

## Abstract per la partecipazione al

„VI° PREMIO NAZIONALE AD UNA TESI SULL'INGEGNERIA DELLE DIGHE“

COMITATO NAZIONALE ITALIANO PER LE GRANDI DIGHE  
ITCOLD

Studentessa/autrice della tesi di laurea magistrale: *Ruth Morandi*

Università: *Università Tecnica di Monaco di Baviera (TUM)*

In collaborazione con: *Alperia S.p.A. (Bolzano)*

Titolo della tesi di laurea:

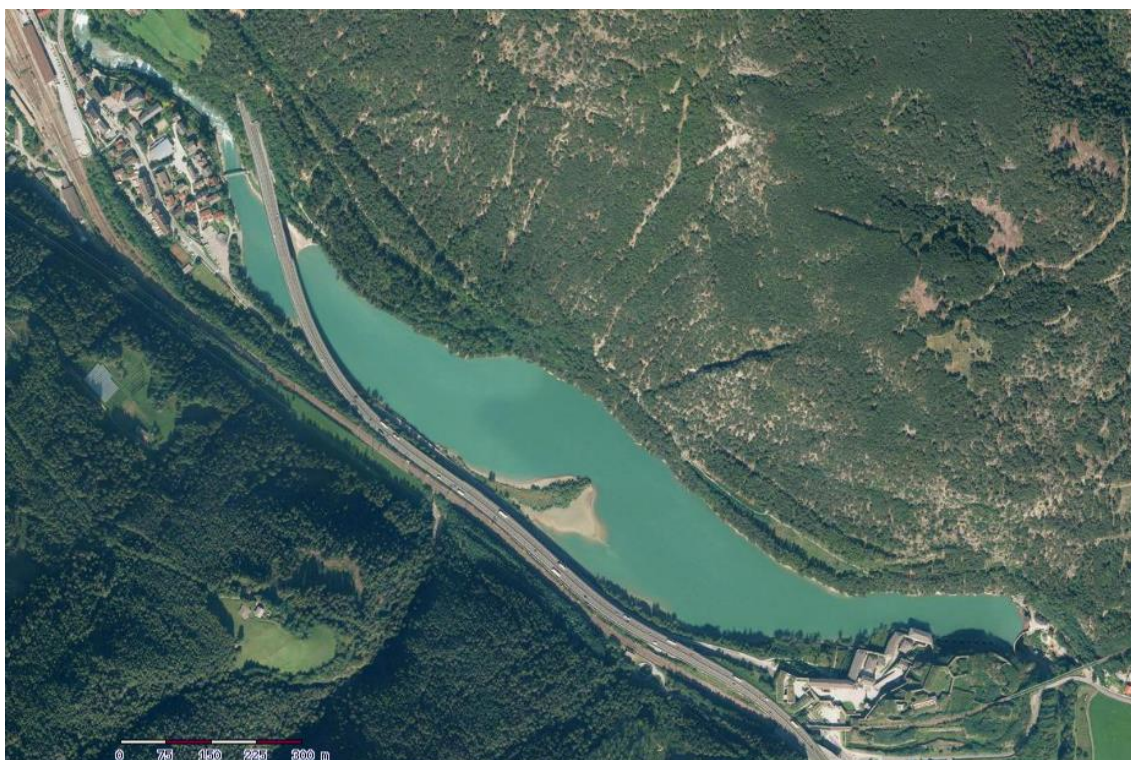
*Metodi alternativi per la gestione dei sedimenti nel bacino di Fortezza*

La tesi di laurea è ancora in fase di elaborazione. La consegna (in lingua tedesca) presso l'Università tecnica di Monaco di Baviera è prevista per il 29 gennaio 2021 con il titolo originale:

„Alternative Sedimentbewirtschaftungsmethoden für den Stauraum von Franzensfeste“

