

## Tavola 7.8 Carichi di fondo in bacini imbriferi selezionati

### Introduzione

I corsi d'acqua, naturali o corretti dall'uomo, hanno la capacità di modificare la topografia scavando nel loro letto, trasportando particelle (anche più pesanti dell'acqua) e depositando materiali. La conoscenza di questo fenomeno chiamato «trasporto di sedimenti» riveste una grande importanza economica e scientifica. Il trasporto di materiali solidi in un corso d'acqua può avvenire in due modi: in sospensione (v. tavola 7.4) o sul fondo.

I sedimenti trasportati provengono dall'erosione del bacino imbrifero dovuta all'azione degli agenti atmosferici (vento, precipitazioni, temperatura), dall'erosione del letto del corso d'acqua e dalla rimobilizzazione dei sedimenti già depositati. La quantità di materia solida suscettibile d'essere trasportata dipende dalle caratteristiche del bacino imbrifero, come la litologia, la pendenza, il clima, la vegetazione, l'utilizzo del suolo, l'esposizione e la disponibilità di sedimenti. La capacità di trasporto del corso d'acqua dipende da fattori idraulici come la velocità, l'altezza d'acqua, la pendenza di deflusso, la rugosità del letto e la disponibilità di materiale solido. Il trasporto di sedimenti si effettua principalmente durante le piene.

Il trasporto di sedimenti nei torrenti, soprattutto quelli che drenano i bacini imbriferi più piccoli con una forte pendenza, può presentare caratteristiche abbastanza diverse, in particolare in caso di forti precipitazioni o di contributi idrici improvvisi. Si può distinguere il trasporto di fondo e la lava torrentizia. Contrariamente ai sedimenti trascinati sul fondo, che hanno una velocità diversa (inferiore) da quella dell'acqua e delle particelle trasportate in sospensione, la lava torrentizia (una miscela d'acqua e di materiali solidi molto eterogenei) si muove alla stessa velocità dell'acqua, spesso in ondate successive, sotto l'azione della gravità. Oltre al detrito roccioso, la parte solida della miscela può anche includere altri materiali. Nei bacini imbriferi boscosi in particolare, la presenza di detrito legnoso è spesso molto importante.

La gestione dei sedimenti trasportati sul fondo dai torrenti e dai fiumi di montagna è molto complessa. Durante le piene, le interazioni spaziali e temporali tra il deflusso ed i processi di mobilizzazione, di trasporto e di deposizione variano fortemente. Questi processi non sono ancora sufficientemente compresi. Essi possono essere descritti abbastanza bene a livello qualitativo. Grandi incertezze invece persistono a livello quantitativo. Tuttavia, in occasione della presa di decisioni riguardanti la protezione contro i pericoli naturali legati al trasporto solido dei torrenti, la conoscenza dei volumi mobilizzabili è fondamentale. Lo schema funzionale (fig. 1) e la documentazione fotografica (fig. 2) presentano i componenti del sistema ed i processi in gioco nel bacino imbrifero.

La presente tavola dà una descrizione a livello nazionale dei volumi specifici di materia solida prodotti dai bacini imbriferi e trascinati fino alle piazze di deposito a valle. Per i bacini imbriferi sprovvisti d'informazioni ma simili dal punto di vista morfologico e litologico a quelli della banca di dati «Solid», i volumi specifici qui stimati danno un'idea dell'ordine di grandezza dei volumi potenzialmente mobilizzabili. Inoltre, sono presentati degli esempi di relazione tra i volumi specifici ed alcuni parametri litologici e morfometrici dei bacini imbriferi. Una conoscenza più dettagliata del bacino imbrifero richiede un lavoro supplementare (ad es. rilievi di terreno [1,4]).

