

## Effetti degli svassi di sedimento sulle biocenosi fluviali: il caso studio della Valgrosina

Elena CASTELLI<sup>1\*</sup>, Gaetano GENTILI<sup>2</sup>, Giuseppe CROSA<sup>1</sup>, Stefania COMPARE<sup>2</sup> & Andrea ROMANÒ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Biotecnologie e Scienze Molecolari, Università dell'Insubria, Via Dunant 3, 21100 Varese, Italia

<sup>2</sup> GRAIA S.r.l., Via Repubblica 1, 21020 Varano Borghi (VA), Italia

\* E-mail dell'Autore per la corrispondenza: [elena.castelli@uninsubria.it](mailto:elena.castelli@uninsubria.it)

**RIASSUNTO** - *Effetti degli svassi di sedimento sulle biocenosi fluviali: il caso studio della Valgrosina* - Nel presente lavoro sono riportati i risultati del monitoraggio biologico condotto nel corso di due svassi sperimentali realizzati tra il 2006 e il 2007 in provincia di Sondrio. La valutazione degli effetti sulla fauna ittica e sulla comunità macrobentonica è stata realizzata in diverse stazioni lungo i corsi d'acqua a valle del bacino interessato dalla sperimentazione. Nelle medesime stazioni sono state monitorate anche le concentrazioni dei solidi sospesi (CSS), al fine di supportare la definizione di valori soglia per la tutela degli ecosistemi acquatici. Le densità e le biomasse ittiche hanno subito riduzioni comprese rispettivamente tra il 36% e il 73% e tra il 13% e il 66%. I risultati riguardanti la comunità macrobentonica hanno evidenziato uno scadimento della qualità biologica (IBE) pari a una-due classi e una riduzione delle densità dell'ordine del 90%. Il modello di Newcombe & Jensen (1996), validato con i dati raccolti in campo, si può considerare adeguato, almeno per il caso analizzato, a fornire una stima orientativa dell'entità degli effetti di analoghe operazioni. Sulla base delle esperienze effettuate, sono da considerarsi accettabili concentrazioni medie pari a 5  $\text{gl}^{-1}$  per una durata complessiva di 1-2 settimane, da perseguire evitando, per quanto possibile, picchi di concentrazioni particolarmente elevati.

**SUMMARY** - *Response of stream biota to sediment flushing from an artificial reservoir* - This short communication presents the results of the biological monitoring programme carried out during the sediment removal by flushing of an Italian reservoir between 2006 and 2007. Artificial reservoir considered in this study is located in Northern Italy, in the Alpine valley of Valtellina. The measurement of the effects on fish and macrobenthos was performed in several stations along streams downstream of the flushed reservoir. In the same stations suspended solids concentration (SSC) measurements were carried out aiming to relate sediment quantities to recorded effects and support the definition of ecologically-based standards for SSC. The main impacts included decreased fish densities (up to 73%) and biomass (up to 66%). The biological quality decreased of one-two classes and this largely depended on the significant reduction in taxonomic richness. The invertebrate assemblages exhibited a reduction in overall abundance of more than 90%. The model formulated by Newcombe and Jensen (1996) for predicting the biological effects of SSC on fish fauna can be a valid tool in the planning phase of flushing operations. Indications for planning future flushing activities are related to the avoidance of SSC peaks and to the maintenance of maximum SSCs below 5  $\text{gl}^{-1}$  (overall average).

*Parole chiave:* svasso, solidi sospesi, effetti biologici, trota fario, macroinvertebrati, Valtellina

*Key words:* reservoir flushing, suspended solids, biological effects, brown trout, macrobenthos, Valtellina

### 1. INTRODUZIONE

La sedimentazione nei bacini artificiali, vale a dire il loro progressivo riempimento di materiale solido trasportato dai corsi d'acqua, impone una corretta gestione dei serbatoi allo scopo di recuperare il volume di invaso andato perduto e ripristinare la funzionalità degli organi di scarico che, essendo i principali presidi di sicurezza, devono poter essere manovrati in condizioni di emergenza. Una delle possibili modalità di intervento per rimuovere il materiale sedimentato è quella di "svasare" il bacino, riversando l'acqua contenuta ed il sedimento trasportato attraverso le paratoie di fondo nell'alveo naturale dell'emissario. Questa operazione può determinare effetti significativi sulla qualità delle acque e sulle biocenosi in esso presenti, a causa del forte aumento della portata e del materiale in sospensione (Garric *et al.* 1990; Gerster & Rey 1994; Ciutti *et al.* 2000; Morisi & Battagazzore 2002). Ai fini di definire i rischi

ecologici connessi allo svasso dei sedimenti e individuare modalità di intervento meno impattanti, la Provincia di Sondrio ha predisposto un progetto di ricerca, cofinanziato da Regione Lombardia, dal titolo "Definizione dell'impatto degli svassi dei bacini artificiali sull'ittiofauna e valutazione di misure di protezione". Lo svasso controllato di Valgrosina nell'estate 2006 ha rappresentato il primo caso studio di questa ricerca. La ripetizione dell'evento nell'estate del 2007 ha consentito di effettuare nuove indagini rendendo così possibile un confronto dei risultati degli effetti ambientali dei due eventi ed un affinamento delle tecniche di studio impiegate.