## Introduzione

Il bacino di Fortezza, situato a nord di Bressanone in Provincia di Bolzano, è soggetto a un elevato apporto di sedimento – un fenomeno comune per tutti i bacini idroelettrici, dove la velocità di flusso si riduce ed il materiale trasportato dal fiume si sedimenta. La seguente immagine mostra la geometria del bacino, il quale presenta una lunghezza di circa 1,6 km e una larghezza massima di circa 230 m. A sud-est del bacino è collocata una diga ad arco che sbarrava il fiume Isarco. La superficie del bacino imbrifero è pari a 680 km<sup>2</sup>. Le quote di massima e minima regolazione del bacino si trovano a 722,5 e 714,0 m s.l.m.. La portata massima derivabile dall'opera di presa (a nord della diga) è circa 25,1 m<sup>3</sup>/s, comprendente sia la portata verso la centrale di Bressanone che il DMV (2,1 m<sup>3</sup>/s), il quale viene utilizzato energeticamente tramite una piccola centrale di recupero energetico.



Per mantenere la capacità utile dell'invaso e per garantire la funzionalità degli organi di scarico vengono effettuate delle fluitazioni (svasi) nel bacino di Fortezza sin dalla sua costruzione nel 1940. Durante uno svaso viene rilasciato il sedimento accumulato a valle tramite lo scarico di fondo che si trova ad una quota di 700,0 m s.l.m.. Le fluitazioni durano circa 20 giorni e venivano effettuate inizialmente ogni anno, al massimo ogni due anni, e dal 2002 circa ogni 4 anni. L'ultimo svaso è stato effettuato nel 2013.

L'apporto medio annuo di sedimenti nell'invaso di Fortezza era stimato a circa 60.000 m<sup>3</sup>, però un confronto delle ultime due batimetrie eseguite per questo bacino indicano un apporto medio annuo di circa 95.000 m<sup>3</sup> per gli anni tra il 2013 ed il 2019. Il sedimento accumulato è composto prevalentemente da materiale fine (circa 60% limo e 40% sabbia fine).

## Scopo

Gli svasi del bacino di Fortezza sono molto efficaci riguardo l'asportazione di una elevata quantità di sedimenti accumulati (asporto di circa 300.000 m<sup>3</sup> di sedimenti durante uno svaso), però comportano notevoli perdite sul popolamento ittico a causa dell'intorbidamento delle acque. A questo proposito è stato deciso di eseguire un test di dragaggio durante l'estate 2020 per vedere se questo metodo potrebbe essere un'alternativa più sostenibile rispetto alle fluitazioni convenzionali.

Lo scopo di questo lavoro è l'analisi e valutazione del dragaggio eseguito nell'invaso di Fortezza in termini di efficacia, sostenibilità ambientale e costi. Inoltre sono in corso delle modellazioni numeriche del flusso all'interno del bacino per valutare il trasporto dei solidi sospesi con il software Flow 3D. Il fine sarebbe di trasportare una parte dell'apporto di sedimento fino all'opera di presa aumentando la velocità di flusso all'interno del lago tramite opere costruttive.

### Sintesi sull'evoluzione del lavoro

#### Dragaggio nel bacino di Fortezza (07 agosto 2020 – 09 ottobre 2020)

Il dragaggio era previsto per una durata di quattro mesi con circa 100 giorni lavorativi per asportare una quantità di 30.000 – 40.000 m<sup>3</sup> di sedimento da un'area di 3 – 4 ha a una distanza di circa 500 – 600 m dall'opera di presa. A causa dell'emergenza sanitaria il tempo di dragaggio si è accorciato a due mesi (dal 07.08. al 09.10.2020) con soltanto 31 giorni lavorativi a causa di una sospensione dei lavori da fine agosto a metà settembre per via di un evento di piena.