### Banca dati «Solid»

Dopo gli eventi devastanti dell'estate 1987 che hanno causato grandi danni in Svizzera, il Gruppo di lavoro per l'idrologia operativa (GHO) ha proposto la creazione su scala nazionale di una banca di dati dei sedimenti trasportati sul fondo dai torrenti e dai fiumi di montagna. Questa banca dati, chiamata «Solid» e realizzata dalla Confederazione, dai cantoni e dagli istituti di ricerca, è gestita dalla divisione idrologia dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Gli scopi, della banca dati ed i criteri di scelta delle stazioni di misura sono stati definiti dal GHO [2,3]. Attualmente 103 stazioni sono registrate. Queste rappresentano solo una parte delle centinaia esistenti in Svizzera. I dati sono forniti dai cantoni e dagli istituti di ricerca. Questi rappresentano i volumi di sedimenti prodotti dal bacino imbrifero e trasportati dal corso d'acqua fino ad una piazza di deposito dove sono

intrappolati. La stima del volume di sedimenti raccolti nella piazza di deposito è realizzata con metodi diretti (conteggio o pesatura degli autocarri necessari per svuotare la piazza di deposito) ed indiretti (rilievo topografico e fotogrammetrico). Oltre ai volumi depositati, i fornitori di dati, comunicano anche le seguenti informazioni:

- l'intervallo di misura (annuale o pluriennale);
- il tipo d'evento (evento isolato o molti eventi);
- le cause d'innescio (tempesta, piogge persistenti);
- la composizione della massa trasportata (materiali detritici di fondo o in sospensione, legno);
- la dinamica del trasporto (trasporto di fondo o lava torrentizia).

La banca dati «Solid» contiene anche le informazioni generali sui luoghi di deposizione, la geologia e la morfometria del bacino imbrifero e del corso d'acqua ed anche le informazioni sull'utilizzo del suolo e la sua copertura vegetale, il clima ed il tempo di ritorno delle precipitazioni estreme.

Nel 2003 la divisione idrologia del UFAM ha lanciato un progetto di descrizione, per mezzo di rilievi di terreno, dei bacini imbriferi registrati nella banca dati «Solid». Lo scopo è di stimare il volume massimo potenzialmente mobilizzabile per potere meglio classificare e comparare i bacini imbriferi. Le osservazioni di terreno, insieme alle misure dei volumi dei sedimenti depositati nelle piazze di deposito, sono di grande importanza per lo studio e la comprensione del trasporto di materia solida nei torrenti.

### **Analisi e stima dei carichi**

Il carico specifico annuo medio e massimo trasportato ed il volume specifico massimo prodotto da un evento isolato sono stati stimati per ogni piazza di deposito presente nella tavola. Il carico specifico annuo medio di ogni piazza di deposito è dato dal rapporto tra la somma dei volumi misurati e gli anni d'osservazione corrispondenti. Di norma, i periodi d'osservazione sono irregolari e spesso discontinui (v. tab. 2). Può verificarsi che il volume sedimentato nella piazza di deposito durante un anno sia prodotto da un evento isolato (ad es. una lava torrentizia). Questo rappresenterà anche il volume specifico annuo. Per i bacini imbriferi il cui trasporto solido di fondo alimenta più piazze di deposito, il calcolo dei volumi di sedimenti tiene conto dei volumi accumulati nelle diverse piazze di deposito (BE-08, GR-01, SG-03, SG-04, SG-06).

La banca dati «Solid» permette anche di fare delle correlazioni tra i volumi trasportati in una piazza di deposito ed i parametri climatici (fig. 3), geologici (fig. 3, 4, 5 e 6) e morfometrici (fig. 4 e 5) caratteristici del suo bacino imbrifero. La figura 4 rileva che il volume specifico annuo massimo diminuisce all'aumentare della superficie del bacino imbrifero (ad es. BE-01: superficie del bacino imbrifero 0.3 km<sup>2</sup>, carico specifico massimo 8667 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> e TI-16: superficie 317 km<sup>2</sup>, carico specifico massimo 9 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>). La stessa osservazione può essere tratta della figura 5, dove per la stessa frequenza di non superamento, il volume specifico annuo diminuisce all'aumentare della superficie dei bacini imbriferi. I bacini imbriferi più grandi producono volumi specifici annui inferiori a quelli dei bacini imbriferi più piccoli perché le loro pendenze medie sono generalmente più deboli. Ciò comporta un maggior numero di zone a debole pendenza capaci di intrappolare temporaneamente i sedimenti a monte della piazza di deposito, diminuendo così la portata solida specifica trasportata.

