

Esperienze e strategie di mitigazione nella gestione dell'interrimento dei serbatoi in Provincia di Sondrio - Il progetto ECOIDRO

Daniele Moroni – Provincia di Sondrio, Giuseppe Crosa – Università degli Studi dell'Insubria, Paolo Espa – Università degli Studi dell'Insubria

Sommario

Nei tre anni del Progetto Interreg denominato ECOIDRO, la Provincia di Sondrio, capofila del progetto, e l'Università degli Studi dell'Insubria hanno partecipato alla progettazione di interventi di rimozione dei depositi di sedimento da serbatoi del territorio provinciale. La tecnica utilizzata è stata la fluitazione, ossia il trasporto a valle dello sbarramento ad opera delle acque degli immissari. Particolare attenzione è stata rivolta al controllo delle operazioni e cioè alla regolazione delle quantità di sedimento scaricato in rapporto alle concentrazioni soglia prestabilite per i solidi in sospensione nei tratti a valle degli sbarramenti e al monitoraggio biologico per valutarne gli impatti.

1. Introduzione

Il carattere di risorsa non rinnovabile della capacità dei serbatoi e la necessità di gestione sostenibile di questa risorsa è emersa sin dagli anni '90 (*Morris & Fan, 1997*). D'altro canto, le pratiche attuate per fronteggiare l'interrimento dei serbatoi possono impattare anche considerevolmente sull'ambiente. Tra esse, la fluitazione può rivelarsi un'efficace alternativa tecnica. Tra i principali problemi pratici che si pongono nel realizzare un intervento del genere (*Crosa et al., 2010*) occorre considerare: 1) stabilirne i limiti in termini di durata delle operazioni e concentrazione dei solidi in sospensione (CSS); 2) effettuare le operazioni nel rispetto dei suddetti limiti valutando anche gli effetti sull'ecosistema acquatico.

Relativamente alle operazioni di sfangamento documentate, i valori limite della CSS media sono stati fissati riferendosi ai risultati di uno studio

predisposto all'uso dalla Provincia di Sondrio (Regione Lombardia, 2008). Si è operato al contempo affinché gli inevitabili picchi di CSS fossero il più possibile contenuti. La tecnica di evacuazione, fluitazione a serbatoio vuotato con l'ausilio di macchine movimento-terra, è stata comune a tutte le operazioni. Le portate in gioco (sia quelle immesse nel serbatoio che quelle scaricate lungo l'asta da tributari regolati) sono state modulate per raggiungere gli obiettivi dell'intervento. Il controllo e la regolazione dei lavori sono stati attuati mediante misure di CSS in continuo con turbidimetri ottici. Il monitoraggio della CSS è stato frequentemente esteso per lunghi tratti a valle dei serbatoi per quantificare deposizione/diluizione dei sedimenti lungo l'asta fluviale interessata. A tutte le operazioni è stata infine affiancata una campagna di monitoraggio biologico pre/post per quantificare gli effetti dell'intervento e guidare analoghe attività in futuro.

La presente memoria si propone di delineare per sommi capi le operazioni di evacuazione di sedimento condotte nell'ambito del Progetto Interreg denominato ECOIDRO, rimandando eventuali approfondimenti alla documentazione di maggiore dettaglio.

2. Operazioni di fluitazione

2.1 Contesto, management, misure fisiche

Le operazioni di fluitazione condotte nell'ambito di ECOIDRO riguardano i serbatoi di Cancano e Sernio sull'asta dell'Adda e quello di Madesimo sul Torrente Scalcoggia, piccolo tributario del Liro (Figura 1). Questi interventi si differenziano per specifiche dei serbatoi (Tabella 1), stagione di effettuazione della manovra e relativi deflussi utilizzabili, caratteristiche morfologiche ed ecologiche dell'alveo interessato, conseguente lunghezza delle aste fluviali monitorate (Figura 1, Tabella 2), volumi evacuati e durata dei lavori (Tabella 3).

