



Comune di Alleghe (BL). Aggiornamento Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Piave. Ridefinizione delle aree di pericolosità idraulica, ai sensi dell'art. 6, comma 1, lett. B delle N.d.A. del PAI, conseguentemente alla realizzazione di interventi di interesse pubblico in località Vallazza. Rilascio di parere all'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali.

Si premette che, a seguito degli eventi calamitosi di ottobre-novembre 2018, si è reso necessario provvedere ad una serie di interventi di rimodellazione dell'alveo del fiume Cordevole e del lago di Alleghe, di difesa spondale e di regimazione dei flussi liquidi e solidi per ripristinare la fruibilità idraulica ed antropica delle zone maggiormente colpite e per garantire la sicurezza del territorio.

A tale fine, sono in fase di realizzazione i lavori di "Pulizia del Lago di Alleghe e realizzazione di un sistema di sicurezza in caso di piene" – Stazione appaltante Commissario Delegato OCDPC 558/2018 Settore Ripristino Idraulico e Idrogeologico - Veneto Acque S.p.A. (CIG Z1831213EA), iniziati nel settembre 2019 e attualmente realizzati al 60% (4 SAL).

Nell'ambito delle indagini condotte per la redazione del progetto suddetto, è emersa una situazione di limitato franco idraulico che coinvolge località Vallazza, in sinistra idrografica del torrente Cordevole all'incile del Lago di Alleghe, attualmente classificata a grado di pericolosità media P2 come si può osservare nella tav.40 – Pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico attualmente in vigore.

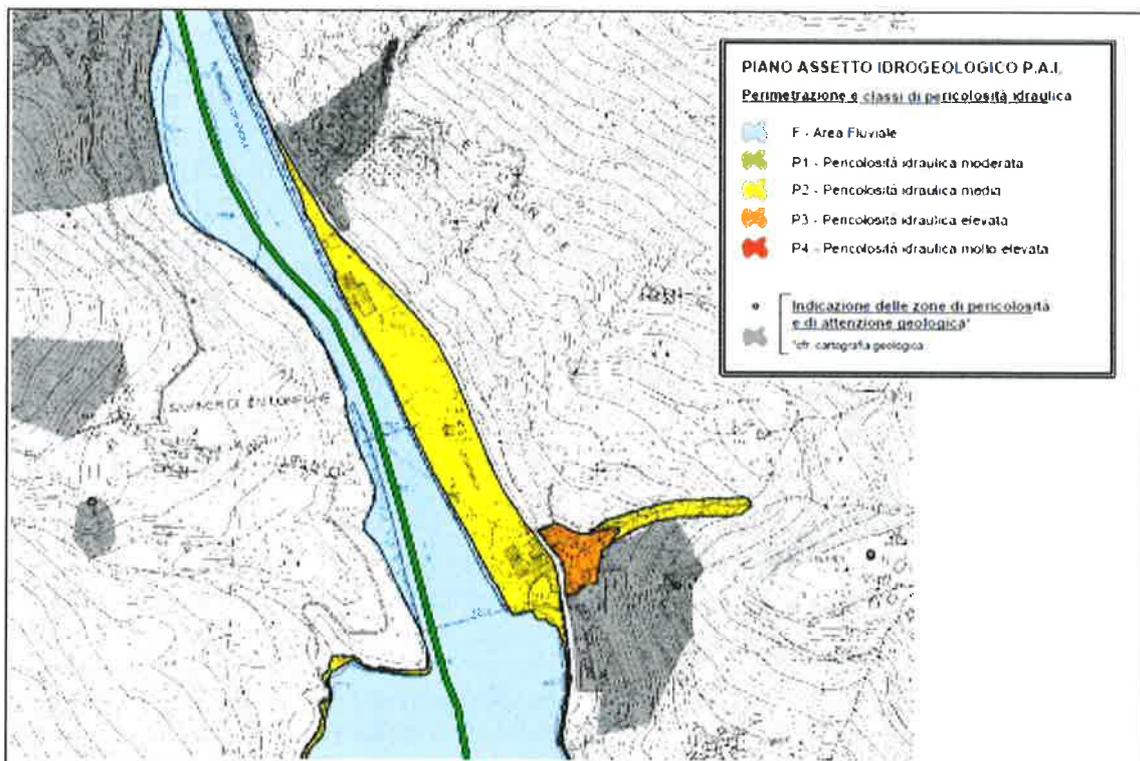


Figura 1 – Stralcio tav.40 – Pericolosità idraulica (DPCM 21/11/2013 - G.U. serie generale n.97 del 28/04/2014)



Per mitigare tale condizione di pericolo, nell'ambito dei lavori in corso di esecuzione si prevede di innalzare l'argine di protezione per riportare il franco idraulico a un valore adeguato. Essendo l'area di Vallazza di fondamentale importanza strategica per tutta la valle, il Comune di Alleghe ha ritenuto opportuno attivare una procedura di ridefinizione delle aree di pericolosità idraulica indicate nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Piave, ai sensi delle N.d.A., in seguito alla realizzazione di adeguati interventi di mitigazione (art. 6 lettera B). Lo studio è stato affidato allo "Studio API - Associazione Professionale Ingegneri".

