

Comitato permanente di difesa
delle acque del Trentino



Documento di osservazioni sul progetto denominato:
**“Programma per il recupero e la conservazione del
volume di invaso della diga di Ponte Pià
Progetto di riqualificazione e recupero dell'area in
sponda destra in coda al lago di Ponte Pià”**

Codice progetto: SCR-2026-01

Criticità progettuali, alternative tecniche e principio di tutela ambientale

Progetto: Hydro Dolomiti Energia S.r.l.
Fiume Sarca, Provincia Autonoma di Trento

INDICE

1. Premessa e obiettivi del presente documento

2. Il contesto: la diga di Ponte Pià e il problema della sedimentazione

- 2.1 Caratteristiche tecniche dell'impianto e del sistema idroelettrico a cascata
- 2.2 Dati di interrimento e stima del trasporto solido
- 2.3 La distribuzione granulometrica dei depositi: un dato strategico
- 2.4 Gli impatti a valle: una catena di effetti documentata

3. Analisi critica del progetto proposto

- 3.1 Impostazione statica di un fenomeno dinamico
- 3.2 Temporaneità strutturale della soluzione
- 3.3 Il destino del materiale grossolano: una doppia perdita irreversibile
- 3.4 Il rilascio di 1.000 m³/anno: un adempimento formale privo di sostanza
- 3.5 Violazione delle prescrizioni del D.M. 205/2022
- 3.6 Assenza di analisi delle alternative
- 3.7 La falsa "riqualificazione": consumo di suolo e perdita di habitat
 - 3.7.1 Opere idrauliche accessorie: artificializzazione dei corsi d'acqua minori
 - 3.7.2 Guado temporaneo sul Fiume Sarca
 - 3.7.3 Infrastrutture ricreative in area di tutela ambientale
 - 3.7.4 Armatura spondale: la "riqualificazione" armata
- 3.8 Habitat prioritario 91E0*: un rischio non valutato e una classificazione indifendibile
- 3.9 Stato ecologico del Sarca a valle: il Piano di Tutela delle Acque contraddice il progetto
- 3.10 Il piano di monitoraggio ambientale: un piano di controllo dei rifiuti, non dell'ecosistema
- 3.11 Incongruenze nei dati di progetto e questioni irrisolte
- 3.12 Iter procedurale: la procedura di screening VIA e la necessità di VIA completa

4. Il principio guida: la tutela ambientale come priorità irrinunciabile

5. Stato dell'arte della gestione dei sedimenti negli invasi idroelettrici

- 5.1 Categoria 1: Prevenzione dell'ingresso di sedimenti (RED-SED)
- 5.2 Categoria 2: Intradamento dei sedimenti (ROU-SED)
- 5.3 Categoria 3: Rimozione e redistribuzione (REM-SED)
- 5.4 Categoria 4: Strategie adattive (AD-STG)
- 5.5 Innovazione: le tecniche EPFL per i sedimenti fini in invasi alpini
- 5.6 Il ruolo dei metodi multicriteri di decisione (MCDM)

6. Applicabilità al caso Ponte Pià: alternative e raccomandazioni

- 6.1 Lo scarico di fondo: caratteristiche note e opportunità strutturale
- 6.2 Il sistema a cascata: opportunità di gestione coordinata
- 6.3 Analisi di applicabilità per ciascuna tecnica
- 6.4 Redistribuzione diffusa del sedimento: verso la riqualificazione ecosistemica
- 6.5 Il lavoro di concerto con gli uffici provinciali competenti ed enti di ricerca
- 6.6 Verso un Piano di Gestione integrato e di lungo periodo

7. Conclusioni

Riferimenti bibliografici e documenti di progetto

1. Premessa e obiettivi

Il presente documento costituisce un'analisi critica integrata di sette elaborati: .

R01 - Progetto Fattibilità Tecnico Economica (08/05/2025) - Ing. Raffaele Ferrari

R02 - Relazione Geologico-Tecnica (05/2025) - Dott. Rinaldo Bussola

R04 - Relazione Idrologico-Idraulica (08/05/2025) - Ing. Raffaele Ferrari

R05 - Relazione Paesaggistica (08/05/2025) - Ing. Raffaele Ferrari

R06 - Piano di Monitoraggio Ambientale (08/05/2025) - Ing. Raffaele Ferrari

R07 - Studio di Compatibilità Idraulica (08/05/2025) - Ing. Raffaele Ferrari

Studio Preliminare Ambientale (14/01/2026) - Ing. Michele Buratti

Tavole progettuali: Tav. 09 (Profili), Tav. 11-12 (Sezioni Tipo), Tav. 13-15 (Planimetria e Particolari Sistemazioni Idrauliche e Attraversamenti)

L'analisi integrata di questi documenti ha permesso di ricostruire un quadro complessivo del progetto significativamente articolato evidenziando criticità tecniche, ambientali e procedurali di rilievo.

Questo testosi propone due obiettivi distinti e complementari. Il primo è evidenziare le criticità del progetto nella sua attuale configurazione. Il secondo è offrire una panoramica sistematica e aggiornata delle tecnologie di gestione dei sedimenti disponibili a livello mondiale, con particolare attenzione alle soluzioni che privilegiano il rilascio verso valle e la sostenibilità di lungo periodo, stimolando una riflessione sulla possibilità di redistribuzione diffusa del sedimento sul territorio (compresi gli alvei fluviali la cui connettività nel trasporto dei sedimenti è stata interrotta) anche attraverso il coordinamento con gli uffici provinciali competenti.

Principio guida

Il principio che informa ogni valutazione del presente documento è la priorità della tutela ambientale rispetto alle esigenze di semplificazione gestionale o di convenienza economica di breve termine. Non è accettabile che la necessità di smaltire i sedimenti estratti dall'invaso giustifichi ulteriore consumo di suolo, nuova cementificazione o la distruzione di potenziali habitat rari consolidatisi nel tempo. I sedimenti dell'invaso non sono rifiuti da smaltire: sono risorse fuori posto, preziose per il sistema fluviale che ne è stato privato.

2. Il contesto: la diga di Ponte Pià e il problema della sedimentazione

2.1 Caratteristiche tecniche dell'impianto e del sistema idroelettrico a cascata

La diga di Ponte Pià è una diga ad arco a doppia curvatura, sfiorante nella parte centrale, sul Fiume Sarca (Forra della Scaletta). Il Piano di Monitoraggio Ambientale (R06) ha chiarito che l'impianto si inserisce in un sistema idroelettrico a cascata più ampio: a monte è presente la Vasca Val di Genova (anch'essa gestita da Hydro Dolomiti Energia S.r.l.), mentre a valle si trovano il Lago di Santa Massenza, il Lago di Toblino e il Lago di Cavedine. Questo dato ha implicazioni dirette per la gestione dei sedimenti, come si approfondirà nella sezione 6.2.

La Relazione Geologico-Tecnica (R02) e il Piano di Monitoraggio (R06) chiariscono inoltre la struttura delle opere di scarico, che è di importanza centrale per la valutazione delle alternative gestionali:

Parametro	Valore (documento fonte)
Tipo struttura	Diga ad arco a doppia curvatura, sfiorante nella parte centrale
Altezza (D.M. 26/06/2014)	57,5 m - altezza di massima ritenuta: 48,5 m
Quota coronamento	467,50 m s.l.m.
Quota massimo invaso	466,50 m s.l.m.
Soglia di tracimazione diga	464,00 m s.l.m. (R06)
Quota massima regolazione	463,50 m s.l.m.
Quota minima regolazione	452,50 m s.l.m.
Scarico di superficie laterale	Sponda destra, 40 m dalla diga, soglia a 455,50 m s.l.m. (R06)
Scarico di mezzofondo	Sponda sinistra (quota non specificata nei documenti disponibili) (R06)
Scarico di fondo	Sponda sinistra, 2 luci da 2,10 × 3,70 m, soglia a 435,00 m s.l.m. (R06) - sezione totale ~15,5 m ²
Opera di presa	Sponda sinistra, soglia a 447,00 m s.l.m. (R06)
Superficie specchio liquido al massimo invaso	0,49 km ² (R06)
Superficie specchio liquido alla max regolazione	0,36 km ² (R06)
Superficie specchio liquido alla min regolazione	0,12 km ² (R06)
Volume totale invaso (D.M. 2014)	4,87 × 10 ⁶ m ³
Volume utile di regolazione	3,07 × 10 ⁶ m ³
Bacino imbrifero direttamente sotteso all'invaso	156 km ² (R06)
Bacino imbrifero allacciato a valle	40 km ² (R06)

Parametro	Valore (documento fonte)
Bacino imbrifero complessivo del sistema	582,7 km ² (R06)
Funzione	Regolazione giornaliera e settimanale per la centrale di Santa Massenza

Lo scarico di fondo

Il Piano di Monitoraggio (R06) rivela che lo scarico di fondo ha 2 luci da 2,10 × 3,70 m, per una sezione totale di circa 15,5 m², con soglia a 435,00 m s.l.m. - ovvero 17,5 m sotto il minimo di regolazione e 28,5 m sotto il massimo di regolazione. Questa è una struttura di notevole capacità idraulica potenziale, che non sembra sia stata considerata per operazioni di gestione del sedimento (flushing, sluicing, turbidity current venting) in nessuno dei cinque documenti analizzati.

2.2 Dati di interrimento e stima del trasporto solido

Il rilievo batimetrico del novembre 2024 ha stimato un volume totale da rimuovere di 334.000 m³ entro il 2029, accumulato tra il 2007 e il 2029 (circa 22 anni). Il tasso di accumulo stimato è nell'ordine di 15.000-20.000 m³/anno. Con questo ritmo, entro il 2050 l'invaso avrà accumulato altri 350.000-375.000 m³ di sedimento. Lo spazio fisico del rilevato in sponda destra sarà già occupato. Il progetto non offre quindi risposta alla gestione di questo prevedibile scenario: la necessaria progettualità utile alla gestione del sedimento finora accumulato non dovrebbe precludere i proponenti dallo studio di soluzioni atte ad evitare che il problema ciclicamente si ripresenti, con effetti come vedremo non certo limitati al solo accumulo.

