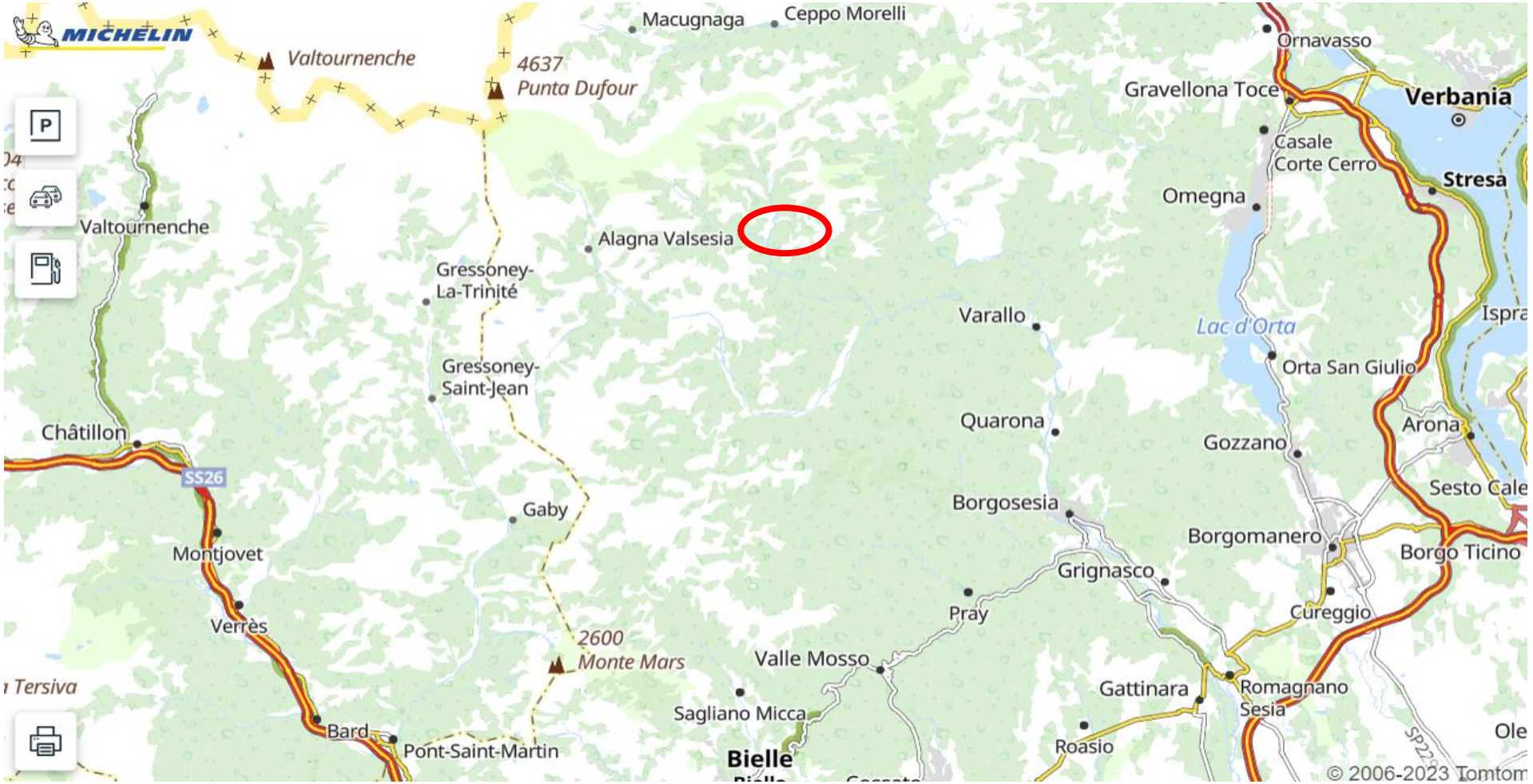
Diga di Rimasco

Verifica della sicurezza idraulica delle aree prossime all'invaso mediante modellazione numerica

D. Zuccalà

CONFIDENTIAL-LIMITED USE

Diga di Rimasco: inquadramento territoriale



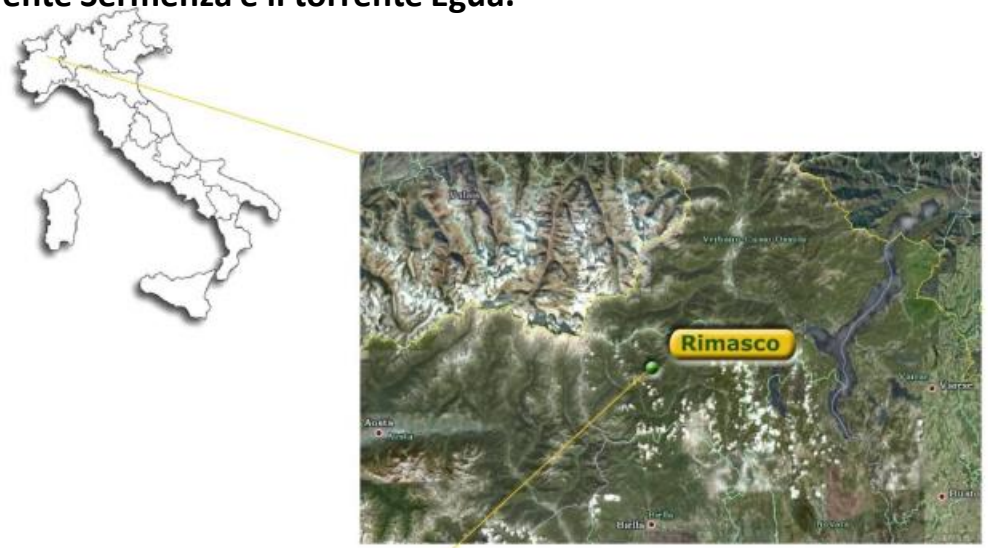
Provincia di Vercelli

Comune di Alto Sermenza

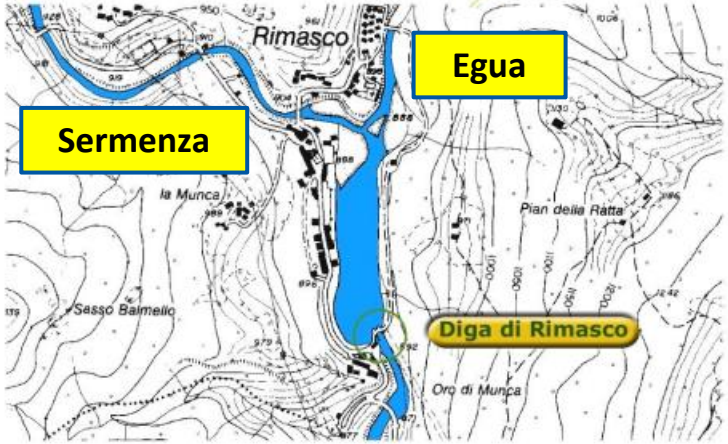
Corso del torrente Sermenza

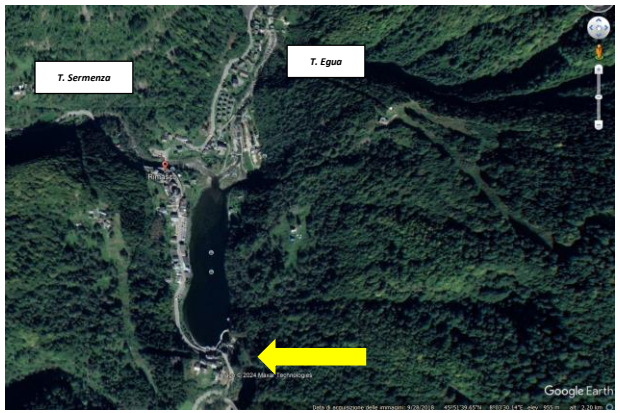
Diga di Rimasco: inquadramento territoriale

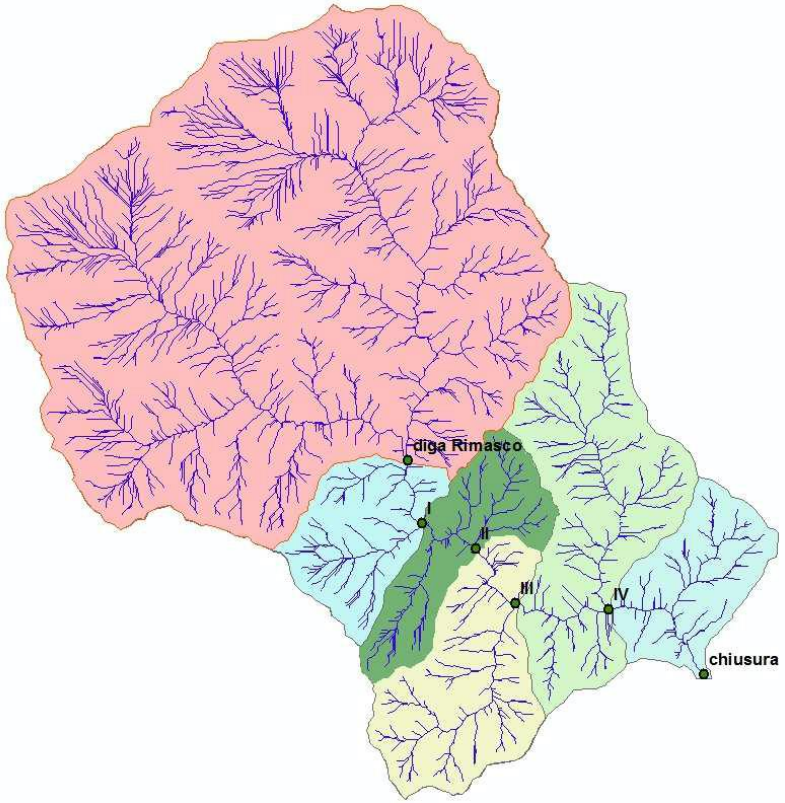
L'invaso di Rimasco è trattenuto dall'omonima diga ed è alimentato da due affluenti: il torrente Sermenza e il torrente Egua.





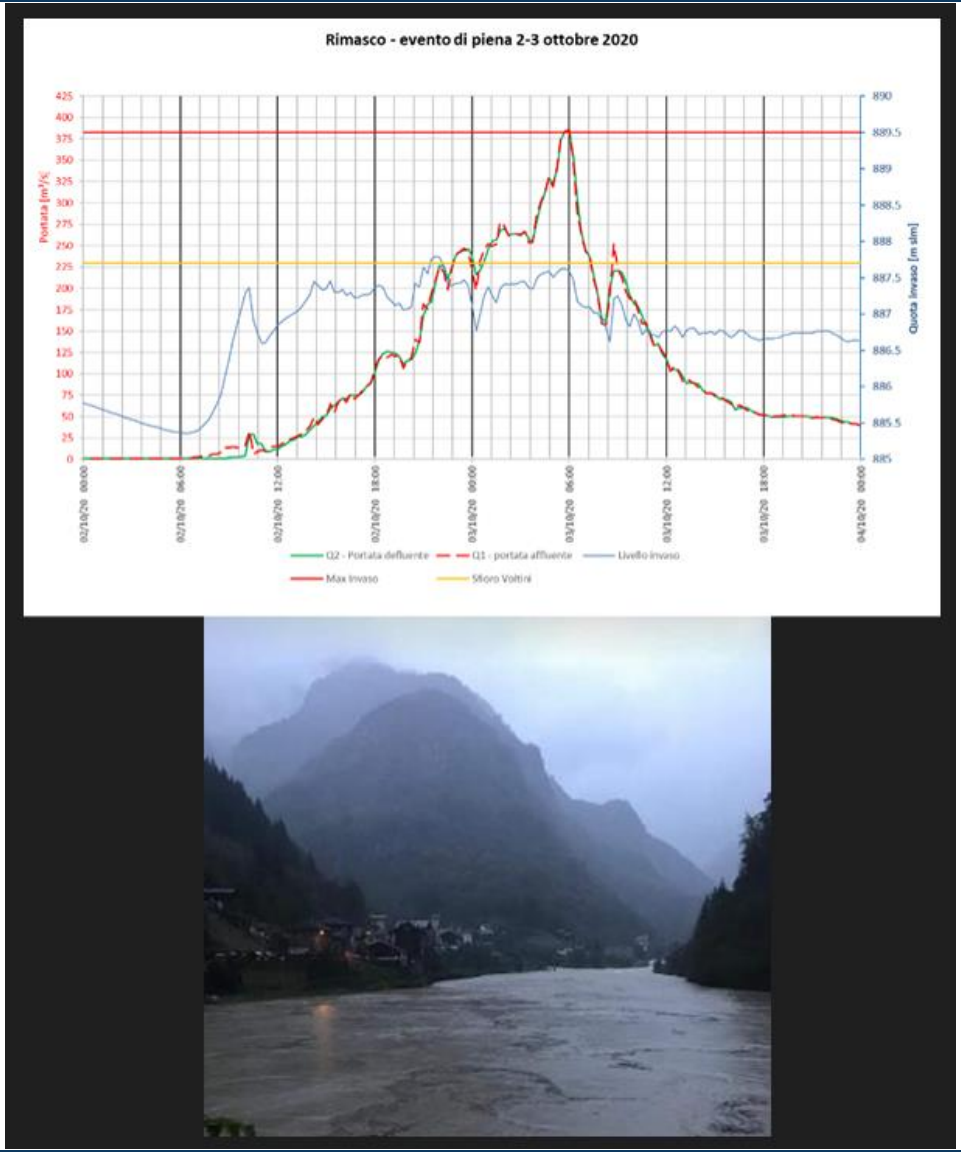


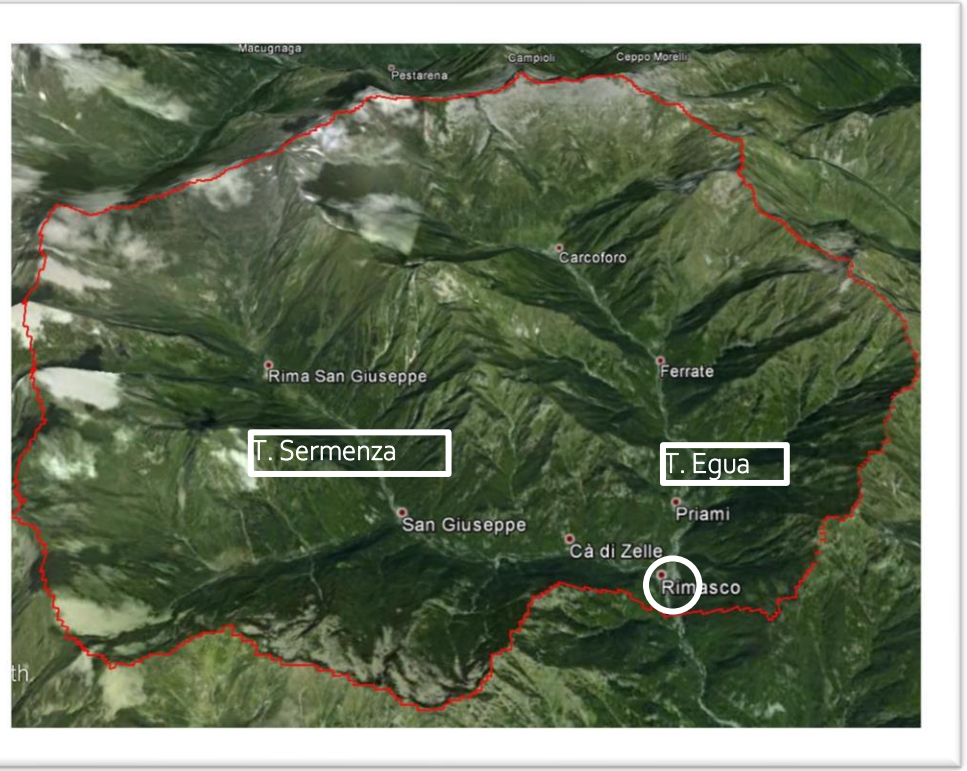




Invaso di Rimasco: eventi di piena

Idrogramma della piena 2020 con registrazione dei livelli nell'invaso





Taluni eventi di piena, come quello più recente dell'ottobre 2020, hanno causato timori su ipotetiche situazioni di criticità nella parte di monte dell'invaso, in prossimità di campeggio e centro abitato, dove il fondo dell'invaso presenta depositi affioranti di materiale alluvionale.

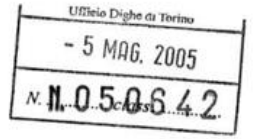
Portata totale in ingresso al serbatoio

TR [anni]	$Q_{Afflussi-Deflussi}$ [m^3/s]
10	315
50	460
100	527
200	598
500	697
1000	777

Le <u>portate complessive</u> in arrivo al serbatoio di Rimasco sono stime ufficiali derivanti dal «parere» Arpa Piemonte del 2005

Portate di riferimento

Arpa Piemonte – Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale



AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL PIEMONTE
Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

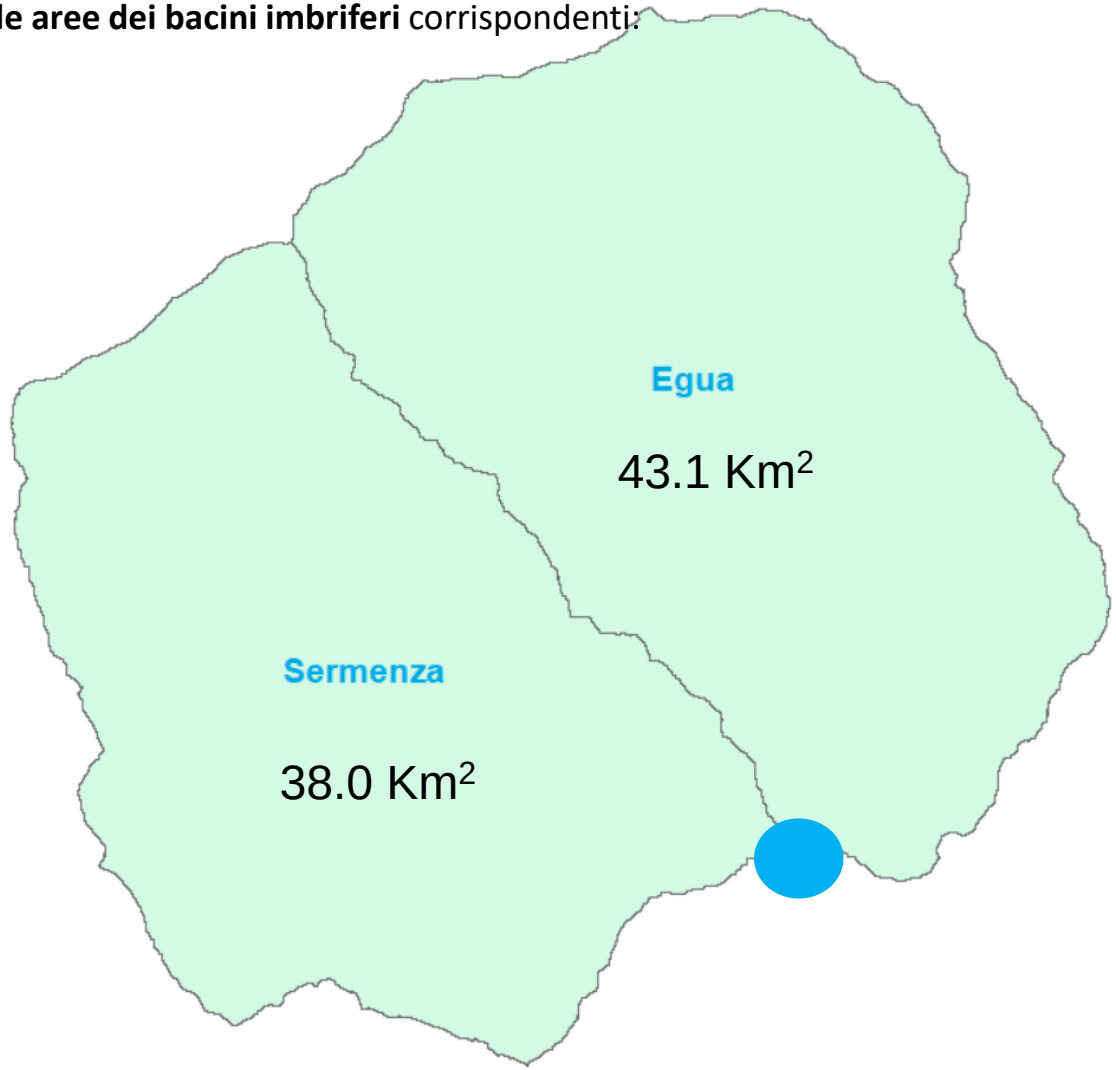
Portate in ingresso suddivise nei due bacini di monte

Per valutare la portata di ciascuno dei due affluenti, **sono state misurate con strumenti GIS le aree dei bacini imbriferi** corrispondenti:

- ✓ bacino imbrifero dell'Egua: 43 110 675 m^2
- ✓ bacino imbrifero del Sermenza: 38 011 450 m^2

Poiché i bacini imbriferi dei due affluenti hanno caratteristiche idrologiche simili (superficie, pendenza, tempo di corrivazione, etc.), le portate in arrivo da monte sono state ripartite proporzionalmente alle rispettive aree.