La base topografica utilizzata per la modellazione dell'area di intervento è stata integrata con rilievi topografici eseguiti a mezzo di "drone" e la propagazione dell'onda di piena e di trasporto solido è stata studiata relativamente all'evento di piena con tempo di ritorno centennale (Tr 100) con il modello bidimensionale a fondo mobile BASEMENT, software realizzato dal Dipartimento di Idraulica dello Swiss Federal Institute of Technology ETH di Zurigo.

I professionisti dichiarano che "Lo studio idraulico viene condotto conformemente alle linee guida redatte dall'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali inerenti la 'modellazione di corsi d'acqua con BASEMENT3' (06.2020)". Inoltre gli idrogrammi di portata liquida sono stati forniti dalla medesima Autorità di Bacino del Distretto Alpi Orientali sia per il torrente Cordevole che per i suoi affluenti principali, torrenti Fiorentina e Pettorina, a monte dell'area di studio.

Il documento di pianificazione di settore di riferimento attualmente è il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21/11/2013 (G.U. serie generale n. 97 del 28/04/2014).

Per quanto riguarda l'analisi idrologica e la valutazione delle portate solide, sono stati utilizzati gli idrogrammi forniti dall'Autorità di bacino Distrettuale delle Alpi Orientali con riferimento a Tr 100 anni, durata di precipitazione di 12 ore, curva monotona crescente, coerentemente con la pianificazione di Bacino.

Per quanto concerne la portata solida, i relativi idrogrammi in ingresso sono stati calcolati dal predetto modello sulla base delle equazioni di Meyer-Peter Muller. L'espressione utilizzata fornisce i quantitativi solidi che la corrente è in grado di trascinare sul fondo alveo, fornendo quindi la capacità di trasporto del torrente.

Questo parametro esprime la quantità di sedimento che può essere mobilizzata da una corrente se dispone di un'alimentazione solida da monte pari esattamente alla capacità del flusso di veicolare i sedimenti. Tale capacità risulterà solamente teorica nel caso venga a mancare in alveo il quantitativo di materiale richiesto. Sono state condotte, in particolare, apposite analisi granulometriche nel tratto di intervento.

Le indagini condotte in campo post evento VAIA hanno evidenziato come il letto del fiume e le aree golenali siano costituite da un primo strato con granulometria grossolana (diametro medio dell'ordine di 30 mm) e uno strato più profondo e compattato con diametro medio variabile tra 5 e 10 mm.

Nel modello morfologico è stata considerata solo la frazione più grossa in quanto è l'unica ad essere interessata al trasporto al fondo e a partecipare a quei fenomeni di scavo e deposito che comportano modifiche apprezzabili delle sezioni di deflusso.

Il materiale fine (sabbie) non è stato tenuto in conto perché non contribuisce significativamente alla morfologia dell'alveo. Il trasporto solido è stato pertanto descritto esclusivamente come trasporto di fondo di materiale grossolano (ghiaia) impostando quindi una condizione "single grain" con diametro pari a 30 mm.

Per ulteriore conferma è stato applicato il software Basegrain (sempre del Dipartimento di Idraulica dello Swiss Federal Institute of Technology ETH) alla documentazione fotografica di rilievo. Tale software permette, una volta definita la scala di campionamento, di ottenere una curva granulometrica estimativa.

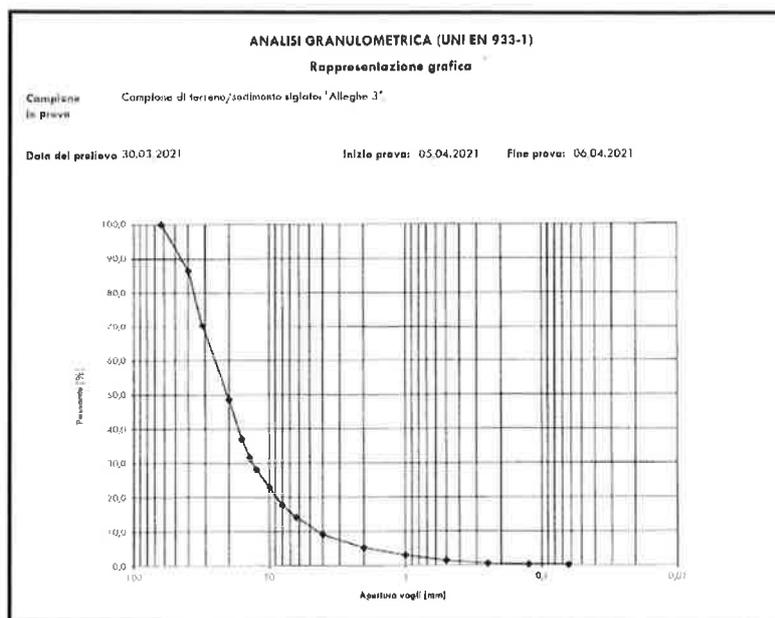


Figura 2: Analisi granulometriche condotte

La base topografica dello stato di fatto deriva dal rilievo condotto nel 2020 opportunamente modificato mediante l’inserimento degli interventi previsti nell’ambito del progetto di “Pulizia del lago di Alleghe e realizzazione di un sistema di sicurezza in caso di piene” per conto di Veneto Acque che sono stati già realizzati nel 2020-2021. In particolare gli interventi inseriti nel DTM ad oggi realizzati nel tratto in esame consistono in:

- pulizia del materiale in esubero nel T. Cordevole;
- aree reversibili di stoccaggio materiale sovralluvionato presso Santa Maria delle Grazie in destra idraulica, Costa Saviner in destra idraulica e Vallazza in sponda sinistra;
- interventi reversibili di consolidamento della sponda destra.