La draga impiegata era alloggiata su di un pontone di 33 m di lunghezza e di 5,2 m di larghezza con una pompa con capacità massima di asporto di 2.000 m<sup>3</sup>/h. La miscela aspirata aveva una concentrazione di sedimento media attorno ai 8 – 9 % (in termini di volumi) e veniva convogliata verso l'opera di presa tramite una tubazione galleggiante. Su un pontone vicino all'opera di presa doveva avvenire la separazione di materiale grossolano (vedi figura in basso), che però non ha funzionato, poiché la griglia del cassone si intasava nell'arco di 10 – 20 minuti. Con la rimozione della griglia sul pontone si creavano problemi di intasamento alla griglia dell'opera di presa, che doveva essere pulita continuamente con lo sgrigliatore. La miscela con elevata concentrazione di sedimenti veniva aspirata dall'opera di presa e trasportata nella galleria di pressione sia verso la centrale di Bressanone che verso la centrale di recupero del DMV di Fortezza.

La quantità dragata veniva rilevata con delle batimetrie eseguite ogni 5 – 10 giorni di dragaggio ed ammonta a 28.983 m<sup>3</sup> di sedimento che è stato rimosso nell'arco di 31 giorni lavorativi con circa 200 ore di dragaggio.

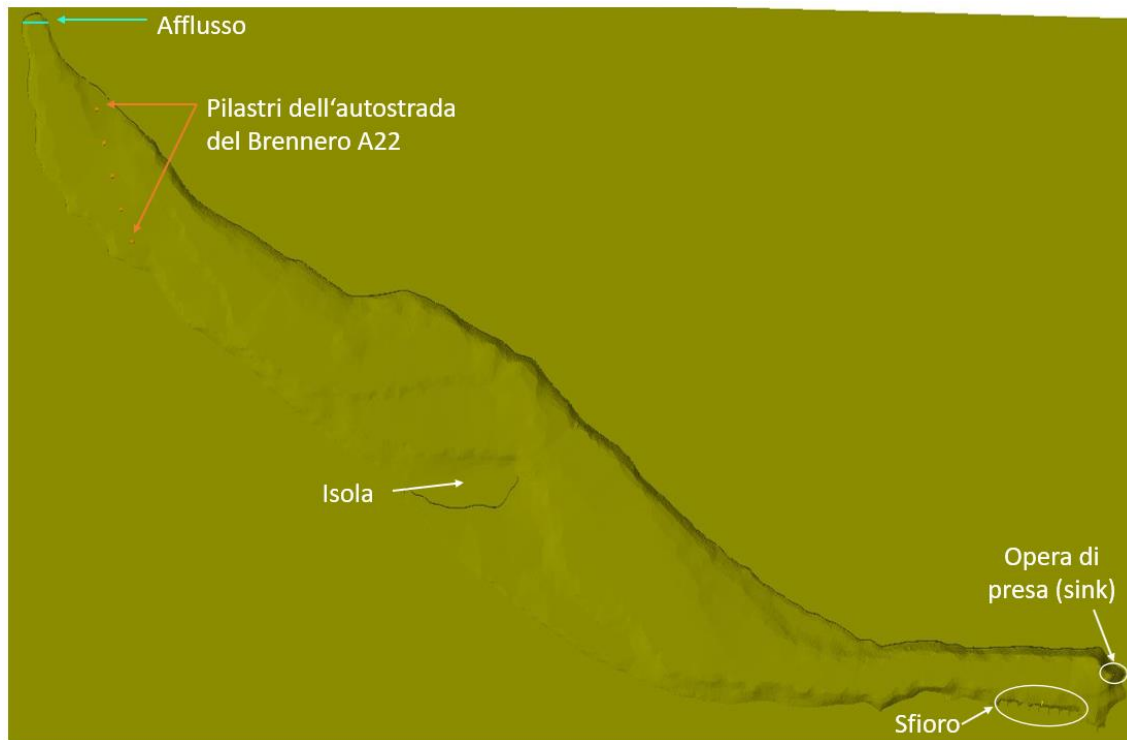




Una tematica centrale del lavoro è la valutazione ed interpretazione dei valori di torbidità misurati sia in continuazione con delle sonde all'uscita del DMV di Fortezza (dopo la centrale di recupero energetico) e della centrale di Bressanone, che puntualmente con Cono Imhoff (negli stessi punti di misura delle sonde) per analizzare l'aumento di torbidità nell'alveo causato dal dragaggio.

