiore lunghezza delle sponde rispetto a un tratto canalizzato. La connettività corso d'acqua laterale–zona golenale durante le piene è rimasta intatta, consentendo alla zona golenale di funzionare potenzialmente come rifugio, mentre il corso d'acqua principale è stato soggetto a un elevato stress idraulico e al trasporto del materiale solido di fondo. Un apporto di sedimenti inferiore (60 o 20 % di TC) si è invece tradotto in corsi d'acqua stabili e omogenei con intensità di piena uniformi, sponde più corte e una persistente disconnessione laterale (fig. 32c, d). Complessivamente, l'equilibrio tra l'apporto di sedimenti e la capacità di trasporto del fiume canalizzato è stato identificato come uno dei fattori principali del progressivo allargamento del canale e dei processi morfodinamici attivi.

## 5.4 Conservazione e rivitalizzazione dei rifugi

Come le misure di protezione contro le piene per gli esseri umani, i rifugi sono essenziali per la resistenza e la resilienza degli organismi fluviali. La conservazione dei rifugi disponibili e la creazione di nuovi rifugi richiedono una considerazione esplicita nella pianificazione, nella costruzione e nella manutenzione dei progetti di sistemazione dei corsi d'acqua.

Durante la pianificazione, le abituali indagini morfologiche e biologiche che descrivono lo stato attuale di un corso d'acqua possono essere ampliate per includere considerazioni specifiche sui rifugi, come la disponibilità di habitat durante le piene (par. 5.3.3) e le caratteristiche di resistenza o mobilità degli organismi (par. 5.3.1 e 5.3.2). I risultati possono servire come base per confronti prima e dopo, ma possono anche indicare opportunità o vincoli per la pianificazione in termini di mantenimento e miglioramento della disponibilità di rifugi. Conoscere l'ubicazione e il tipo di rifugi disponibili può prevenire potenziali impatti negativi dei lavori programmati, ad esempio durante la costruzione.

