

COMUNE DI BONDONE



PROV. AUTONOMA DI TRENTO

Progetto

Progetto:

**VERIFICA DI PERICOLO IDRAULICO E DI
COMPATIBILITÀ IDRAULICA
IN RELAZIONE ALL'AGGIORNAMENTO DELLA RICHIE-
STA DI VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI BONDONE
(TN), IN CORRISPONDENZA DELLE PP. FF. 2370,
2369/1, 2369/2, 2368/2, 2368/1, 2367/1, 2367/2,
2366/1 E 2365 C.C. BONDONE -
AREA SOSTA CAMPER IDROLAND**

Committente:

Comune di Bondone
Via di Mezzo, n. 10, frazione Baitoni
38080 Bondone (TN)



Dok.-Nr.: Doc. n.:

KP-0010-r00

Proj.-Nr.: N. Prog.:

IN-21-1665.4

Relazione tecnica

4				
3				
2				
1				
0	Erstellung – Elaborazione	07.08.2023	EC	ML
Index/Indice	Planerstellung und Änderungen – Elaborazione tavola e modifiche	Datum/Data	Bearb./Elab.	Geprüft/Contr.

Der Planer / Il progettista

Dr. Ing. Rudi Bertagnolli



ingena

Ingenieurwesen | Geologie | Naturraumplanung
ingegneria | geologia | natura e pianificazione

Via del Macello, 57
Tel.: +39 0471 324750
e-mail: office@ingena.info

I – 39100 Bolzano
Fax.: +39 0471 051136
www.ingena.info

INDICE

1	Introduzione	3
2	Studio di pericolo idraulico	9
2.1	Valutazione del pericolo idraulico fluviale per il fiume Chiese.....	9
2.1.1	Descrizione del corso d'acqua.....	10
2.1.2	Dati storici, analisi degli eventi alluvionali e degli interventi di sistemazione idraulica.....	14
2.1.3	Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati.....	16
2.1.4	Relazione idraulica.....	17
2.1.4.1	Considerazioni modellistiche e definizione degli scenari di pericolo assunti.....	17
2.1.4.2	Dominio computazionale.....	17
2.1.4.3	Condizioni al contorno e parametri di input per le simulazioni idrauliche.....	18
2.1.4.4	Analisi idrologica per la stima degli idrogrammi del Torrente Palvico.....	19
2.1.4.5	Risultati delle simulazioni idrauliche.....	21
2.1.5	Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica.....	24
2.1.5.1	Zonazione definitiva del pericolo idraulico.....	25
2.2	Valutazione del pericolo idraulico lacuale per il Lago d'Idro.....	26
2.2.1	La regolazione del lago d'Idro allo stato di fatto.....	26
2.2.2	Analisi idraulica del lago.....	28
2.3	Risultati dell'analisi idraulica.....	30
2.4	Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica.....	35
3	Pericolo idraulico in corrispondenza dell'area di studio	38
4	Verifica di compatibilità idraulica – l.p. 5/2008	41
4.1	Misure di sicurezza e accorgimenti necessari.....	41
4.2	Ambiti fluviali di interesse idraulico – Art. 14.....	46
5	Conclusioni	48
6	Bibliografia	49



1 Introduzione

L'oggetto di questo studio riguarda la **verifica del pericolo idraulico**, ai sensi *dell'articolo 10 del l.p. 1 luglio 2001 n. 9*, e lo **studio di compatibilità idraulica**, ai sensi *delle Norme di Attuazione del PUP di Trento (Allegato B - l.p. n. 5 del 2008) e dell'art.15 comma 2 della l.p. n. 15 del 2015*, in relazione alla richiesta di variante al PRG del comune di Bondone (TN), in corrispondenza delle pp. ff. 2370, 2369/1, 2369/2, 2368/2, 2368/1, 2367/1, 2367/2, 2366/1 e 2365 C.C. Bondone.

L'areale è situato nei pressi dell'immissione del fiume Chiese nel lago di Idro nella parte orientale del territorio comunale di Bondone, al confine con la provincia di Brescia. La figura 1 e la figura 2 mostrano l'inquadramento generale dell'area oggetto di studio all'interno del territorio comunale di Bondone e in relazione al catasto.



figura 1: Inquadramento generale dell'area di studio, indicata in tratteggio nero, in relazione al territorio comunale, indicato in rosso.

La variante al PRG oggetto di studio di Bondone prevede il passaggio dell'area da

- Zona F2 verde e sport,
- Zona F3 viabilità ed infrastrutture
- Zona E agricole, forestali, incolte

a **F305 parcheggio destinato ad area attrezzata per la sosta camper**. La variante è inserita nel procedimento di approvazione del nuovo PRG del comune di Bondone.

L'areale attualmente è inquadrato all'interno della Carta della Pericolosità della Provincia Autonoma di Trento (figura 3 e figura 4) in area a penalità fluviale P3 derivante da fenomeni di esondazione del fiume Chiese (art.16 Norme di Attuazione al PUP – l.p. n.5 del 2008) e in area di penalità lacuale P3 derivante dal lago di Idro (art.16 Norme di Attuazione al PUP – l.p. n.5 del 2008). Le particelle, in quanto interessate da fenomeni di esondazione del fiume Chiese, sono inserite inoltre in area a tutela speciale AFI – ambiti fluviali di interesse idraulico dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) regolate dall'art. 14 delle Norme di Attuazione al PUP – l.p. n.5 del 2008 (figura 5).



figura 2: Inquadramento dell'area di studio in relazione al catasto.

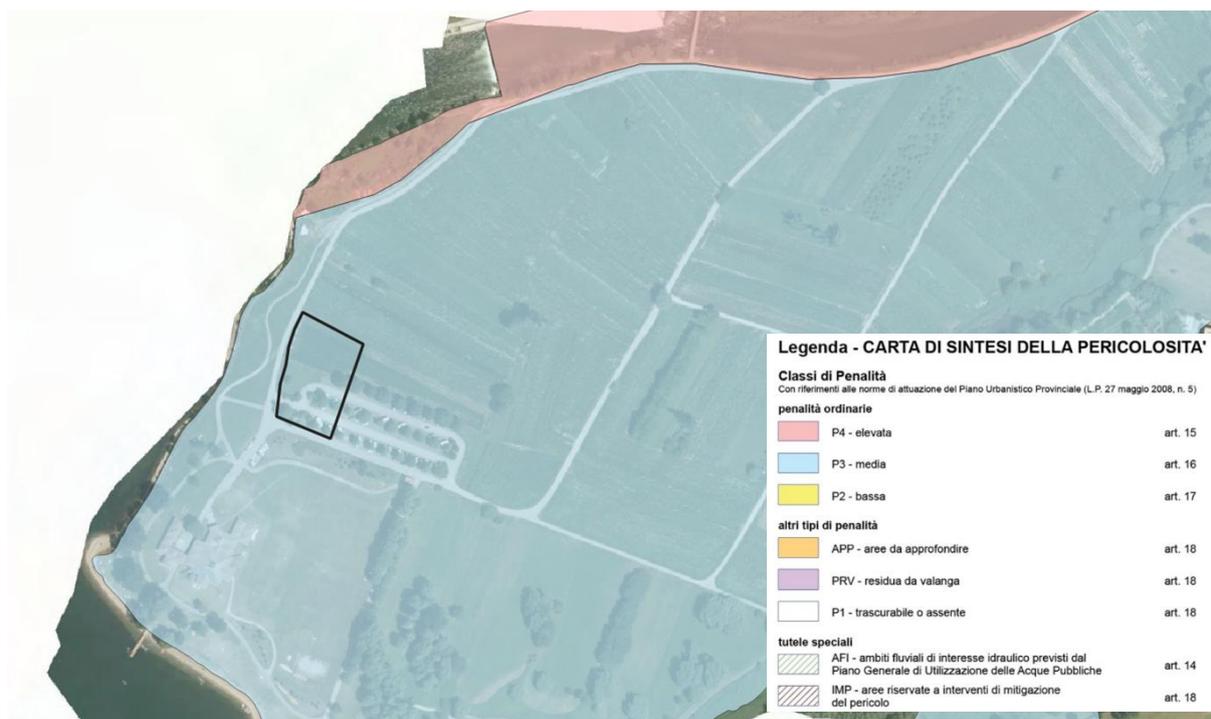


figura 3: Estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità. Pericolosità fluviale – fiume Chiese.

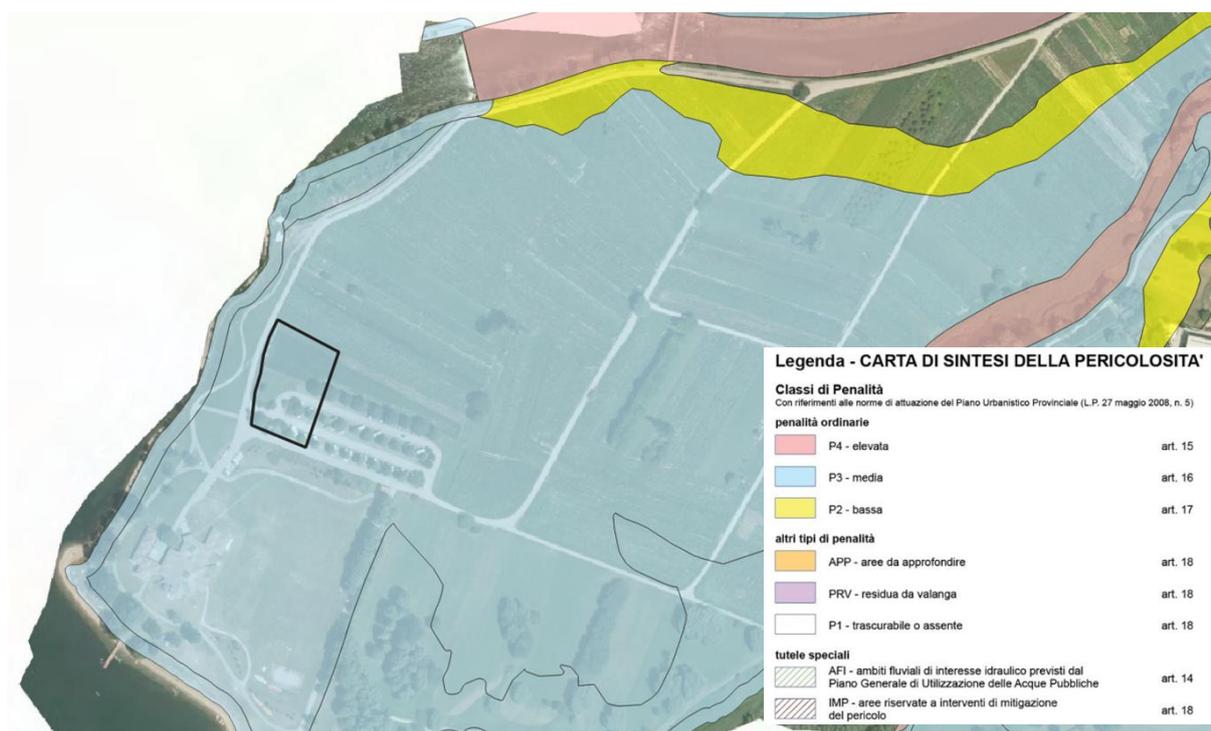


figura 4: Estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità. Pericolosità lacuale – lago di Idro.