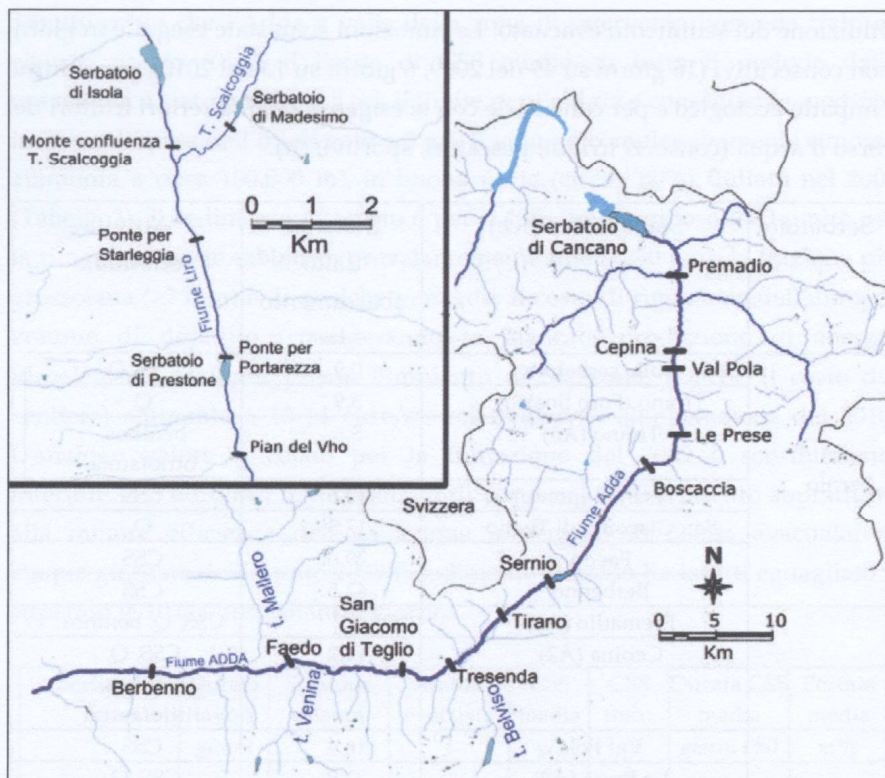


Figura 1 – Planimetria delle aste fluviali oggetto di indagine con rispettive stazioni di misura (CSS e portata) e di monitoraggio biologico.

Serbatoio	Corso d'acqua sbarrato	Quota di max. regolazione	Capacità	Area bacino tributario
		<i>m (s.l.m.)</i>	<i>Mm³</i>	<i>km²</i>
Sernio	Adda	497	0,705	885
Cancano	Adda	1.901	124	270
Madesimo	Scalcoggia	1.525	0,13	25

Tabella 1 – Principali specifiche dei serbatoi soggetti a fluitazione.

La fluitazione del serbatoio di Sernio (Espa *et al.*, 2010; Espa *et al.*, 2012[a]; Espa *et al.*, 2012[b]) ha avuto luogo a cavallo tra tarda primavera ed estate, negli anni 2009 (dal 23 maggio al 10 luglio) e 2010 (dal 9 al 20 luglio), potendo disporre in tal modo dei massimi deflussi stagionali per trasporto e

diluizione del sedimento evacuato. Le rimozioni sono state eseguite in giorni non consecutivi (16 giorni su 49 nel 2009, 6 giorni su 13 nel 2010), per ridurre l'impatto ecologico e per conciliarle con le esigenze degli ulteriori fruitori del corso d'acqua (consorzi irrigui, pescatori, sportivi, ...).