2.3 La distribuzione granulometrica dei depositi

Lo SPA e la Relazione Geologica (R02) forniscono la caratterizzazione granulometrica per aree di scavo, confermata dalla classificazione geotecnica del R02 (classi HRB A1, A2, A2.4, A2.5 per la componente ghiaioso-sabbiosa). Questa informazione è di importanza strategica per valutare il destino appropriato di ciascuna frazione.

Area di scavo	Localizzazione	Spessore depositi	Granulometria e classificazione geotecnica
Area 1	Foce del Rio Val d'Algone (sponda sinistra)	8-9 m	Grossolana: ghiaie e ciottoli (classe HRB A1-A2). Destinazione prevista dal progetto: fondazioni del rilevato + cessione commerciale
Area 2	Sponda destra in coda lago	5-6 m	Fine: sabbia limosa, argille con sabbia (classe HRB con limo e argilla, campione n°5 francamente limoso-argilloso). Destinazione: riempimenti a tergo del rilevato
Area 3	Sponda sinistra in coda lago	2-3 m	Variabile (da R02: prevalentemente ghiaioso-sabbiosa nella coda lago occidentale)

La Relazione Geologica (R02, sez. 4.2) descrive esplicitamente la sequenza costruttiva: il materiale grossolano dell'Area 1 viene estratto per primo e impiegato come "strato di appoggio di base del rilevato" e per i "tomi e scarpate d'argine". Questo significa che le ghiaie e i ciottoli - la frazione ecologicamente più preziosa per il ripristino del Sarca a valle - sono strutturalmente destinati a diventare le fondamenta permanenti del rilevato artificiale. La compromissione di questa risorsa è dunque ancora più definitiva di quanto indicato nello Studio Preliminare Ambientale, che si limita a menzionarne la parziale cessione commerciale.

2.4 Gli impatti a valle

Lo studio del 2023 commissionato dal Comune di Dro a BIOS-IS S.r.l. ha certificato le conseguenze del deficit di sedimenti nel tratto a valle della diga:

- Restringimento marcato dell'alveo attivo nel Basso Sarca
- Incisione del fondo alveo nell'ordine di 100 cm nel territorio del Comune di Arco, nonostante la presenza diffusa di briglie di fondo
- Grave deficit di letti di frega per la trota (*Salmo trutta*) per carenza di ghiaia e sabbia grossolana
- Impatto negativo sulla componente macrobentonica, indicatore chiave della qualità ecologica fluviale

Questi impatti si estendono fino alla foce del Sarca nel Lago di Garda. La scala degli effetti è enormemente più ampia di quella considerata dal progetto. Il Piano di Monitoraggio (R06) descrive con precisione la morfologia del Sarca a valle - da Ponte Arche (400 m s.l.m.) fino a Torbole (68 m s.l.m., sbocco nel Lago di Garda) - ma non prevede alcun monitoraggio sistematico di questi tratti.

3. Analisi critica del progetto proposto

3.1 Impostazione statica di un fenomeno dinamico

La debolezza fondamentale del progetto è concettuale: tratta un fenomeno dinamico e continuo come un problema statico e risolvibile *una tantum*. I fiumi non trasportano solo acqua: il trasporto di sedimenti è una funzione essenziale e continua del sistema fluviale. L'interruzione di questo trasporto da parte della diga è la causa prima del problema e non può essere affrontata con un singolo intervento di rimozione. Il manuale IDRAIM di ISPRA, riferimento metodologico nazionale per la valutazione della qualità morfologica ai sensi della Direttiva Quadro Acque, è assente in tutti e cinque i documenti analizzati.

3.2 Temporaneità strutturale della soluzione

Con un apporto solido stimato di 15.000-20.000 m³/anno, nel 2050 l'invaso si troverà in situazione di nuova criticità. Il rilevato occuperà già lo spazio disponibile in sponda destra e non sarà possibile ripetere l'operazione con la stessa logica. Nessuno dei documenti analizzati affronta questo scenario.

3.3 Il destino del materiale grossolano

La Relazione Geologica (R02) ha rivelato che la compromissione del materiale grossolano è più grave di quanto emerga dallo Studio Preliminare Ambientale. Si tratta in realtà di una doppia perdita, entrambe irreversibili:

- **Prima perdita** - fondazioni del rilevato: le ghiaie e i ciottoli dell'Area 1 (foce Rio Val d'Algone, spessori di 8-9 m) vengono estratti per primi e utilizzati come "strato di appoggio di base del rilevato" e per i paramenti esposti verso il bacino (R02, sez. 4.2 e 8.2). Una volta incorporati nelle fondamenta del rilevato, sono irrecuperabili a qualsiasi fine di ripascimento fluviale.
- **Seconda perdita** - cessione commerciale: lo SPA stima in circa 107.000 m³ il volume ceduto in concessione di estrazione a imprese locali come aggregato commerciale (ghiaia, ciottoli e sabbia) nelle quattro annualità di lavoro. Questo materiale, una volta utilizzato come aggregato edilizio o stradale, non potrà mai essere restituito al sistema fluviale.

Criticità di rilievo ambientale

La componente grossolana del materiale sedimentario - ghiaie e ciottoli provenienti principalmente dall'Area 1 alla foce del Rio Val d'Algone - è la stessa frazione che il Fiume Sarca non riesce più a trasportare fino al tratto a valle, con conseguente incisione del fondo alveo documentata nell'ordine di 100 cm e scomparsa dei letti di frega per la trota. Il progetto destina questa risorsa a diventare simultaneamente le fondamenta di un rilevato artificiale e aggregato commerciale per imprese edili. Non è previsto alcun meccanismo di compensazione ecosistemica per questa perdita. La compatibilità di questa scelta con gli obiettivi del Piano di Tutela delle Acque e con la Direttiva Quadro Acque deve essere verificata in sede di VIA completa.

3.4 Il rilascio di 1.000 m³/anno: un adempimento formale privo di sostanza

La previsione di rilasciare 1.000 m³/anno di sedimenti grossolani a valle della diga, citata come adempimento su prescrizione di SGRIE (Servizio Gestione Risorse Idriche ed Energetiche), non è mai tradotta in un progetto operativo. In nessuno dei documenti analizzati sono definiti: criteri granulometrici, le condizioni idrologiche ottimali, il monitoraggio degli effetti. Il confronto con il contesto reale evidenzia la sproporzione:

Riferimento	Quantità
Tasso di accumulo stimato nell'invaso	~15.000-20.000 m ³ /anno
Materiale grossolano destinato a fondazioni del rilevato	Stima: 60.000-80.000 m ³ (quota strutturale del materiale dell'Area 1)
Materiale grossolano ceduto commercialmente (SPA)	~107.000 m ³ in 4 anni = ~26.750 m ³ /anno
Reimmissione prevista a valle (prescrizione SGRIE)	1.000 m ³ /anno
Percentuale rispetto al trasporto grossolano naturale stimato (40% del totale)	~8-17%
Rapporto tra cessione commerciale e ripascimento a valle	26,75 : 1

3.5 Presunta violazione delle prescrizioni del D.M. 205/2022

Il Decreto MIMS 12 ottobre 2022, n. 205 è citato come riferimento normativo dal progetto, ma le sue prescrizioni fondamentali non trovano applicazione.

Prescrizione D.M. 205/2022	Attuazione nel progetto
Art. 3: mantenimento/ripristino continuità trasporto solido a valle	Non affrontato strutturalmente. Il rilascio di 1.000 m ³ /anno è un adempimento formale su prescrizione SGRIE, privo di progettazione concreta.
Art. 3: conformità agli obiettivi del Piano di tutela delle acque	Il PTA 2022-2027 classifica il Sarca a valle come corpo idrico in stato "Potenziale buono instabile" - a rischio di non raggiungere gli obiettivi. Nessuna analisi di conformità è presente.
Art. 6: valutazione di differenti opzioni con analisi di efficacia ed effetti ambientali	Assente in tutti i documenti. L'unica soluzione è presentata come l'unica possibile.
Art. 6: valutazione operazioni sistematiche di apertura degli scarichi di fondo	Non condotta, nonostante lo scarico di fondo (2 luci da 2,10×3,70 m, soglia a 435 m) sia strutturalmente favorevole alle operazioni di gestione del sedimento.
Art. 6: valutazione della possibilità di rilascio/riutilizzo del sedimento per ripascimento a valle	Negata di fatto dalla destinazione strutturale e commerciale della componente grossolana.

3.6 Assenza di analisi delle alternative

In nessuno dei documenti analizzati compare una valutazione comparativa di tecniche alternative di gestione dei sedimenti. L'art. 6 del D.M. 205/2022 rende questa valutazione obbligatoria. La non applicazione del patrimonio conoscitivo del progetto HyMoCARES - programma Interreg Alpine Space di cui la PAT era partner - è difficilmente giustificabile.

3.7 La falsa "riqualificazione": consumo di suolo e perdita di habitat

La denominazione del progetto evoca interventi su aree degradate. La realtà è opposta: l'area di sponda destra non è degradata, ma classificata nel PUP come "Aree boscate e Rete idrografica (invarianti di paesaggio), Sistemi complessi di interesse forestale e fluviale, Area di tutela ambientale. Le opere accessorie - parcheggio in loc. Macadam, percorso pedonale in misto granulare stabilizzato, struttura a gabbioni di 250 m di lunghezza e fino a 4 m di altezza, predisposizione per punto ristoro - non sono in alcun modo assimilabili ad interventi di riqualificazione ambientale.