### 2. AREA DI STUDIO

L'invaso di Valgrosina si posiziona all'ingresso dell'alta Valtellina, in destra idrografica del fiume

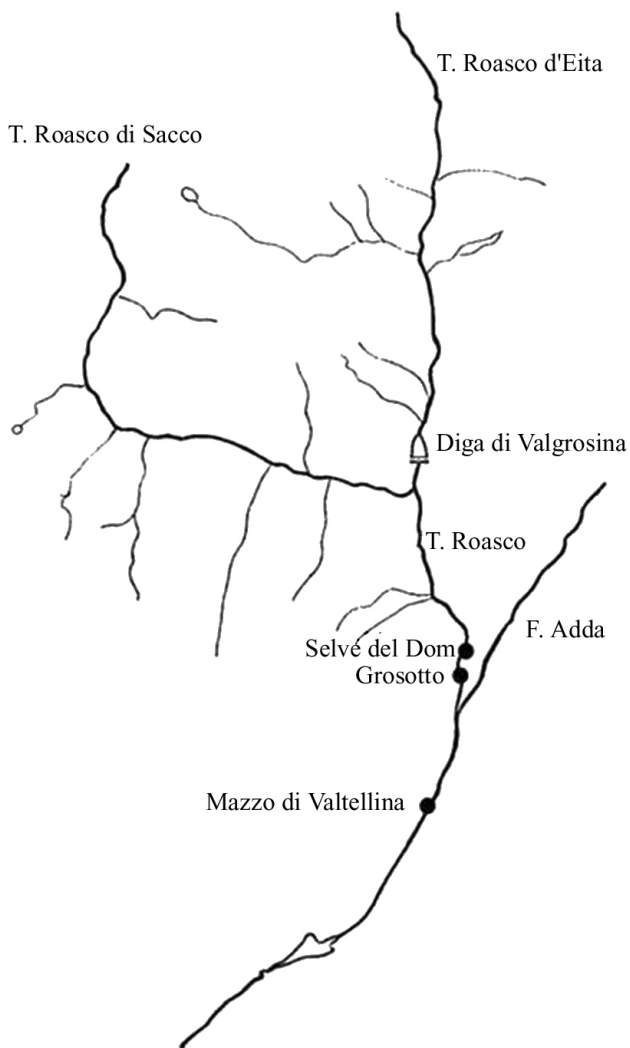


Fig. 1 - Area di studio con localizzazione delle stazioni di campionamento.

Fig. 1 - Study area showing the measurement sites.

Adda, all'altezza dell'abitato di Fusino (SO) (circa 1.200 m.s.l.m.). Il bacino è alimentato dal torrente Roasco d'Eita e, mediante un breve canale derivatore, dal torrente Roasco di Sacco, anche se il principale contributo proviene dal canale derivatore Premadio - Valgrosina, che vi convoglia le portate turbinare dalla centrale di Premadio. Tramite appositi sistemi di by-pass, gli affluenti possono oltrepassare, parzialmente o completamente, il bacino permettendo la regolazione delle portate in ingresso. Durante il normale esercizio dal serbatoio non vengono rilasciate portate in alveo, di conseguenza il torrente Roasco immediatamente a valle della diga è completamente asciutto. Il Deflusso Minimo Vitale viene rilasciato dal Roasco di Sacco, che confluisce nel Roasco circa 0,9 km dalla diga. Dopo questo punto scorre in una gola piuttosto incisa per circa 6 km, prima di sfociare in Adda all'altezza dell'abitato di Grosotto. In figura 1 è rappresentato uno schema dell'area di studio con le principali stazioni di monitoraggio:

- Selvé del Dom (Roasco, circa 5,3 km dalla diga);
- Grosotto (Roasco, circa 700 m a valle di Selvé del Dom);



Fig. 2 - Fondo del bacino durante l'ultimo giorno dello svasso del 2006 (9 settembre).

Fig. 2 - Reservoir bottom during the last day of the 2006 flushing (September 9<sup>th</sup>).

- Mazzo di Valtellina (Adda, circa 2 km a valle della confluenza con il Roasco).

Nell'ambito del menzionato progetto di ricerca, per lo svasso del 2006, sono state condotte ulteriori misure in diverse località dislocate lungo il torrente Roasco e l'asta del fiume Adda sino al Lago di Como. I risultati mostrati riguardano le stazioni di misura principali, vale a dire i due tratti del torrente Roasco e la stazione di controllo sul fiume Adda a valle della confluenza.

### 3. METODI

#### 3.1. Modalità operative

Le operazioni di svasso del bacino di Valgrosina sono iniziate il 28 agosto e si sono concluse il 9 settembre 2006. L'anno seguente sono state ripetute con le medesime modalità, in un periodo compreso tra il 20 ed il 31 agosto. Le attività di rimozione del sedimento sono state programmate al fine di garantire la fluitazione dei limi di fondo (~ 20.000 m<sup>3</sup>, valore corrispondente alla stima media di incremento annuo di deposito nel bacino) e nel contempo mitigare le condizioni di impatto ai comparti biologici. A tale proposito è stato definito un valore soglia per la concentrazione dei solidi sospesi (CSS) pari a 5÷6 g l<sup>-1</sup> come valore medio per l'intera durata dell'operazione. Inoltre è stato

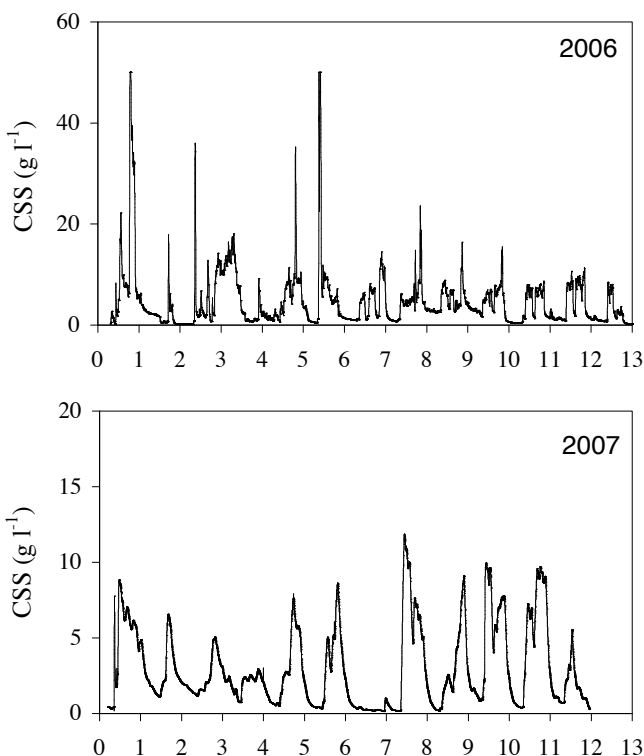


Fig. 3 - Andamento della concentrazione dei solidi sospesi ( $g\ l^{-1}$ ) a Selve del Dom.