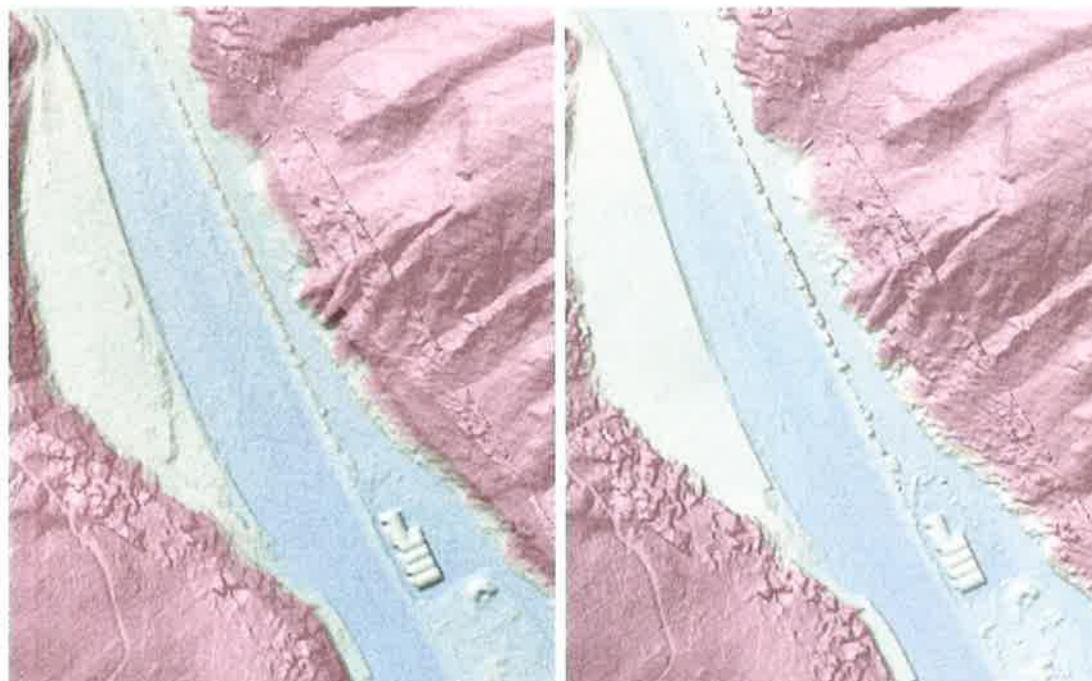


Figura 3 - Aggiornamento del DTM rilevato mediante inserimento degli interventi realizzati nell’ambito del progetto di Pulizia del lago di Alleghe (pre-interventi 2020 a sinistra e post interventi 2021 a destra)



L'analisi idraulica e di trasporto solido viene condotta, come già precedentemente scritto, con il software BASEMENT v.2, software per la modellazione idraulica mono-bidimensionale a moto vario a fondo fisso e mobile volto a valutare l'evoluzione morfologica di un corso d'acqua.

Il modello concettuale ha riguardato un tratto d'alveo del Fiume Piave per un'estensione di circa 0.6 km a monte e a valle di un impianto in concessione.

Il modello ricopre un'area di circa 50 ha e per la discretizzazione delle quote altimetriche sono state definiti circa 55.900 elementi triangolari (celle di calcolo) con area massima di 5 m<sup>2</sup> nelle zone in alveo e di circa 50 m<sup>2</sup> nelle aree esterne.

Il modello concettuale viene definito attraverso l'utilizzo di file di tipo SHAPE.



