

Convegno Hydro+: Ispezione e manutenzione di impianti idroelettrici
Approcci innovativi nella gestione dei sedimenti di bacini artificiali

Gestione dei sedimenti, alcuni aspetti tecnici e di ricerca

Hydro+

Maurizio Righetti, Giuseppe Roberto PISATURO, Giulia Stradiotti

FUB – Freie Universität Bozen

Gli organizzatori dell'evento



patscheiderpartner
ENGINEERS

BAU**TEC**

TESO
TECHNICAL SOLUTIONS



BERGMEISTER
innovative & responsible engineering

Gli sponsor dell'evento

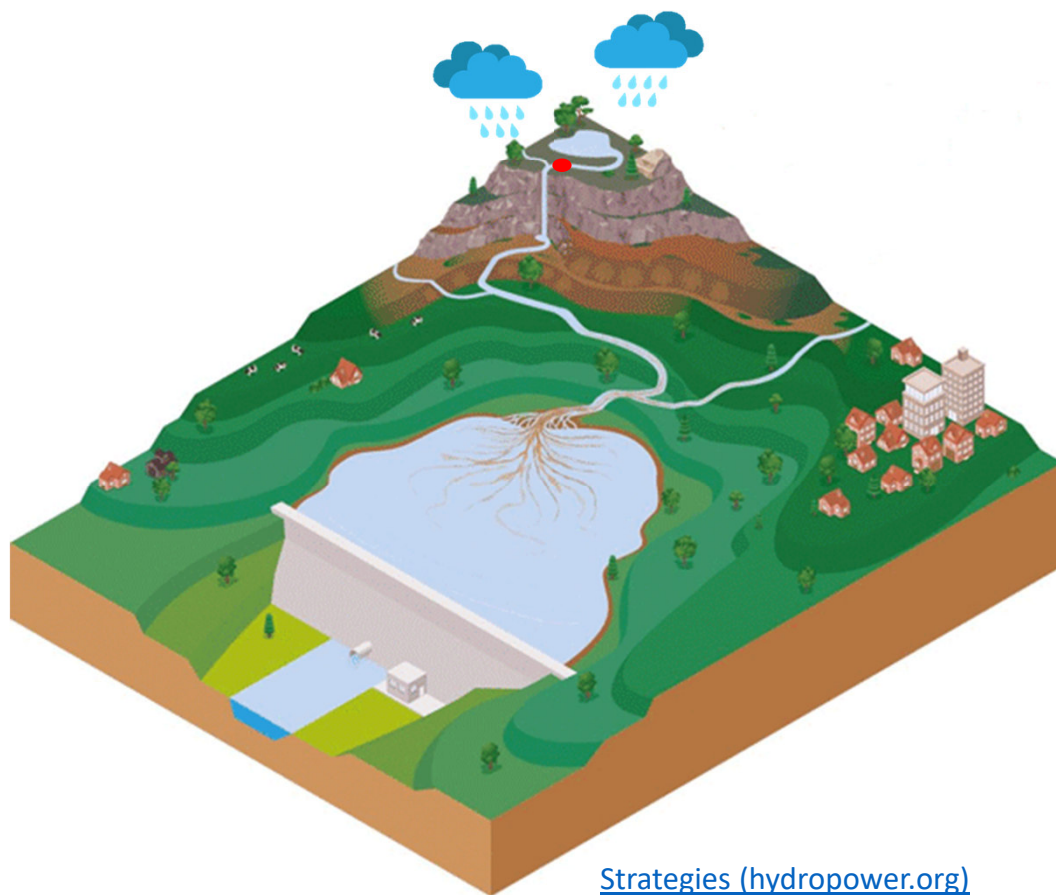
alperia **ANDRITZ**
ENGINEERED SUCCESS

ROTECH
risanamento e rinnovamento tubazioni **WATERTRACKS**

(AKU) **VOITH**

SUB C MARINE
UNDERWATER SERVICES

Il percorso del sedimento dalle montagne ai fiumi



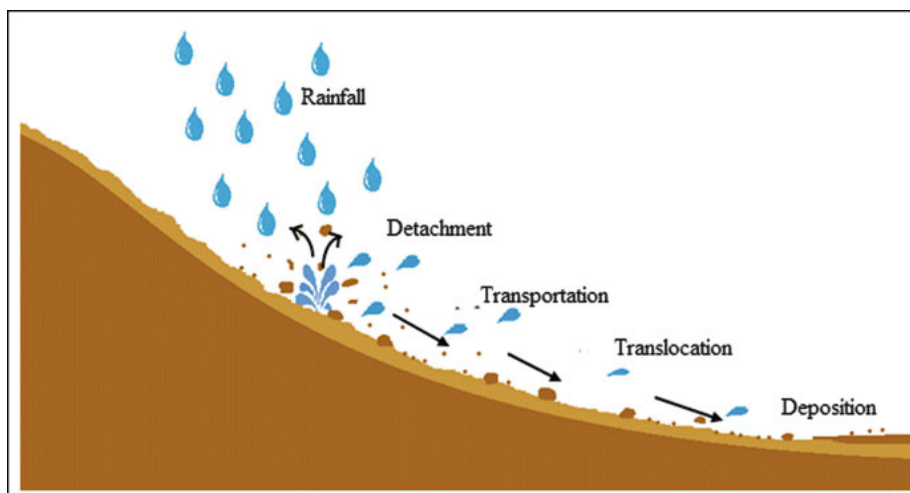
[Strategies \(hydropower.org\)](http://Strategies(hydropower.org))

Le precipitazioni determinano l'erosione del terreno e la conseguente produzione di materiale solido che viene immesso all'interno del corso d'acqua.

Molteplici aspetti da studiare!!

1. Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti? Come vengono trasportati?
2. Come interagiscono con le strutture?
3. Come vengono rimossi e qual è il loro impatto nei corpi idrici recettori?

Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti?



[Introduction and Background of Rainfall Erosivity Processes and Soil Erosion | SpringerLink](#)

La produzione dei sedimenti è un processo che disgrega le rocce e il suolo delle montagne e può avvenire attraverso vari meccanismi:

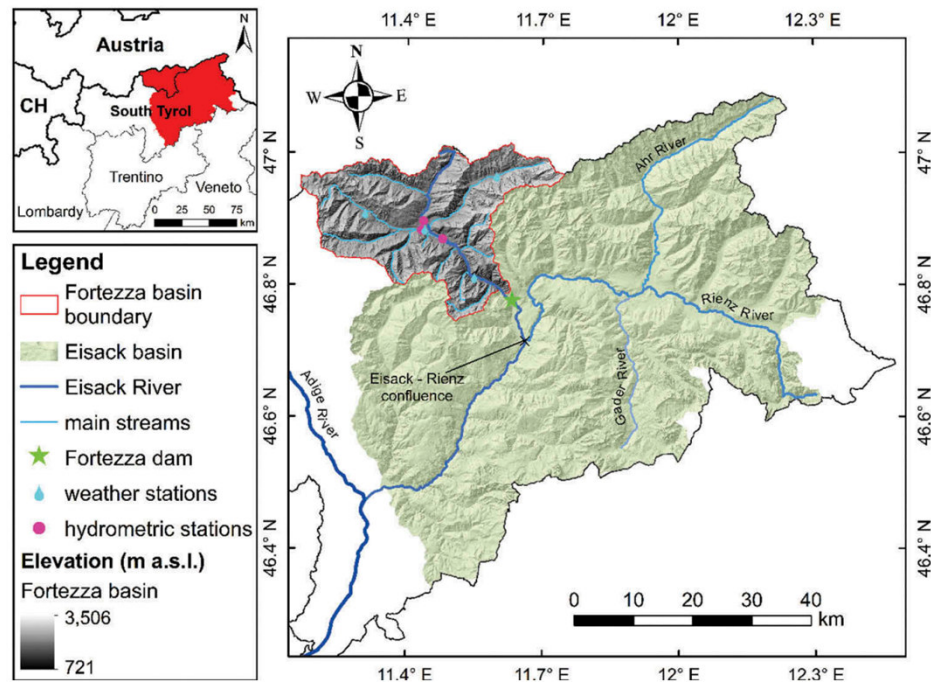
- **Acqua:** La pioggia erode le rocce e il suolo, portando via i frammenti.
- **Agenti atmosferici:** Le variazioni di temperatura, il gelo e il disgelo causano la rottura delle rocce.
- **Vento:** In alcune regioni, il vento può trasportare particelle di sabbia e polvere, erodendo ulteriormente le rocce.
- **Attività biologica:** Le radici delle piante possono penetrare nelle rocce, causando fratture e contribuendo all'erosione.

Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti?