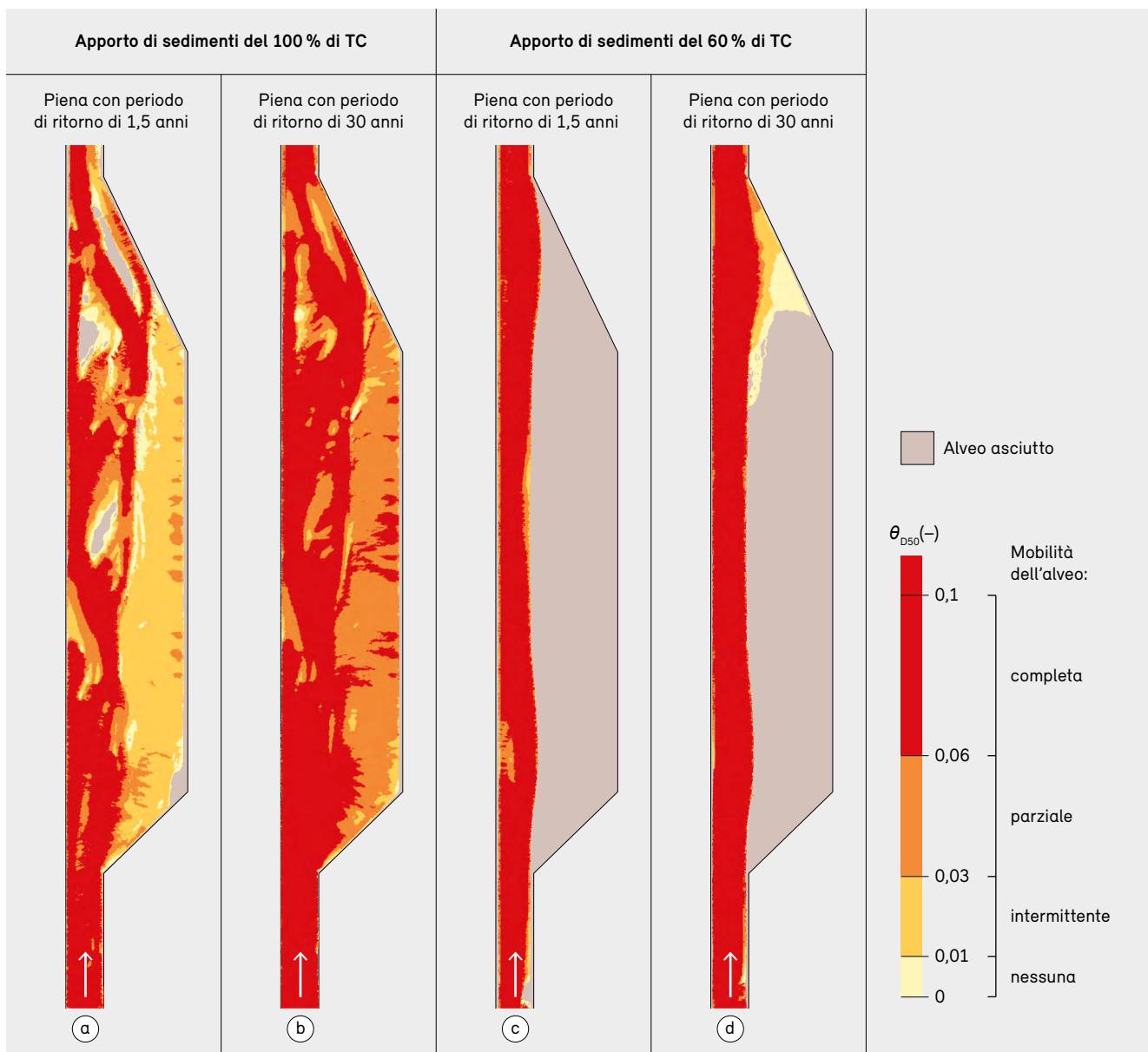
Diversi aspetti che influenzano la disponibilità e la persistenza dei rifugi possono essere considerati nella progettazione. Una sufficiente disponibilità di sedimenti può favorire la riconfigurazione del corso d'acqua o l'erosione laterale durante le piene e quindi la disponibilità di rifugi (par. 5.3.3). Le strutture presenti sul piano alluvionale, sia naturali (p. es. legno di grandi dimensioni) sia artificiali (p. es. dighe artificiali), possono favorire la creazione di rifugi. La conservazione della connettività tra gli habitat abituali e i rifugi si è rivelata importante (par. 5.3.1). La gestione dei rifugi richiede la comprensione del fatto che: (i) le caratteristiche delle piene possono variare (p. es. frequenza e intensità), ad esempio a causa dei cambiamenti climatici, e (ii) altri tipi di disturbo (p. es. la siccità) possono richiedere diversi tipi di rifugio (par. 5.2).

Dopo la costruzione, il monitoraggio dei rifugi già esistenti e di quelli nuovi, previsti o imprevisti, contribuisce alla gestione adattativa (par. 5.3.3). I casi di studio presentati illustrano i metodi di monitoraggio applicabili in condizioni di portata di base (par. 5.3.2) o di eventi di piena prevedibili (par. 5.3.1).

Il presente capitolo mostra che la variabilità e la complessità idromorfologica sono le condizioni di base per la disponibilità

**Figura 32**

Distribuzione spaziale degli sforzi tangenziali dell'alveo in allargamenti fluviali dinamici sviluppati con un apporto di sedimenti pari al 100 per cento (a, b) e al 60 per cento (c, d) della capacità di trasporto (TC) del corso d'acqua canalizzato. Entrambe le morfologie sono state sviluppate con una portata costante corrispondente a una piena con una periodicità di 1,5 anni, ma le distribuzioni dello sforzo tangenziale dell'alveo sono mostrate sia per una piena con un periodo di ritorno di 1,5 anni (a, c) sia per una piena con un periodo di ritorno di 30 anni (b, d). I colori più scuri indicano maggiori sforzi tangenziali dell'alveo, visualizzati come sforzi tangenziali adimensionali per la granulometria mediana in relazione a determinate intensità di mobilità dell'alveo. I risultati per un apporto di sedimenti dell'80 e del 20 per cento di TC non sono raffigurati, ma sono molto simili ai casi rispettivamente del 100 e del 60 per cento di TC (Rachelly et al. 2021).