TR (anni)	Q_{tot} (m^3/s)	Q_Sermenza (m^3/s)	Q_Egua (m^3/s)
50	460	216	244
100	527	247	280
200	598	280	318
500	697	327	370
1000	777	364	413
	800	375	425
	850	398	452
	880	412	468
	900	422	478
	1000	469	531



Diga di Rimasco: caratteristiche sbarramento e invaso

La **diga di Rimasco**, costruita negli anni 1923-25, è una diga muraria, a gravità, ad arco semplice, il cui invaso ha come finalità la produzione di energia elettrica.

- ✓ Quota piano di coronamento: 890.50 m s.l.m.
- ✓ Altezza diga (da L.584/94): 33.00 m
- ✓ Classificazione (da DM 24/03/82): **A.b.1**
- ✓ Quota massima di regolazione: 887.50 m s.l.m.
- ✓ Quota di massimo invaso: 889.50 m s.l.m.
- ✓ Volume totale di invaso: 0.47 Mm^3







SCARICHI

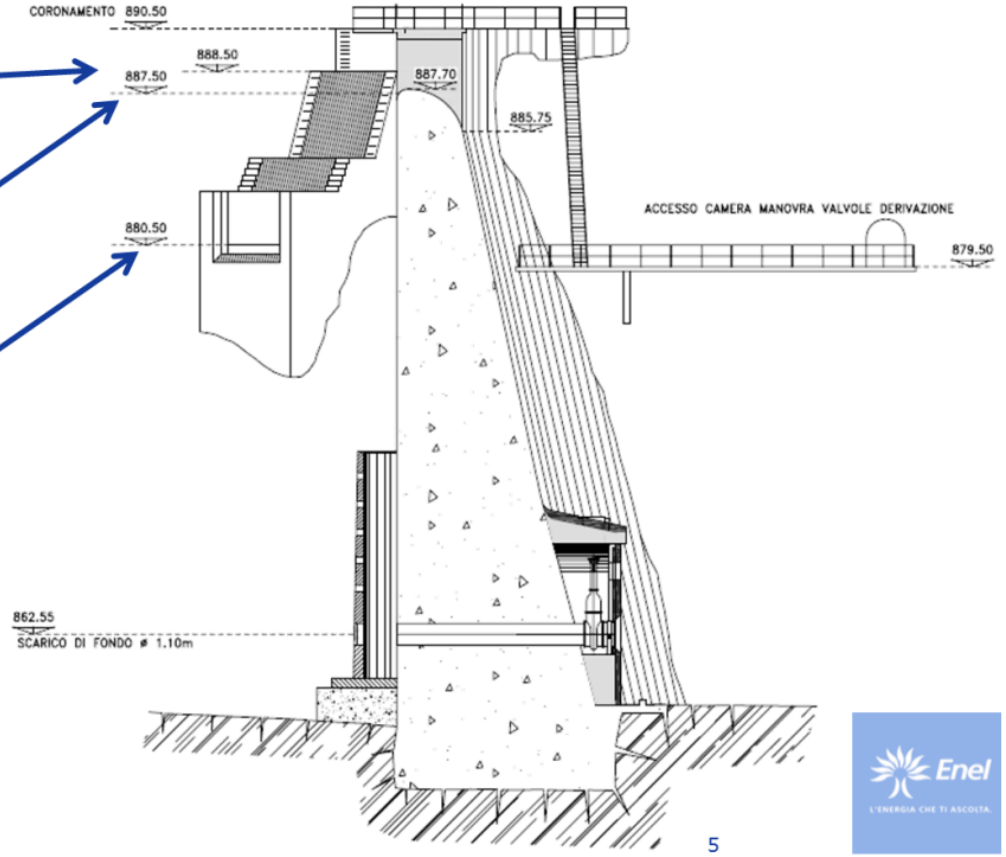
- ✓ Sfioratore superf. manovrabile: 2 paratoie Stoney
- ✓ Sfioratore superf. a soglia fissa in centro diga
- ✓ Scarico profondo
- ✓ Scarico di alleggerimento
- ✓ Scarico di esaurimento

Diga di Rimasco : caratteristiche sbarramento

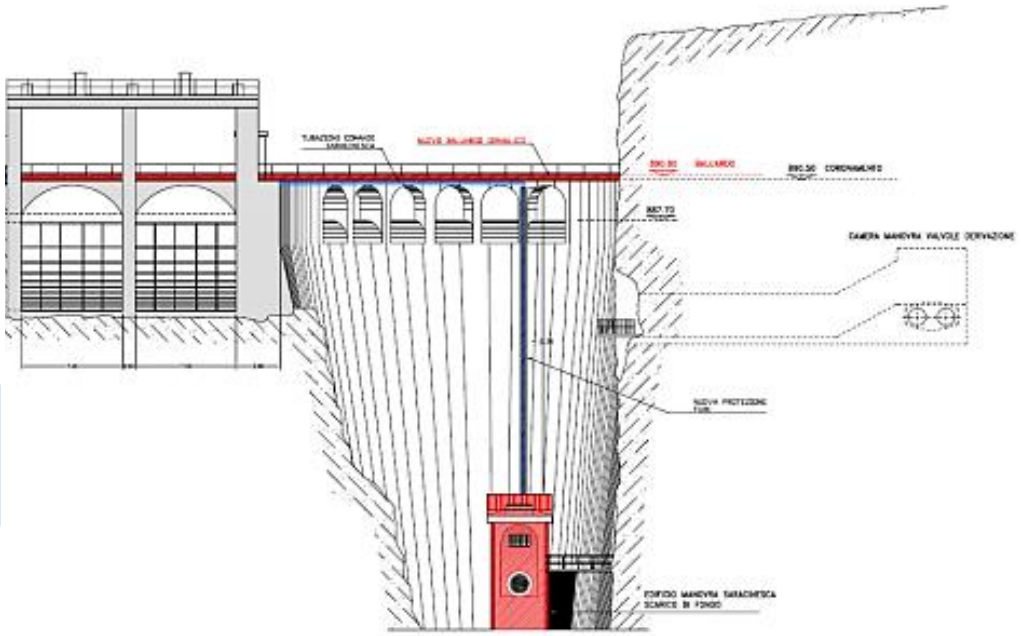
Quota di massimo invaso:
888,50 m slmm

Quota di massima regolazione:
887,50 m slmm

Quota di minima regolazione:
880,50 m slmm



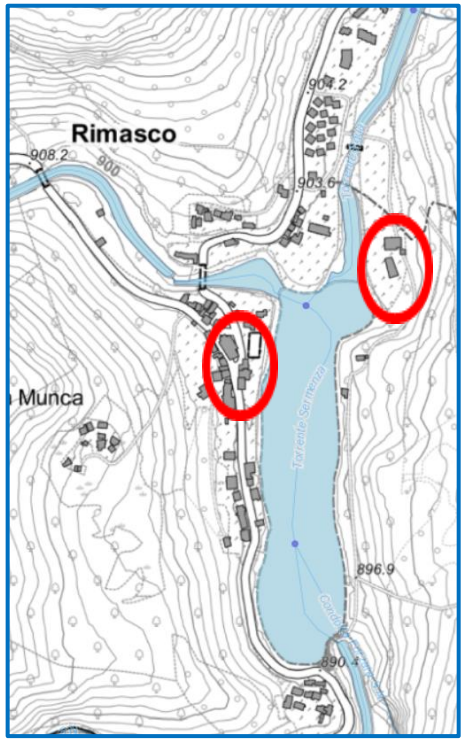
5



Vista da valle

Analisi modellistica 2D in condizioni di piena e moto stazionario

Lo studio ha lo scopo di simulare numericamente il transito delle piene al fine di delimitare le corrispondenti aree inondabili intorno all'invaso, con particolare attenzione alle zone vicino agli insediamenti di monte (centro abitato, campeggio, edifici isolati).

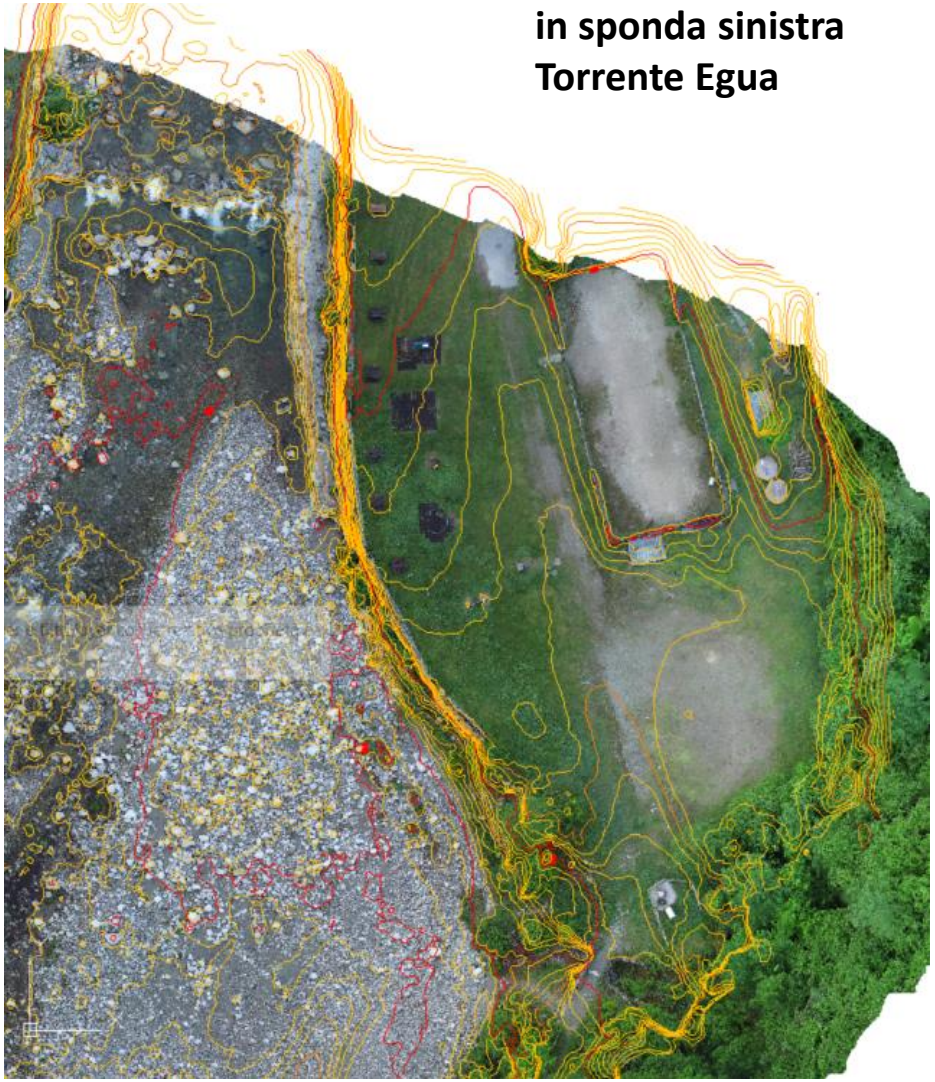


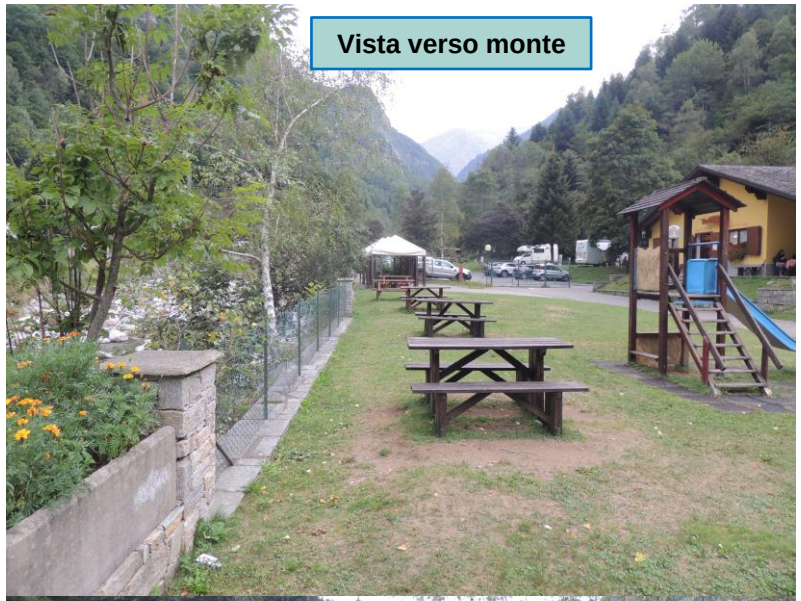




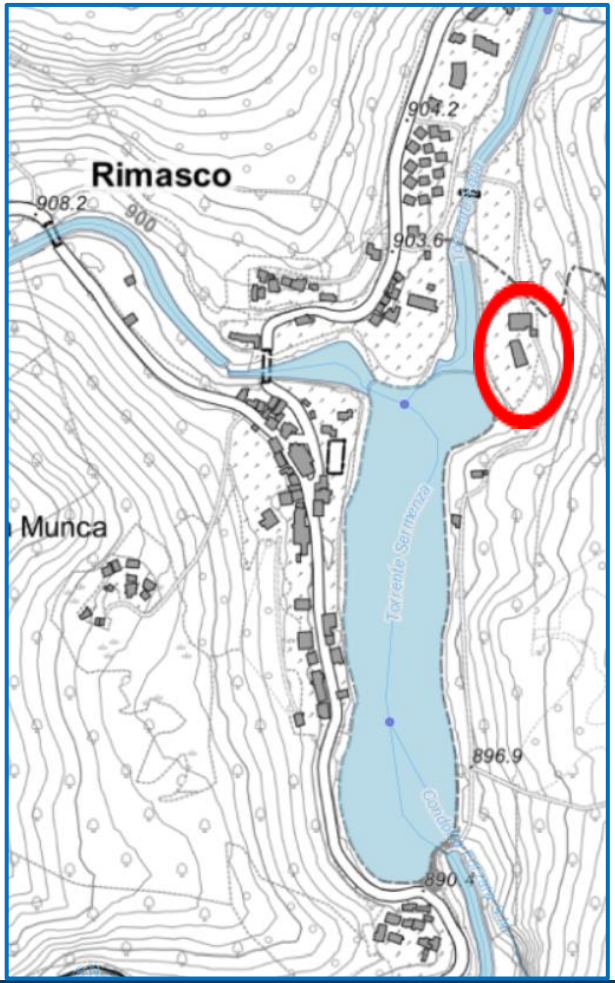
Potenziali criticità segnalate a seguito degli eventi di piena