Fig. 3 - Time series of suspended solid concentration ( $g\ l^{-1}$ ) recorded at Selve del Dom.

garantito il rilascio di acqua pulita tra le diverse fasi di rimozione convogliando a fiume le portate fluenti dei due rami del Roasco. In particolare, per facilitare la rimozione del sedimento fine accumulato in alveo, durante la notte veniva rilasciata acqua pulita bypassata dallo sbarramento. Alla fine delle operazioni è stata lasciata defluire a fiume l'intera portata del Roasco d'Eita e di Sacco per la durata di 48 ore, con lo scopo di pulire l'alveo del torrente dal limo depositato.

### 3.2. Misurazione dei solidi sospesi e delle portate

I dati di CSS sono stati ottenuti mediante torbidimetri e coni Imhoff (capacità 1l); per la verifica analitica delle misure registrate in campo, sono stati raccolti campioni d'acqua da avviare a specifiche analisi di laboratorio (*Method 2540 D*, APHA *et al.* 2005). A Selve del Dom è stata installata una sonda fissa (Lange SC 100) che ha permesso di registrare i valori di CSS e di ossigeno con frequenza di 1 minuto. In Adda la sonda utilizzata per la misura della CSS è del tipo portatile (Insite 3150) e la registrazione dei dati è stata effettuata manualmente dagli operatori nelle sole ore diurne. Le portate del torrente Roasco sono state registrate in continuo tramite un idrometro ad ultrasuoni posizionato alla traversa di Grosotto.

### 3.3. Analisi della comunità ittica

La valutazione degli effetti sulla comunità ittica è stata effettuata mediante campionamenti con elettrostorditore circa 20 giorni prima e dopo le settimane di svaso. Il

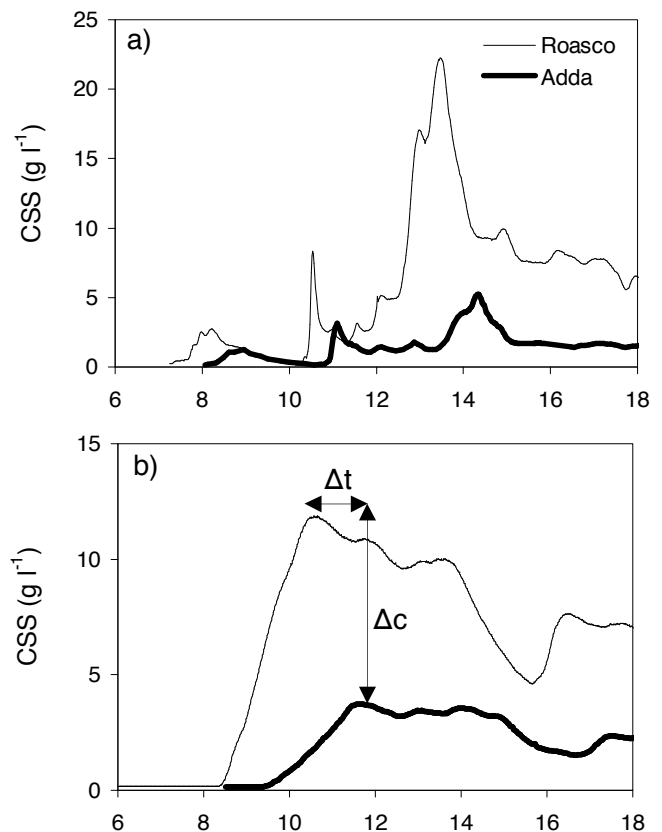


Fig. 4 - Andamento della concentrazione dei solidi sospesi ( $g\ l^{-1}$ ) a Selve del Dom sul Roasco e a Mazzo di Valtellina sull'Adda, il primo giorno dello svaso del 2006 (a) e l'ottavo giorno dello svaso del 2007 (b).

Fig. 4 - Time series of suspended solid concentration ( $g\ l^{-1}$ ) recorded in the Roasco stream at Selve del Dom and in the Adda river at Mazzo di Valtellina during the first day of the 2006 flushing (a) and the eighth day of the 2007 flushing (b).

torrente Roasco è stato campionato in due tratti, Selve del Dom e Grosotto, il primo soggetto a pressione piscatoria, il secondo, più a valle e separato dal precedente da una traversa invalicabile, rappresentativo di condizioni naturali (zona di bandita di pesca). I campionamenti sono stati condotti in maniera quantitativa ad eccezione che sull'Adda, dove per le portate presenti non è stato possibile catturare tutti gli esemplari del tratto indagato. Mancano quindi per questa stazione stime quantitative di densità e biomassa. Gli esemplari catturati sono stati classificati e ne è stata misurata la lunghezza totale. Per un sub-campione di individui è stato rilevato anche il peso (con precisione di  $\pm 1\ g$ ) ed è stato calcolato il fattore di condizione di Fulton:

$$(1) K = (W/L_T^3) \times 100$$

dove W è il peso in grammi e  $L_T$  rappresenta la lunghezza totale misurata in cm. I valori medi di K ottenuti prima e dopo ciascuno svaso sono stati confrontati, per gruppi omogenei di età, con il test *t* di Student. Per prevedere l'entità del possibile impatto subito dalla fauna ittica è stata adoperata la relazione "dose-risposta" sviluppata da Newcombe & Jensen (1996), la quale permette di calcolare l'intensità degli effetti dovuti ai solidi sospesi sulla