La figura 5 mette in relazione i volumi specifici annui con quattro parametri geologici e morfometrici dei bacini imbriferi. Dopo avere classificato i bacini imbriferi secondo la litologia dominante, la superficie, la pendenza media ed il fattore di forma, sono state studiate le frequenze di non superamento dalle varie classi. Per la stessa frequenza di non superamento (ad es. 50 %), i bacini imbriferi che hanno una superficie più piccola, una pendenza media più elevata o una forma più allungata producono volumi specifici annui più elevati (ad es. AG-02: pendenza media 10.9°, carico specifico massimo 17 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> e TI-16: pendenza media 55.4°, carico specifico massimo 585 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>; ad es. VS-11: fattore di forma 0.12, carico specifico massimo 5912 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> e TI-13: fattore di forma 0.98, carico specifico massimo 18 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>). Invece, la relazione tra la frequenza di non superamento ed i volumi specifici annui non è evidente per la classificazione litologica. Secondo la figura 5, ciò significa che i parametri morfometrici (superficie, pendenza e forma del bacino imbrifero) hanno un'influenza maggiore sui volumi solidi trasportati dai corsi d'acqua.

La figura 6 presenta i carichi specifici annui medi e massimi come pure i carichi massimi prodotti da eventi isolati, classificati in funzione delle quattro litologie principali (flysch, calcare, cristallino, molassa). Il carico specifico annuo medio di ogni classe litologica è dato dal rapporto tra la somma dei carichi specifici stimati nelle piazze di deposito della classe e gli anni d'osservazione corrispondenti. Il carico specifico annuo massimo di ogni classe litologica rappresenta il più grande carico osservato in una piazza di deposito della classe considerata. Lo stesso dicasi per il carico specifico massimo di un evento isolato. I carichi specifici stimati delle classi litologiche calcare e cristallino sono i più importanti. Ciò si spiega non soltanto con la litologia dei bacini imbriferi appartenenti a queste due classi, ma anche con la loro pendenza generalmente più elevata.

La tabella 1 fornisce le coordinate geografiche ed i parametri geologici e morfometrici dei bacini imbriferi e dei corsi d'acqua delle stazioni di misura catalogate nella banca dati «Solid». Questi parametri permettono la costruzione di modelli empirici di stima dei volumi di materiale solido potenzialmente trasportabili dai torrenti e dai fiumi di montagna. I parametri morfometrici sono tratti dalla rete idrografica digitalizzata a 1:25 000 (dgn2599). Se la piazza di deposito è alimentata soltanto da un corso d'acqua temporaneo, dato che soltanto i corsi d'acqua perenni sono digitalizzati, la lunghezza del canale principale riportato nella tabella è uguale a zero ed alcuni dei suoi parametri morfometrici perdono il loro significato. È il caso, ad esempio, della stazione di Pöschrüti–Seedorf (UR-03).

La tabella fornisce anche informazioni sull'utilizzo del suolo nei bacini imbriferi secondo la «Statistica svizzera della superficie» pubblicata dall'Ufficio federale di statistica (UFS) e sui tempi di ritorno delle precipitazioni regionali estreme (v. tavole 2.4 e 2.4<sup>2</sup>). Per i grandi bacini imbriferi (a partire da circa 25 km<sup>2</sup>), dato che la distribuzione delle precipitazioni non è considerata uniforme, le precipitazioni regionali estreme sono calcolate utilizzando un coefficiente di riduzione spaziale (v. tavola 2.5). Le precipitazioni regionali estreme riportate nella tabella 1 sono specifiche a questo progetto e devono essere utilizzate con precauzione per altre applicazioni.

## Bibliografia

- [1] **Gertsch, E. (2009):** Geschiebelieferung alpiner Wildbachsysteme bei Grossereignissen – Ereignisanalysen und Entwicklung eines Abschätzverfahrens. Diss. Geographisches Institut der Universität Bern.
- [2] **GHO (1984):** Feststoffbeobachtung in schweizerischen Gewässern – Schlussbericht der Arbeitsgruppe für Feststoffbeobachtung. Bern.
- [3] **GHO (1987):** Die mengenmässige Erfassung von Schwebstoffen und Geschiebefrachten. Mitteilung der Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie (GHO), Nr. 2, Bern.
- [4] **Lehmann, C., Spreafico, M., Naef, O. (1996):** Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen, Teil I und II. Mitteilung der Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie (GHO), Nr. 4, Bern.