La Relazione Geologica (R02, sez. 3.1) rivela peraltro un dato rilevante: il Servizio Urbanistica PAT (nota prot. 669475/2024) ha già confermato che in area P4 sono escluse "spazi di sosta e ristoro per ciclabili, parcheggi pubblici, aree camper, spazi di verde attrezzato". Questo esclude dalla zona orientale - i due terzi dell'area, dove ricade il corpo principale del rilevato - quasi tutte le funzioni ricreative pubblicizzate come giustificazione sociale del progetto.

3.7.1 Opere idrauliche accessorie: artificializzazione sistematica dei corsi d'acqua minori

Il PFTE prevede la realizzazione di un sistema di opere idrauliche accessorie che configurano una artificializzazione sistematica e permanente dell'intero versante destro dell'area di intervento. L'analisi integrata della Relazione Idrologico-Idraulica (R04), dello Studio di Compatibilità Idraulica (R07) e delle tavole progettuali (Tavv. 13, 14, 15) rivela un intervento di portata significativamente superiore a quanto emerge dalla sola lettura dello Studio Preliminare Ambientale.

1. Cunettoni in massi cementati. Il progetto prevede la costruzione di cunettoni in massi cementati a servizio di 5 sottobacini idrografici del Monte San Martino. Il Cunettone Tipo 1 (bacini 1, 2 e 3) ha larghezza al fondo di 1,00 m e altezza 0,90 m, con pendenza di progetto dell'1% e coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, valore tipico di canali artificiali lisci. Il Cunettone Tipo 2 (bacini 4 e 5) ha larghezza al fondo di 1,80 m e altezza di 3,00 m - dimensioni paragonabili a un tunnel stradale minore - ed è fondato su micropali in acciaio (profilati HEB/IPE), configurando una struttura permanente di tipo industriale. La portata di progetto del Tipo 2 è di $16,25 \text{ m}^3/\text{s}$, dimensionata per il tempo di ritorno duecentennale. I cunettoni sostituiscono i tracciati naturali dei corsi d'acqua minori - incluso il Rio del Ri - con canali artificiali a fondo cementato, eliminando ogni funzione ecologica residua: substrato naturale, vegetazione riparia, fauna bentonica, connettività ecologica longitudinale. **L'art. 3 delle NTA del PTC delle Giudicarie prescrive per le nuove opere idrauliche la valutazione dell'ingegneria naturalistica "ove tecnicamente fattibile e compatibile con la difesa idrogeologica". Nessuna valutazione di fattibilità dell'ingegneria naturalistica è documentata in alcuno dei documenti di progetto.** Questa omissione non è giustificabile sul piano tecnico: per portate dell'ordine di $0,07\text{--}0,93 \text{ m}^3/\text{s}$ (bacini 1, 2 e 3, tempo di ritorno 200 anni), soluzioni di ingegneria naturalistica quali cunette

inerbire, massicciate vive, fascinate o briglie in legname e pietrame sono ampiamente documentate nella manualistica provinciale (Linee guida PAT per l'ingegneria naturalistica) e nella letteratura tecnica (Schiechl & Stern, 1997; Provincia Autonoma di Bolzano, 2011).

2. *Gabbionata di 250 m*. Al piede del rilevato, il progetto prevede una struttura a gabbioni in rete metallica a doppia torsione lunga circa 250 m e alta fino a 4,00 m, poggiante su materasso tipo Reno. **Questa opera elimina ogni dinamica naturale di interazione tra il corpo idrico e la fascia riparia su un tratto lineare significativo**. La struttura a gabbioni è classificabile come difesa spondale rigida secondo il Manuale IDRAIM (ISPRA, 2011, Tab. 4.1): la sua presenza determina un peggioramento dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) del tratto interessato per i parametri "artificialità" e "variazioni morfologiche", in contrasto con gli obiettivi di non deterioramento dello stato idromorfologico prescritti dalla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (art. 4, par. 1, lett. a, punto i). Il R07 (Sezione D-D, Tav. 12) rivela inoltre la presenza di mantellata in massi ciclopici in rete metallica a doppia torsione anche al di fuori del tratto a gabbioni, estendendo l'artificializzazione della sponda ben oltre i 250 m dichiarati.
3. *Fosso di guardia longitudinale*. Il fosso di guardia a sezione trapezoidale (base 0,50 m, sommità 1,50 m, profondità 0,50 m) si estende per l'intera lunghezza dell'intervento ai piedi della S.S. 237. **Questa opera intercetta sistematicamente tutti i deflussi naturali dalla piattaforma stradale e li convoglia nei cunettoni, alterando il pattern di drenaggio naturale del versante e concentrando i flussi in pochi punti di scarico artificiale invece della distribuzione diffusa preesistente**. L'effetto combinato del fosso di guardia e dei cunettoni è la completa sostituzione della rete drenante naturale del versante con un sistema artificiale rigido.
4. *Impatto cumulativo delle opere idrauliche*. La somma delle opere idrauliche accessorie - 5 cunettoni in massi cementati (di cui 2 di dimensioni rilevanti con micropali in acciaio), 1 fosso di guardia longitudinale, 250 m di gabbionata fino a 4 m di altezza su materasso Reno, massi ciclopici e mantellata in rete metallica su tutta la sponda verso il bacino - configura un intervento di artificializzazione di scala e permanenza incompatibili con la denominazione di "riqualificazione". In nessuno dei cinque documenti analizzati è presente una valutazione dell'impatto cumulativo di queste opere sulla qualità idromorfologica del tratto, come invece prescritto dall'art. 5 della Direttiva 2011/92/UE (valutazione cumulativa degli impatti) e dalle Linee Guida della Commissione Europea per l'applicazione dell'art. 4(7) della DQA (CIS Guidance Document n. 36, 2017).

3.7.2 Guado temporaneo sul Fiume Sarca: un impatto ricorrente non valutato

L'accesso alle Aree di scavo 1 e 3 in sponda sinistra avviene mediante un guado temporaneo sul Fiume Sarca nell'area di coda lago, realizzato con tubazioni in calcestruzzo di grande diametro posate sul fondo alveo (R01, sez. 4.4). Il guado è costruito all'inizio di ciascuna delle quattro stagioni invernali di lavoro (indicativamente dal 01/12 al 15/04) e rimosso alla fine di ogni stagione per non ostacolare gli eventi di piena estivo-autunnali. Questo implica che per quattro anni consecutivi il fondo alveo del Sarca nella zona di coda lago sarà soggetto a:

- Posa e rimozione stagionale di tubazioni in calcestruzzo di grande diametro, con movimentazione di mezzi pesanti direttamente in alveo;
- Distruzione ripetuta del substrato bentonico e delle comunità di macroinvertebrati in fase di ricolonizzazione stagionale;
- Alterazione della morfologia del fondo alveo nella zona di transizione tra ambiente fluviale e lacustre, area ecologicamente sensibile come habitat di rifugio, alimentazione e potenziale riproduzione per la fauna ittica;

- Mobilizzazione di sedimenti fini con incremento localizzato della torbidità durante le operazioni di posa e rimozione;
- Interruzione temporanea della continuità longitudinale del corso d'acqua, con possibile impedimento alla migrazione di specie ittiche nei periodi di costruzione e rimozione del guado.

Nessuno di questi impatti è oggetto di valutazione nello Studio Preliminare Ambientale. Il Piano di Monitoraggio Ambientale (R06) non prevede alcun monitoraggio delle comunità bentoniche né della fauna ittica nell'area del guado. La stessa Relazione R01 prevede inoltre la "posa di adeguate tubazioni sul fondo alveo" per consentire l'attraversamento dei mezzi pesanti anche al di fuori del guado principale: si tratta di un ulteriore intervento diretto sul letto del fiume non quantificato e non valutato sotto il profilo ambientale.

Il Piano di Gestione della Pesca delle Valli del Sarca e del Chiese (citato nello SPA, sez. 3.1.11) documenta la presenza nel lago di Ponte Pià di almeno 10 specie ittiche, tra cui il barbo comune (*Barbus plebejus*), specie di interesse comunitario ai sensi dell'Allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE, e la trota marmorata (*Salmo marmoratus*), specie endemica del distretto padano-veneto, la cui presenza è indicata come "certa" anche se non catturata nei campionamenti. Il periodo di costruzione del guado (dicembre) coincide con il periodo riproduttivo della trota marmorata. **Non è stata condotta alcuna analisi di sovrapposizione temporale tra le operazioni di cantiere e i periodi di riproduzione delle specie ittiche presenti, né sono state previste misure di mitigazione quali restrizioni temporali o barriere di contenimento dei sedimenti.**

Si osserva inoltre che la presenza del barbo comune nel corpo idrico direttamente interessato dai lavori impone una verifica ai sensi dell'art. 6, par. 3, della Direttiva Habitat, qualora il barbo comune sia specie qualificante di uno dei siti Natura 2000 presenti nel bacino del Sarca. La distanza di 3,3 km dal sito Natura 2000 più vicino non esclude la possibilità di effetti significativi, considerando la connettività ecologica garantita dalla rete idrografica. L'art. 12 della Direttiva si applica alle specie dell'Allegato IV; per le specie dell'Allegato II come il barbo comune, la tutela opera attraverso la designazione e la protezione dei siti Natura 2000 (art. 4 e art. 6). Lo Studio Preliminare Ambientale non conduce questa verifica.