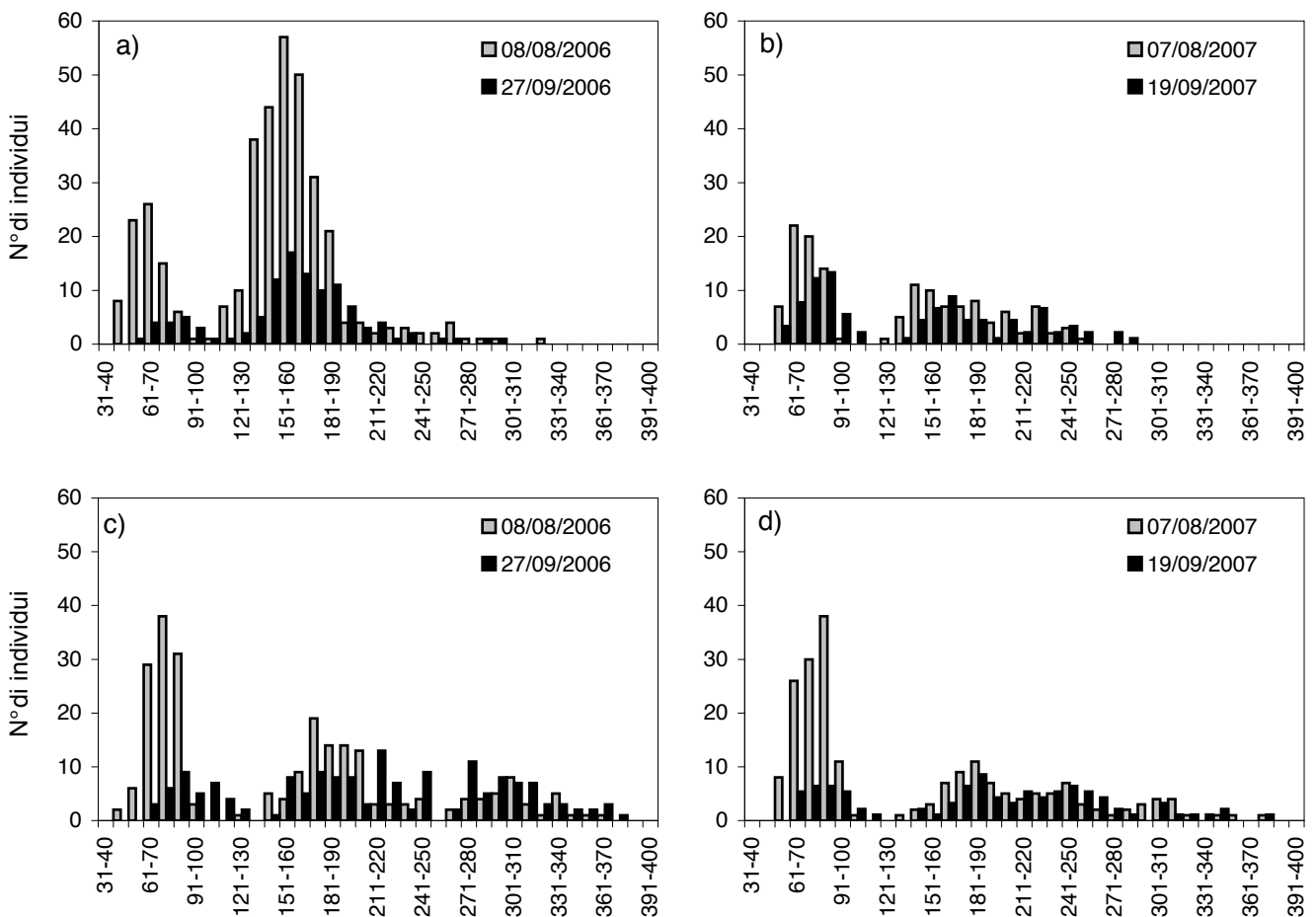


Fig. 5 - Distribuzione di frequenza delle classi di lunghezza di trota fario a Selve del Dom (a,b) e a Grosotto (c,d). Le barre grigie e nere si riferiscono rispettivamente alla situazione pre e post svasso.

Fig. 5 - Population length-structure of brown trout measured at Selve del Dom and Grosotto reach. Grey and black bars refer to pre and post flushing respectively.

fauna ittica sulla base della concentrazione e della durata dell'esposizione:

$$(2) \text{ SEV} = A + B \times \ln(\text{ED}) + C \times \ln(\text{SSC})$$

dove A, B e C sono i coefficienti di regressione, ED è la durata dell'esposizione in ore, SSC è la concentrazione dei solidi sospesi in  $\text{mg l}^{-1}$  e SEV (*Severity Effect Value*) è un indice che varia tra 0 (nessun effetto) e 14 (mortalità ittica maggiore dell'80%) e rappresenta gli effetti sulla comunità ittica. Gli effetti letali, intesi come mortalità diretta, si verificano per valori di SEV maggiori o uguali a 10.

#### 3.4. Analisi della comunità macrobentonica

La risposta della comunità macrobentonica è stata valutata qualitativamente, utilizzando l'approccio metodologico dell'Indice Biotico Esteso (IBE; Ghetti 1997) e quantitativamente, analizzando la densità dei macroinvertebrati ottenuta mediante campionamenti con retino *Surber* (3 e 5 repliche rispettivamente sul Roasco e in Adda). Per la fluitazione del 2006 sono state condotte 2 campagne di campionamento precedenti lo svasso, a marzo e ad agosto, mentre in ottobre è stato effettuato il campionamento post svasso. Per verificare la capacità di recupero della comunità, un ulteriore rilievo è stato condotto a marzo 2007. Per quanto riguarda lo svasso del 2007 è stata condotta una cam-

pagna pre svasso ad agosto 2007, mentre i rilievi post svasso sono stati effettuati a settembre e dicembre 2007.

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1. La fluitazione dei sedimenti

Il volume di materiale rimosso dal bacino, quantificato confrontando i rilievi topografici del fondo e le stime dei volumi d'acqua invasi prima e dopo, è stato stimato in circa  $20 \times 10^3 \text{ m}^3$  nel 2006 (Fig. 2) e in  $35 \times 10^3 \text{ m}^3$  nel 2007. Una descrizione complessiva delle operazioni di svasso è fornita dall'andamento della CSS per tutto il periodo (Fig. 3) e dalle medie giornaliere di concentrazione e portata (Tab. 1) misurate sul torrente Roasco a Selve del Dom. La serie temporale registrata nel 2006 è caratterizzata da alcuni picchi molto ripidi (tasso di crescita massimo pari a  $8 \text{ g l}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) ma di breve durata (da 2 a 4 ore). I massimi valori registrati hanno ecceduto i  $50 \text{ g l}^{-1}$ , valore di fondo scala dello strumento, in due occasioni: il primo giorno, a seguito delle prove di ruscellamento con l'immissione a bacino vuoto di  $500 \text{ l s}^{-1}$  del Roasco di Eita, e il sesto giorno ( $\sim 75 \text{ g l}^{-1}$ ), in occasione dell'apertura del secondo scarico di esaurimento. La durata complessiva di