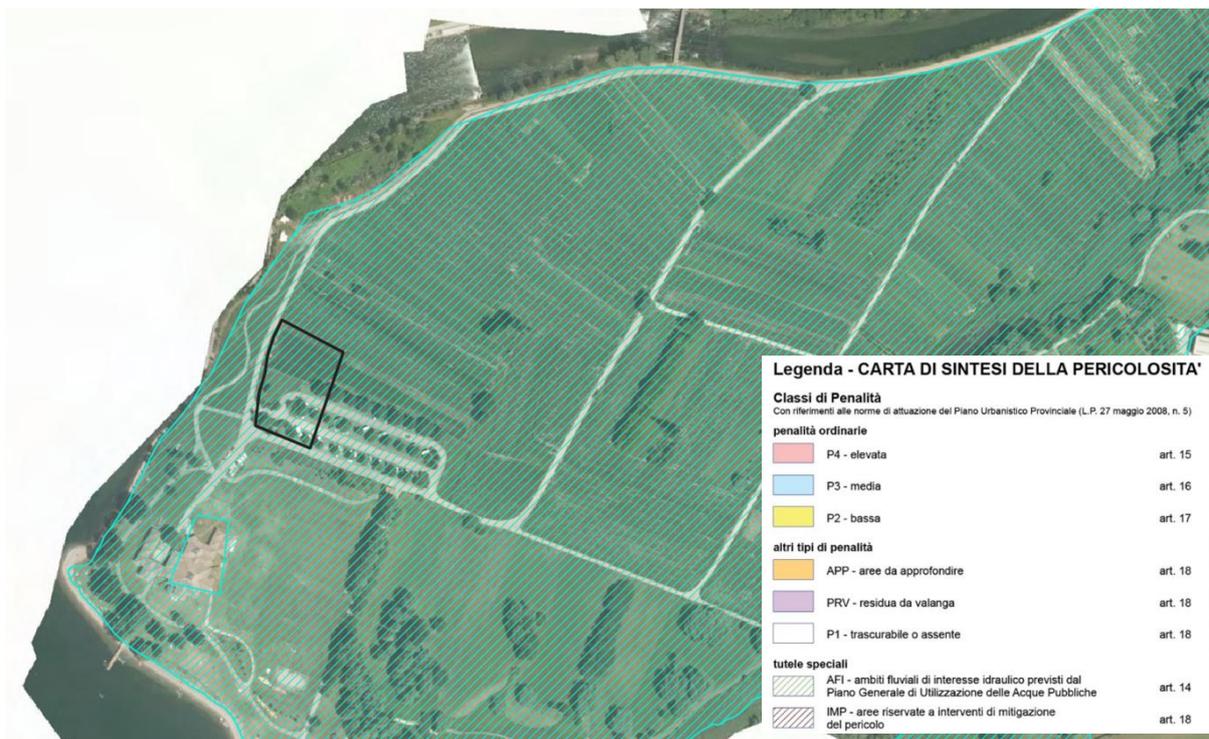


figura 5: Estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità. Ambito fluviali.

Il territorio comunale di Bondone è stato oggetto di un'analisi dei pericoli idraulici esistenti al fine di caratterizzare in maniera approfondita i processi idraulici ed elaborare la zonazione definitiva della pericolosità in relazione alla variante al PRG comunale ("**Approfondimento della verifica dei pericoli idraulici all'interno del territorio comunale di Bondone**" - Studio **ingena**, maggio 2022). Lo studio di aggiornamento della carta della pericolosità è stato condotto in collaborazione con il servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento.

Il suddetto studio ha approfondito l'analisi dei seguenti pericoli idraulici (figura 6):

- rio Olte: processo di trasporto solido;
- rio Laf (fossa del Rio Morbio): processo di trasporto solido nel tratto torrentizio e di piena liquida nel tratto canalizzato a fondo valle;
- rio Val Pesena: processo di trasporto di massa;
- fiume Chiese: processo di piena liquida;
- lago di Idro: processo di esondazione.

I risultati delle analisi idrauliche effettuate hanno condotto ad una differente classificazione della pericolosità e delle penalità nell'area di studio sulla base della quale nel presente lavoro verrà effettuato un nuovo studio di compatibilità.



figura 6: Inquadramento dei pericoli idraulici presenti nel territorio comunale di Bondone.

In figura 7 si riporta la carta della pericolosità derivante da tale studio. Dall'immagine si evince che le particelle di studio si trovano in un'area a penalità idraulica media P3 corrispondente ad una zona di pericolo idraulico medio H3 derivante da eventi di esondazione del lago di Idro (figura 8) e solo in minima parte in un'area di esondazione torrentizia del fiume Chiese (figura 9) e quindi in area di ambito fluviale (AFI).

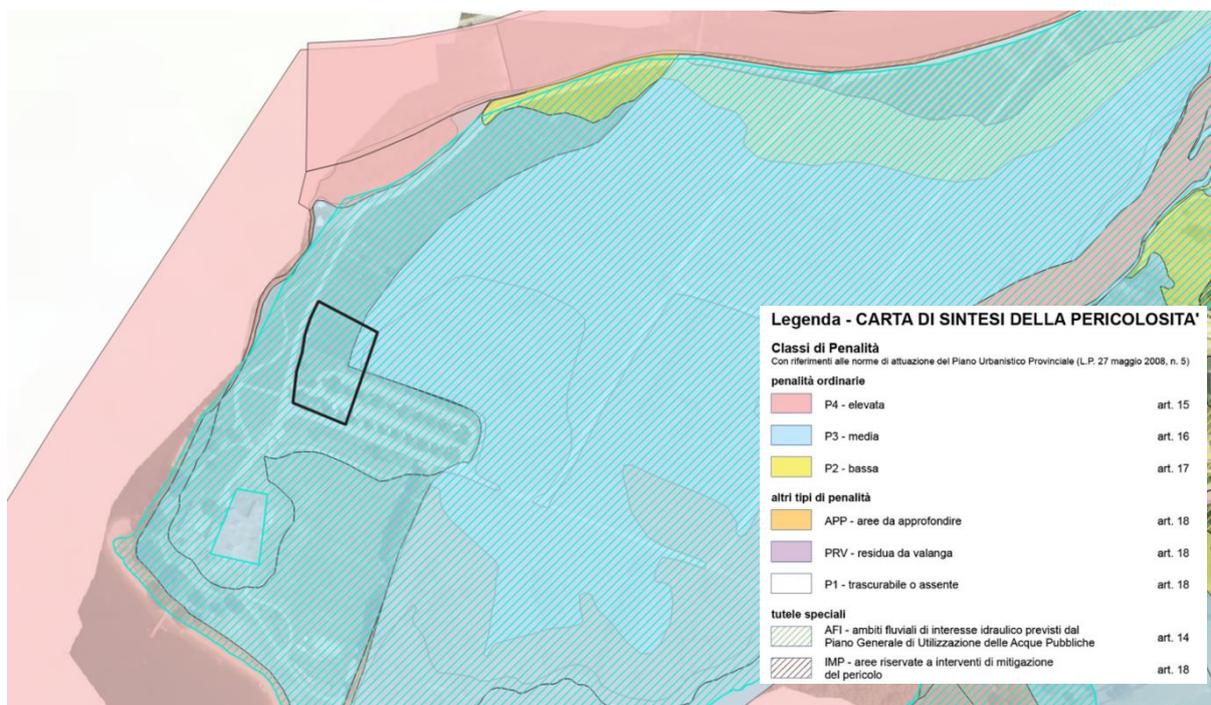


figura 7: Estratto della carta delle penalità aggiornata in prossimità della p. ed. 381 C. C. Bondone.

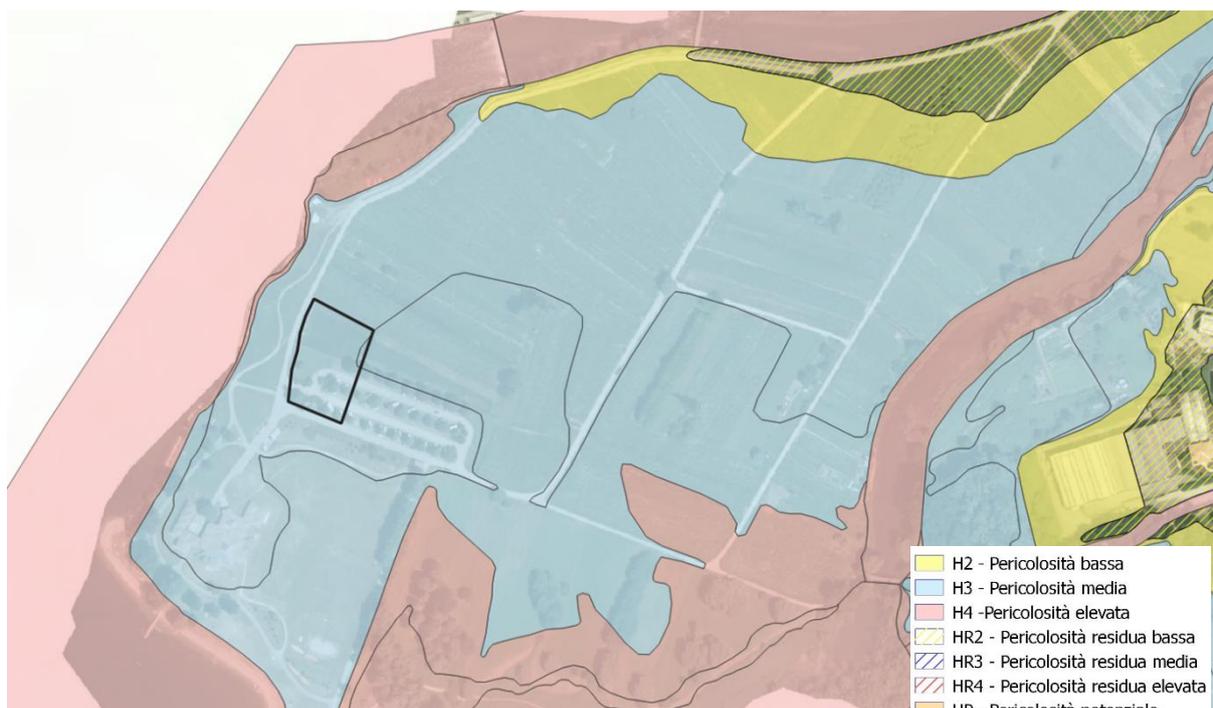


figura 8: Estratto della carta delle pericolosità aggiornata per il lago di Idro in prossimità della nuova area per la sosta camper – Idroland.

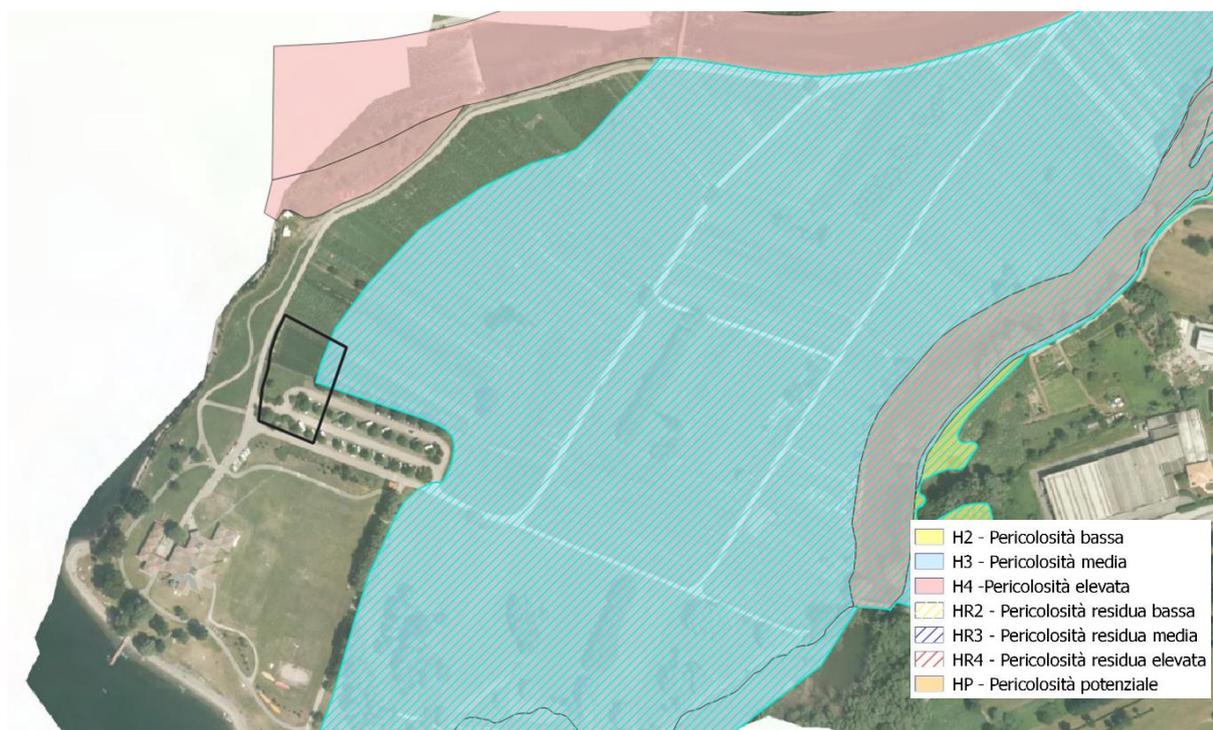


figura 9: Estratto della carta delle pericolosità aggiornata per il fiume Chiese in prossimità della nuova area per la sosta camper – Idroland.