Serbatoio	Stazione (codice)	Distanza dallo sbarramento <i>km</i>	Attività effettuata
Sernio	Valle serbatoio	0,9	CSS, Q
	Tirano (Foro Boario)	3,9	Q
	Tirano (A5)	5,6	benthos, ittiofauna
	Tresenda (ponte)	12,6	CSS
	San Giacomo di Teglio	17,3	Q
	Faedo	29,0	CSS
	Berbenno	42,5	CSS
Cancano	Premadio (A1)	6,7	CSS, Q, benthos
	Cepina (A2)	14,2	CSS, Q, benthos, ittiofauna
	Val Pola	16,4	CSS
	Le Prese (A3)	22,9	CSS, Q, benthos, ittiofauna
	Boscaccia (A4)	28,2	benthos, ittiofauna
	Sernio	42,7	CSS, Q
	Tirano (A5)	48,3	benthos, ittiofauna
	Tresenda (A6)	50,6	benthos
Madesimo	T. Scalcoggia (S1)	0,2	benthos
	Liro a monte confluenza T. Scalcoggia (L1)	0,3 a monte confl.	benthos
	Ponte per Starleggia	3,1	CSS, Q
	Ponte per Portarezza (L2)	5,1	CSS, benthos, ittiofauna
	Pian del Vho (L3)	6,9	benthos

Tabella 2 – Stazioni di misura (CSS e portata - Q) e di monitoraggio biologico (benthos e ittiofauna).

Tenuto conto che l'Adda a valle della zona di intervento possiede tratti di elevato pregio ittico, il limite di CSS medio su tutto il periodo delle operazioni è stato posto a 1,5 g/l, il limite per l'allerta e conseguente modifica in corso d'opera dell'intervento a 3 g/l. Il volume complessivamente rimosso ammonta a circa 100.000 m³, in buona parte (circa l'80%) fluitato nel 2009 (Tabella 3). Il sedimento evacuato è per il 40% limo/argilloso (<63 µm) e per la rimanente parte sabbioso, prevalentemente fine (<250 µm); la frazione più grossolana (>2 mm) è di qualche percento. Il costo di rimozione dell'unità di volume di deposito (considerando la mancata produzione di energia idroelettrica, perlopiù presso l'impianto di Stazzona, nonché il costo del cantiere) ammonta a 13-14 euro/m³ relativamente all'operazione del 2010. L'analogo valore calcolato per la fluitazione del 2009 è sensibilmente inferiore (4-5 euro/m³). L'incremento di costo nel 2010 è dovuto soprattutto alla minore efficienza dell'operazione in termini di massa evacuata: in cinque giornate dell'evento 2009 il sedimento rimosso ha infatti eguagliato o superato le 10.000 tonnellate al giorno.

Serbatoio/ Anno	Durata lavori	Stazione misura	Massa evacuata	CSS media	CSS max.	Durata CSS media	Portata media
	<i>giorni</i>		<i>t</i>	<i>g/l</i>	<i>g/l</i>	<i>giorni (%)</i>	<i>m³/s</i>
Sernio/ 2009	16	Sernio	104.000	0,8	6,2	5,6 (35%)	70
Sernio/ 2010	6	Sernio	25.000	0,73	3,6	2,5 (41%)	60
Cancano/ 2010	46	Premadio	14.500	3,5	38,2	11,9 (25,8%)	0,97
		Le Prese	4.500	0,3	4,1	12,4 (27%)	3,5
Cancano/ 2011	53	Premadio	71.000	7,9	>50	15,3 (28,9%)	1,34
		Le Prese	13.500	0,3	6,1	9 (17%)	4,8
Madesimo/2 010	3	Ponte per Starleggia	16.000	2,5	16,6	1,2 (40%)	11

Tabella 3 – Principali specifiche delle operazioni di fluitazione effettuate.

La fluitazione del serbatoio di Madesimo è stata condotta nell'autunno del 2010 per tre giorni consecutivi (dal 19 al 21 ottobre). La consistente portata