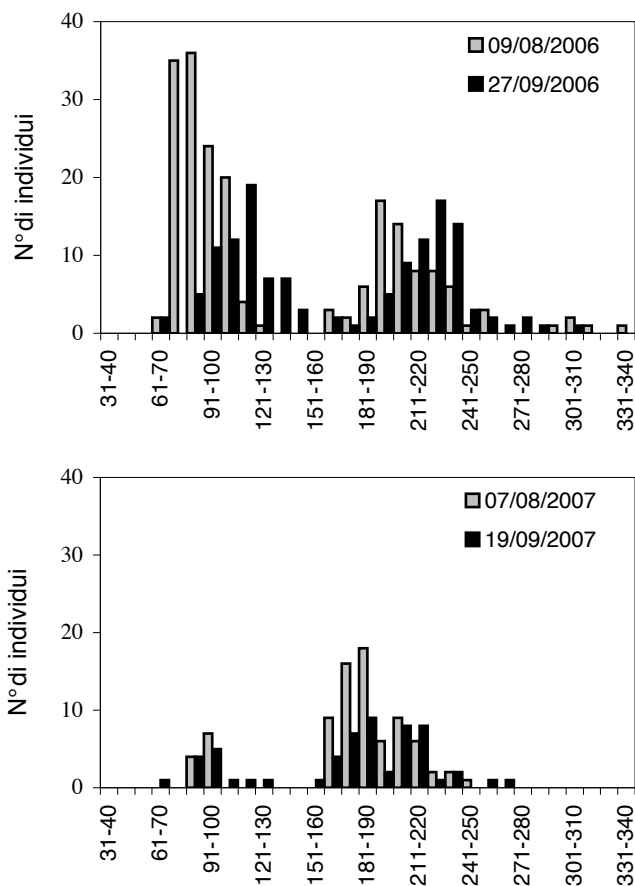


Fig. 6 - Distribuzione di frequenza delle classi di lunghezza di trota fario a Mazzo di Valtellina. Le barre grigie e nere si riferiscono rispettivamente alla situazione pre e post svaso.  
 Fig. 6 - Population length-structure of brown trout measured at Mazzo di Valtellina (Adda river). Grey and black bars refer to pre and post flushing respectively.

questi transitori risulta però poco significativa se rapportata alla durata complessiva dell'evento (meno dello 0,3 % del totale). Le concentrazioni di durata maggiore, pari al 70% del tempo complessivo, risultano comprese tra 1 e 10 g l<sup>-1</sup>. La concentrazione media dei solidi sospesi relativa all'intero periodo di fluitazione (circa 305 ore) è stata pari a 4,7 g l<sup>-1</sup>, con una portata media nel Roasco di 3,2 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. I valori di ossigeno disciolto hanno subito delle modeste variazioni al passaggio del carico torbido e si sono mantenuti sempre in prossimità dei 10 mg l<sup>-1</sup>, quindi su valori ottimali per la fauna acquatica. L'evento del 2007 è caratterizzato da valori di CSS inferiori sia in termini medi che massimi; nel dicembre 2006 una frana ha parzialmente sbarrato il Roasco a valle della confluenza dei due rami, determinando la formazione di un piccolo bacino in cui il materiale ha potuto sedimentare (~ 20.000 m<sup>3</sup>). Come nel 2006, nel 2007 è ben evidente l'alternanza di periodi notturni di rilascio d'acqua pulita con periodi diurni di rimozione di sedimenti. Valori superiori a 10 g l<sup>-1</sup> hanno presentato tempi di permanenza modesti, inferiori all'1% della durata totale delle operazioni. Le concentrazioni di durata maggiore, pari al 70% del tempo complessivamente impiegato per la fluitazione, sono state comprese tra 0,1 e 3 g l<sup>-1</sup>. La concentrazione media dei solidi sospesi relativa all'intero periodo di fluitazione è

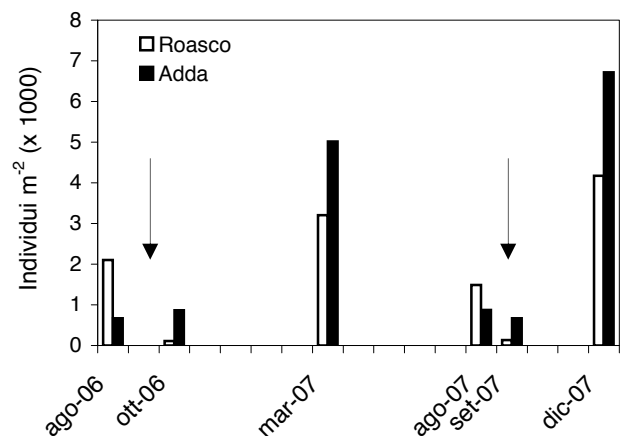


Fig. 7 - Densità media dei macroinvertebrati a Selve del Dom (barre bianche) e a Mazzo di Valtellina (barre nere) nel periodo di studio. Le frecce indicano la tempistica di ciascun svaso.  
 Fig. 7 - Mean macroinvertebrate densities at Selve del Dom (white bars) and Mazzo di Valtellina (black bars) on each sampling date. Arrows indicate the time of each flushing.

stata pari a 3 g l<sup>-1</sup> (35% inferiore alla media della CSS nel 2006), con una portata media nel Roasco di 4,4 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

La figura 4 mostra il confronto tra la CSS misurata a Selve del Dom e a Mazzo di Valtellina il primo giorno del 2006 e l'ottavo giorno del 2007. Confrontando tutti gli estremi degli eventi di carico (valori massimi e minimi di concentrazione dei solidi sospesi) rilevati nelle due sezioni di misura, è stato calcolato un tempo medio di percorrenza del carico torbido fra le due stazioni pari a circa 60 - 65 minuti (Δt). Nel corso delle operazioni di svaso la portata in Adda è stata di 3/4 volte maggiore del Roasco e le CSS sono risultate minori (Δc) in proporzione (~3 volte inferiori a quelle misurate nel Roasco). La concentrazione media dei solidi sospesi per l'intero periodo di fluitazione è dunque pari a ~1,5 g l<sup>-1</sup> nel 2006 e di poco inferiore a 1 g l<sup>-1</sup> nel 2007.