Campeggio e area giochi in sponda sinistra Torrente Egua



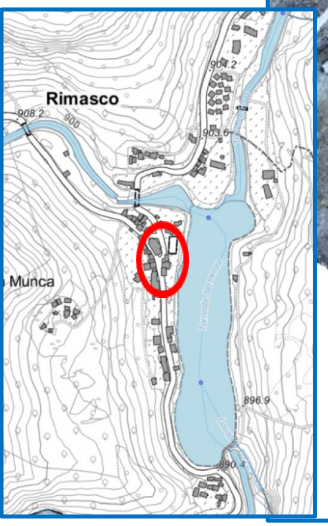




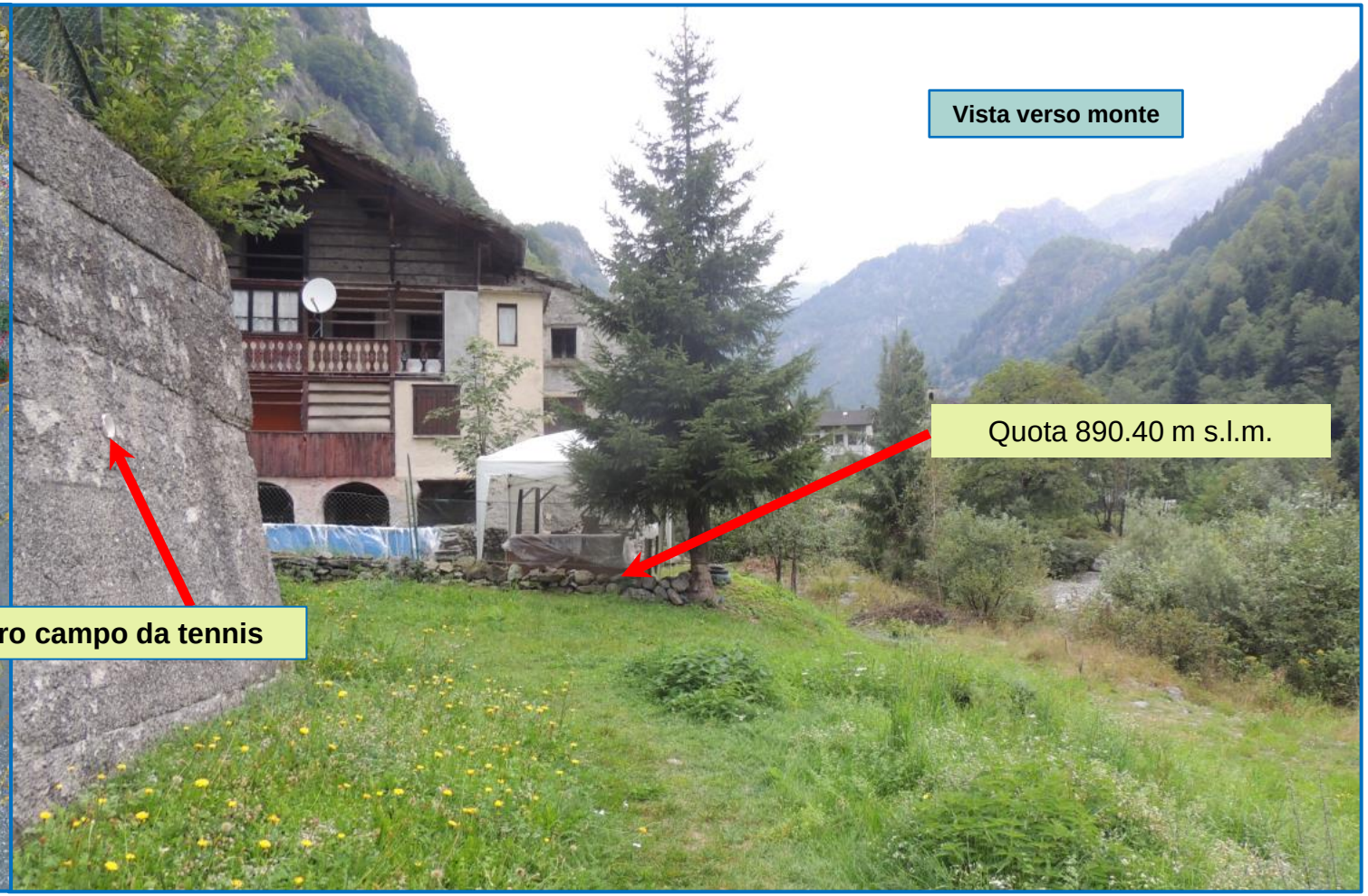


Potenziali criticità segnalate a seguito degli eventi di piena

Percorso pedonale lungo edifici e campo da tennis in sponda destra dell'invaso



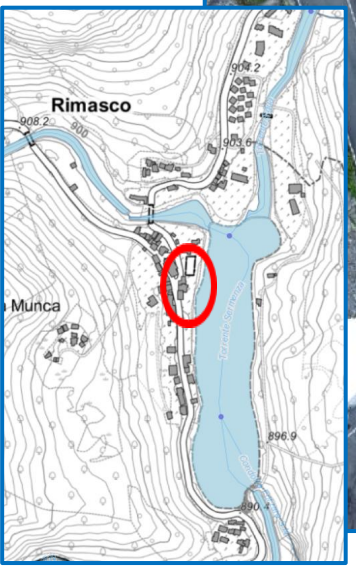


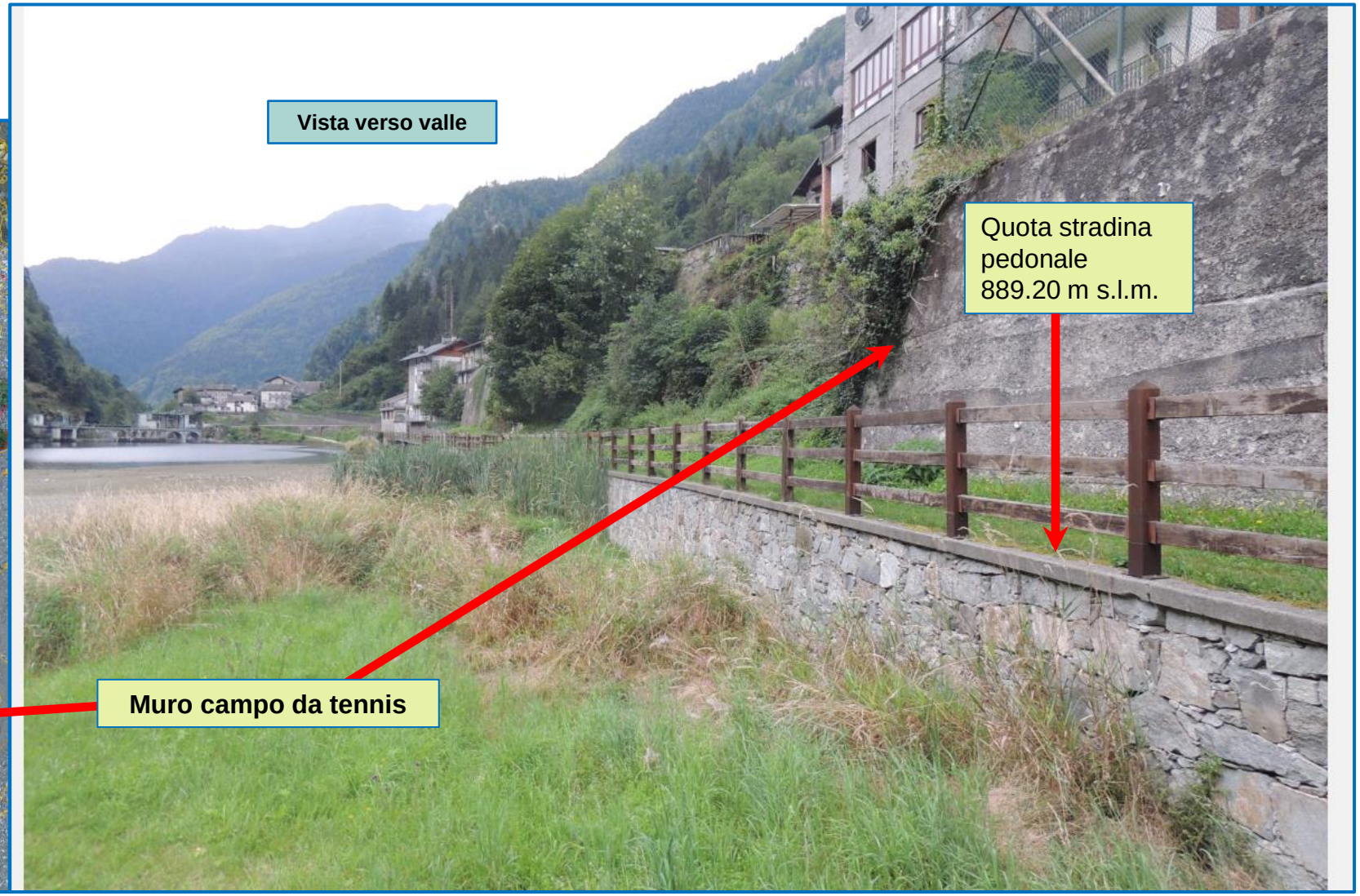


Potenziali criticità segnalate a seguito degli eventi di piena

Percorso pedonale lungo edifici e campo da tennis in sponda destra dell'invaso

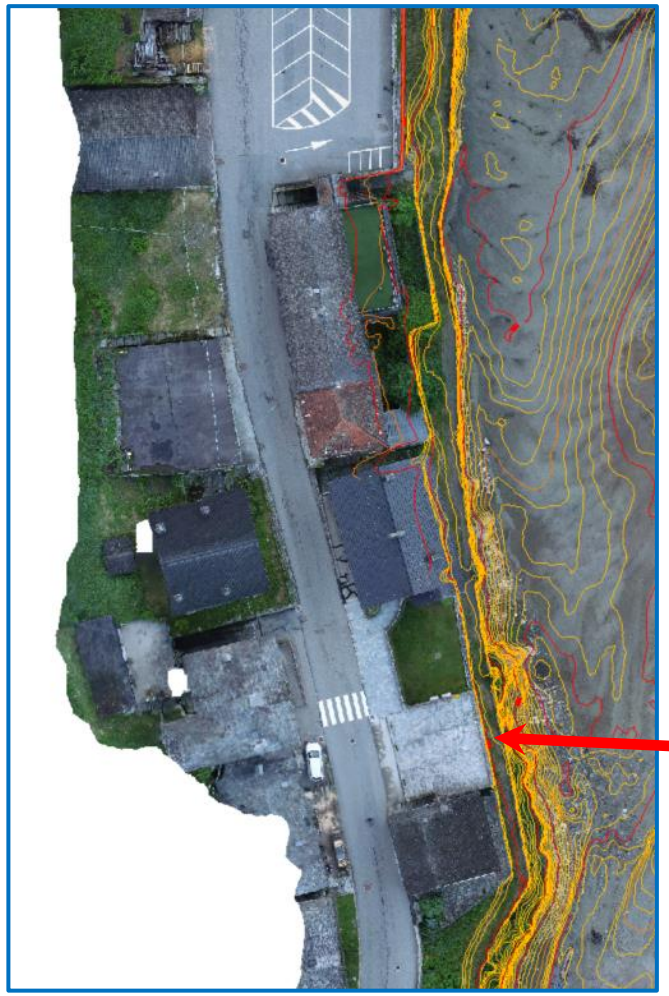






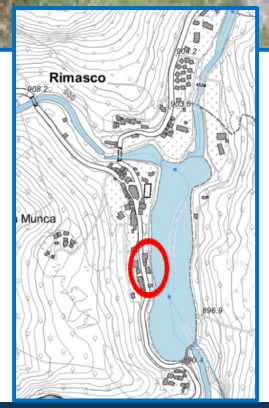
Potenziali criticità segnalate a seguito degli eventi di piena

Percorso pedonale lungo edifici in sponda destra dell'invaso

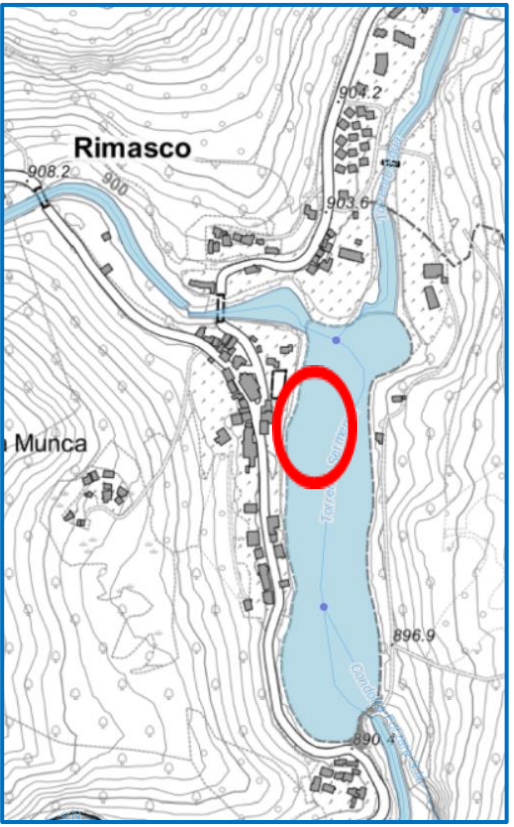


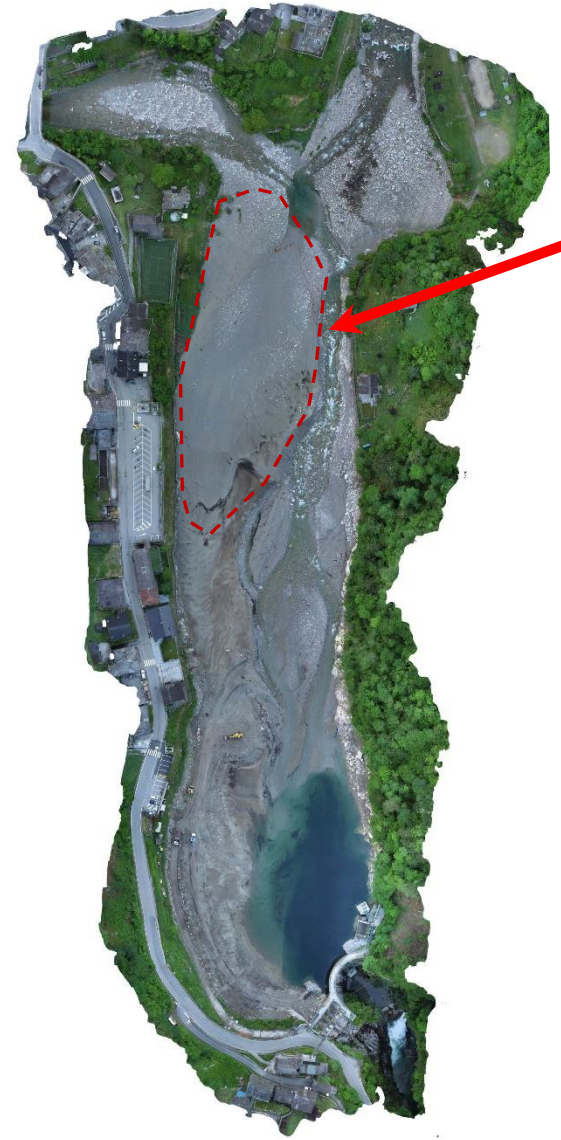


Edifici affacciati sul lago, poco a valle del centro di Rimasco



Potenziali criticità segnalate a seguito degli eventi di piena





Accumulo di sedimenti nell'invaso ai piedi dell'abitato



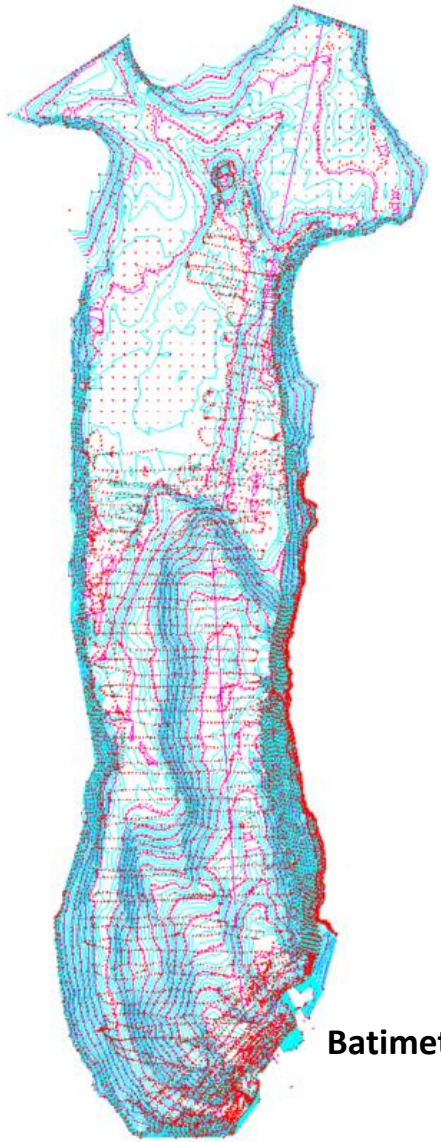
Modello idrodinamico

- ✓ La propagazione delle piene nell'invaso di Rimasco è stata studiata mediante il codice di calcolo commerciale *MIKE 21 (DHI)*

- ✓ Il modulo idrodinamico (HD) di *MIKE 21* effettua la risoluzione numerica delle *shallow water equations* (note anche come equazioni di *De Saint Venant*) nel campo bidimensionale, che costituiscono il modello di riferimento per la descrizione del moto delle correnti a superficie libera e sono ottenute dall'integrazione lungo la direzione verticale delle equazioni di Navier - Stokes per fluidi incomprimibili.

- ✓ Lo schema bidimensionale, partendo da una rappresentazione della morfologia del territorio in due dimensioni (DTM), permette di simulare dettagliatamente il deflusso nelle due direzioni piane, mediate lungo la verticale, differenziando livello idrico, velocità e direzione della corrente in ogni punto del dominio di calcolo.
- ✓ Nel caso particolare la propagazione della piena avviene in moto stazionario, a favore di sicurezza: trattandosi di una analisi di rischio e vista la modesta estensione del serbatoio, sono stati effettuati calcoli in condizioni di portata costante, **considerando la portata al colmo di piena associata al tempo di ritorno di 200 anni e superiori.**
- ✓ ***Flexible Mesh:*** approccio ai volumi finiti con elementi di forma variabile, che garantisce una notevole flessibilità, in particolare per domini di calcolo estesi in cui sia opportuno adottare una risoluzione spaziale variabile**.**

Geometria dell'invaso: rilievi topobatimetrici



Batimetria 2020

Per effettuare lo studio sono stati utilizzati due rilievi del terreno nel serbatoio:

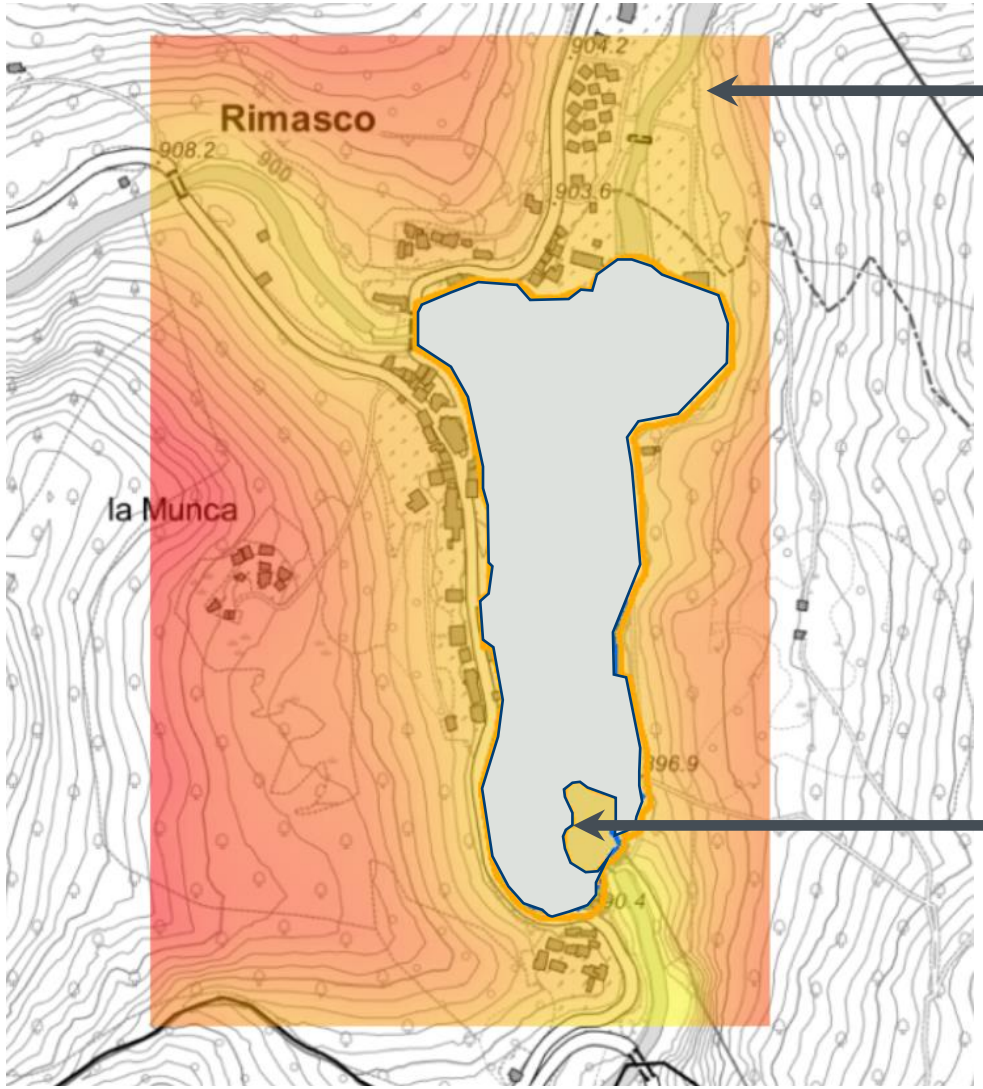
- ✓ batimetria del novembre 2020 fino a quota 890.50 m s.l.m.
- ✓ rilievo con drone a invaso quasi vuoto del maggio 2022, da quota 876.80 m s.l.m. a quota 891÷894 m s.l.m.