3.7.3 Infrastrutture ricreative in area di tutela ambientale: destinazione d'uso incompatibile

Le opere accessorie a carattere ricreativo-infrastrutturale configurano complessivamente un intervento urbanistico di significativa entità in area soggetta a vincoli ambientali e paesaggistici stringenti:

- Parcheggio di attestamento con strada di accesso: larghezza carreggiata 4,00 m, fondazione in materiale di scavo 30-70 mm per larghezza 4,50 m e spessore 40 cm, superficie in misto granulare stabilizzato (macadam) per 5 cm;
- Percorso pedonale: larghezza 2,00 m, fondazione in materiale di scavo per larghezza 2,00 m e spessore 20 cm, superficie in misto granulare stabilizzato per 5 cm;
- Predisposizione pista ciclabile: larghezza 3,00 m, fondazione in materiale di scavo 30-70 mm per spessore 35 cm, sviluppo lineare circa 1,50 km dall'area di recupero inerti Onorati fino alla galleria "Scurlo" della S.S. 237;
- Piattaforma per area ristoro tipo bicigrill: superficie piana di circa 30 × 30 m (900 m²), realizzata in materiale granulare selezionato 30-70 mm per spessore 30 cm, predisposta per la futura costruzione di una struttura di ristorazione.

L'area interessata da queste opere è classificata dal PUP (Piano Urbanistico Provinciale) come "area di tutela ambientale" (art. 11 NTA), "area boscata" (artt. 7-8), "rete idrografica" (invariante del paesaggio) e "area di protezione dei laghi" (art. 22). La Carta delle tutele paesistiche del PUP classifica l'intervento in sponda destra come "area di tutela ambientale", ossia territorio "naturale o antropizzato, caratterizzato da singolarità geologiche, florofaunistiche, ecologiche, morfologiche, paesaggistiche" (Capo III, art. 11). **La realizzazione di un parcheggio, di una strada carrabile, di 1,50 km di predisposizione ciclabile e di una piattaforma di 900 m² per ristorazione in un'area con questa classificazione richiede una motivazione di interesse pubblico che il progetto non fornisce in modo autonomo: la "riqualificazione" appare funzionale all'ottenimento dell'autorizzazione per il deposito dei sedimenti, non viceversa.**

L'art. 3 delle NTA del PTC delle Giudicarie prescrive che "nuove strade, percorsi ciclopeditoni e sentieri" in ambiti paesaggistici debbano "minimizzare le opere d'arte e utilizzare materiali naturali e permeabili ove possibile". Il misto granulare stabilizzato previsto per tutte le superfici viarie, pur non essendo asfalto, è un materiale a permeabilità ridotta che, una volta compattato, modifica significativamente il coefficiente di deflusso superficiale. Le fondazioni in materiale di scavo con spessori di 20-40 cm configurano corpi stradali strutturati con effetto barriera sulla percolazione verticale, non semplici sentieri naturali. Lo stesso PTC prescrive che *"i nuovi interventi e le manutenzioni dovranno tener conto in fase di progettazione delle esigenze di tutela e ripristino degli ambienti acquatici ai fini biologici e ittici"*: nessuno dei documenti di progetto documenta in che modo le infrastrutture ricreative soddisfino questa prescrizione.

3.7.4 Armatura spondale completa: il paradosso della "riqualificazione" armata

Le sezioni tipologiche del PFTE (Tavole 11 e 12) rivelano che l'intera sponda del rilevato rivolta verso il bacino è protetta con un sistema stratificato di armatura di tipo ingegneristico tradizionale:

- Rivestimento in massi ciclopici (scogliera) dalla quota di regolazione (463,50 m s.l.m.) alla quota di massimo invaso (466,50 m s.l.m.): protezione rigida in massi di grande pezzatura su un dislivello di 3 m;
- Pavimentazione in massi e ciottoli su geotessile e membrana impermeabile per il controllo dell'escursione del livello: la membrana impermeabile impedisce fisicamente qualsiasi interazione tra le acque del bacino e il suolo retrostante, eliminando la funzione di filtro biologico propria delle sponde naturali;
- Mantellata in massi ciclopici in rete metallica a doppia torsione (Sezione D-D, Tav. 12) nei tratti a maggiore pendenza: una soluzione di difesa spondale pesante, tipica di interventi di sistemazione torrentizia ad alto impatto;
- Biostuoia tridimensionale sulle superfici di rilevato sopra la quota di massimo invaso: l'unica componente con potenziale naturalistico, ma applicata solo nella fascia mai sommersa.

La combinazione di queste tecniche configura una sponda interamente artificiale per l'intera fascia compresa tra il livello di regolazione e il massimo invaso - ovvero la fascia di maggiore importanza ecologica come zona litorale e come ecotono tra ambiente acquatico e terrestre. In questa fascia non è possibile: la colonizzazione spontanea da parte della vegetazione riparia, la formazione di microhabitat per fauna bentonica, anfibi e avifauna acquatica, l'instaurarsi di processi di autodepurazione biologica, la creazione di zone di rifugio per la fauna ittica durante le escursioni di livello. In un progetto che si qualifica come "riqualificazione ambientale", la realizzazione di circa 250-300 m di sponda completamente armata e impermeabilizzata rappresenta una contraddizione insanabile che deve essere valutata in sede di VIA completa.

Si osserva che il D.M. 205/2022 (art. 3, comma 1, lett. e) richiede che il progetto di gestione degli invasi tenga conto della "*tutela dell'ecosistema fluviale e lacustre a valle dello sbarramento*". **La costruzione di una sponda armata con membrana impermeabile e massi ciclopici in sostituzione di una sponda naturale boscata non è compatibile con questo requisito, indipendentemente dalla classificazione dell'area come bacino artificiale.**

3.8 Habitat prioritario 91E0*: un rischio non valutato e una classificazione indifendibile

Il progetto prevede il taglio complessivo di circa 12 ha di aree boscate, di cui 10,4 ha sotto la quota di massimo invaso (466,50 m s.l.m.) e 1,6 ha in sponda destra. Lo Studio Preliminare Ambientale classifica i 10,4 ha come "ordinaria manutenzione del bacino". Questa classificazione è scientificamente e giuridicamente particolarmente opinabile.

Criticità del taglio

L'habitat 91E0 si trova sotto la quota di massimo invaso, di conseguenza non stabilmente in acqua. Si tratta di aree periodicamente emerse, con suolo, vegetazione consolidata e fauna associata. **Il fatto che vi si trovi del bosco maturo denota che le dinamiche idrogeomorfologiche di quell'area hanno permesso, nel corso di decenni, l'insediamento e la maturazione di una formazione forestale. La demolizione di tale formazione non è manutenzione: è trasformazione irreversibile di habitat naturale. La Direttiva Habitat 92/43/CEE non prevede eccezioni per habitat situati al di sotto della quota di massimo invaso di un bacino artificiale.***

I 10,4 ha in esame hanno la potenzialità di essere attribuiti all'habitat prioritario 91E0* "Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior*". Nel Parco Fluviale della Sarca l'habitat 91E0* è stato formalmente mappato per soli 3,68 ha totali, nessuno sull'asta principale del Sarca. **I 10,4 ha in esame potrebbero rappresentare quasi tre volte l'intera estensione attualmente mappata. La Direttiva Habitat (art. 6, par. 4) ammette misure compensative solo in presenza di "ragioni imperative di rilevante interesse pubblico" e solo se accompagnate dalla rigenerazione dell'habitat in altro sito idoneo. Nessuna delle due condizioni è soddisfatta nel progetto.**

3.9 Stato ecologico del Sarca a valle: il Piano di Tutela delle Acque contraddice il progetto

Lo Studio Preliminare Ambientale riporta i dati del PTA 2022-2027 per i corpi idrici interessati:

Corpo idrico	Qualità ecologica (PTA 2022-2027)
Sarca a monte dell'invaso	Stato buono instabile
Sarca a valle dell'invaso	Potenziale buono instabile - corpo idrico fortemente modificato (HMWB), a rischio di non raggiungere gli obiettivi al 2027
Rio Val d'Algone	Stato buono

Contraddizione interna allo SPA

Lo Studio Preliminare Ambientale dichiara che l'obiettivo del PTA per tutti i corpi idrici è il "mantenimento della qualità attuale". Ma la qualità attuale del Sarca a valle è classificata come instabile e a rischio di deterioramento. Mantenere una condizione instabile non è un obiettivo ambientale, ma il voler rendere statica una traiettoria di peggioramento. La Direttiva Quadro Acque richiede il miglioramento, o almeno il non deterioramento. Un progetto che destina 107.000 m³ di materiale grossolano alla cessione commerciale - invece che al ripascimento del Sarca - è difficilmente compatibile con qualsiasi obiettivo di miglioramento dello stato ecologico del corpo idrico a valle.

3.10 Il piano di monitoraggio ambientale: un piano di controllo dei rifiuti, non dell'ecosistema

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (R06) copre esclusivamente sei parametri: granulometria dei sedimenti, qualità chimico-fisica (D.P.R. 120/2017), test di eluizione, classificazione CER come rifiuto, torbidità a valle del DMV (da attivare in fase di scavo), polveri in atmosfera (da attivare). Si tratta di un piano di controllo della qualità del materiale escavato ai fini della gestione dei rifiuti, non di un piano di monitoraggio ambientale nel senso tecnico-normativo del termine.

Sono completamente assenti: monitoraggio della morfologia del tratto a valle (quota fondo alveo, larghezza sezione attiva, presenza di letti di frega), monitoraggio della fauna ittica e dei macroinvertebrati bentonici, monitoraggio della vegetazione riparia e degli habitat (in particolare 91E0*), monitoraggio dell'incisione del fondo alveo nel Basso Sarca, monitoraggio della torbidità nel Lago di Garda. Nessuno degli impatti documentati nel tratto a valle - identificati dal progetto stesso come conseguenze attese della diga - è soggetto a monitoraggio sistematico prima, durante o dopo i lavori.