2 Studio di pericolo idraulico

Nel presente capitolo si riporta un estratto dello studio di pericolo “*Approfondimento della verifica dei pericoli idraulici all’interno del territorio comunale di Bondone*” per i pericoli idraulici connessi con l’area di studio, in particolare, per il lago di Idro e per il fiume Chiese, dai quali deriva la zona di pericolo H3.

2.1 Valutazione del pericolo idraulico fluviale per il fiume Chiese

Il fiume Chiese nasce nel Gruppo dell’Adamello, più precisamente dal monte Fumo in Trentino, e percorre le valli di Fumo e di Daone formando i laghi artificiali di Bissina e di Boazzo. A Pieve di Bono entra nella Valle del Chiese che appartiene alle Valli Giudicarie Inferiori accogliendo le acque del torrente Adanà. Più a sud si getta nel lago di Idro nei pressi di Baitoni (comune di Bondone) entrando in Lombardia (Provincia di Brescia).

Il suo bacino imbrifero in provincia di Trento si estende per circa 390 km², con quota massima di 3402 m s.l.m. e minima di 370 m.s.l.m (figura 10). Il bacino imbrifero del Chiese è ricchissimo di acque: si contano oltre 60 affluenti e subaffluenti (rii), 14 laghetti naturali più i 3 bacini artificiali a scopo idroelettrico, ed ancora centinaia di sorgenti di cui 45 inserite negli elenchi ufficiali.

Per l’utilizzazione a scopo di produzione di energia idroelettrica delle acque del bacino dell’Alto Chiese, a monte del Lago di Idro sono stati realizzati tre impianti principali che si sviluppano tra quota 1788 e 390 m s.l.m., con tre centrali alimentate da quattro serbatoi di cui due stagionali (Bissina e Boazzo) con una capacità complessiva utile di invaso di circa 72.000.000 di metri cubi. La prima centrale, denominata di Malga Boazzo, in Comune di Daone, utilizza le portate regolate dal serbatoio stagionale di Malga Bissina della capacità utile di circa 60.000.000 m³ su un salto di 560 m. La seconda centrale, denominata di Cimego, in Comune di Pieve di Bono, utilizza le portate regolate dal serbatoio stagionale di Malga Boazzo della capacità utile di circa 12.000.000 m³ su un salto di 738 m. La terza centrale, denominata di Storo, in Comune di Storo, utilizza le portate regolate dal serbatoio giornaliero di Cimego, della capacità utile di 267.000 m³ su un salto di 95 m.

Per il presente lavoro si è analizzato l’ultimo tratto del Fiume Chiese per una lunghezza di circa 5.5 km, compreso tra il tratto a valle dell’immissione del Rio Bianco nel comune di Storo fino all’immissione nel lago d’Idro nel comune di Bondone.

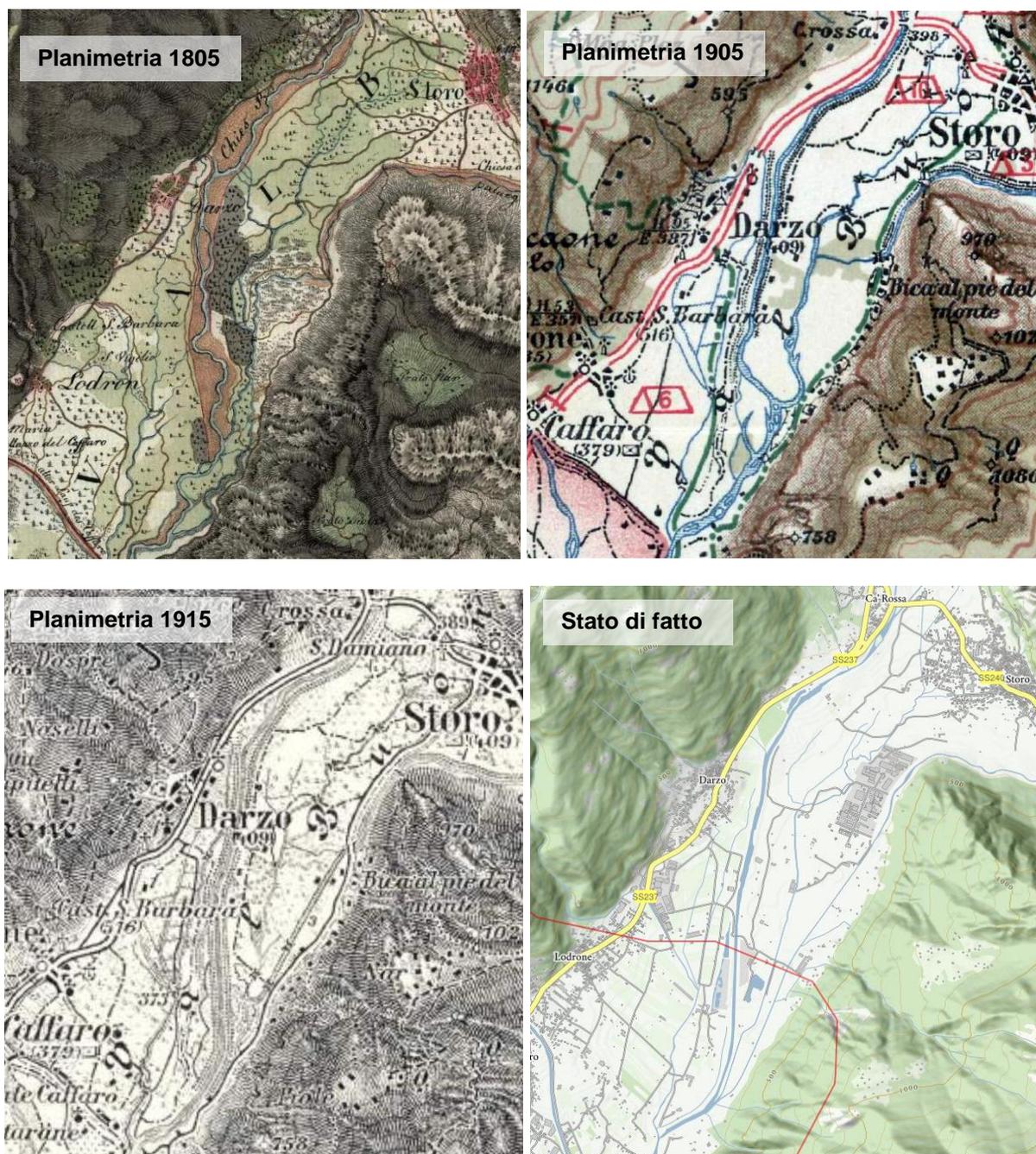


figura 11: Confronto tra la cartografia storica del 1805 (in alto a sinistra), del 1905 (in alto a destra), del 1915 (in basso a sinistra) e dello stato di fatto (in basso a destra) per il tratto del Fiume Chiese compreso tra Cà Rossa e la confluenza con il Torrente Palvico (fonte: Historische Karten Tirol).

Nell'carta del 1805 si può osservare come il Fiume Chiese all'epoca non era ancora regimato, ma seguiva un tracciato pressoché naturale con la formazione di meandri ed un importante corridoio fluviale al centro della valle nel tratto compreso tra il centro edificato di Darzo e l'immissione del torrente Palvico. Anche nel tratto a valle della confluenza, sebbene il tracciato non si discostasse molto da quello attuale, si può notare che il fiume non era regimato e attraversava le campagne con un andamento meandriforme. La carta del 1905 mostra ancora un carattere naturale nei corsi d'acqua che attraversano la piana alluvionale della Valle del Chiese.

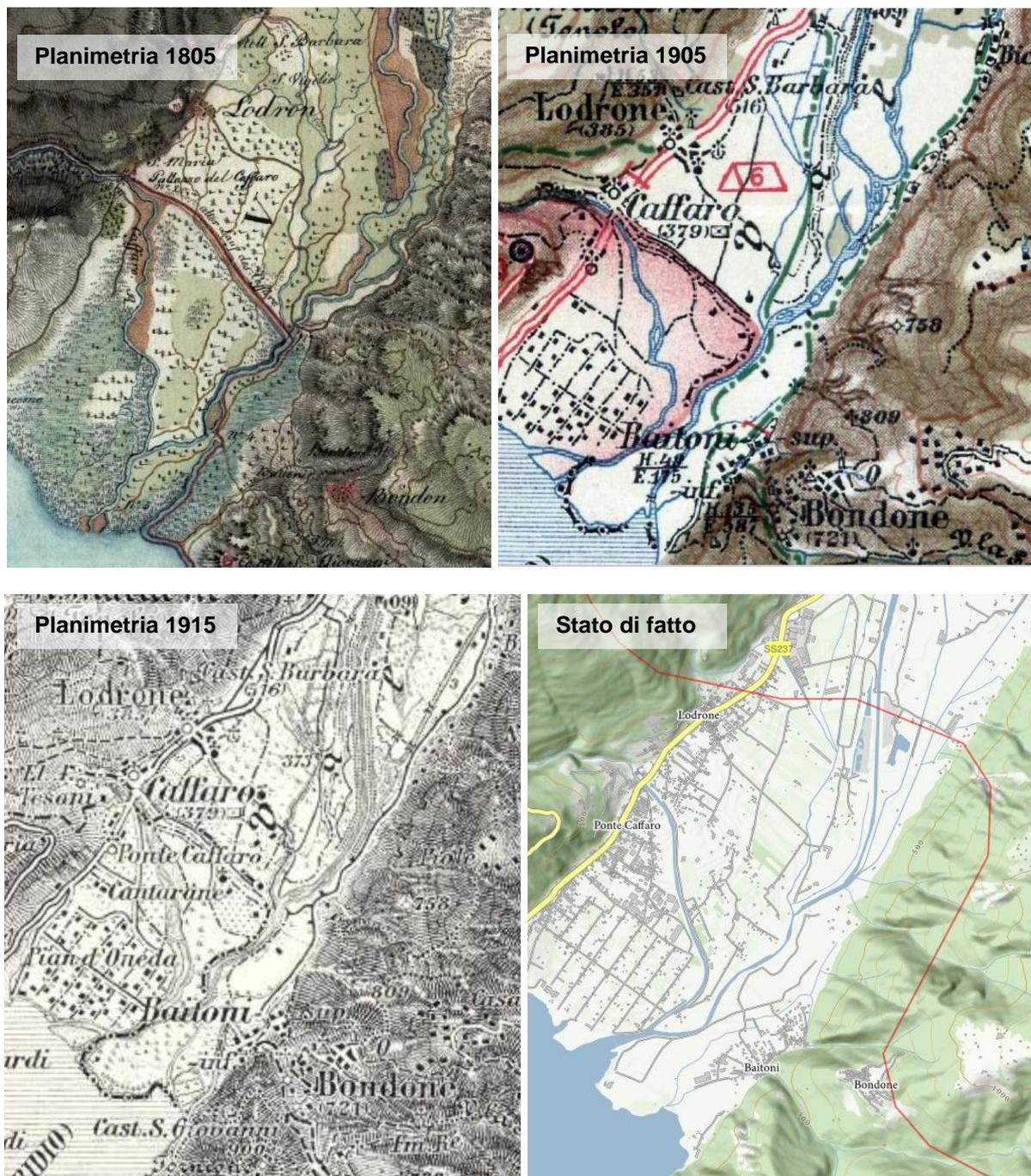


figura 12: Confronto tra la cartografia storica del 1805 (in alto a sinistra), del 1905 (in alto a destra), del 1915 (in basso a sinistra) e dello stato di fatto (in basso a destra) per il tratto del Fiume Chiese compreso tra la confluenza con il Torrente Palvico e l'immissione nel Lago d'Idro (fonte: Historische Karten Tirol).

Da questa carta emerge inoltre la complessità del reticolo idrografico che attraversa la piana alluvionale. Dal confronto con la carta del 1805 si può notare infine che l'assetto dei corsi d'acqua nel tratto a valle di Storo è stato modificato negli anni dell'800.