#### Modellazioni numeriche della corrente all'interno del bacino di Fortezza con Flow 3D

La base per definire la geometria della modellazione numerica erano due batimetrie: La prima, quella del 2013, eseguita poco dopo l'ultimo svasso del bacino, mentre la seconda batimetria del 2019 rappresenta la situazione con un deposito di sedimenti di sei anni, poiché in questo periodo l'invaso non era soggetto a fluitazioni. La seguente figura mostra il modello per la batimetria del 2013 in Flow 3D.



Con lo strumento Flow 3D e le batimetrie citate vengono modellate le seguenti tipologie di simulazioni:

1. Simulazioni con acqua pulita:
  - Con un afflusso di  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  (portata media annua in entrata nel bacino)
  - Con un afflusso di  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  (portata massima derivabile dall'opera di presa)
  - Con un afflusso di  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  (portata media nel periodo tra maggio e luglio – elevato afflusso a causa dello scioglimento della neve) – con modellazione dello sfioro come “sink”
  - Scopo: riscontrare le velocità di flusso all'interno del bacino e confrontare i risultati dopo uno svasso (2013) e dopo sei anni di deposito di sedimenti (2019)
2. Simulazioni di correnti con elevata torbidità (turbidity currents):
  - Correnti con elevata torbidità avvengono durante eventi di piena a causa di erosione tramite forti precipitazioni nel bacino imbrifero ed elevate portate nell'alveo.
  - Scopo: valutare la possibilità di gestire l'elevato apporto di sedimenti tramite “venting”, ovvero tramite l'apertura dello scarico di fondo per rilasciare la corrente torbida a valle.
  - Simulazione dell'evento di piena di fine agosto 2020 con un afflusso di circa  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  (si trattava di una piena di ordine di grandezza tra un  $HQ_{15}$  e  $HQ_{25}$ )
  - Concentrazione di sedimento stimata a  $30 - 50 \text{ g/l}$  (dati da letteratura)
  - Simulazione di eventi di piena con tempi di ritorno più bassi ( $HQ_2$ ,  $HQ_5$ )

### 3. Simulazioni con particole di sedimento (limo e sabbia fine):

- Scopo: valutare il fenomeno di trasporto e deposito e la possibilità di inoltrare delle particole verso l'opera di presa tramite opere costruttive.
- Simulazioni con afflussi tra 23 m<sup>3</sup>/s fino a circa 100 m<sup>3</sup>/s con e senza opere costruttive per valutare l'aumento di particole che passano a certi sezioni (flux surfaces) nel bacino

Tutte le simulazioni con un afflusso oltre 23 m<sup>3</sup>/s hanno come condizione iniziale un livello dell'acqua alla quota 722,5 m s.l.m. corrispondente alla quota di massima regolazione. Le dimensioni della griglia di calcolo (mesh) sono pari a 2x2x2 metri a causa della dimensione elevata del bacino (con celle più piccole si creano problemi nelle zone della sponda e dello sfioro, inoltre si allunga il tempo di calcolo). Simulazioni con afflussi che eccedono la portata derivata dall'opera di presa (23 m<sup>3</sup>/s) sono dotate di un pozzo (sink) che rappresenta lo sfioro e che devia la portata eccedente.