Si segnala inoltre che la densità di campionamento per la caratterizzazione chimica (13 campioni per 334.000 m³ distribuiti su tre aree di scavo con granulometrie diverse) è molto bassa. Il documento stesso riconosce questa limitazione prevedendo un "piano di caratterizzazione di maggiore dettaglio in corso d'opera".

3.11 Ulteriori criticità

Alle carenze già evidenziate si aggiungono le seguenti omissioni specificamente legate al monitoraggio delle opere accessorie, in parte già evidenziate:

- Nessun monitoraggio *ante operam*, in corso d'opera e *post operam* delle comunità biologiche (macroinvertebrati bentonici, fauna ittica, vegetazione acquatica) nei 5 corsi d'acqua minori del versante di Monte San Martino interessati dalla realizzazione dei cunettoni in massi cementati. La trasformazione di alvei naturali in canali artificiali cementati determina la

perdita completa delle biocenosi acquatiche associate, un impatto che non è nemmeno citato tra gli effetti attesi del progetto;

- Nessun monitoraggio delle comunità bentoniche e della fauna ittica nell'area del guado temporaneo, nonostante le operazioni di posa e rimozione stagionale per quattro anni consecutivi rappresentino un disturbo ricorrente e prevedibile;
- Nessun monitoraggio dell'impatto acustico e vibrazionale delle operazioni di infissione dei micropali in acciaio per le fondazioni dei cunettoni Tipo 2. L'infissione di profilati metallici in prossimità del corpo idrico produce vibrazioni e rumore subacqueo che possono disturbare la fauna ittica in un raggio significativo, in particolare durante i periodi di frega (ottobre-febbraio per i salmonidi);
- Nessun monitoraggio della zona litorale del bacino a ridosso della nuova sponda armata: il passaggio da sponda naturale boscata a sponda in massi ciclopici con membrana impermeabile modifica radicalmente l'habitat litorale, con effetti sulla produttività primaria, sulle comunità di macroinvertebrati litorali e sulle specie ittiche che utilizzano la zona litorale per alimentazione e rifugio (in particolare il persico reale e il barbo comune documentati nei campionamenti ittici del 2005 e 2010).

3.12 Iter procedurale: la procedura di screening VIA e la necessità di VIA completa

Lo Studio Preliminare Ambientale rivela che nel luglio 2025 l'autorità competente ha chiesto a HDE di individuare l'autorità VIA competente, e che nell'agosto-settembre 2025 APPA e MASE hanno confermato la competenza provinciale. Lo stesso Studio Preliminare Ambientale è stato redatto per la verifica di assoggettabilità a VIA (screening). La tipologia progettuale principale dell'intervento è "deforestazione per conversione d'uso del suolo" e come tale fa riferimento alla tipologia 1.b dell'Allegato IV al D.Lgs. 152/2006, che individua una soglia di 5 ha. Poiché il progetto comporta 12 ha di taglio, più del doppio della soglia stabilita da normativa, si richiede l'assoggettamento a VIA completa.

Raccomandazione

Alla luce delle criticità esposte nelle sezioni 3.8 (habitat 91E0), 3.9 (stato ecologico del Sarca) e 3.3 (doppia perdita irreversibile del materiale grossolano), si raccomanda che la procedura di screening si concluda con l'assoggettamento a VIA completa, con ambito di valutazione esteso all'intero tratto del Fiume Sarca dalla diga fino al Lago di Garda e con orizzonte temporale non inferiore a 50 anni.*

4. Il principio guida: la tutela ambientale come priorità irrinunciabile

La valutazione di qualsiasi progetto di gestione dei sedimenti in un invaso idroelettrico deve essere condotta a partire da un'assunzione di fondo: la sedimentazione negli invasi non è un problema tecnico isolato, ma è la manifestazione locale di un processo sistemico - l'interruzione del trasporto solido fluviale - che ha conseguenze estese nel tempo e nello spazio, e che incide direttamente sulla qualità ecologica dell'intero sistema fluviale.

Kondolf et al. (2014) sintetizzano questo principio: i sedimenti accumulati negli invasi non sono rifiuti da smaltire, ma "risorse fuori posto" (*resources out of place*), poiché queste stesse particelle sono indispensabili al sistema fluviale a valle per mantenere la sua morfologia, i suoi habitat e la sua ecologia. La classificazione CER 17.05.06 assegnata ai sedimenti ("rifiuto speciale non pericoloso") è corretta sul piano normativo per la gestione del materiale di scavo, ma non deve oscurare la natura fondamentalmente diversa di questi materiali nella prospettiva ecosistemica.

I principi guida che devono orientare qualsiasi soluzione alternativa sono:

- Priorità del rilascio verso valle: ogni tecnica di gestione deve essere valutata per la sua capacità di restituire sedimenti al tratto a valle, non solo per la sua capacità di liberare volume nell'invaso.
- Divieto di consumo di suolo naturale: lo smaltimento dei sedimenti non può avvenire tramite la costruzione di rilevati su aree naturali non degradate.
- Divieto di cessione commerciale della componente grossolana: le ghiaie e i ciottoli estratti dall'invaso devono essere destinati al ripascimento fluviale, non venduti o ceduti come aggregato edilizio né incorporati in strutture permanenti.
- Valutazione dell'intero sistema fluviale: qualsiasi progetto deve essere redatto in un quadro spaziale che comprende tutto il Sarca dall'invaso in oggetto al Lago di Garda e in un quadro temporale di almeno 50-100 anni.
- Applicazione del principio di precauzione: in assenza di indagini floristiche che escludano la presenza di habitat 91E0*, nessuna operazione di disboscamento deve essere autorizzata.
- Confronto paritetico delle alternative: la scelta deve emergere da un processo decisionale multicriterio che attribuisca uguale dignità alle dimensioni economica, ambientale e sociale.

5. Stato dell'arte della gestione dei sedimenti negli invasi idroelettrici

La classificazione più consolidata delle tecniche di gestione (Kondolf et al., 2014; Morris, 2020, cit. in Otálvaro Barco et al., 2025) distingue quattro categorie principali: riduzione dell'apporto (RED-SED), instradamento (ROU-SED), rimozione/redistribuzione (REM-SED) e strategie adattive (AD-STG). A queste si aggiungono le tecniche innovative sviluppate per gli invasi alpini all'EPFL di Losanna (De Cesare et al., 2019).

5.1 Categoria 1: Prevenzione dell'ingresso di sedimenti (RED-SED)

Le tecniche RED-SED agiscono a monte dell'invaso. Sono le più diffuse nella letteratura (68% delle occorrenze secondo Otálvaro Barco et al., 2025), ma non affrontano né il materiale già depositato nell'invaso né il problema del ripristino del trasporto solido a valle. Per il caso Ponte Pià hanno applicabilità limitata: il bacino direttamente sotteso è prevalentemente montano (156 km²) con dinamiche di trasporto dipendenti da eventi di piena e debris flow non riducibili con misure agronomiche ordinarie. I check-dam in particolare sono sconsigliati alla luce delle esperienze internazionali che ne documentano i limiti strutturali (Kondolf et al., 2014).

5.2 Categoria 2: Instradamento dei sedimenti (ROU-SED)

Queste tecniche sono le ambientalmente più sostenibili, perché affrontano simultaneamente il problema della capacità dell'invaso e quello della carenza di sedimenti a valle. Sono le meno praticate a livello globale (3% delle occorrenze in Otálvaro Barco et al., 2025).

5.2.1 Bypass dei sedimenti (Sediment Bypass Tunnel)

Una galleria raccoglie le acque torbide a monte e le reimmette a valle, aggirando il bacino. Giappone (3 tunnel operativi, 2 in costruzione) e Svizzera (6 operativi) hanno la maggiore esperienza. La diga Miwa (Giappone, tunnel da 4,3 km, 2005) ha raggiunto un'efficienza di bypass del 58,2% del sedimento annuale in ingresso senza impatti rilevabili a valle.

5.2.2 Sluicing (abbassamento programmato con passaggio delle piene)

Abbassamento preventivo del livello prima delle piene per aumentare la velocità di flusso e minimizzare la deposizione. Il serbatoio di Jansanpei (Taiwan, 1938) ha mantenuto la sua capacità originale per decenni grazie a un abbassamento stagionale di 2,5 mesi. La presenza dello scarico di fondo a 435 m con 2 luci da 2,10×3,70 m rende questa tecnica potenzialmente applicabile a Ponte Pià, subordinatamente alla verifica della capacità idraulica.

5.2.3 Scarico delle correnti di torbida (Turbidity Current Venting)

Le correnti di torbida scorrono lungo il fondo dell'invaso durante le piene. L'apertura tempestiva degli scaricatori di fondo consente al sedimento fine di transitare senza depositarsi, senza abbassare il livello e senza interrompere la produzione. De Cesare et al. (2019) hanno sviluppato criteri di dimensionamento per l'ottimizzazione di questa operazione. Lo scarico di fondo di Ponte Pià (2 luci,

soglia a 435 m) è una struttura potenzialmente adatta. Richiede monitoraggio con ADCP e sonde di torbidità.

5.3 Categoria 3: Rimozione e redistribuzione (REM-SED)

5.3.1 Flushing per svuotamento (Drawdown Flushing)

Svuotamento completo del bacino attraverso gli scaricatori di fondo per far assumere all'invaso caratteristiche fluviali e permettere al flusso di erodere i depositi. Condotta preferibilmente durante le piene formative. Esempio: diga Genissiat (Rodano, Francia), dove il flushing coordinato ogni tre anni ha evitato 23 milioni di tonnellate di depositi su quattro decenni.