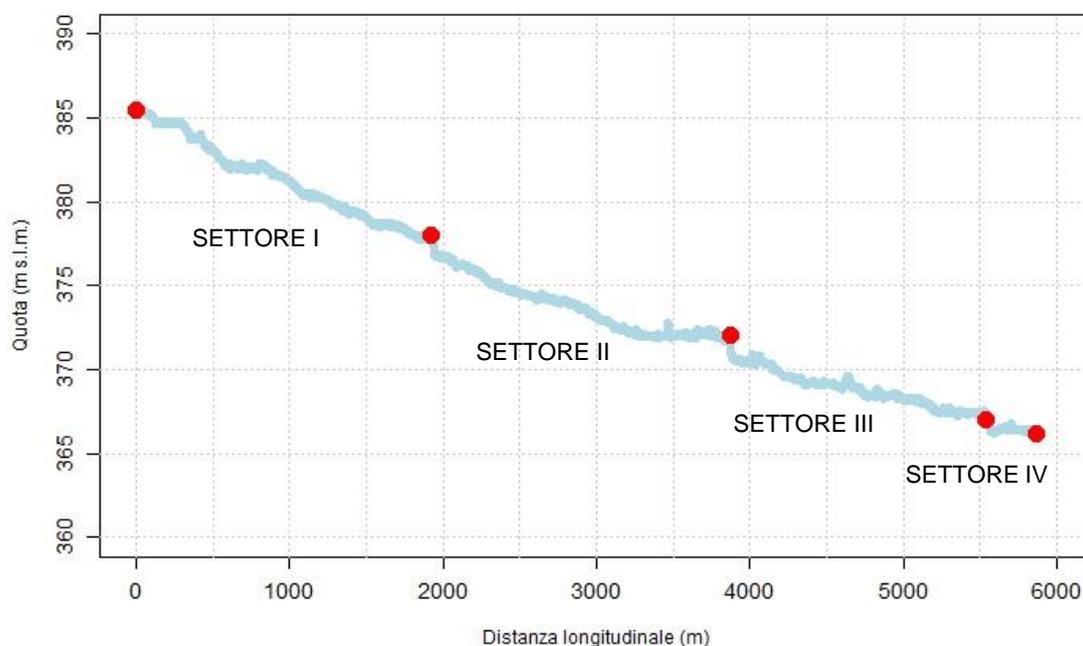
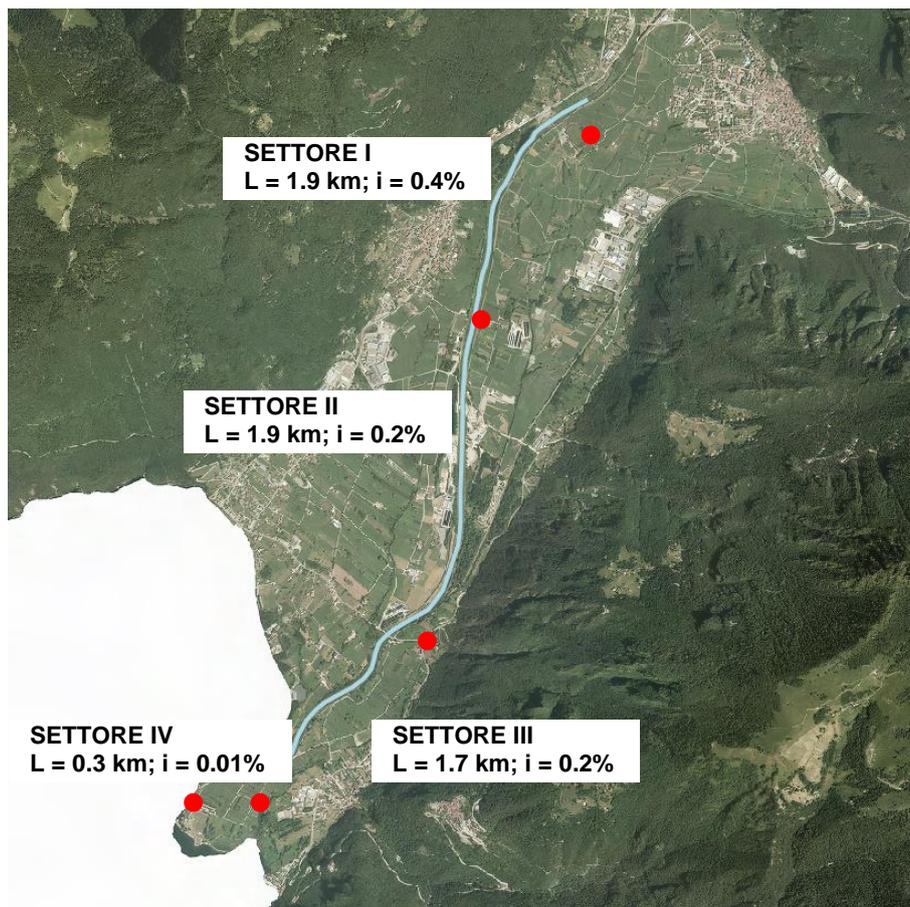


figura 13: Vista planimetrica su ortofoto 2015 e profilo longitudinale del tratto analizzato del fiume Chiese, con indicazione dei diversi settori morfologici.

Il Fiume Chiese iniziava infatti ad essere regimato: nella carta del 1905 si può osservare un'arginatura continua lungo la sponda sinistra fino a valle di Darzo ed un tratto in sponda destra tra Darzo e la confluenza con il torrente Palvico. Il torrente Palvico in questa cartografia viene deviato nel rio Lora già

a valle di Storo e non va a confluire direttamente nel Fiume Chiese. L'immissione di quest'ultimo nel lago d'Idro avviene infine con l'aggiunta di un nuovo ramo che sfocia più ad ovest rispetto a quello iniziale. Nella carta del 1915 si può infine osservare come l'argine in sponda destra è stato esteso fino al settore compreso tra l'immissione del torrente Palvico ed il ponte dei Tedeschi. Anche il torrente Palvico in questa carta si presenta regimato nel tratto compreso tra il ponte a valle di Storo e l'immissione nel fiume Chiese che però non si presentava ancora ben definita come la osserviamo ai giorni nostri. Il corso a valle del ponte dei Tedeschi non era stato ancora regimato.

Il tratto del Fiume Chiese analizzato nel presente studio e compreso tra la sezione a valle dell'immissione del Rio Bianco nel comune di Storo e l'immissione nel lago d'Idro è caratterizzato da una lunghezza complessiva di circa 5.9 km, un dislivello di 19.3 m ed una pendenza media dello 0.3%.

Dal punto di vista morfologico, il corso d'acqua è stato suddiviso nei 4 settori evidenziati in figura 13.

2.1.2 Dati storici, analisi degli eventi alluvionali e degli interventi di sistemazione idraulica

Il tratto del Fiume Chiese compreso tra la località Cà Rossa nel comune di Storo e l'immissione nel Lago d'Idro è stato interessato in passato da numerosi eventi di dissesto ed alluvionamento che nel corso degli anni hanno portato alla realizzazione delle difese arginali presenti su entrambe le sponde del corso d'acqua. Le fonti storiche riportano di una serie ravvicinata di inondazioni nel triennio 1756 – 1758 che crearono nella piana un lungo e navigabile lago e resero incolto un quarto dei terreni coltivati. Altre inondazioni si verificarono negli anni 1789, 1850, 1882 e 1906. In seguito a queste alluvioni venne intrapreso un progetto organico e sistematico di realizzazione di arginature lungo tutto il tratto terminale del Fiume Chiese. Questi non risultarono comunque sufficienti a garantire la sicurezza per gli eventi di piena che si verificarono negli anni successivi che si manifestarono con allagamenti che causarono gravi danni alle zone coltivate. In tabella 1 e tabella 2 vengono sintetizzati gli eventi storici di dissesto ed alluvionamento che hanno interessato il tratto in esame del Fiume Chiese estrapolati dall'*Archivio Storico online degli Eventi Calamitosi della Provincia Autonoma di Trento (Progetto ARCA)*.

Torrente	Codice Evento	Comune	Tipo di Evento	Data	Zone colpite / Danni
Fiume Chiese	15814	Storo	Alluvione	10/1761	
Fiume Chiese	8439	Storo	Alluvione	1772	
Fiume Chiese	12923	Storo	Alluvione	10/10/1882	Allagamento delle campagne nel comune di Storo.
Fiume Chiese	15218, 16843	Storo, Bondone	Alluvione	18/02/1885	Danni ad argini e campagne in sponda destra in prossimità della zona di Cà Rossa. Gravi danni al ponte dei Tedeschi.
Fiume Chiese	16844	Storo	Alluvione	10/10/1889	Danni agli argini ed al centro abitato
Fiume Chiese	10987	Storo, Bondone	Alluvione	1894	Danni al Ponte dei Tedeschi

tabella 1: Eventi storici di dissesto nel tratto del Fiume Chiese analizzato nel presente studio. Sezione 1 di 2.



Fiume Chiese	2041	Storo	Alluvione	19/09/1960	Sormonto e rottura dell'argine destro a valle dell'abitato di Darzo con allagamento di tutto il Pian D'Oneda. Danni a strade, campi, allagamento di case
Fiume Chiese	10988, 15220	Storo	Alluvione	07/11/1906	Danneggiamento e rottura degli argini vecchi e nuovi e allagamento delle campagne circostanti.
Fiume Chiese	15222	Storo	Alluvione	1907	Danni all'argine destro nei pressi dell'abitato di Darzo
Fiume Chiese	15223	Storo	Alluvione	1926	Straripamento delle acque nelle campagne in sponda sinistra
Fiume Chiese	10983	Storo	Alluvione	25/09/1927	Esondazione del fiume tra Condino e Darzo con allagamento di 400 mdella strada del Caffaro.
Fiume Chiese	207, 213	Storo	Alluvione	23/10/1928	Esondazione del fiume in alcune località verso Cà Rossa con allagamento delle campagne per circa 1 km.
Fiume Chiese	249, 251, 252	Storo	Alluvione	01/11/1928	Esondazione del fiume Chiese nei pressi di Darzo con allagamento delle campagne. A valle del paese di Darzo il fiume si è allargato di 450 m allagando tutta la campagna di Storo.
Fiume Chiese			Alluvione	1931	Straripamento delle acque nelle campagne in sponda sinistra
Fiume Chiese	350	Storo	Alluvione	05/10/1935	Straripamento del fiume Chiese in diversi punti. Allagamento delle campagne nelle vicinanze di Cà Rossa.
Fiume Chiese	23382	Storo	Alluvione	20/09/1937	Danni a prati e pascoli in sponda sinistra a valle del ponte a Cà Rossa.
Fiume Chiese	10989, 10987	Storo, Bondone	Allagamento	27/09/1942	Danni all'argine sinistro nel comune di Storo nel tratto a valle del ponte dei Tedeschi fino alla foce nel lago d'Ildro e asportazione del ponte dei Tedeschi
Fiume Chiese	2359	Bondone	Allagamento	12/11/1951	Danni alle arginature e allagamento delle campagne.
Fiume Chiese	702	Storo	Allagamento	17/10/1953	Danni nei pressi di Darzo dove i lavori di arginatura sono in corso.
Fiume Chiese	1403	Storo, Bondone	Alluvione	16/09/1960	Abbattimento di un'arcata lunga 20 m del ponte dei Tedeschi. Allagamento delle campagne nella zona di Lodrone di Storo e distruzione di diversi casolari adibiti a deposito per il fieno.
Fiume Chiese	14862	Storo	Alluvione	02/09/1965	Danni alle opere di difesa.
Fiume Chiese	10978	Storo, Bondone	Frana	04/11/1966	Danni agli argini ed alle opere di sistemazione idraulica. In particolare, all'argine destro a valle del Ponte di Cà Rossa ed in località Darzo ed alle scogliere a monte e a valle del ponte dei Tedeschi.
Fiume Chiese	6038	Storo	Alluvione	03/10/1976	Esondazione in località Cà Rossa.
Fiume Chiese	10921	Bondone	Alluvione	03/10/1993	Danni alle opere idrauliche: erosione delle due briglie a monte e a valle del ponte dei Tedeschi.

tabella 2: Eventi storici di dissesto nel tratto del Fiume Chiese analizzato nel presente studio. Sezione 2 di 2.