#### 4. 2. Effetti sulla fauna ittica

I risultati riportati riguardano solo la trota fario (*Salmo trutta trutta*), specie predominante nei tratti esaminati. Esemplari di altre specie ittiche come trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*), ibrido marmorata-fario, trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) e scazzone (*Cottus gobio*) sono stati rinvenuti sporadicamente. I dati raccolti sul torrente Roasco, relativamente al primo svaso, sono riassunti in figura 5 e tabella 2. A Selve del Dom, prima dell'inizio delle operazioni del 2006, era presente una numerosa popolazione di trota fario, con una struttura piuttosto squilibrata per la presenza eccessiva di individui sub-adulti ed allo scarso numero di adulti (probabilmente per effetto della pesca sportiva e dei ripopolamenti). Densità e biomassa (Tab. 2) si riducono dopo lo svaso rispettivamente del 73% e del 66%. Dall'analisi delle strutture di popolazione (Fig. 5) si nota come l'impatto negativo sia maggiore sulle classi giovanili, con una forte riduzione degli individui 0<sup>+</sup> (-77%) e 1<sup>+</sup> (-70%). A Grosotto, la popolazione di trota fario è meno abbondante ma con una struttura più equilibrata per l'assenza di prelievo alienotico e di ripopolamenti. Dopo lo svaso la densità è diminuisce del 41%; anche in questo caso

Tab. 1 - Medie giornaliere di CSS ( $\text{g l}^{-1}$ ) e portata ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) sul Roasco per i due eventi discussi. I valori del primo giorno (\*) sono relativi a 16,7 e 19,2 ore rispettivamente (dall'inizio delle operazioni).

Tab. 1 - Daily averaged SSC ( $\text{g l}^{-1}$ ) and discharges ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) in the Roasco stream for the two discussed events. First day data (\*) are averaged from the beginning of the operations (16,7 and 19,2 hours respectively).

Giorno	2006		2007	
	$\text{g l}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	$\text{g l}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
1*	12,3	6,4	4,7	5,9
2	2,2	3,7	2,8	4,6
3	4,0	3,4	2,4	4,4
4	6,6	3,2	2,1	4,4
5	5,1	3,1	2,8	3,9
6	6,2	2,8	2,7	3,8
7	4,1	2,9	0,4	3,7
8	4,3	2,7	4,5	3,7
9	4,8	2,6	2,7	3,9
10	4,5	2,4	4,7	5,0
11	3,3	3,0	4,7	5,3
12	4,2	3,2	1,6	4,5
13	2,0	3,4	-	-

Tab. 2 - Densità (individui  $\text{ha}^{-1}$ ) e biomassa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) della popolazione di trota fario nelle stazioni sul Torrente Roasco prima e dopo ogni svasso.

Tab. 2 - Population density (individuals  $\text{ha}^{-1}$ ) and biomass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of brown trout in the Roasco stream before and after the two sediment flushing.

Data	Selve del Dom		Grosotto	
	ind $\text{ha}^{-1}$	kg $\text{ha}^{-1}$	ind $\text{ha}^{-1}$	kg $\text{ha}^{-1}$
8 ago 06	10.639	391	4.013	335,4
27 set 06	2.894	131,9	2.360	291,1
7 ago 07	3.807	142,4	2.953	163,8
19 set 07	2.425	109,2	1.399	129,7

la classe di età nettamente più colpita è quella dei giovani dell'anno 0+ (-67%), mentre sugli adulti l'effetto non è stato significativo, come testimoniato anche dal contenuto calo in termini di biomassa (15% in meno rispetto alla situazione pre svasso). Il coefficiente di condizione K calcolato prima e dopo lo svasso, denota una perdita significativa di peso sia dei sub-adulti che degli adulti in entrambe le stazioni ( $P < 0,05$ ), probabilmente in seguito alla riduzione della densità macrobentonica ed alle difficoltà di ricerca del cibo indotti dall'elevata torbidità dell'acqua (Tab. 3).

I rilievi semiquantitativi effettuati sul fiume Adda a valle della confluenza (Fig. 6) non sembrano indicare una fuga di pesci dal torrente Roasco a valle, ove le CSS erano minori. Confrontando l'abbondanza relativa delle diverse classi d'età in situazione pre e post svasso è emersa una ridu-

zione numerica delle classi giovanili: su un totale di 195 individui catturati in agosto il 63% erano giovani con lunghezza totale compresa tra 60 e 150 mm mentre a settembre dei 138 esemplari catturati solo il 48% era costituito da individui della stessa lunghezza. Si è osservato inoltre un deperimento dello stato fisico per gli individui adulti, con K che passa da 1,14 a 0,99 dalla situazione pre a quella post svasso ( $P < 0,05$ ).

I dati relativi all'evento del 2007 confermano che gli effetti negativi di maggior entità sono stati sulle classi giovanili (Fig. 5). A Selve del Dom la popolazione di trota non ha recuperato la stessa numerosità osservata prima delle operazioni del 2006 e dopo il secondo svasso si osserva un'ulteriore riduzione del 36% e del 25% rispettivamente in termini di densità e biomassa (Tab. 2). Nella stazione in zona bandita i dati rilevati mostrano una riduzione della densità dopo il *flushing* del 53% e del 21% per quanto riguarda la biomassa. Come nel 2006 il confronto tra il coefficiente di condizione K calcolato prima e dopo svasso (Tab. 3), ha rilevato un dimagrimento delle trote in entrambe le stazioni, sia per gli adulti che per i sub-adulti ( $P < 0,05$ ).