Batimetria 2022 a bacino asciutto

Integrazione rilievi topobatimetrici

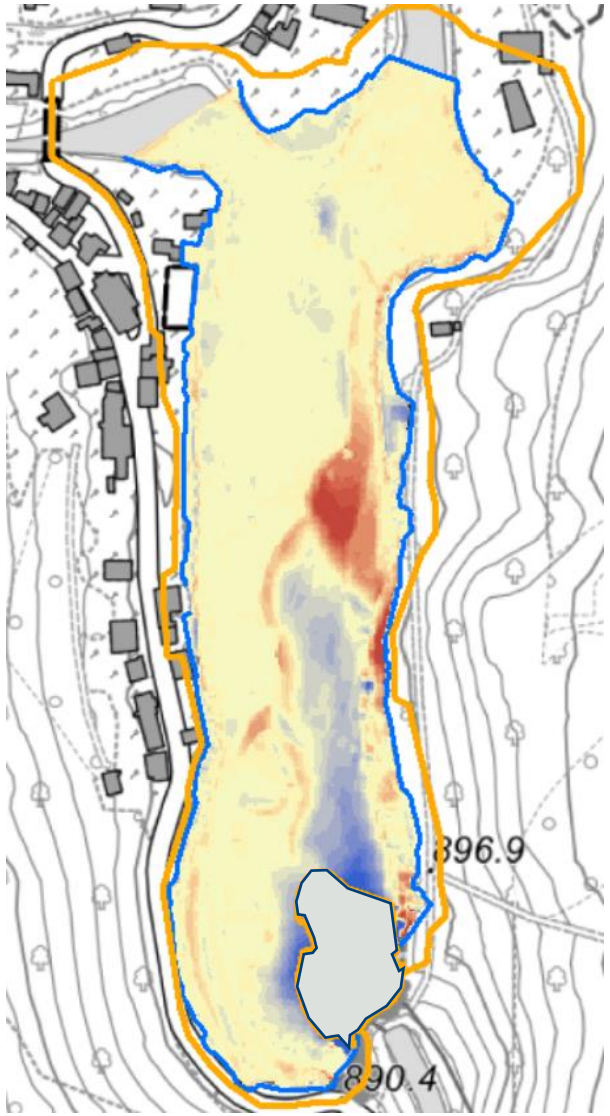


Esternamente alle aree coperte dai rilievi il terreno è stato rappresentato con il DTM – Modello Digitale del Terreno di passo 5 m della Regione Piemonte (reperibile sul web) .

È stato effettuato un sopralluogo dell'intera area di studio.

Nella zona profonda vicino alla diga (area bagnata al momento del passaggio del drone) il rilievo 2022 risultava incompleto: è stato integrato con il rilievo 2020.

Batimetria 2020 vs. batimetria 2022



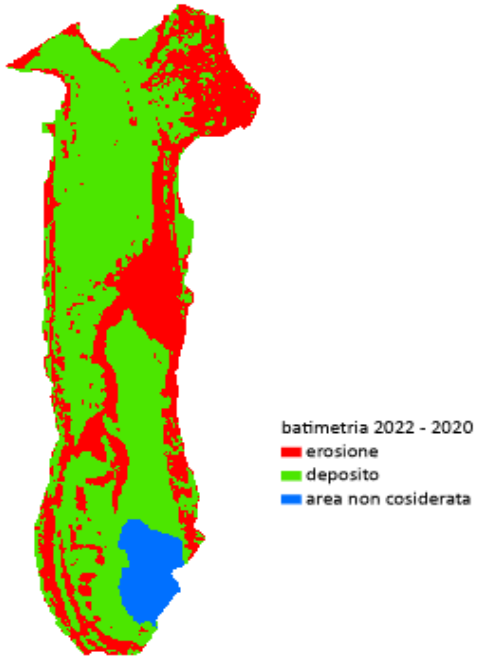
batimetria 2022 (perimetro arancio)
batimetria 2020 (perimetro blu)

- -8.462036133 - -4.5
- -4.499999999 - -4
- -3.999999999 - -3.5
- -3.499999999 - -3
- -2.999999999 - -2.5
- -2.499999999 - -2
- -1.999999999 - -1.5
- -1.499999999 - -1
- -0.999999999 - -0.5
- -0.5 - 0

erosione

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1.000000001 - 1.5
- 1.500000001 - 2
- 2.000000001 - 2.5
- 2.500000001 - 3
- 3.000000001 - 3.5
- 3.500000001 - 4
- 4.000000001 - 4.5
- 4.500000001 - 5

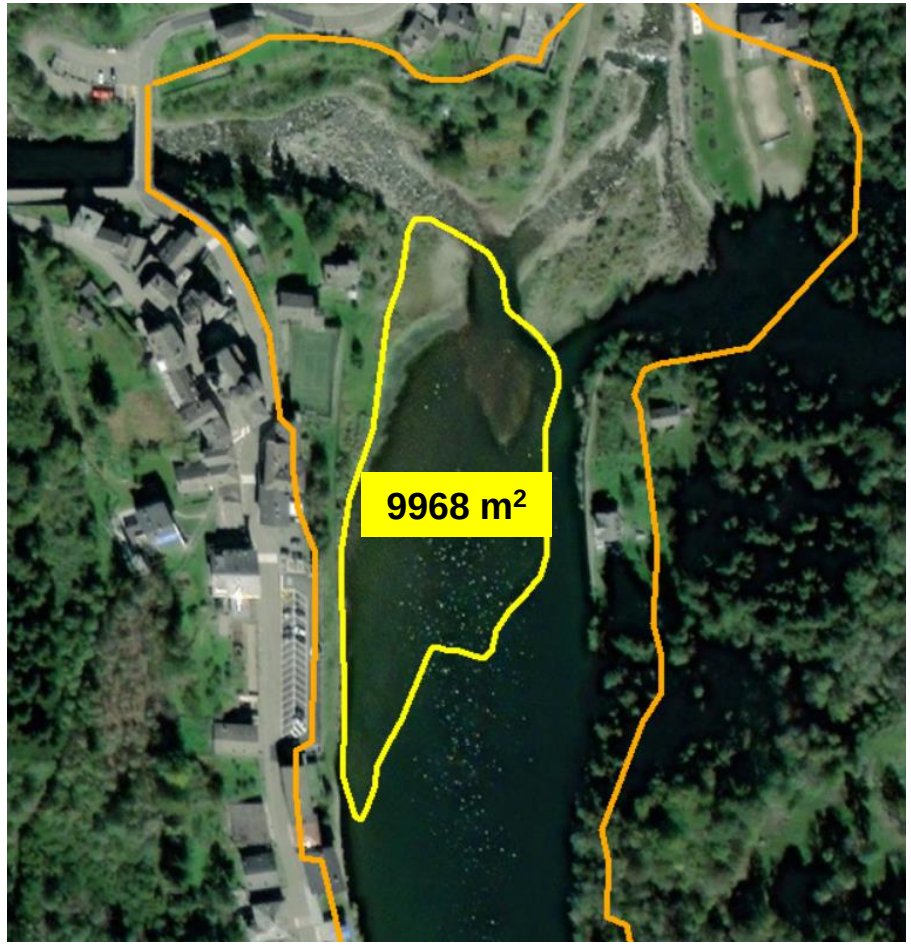
deposizione

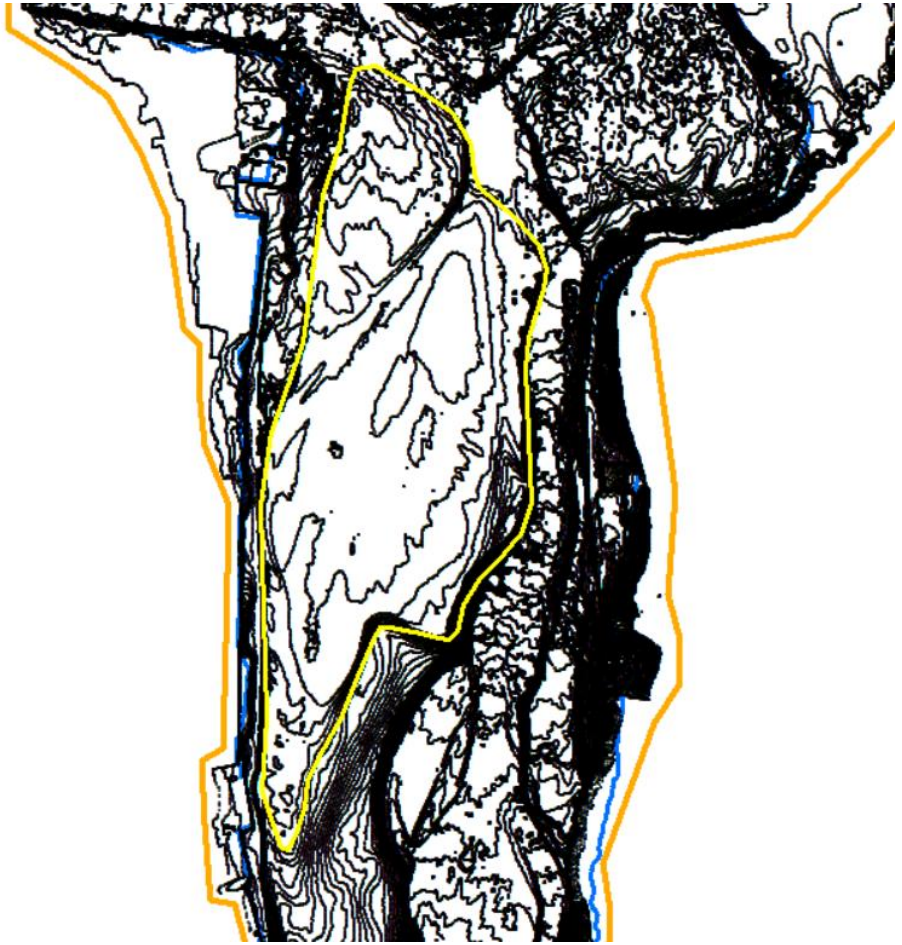


Nell'area adi sovrapposizione delle due batimetrie si confrontano le quote del terreno. Mediante analisi GIS, nel passaggio dal 2020 al 2022 è stata stimata un'erosione complessiva di 13400 m^3 e una deposizione complessiva di 18300 m^3, che portano ad un bilancio di 4900 m^3 di materiale depositato.

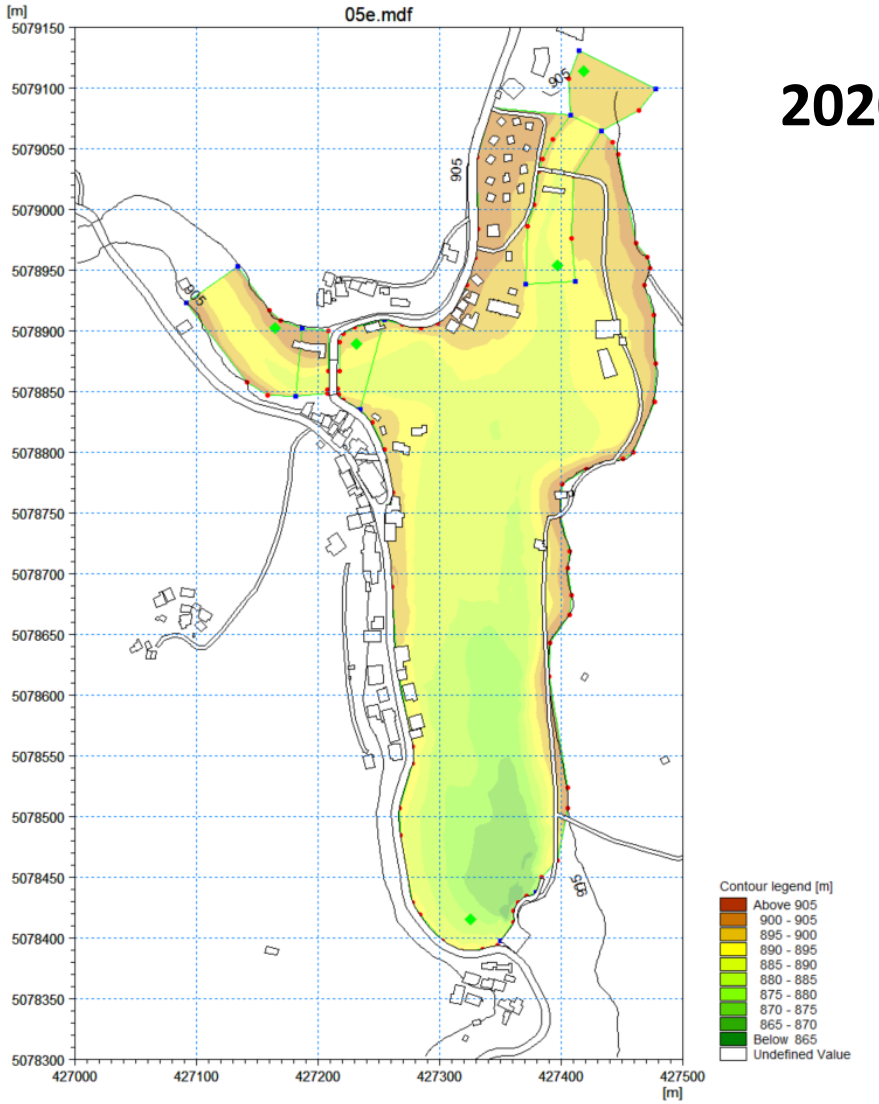
Il fenomeno di deposizione registrato ha diminuito la capacità di invaso.

Ipotesi di rimozione materiale nella zona di maggior deposito

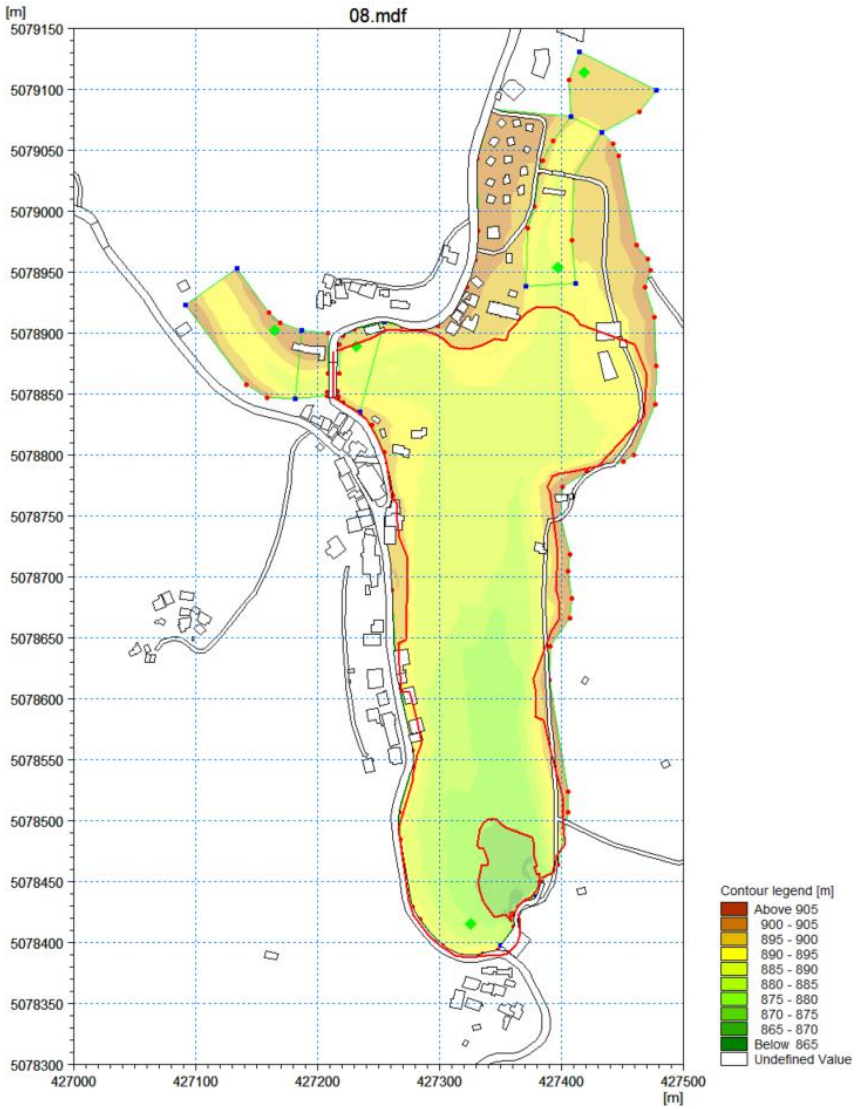




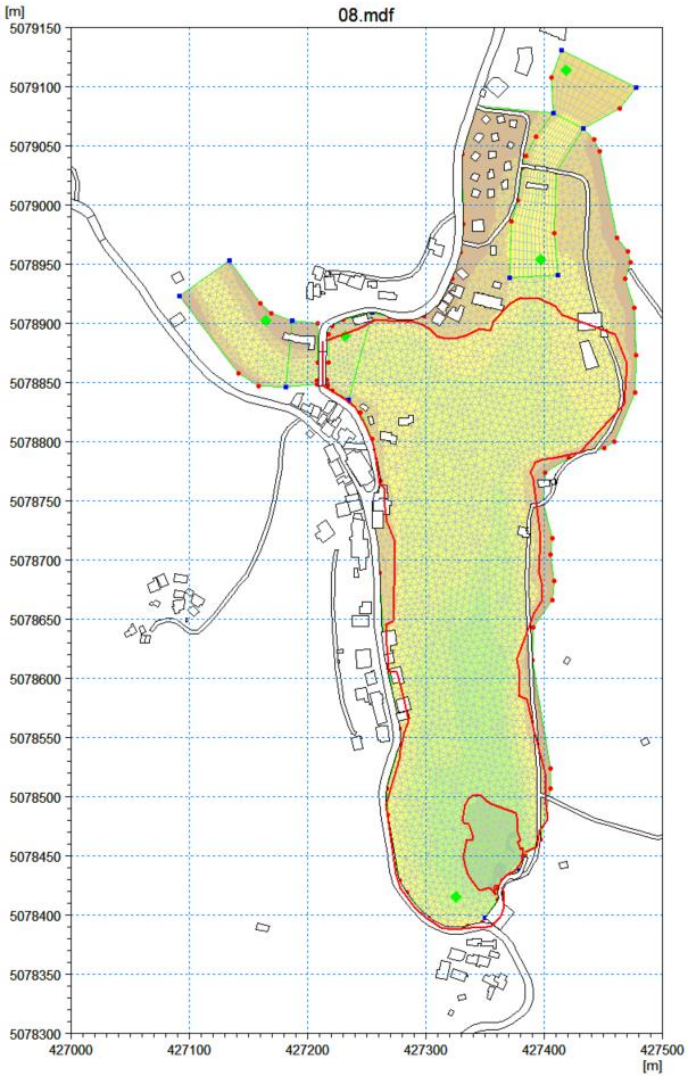
Modello digitale del terreno per le simulazioni idrodinamiche