2.1.3 Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati

I rilievi topografici lungo il Fiume Chiese, finalizzati principalmente alla verifica delle principali caratteristiche geometriche dell'alveo ed al confronto con il DTM fornito dalla Provincia Autonoma di Trento, sono stati effettuati nel novembre 2021 e nel marzo del 2022. Le misure sono state acquisite tramite un ricevitore GNSS (Stonex S900A) ed utilizzando tecniche di misurazione tradizionali (rotella metrica, metro rigido e distanziometro laser).

Durante la fase di rilievo si sono inoltre verificate le dimensioni dei ponti e delle opere idrauliche di interesse per le modellazioni idrauliche e si è verificata la correttezza del modello digitale del terreno. Tutti i rilievi effettuati sono stati confrontati con il DEM messo a disposizione dalla provincia. Laddove si sono riscontrate delle discrepanze rispetto ai rilievi effettuati, il modello digitale del terreno è stato opportunamente modificato ed aggiornato ai fini delle successive simulazioni idrauliche. In figura 14 sono riportati i punti topografici che sono stati rilevati lungo il Fiume Chiese, oltre ai punti in cui sono state acquisite le fotografie. Tutti i dati collezionati sono stati utilizzati per la preparazione dei parametri di input per le modellazioni idrauliche riportate nei successivi paragrafi.

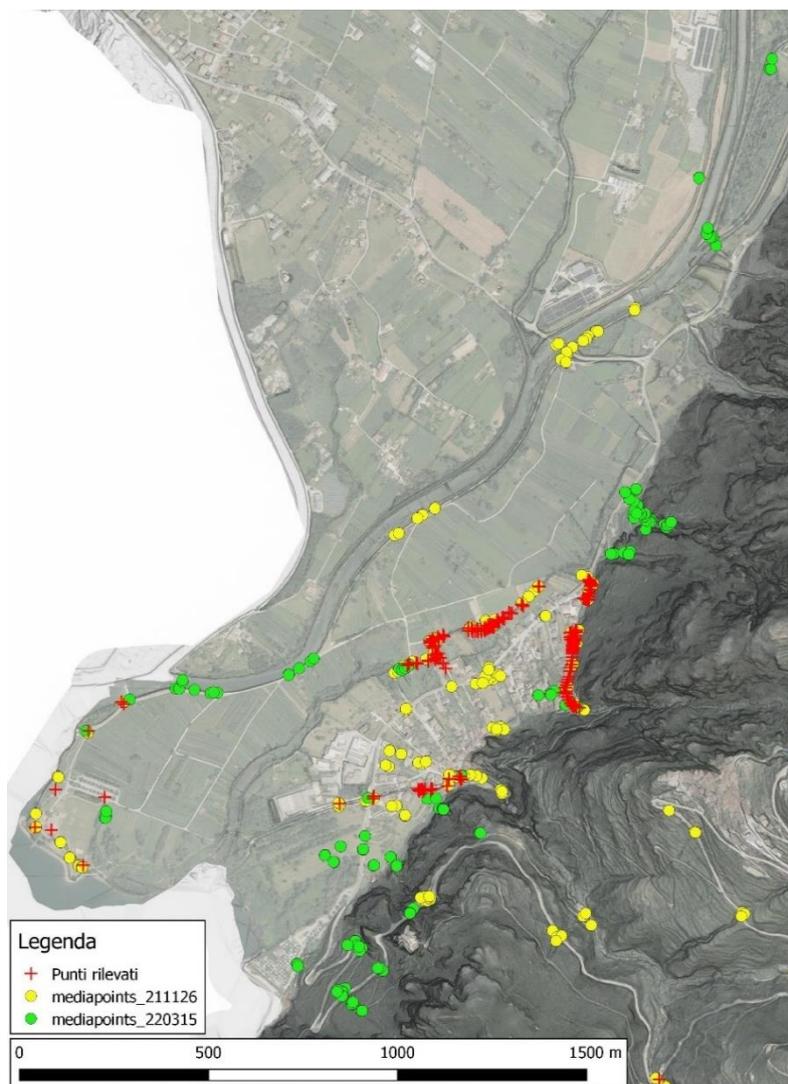


figura 14: Planimetria con indicazione della geo-localizzazione dei punti rilevati e delle fotografie acquisite.

2.1.4 Relazione idraulica

2.1.4.1 Considerazioni modellistiche e definizione degli scenari di pericolo assunti

L'analisi idraulica del Fiume Chiese è stata fatta per il tratto terminale del corso d'acqua compreso tra la sezione a valle dell'immissione del Rio Bianco nel Comune di Storo e l'immissione nel lago d'Idro, per una lunghezza complessiva di circa 5.9 km. Le simulazioni idrauliche sono state effettuate mediante modellazioni idrauliche bidimensionali a fondo fisso con l'utilizzo del software BASEMENT considerando il processo prevalente di alluvionamento in acqua chiara.

Le modellazioni idrauliche sono state svolte per i tre scenari ordinari (eventi con tempo di ritorno di 30, 100 e 200 anni) considerando non ostruiti i ponti presenti lungo il tratto analizzato. Le simulazioni sono inoltre state condotte considerando anche l'apporto delle portate liquide del Torrente Palvico. Le simulazioni idrauliche sono state pertanto eseguite assegnando come condizione al contorno per il Fiume Chiese gli idrogrammi corrispondenti ai tre tempi di ritorno considerati (30, 100 e 200 anni), mentre per il Torrente Palvico è stato sempre assegnato in ingresso l'idrogramma con tempo di ritorno di 30 anni. Si è scelta questa combinazione degli idrogrammi in ingresso, in modo da analizzare gli eventi di piena determinati da fenomeni intensi del Fiume Chiese senza trascurare gli apporti aggiuntivi di piena liquida che vengono immessi dal Torrente Palvico poco a monte del confine nord del territorio comunale di Bondone. Maggiori dettagli sugli idrogrammi assegnati in ingresso sono riportati al paragrafo 2.1.4.3.

2.1.4.2 Dominio computazionale

In figura 15 è riportato il dominio di calcolo utilizzato nelle modellazioni effettuate per le verifiche idrauliche del Fiume Chiese con il software BASEMENT. Il dominio è costituito da elementi triangolari con dimensione massima delle celle variabile: $2 \text{ m}^2 - 5 \text{ m}^2$ per le zone all'interno dell'alveo e sulle sponde del Fiume Chiese; $20 \text{ m}^2 - 30 \text{ m}^2$ per le zone esterne al corso d'acqua ma che possono essere raggiunte dalle esondazioni; $50 \text{ m}^2 - 200 \text{ m}^2$ per le zone più distanti dal corso d'acqua, dove non si verificano allagamenti o nei settori in destra idrografica e all'esterno dei confini comunali di Bondone. Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza, sono stati assegnati i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Strickler: $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo del Fiume Chiese, $33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo del Torrente Palvico sistemato con il cunettone, $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per zone di sponda molto vegetate con piante e cespugli, $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per zone di sponda con erba, $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree urbanizzate, $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree prative e ad uso seminativo, $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree boscate e $50 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le strade. All'interno del dominio di calcolo è stato inoltre inserito l'ingombro degli edifici. Le quote assegnate alle maglie di calcolo sono state interpolate a partire dal modello digitale del terreno con una risoluzione di 0.5 m (LiDAR 2014) fornito dalla Provincia Autonoma di Trento integrato con le misure effettuate in occasione del rilievo. In particolare, il DTM è stato modificato con l'inserimento dei muretti di sponda lungo l'alveo del Torrente Palvico.

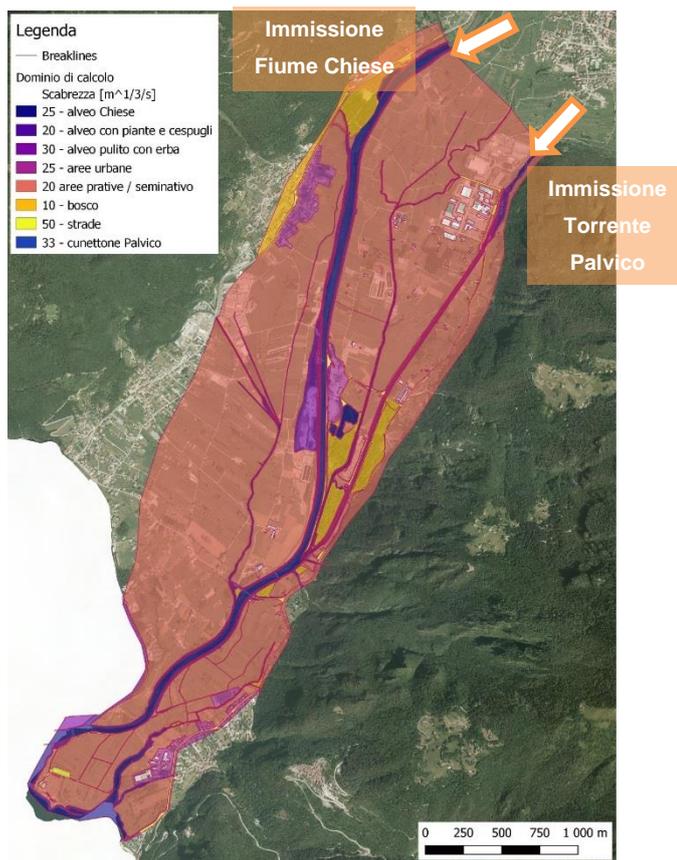


figura 15: Dominio computazionale per le modellazioni idrauliche effettuate con il software BASEMENT. Le linee delimitano i diversi settori caratterizzati da diversi valori di dimensione delle maglie, di scabrezza o da discontinuità altimetriche.

2.1.4.3 Condizioni al contorno e parametri di input per le simulazioni idrauliche

La stima delle condizioni di monte per le simulazioni numeriche (i.e. la condizione nella sezione d'ingresso nel dominio di calcolo) viene fatta assumendo che il moto sia uniforme e unidimensionale. In particolare, la condizione al contorno assegnata alla sezione di ingresso è rappresentata dagli idrogrammi liquidi per il Fiume Chiese ed il Torrente Palvico. Le condizioni sul contorno di valle (i lati in uscita dal dominio computazionale) sono invece imposte uguagliando i flussi in uscita dalla generica cella con quelli valutati nella cella subito a monte. In tal modo si simula una condizione di libero deflusso per gli apporti idrici provenienti da monte.

Per gli idrogrammi da assegnare in ingresso al Fiume Chiese si è fatto riferimento ai valori di portata liquida di picco con tempo di ritorno di 100 e 200 anni derivati da uno studio per le verifiche idrauliche della passerella di Storo, effettuato dallo studio associato *nexus* di Storo. Il valore della portata di picco corrispondente al tempo di ritorno di 30 anni è stato invece ricavato per analogia con i valori degli altri due tempi di ritorno. La tabella 3 riporta i valori delle portate di picco utilizzati in questo studio.

$T_R = 30\text{anni}$	$Q_p = 420 \text{ m}^3/\text{s}$
$T_R = 100\text{anni}$	$Q_p = 512 \text{ m}^3/\text{s}$
$T_R = 200\text{anni}$	$Q_p = 550 \text{ m}^3/\text{s}$

tabella 3: Valori delle portate di picco sul Fiume Chiese per gli eventi $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

Gli idrogrammi liquidi per l'intera onda di piena relativa ai tre tempi di ritorno analizzati erano stati forniti alla ditta scrivente dal Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento nel 2014 per delle verifiche idrauliche del fiume Chiese nel tratto in località Cà Rossa. Questi idrogrammi erano stati calcolati mediante il modello idrologico distribuito implementato nel software GIS open-source AdB-Toolbox. Rispetto ai valori di portata riportati in tabella 3, il modello idrologico restituiva valori di portata di picco inferiori (350 m³/s contro 420 m³/s per $T_R = 30$ anni, 443 m³/s contro 512 m³/s per $T_R = 100$ anni e 500 m³/s contro 550 m³/s per $T_R = 200$ anni) e, per questo motivo, in accordo con i tecnici del Servizio Bacini Montani si era proceduto all'amplificazione degli idrogrammi liquidi in maniera tale che il valore al picco coincidesse con i valori riportati in tabella 3. La figura 16 mostra gli idrogrammi liquidi assegnati in ingresso all'asta del fiume Chiese.