### Durata

L'inizio del lavoro per la tesi presentata era progettato per maggio 2020 con un tirocinio di sei mesi presso il dipartimento di Engineering & Consulting di Alperia S.p.A. per seguire ed analizzare il dragaggio progettato. A causa dell'emergenza sanitaria il tirocinio è stato posticipato ad ottobre, per cui l'autrice si trova ancora in fase di valutazione dei risultati sia del monitoraggio del dragaggio, che delle simulazioni numeriche. La tesi verrà consegnata presso l'Università tecnica di Monaco di Baviera (TUM) il 29 gennaio 2021.

### Conclusioni

#### Dragaggio nel bacino di Fortezza (07 agosto 2020 – 09 ottobre 2020)

Durante il funzionamento del dragaggio era misurabile (e visibile) un notevole aumento della torbidità sia nel DMV a Fortezza, che allo scarico dopo la centrale di Bressanone. Il confronto tra i valori delle sonde e dei Coni Imhoff era piuttosto difficile a causa di imprecisioni nella calibrazione delle sonde. Come terzo metodo di analisi e confronto venivano utilizzati i dati delle batimetrie (quantità asportata) e le ore di funzionamento di dragaggio (visibile dall'aumento dei valori delle sonde). L'aumento di torbidità causata dal dragaggio per il DMV ammontava a circa 0,057 % per le ore di funzionamento del dragaggio

Seguono risultati generali positivi del dragaggio (in confronto a uno svaso):

- Asportazione del sedimento continuo per un lungo periodo possibile.
- Non è necessario l'abbassamento del livello del lago.
- Non deve essere interrotto il funzionamento della centrale di Bressanone e della centrale di recupero energetico a Fortezza.
- Sostenibilità ambientale confermata: i rilievi sul popolamento ittico eseguiti nel 2020 prima e dopo il dragaggio evidenziano la presenza di avannotti nonostante l'aumento di torbidità nell'alveo e l'evento di piena. Grazie ai periodi di sosta del dragaggio (di notte, durante i fine settimana e la pausa pranzo) i pesci sembrano di riprendersi.
- La torbidità media a valle della diga è molto minore rispetto alla torbidità media durante uno svaso.

Svantaggi/criticità riguardo il dragaggio effettuato:

- La quantità dragata (ca. 29.000 m<sup>3</sup>) è modesta ed ammonta a ca. un terzo dell'apporto medio annuo tra il 2013 ed il 2019. Con uno svaso invece si riesce a rilasciare a valle una quantità di ca. 300.000 m<sup>3</sup>.
- Intasamento notevole della griglia dell'opera di presa, dei filtri del circuito di refrigerazione nella centrale di Bressanone, della centrale di recupero energetico a Fortezza e del suo bypass.
- Necessità di presidio e manovre continue dello sgrigliatore dell'opera di presa di Fortezza.
- Lamentele da parte dei consorzi irrigui allacciati alla galleria di derivazione legate alla torbidità dell'acqua che ha creato problemi ai loro impianti.

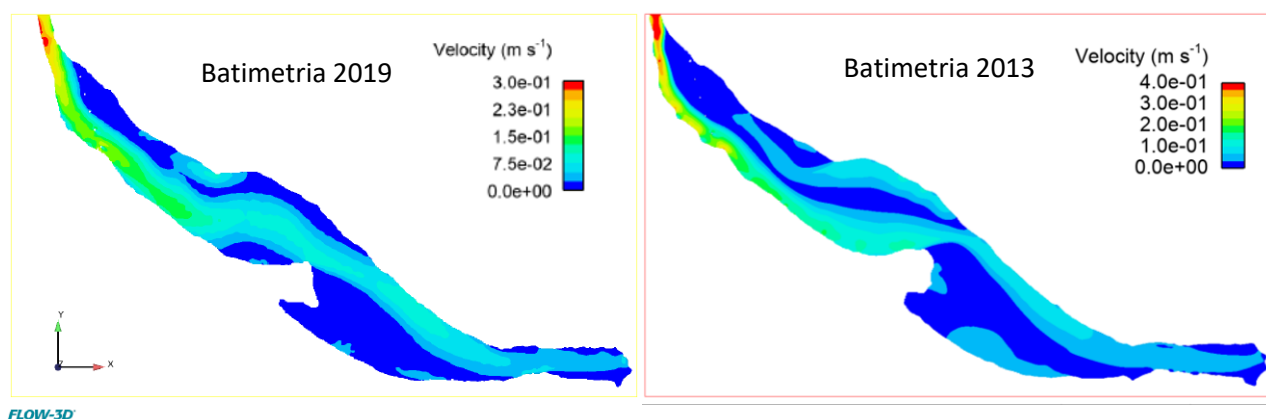
- La presenza di pontoni e tubazione di mandata nel lago ha creato problemi nella gestione della piena di fine agosto trattenendo grosse quantità di legname.
- Possibile consumo delle turbine a causa dell'apporto di sedimento.
- Costi molto elevati: costo al m<sup>3</sup> asportato circa sei volte rispetto alle operazioni di svaso.