Figura 4 – Modello concettuale BASEMENT del tratto di torrente Cordevole

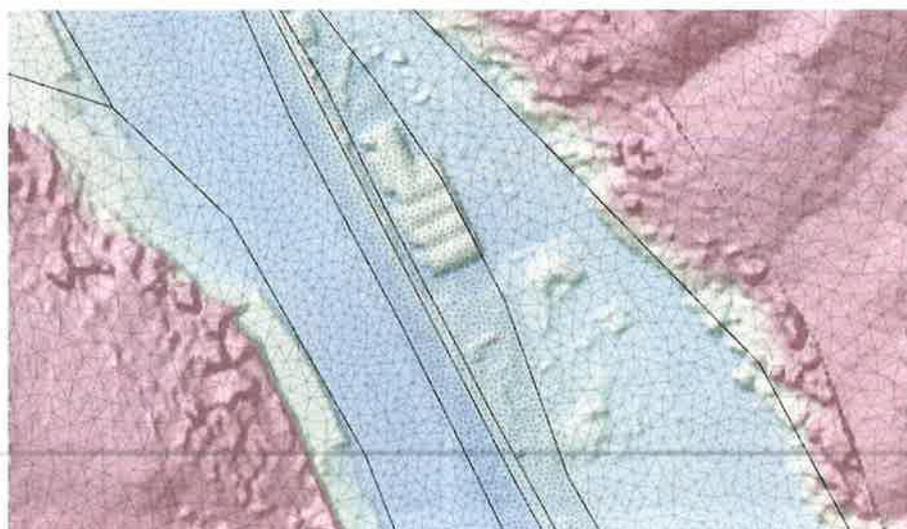


Figura 5 – Esempio di discretizzazione del dominio di moto del modello prescelto



Per quanto riguarda le condizioni al contorno a monte è stato inserito l'idrogramma di piena con  $T_r = 100$  fornito dall'Autorità di Bacino del Distrettuale delle Alpi Orientali, sia per il Torrente Cordevole che per i Torrenti Fiorentina e Pettorina, a favore di sicurezza considerando una situazione idrologica più sfavorevole.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno a valle è stata inserita la quota idrica del Lago di Alleghe pari a 968.33 m slm. Tale valore rappresenta la quota di massimo invaso del lago con riferimento allo Studio del Prof. Ing. Luigi D'Alpaos del 2000 dal titolo "Studio sulle problematiche relative al processo di interrimento del lago di Alleghe" realizzato per conto della Regione del Veneto.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno del trasporto solido è stata considerata in ingresso tutta la portata solida che il corso d'acqua è in grado di movimentare, tale valutazione è stata condotta attraverso la formulazione di Mayer-Peter e Müller applicata alla geometria del tratto iniziale del corso d'acqua.

Come condizione di valle è stata applicata la condizione di continuità per il sedimento, ovvero è stato assunto che tutto il flusso in arrivo esca dal dominio senza apportare alcuna variazione batimetrica alle quote del fondo alveo.

Per quanto riguarda il valore della scabrezza, per l'alveo è stato assunto  $K_s = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  ( $n=0.03$  di Manning), per le aree esterne all'alveo (sponde e golene) è stato assunto  $K_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  ( $n=0.05$  di Manning).

Per quanto riguarda la granulometria del corso d'acqua è stato considerato un unico substrato di materiale con spessore non definito a granulometria omogenea pari a 30 mm. L'assunzione di unica frazione grossolana di diametro medio è stata ritenuta in linea con le semplificazioni adottate nel modello morfologico ed adeguata alle finalità dello studio.

Per quanto riguarda l'implementazione del modello di trasporto solido, per evidenziare le variazioni morfologiche d'alveo durante l'evento di piena e valutare i possibili effetti di scavi e depositi dovuti al trasporto solido della corrente e alla sua capacità erosiva, è stato realizzato un modello idraulico a "fondo mobile". Il contributo solido del corso d'acqua è stato valutato, in assenza di uno specifico idrogramma solido, con la formulazione dei citati Mayer-Peter e Muller.

È stata quindi condotta una simulazione per l'evento con tempo di ritorno  $T_r$  pari a 100 anni al fine di pervenire alla definizione delle criticità presenti nello stato attuale e a verificare l'efficacia degli interventi proposti nello stato di progetto. In particolare sono state analizzate le massime altezze di scavo e di deposito, le velocità ed i tiranti idrici massimi. Secondo tale elaborazioni il flusso di velocità si presenta unidirezionale e parallelo alle sponde nella parte centrale dell'alveo con picchi che raggiungono i 5 m/s, mentre in prossimità delle sponde, i valori massimi risultano pari a 2-3 m/s nel tratto di Torrente Cordevole a monte del Lago di Alleghe.

Dall'analisi dei risultati nello stato di fatto si ricaverebbe che:

- l'alveo risulta morfologicamente attivo nella zona di studio. Si osserva una alternanza tra zone di deposito e di erosione con prevalenza delle zone in deposito, i valori massimi di scavo e deposito non superano i 2-2.5 m;
- l'alveo del torrente Cordevole si presenta planimetricamente stabile. L'alternanza scavo-deposito distribuita uniformemente su tutta la sezione di deflusso indicherebbe che l'alveo si trova planimetricamente in equilibrio;
- non sembrerebbero esserci criticità legate ad erosioni dell'alveo che si presentano localizzate in brevi tratti e legate agli incrementi delle velocità di deflusso. lo scavo longitudinale all'alveo tuttavia al piede della sponda sinistra dovrà essere attenzionato;
- il tratto a franco insufficiente rilevato dal modello, inteso come franco idraulico inferiore a 50 cm, è quello ricompreso tra le sezioni 3 e 6 escluse, per una lunghezza di circa 45 m, come si può vedere dal profilo longitudinale in figura 6;