Apporto dei sedimenti a scala di bacino imbrifero

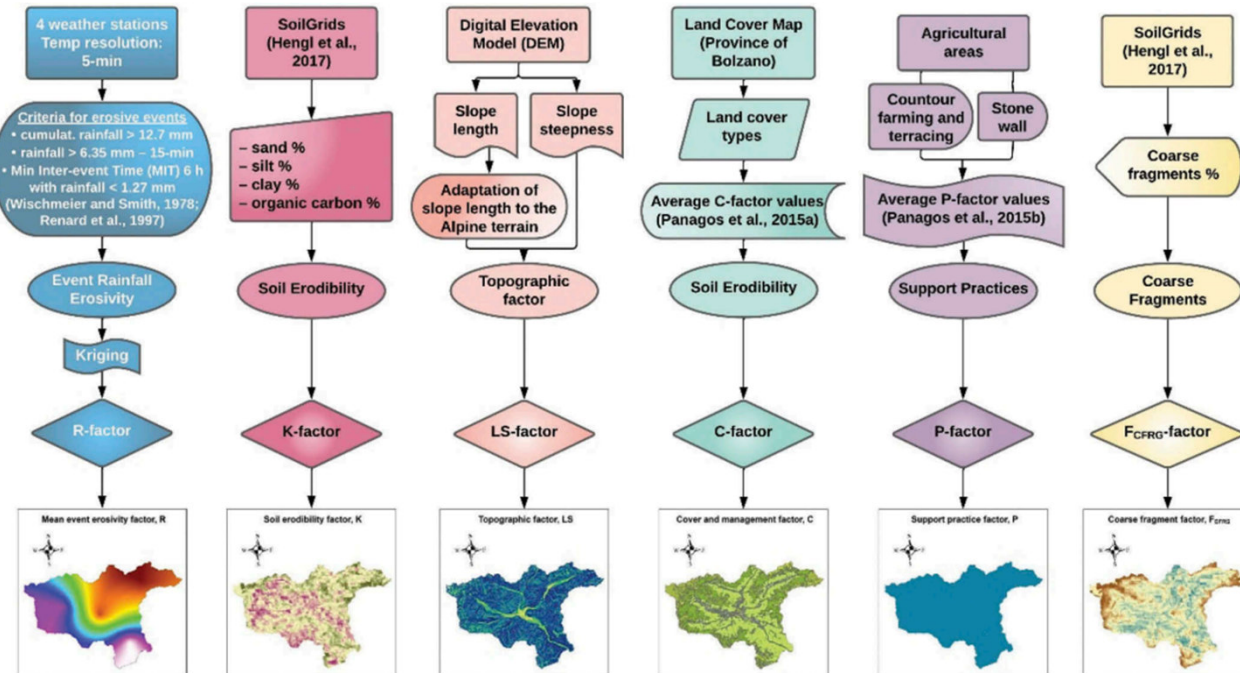
- Calcolo dei volumi di sedimenti che possono arrivare al bacino di Fortezza a seguito delle precipitazioni
- Modello di erosione dei versanti USLE

Caso studio bacino di Fortezza



Event-based soil erosion and sediment yield modelling for calculating long-term reservoir sedimentation in the Alps

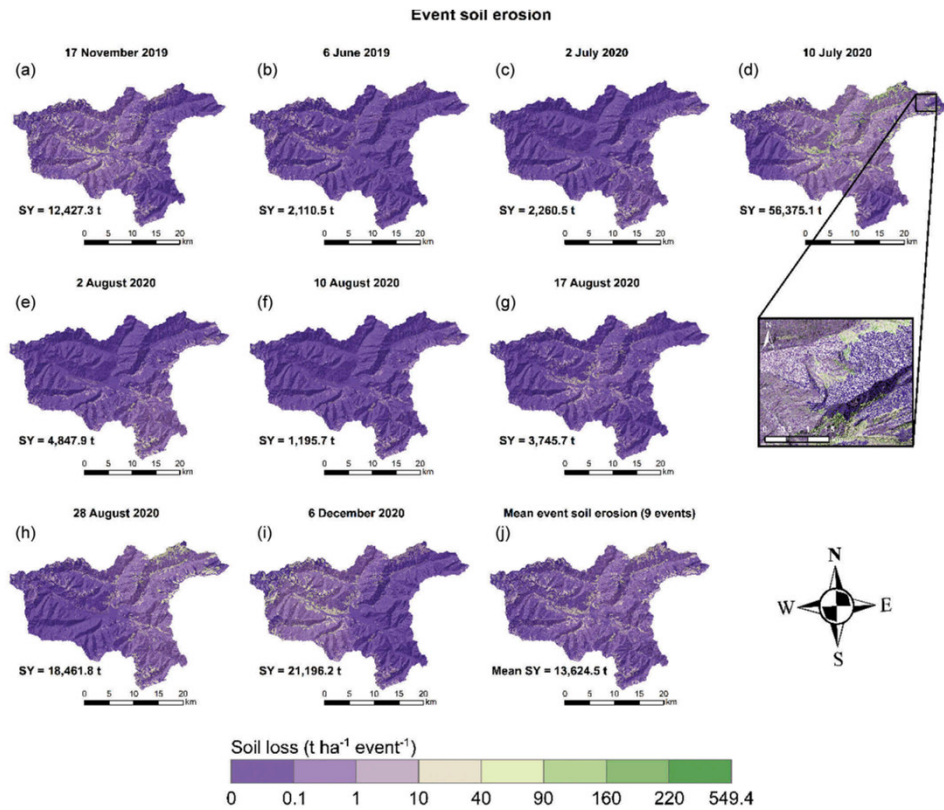
Konstantinos Kaffas, Giuseppe Roberto Pisaturo, Georg Premstaller, Vlassios Hrisanthou, Daniele Penna and Maurizio Righetti



Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti?

Apporto dei sedimenti a scala di bacino imbrifero

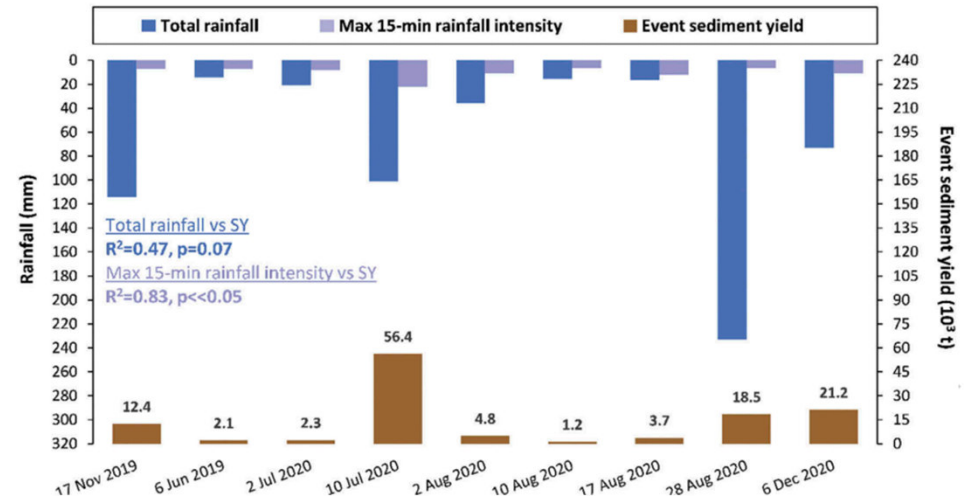
Studio della produzione dei sedimenti Ottobre 2019 - Dicembre 2020



Considerati 9 eventi del periodo oggetto di studio

Criteria per determinazione eventi erosivi

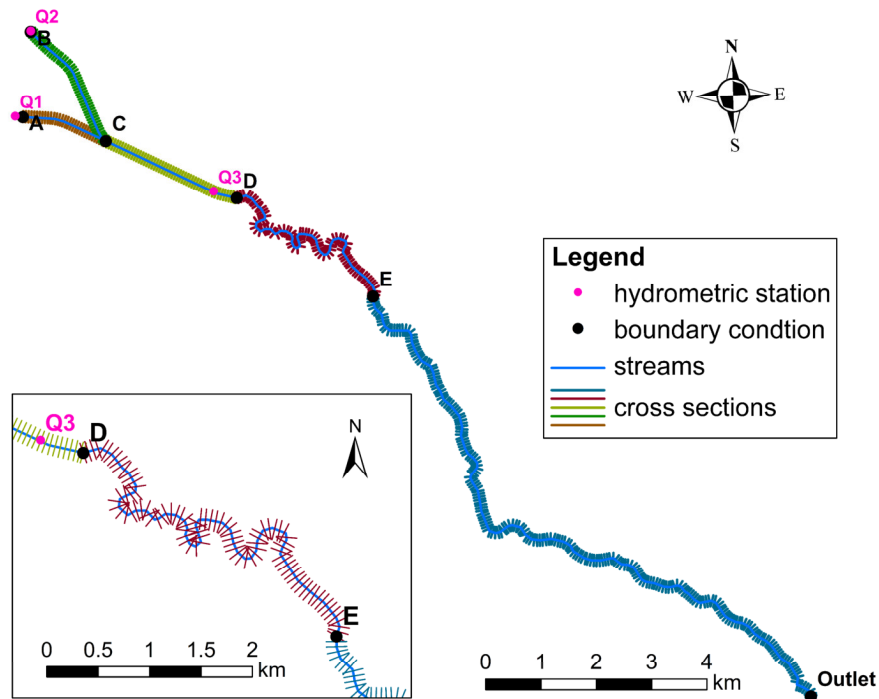
- i) $>6.35\ mm - 15\ min$
(Renard et al., 1997)
- ii) MIT (minimum inter-event time) 6 h
(Wischmeier and Smith, 1978)



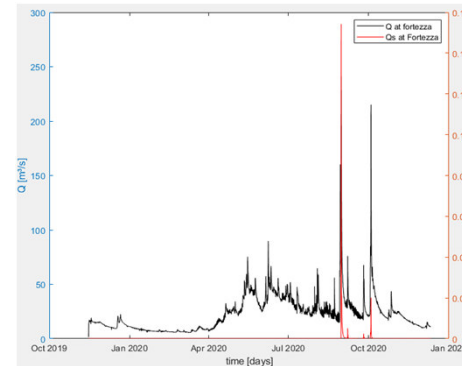
Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti?