5.3.2 Escavazione a secco + ripascimento a valle

La tecnica prevista dal progetto è efficace per il ripristino del volume dell'invaso. Diventa ambientalmente accettabile solo se abbinata a un programma strutturato di reimmissione nel sistema fluviale. L'esempio europeo di riferimento è il *nourishment* del Reno a valle di Iffezheim (170.000 m³/anno da oltre trent'anni), che ha prevenuto l'incisione del fondo.

5.3.3 Dragaggio idraulico con fanghidotto

Dragaggio con draga imbarcata e pompaggio tramite fanghidotto, che consente di rimuovere i sedimenti in condizioni di piena operatività idroelettrica e di trasportarli direttamente nel canale a valle per il ripascimento. Combina rimozione e rilascio a valle in un'unica operazione. Il dislivello idrostatico di Ponte Pià è adeguato per soluzioni di idrosuzione.

5.4 Categoria 4: Strategie adattive (AD-STG)

Modifiche alle condizioni operative dell'invaso per ridurre gli impatti della sedimentazione: re-allocazione della capacità di stoccaggio, modifica delle regole operative, sostituzione delle turbine con modelli resistenti all'abrasione. Sono complementari, non sostitutive, delle tecniche delle categorie precedenti.

5.5 Innovazione: le tecniche EPFL per i sedimenti fini in invasi alpini

Il gruppo PL-LCH dell'EPFL di Losanna ha sviluppato tecnologie specifiche per i sedimenti fini negli invasi alpini (De Cesare et al., 2019), rilevanti per la componente fine di Ponte Pià (Area 2: sabbia limosa e argille con sabbia):

- Agitazione operativa (Operational Stirring): sfrutta la turbolenza degli impianti di turbinaggio per mantenere i fini in sospensione. Studi su Räterichsboden (Svizzera) dimostrano che l'allineamento presa/immissione lungo il talweg minimizza la deposizione.
- SEDMIX (Forced Stirring): dispositivo multi-ugello che genera turbolenza artificiale in prossimità delle strutture di scarico. Simulazioni per Trift (Svizzera): fino al 70% dell'apporto giornaliero di fini evacuato. Costo stimato: ~600.000 CHF/sito. Ancora in fase prototipale.
- Turbidity Current Venting (EPFL): criteri di dimensionamento per ottimizzare la posizione e le dimensioni degli scaricatori di fondo in funzione delle caratteristiche delle correnti di torbida locali (Chamoun et al., 2016).

5.6 Il ruolo dei metodi multicriteri di decisione (MCDM)

La revisione sistematica di Otálvaro Barco et al. (2025) documenta che i metodi Multi-Attribute Decision Making (MADM) - ANP, AHP, Weighted Additive Method, SVR - sono i più adatti per integrare simultaneamente le dimensioni economica, ambientale e sociale. La dimensione economica è citata nell'84,2% degli studi analizzati, contro il 57,9% di quella ambientale e il 47,4% di quella sociale: una sistematica sottoponderazione dei costi ambientali che il progetto riferito all'invaso di Ponte Pià riproduce fedelmente.

6. Applicabilità al caso Ponte Pià: alternative e raccomandazioni

6.1 Lo scarico di fondo: caratteristiche note e opportunità strutturale

Lo scarico di fondo è in sponda sinistra, con 2 luci da $2,10 \times 3,70$ m (sezione totale $\sim 15,5$ m²) e soglia a 435,00 m s.l.m. - ovvero 17,5 m sotto la quota minima di regolazione e 28,5 m sotto quella massima. Sono presenti anche uno scarico di superficie laterale (sponda destra, soglia a 455,50 m) e uno scarico di mezzofondo (sponda sinistra, quota non specificata).

Questa configurazione è strutturalmente favorevole per almeno tre famiglie di tecniche alternative: (a) *turbidity current venting*, dove l'apertura controllata dello scarico di fondo durante le piene consente il transito dei sedimenti fini senza abbassare il livello; (b) *drawdown flushing* stagionale, dove l'abbassamento del livello attraverso lo scarico di fondo durante i periodi di bassa attività idraulica permette di scavare i depositi per effetto del flusso; (c) *sluicing*, dove lo scarico di fondo viene tenuto aperto durante le piene per massimizzare il trasporto di sedimenti attraverso il bacino.

La valutazione dell'idoneità idraulica dello scarico di fondo per queste operazioni dipende da: capacità di portata massima (funzione della sezione e della pressione disponibile), sistema di controllo (apertura rapida, telecontrollo), condizione di manutenzione. **Questi dati non sono disponibili nei documenti analizzati e devono essere acquisiti come primo passo tecnico di qualsiasi revisione del progetto.**

6.2 Il sistema a cascata: opportunità di gestione coordinata

Il Piano di Monitoraggio (R06) ha rivelato che l'invaso di Ponte Pià è inserito in un sistema a cascata che comprende, a monte, la Vasca Val di Genova e, a valle, i laghi di Santa Massenza, Toblino e Cavedine. Kondolf et al. (2014) sono espliciti sul punto: le dighe in serie devono essere gestite in modo coordinato, con condivisione dei dati idrologici e sedimentologici.

Nel caso di Ponte Pià, questa prospettiva apre alcune opportunità gestionali non considerate nel progetto: **la possibilità di coordinare le operazioni di flushing o sluicing con le strutture a valle**

(sincronizzando l'apertura degli scaricatori per massimizzare il trasporto a cascata), la possibilità di utilizzare la capacità di stoccaggio del sistema complessivo per gestire i sedimenti rilasciati durante le operazioni, e la necessità di una valutazione degli impatti cumulativi dei sedimenti rilasciati sull'intero sistema lacustre a valle.

6.3 Analisi di applicabilità per ciascuna tecnica

Tecnica	Applicabilità a Ponte Pià	Priorità
Sediment Bypass Tunnel	Media-bassa: richiede geometria favorevole del bacino (curva del fiume). Da verificare fattibilità topografica e geologica. Costi elevati, benefici strutturali permanenti.	ALTA - da inserire tra le opzioni nello studio di fattibilità in sede di VIA
Sluicing stagionale	Media-alta: lo scarico di fondo (2 luci, 15,5 m ² , soglia 435 m) è strutturalmente favorevole. Compatibilità con la funzione di regolazione giornaliera/settimanale da verificare.	ALTA - approfondimento con modellazione idraulica
Turbidity Current Venting	Alta: le correnti di torbida sono probabilmente presenti durante le piene tardo-primaverili. Lo scarico di fondo è strutturalmente adatto. Richiede ADCP e sonde di torbidità.	MOLTO ALTA - applicabile a breve termine con costi contenuti
Drawdown Flushing	Media: il rapporto CAP/MAR va verificato. Sfangamento parziale tramite scarico di fondo durante le piene è operativamente fattibile con le strutture esistenti.	ALTA - da valutare sia per il materiale esistente sia come pratica periodica
Dragaggio + fanghidotto a valle	Alta: invaso accessibile, dislivello adeguato. Il fanghidotto permette il rilascio diretto nel Sarca, combinando rimozione e ripascimento in un'unica operazione.	MOLTO ALTA - alternativa diretta all'accantonamento in sponda destra
Escavazione a secco + ripascimento a valle	Alta (per la sola escavazione): il progetto esistente è convertibile destinando il materiale grossolano dell'Area 1 al ripascimento invece che alle fondazioni del rilevato e alla cessione commerciale.	ALTA - modificazione realizzabile senza stravolgimenti operativi
Agitazione operativa / SEDMIX	Media-bassa: utile per la componente fine (Area 2). SEDMIX ancora prototipale.	MEDIA - monitorare sviluppi futuri
Sediment Augmentation (solo a valle)	Indispensabile come componente di qualsiasi soluzione. Deve includere la componente grossolana oggi destinata alle fondazioni del rilevato e alla cessione commerciale.	OBBLIGATORIA - componente irrinunciabile di qualsiasi piano di gestione

6.4 Redistribuzione diffusa del sedimento: verso la riqualificazione ecosistemica

Tra le opzioni che meritano attenzione speciale vi è quella della redistribuzione diffusa dei sedimenti escavati sul territorio in forma estensiva e a basso impatto, ispirata alle pratiche tradizionali del "warping" documentate da Kondolf et al. (2014). Nel contesto del Sarca questa strategia può assumere forme diverse e complementari:

- Ripascimento attivo dell'alveo del Sarca a valle della diga con ghiaie e ciottoli dell'Area 1, in punti selezionati sulla base di rilievi morfologici e biologici: ricostruzione di letti di frega, ripristino di rapide e pool, apporto granulometrico per il substrato adatto ai macroinvertebrati. Questo è l'utilizzo di massimo valore ecosistemico del materiale grossolano, oggi destinato alle fondazioni del rilevato.
- Distribuzione controllata del materiale fine (limi e argille, classificazione CER 17.05.06 non pericolosa, conforme alla Colonna A D.Lgs. 152/2006) su aree agricole del fondovalle a vocazione cerealicola, come ammendante del suolo. La Direttiva 2008/98/CE (art. 2, par. 3) esclude dall'ambito dei rifiuti i sedimenti spostati all'interno del sistema di acque superficiali, ma ne ammette l'utilizzo per ripristini ambientali e rimodellazioni morfologiche: questa categoria include il warping agricolo, come praticato in modo documentato da millenni sul Loess Plateau cinese.
- Ripristino morfologico di tratti degradati del Sarca nel tratto dalla diga al Lago di Garda: utilizzo del materiale escavato per ricostruire forme fluviali - barre laterali, isole, canali secondari - compatibili con gli obiettivi della Direttiva Habitat e della Direttiva Quadro Acque.