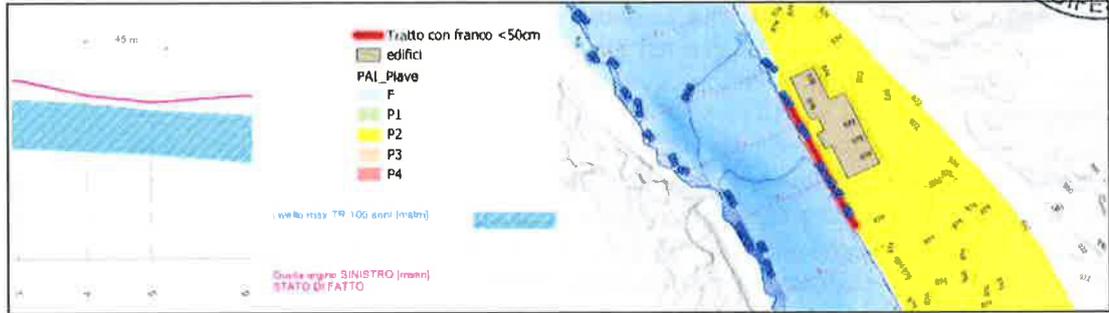


Figura 6 - Planimetria delle aree allagabili, PAI e profilo longitudinale

- le massime velocità in alveo sono dell'ordine dei 2-3 m/s e diminuiscono presso la sponda fino a 1-2 m/s. Di questo si dovrà tener conto nella progettazione di eventuali protezioni di sponda longitudinali.

Viene quindi proposto un intervento per la messa in sicurezza idraulica dell'area nell'ambito dei lavori di "Pulizia del Lago di Alleghe e realizzazione di un sistema di sicurezza in caso di piene" di adeguamento in quota dell'argine esistente in sofferenza idraulica, in modo da riportare il franco idraulico ad una altezza idonea agli eventi di piena attesi.

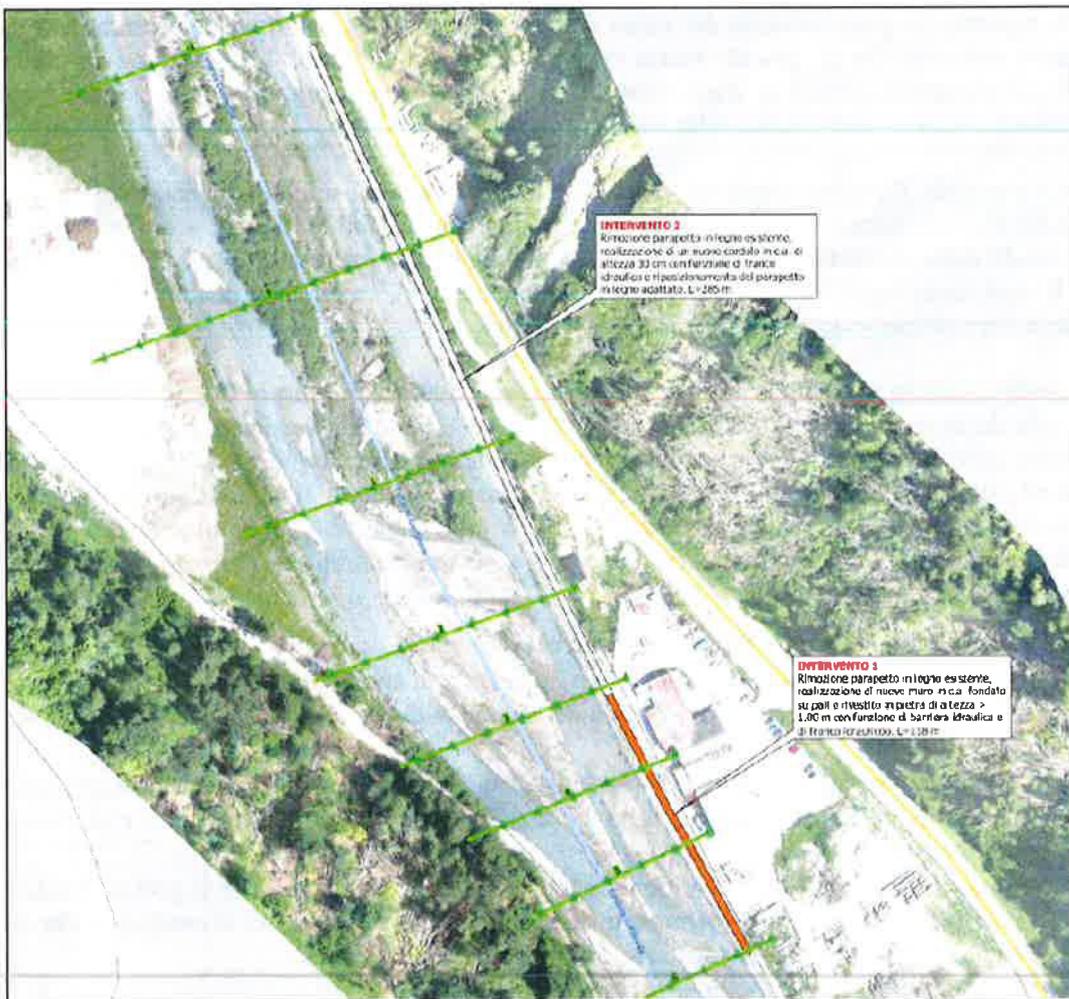


Figura 7 - Planimetria degli interventi previsti nell'ambito dei lavori di "Pulizia del Lago di Alleghe e realizzazione di un sistema di sicurezza in caso di piene"