Per quanto riguarda l'Adda a Mazzo di Valtellina (Fig. 6), è stata osservata una sensibile riduzione del numero di individui di lunghezza compresa tra 160 mm e 240 mm, che ad agosto prima dello svasso rappresentavano circa il 60% di tutte le catture. A settembre, al termine delle operazioni, solo il 25% circa è costituito da esemplari della medesima lunghezza-età. Il coefficiente di condizione è rimasto pressoché invariato.

Il modello di Newcombe & Jensen (1996) può essere un valido strumento nella fase di pianificazione delle operazioni per individuare soglie di CSS compatibili con la vita acquatica. Ne è stata perciò valutata la sua capacità predittiva usando i dati chimico-fisici e biologici raccolti.

I coefficienti applicati sono quelli definiti dagli autori per i salmonidi giovani e adulti e sono rispettivamente pari a:  $A = 1,0642$ ,  $B = 0,6068$ ,  $C = 0,7384$ . Per lo svasso del 2006 il valore di SEV così calcolato risulta pari a 11 sul Roasco (305 ore e  $4.700 \text{ mg l}^{-1}$  di media) e a 10 sull'Adda (305 ore e  $\sim 1.500 \text{ mg l}^{-1}$  di media), corrispondenti rispettivamente ad una mortalità compresa tra 20÷40% e 0÷20%. Nel 2007 la SEV è risultata pari a 10 sul Roasco (283 ore e  $3.000 \text{ mg l}^{-1}$  di media) e a 9 sull'Adda (283 ore e  $\sim 900 \text{ mg l}^{-1}$ ), corrispondente quest'ultima alla soglia degli effetti letali (tasso di crescita ridotto, riduzione densità ittiche). Considerando le densità ittiche stimate prima e dopo lo svasso, il modello tende a sottostimare la mortalità per entrambi gli eventi considerati. Data la complessità del fenomeno studiato, le capacità predittive sono più che adeguate per ottenere delle stime orientative almeno sull'ordine di grandezza degli effetti biologici indotti dalle operazioni di fluitazione. Parte dell'errore predittivo deriva sicuramente dalla mortalità degli stadi giovanili, notevolmente sottostimata dal modello.

#### 4.3. Effetti sulla comunità macrobentonica

Dopo il primo svasso la qualità biologica del Roasco misurata a Selve del Dom passa da una classe I a classe II, in seguito alla riduzione di unità sistematiche (da 19 a 9); rimangono 2 generi di Plecotteri (*Leuctra* e *Perla*) e l'unico genere di Efemerotteri rinvenuto dopo lo svasso è *Baetis*. I dati quantitativi (Fig. 7) indicano una perdita di individui macrobentonici superiore al 90% (da 2.000 a 100 individui circa). I risultati di marzo mostrano il pieno recupero della

Tab. 1 - Medie giornaliere di CSS ( $\text{g l}^{-1}$ ) e portata ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) sul Roasco per i due eventi discussi. I valori del primo giorno (\*) sono relativi a 16,7 e 19,2 ore rispettivamente (dall'inizio delle operazioni).

Tab. 1 - Daily averaged SSC ( $\text{g l}^{-1}$ ) and discharges ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) in the Roasco stream for the two discussed events. First day data (\*) are averaged from the beginning of the operations (16,7 and 19,2 hours respectively).

Data	Selve del Dom		Grosotto	
	1+	2+	1+	2+
8 ago 06	0,98	1,02	1,04	0,98
27 set 06	0,91	0,92	0,86	0,90
7 ago 07	1,05	1,06	0,99	1,00
19 set 07	0,97	0,97	0,95	0,95

comunità sia in termini di IBE che densità (3.200 individui  $\text{m}^{-2}$ ). L'impatto dello svaso del 2007 risulta piuttosto simile in termini di dinamica a quello del 2006: si riduce la diversità macrobentonica e la qualità IBE scende da una classe II-I ad una III classe. A distanza di tre mesi si assiste ad un recupero pressoché completo, con il ritorno ad una classe II-I. I dati di abbondanza concordano con quanto rilevato dall'IBE: le densità diminuiscono del 91% dopo lo svaso rispetto a quelle rilevate in agosto (peraltro già ridotta dell'ordine del 50% per motivi presumibilmente naturali), ma ritornano dopo 3 mesi a livelli antecedenti l'inizio delle operazioni (4.174 individui  $\text{m}^{-2}$  di cui il 78% rappresentati dal genere *Baetis*).

Per quanto riguarda il fiume Adda a Mazzo di Valtellina, i campioni raccolti a marzo ed agosto prima dello svaso del 2006, mostrano una situazione già alterata in partenza, con una classe III che si mantiene invariata. Dopo la svaso ad ottobre la qualità biologica risulta analoga a quella pre-svaso (classe III). Anche la densità (Fig. 7) non varia sensibilmente al termine dell'operazione (da circa 670 individui  $\text{m}^{-2}$  ad agosto a 870 individui  $\text{m}^{-2}$  in ottobre). Nel 2007 la situazione pre-svaso è caratterizzata da una classe di qualità intermedia II-III in marzo e da una III classe in agosto. In modo inatteso, dopo lo svaso, l'indice IBE migliora ad una II classe di qualità, con un punteggio pari a 9 e la presenza di 12 unità sistematiche (rispetto ad un punteggio 6 e 9 unità sistematiche poco prima dello svaso). Nel mese di dicembre la situazione torna simile a quella del resto dell'anno con un punteggio IBE di 6 e una III classe di qualità.

La densità di macroinvertebrati subisce una sensibile diminuzione nel periodo pre-svaso tra marzo e agosto (da circa 5.000 a 870 individui  $\text{m}^{-2}$ ); dopo lo svaso, a settembre, l'abbondanza di macroinvertebrati è simile a quella di agosto, mentre a dicembre si registra un netto incremento, con una densità superiore a quella di settembre (circa 6.700 individui  $\text{m}^{-2}$ ). In base ai risultati ottenuti lo svaso sembra non aver provocato effetti apprezzabili sulle comunità macrobentoniche del fiume Adda.