(oltre 10 m³/s – Tabella 3) per trasportare e diluire il sedimento lungo l'asta del Liro è stata fornita dal serbatoio di Isola (Figura 1). Il limite di CSS medio su tutto il periodo delle operazioni è stato posto a 10 g/l. Il volume rimosso ammonta ad oltre 12.000 m³. Il sedimento evacuato è per il 30% limo/argilloso e per la rimanente parte perlopiù sabbioso e ben assortito; la frazione più grossolana (compresa tra 1 e 4 mm) rappresenta circa il 25%. Data la composizione del materiale fluitato, questa operazione ha avuto come conseguenza una deposizione consistente del sedimento lungo l'asta dei torrenti Scalcoggia e Liro. Il costo di rimozione dell'unità di volume di deposito è stato stimato in 7-8 euro/m³. La fluitazione del serbatoio di Cancano (Espa *et al.*, 2011) ha avuto luogo tra fine inverno e inizio primavera, negli anni 2010 (dal 9 marzo al 24 aprile) e 2011 (dal 18 febbraio all'11 aprile). A causa delle basse temperature del periodo, le portate complessivamente disponibili per trasporto e diluizione del sedimento evacuato erano relativamente modeste. D'altro canto, malgrado le difficoltà incontrate, non è stato possibile selezionare un periodo alternativo a causa delle dimensioni del serbatoio (Tabella 1) e della ridotta capacità dello scarico di esaurimento. I limiti stabiliti per la CSS (media su tutto il periodo) erano variabili in relazione alla distanza dallo sbarramento: 3 g/l tra Le Prese e Sernio (Figura 1 e Tabella 2), 1,5 g/l a valle dello sbarramento di Sernio. Nel tratto più a monte si è preferito non fissare limiti a causa dell'estrema difficoltà nell'assicurare il controllo del sistema; si è tuttavia potuto beneficiare di un piccolo bacino lungo l'asta dell'Adda a circa 16 km dalla diga di Cancano (Val Pola - Tabella 2) per far depositare buona parte del sedimento fluitato e contenere sensibilmente la CSS a valle del bacino stesso. Il volume complessivamente rimosso nelle due operazioni ammonta a oltre 65.000 m³, in buona parte (più dell'80%) fluitato nel 2011 (Tabella 3). Il sedimento evacuato è essenzialmente limo/argilloso (<63 µm) con frazione argillosa (<4 µm) del 15÷20%. Il costo di rimozione dell'unità di volume di deposito è stato stimato in circa 50 euro/m³ relativamente all'operazione del 2010 e 35 euro/m³ nell'anno successivo, quando i volumi evacuati furono decisamente maggiori. Ambedue i valori sono comunque elevati e influenzati dagli elevati costi del cantiere e dalla durata delle operazioni.

2.2 Impatto biologico

Dall'emanazione della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), recepita in Italia con il D. Lgs. 152/2006, ha assunto un'importanza sempre maggiore la tutela della qualità dei corpi idrici, da definirsi attraverso l'utilizzo di indicatori chimico-fisici, idromorfologici e soprattutto biologici. Si è reso quindi necessario un attento monitoraggio delle operazioni di fluitazione che, come noto, possono avere ripercussioni negative sugli habitat e sulle componenti biologiche degli emissari, a causa dell'aumento della CSS (Molinos & Donohue, 2009), della deposizione di sedimento in alveo (Larsen et al., 2011) e delle portate talora elevate (Robinson et al., 2008). L'impatto delle fluitazioni oggetto di studio è stato valutato sui macro-invertebrati bentonici e sull'ittiofauna in quanto diatomee e macrofite, gli altri due indicatori biologici previsti dalla Direttiva Quadro, sono stati finora utilizzati unicamente per monitorare inquinamento organico ed eutrofizzazione.

In Tabella 4 e 5 sono riportati i risultati delle campagne di monitoraggio condotte prima delle fluitazioni e dopo di esse; relativamente al benthos, il mese successivo (Post I) e 3-5 mesi dopo (Post II). È necessario evidenziare che i tratti monitorati sono interessati da altre perturbazioni di origine antropica, in particolare la regolazione dei deflussi connessa all'attività delle centrali idroelettriche. Sono inoltre frequenti le alterazioni morfologiche (tratti canalizzati, briglie) che spesso determinano perdita di habitat ripariale e di continuità fluviale. L'impatto derivante dagli scarichi civili, industriali, agricoli e zootecnici sembra invece limitato e perlopiù circoscritto alle punte di afflusso turistico. In tutte le stazioni di monitoraggio, la comunità macrobentonica rilevata nei campionamenti pre-fluitazione è caratterizzata dalla predominanza di taxa ubiquitari e tolleranti quali *Leuctra*, *Baetis*, *Limnephilidae*, *Chironomidae*, *Simuliidae* e *Limoniidae*. Nella maggior parte dei casi la fluitazione determina una riduzione della densità (Tabella 4), in genere non taxa-specifica. I picchi di densità (> 5.000 ind/m²) sono dovuti a dei boom delle popolazioni di specifici taxa, come *Limnephilidae*, *Simuliidae* e *Chironomidae*.