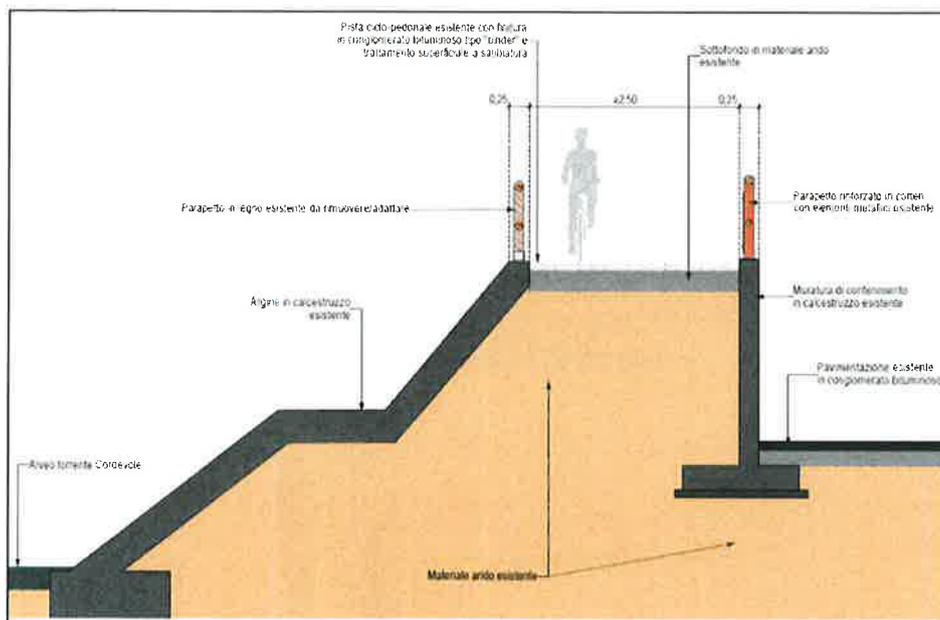


Figura 8 - Sezione tipo del tratto di argine in sinistra idraulica da adeguare

## Interventi previsti

### Intervento 1 – tra le sezioni 3 e 6

Allo stato attuale l'argine è costituito da un rilevato con sponda rivestita in calcestruzzo lato fiume e un muro di sostegno lato campagna. In testa all'argine passa la pista ciclopedonale esistente, recentemente realizzata, confinata da due parapetti in legno lato fiume, rinforzato in corten con elementi metallici lato campagna.

Si prevede di realizzare una nuova muratura in c.a. con rivestimento in pietra dello spessore di 25 cm di altezza  $\geq 1.00$  m. Il nuovo muro sarà fondato su un cordolo in cls 50 x 50 cm in cls con funzione di collegamento di una paratia di micropali di altezza 9 m (5m sotto il talweg). I micropali avranno diametro 160 mm e saranno disposti ad interasse di 1 m. L'armatura sarà di tipo tubolare  $\Phi 88,9$  mm e spessore 10 mm. Per effetto degli interventi previsti, si ottiene un franco idraulico sulla piena centenaria superiore al metro per tutto il tratto oggetto di rialzo.