## 5. CONCLUSIONI

Le modalità operative attuate per la fluitazione dei sedimenti presenti nel bacino di Valgrosina sono state pia-

nificate con il fine di contenere i potenziali danni ecologici al corpo idrico recettore. La misura delle concentrazioni a valle della diga ha permesso di regolare le operazioni nel rispetto dei target stabiliti e nonostante i numerosi picchi di concentrazione (svaso 2006) relativi specialmente alla prima fase delle operazioni, i valori medi sono stati mantenuti al di sotto della soglia definita ( $5 \div 6 \text{ g l}^{-1}$  come media dell'intero periodo). Tra le strategie di rimozione adottate, il dilavamento del fondo mediante modeste portate di ruscellamento coadiuvato dall'utilizzo calibrato di una pala meccanica ha dato i migliori risultati in termini di controllo delle concentrazioni a valle della diga. La rimozione di grandi volumi di sedimento (in questo caso dell'ordine di quelli accumulati in un anno) non può essere considerato un evento a impatto zero. Le concentrazioni, seppur per brevi intervalli di tempo, hanno raggiunto valori di punta elevati ( $70 \div 80 \text{ g l}^{-1}$ ), determinando possibili effetti acuti sugli organismi. L'effetto dei due svassi sull'ittiofauna è stato valutato rispetto alla specie dominante (*Salmo trutta trutta*). Sul Roasco, effluente primario, si sono verificate riduzioni della densità comprese tra il 36% e il 73% e della biomassa comprese tra il 13% e il 66%. Osservando le strutture di popolazione prima e dopo ciascun svaso si può notare chiaramente che l'effetto perturbativo degli eventi studiati è stato tanto maggiore quanto più i pesci erano giovani, divenendo quasi nullo per i pesci adulti. La presenza di giovani dell'anno prima dello svaso del 2007 indica il successo della riproduzione naturale dopo le operazioni del 2006, sebbene le densità e le biomasse ittiche non siano state recuperate completamente dopo il primo evento. Gli effetti fisio-patologici misurati (diminuzione del coefficiente di condizione), uniti alla minor disponibilità di alimento (macrobenthos), potrebbero aver determinato una minor efficienza riproduttiva degli adulti. L'aumento delle portate nel fiume Adda ha consentito un'efficace diluizione del carico di sedimento, rendendo possibile la sostanziale scomparsa di perturbazioni dirette sui pesci.

Per quanto riguarda la valutazione dello Stress Index di Newcombe, quale metodo previsionale per la definizione degli impatti dei solidi sospesi rilasciati nel corso di uno svaso, non è stato possibile confermare, dato il numero limitato di casi studio disponibili, la sua trasferibilità ai corsi d'acqua alpini. Nonostante ciò almeno per il caso della Valgrosina si può considerare adeguato a fornire una stima orientativa dell'entità degli effetti. Ulteriori studi andrebbero condotti per rifinire il modello previsionale sulle nostre specie ponendo maggior attenzione agli stadi giovanili più sensibili.

I risultati riguardanti la comunità macrobentonica evidenziano uno scadimento della qualità biologica (IBE) e una consistente riduzione delle densità. Dopo le operazioni di svaso si è verificata una riduzione di una-due classi di qualità IBE, mentre con un approccio quantitativo nei medesimi siti si sono riscontrate riduzioni di densità macrobentonica nell'ordine del 90% degli individui. La perdita di organismi non ha pesato in misura maggiore sulle specie notoriamente più sensibili alle criticità ambientali (come atteso in caso di inquinamento da materia organica); l'effetto è stato invece proporzionalmente maggiore sui taxa più abbondanti prima dello svaso. L'IBE non è in grado, da questo punto di vista, di cogliere pienamente l'entità degli effetti sulle biocenosi,

mostrando una sensibilità nel rilevare gli impatti di uno svasso certamente inferiore a quella con cui è in grado di discriminare altri tipi di perturbazione. A distanza di pochi mesi dal termine delle operazioni si assiste ad una ricolonizzazione pressoché completa da parte degli organismi di fondo. La comunità macrobentonica si rileva in questo senso meno sensibile all'ittiofauna per le sue notevoli capacità di resilienza. La fauna ittica necessita di tempi più lunghi per tornare alla normalità se non altro perché deve passare almeno un anno con la nascita di nuovi individui per ristabilire le condizioni originarie. Nel caso in cui uno svasso, come quello della Valgrosina, assuma una cadenza annuale, è necessario, per la salvaguardia del popolamento ittico presente a valle, che l'effetto sui pesci riguardi esclusivamente la classe degli individui 0<sup>+</sup> (i giovani nati nell'anno) con una riduzione quantitativa che non ecceda i tassi di mortalità naturali di questa classe. La ripetizione annuale dell'evento consente indubbiamente di ridurre l'incontrollabilità dello stesso e l'occorrenza di picchi elevati di concentrazione, ma accresce il rischio di amplificazione del danno biologico. Qualora siano evidenziati effetti sulla popolazione che non possano essere recuperati naturalmente in un anno, diventano opportuni interventi di ripopolamento ittico che consentano di ridurre i tempi rispetto ad un processo di recupero naturale.

## BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA & WEF, 2005 - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st edn). American Public Health Association, Washington, 1, 368 pp.
- Ciutti F., Cappelletti C., Monauni C. & Pozzi S., 2000 - Effetti dello svasso controllato di un bacino idroelettrico sulla comunità dei macroinvertebrati. *Riv. Idrobiol.*, 39: 165-184.
- Garric J., Migeon B. & Vindimian E., 1990 - Lethal effects of draining on brown trout: a predictive model based on field and laboratory studies. *Wat. Res.* 24/1: 59-65.
- Gerster S. & Rey P., 1994 - *Conséquences écologiques des curages dans les bassins de retenue*. Cahier de l'environnement n° 219, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne, 47 pp.
- Ghetti P.F., 1997 - *Indice Biotico Esteso IBE. Manuale di applicazione. I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, Trento, 222 pp.
- Morisi A. & Battezzore M., 2002 - Valutazione dell'effetto delle operazioni di svuotamento di un invaso idroelettrico sulle comunità bentoniche di un torrente alpino (Torrente Kant, Cuneo, Piemonte). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 78/1: 43-48.
- Newcombe C.P. & Jensen J.O.T., 1996 - Channel Suspended Sediment and Fisheries: a Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 16: 693-727.