Apporto dei sedimenti a scala di bacino imbrifero

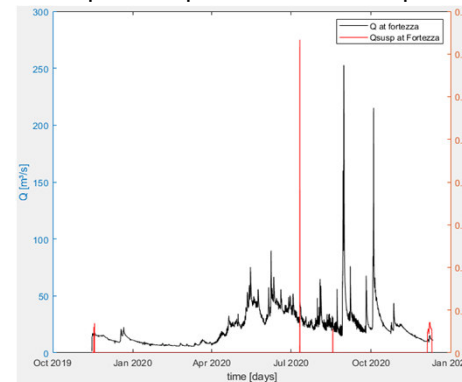
Questo sedimento (trasporto di fondo e in sospensione) viene trasportato fino all'invaso di Fortezza



Portata liquida vs portata solida di fondo



Portata liquida vs portata solida sospensione



Modellazione del trasporto solido di fondo e in sospensione con Basement.

I risultati hanno mostrato una ottima corrispondenza fra i volumi calcolati dalla modellazione produzione/trasporto con il DOD dell'invaso

Volume realmente depositato:
161,199 m³

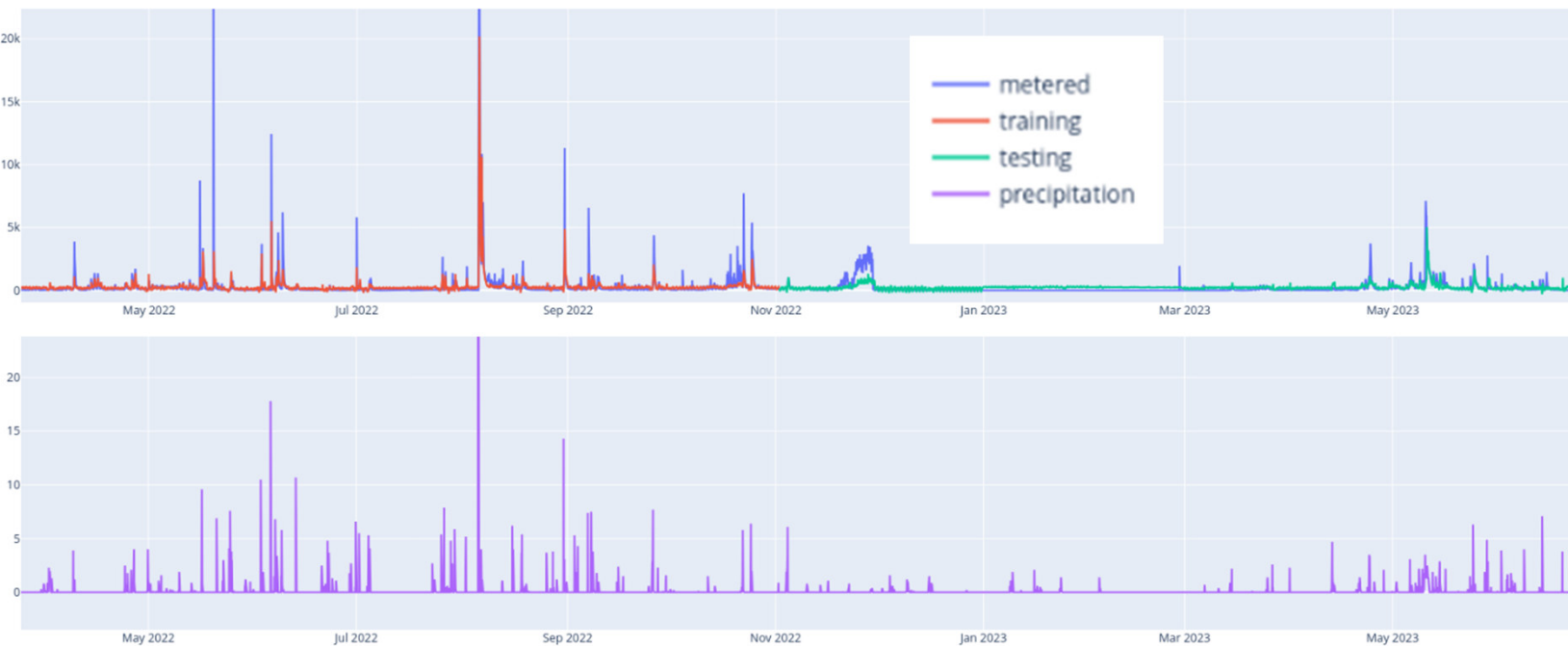
Volume simulato: 149,430 m³

Differenza: 7%

Quando, dove e quanti sedimenti vengono prodotti?

Primi risultati di applicazione **Data-Driven** sulla stima della **torbidità** in ingresso ai bacini idroelettrici

Caso studio Gadera (Alto Adige). Misure disponibili di precipitazione, portata e torbidità (SSC)



Metodologia di previsione del SSC.

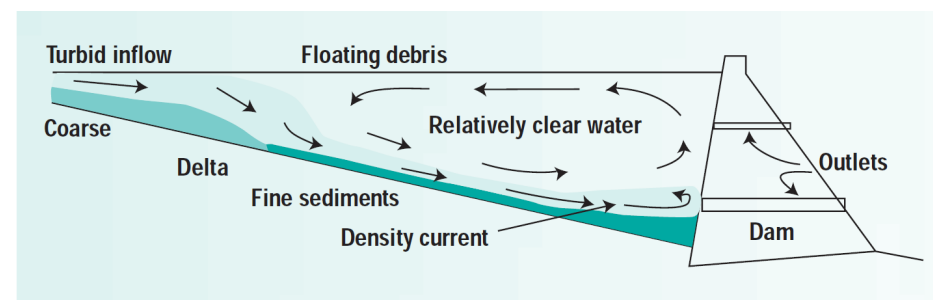
Approccio data-driven basato sulla Support Vector Machine (SVR) che sfrutta i dati orari di precipitazione, portata e torbidità.

Previsione a 24 ore

Come interagiscono con le strutture?

La presenza di una qualsiasi opera idraulica, per esempio una diga o una traversa, determina:

1. Incremento del livello dell'acqua a monte
2. Riduzione delle velocità della corrente a monte
3. Deposito dei sedimenti a monte dell'opera



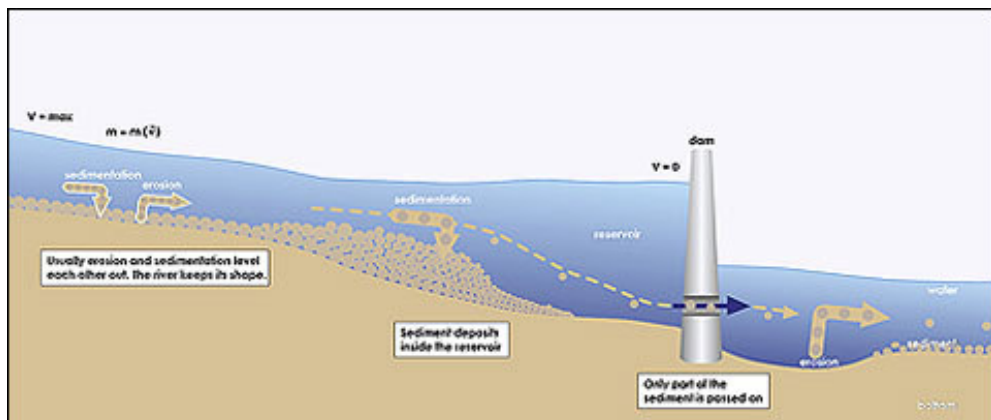
I sedimenti in ingresso in un serbatoio tendono a depositare a causa della riduzione di velocità.

Selezione granulometrica:

La porzione più grossolana del sedimento deposita prima formando un delta nella zona di monte del serbatoio.

I sedimenti più sottili depositano più a valle, più vicino alla diga

Da ambiente lotico a lentic e «trasformazione» dei sedimenti



Come interagiscono con le strutture?