2020 **Topobatimetria** **2022**

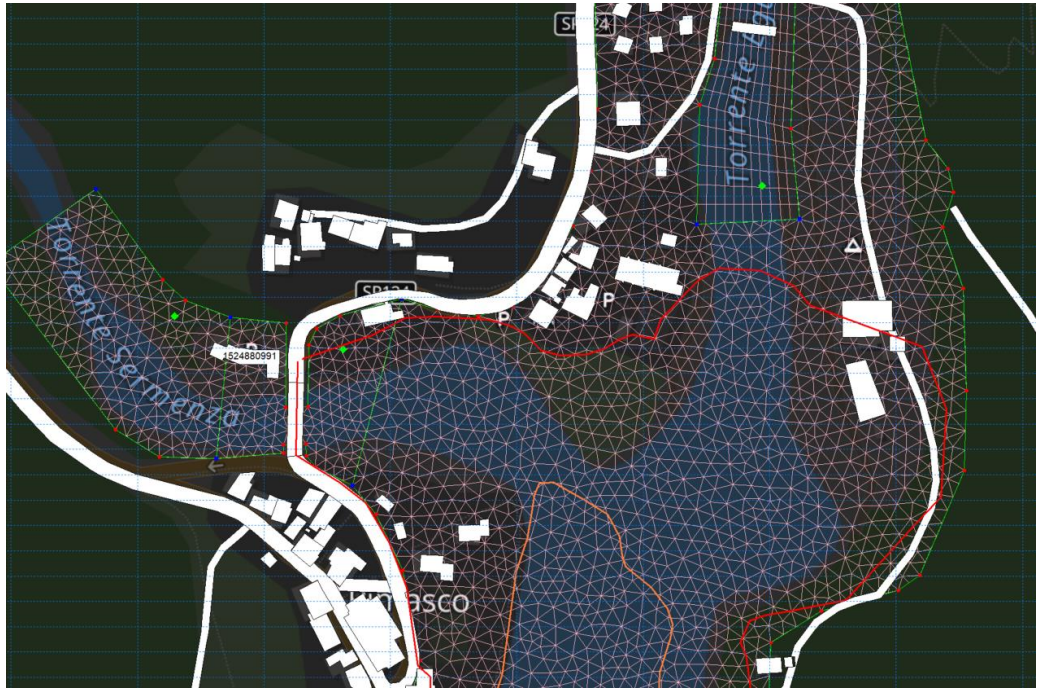


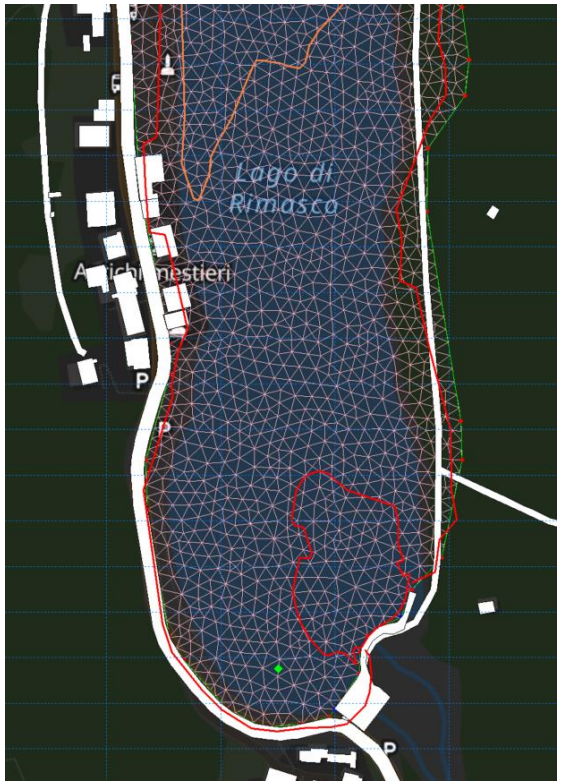
Reticolo di calcolo - MESH



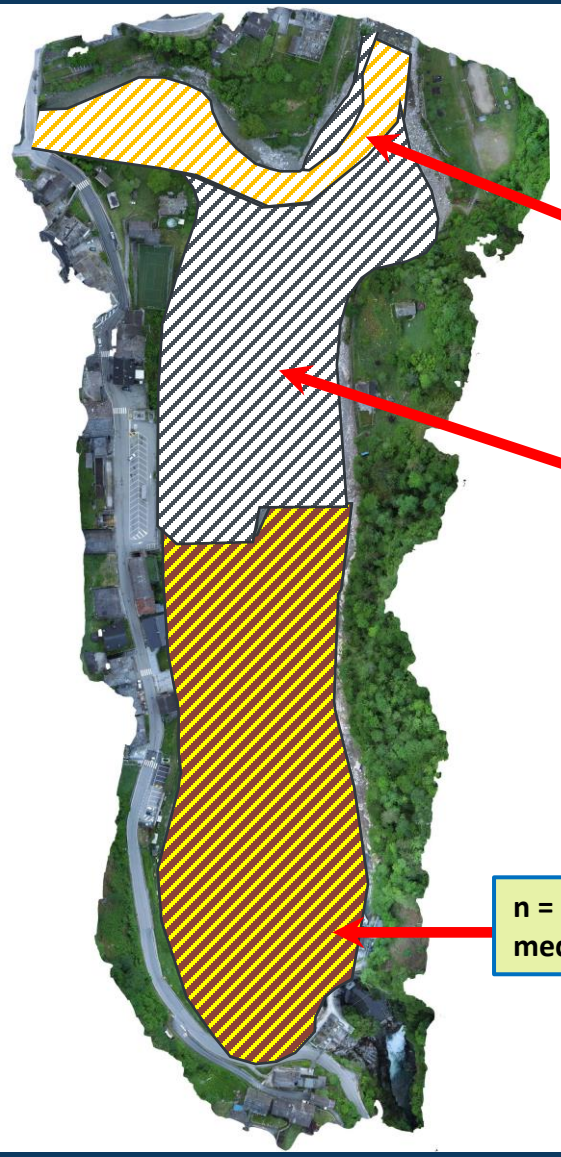
Reticolo **a maglie rettangolari** lungo l'Egua (per accompagnare in modo più naturale il deflusso che in questa zona presenta un andamento quasi rettilineo) **e triangolare** per il resto del dominio.

Il dominio 2D è stato costruito con un reticolo di elementi di area massima pari a 25 m^2 e lato fino a 5 m circa.
È stata scelta una configurazione con 6922 elementi e 3827 nodi, considerato un buon compromesso fra risoluzione spaziale e velocità di calcolo.
Il reticolo di calcolo è il medesimo per entrambe le batimetrie; da un rilievo all'altro cambiano le quote dei nodi che rappresentano l'altimetria del terreno.





Scabrezza – *n* di Manning



Valori del coefficiente *n* di Manning assegnati a diverse zone del bacino

n = 0.050 $ms^{-1/3}$
immissione torrenti

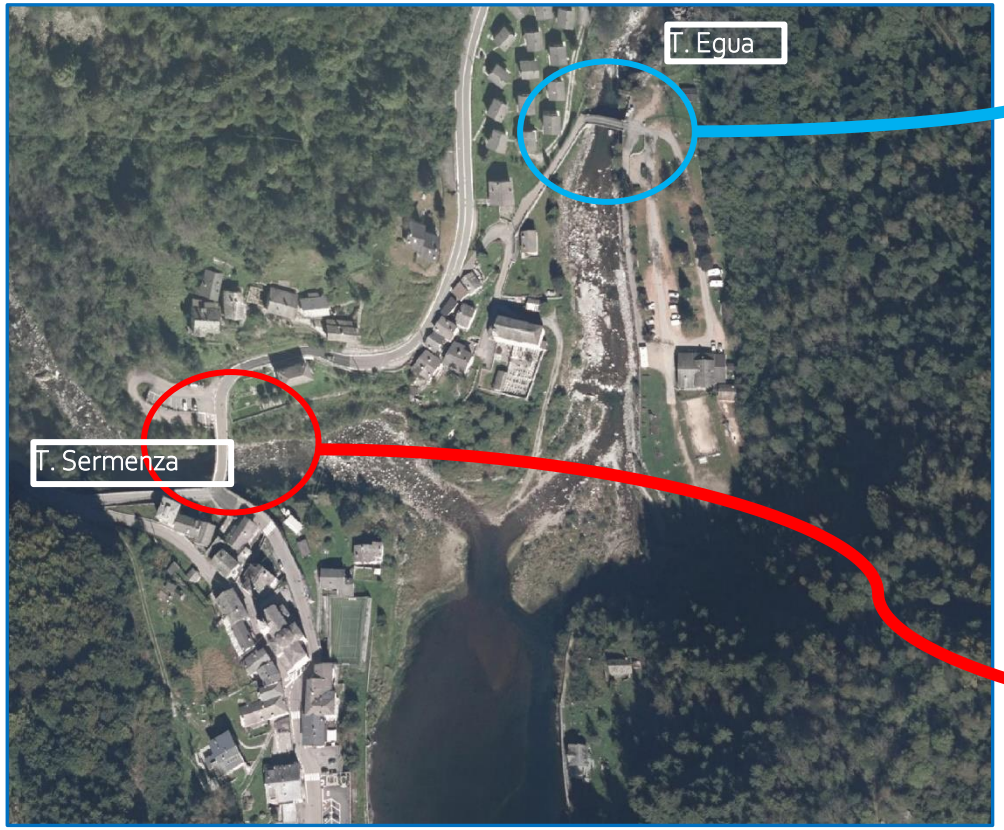


n = 0.040 $ms^{-1/3}$
alto bacino

n = 0.033 $ms^{-1/3}$
medio-basso bacino



I due ponti all'incile dell'invaso



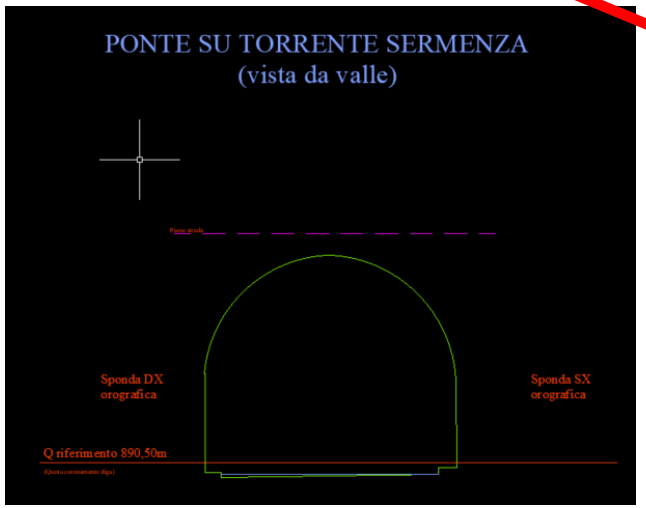


L'area di studio comprende tutto l'invaso di Rimasco e un breve tronco di ciascuno dei due affluenti, includendo i restringimenti ed i conseguenti effetti sulla corrente causati da due ponti, uno sul t. Sermenza e uno sul t. Egua.

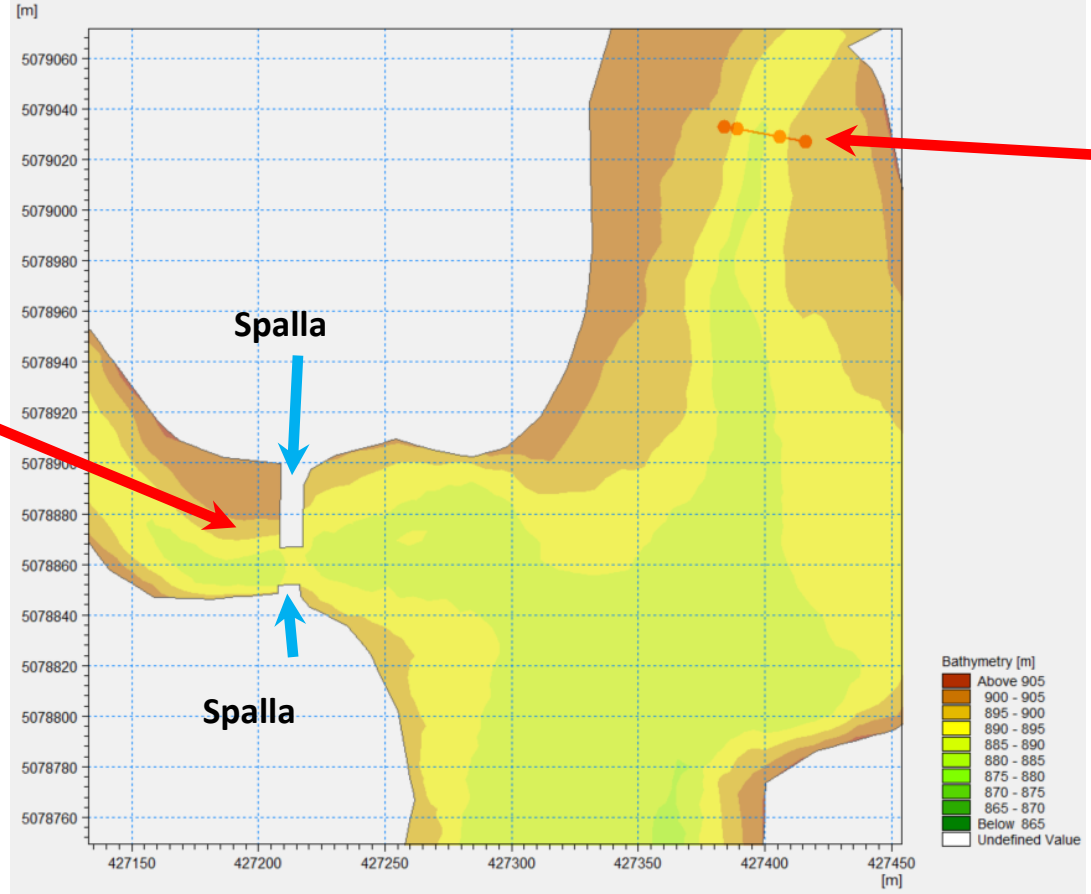
Trattamento delle Singolarità idrauliche

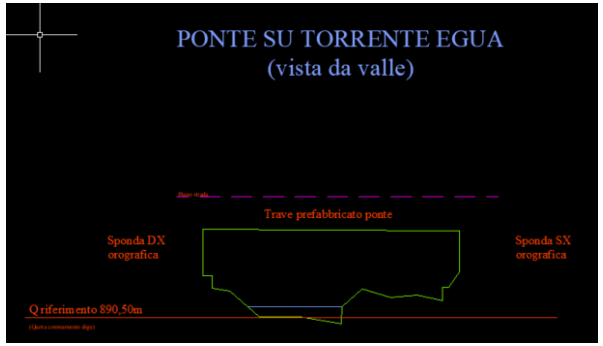


Ponte sul Sermenza



- ✓ Il ponte sul Torrente Sermenza, caratterizzato da un'arcata molto alta, è rappresentato da una strettoia nel perimetro del dominio;
- ✓ Il ponte sul Torrente Egua è stato inserito come struttura interferente nel modello idraulico.

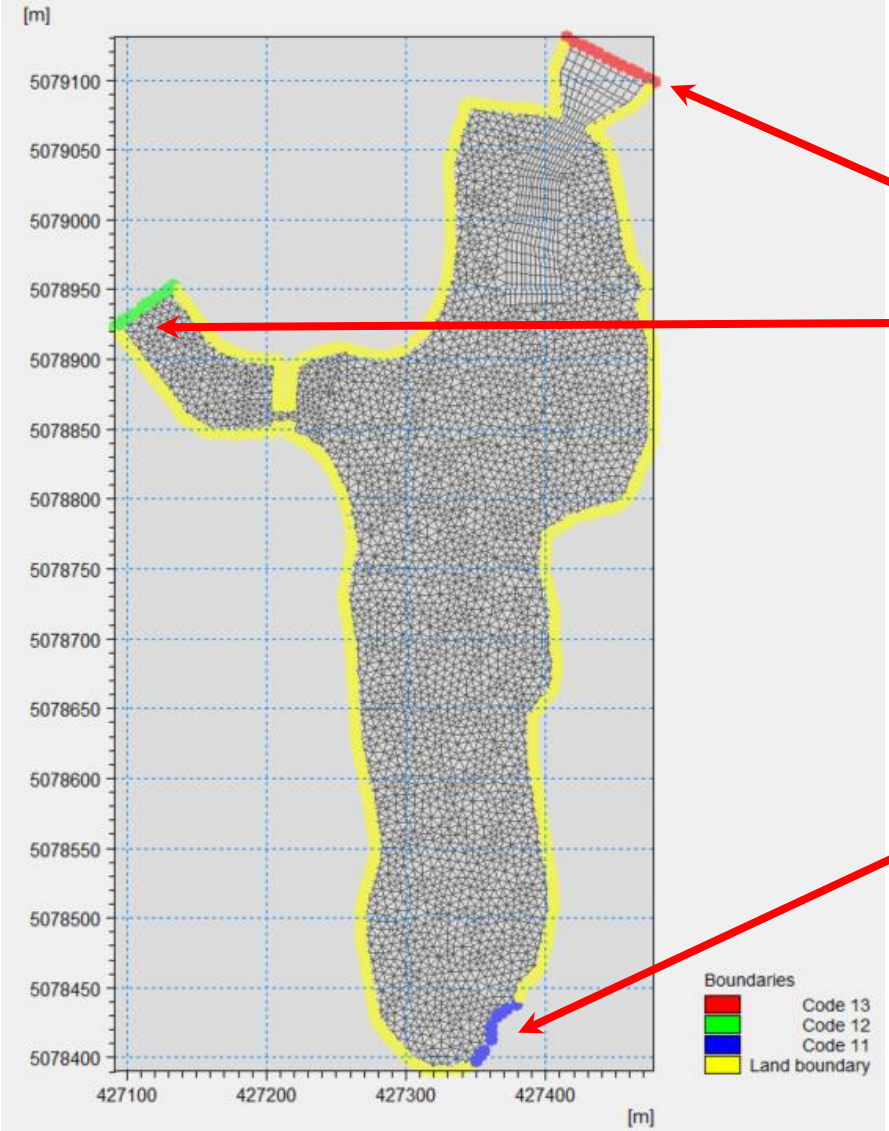




Ponte sull'Egua



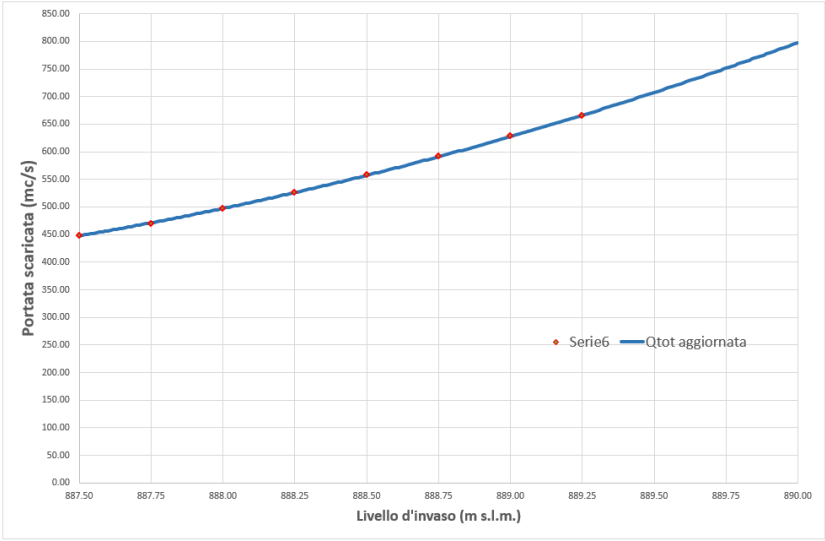
Condizioni al contorno di monte e di valle (diga)



Lungo i contorni chiusi (impermeabili) i flussi normali ai lati cella vengono posti uguali a zero. In corrispondenza dei contorni aperti può essere invece assegnata una portata o un livello idrico.