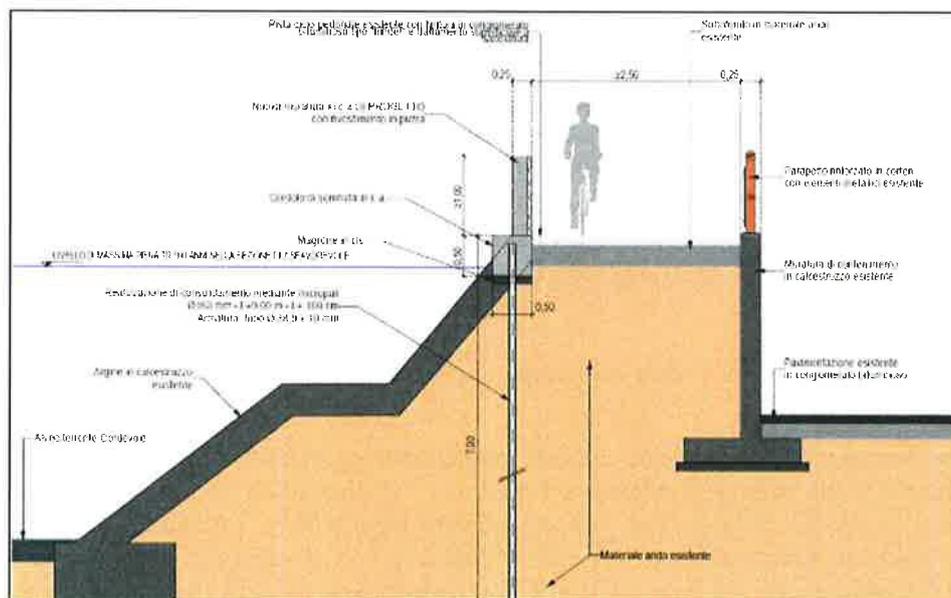


Figura 9 - Sezione tipo dell'intervento n.1



## Intervento 2 – tra le sezioni 0 e 3

Il tratto tra le sezioni 1 e 3 è caratterizzato da un franco sempre superiore ai 50 cm ma a tratti inferiore al metro. Si prevede pertanto una soluzione tesa al raggiungimento del franco di 1 m con una struttura di rialzo. Si prevede di rimuovere il parapetto di legno lato fiume lungo la pista ciclabile esistente e di realizzare un dado di fondazione in cls 30 x 30 cm, sul quale saranno realizzati gli alloggiamenti per riposizionare il parapetto adattato e ripristinare così la pista. Per effetto degli interventi previsti, si ottiene un franco idraulico sulla piena centenaria superiore al metro per tutto il tratto oggetto di rialzo.

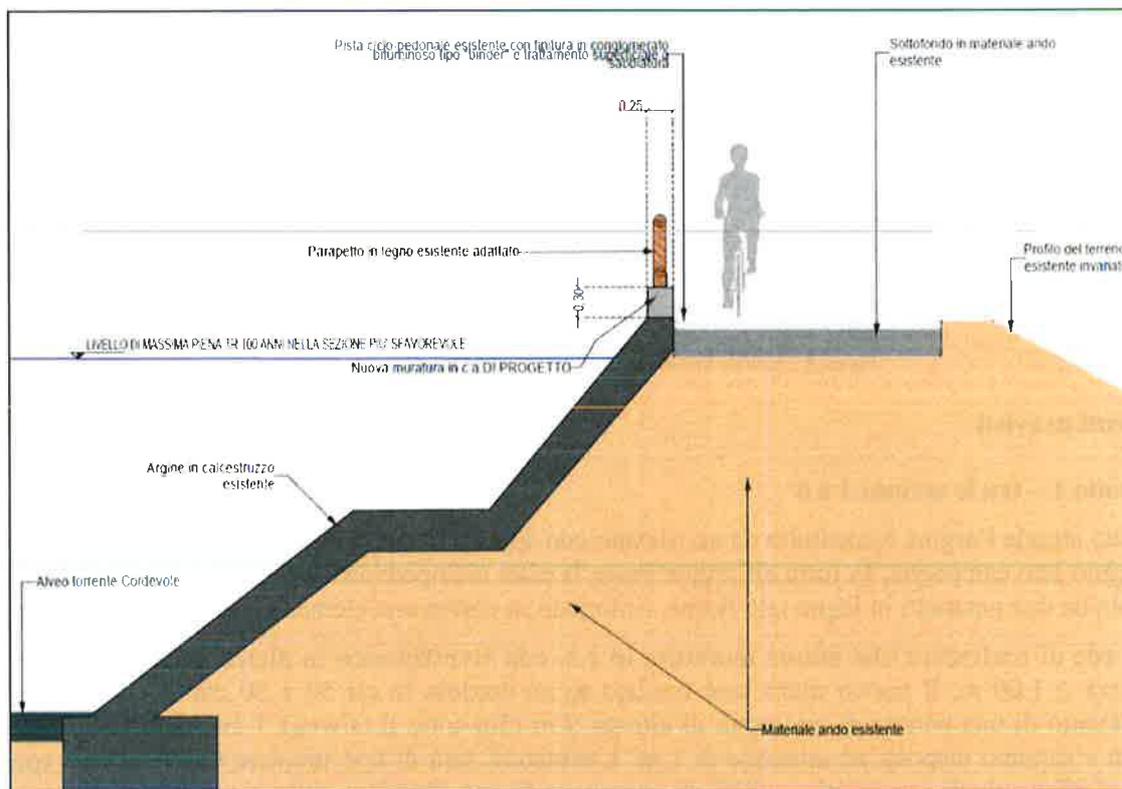


Figura 10 - Sezione tipo dell'intervento n.2

## Conclusioni

A seguito degli interventi strutturali in corso di realizzazione nell'ambito dei lavori di "Pulizia del Lago di Alleghe e realizzazione di un sistema di sicurezza in caso di piene", sulla base delle informazioni topografiche acquisite e delle analisi condotte, i professionisti incaricati giungono alla conclusione che la piena centenaria del torrente Cordevole, in realtà, non vada ad interessare le aree attualmente classificate nel grado di pericolosità idraulica P2, così come perimetrata nella Tavola 40 della Carta della Pericolosità Idraulica del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Idrografico del Fiume Piave dell'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali.