La sedimentazione negli impianti idroelettrici interessa **due aspetti della produzione idroelettrica**:

- **La quantita di energia prodotta**

La produzione di energia  limitata quando lo stoccaggio attivo dell'invaso  diminuito a causa della sedimentazione.

- **Requisiti di manutenzione per le turbine**

I requisiti di manutenzione aumentano se il sedimento che fluisce attraverso le turbine contiene alti livelli di minerali duri, causando una grave abrasione delle parti della turbina.

Come interagiscono con le strutture?

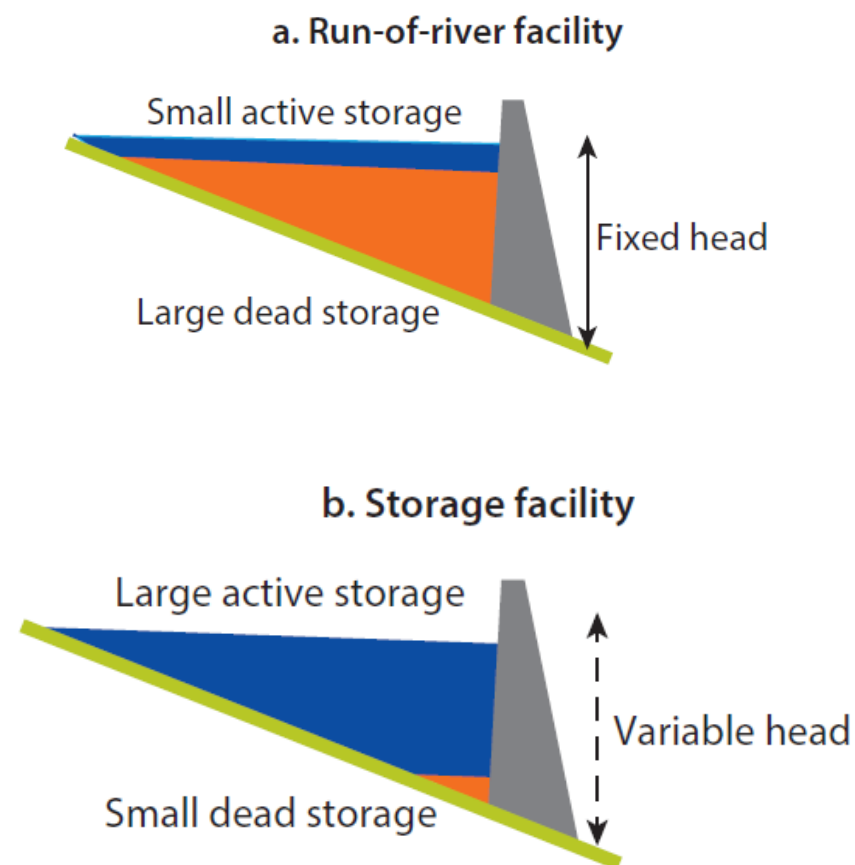
Gli obiettivi di gestione dei sedimenti dipendono dalla tipologia di impianto.

Per impianti **acqua fluente**: la gestione dei sedimenti mira a **migliorare l'efficienza operativa**.

Il deposito di sedimenti nel volume morto degli impianti ad acqua fluente non influisce sull'efficienza operativa, sebbene possa comportare un aumento delle quantità di sedimenti alle turbine.

Il deposito di sedimenti nel volume attivo può diminuire la capacità di picco, che, sebbene indesiderabile, spesso non viene affrontata nella progettazione (cioè, i progetti non hanno storicamente consentito la rimozione dei sedimenti depositati dallo stoccaggio attivo).

Per impianti ad **accumulo** l'obiettivo è **garantire la longevità dell'impianto per lo stoccaggio di grandi quantità di acqua da utilizzare durante i periodi di magra**.

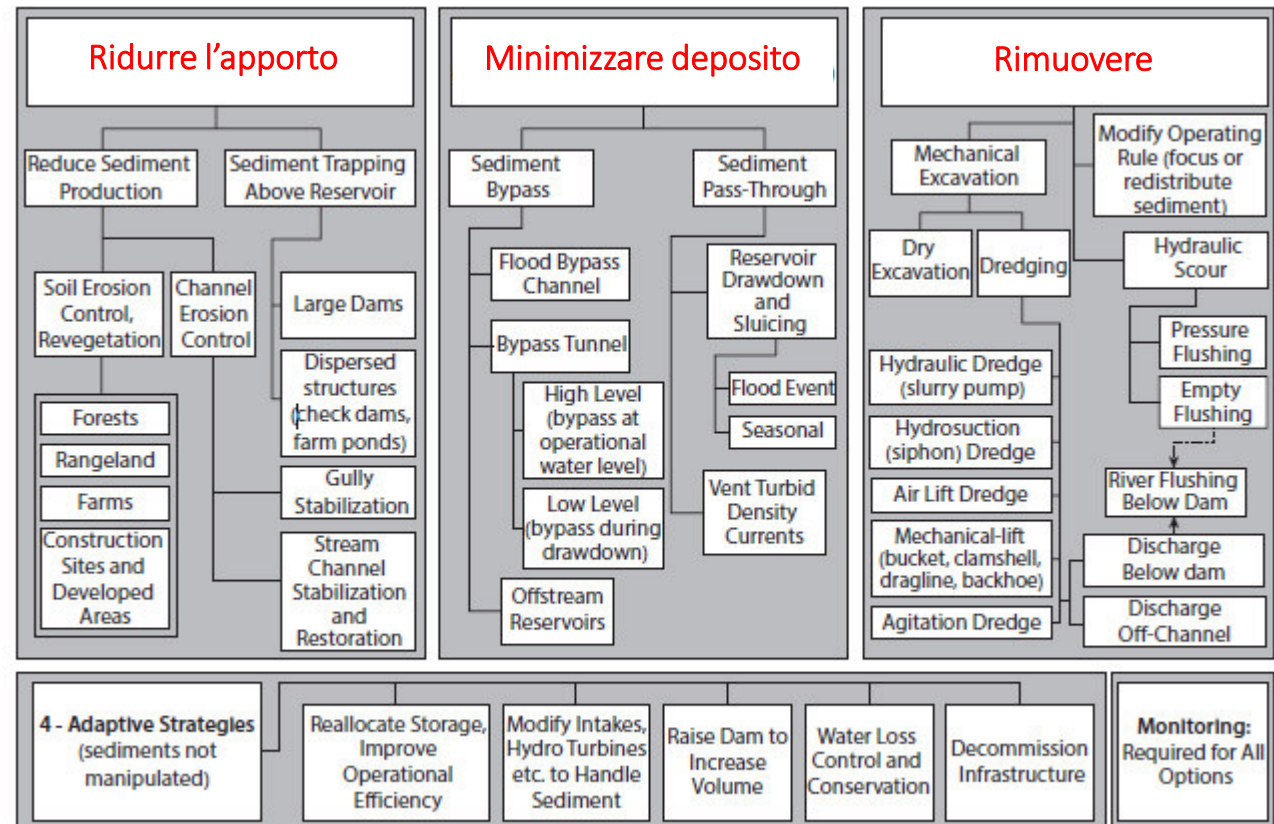


Come interagiscono con le strutture?

Ma come è possibile ridurre e gestire il fenomeno del deposito dei sedimenti nell'invaso?

3 criteri di possibili soluzioni:

1. **Ridurre l'apporto** dei sedimenti nel bacino
2. **Minimizzare il deposito** dei sedimenti nel bacino
3. **Rimuovere** i sedimenti depositati



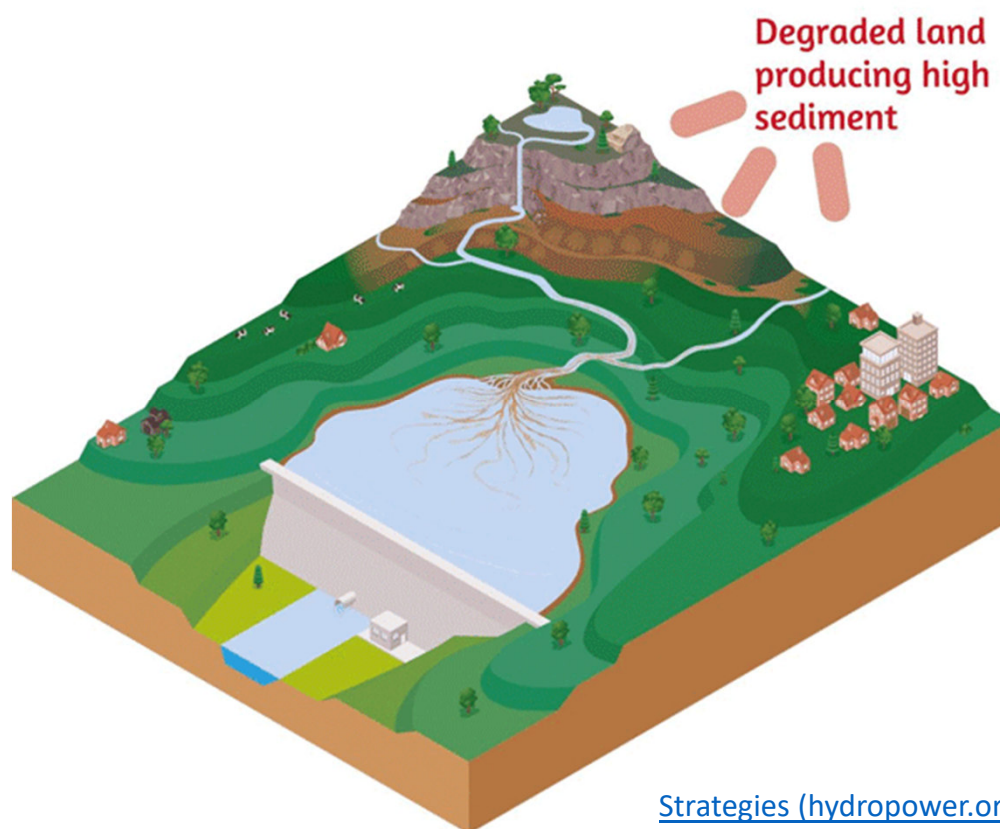
Source: Morris 2015.