Portate costanti in afflusso dai torrenti Sermenza ed Egua

Le simulazioni sono state svolte mantenendo alla diga il livello che si instaurerebbe con gli scarichi completamente aperti.



- Per TR = 200 anni
- Q = 598 m^3/s
- Livello d'invaso = 888.80 m s.l.m.

Livello imposto alla diga, funzione della portata scaricabile

Simulazioni svolte

Transito corrente di piena in condizioni stazionarie

TR (anni)	Q (m^3/s)	Batimetria
200	598	2020
200	598	2020 con rimozione di 15000 m^3
200	598	2022
200	598	2020 con rimozione di 17000 m^3
★ > 200	598 ÷ 880	2022

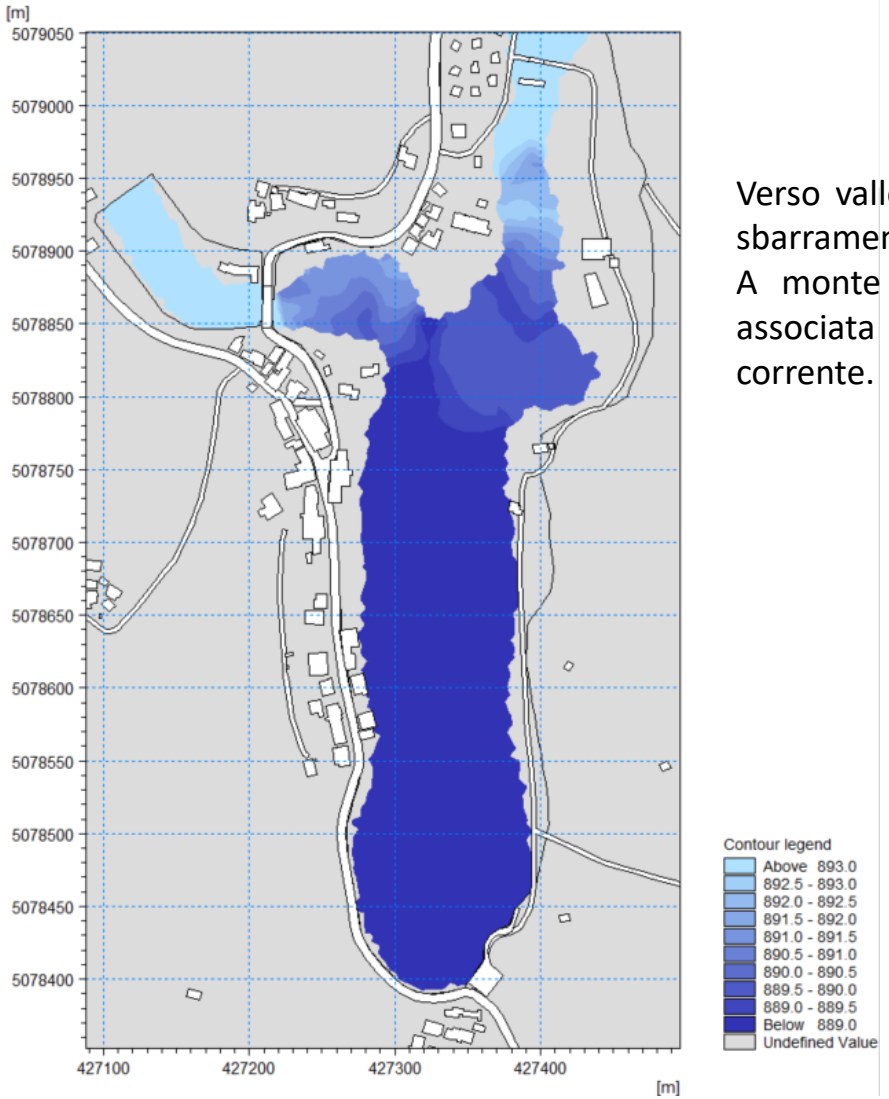
A favore di sicurezza e vista la modesta estensione del serbatoio, sono stati effettuati calcoli in condizioni di portata costante e corrente stazionaria, considerando la portata al colmo di piena associata al tempo di ritorno di 200 anni.

★ È stata inoltre ricercata per tentativi (facendo crescere man mano la Q200) la portata oltre la quale si evidenziano situazioni di criticità per gli insediamenti perimetrali, in particolare il campeggio.

Ogni simulazione è stata portata avanti fino al raggiungimento della stazionarietà del moto nell'intero dominio.

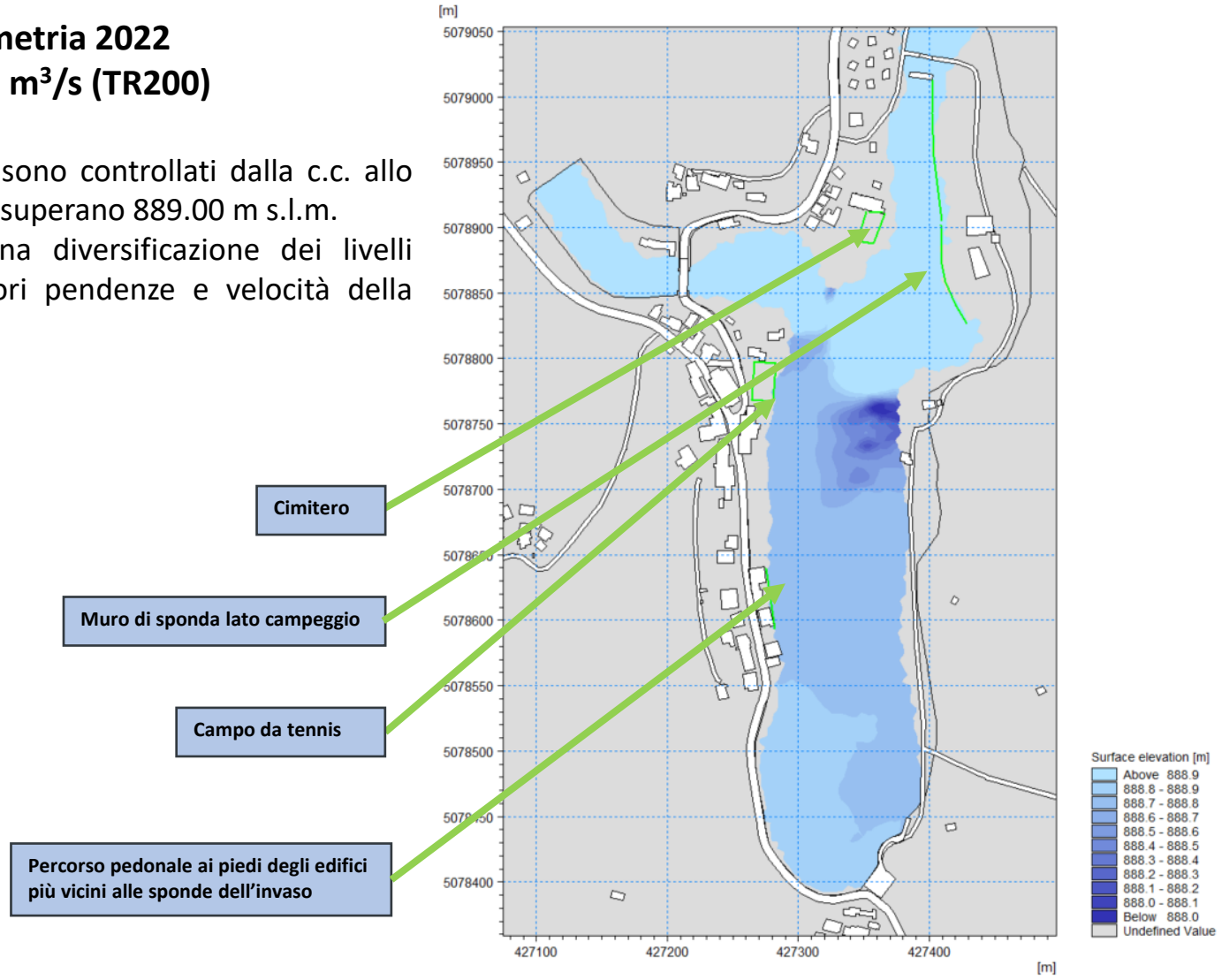
Lo scenario con batimetria modificata nell'ipotesi di rimozione di una parte del materiale di fondo nella parte di monte dell'invaso ha lo scopo di stabilire se lo sghiaiamento sarebbe utile per ridurre il rischio idraulico.
Lo sghiaiamento è stato ipotizzato su un'area estesa circa 10000 m^2 ai piedi dell'abitato di Rimasco, dove i sedimenti tendono a depositarsi, arrivando a quota 887.50 m s.l.m.

Risultati: distribuzione dei livelli idrici



Batimetria 2022
Q = 598 m³/s (TR200)

Verso valle i livelli sono controllati dalla c.c. allo sbarramento e non superano 889.00 m s.l.m.
A monte si ha una diversificazione dei livelli associata a maggiori pendenze e velocità della corrente.



Cimitero

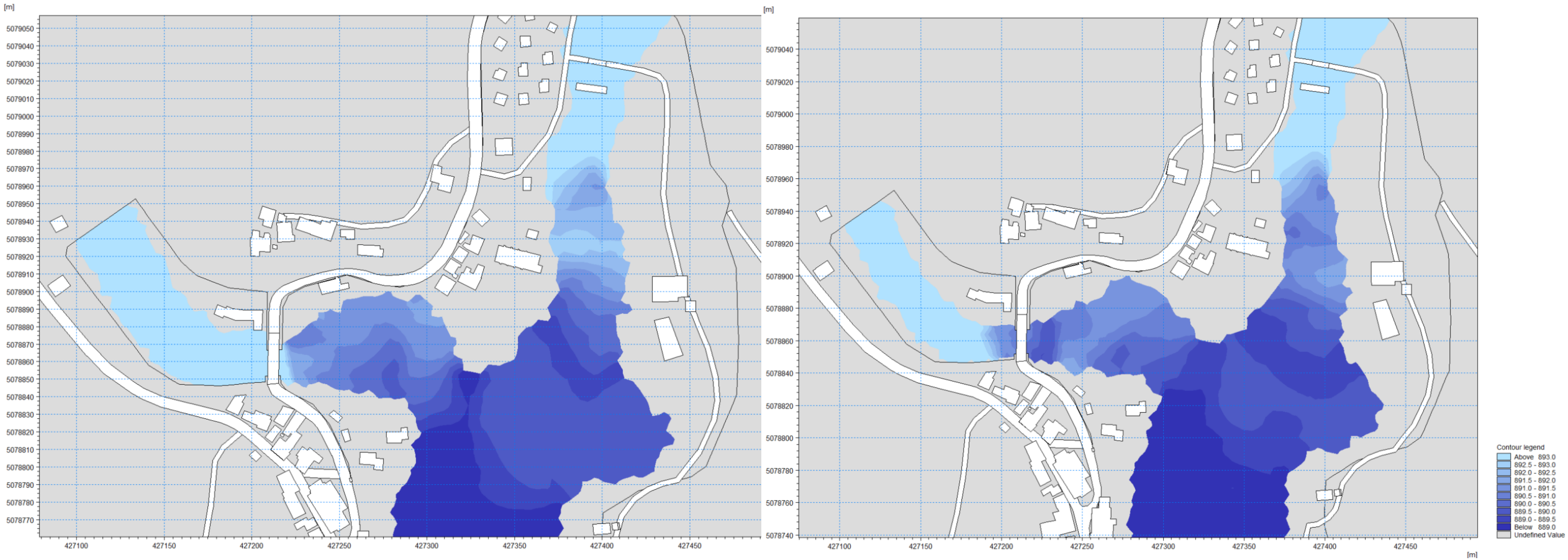
Muro di sponda lato campeggio

Campo da tennis

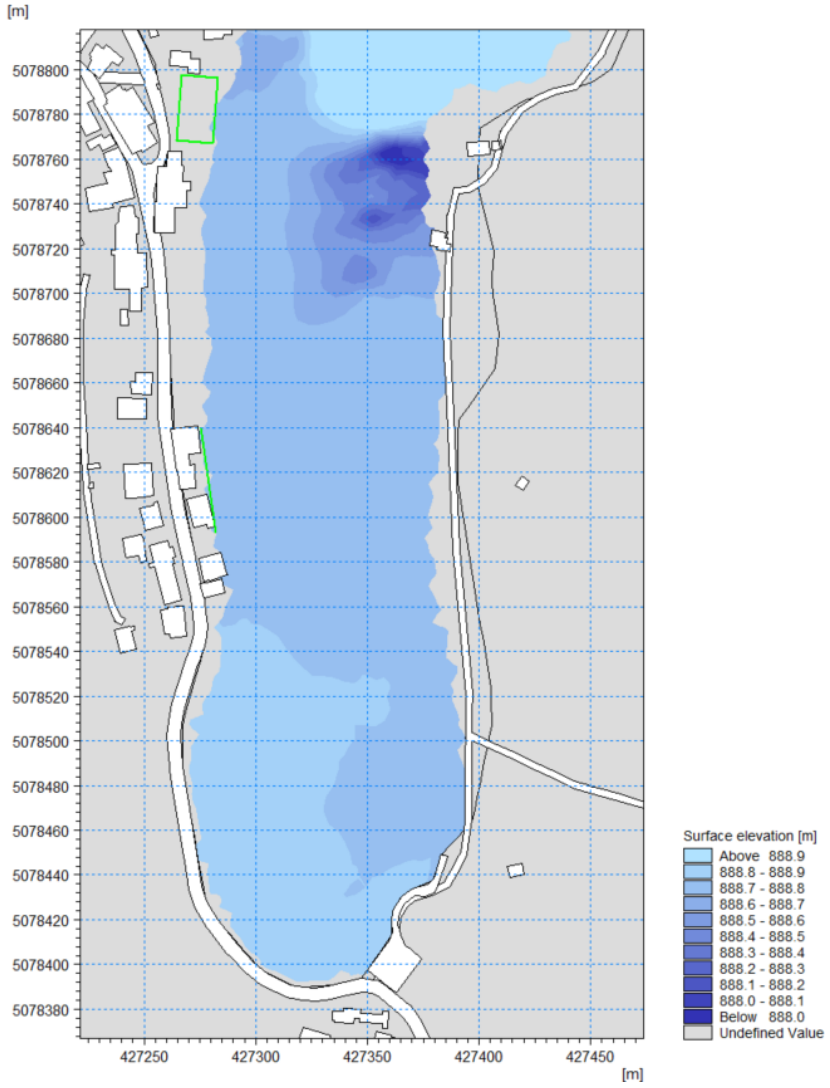
Percorso pedonale ai piedi degli edifici più vicini alle sponde dell'invaso

Distribuzione livello idrici monte serbatoio : confronto

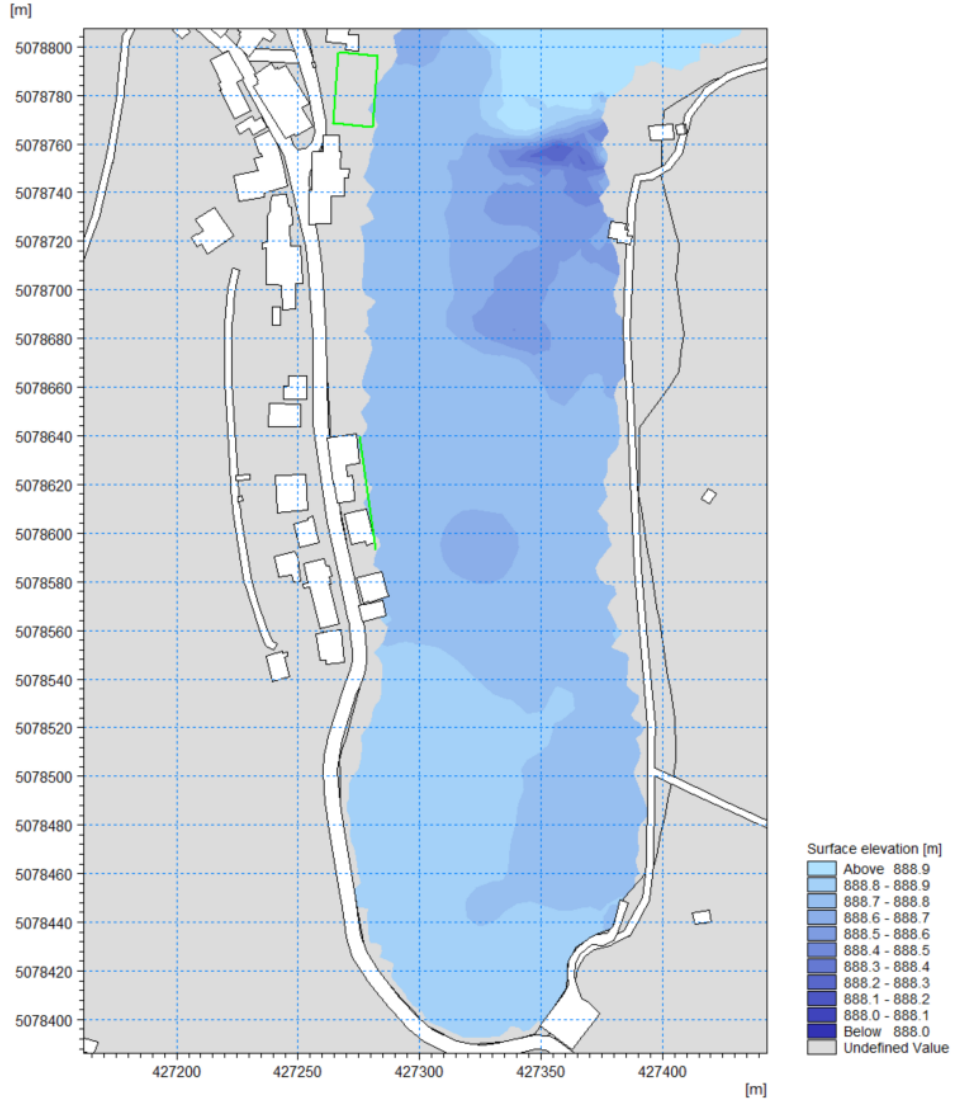
Batimetria 2022 vs. batimetria 2020
Q = 598 m³/s