Queste strategie richiedono una progettazione più articolata rispetto al semplice accantonamento in sponda destra, ma offrono benefici ambientali di lungo periodo incomparabilmente superiori. La redistribuzione diffusa è praticata sistematicamente in Europa: nourishment del Reno a valle di Iffezheim (170.000 m³/anno, oltre trent'anni), programmi di ripascimento sul Rodano e sull'Isar, esperienze documentate in Giappone e USA. In tutti i casi il monitoraggio a lungo termine ha dimostrato benefici significativi per morfologia fluviale e biodiversità acquatica e riparia.

6.5 Il lavoro di concerto con gli uffici provinciali competenti

Una delle lacune più significative del progetto nella sua attuale configurazione è l'assenza di qualsiasi forma di coordinamento con gli uffici provinciali che, per mandato istituzionale, sono portatori di una visione ecosistemica dell'uso e della tutela del territorio. Il materiale sedimentario estratto dall'invaso di Ponte Pià non è una risorsa da smaltire in modo ottimale per il concessionario: è una risorsa condivisa di interesse pubblico, la cui destinazione deve essere concordata con le autorità competenti sulla base di obiettivi di riqualificazione fluviale ed ecosistemica.

Due strutture provinciali in particolare devono essere coinvolte prima di qualsiasi decisione definitiva sul destino del materiale escavato:

6.5.1 Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente

APPA è il soggetto istituzionale che, nell'ordinamento provinciale, recepisce e attua la Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE attraverso il Piano Provinciale di Tutela delle Acque (PTA 2022-2027). In questa veste, APPA non è soltanto un ente di controllo delle conformità analitiche, ma il primo custode degli obiettivi di qualità ecologica dei corpi idrici del Trentino e l'autorità tecnica deputata a

verificare che le scelte gestionali dei concessionari siano compatibili con il raggiungimento - o almeno il non deterioramento - degli obiettivi ambientali fissati dalla DQA.

Nel caso del Sarca a valle dell'invaso di Ponte Pià, la rilevanza del coinvolgimento di APPA è diretta e non delegabile. Il PTA 2022-2027 classifica questo corpo idrico come fortemente modificato con Potenziale buono instabile: una classificazione che segnala un sistema già a rischio di non raggiungere i propri obiettivi ambientali al 2027. APPA è l'autorità che ha prodotto questa classificazione sulla base del monitoraggio sistematico del corpo idrico, e che conosce i fattori di pressione che la determinano, tra i quali il deficit di trasporto solido dovuto all'intrappolamento dei sedimenti nella diga di Ponte Pià.

Il coinvolgimento di APPA nel processo decisionale deve avvenire su due livelli distinti. Sul piano della valutazione, APPA deve essere chiamata a verificare la compatibilità del progetto di gestione dei sedimenti con le misure del PTA e con gli obiettivi di qualità del corpo idrico: in particolare, deve poter esprimere un parere motivato sulla compatibilità della cessione commerciale di 107.000 m³ di materiale grossolano con l'obiettivo di "mantenimento della qualità attuale" dichiarato dallo SPA - un obiettivo che, come documentato nella sezione 3.9, è già di per sé insufficiente rispetto alle prescrizioni della DQA. Sul piano del monitoraggio, APPA deve concordare con il concessionario un programma di monitoraggio dello stato ecologico del Sarca a valle che sia adeguato alla complessità degli interventi: non la sola stazione di torbidità a valle del DMV prevista dal Piano di Monitoraggio R06, ma un programma che includa parametri biologici e morfologici, con frequenza e metodologia coerenti con i protocolli del monitoraggio della DQA già in uso sull'asta del Sarca.

Proposta

Si propone che APPA venga formalmente coinvolta nella procedura di VIA come soggetto con competenze ambientali specifiche sul corpo idrico interessato, con il mandato di: (a) verificare la compatibilità del piano di destinazione del materiale escavato con gli obiettivi del PTA 2022-2027 per il Sarca a valle; (b) definire, in accordo con il concessionario e con il Servizio Bacini Montani, un programma di monitoraggio dello stato ecologico del corpo idrico ante-operam, in-corso-d'opera e post-operam, con parametri, frequenza e metodologia conformi ai protocolli DQA; (c) aggiornare, sulla base dei risultati del monitoraggio, la classificazione del corpo idrico e le misure del PTA nel ciclo di pianificazione successivo al 2027, tenendo conto degli effetti del programma di gestione dei sedimenti sull'evoluzione dello stato ecologico del Sarca.

6.5.2 Università degli Studi di Trento

L'Università di Trento, attraverso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica (DICAM), dispone di competenze scientifiche di livello internazionale in idraulica fluviale, idrologia e morfologia dei corsi d'acqua alpini, con una tradizione di ricerca applicata ai sistemi fluviali del Trentino che include collaborazioni attive con la Provincia Autonoma di Trento e con i principali enti

di gestione delle acque. Il coinvolgimento dell'Ateneo nel processo decisionale relativo alla gestione dei sedimenti dell'invaso di Ponte Pià risponde a una duplice esigenza: da un lato, garantire che le scelte tecniche siano fondate su basi scientifiche aggiornate e indipendenti rispetto agli interessi del concessionario; dall'altro, valorizzare un patrimonio conoscitivo già presente sul territorio, evitando di ricorrere esclusivamente a consulenze esterne per competenze che sono già disponibili localmente.

Il DICAM ha in particolare maturato esperienza nei temi della continuità del trasporto solido nei corsi d'acqua alpini, della modellazione idrodinamica e sedimentologica degli invasi, del monitoraggio morfologico e biologico dei tratti fluviali in risposta alle variazioni del regime idrologico e sedimentario. Queste competenze sono direttamente applicabili alle questioni irrisolte più urgenti del progetto in esame: la quantificazione del trasporto solido del Sarca per granulometrie distinte durante gli eventi di piena, la modellazione dell'efficienza delle strutture di scarico esistenti per operazioni di turbidity current venting e drawdown flushing, la valutazione degli effetti del ripascimento fluviale sulla morfologia del tratto a valle e sulle comunità bentoniche e ittiche.

Proposta

Il coinvolgimento dell'Università di Trento potrebbe assumere forme diverse e complementari: una convenzione di ricerca con il concessionario per la conduzione delle campagne di misura del trasporto solido e del monitoraggio morfologico; un accordo con la PAT per la supervisione scientifica indipendente del Piano di Monitoraggio Ambientale, al fine di garantirne l'adeguatezza rispetto ai protocolli della Direttiva Quadro Acque; la partecipazione a un tavolo tecnico interistituzionale - con APPA, Servizio Bacini Montani e Servizio Aree Protette - per la definizione del Piano di redistribuzione del sedimento. Questo tipo di collaborazione strutturata tra concessionario, pubblica amministrazione e istituzione accademica è peraltro già documentata in contesti analoghi: il programma HyMoCARES, di cui la PAT era partner, vedeva la partecipazione attiva di università e centri di ricerca alpini proprio per garantire che le soluzioni gestionali fossero radicate nella conoscenza scientifica dei sistemi fluviali locali.

6.5.3 Il Servizio Bacini Montani

Il Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento ha competenza sulla sistemazione idrogeologica del territorio montano e sulla gestione del trasporto solido nei corsi d'acqua.

Il coinvolgimento del Servizio Bacini Montani dovrebbe articolarsi su tre livelli. Il primo è la quantificazione condivisa del fabbisogno sedimentario del Sarca a valle: solo questo ufficio dispone - o può acquisire con campagne di misura mirate - dei dati necessari per definire quanta ghiaia e quanti ciottoli debbano essere reimmessi nel sistema fluviale, a quale granulometria, in quale tratto, con quale frequenza. Il secondo è la pianificazione dei siti di rilascio: la selezione dei punti ottimali per il ripascimento fluviale richiede una conoscenza idromorfologica del tratto che va ben oltre la scala del singolo cantiere. Il terzo è la valutazione dell'idoneità dello scarico di fondo della diga per operazioni di flushing e venting: il Servizio Bacini Montani, opportunamente affiancato da professionalità provenienti dall'ambito dell'idromorfologia, della limnologia e dell'ecologia fluviale ha le competenze idrauliche per condurre o supervisionare questa valutazione.

Proposta

Si propone che, nell'ambito della procedura di VIA, venga richiesto al concessionario di produrre uno studio condiviso con il Servizio Bacini Montani che quantifichi il fabbisogno sedimentario del Sarca a valle della diga e identifichi i siti prioritari di ripascimento per ciascuna delle tre frazioni granulometriche principali (ciottoli, ghiaie, sabbie). Questo studio deve costituire il presupposto tecnico per qualsiasi decisione sulla destinazione del materiale grossolano (Area 1).

6.5.4 Il Servizio Sviluppo Sostenibile e Aree Protette

Il Servizio Aree Protette e Biodiversità ha competenza sulla rete ecologica provinciale, sulla gestione degli habitat di interesse comunitario e sulla tutela della fauna e della flora rare. È l'ufficio provinciale con la maggiore competenza per valutare due questioni che il progetto lascia completamente irrisolte: la presenza o l'assenza dell'habitat prioritario 91E0* nelle aree boscate interessate dall'intervento, e la compatibilità della destinazione del sedimento fine con i progetti di riqualificazione degli habitat ripari e fluviali del Parco Fluviale della Sarca.

Il Parco Fluviale della Sarca - formalmente istituito e gestito con il contributo della PAT - è il quadro pianificatorio di riferimento per la tutela e la valorizzazione degli habitat fluviali del Sarca dal bacino di Ponte Pià fino al Lago di Garda. I piani del Parco e le misure di conservazione degli habitat 91E0* già identificati nell'area (3,68 ha totali) costituiscono un punto di partenza documentato per valutare le opportunità di riqualificazione che il sedimento estratto dall'invaso potrebbe offrire, se opportunamente gestito.