Come interagiscono con le strutture?

Ma come è possibile ridurre e gestire il fenomeno del deposito dei sedimenti nell'invaso?

3 criteri di possibili soluzioni:

- 1. Ridurre l'apporto** dei sedimenti nel bacino
2. Minimizzare il deposito dei sedimenti nel bacino
3. Rimuovere i sedimenti depositati



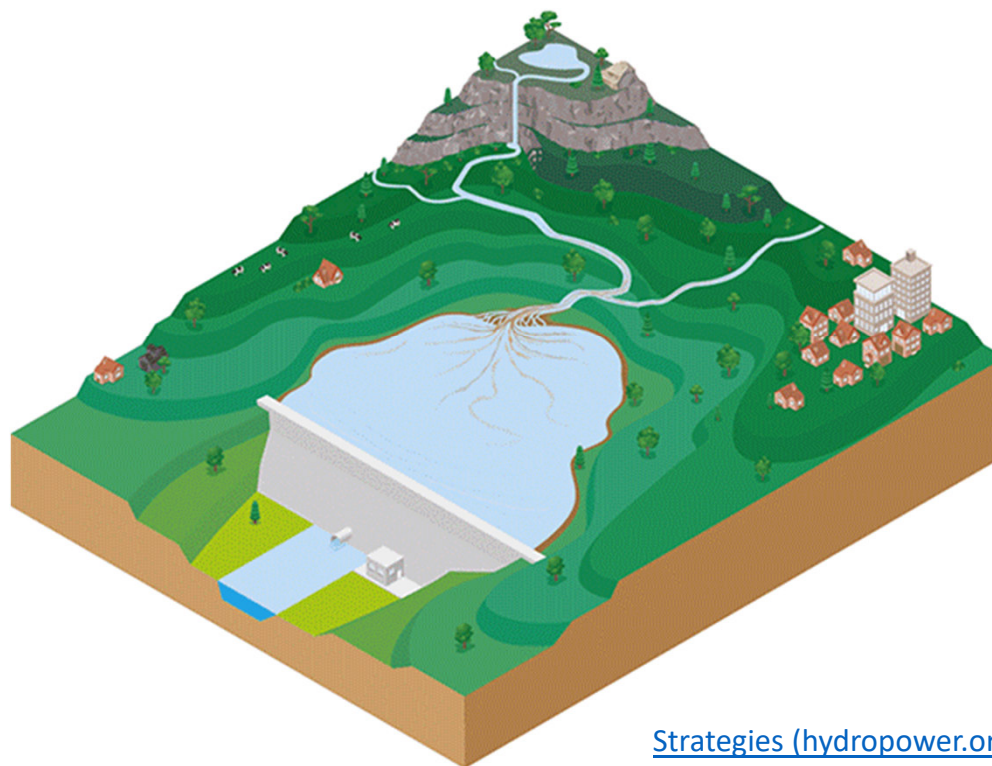
[Strategies \(hydropower.org\)](http://Strategies(hydropower.org))

Come interagiscono con le strutture?

Ma come è possibile ridurre e gestire il fenomeno del deposito dei sedimenti nell'invaso?

3 criteri di possibili soluzioni:

- 1. Ridurre l'apporto** dei sedimenti nel bacino
- 2. Minimizzare il deposito** dei sedimenti nel bacino
- 3. Rimuovere** i sedimenti depositati



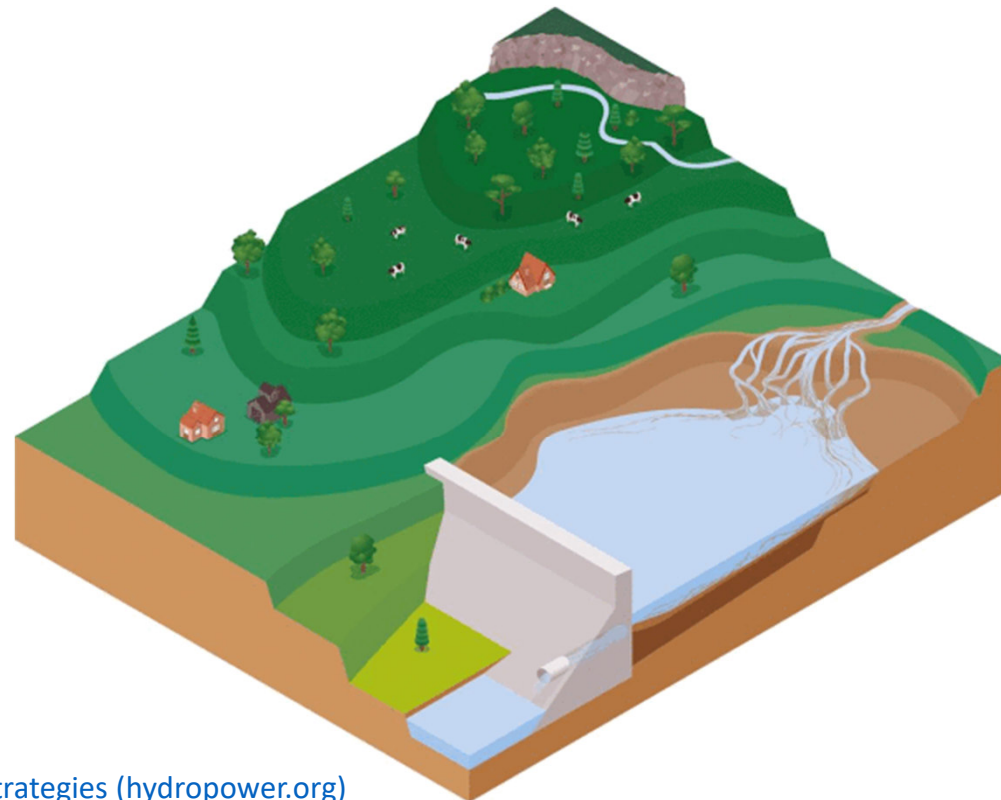
[Strategies \(hydropower.org\)](http://Strategies(hydropower.org))

Come interagiscono con le strutture?

Ma come è possibile ridurre e gestire il fenomeno del deposito dei sedimenti nell'invaso?

3 criteri di possibili soluzioni:

1. **Ridurre l'apporto** dei sedimenti nel bacino
2. **Minimizzare il deposito** dei sedimenti nel bacino
3. **Rimuovere** i sedimenti depositati



[Strategies \(hydropower.org\)](http://hydropower.org)