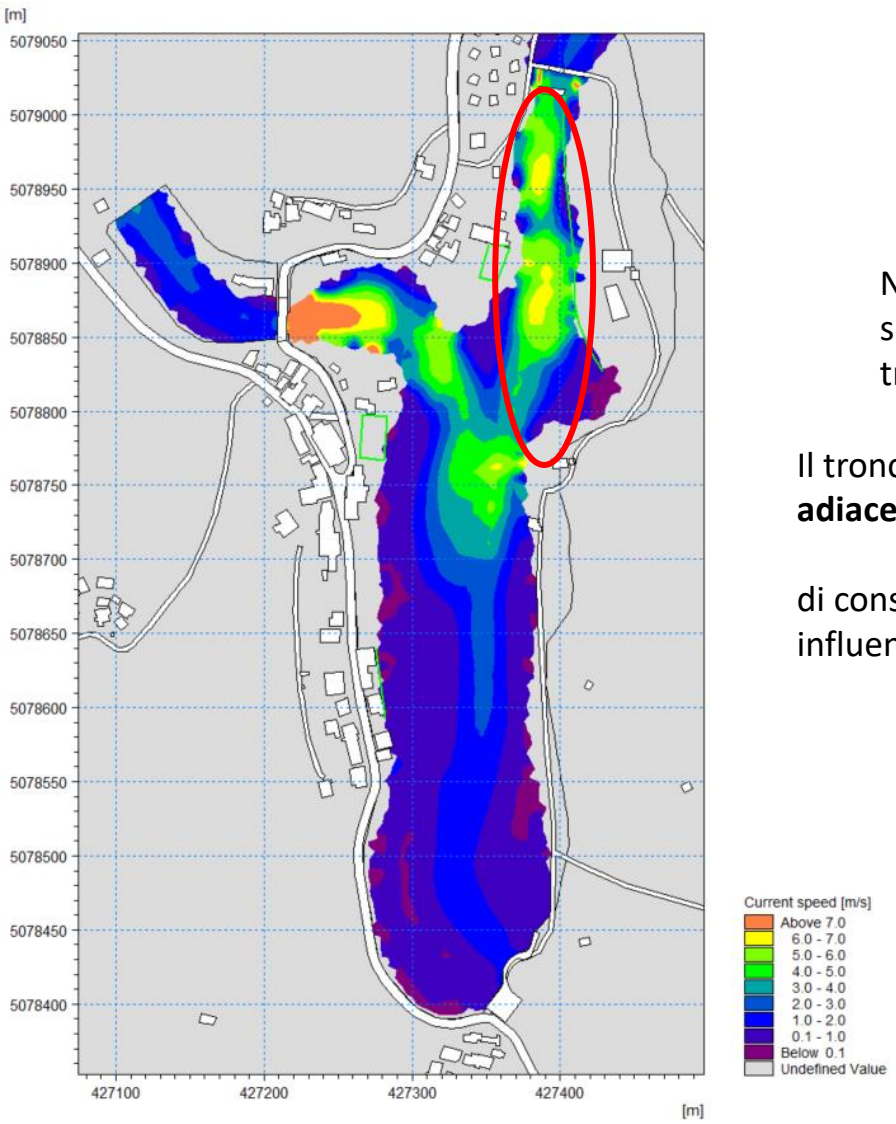
Distribuzione livello idrici valle serbatoio : confronto



Batimetria 2022
vs.
batimetria 2020
Q = 598 m³/s



Risultati: distribuzione delle velocità: confronto



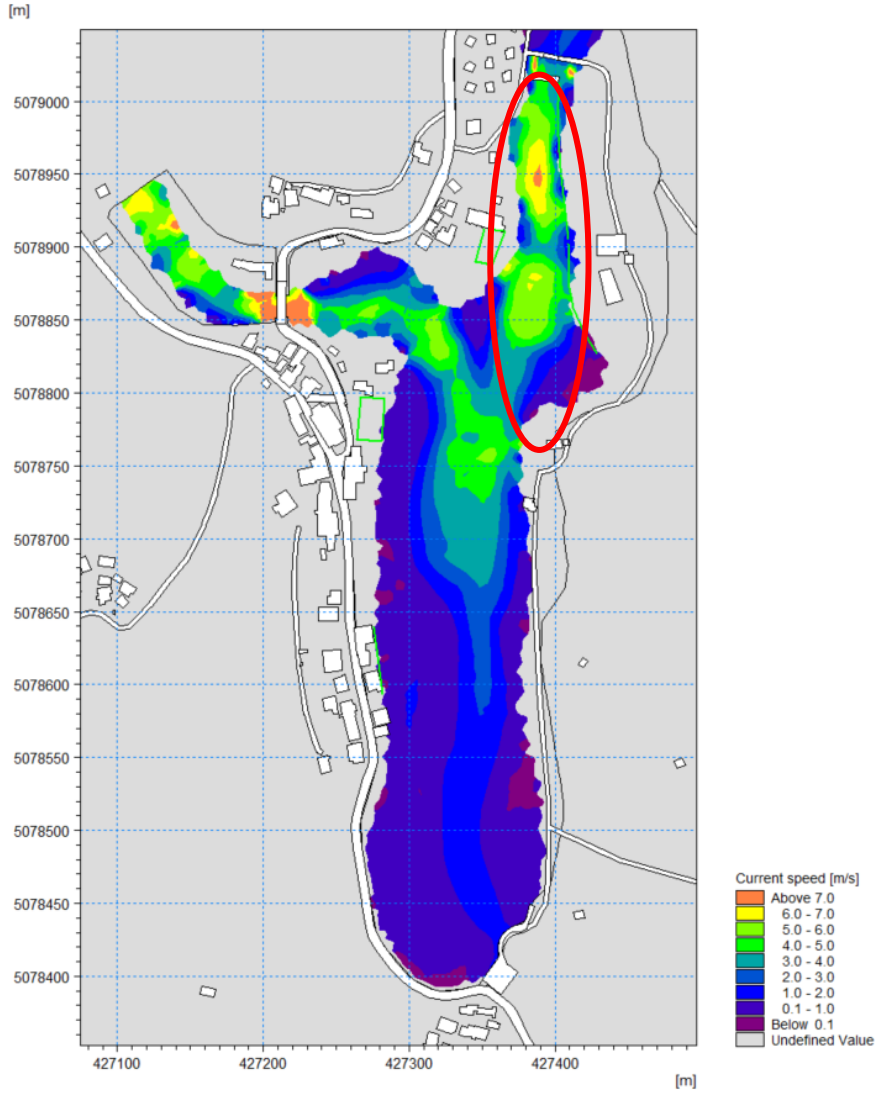
Batimetria 2022
vs
batimetria 2020
Q = 598 m³/s

Non si riscontrano differenze significative dal punto di vista del transito delle piene.

Il tronco di **immissione del torrente Egua adiacente al campeggio** presenta un regime con

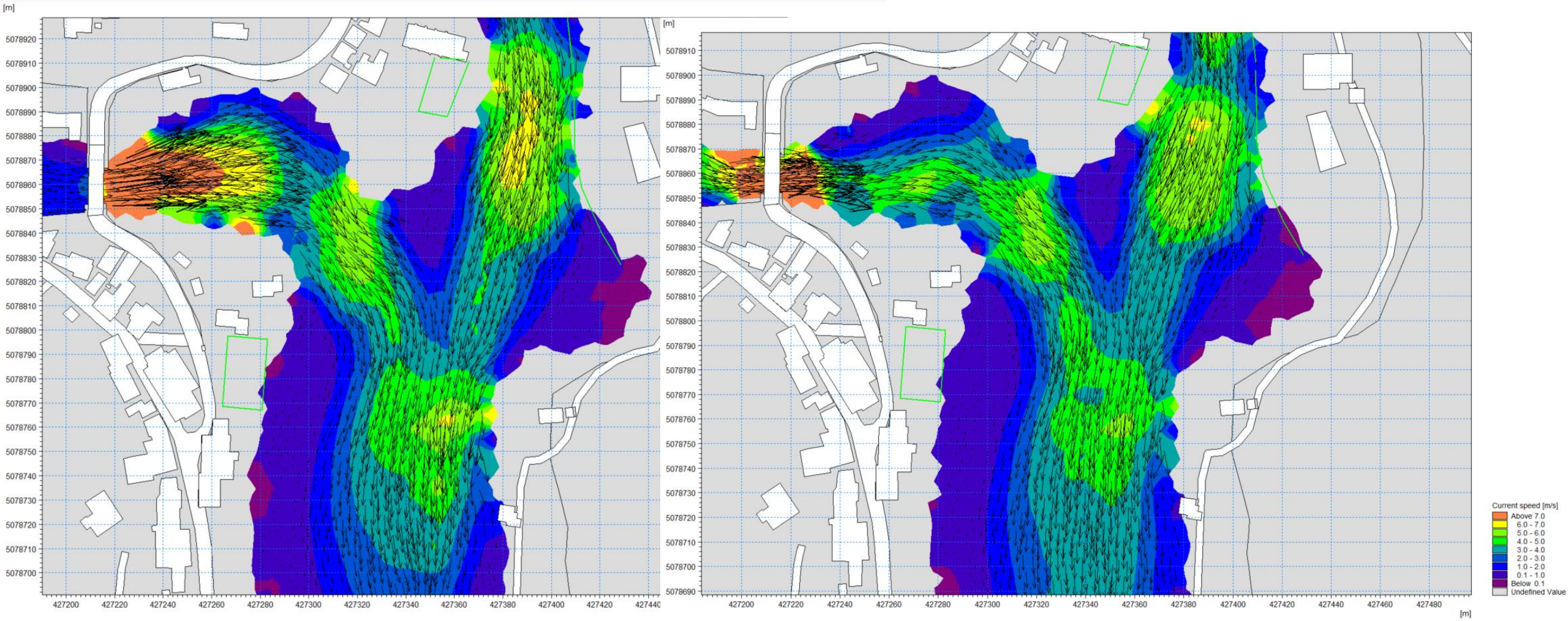
Fr > 1

di conseguenza il profilo di corrente non è influenzato dal livello d'invaso più a valle.

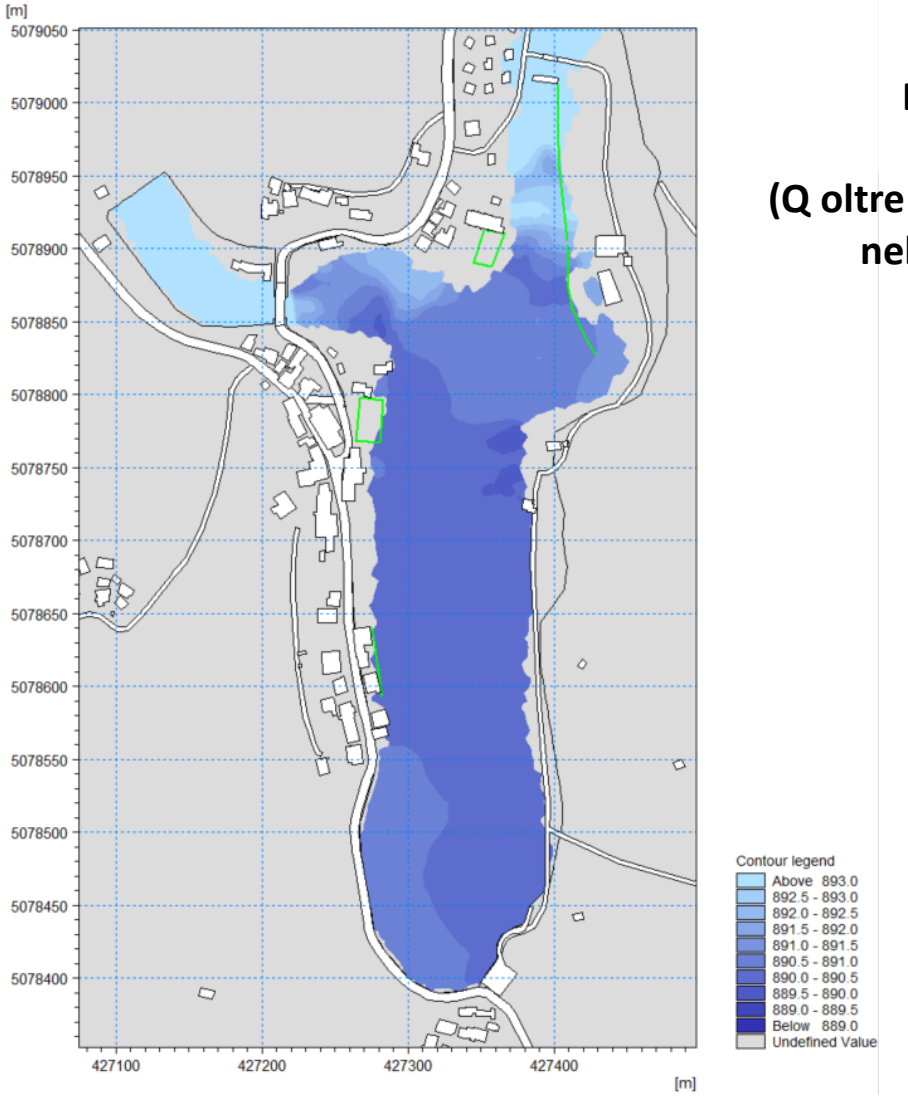


Distribuzione delle velocità monte serbatoio: confronto

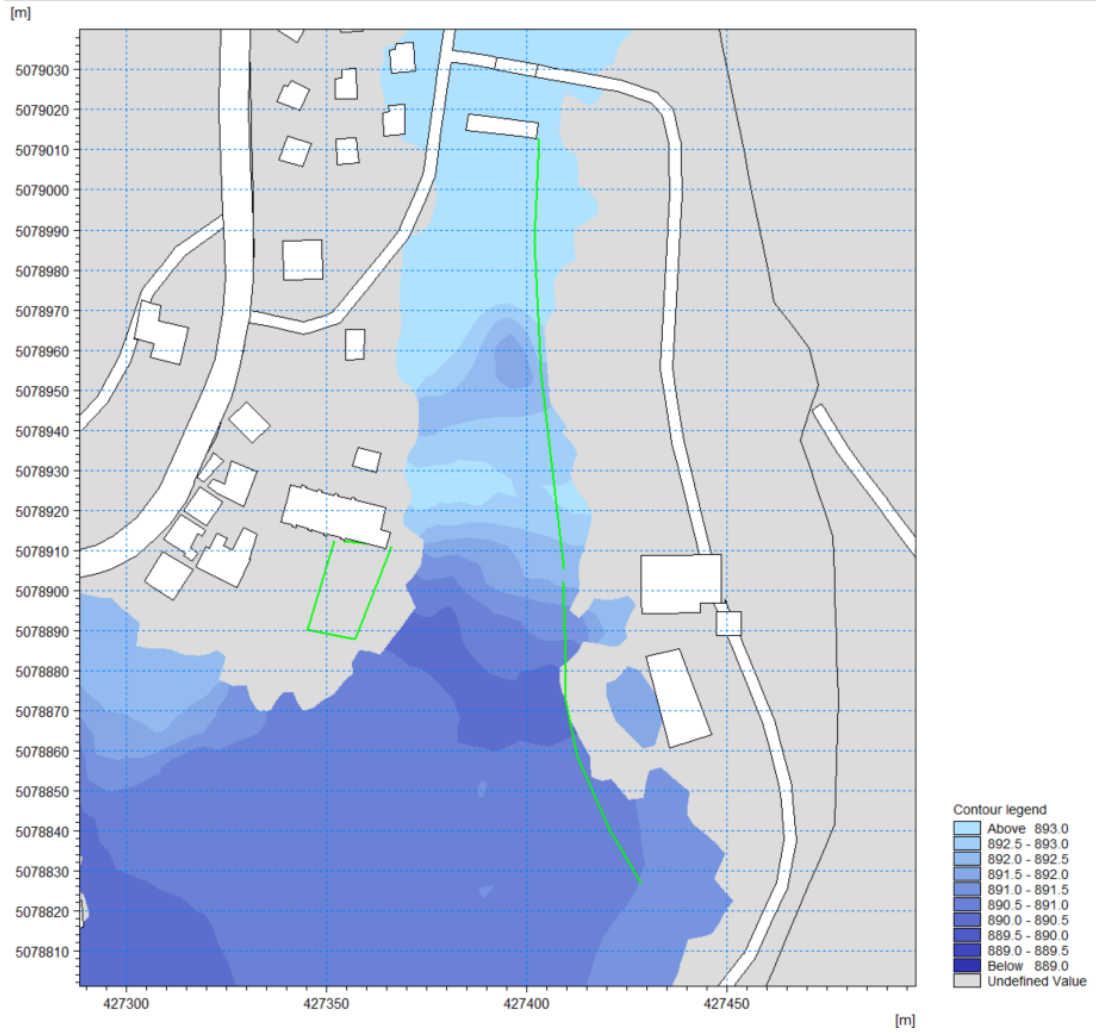
Batimetria 2022 vs. batimetria 2020
Q = 598 m³/s