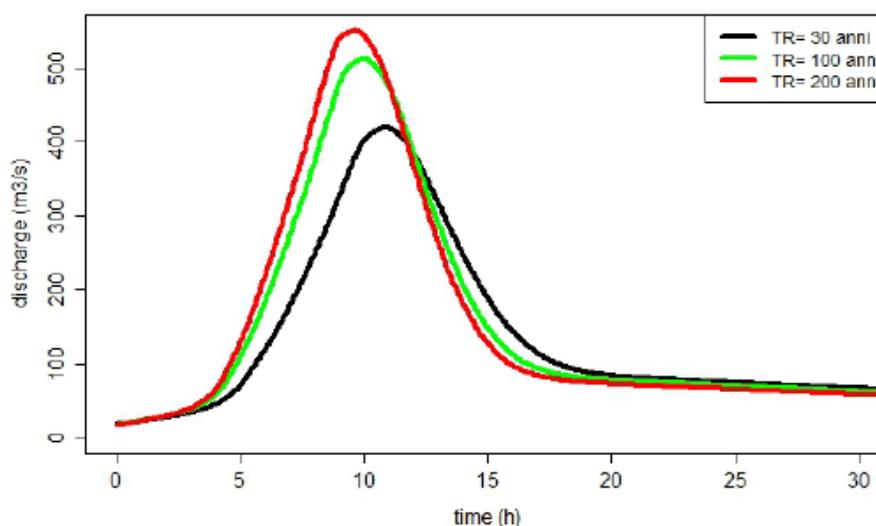
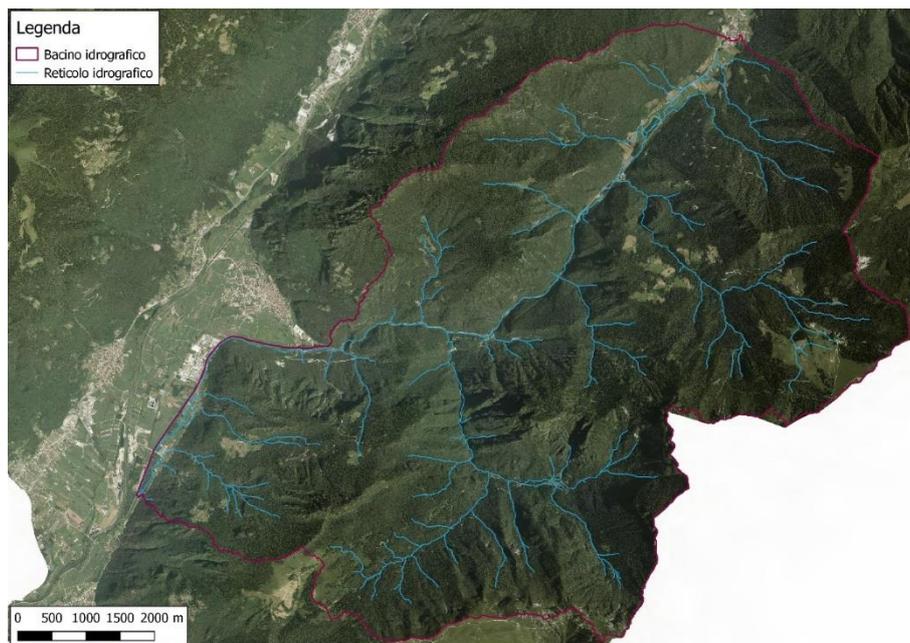


figura 16: Idrogrammi di progetto utilizzati per le simulazioni idrauliche del Fiume Chiese per gli eventi $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

2.1.4.4 Analisi idrologica per la stima degli idrogrammi del Torrente Palvico

Le simulazioni idrauliche sono state condotte assegnando in ingresso al modello anche gli idrogrammi di piena con tempo di ritorno di 30 anni del torrente Palvico, in modo da considerare il contributo liquido che viene immesso dal corso d'acqua nel Fiume Chiese a monte del confine nord del Comune di Bondone. Si è scelto di assegnare l'idrogramma con T_{R30} in ingresso al torrente Palvico in tutte le simulazioni svolte per la modellazione degli eventi di piena del fiume Chiese (con tempo di ritorno di 30, 100, 200 anni), in quanto si ipotizza che la probabilità di accadimento di eventi di piena sul torrente Palvico con tempo di ritorno maggiore concomitanti con eventi di piena del Fiume Chiese sia estremamente bassa. Gli idrogrammi liquidi per il Torrente Palvico sono stati stimati attraverso l'applicazione del modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi *Peakflow* (Rigon et al., 2011). Per la stima dell'idrogramma si è fatto riferimento alla sezione di chiusura del bacino idrografico illustrata in figura 17

L'idrogramma relativo all'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni del Torrente Palvico risultante dall'analisi idrologica ed assegnato in ingresso alle simulazioni idrauliche è mostrato in figura 18.



Sottobacini	Torrente Palvico		
Area del bacino [km ²]	57.81		
Perimetro del bacino [km]	50.7		
Indice di compattezza C_r [-]	1.87		
Quota (min., max., media) [m s.l.m.]	373	1973	1198
Pendenze (min., max., media) [°]	0	87.8	39.8

figura 17: Caratteristiche generali del Torrente Palvico. Il bacino è estratto a valle del ponte di via alla Roversella.

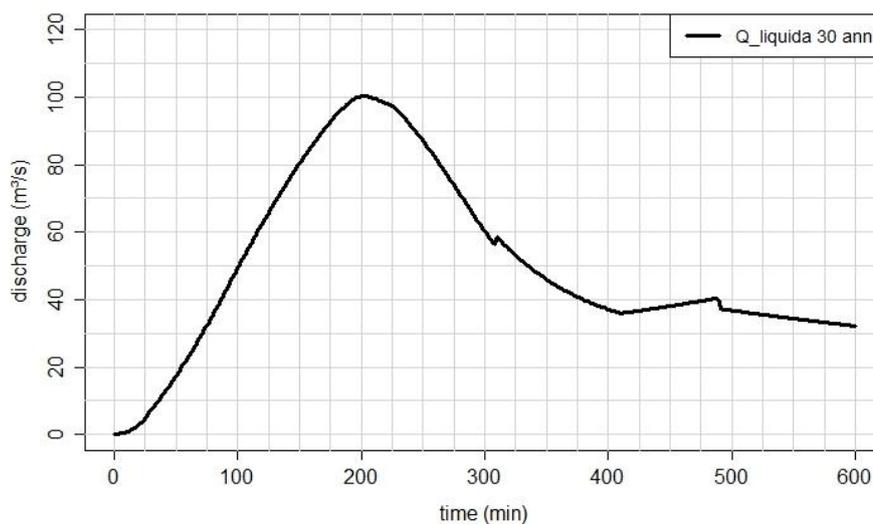


figura 18: Idrogramma liquido per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni per il bacino sotteso al torrente Palvico, estratto a valle dell'attraversamento di via Roversella. Diff500, $v = 2$ m/s.

2.1.4.5 Risultati delle simulazioni idrauliche

Nelle figure seguenti sono riportate le mappe delle variabili idrauliche risultanti dalle modellazioni idrauliche svolte per il Fiume Chiese con il software BASEMENT (massimi valori di tirante e di velocità) per eventi di alluvionamento torrentizio caratterizzati da tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni.

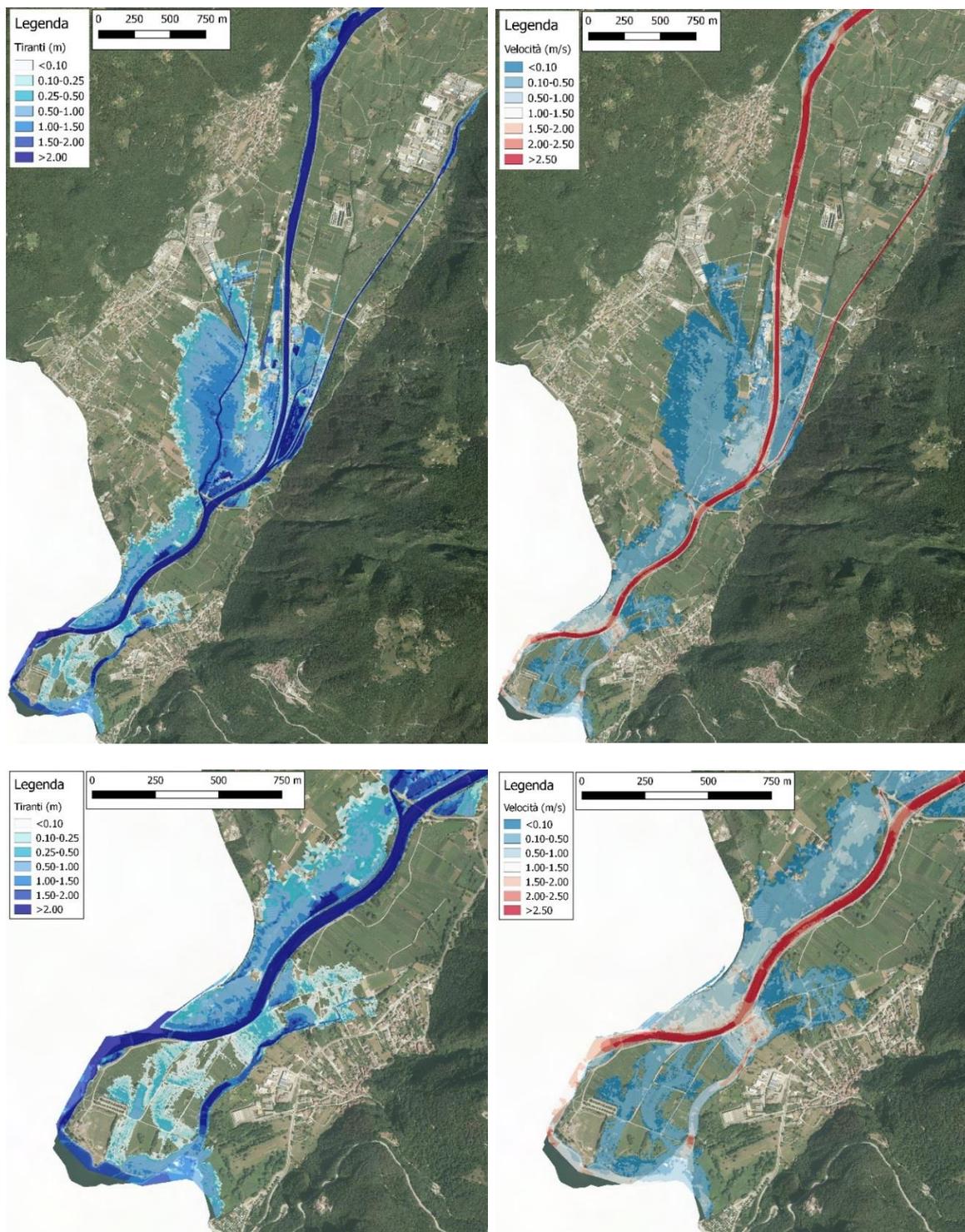


figura 19: Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) risultanti dalla simulazione effettuata con il software BASEMENT per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni (idrogramma T_{R30} in ingresso al Fiume Chiese e idrogramma T_{R30} in ingresso al Torrente Palvico). In basso: zoom dei risultati all'interno del Comune di Bondone.