Fonte: VAW, ETH Zurich



di habitat e il funzionamento dei rifugi. Queste condizioni sono strettamente legate al deflusso e al regime sedimentario, cioè alla disponibilità, al trasporto e alla riconfigurazione dei sedimenti (Wohl *et al.* 2015). Se da un lato il trasporto di sedimenti agisce come un disturbo per gli organismi acquatici, dall'altro è anche un fattore chiave della variabilità e della complessità morfodinamica a lungo termine nonché

della vitalità delle biocenosi (Lepori e Hjerdt 2006). Molti organismi acquatici hanno sviluppato strategie di resistenza e resilienza che consentono la sopravvivenza durante gli eventi estremi, compreso l'uso di rifugi, e un regime sedimentario naturale contribuisce in modo determinante alla disponibilità di rifugi.

### **Riquadro 8: Nella pratica – Bird Track Springs Fish Habitat Improvement Project**

*Phil Roni e Meghan Camp, Cramer Fish Sciences*

Lungo il fiume Grand Ronde (Oregon, Stati Uniti), in un'area che ha subito impatti antropici (p. es. cattura di castori, disboscamento, canalizzazione, pascolo del bestiame) con conseguente perdita del 70 per cento delle pozze, mancanza di complessità dell'habitat (p. es. legno di grandi dimensioni), substrato compattato, temperature elevate dell'acqua, aumento dei sedimenti e diminuzione della qualità dell'acqua, è stato realizzato il Bird Track Springs Fish Habitat Improvement Project ([www.grmw.org/data/project/478/](http://www.grmw.org/data/project/478/)).

L'obiettivo del progetto era migliorare l'habitat per le specie ittiche autoctone in pericolo (p. es. il salmone reale) e in particolare rivitalizzare un fiume a rami intrecciati assicurando l'interconnessione completa con la zona golenale, aumentare l'inondazione della zona golenale, l'interconnessione con le acque sotterranee e la diversità termica, creare rifugi adiacenti al canale e migliorare l'habitat ripario.

Alcuni tratti del corso d'acqua sono stati spostati per favorire l'integrazione con la zona golenale e la creazione di rifugi per i pesci, come canali e stagni. In corrispondenza delle scarpate e delle depressioni storiche del fiume nella zona golenale sono state migliorate le caratteristiche dei canali e delle cavità laterali al fine di migliorare l'accesso alla zona golenale e la disponibilità di rifugi durante le piene. Sono anche stati costruiti canali per facilitare la connettività con i corsi d'acqua laterali alimentati dalle sorgenti e fornire rifugi adatti ai pesci giovani e adulti che migrano a monte. Sono state aggiunte grandi strutture in legno, come alberi e radici, per dirigere il deflusso verso la zona golenale, aumentare la complessità del corso d'acqua, creare pozze d'erosione, immagazzinare sedimenti e fornire ulteriori rifugi per i pesci durante gli eventi di piena.

Il progetto ha creato 55 ettari di zona golenale riconnessa, 2896 metri di nuovo corso d'acqua, nuove pozze nei corsi principale e laterali e più di 550 strutture di tronchi. Il suo successo è giudicato attraverso la valutazione dei cambiamenti nella morfologia del corso d'acqua, negli habitat della zona golenale e nei rifugi, indagini sui pesci e il monitoraggio della portata e della temperatura dell'acqua.