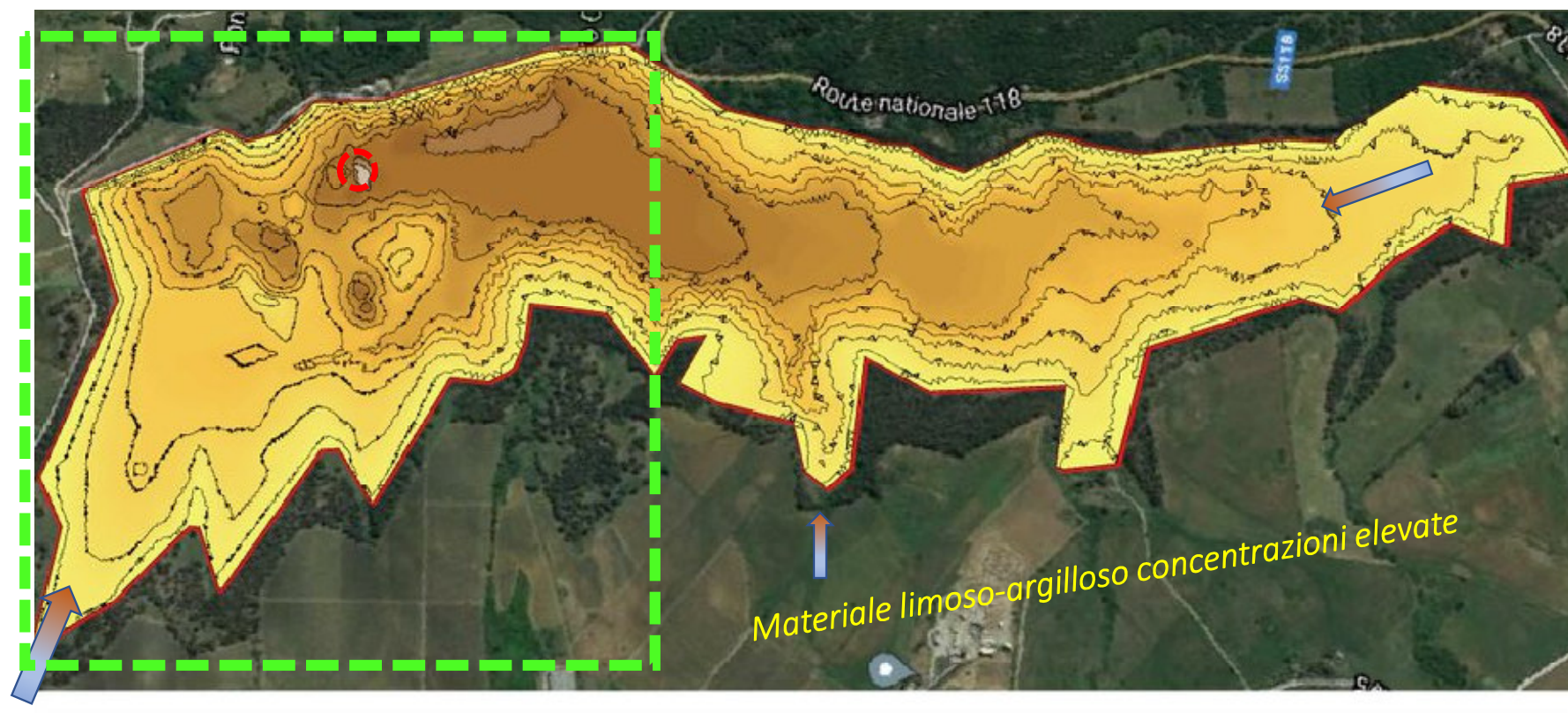
Come interagiscono con le strutture?

Un esempio: Ottimizzare il deposito dei sedimenti in bacino in zone «controllate» lontano dalle prese



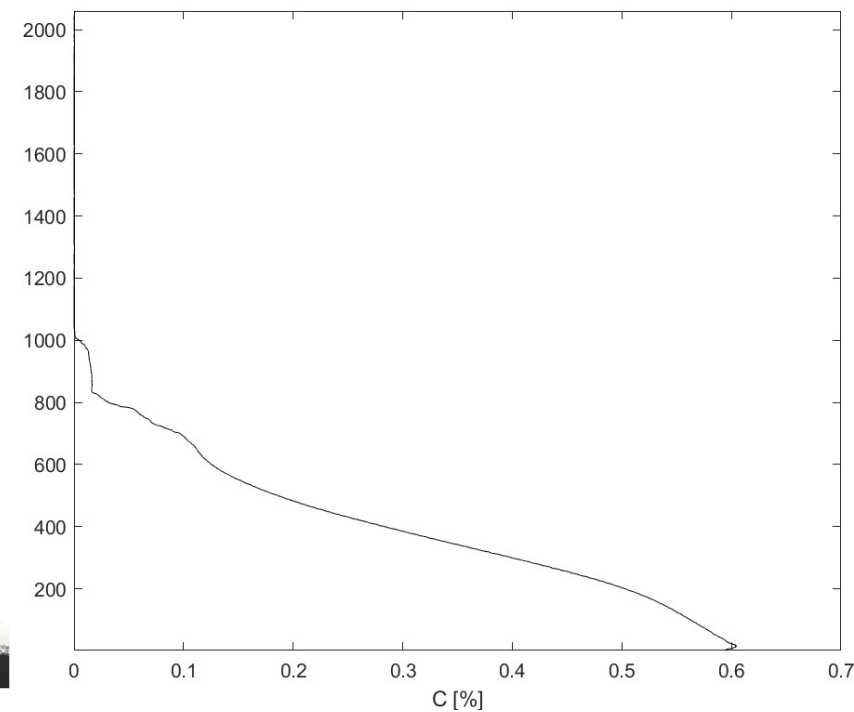
Come interagiscono con le strutture?

Un esempio: Ottimizzare il deposito dei sedimenti in bacino in zone «controllate» lontano dalle prese



Come interagiscono con le strutture?

Studio sperimentale della propagazione di una corrente di torbidità all'interno di un invaso.
Determinazione del profilo di concentrazione



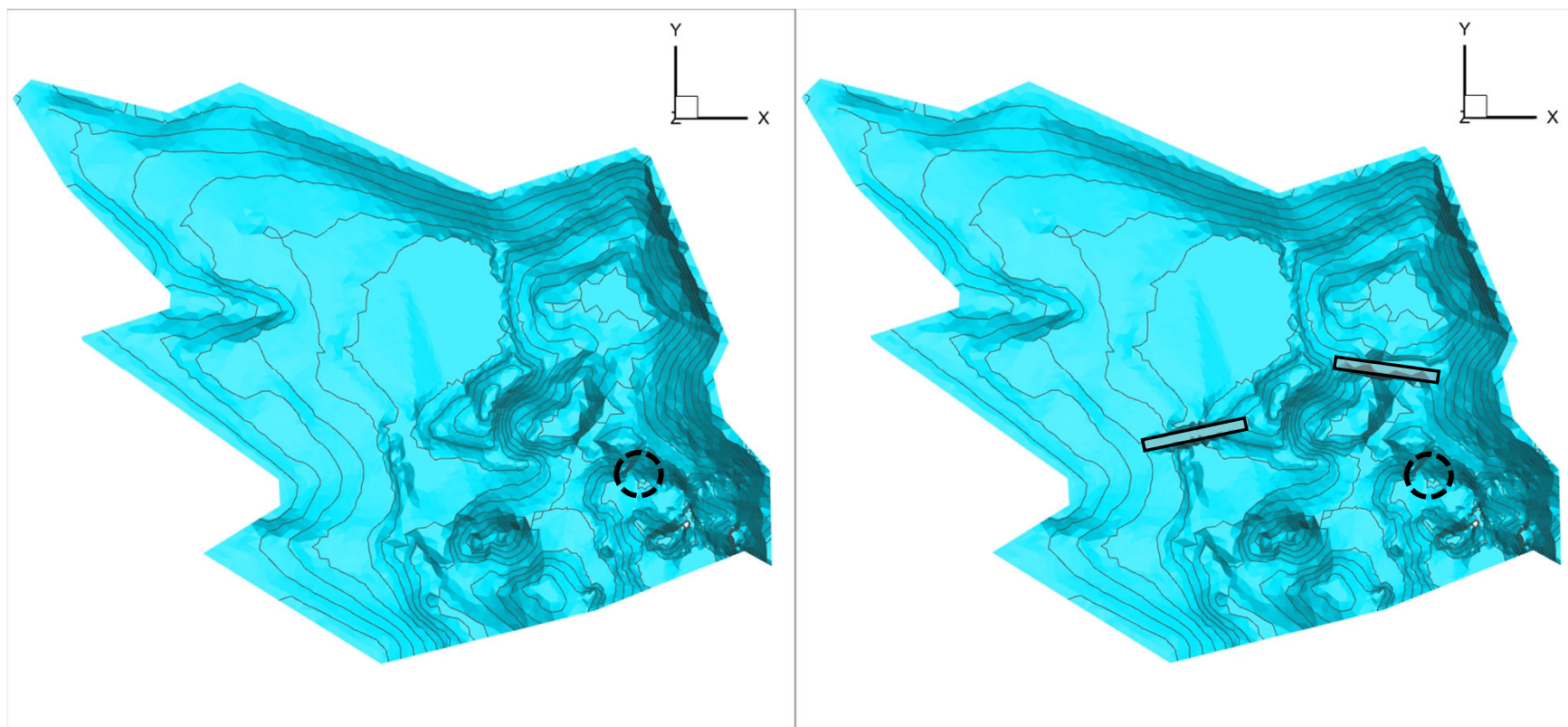
Come interagiscono con le strutture?

Modellazione numerica di una corrente di torbidità ed effetto di diverse opere di fondo sulla propagazione del fronte



Come interagiscono con le strutture?