L'indice STAR_ICMi, la cui applicazione è prevista dalla normativa vigente (DM 260/2010), solitamente diminuisce dopo le fluitazioni nelle stazioni più vicine ai serbatoi, comportando in alcuni casi un abbassamento della classe

di qualità (Tabella 4). Nonostante l'elevata variabilità dei dati dovuta ai numerosi fattori perturbativi sinteticamente richiamati in precedenza, gli eventi monitorati non hanno determinato un significativo peggioramento della struttura della comunità bentonica esistente ed i tempi di recupero osservati si sono rivelati relativamente brevi (dell'ordine di qualche mese).

Serbatoio/Anno	Stazione	Densità (n/m^2)			STAR-ICMi*		
		Pre	Post I	Post II	Pre	Post I	Post II
Madesimo 2010	S1	2.479	9	1.826	0,93	0,64	0,61
	L1	2.153	1.311	5.635	0,96	1,07	1,13
	L2	1.832	371	10.876	0,83	1,02	1,17
	L3	1.217	2.636	7.544	0,94	1,01	0,97
Sernio 2009	A5	1.694	900	578	0,86	0,53	0,78
Sernio 2010	A5	86	176	1.614	0,53	0,62	0,78
Cancano 2010	A1	858	209	217	0,85	0,83	0,80
	A2	634	512	94	0,75	0,52	0,64
	A3	7.614	897	268	0,71	0,89	0,61
	A4	3.310	470	236	0,60	0,60	0,49
	A5	746	936	86	0,76	0,77	0,53
	A6	846	297	3.471	0,95	0,75	0,92
Cancano 2011	A1	871	179	93	0,85	0,67	0,51
	A2	3.286	497	731	0,78	0,67	0,74
	A3	11.664	1.964	2.666	0,85	0,89	0,86
	A4	18.416	2.309	1.512	0,77	0,76	0,67
	A5	4.845	1.471	260	0,88	0,78	0,66
	A6	3.677	821	42	0,97	0,77	0,71

*Classe di qualità STAR_ICMi: azzurro = ottima, verde = buona, giallo = sufficiente

Tabella 4 – Risultati del monitoraggio dei macroinvertebrati pre e post fluitazione.

Per quanto riguarda la fauna ittica (Tabella 5), tutti i tratti indagati sono caratterizzati dalla presenza di popolazioni di trota fario e, in alcuni casi (L2 e A5), di scazzone. È stata inoltre rilevata la presenza sporadica di temolo, vairone, trota marmorata, trota iridea e ibridi di trota. Le popolazioni di trota fario sono fortemente influenzate da prelievi (eccetto L2 – divieto assoluto di pesca) ed immissioni connesse alla pesca sportiva. In alcuni tratti, la situazione pre-fluitazione è caratterizzata da densità relativamente basse (Tabella 5) verosimilmente imputabili alla scarsità di habitat idonei. A grandi linee è emerso che gli effetti più evidenti delle fluitazioni si riscontrano nelle

stazioni più vicine al serbatoio fluitato e sugli individui più giovani, tuttavia dai risultati complessivi del monitoraggio della fauna ittica non si evidenziano impatti di particolare rilievo. In particolare, nei tratti in cui sono presenti popolazioni naturali di scazzone (L2 e A5), piccola specie bentonica di elevato valore naturalistico (Direttiva Habitat - 92/43/CEE), queste mantengono densità e biomassa simili a quelle pre-fluitazione.