In particolare, il Servizio Aree Protette dovrebbe essere coinvolto per: verificare la presenza di habitat 91E0* nelle aree boscate destinate al taglio (indagine floristica e fitosociologica da condurre prima di qualsiasi autorizzazione al disboscamento); identificare i tratti del Sarca dove la ricostruzione di habitat ripari è prioritaria e dove il materiale fine estratto dall'invaso potrebbe essere distribuito come ammendante del suolo per accelerare la colonizzazione vegetale; valutare la compatibilità delle opere di ripascimento fluviale con la fauna ittica e la fauna bentonica, in coordinamento con il Servizio Gestione Faunistica e i Consorzi di Pesca.

Proposta

Si propone che il concessionario sia tenuto, come condizione dell'autorizzazione, a: (a) commissionare un'indagine floristica e fitosociologica nelle aree boscate interessate dall'intervento, condotta da professionisti accreditati e validata dal Servizio Aree Protette; (b) presentare un Piano di Redistribuzione del Sedimento Fine che identifichi le opportunità di utilizzo del materiale limoso-argilloso per progetti di riqualificazione degli habitat ripari del Parco Fluviale della Sarca, in accordo con il Servizio Aree Protette; (c) concordare con il Servizio Aree Protette e con i Consorzi di Pesca le modalità operative del ripascimento con materiale grossolano, in modo da massimizzare i benefici per la fauna ittica e i macroinvertebrati.

6.5.5 Il coordinamento interistituzionale come condizione di sostenibilità

Il coordinamento con il Servizio Bacini Montani, con il Servizio Aree Protette, APPA e gli altri organi provinciali non deve essere visto come un adempimento procedurale aggiuntivo, ma come la condizione necessaria per trasformare un intervento di smaltimento di sedimenti in un'opportunità di riqualificazione ecosistemica. Questo cambio di prospettiva è perfettamente coerente con l'approccio adottato dalla Provincia Autonoma di Trento nei programmi HyMoCARES: la gestione del trasporto solido come componente integrata della pianificazione di bacino, non come problema tecnico del singolo concessionario.

Il confronto con le buone pratiche documentate a livello europeo conferma che questo approccio è non solo auspicabile, ma operativamente consolidato. Il progetto di *nourishment* del Reno a valle di Iffezheim è gestito in modo coordinato tra il concessionario idroelettrico, le autorità di bacino tedesche e francesi e i servizi di tutela ambientale di entrambi i Paesi. Il coordinamento tra dighe sul Rodano è gestito dalla Compagnie Nationale du Rhône in accordo con le autorità competenti per la tutela del sistema fluviale. In entrambi i casi, il risultato è stato una gestione del sedimento che serve contemporaneamente gli obiettivi economici del concessionario e quelli ambientali del sistema fluviale.

6.6 Verso un Piano di Gestione integrato e di lungo periodo

Kondolf et al. (2014) raccomandano che tutti i progetti di gestione degli invasi siano pianificati su scale temporali di almeno 300 anni e spaziali che includano l'intero bacino. Per la diga di Ponte Pià, un Piano di Gestione integrato dovrebbe includere:

- Studio di fattibilità dettagliato di tutte le tecniche alternative identificate, con analisi multicriteri (MCDM/MADM) che integri le dimensioni economica, ambientale e sociale con pesi espliciti e documentati
- Verifica dell'idoneità idraulica dello scarico di fondo (2 luci, 15,5 m², soglia 435 m) per operazioni di flushing, sluicing e turbidity current venting, con eventuale progettazione di adeguamenti strutturali
- Quantificazione del trasporto solido del Sarca per granulometrie distinte, con campagne di misura diretta durante eventi di piena, condotta in collaborazione con il Servizio Bacini Montani
- Indagine floristica e fitosociologica nelle aree boscate, condotta in collaborazione con il Servizio Aree Protette, con priorità per le zone sotto la quota di massimo invaso (466,50 m)
- Piano di Ridistribuzione del Sedimento che preveda la reimmissione nel Sarca della componente grossolana oggi destinata alle fondazioni del rilevato e alla cessione commerciale, con siti e modalità concordati con Servizio Bacini Montani, Servizio Aree Protette e Consorzi di Pesca
- Piano di utilizzo del materiale fine per riqualificazione degli habitat ripari del Parco Fluviale della Sarca, concordato con il Servizio Aree Protette

- Valutazione degli impatti cumulativi del programma di gestione sull'intero sistema a cascata (Vasca Val di Genova - Ponte Pià - Santa Massenza - Toblino - Cavedine)
- Accordo con PAT, APPA e Distretto Idrografico per l'integrazione del piano di gestione nei documenti di pianificazione di bacino e nelle misure del PTA 2022-2027

7. Conclusioni

L'analisi integrata dei documenti porta a concludere che il progetto nella sua attuale configurazione non sia compatibile con le prescrizioni normative vigenti, con gli obiettivi della Direttiva Quadro Acque, con i principi della gestione sostenibile degli invasi documentati dalla letteratura scientifica internazionale, né con la tutela degli habitat naturali potenzialmente presenti nell'area.

In senso positivo, l'analisi ha rivelato un elemento di opportunità importante: lo scarico di fondo dell'invaso dispone di 2 luci da 2,10×3,70 m con soglia a 435,00 m s.l.m., caratteristiche strutturalmente favorevoli per operazioni di turbidity current venting, sluicing e drawdown flushing che non sono mai state valutate. **La verifica dell'idoneità idraulica di questa struttura per le operazioni di gestione del sedimento deve essere la prima azione tecnica di qualsiasi processo di revisione del progetto.**

Sul piano delle prospettive, il presente documento ha identificato un approccio alternativo che non si limita a criticare il progetto attuale, ma propone una traiettoria costruttiva: la redistribuzione diffusa del sedimento sul territorio, in collaborazione con APPA, il Servizio Bacini Montani e il Servizio Aree Protette della PAT, come strumento di riqualificazione fluviale ed ecosistemica. Questo approccio trasforma il problema della gestione dei sedimenti dell'invaso da onere gestionale per il concessionario a opportunità di recupero ambientale per l'intero sistema Sarca-Garda. La disponibilità di 334.000 m³ di materiale sedimentario di qualità certificata, classificato non pericoloso e conforme agli standard più restrittivi, è una risorsa potenzialmente preziosa per il ripristino degli habitat fluviali e ripari degradati del Sarca. Sarebbe paradossale trasformarla in fondamenta di un rilevato artificiale.

Raccomandazione finale

Si raccomanda che: (1) la procedura di screening si concluda con l'assoggettamento a VIA completa; (2) nessuna operazione di disboscamento venga autorizzata prima dell'indagine floristica per l'habitat 91E0; (3) il piano di destinazione del materiale escavato venga integralmente rivisto, prevedendo la reimmissione a valle della componente grossolana; (4) venga avviata la verifica idraulica dello scarico di fondo per operazioni di venting, flushing e sluicing; (5) il concessionario venga obbligato a produrre, in coordinamento con APPA, il Servizio Bacini Montani e il Servizio Aree Protette, uno studio sul fabbisogno sedimentario del Sarca a valle e un piano di redistribuzione del sedimento come condizione necessaria per qualsiasi approvazione del progetto di gestione dell'invaso.*

Acque Trentine - Comitato Permanente di Difesa delle Acque del Trentino.

Riferimenti bibliografici

Letteratura scientifica

- Chamoun, S., De Cesare, G., & Schleiss, A.J. (2016). Managing reservoir sedimentation by venting turbidity currents: a review. *International Journal of Sediment Research*, 31, 195-204.
- De Cesare, G., Manso, P.F.A., Chamoun, S., Amini, A., & Schleiss, A.J. (2019). Innovative methods to release fine sediments from reservoirs developed at EPFL, Switzerland. *Hydrolink*, 2/2019, 54-58.
- Kondolf, G.M., Gao, Y., Annandale, G.W., Morris, G.L. et al. (2014). Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. *Earth's Future*, 2, 256-280. <https://doi.org/10.1002/2013EF000184>
- Morris, G.L. (2020). Classification of management alternatives to combat reservoir sedimentation. *Water*, 12(3), 1-24. <https://doi.org/10.3390/w12030861>
- Otálvaro Barco, M., Vásquez Paniagua, J.A., Polanco López De Mesa, J.A., & Botero Hernandez, B.A. (2025). Sustainability and Multicriteria Decision-Making in Sediment Management in Hydropower Plants: A Systematic Literature Review. *SAGE Open*, January-March 2025, 1-22. <https://doi.org/10.1177/21582440251324748>

Riferimenti normativi

- D.M. 12 ottobre 2022, n. 205. Regolamento recante criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, Parte II, Allegato IV-bis (Verifica di assoggettabilità a VIA).
- D.M. 30 marzo 2015. Linee guida per la verifica di assoggettabilità a VIA dei progetti di competenza delle regioni e province autonome.
- Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat). Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque). Direttiva 2008/98/CE (Direttiva Rifiuti).
- L.P. 27 maggio 2008, n. 5 - Piano Urbanistico Provinciale (PUP). D.G.P. n. 379/2022, Allegato C (CSP). D.G.P. n. 1748/2023 (primo aggiornamento CSP).
- DPCM 12 dicembre 2005. D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 (terre e rocce da scavo). D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

Studi e piani territoriali

- BIOS-IS S.r.l. (2023). Studio finalizzato ad aumentare la conoscenza naturalistica dell'ambito fluviale della Sarca. Commissionato dal Comune di Dro, PSR 2014-2020 operazione 7.6.1.
- ISPRA (2011). Manuale IDRAIM - Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua. Roma.
- Provincia Autonoma di Trento (2022). Piano di Tutela delle Acque 2022-2027.
- Progetto HyMoCARES - Hydromorphological Management of Catchments and River Systems in the Alpine Space (Interreg Alpine Space, 2016-2019). PAT tra i partner.