Alla luce delle analisi svolte per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni i professionisti citati in particolare ritengono che:

- Il modello bidimensionale a fondo mobile implementato approssima con sufficiente precisione il comportamento delle aree individuate nel PAI e si è dimostrato robusto, ovvero al variare delle condizioni al contorno imposte non si sono rilevate significative variazioni nell'area di interesse in termini di massimi tiranti attesi e velocità di deflusso, ciò permette di affermare che le condizioni idrauliche e morfologiche nel tratto in esame non risentono significativamente delle condizioni imposte al contorno, e comunque sono state considerate le ipotesi maggiormente cautelative;



- nel tratto di corso d'acqua adiacente alla zona interessata in cui si prevede l'innalzamento della quota del muro arginale (sezioni 0 – 6) il franco idraulico è superiore al metro rispetto alla piena con tempo di ritorno centennale in tutte le sezioni di controllo;
- nel tratto di corso d'acqua adiacente all'area interessata in cui non è previsto l'innalzamento della quota del muro arginale (sezioni 6 -13) il franco idraulico è superiore a 50 cm rispetto alla piena con tempo di ritorno centennale in tutte le sezioni di controllo.

Lo Studio API incaricato ha quindi fornito la valutazione delle nuove condizioni di pericolosità rappresentata nella Figura 11.

In considerazione, quindi, di quanto illustrato dallo Studio incaricato della proposta di nuova classificazione di pericolosità, anche derivata dai dati forniti dalla stessa Autorità di Distretto, e in relazione agli strumenti di verifica a disposizione della Direzione Difesa del Suolo e della Costa, si esprime parere favorevole alla richiesta di cui all'art.6 comma 3 – Punto B2 delle NdA del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Piave.

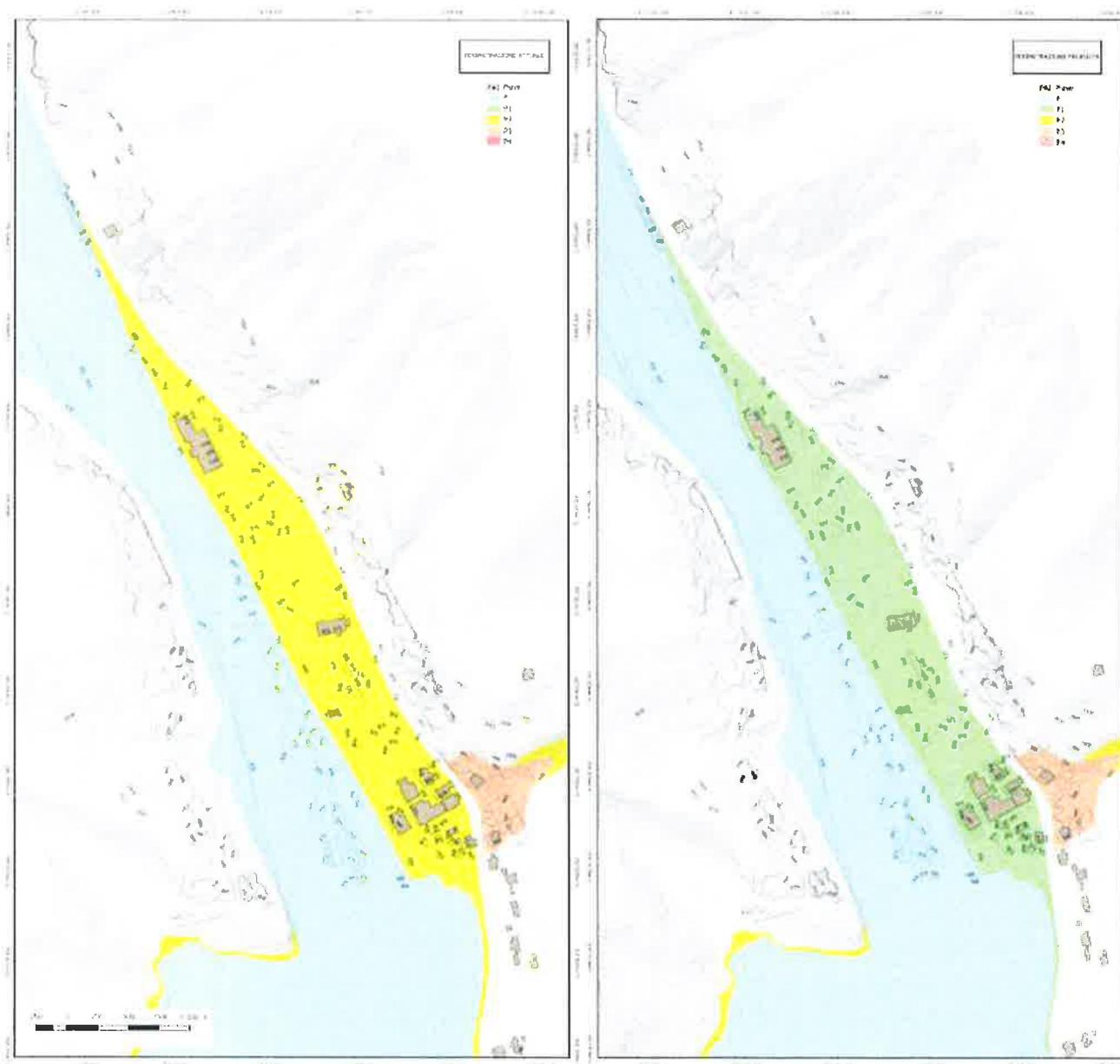


Figura 11 – Proposta di nuova perimetrazione