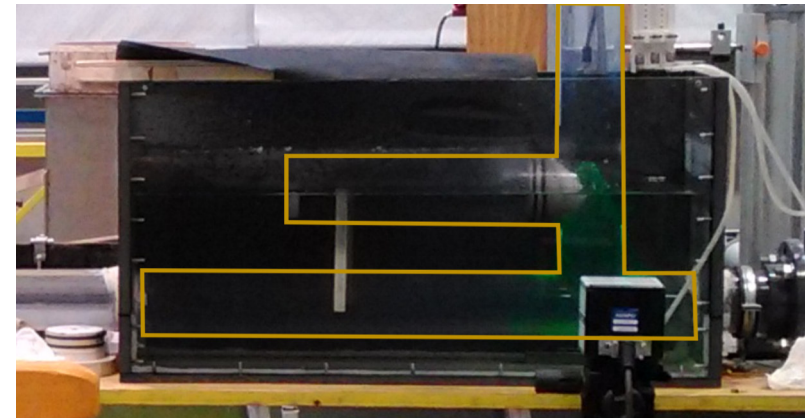
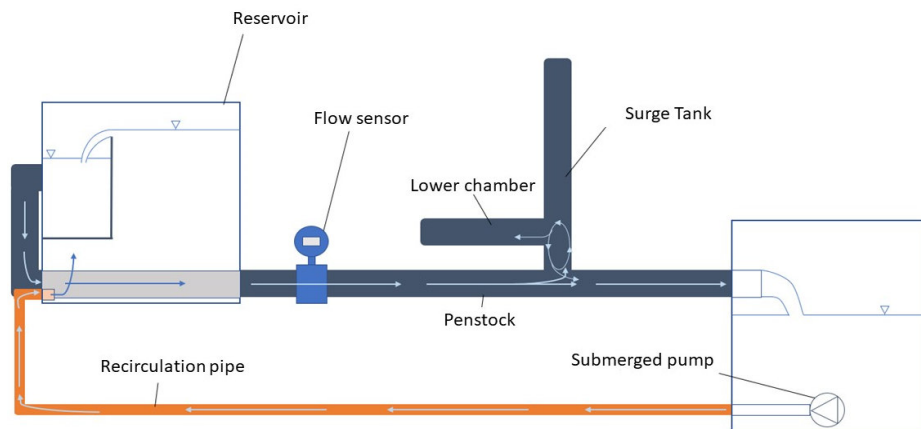
Risultati della modellazione numerica sul caso di studio reale



Come interagiscono con le strutture?

Studio dell'interazione del materiale solido con altri organi di regolazione e di protezione dell'impianto

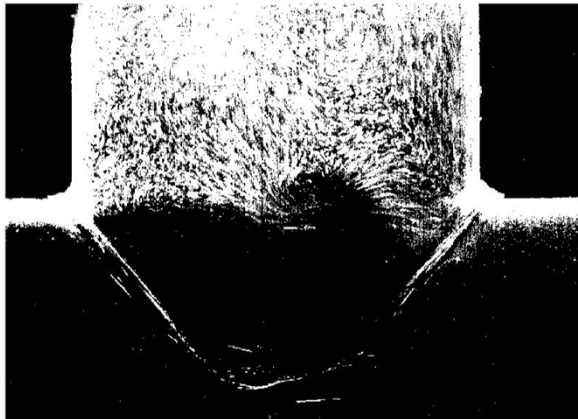
Esempio di un torrino piezometrico



Come interagiscono con le strutture?

Studio dell'interazione del materiale solido con altri organi di regolazione e di protezione dell'impianto

Esempio di un torrino piezometrico



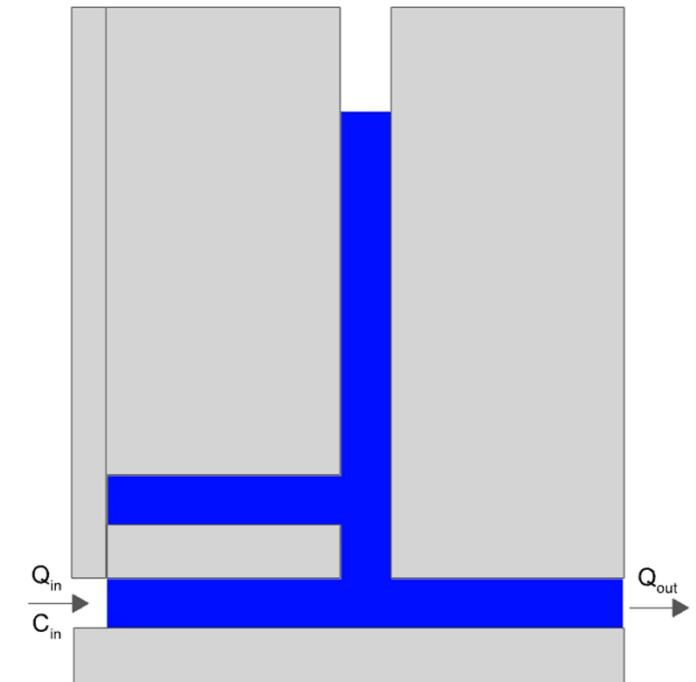
$C2 = 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $Qa = 2.5 \text{ l/s}$



$C2 = 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $Qb = 5.0 \text{ l/s}$



$C2 = 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$, $Qc = 11.7 \text{ l/s}$



Qual è il loro impatto nei corpi idrici recettori?

Studio dell'interazione del materiale solido con altri organi di regolazione e di protezione dell'impianto

Modellazione habitat con **una nuova curva di preferenza** che tiene conto di concentrazioni sospese e durata evento di fluitazione (**SEV**) (Newcombe and Jensen, 1996)

$$HSI = HSI_h \times SI_{SEV} = SI_d \times SI_v \times SI_g \times SI_{SEV}$$

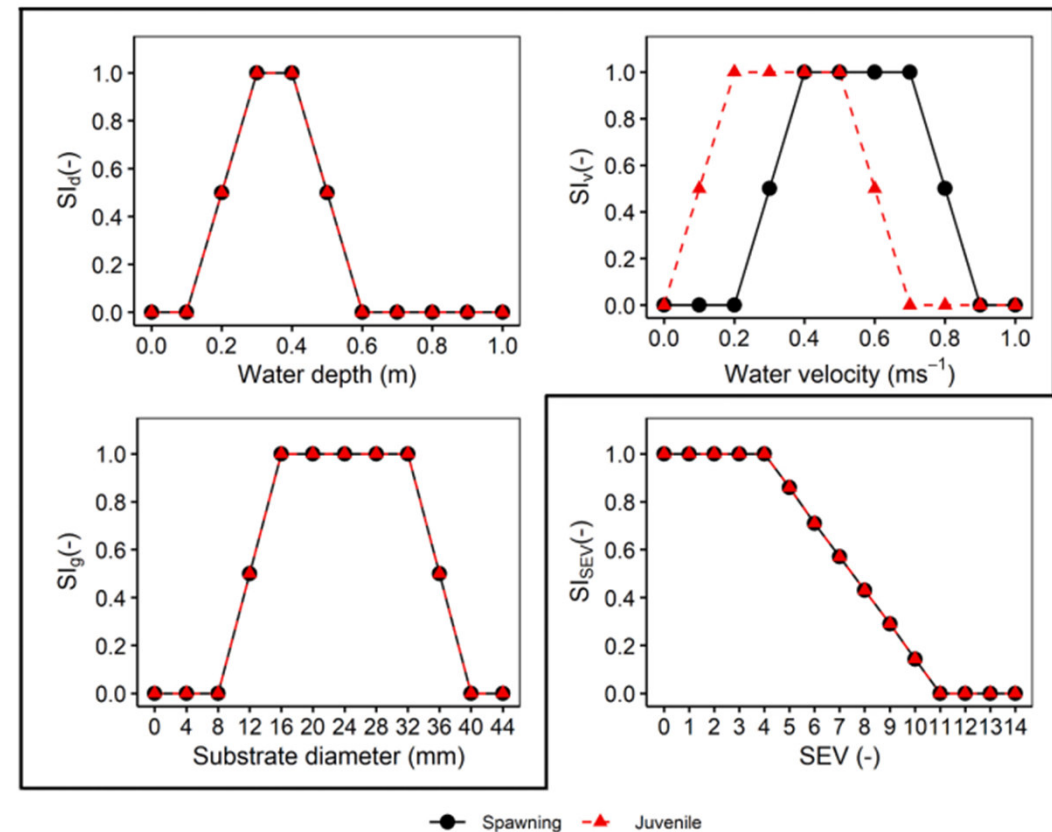
SI_d : Suitability Index per il tirante(-)

SI_v : Suitability Index per la velocità (-)

SI_g : Suitability Index per il substrato (-);

SI_{SEV} : Suitability Index per il parametro SEV (-);

SI_{SEV} è funzione della concentrazione di solidi sospesi (SSC) e della durata dell'evento!!!