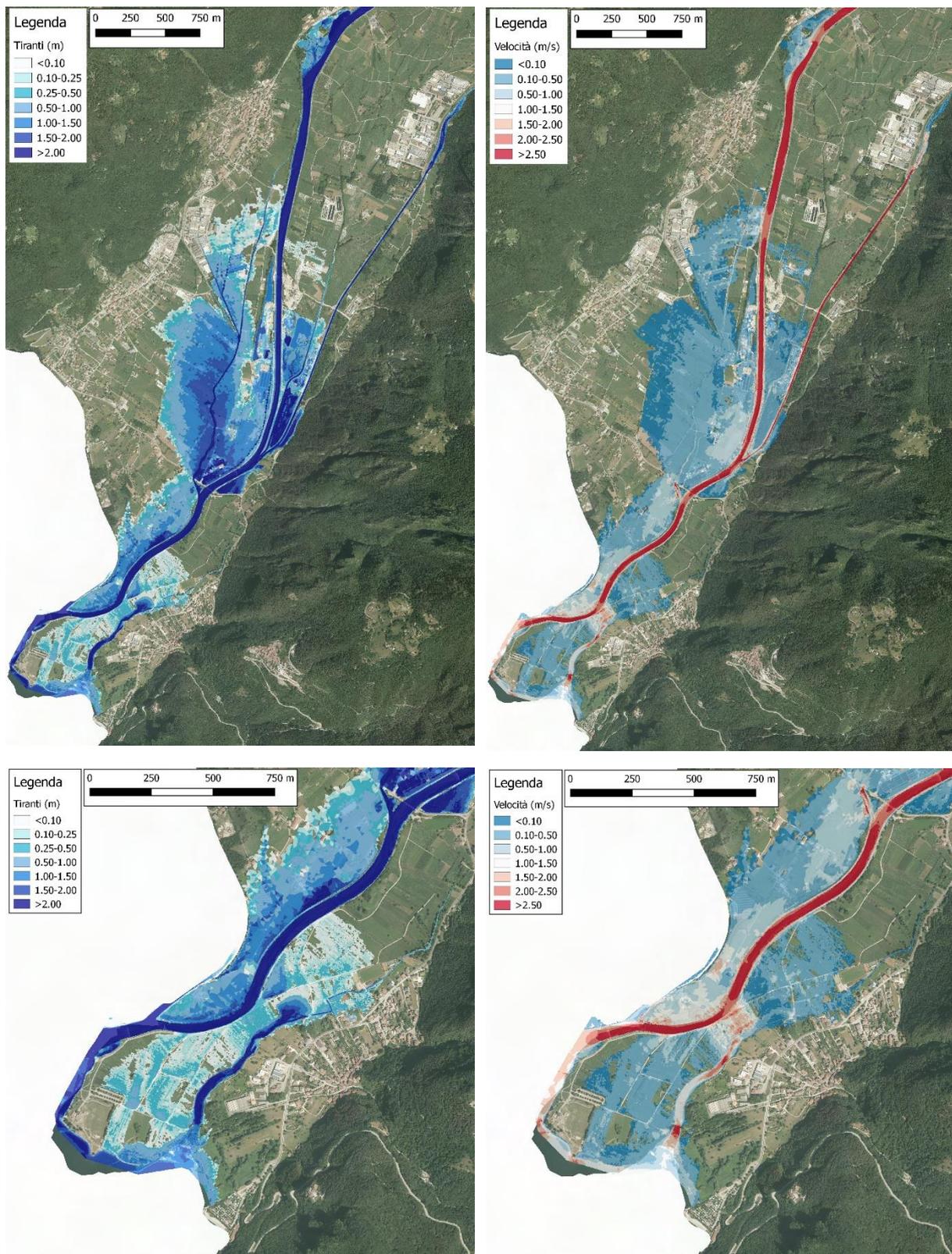


figura 20: Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) risultanti dalla simulazione effettuata con il software BASEMENT per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni (idrogramma T_R100 in ingresso al Fiume chiese e idrogramma T_R30 in ingresso al Torrente Palvico). In basso: zoom dei risultati all'interno del Comune di Bondone.

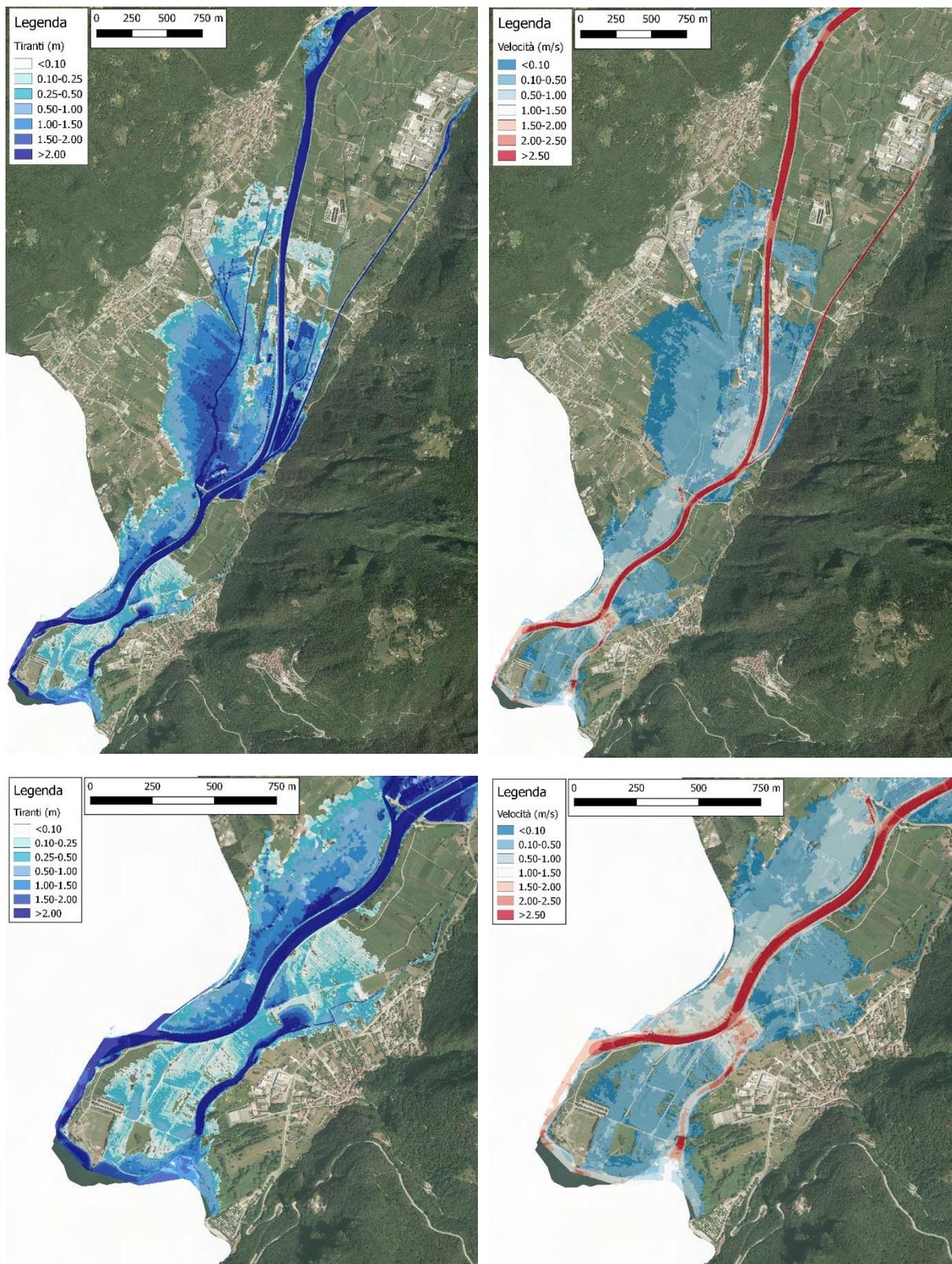


figura 21: Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) risultanti dalla simulazione effettuata con il software BASEMENT per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni (idrogramma T_R200 in ingresso al Fiume chiese e idrogramma T_R30 in ingresso al Torrente Palvico). In basso: zoom dei risultati all'interno del Comune di Bondone.

Dall'analisi dei risultati si può osservare che all'interno del Comune di Bondone, che si trova in sinistra idrografica del Fiume Chiese, il corso d'acqua inizia ad esondare già per eventi con tempo di ritorno di 30 anni in corrispondenza della curva che il corso d'acqua forma all'altezza dell'incrocio tra le strade comunali Località Biotopo Lago d'Idro e Località Rio Morbio con l'inizio della pista ciclabile. L'esondazione del corso d'acqua determina principalmente l'allagamento delle aree agricole comprese tra l'alveo del Fiume Chiese e quello del Rio Laf. La fossa del rio Laf, nel tratto a monte del ponte della strada comunale località Rio Morbio, dove la sezione trasversale è più stretta, non è sufficiente a smaltire tutte le acque di divagazione del Fiume Chiese, che raggiungono alcuni edifici che si trovano lungo la S.P. 69. Con l'aumentare del tempo di ritorno degli eventi di piena del fiume Chiese si verifica un'espansione delle aree allagate verso nord-est. Per eventi con tempo di ritorno di 200 anni il fiume Chiese inizia ad esondare anche in un punto a monte della curva.

2.1.5 Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica

Nel presente paragrafo sono definiti i livelli di pericolosità del fenomeno idraulico in funzione dei livelli di intensità e probabilità che caratterizzano i fenomeni studiati per il Fiume Chiese. Le informazioni riguardanti la modalità di classificazione della pericolosità per i fenomeni di natura idraulica, eseguita secondo i criteri sono contenuti nella Delibera 4 Settembre 2020, n. 1306 "Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)".

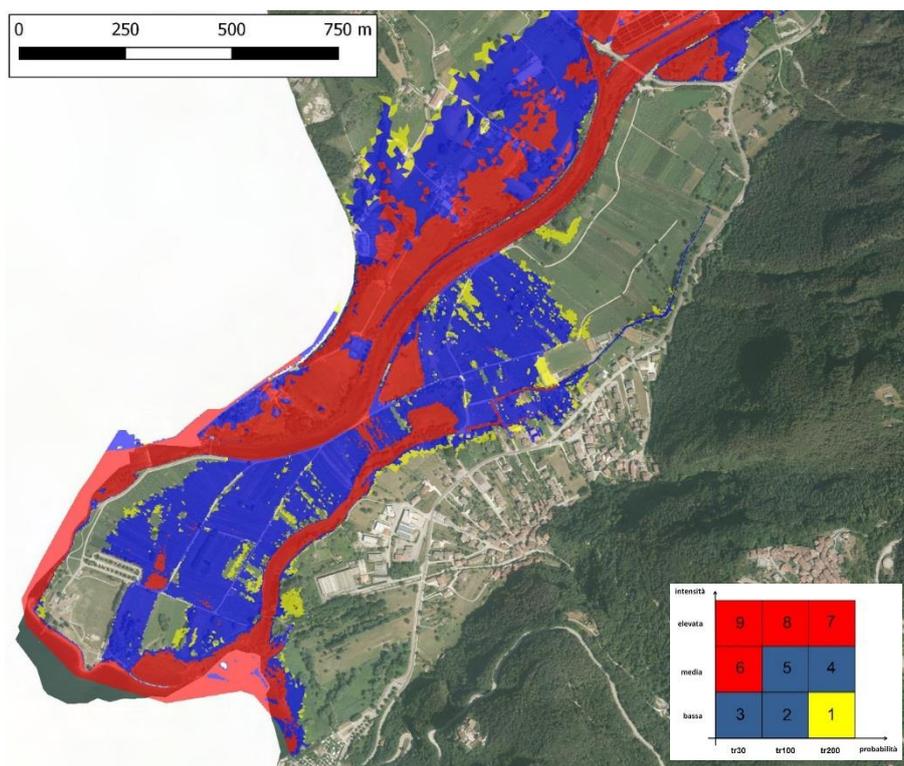


figura 22: Carta "analitica" del pericolo idraulico derivante dall'applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle modellazioni idrauliche svolte con il software BASEMENT. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati i colori dei livelli di pericolo più elevati, ovvero colore blu e rosso. Classificazione considerando i valori soglia per inondazioni da piena.

In figura 22 ed in figura 23 sono mostrate le carte della pericolosità idraulica ottenute attraverso l'applicazione della matrice di interazione tipo quella di BUWAL (1998) (riportata nella legenda delle figure stesse) alle carte dei risultati in termini di massimi tiranti e velocità calcolati per eventi con tempo di ritorno di 30, 100 e 200 anni (mappe di figura 19, figura 20 e figura 21). In particolare, la carta in figura 22 mostra la classificazione fatta applicando il livello di pericolosità più elevato alle classi dubbie, ovvero colore rosso per il valore 6 e colore blu per il valore 2, mentre la carta di figura 23 è stata ottenuta assegnando a queste classi il livello di pericolosità più basso (blu per il valore 6 e giallo per il valore 2).