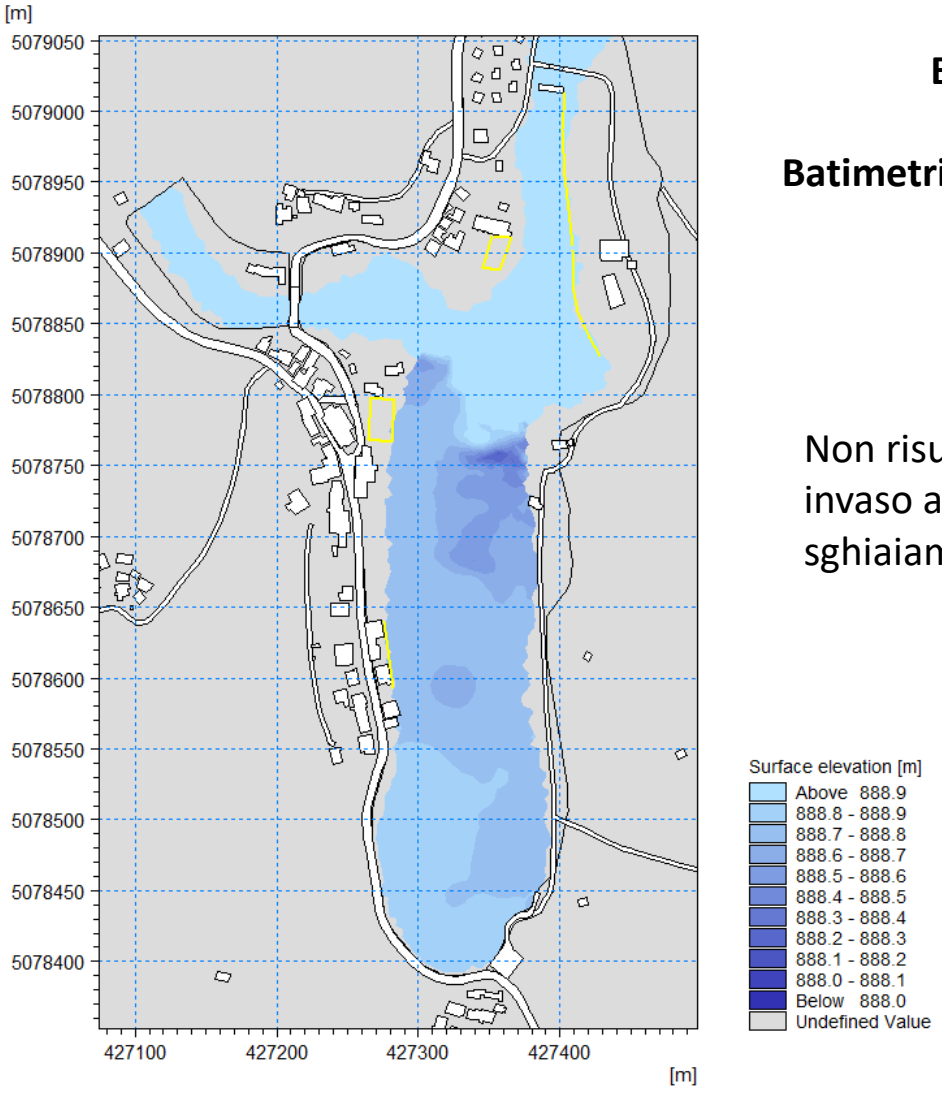
Distribuzione livelli idrici



Batimetria 2022
Q = 880 m³/s
(Q oltre la quale si crea criticità nell'area campeggio)

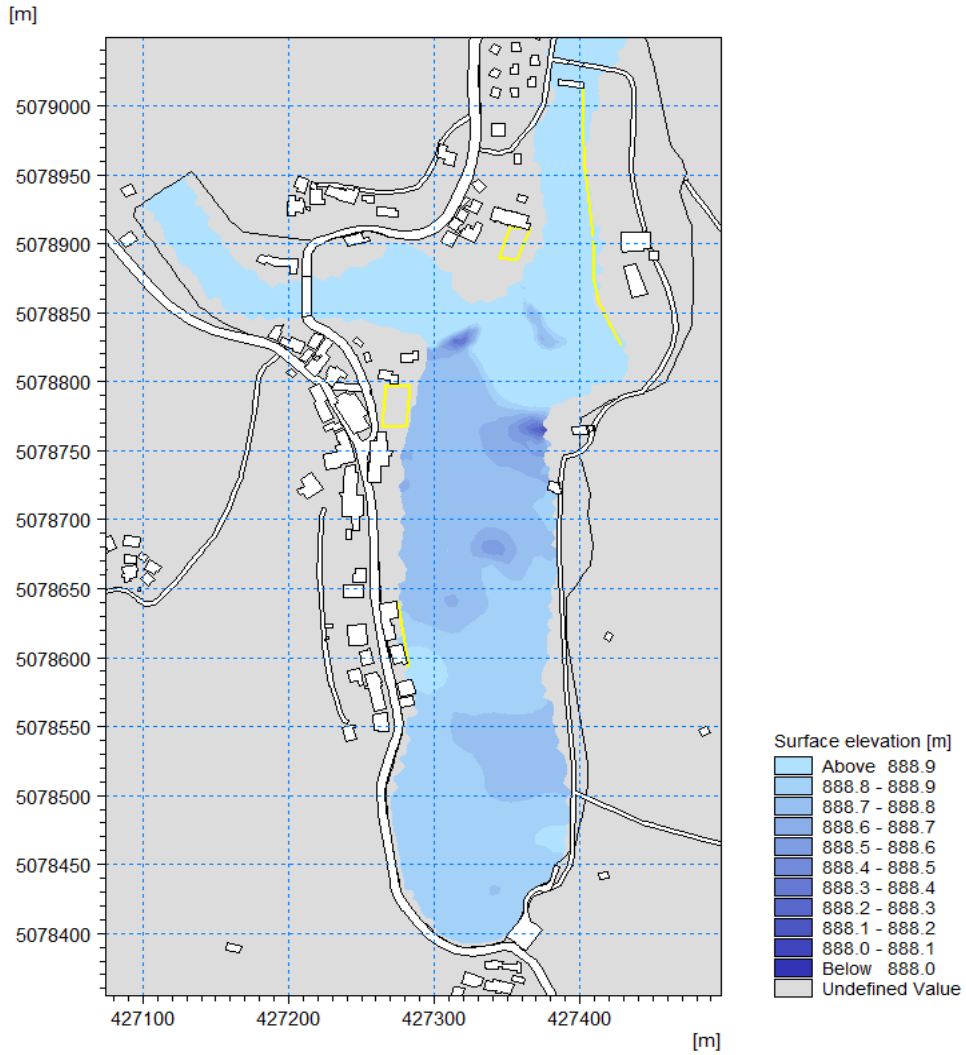


Distribuzione livelli idrici – confronto caso senza e con rimozione materiale

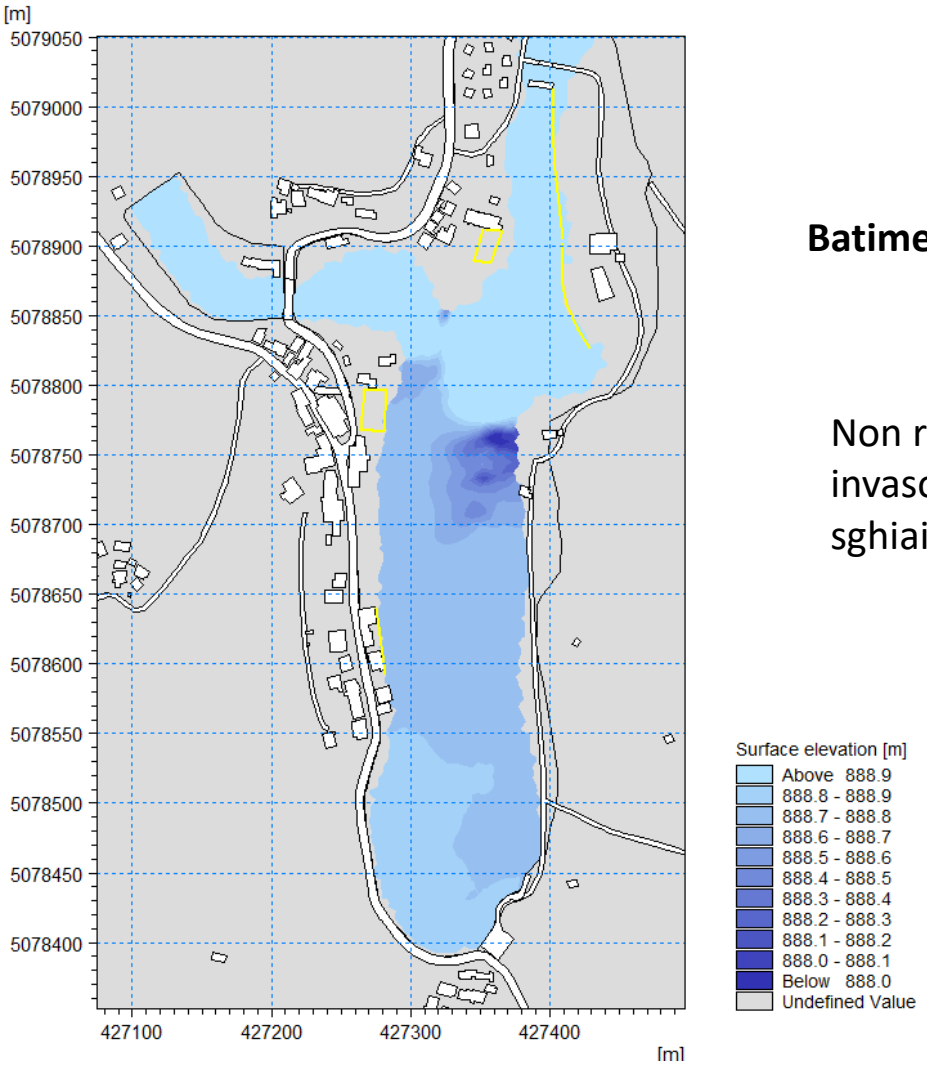


Batimetria 2020 rilevata
vs
Batimetria 2020 con rimozione materiale
Q = 598 m³/s

Non risultano abbassamenti del livello di invaso apprezzabili nel caso di ipotetico sghiaiamento

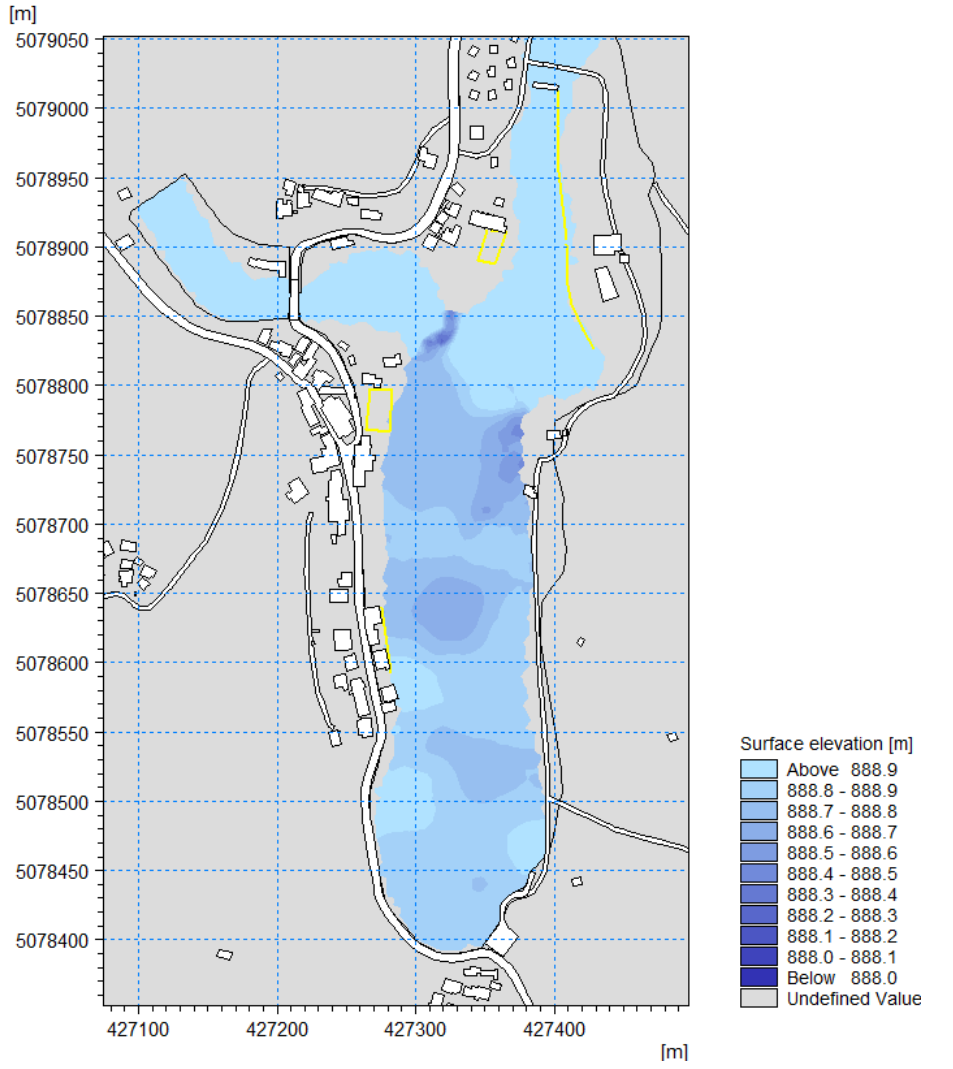


Distribuzione livelli idrici – confronto caso senza e con rimozione materiale

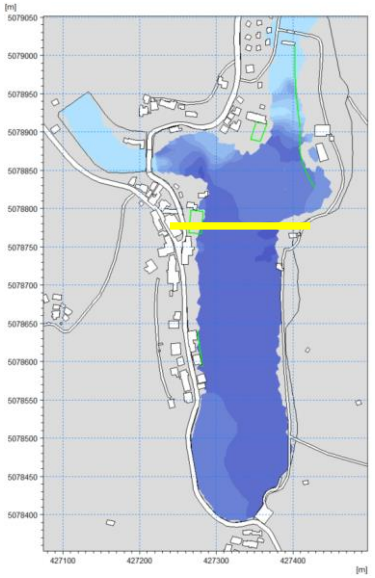


Batimetria 2022 rilevata
vs.
Batimetria 2022 con rimozione materiale
Q = 598 m³/s

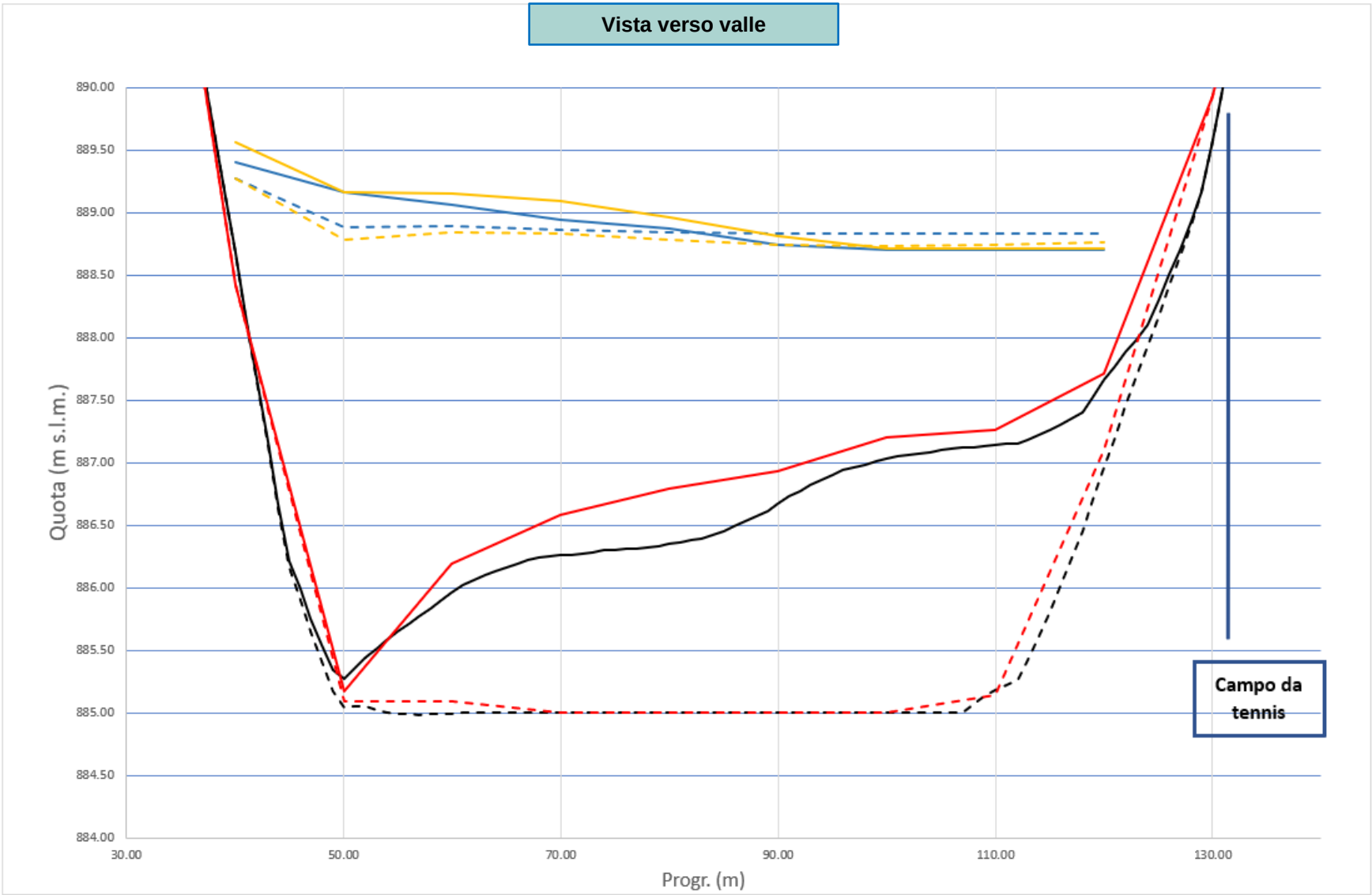
Non risultano abbassamenti del livello di invaso apprezzabili nel caso di ipotetico sghiaiamento



Profilo idrico trasversale pelo libero per i vari scenari



- Fondo 2020
- Pelo libero 2020
- Fondo 2020 con rimozione materiale
- Pelo libero 2020 con rimozione materiale
- Fondo 2022
- Pelo libero 2022
- Fondo 2022 con rimozione materiale
- Pelo libero 2022 con rimozione materiale



CONCLUSIONI

Q (m^3/s)	TR (anni)	
598	**200**	**Nessuna esondazione con Q bicentenaria**
658	**> 200**	Si bagna il percorso pedonale sotto il campo da tennis
725	**> 500**	Si bagna il percorso pedonale a valle del parcheggio e il muro dell'edificio adiacente
880	**> 1000**	Esondazione in area giochi al limite di valle del campeggio

Il deposito alluvionale nella parte alta dell'invaso non produce innalzamenti significativi del pelo libero durante le piene.

Le condizioni idrodinamiche vicino al campeggio non dipendono dal rigurgito prodotto dalla diga.