Il test di dragaggio effettuato nel 2020 nonostante alcuni risultati positivi, ha evidenziato notevoli criticità di questa metodologia sull'impianto di Bressanone. Soprattutto la scarsa quantità di sedimento dragato rispetto all'apporto nel bacino non consentono di sostituire gli svassi convenzionali con un dragaggio.

#### Modellazioni numeriche della corrente all'interno del bacino di Fortezza con Flow 3D

La velocità di flusso all'interno del lago è, come previsto, molto bassa. Le seguenti due immagini mostrano i risultati della velocità di flusso per la batimetria del 2019 a sinistra, ovvero la situazione con elevato accumulo di sedimenti, e per la batimetria del 2013 subito dopo una fluitazione a destra. Le condizioni al contorno sono le stesse per entrambe le simulazioni: l'afflusso nel lago è pari a 23 m<sup>3</sup>/s da nord-ovest ed il deflusso (anche 23 m<sup>3</sup>/s) verso la centrale di Bressanone esce a sud-est attraverso l'opera di presa.

La velocità massima dell'afflusso in entrata nel bacino è pari a circa 0,3 m/s per la situazione insabbiata del 2019 e ammonta a circa 0,4 m/s per la situazione dopo uno svasso del 2013, però si riduce a 0,05 – 0,10 m/s all'interno del bacino.



A causa di queste basse velocità all'interno dell'invaso per la situazione di deflusso medio (23 m<sup>3</sup>/s), il trasporto di sedimento verso l'opera di presa non sembra possibile.

È presumibile che un trasporto notevole di sedimento fino all'opera di presa avviene soltanto con afflussi elevati, per esempio durante un evento di piena. Per esaminare questa situazione si effettuano simulazioni di correnti con maggiore torbidità e simulazioni con particelle ad afflussi elevati. Le simulazioni e le loro analisi ed interpretazioni sono ancora in fase di elaborazione.

#### **Sviluppi futuri**

La questione della gestione dei sedimenti in bacini idroelettrici è e rimarrà un argomento molto importante. Il test di dragaggio del 2020 nel bacino di Fortezza ha mostrato più criticità che vantaggi rispetto alle fluitazioni convenzionali e potrebbe essere un metodo soltanto aggiuntivo per allungare gli intervalli tra gli svassi. Come alternativa si potrebbe esaminare un dragaggio con derivazione della miscela dragata tramite lo sfioro per evitare l'apporto di sedimenti nella galleria di pressione verso la centrale di Bressanone.

I metodi di "venting" e del trasporto di solidi sospesi fino all'opera di presa sono ancora in fase di studio e necessitano di dati precisi sulla quantità, la tipologia e la concentrazione di sedimenti nell'afflusso. Anche queste tipologie di gestione dei sedimenti sembrano di funzionare al massimo come alternative aggiuntive alle fluitazioni a causa dell'elevato apporto di sedimenti nel bacino di Fortezza.