Qual è il loro impatto nei corpi idrici recettori?

$$V1 = 1 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

$$V2.5 = 2.5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

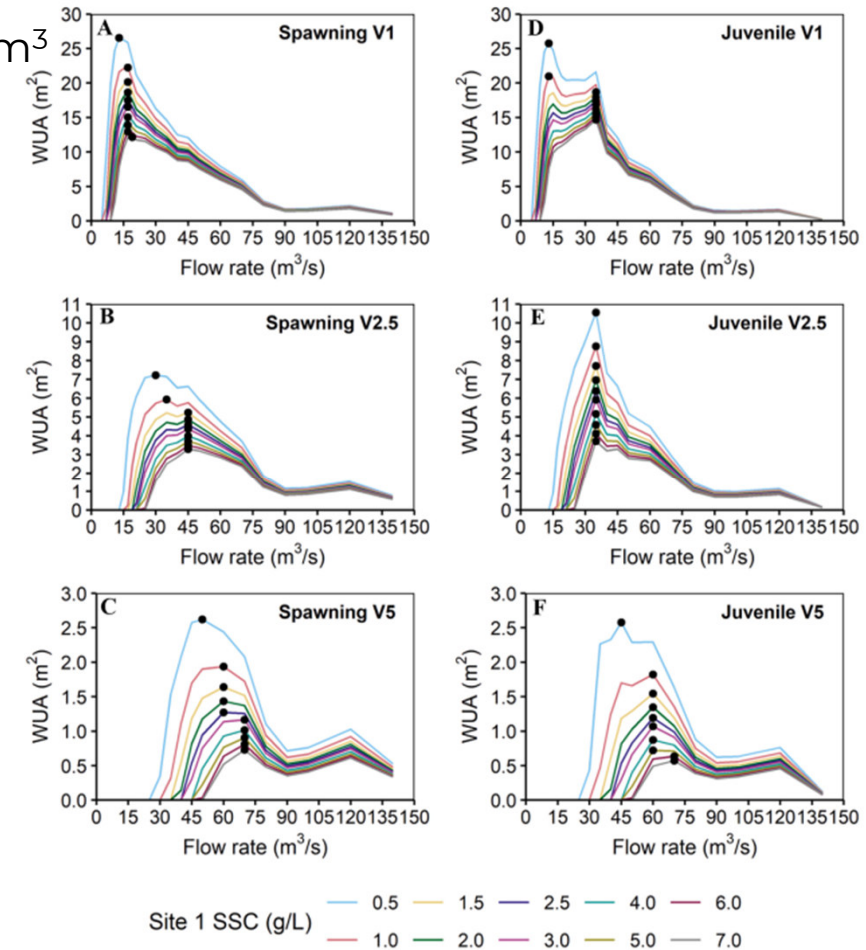
$$V5 = 5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

Minimo di habitat per basse ed elevate portate (lunghe durate evento di fluitazione vs elevate velocità)

Al crescere delle concentrazioni rilasciate è meglio aumentare le portate scaricate per ridurre la durata dell'evento.

Ci fornisce una indicazione delle possibili portate da scaricare e delle concentrazioni al fine di cercare di minimizzare gli effetti negative sui pesci.

Dai risultati si evince che è preferibile effettuare flushing con volumi di sedimenti inferiori → più **frequenti manovre di rimozione dei sedimenti**



Qual è il loro impatto nei corpi idrici recettori?

2 scenari di riempimento iniziale dell'invaso:

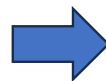
- livello acqua max vaso (100%)
- livello acqua 20% vaso

Scenario di portata:

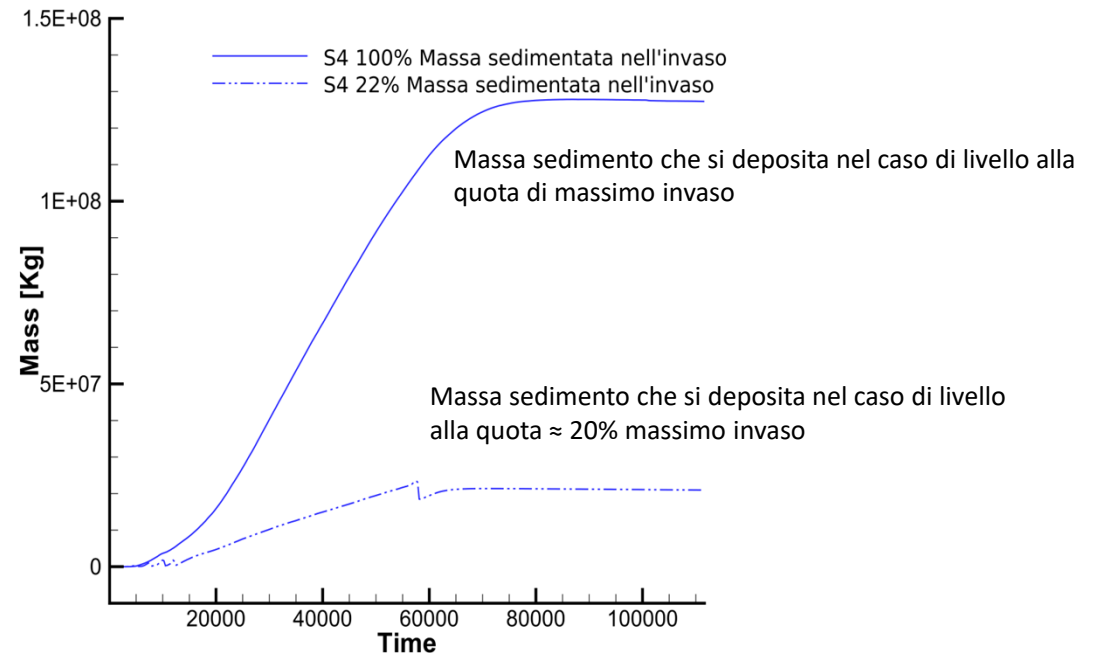
- **Q con tempo di ritorno di 1 anno**

Un eventuale **venting** è più efficace se preceduto da **svuotamento parziale del volume di vaso**, per mettere in moto l'acqua nel bacino e creare un canale di scorrimento privilegiato

Necessità di una **gestione più flessibile** dell'invaso per rendere la diga «trasparente» alla correnti di torbidità?



Vantaggio per la continuità dei sedimenti



Progetto di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN) 2022 - 2022X8T57X

An interdisciplinary approach to study sediment **Flu**shing operations from alpine reservoirs: **E**cological, hydro-**M**orphological and **M**anagement **A**spects (**FluEMMA**)

Composizione delle Unità di Ricerca



Dott. Alberto Doretto
Principal Investigator (PI)
alberto.doretto@uniupo.it

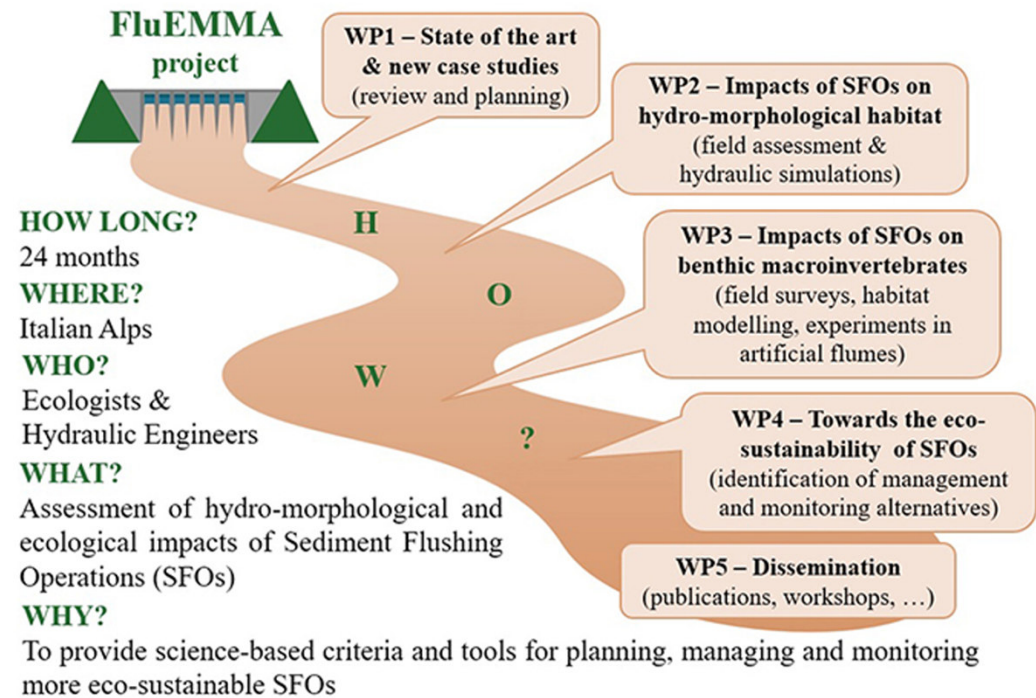



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN
LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO
FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO

Ing. Giuseppe Roberto Pisaturo
PI Università di Bolzano
GiuseppeRoberto.Pisaturo@unibz.it



Prof. Giuseppe Crosa - giuseppe.crosa@uninsubria.it
Ing. Paolo Espa - paolo.espa@uninsubria.it
Dott.ssa Silvia Quadroni - silvia.quadroni@uninsubria.it



An aerial photograph of a steep, rocky mountain slope. The terrain is rugged and covered in dark, jagged rocks. Patches of snow are scattered across the landscape, particularly in the upper and lower right areas. A semi-transparent dark grey rectangular box is centered over the middle of the image, containing white text.

Grazie per
l'attenzione!!