Serbatoio/Anno	Stazione	Specie	Densità (ind/ha)		Biomassa (kg/ha)		
			Pre	Post	Pre	Post	
Madesimo/2010	L2	Trota fario	2.416	1.174	206,6	104,3	
		Scazzone	632	1.249	10,7	18,1	
Sernio/2009	A5*	Trota fario	119 [†]	62 [†]	-	-	
		Scazzone	178	106	-	-	
Sernio/2010	A5*	Trota fario	122	96	-	-	
		Scazzone	134	380	-	-	
Cancano/2010	A2	Trota fario	1.068	537	80,8	43,4	
	A3	Trota fario	636	335	34,4	37,7	
	A4	Trota fario	841	909	48,5	73,1	
	A5*	Trota fario	62	122	-	-	
Cancano/2011	A5*	Scazzone	106	134	-	-	
		A2	Trota fario	581	378	51,5	31,2
		A3	Trota fario	955	506	75,6	38,7
		A4	Trota fario	909	832	73,1	60,9
Cancano/2011	A5*	Trota fario	96	70	-	-	
		Scazzone	380	537	-	-	

* campionamento non quantitativo

[†] campionamento eseguito 2 km a monte

Tabella 5 – Risultati del monitoraggio della fauna ittica pre e post fluitazione

Le operazioni di fluitazione dovrebbero essere ripetute annualmente per aumentare sia il controllo delle SSC che la sostenibilità ambientale.

Ringraziamenti. Gli autori ringraziano Regione Lombardia, Autorità Concedente delle operazioni di fluitazione, Unione Pesca Sportiva della Provincia di Sondrio, i gestori degli impianti idroelettrici e sponsor di ECOIDRO: EDIPOWER, ENEL, EDISON e A2A.

Bibliografia

- Crosa G., Castelli E., Gentili G., Espa P. (2010). *Effects of suspended sediments from reservoir flushing on fish and macroinvertebrates in an alpine stream*. Aquatic Sciences, 72: 85-95.
- Espa P., Brignoli M.L., Previde Prato A., Castelli E., Crosa G., Gentili G. (2010). *Rimozione di sedimenti per fluitazione dal serbatoio di Sernio (SO)*, XXXII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Palermo.
- Espa P., Brignoli M.L., Previde Prato A., Castelli E., Crosa G., Gentili G., Bondiolotti F. (2011). *Controlled sediment flushing of Cancano reservoir*, 79th ICOLD Annual Meeting, Lucerne, Switzerland.
- Espa P., Brignoli M.L., Previde Prato A., Crosa G., Quadroni S., Gentili G. (2012a). *Rimozione di sedimenti per fluitazione controllata dal serbatoio di Sernio: studio del trasporto solido a valle dello sbarramento*, XXXIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Brescia.
- Espa P., Brignoli M.L., Previde Prato A., Crosa G., Quadroni S., Gentili G. (2012b). *Field investigation of controlled sediment flushing at Sernio pondage*, 9th International Symposium on Ecohydraulics, Vienna, Austria.
- Larsen S., Pace G., Ormerod J. (2011). *Experimental effects of sediment deposition on the structure and function of macroinvertebrate assemblages in temperate streams*. River Research and Applications, 27: 257-267.
- Molinos J.G. & Donohue I. (2009). *Differential contribution of concentration and exposure time to sediment dose effects on stream biota*. Journal of the North American Benthological Society, 28(1): 110-121.
- Morris G.L. & Fan J. (1997). *Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use*. Mc Graw Hill, New York.
- Regione Lombardia (2008). *Definizione dell'impatto degli svassi dei bacini artificiali sull'ittiofauna e valutazione di misure di protezione*, Quaderni della Ricerca, 90, DG Agricoltura, Milano.
- Robinson C.T. & Uehlinger U. (2008). *Experimental floods cause ecosystem regime shift in a regulated river*. Ecological Applications, 18(2): 511-526.