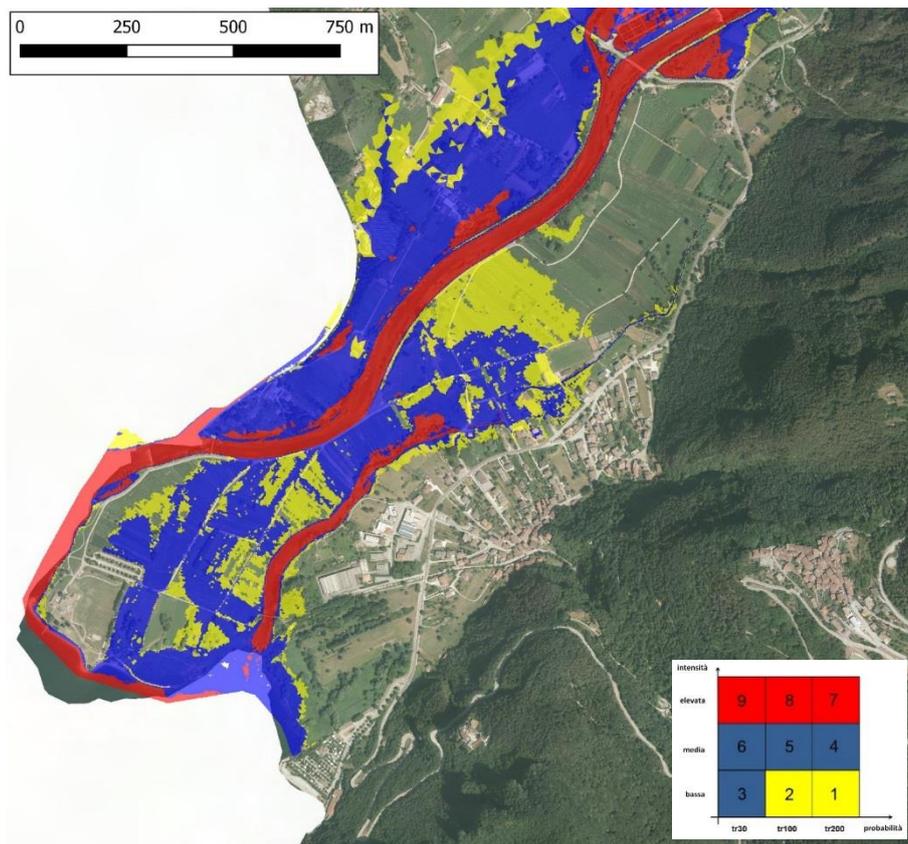


figura 23: Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle modellazioni idrauliche svolte con il software BASEMENT. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati i colori dei livelli di pericolo più bassi, ovvero colore giallo e blu. Classificazione considerando i valori soglia per inondazioni da piena.

2.1.5.1 Zonazione definitiva del pericolo idraulico

I risultati delle simulazioni idrauliche e la carta del pericolo analitico (riportata al paragrafo precedente) che ne è derivata sono stati quindi rielaborati nella carta definitiva del pericolo in modo da tenere conto di eventuali discontinuità topografiche o di altri elementi che, per motivi di risoluzione o di limiti dei modelli, non possono venire ben rappresentati nelle modellazioni idrauliche, ma che possono però influenzare le direzioni di deflusso.

Si aggiunge che la zonazione definitiva della pericolosità è strettamente vincolata alle opere attualmente esistenti ed alla configurazione topografica attuale. Variazioni apportate alla geometria delle opere ed alla configurazione topografica potrebbero determinare delle variazioni anche nella zonazione del pericolo.

In figura 24 è riportata la zonazione definitiva delle penalità alluvionali fluviali legate al Fiume Chiese all'interno del territorio comunale di Bondone, classificata secondo il livello di penalità (P2 – penalità bassa, P3 – penalità media, P4 – penalità elevata).

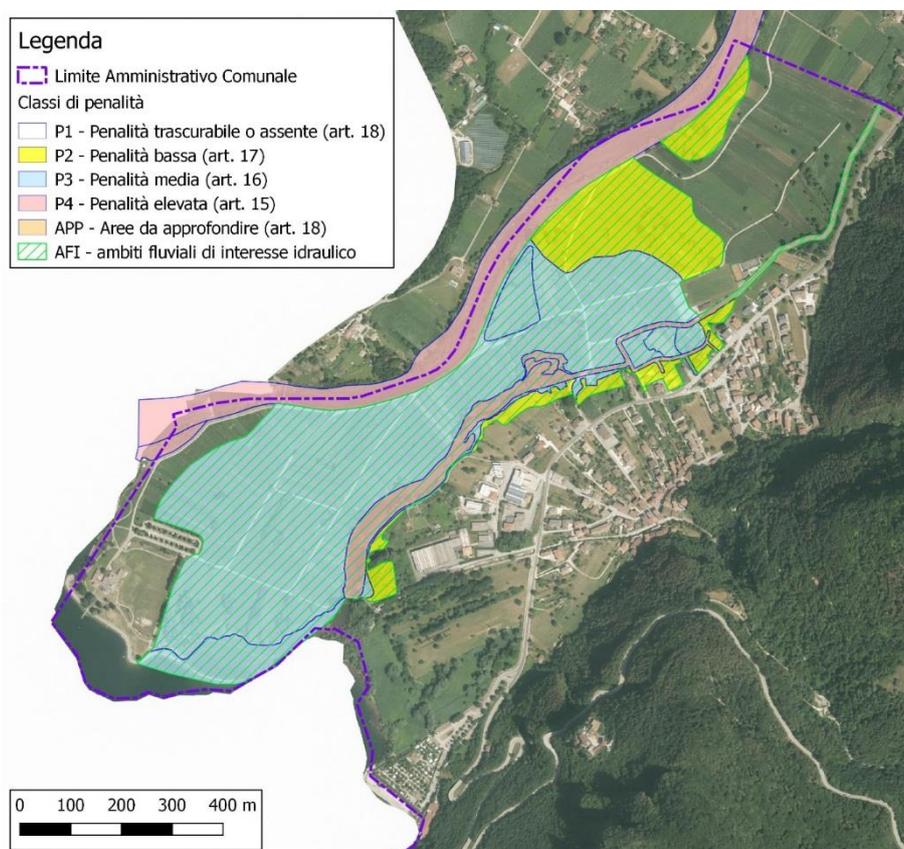


figura 24: Zonazione definitiva della carta delle penalità alluvionali fluviali per il Fiume Chiese all'interno del territorio comunale di Bondone.

2.2 Valutazione del pericolo idraulico lacuale per il Lago d'Idro

Le zone del pericolo riportate nella CSP legate ai fenomeni di alluvionamento del Lago d'Idro sono state perimetrare considerando i massimi livelli del lago stimati nello studio idraulico "Relazione idrologica ed idraulica per l'individuazione degli effetti di rigurgito sui fiumi Chiese e Caffaro a monte del lago d'Idro" svolto nell'ambito del progetto "Nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro" svolto dalla Regione Lombardia nel 2014 e precisamente pari a :

- **370.07 m s.l.m.** per lo scenario di **pericolosità ordinaria** derivante da un evento con tempo di ritorno di 200 anni senza svaso preventivo del lago;
- **371.23 m s.l.m.** per lo scenario di **pericolosità residua** derivante da un evento con tempo di ritorno di 1000 anni senza svaso preventivo del lago.

2.2.1 La regolazione del lago d'Idro allo stato di fatto

Attualmente, le opere di regolazione del livello del lago di Idro sono costituite da (figura 25):

- a) Una traversa di sbarramento con paratoie mobili;

- b) Uno scarico di fondo denominato “galleria degli agricoltori”;
- c) Una derivazione idroelettrica della centrale ENEL di Vobarno.

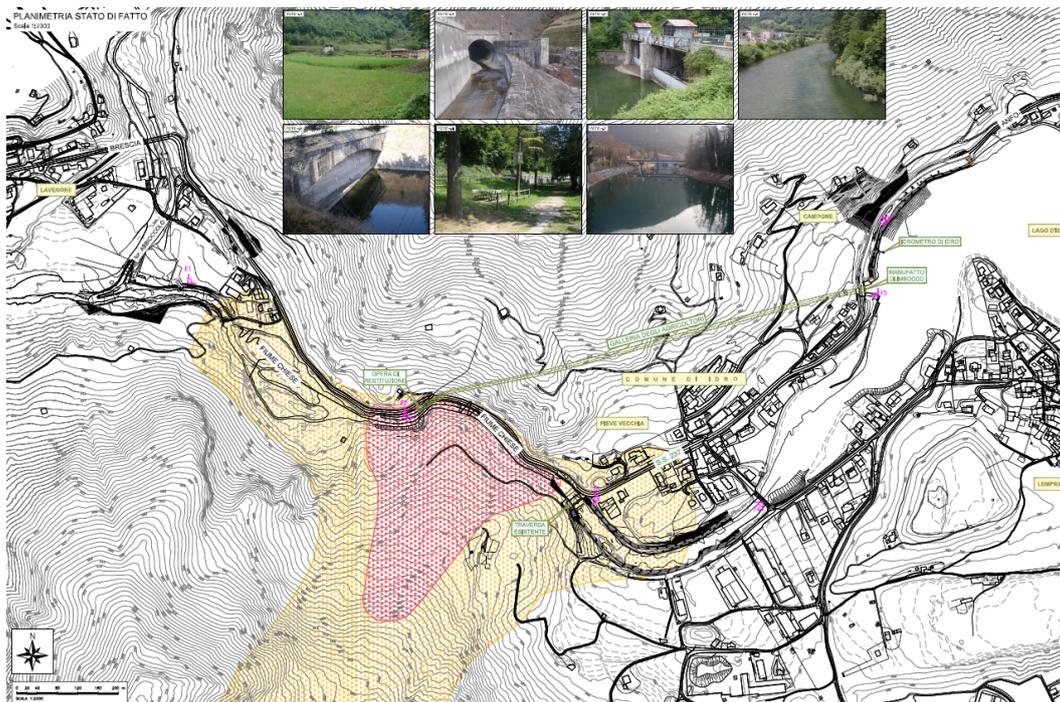


figura 25: Planimetria dello stato di fatto relativo alle opere di regolazione del lago di Idro.

Le attuali opere di regolazione del lago d'Idro presentano delle serie criticità che non permettono più di garantire la sicurezza dei territori rivieraschi e vallivi. Per questo motivo a partire dagli anni 2010 -2011 si è sviluppata la progettazione delle “Nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro”. Le criticità che si presentano in particolare rispetto alle attuali opere di regolazione sono le seguenti:

- la traversa di sbarramento esistente ha già dovuto subire un intervento di restringimento di una luce, da 11 a 9 metri, a causa delle sollecitazioni indotte dal movimento franoso sul suo fianco in sinistra orografica;
- la galleria di scarico risulta interessata da ricorrenti eventi di instabilità del cavo che, oltre ad averne limitato la portata idraulica, ne hanno fortemente diminuito il grado di affidabilità statica. In particolare, la galleria di scarico presenta problemi strutturali connessi alle caratteristiche geomeccaniche delle rocce nelle quali è stata realizzata. Attualmente la galleria di scarico del lago non è utilizzabile in quanto dichiarata non collaudabile dal Registro Italiano Dighe (RID) il 22 aprile 2005;
- dalla presenza di un fenomeno franoso attivo che interessa la sponda sinistra del fiume Chiese, subito a valle dell'attuale traversa di sbarramento, che pur non mostrando indizi di collasso generalizzato, può comunque generare franamenti più modesti tali da sbarrare l'alveo del fiume, così come confermato dai dati di monitoraggio geotecnico di ARPA Lombardia.

Il progetto definitivo delle “Nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro” era stato commissionato da *Infrastrutture Lombarde S.p.A.* all'*Associazione Temporanea di Imprese Favero*

& Milan Ingegneria S.p.A., Ingegneria 2P & associati S.r.l., Studio Cancelli Associato e Ing. Giuseppe Baldo ed era stato approvato a seguito della Conferenza dei Servizi in data 7 marzo 2014. La progettazione esecutiva era stata quindi affidata in data 15 febbraio 2016 dalla ditta ARIA S.p.a. alla Società ITINERA S.p.a., ma l'iter di progettazione si è fermato per una serie di criticità con il passaggio finale di competenza del progetto dalla Regione Lombardia all'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO). Nel novembre 2021 l'AIPO ha indetto una gara per la revisione e l'adeguamento del progetto esecutivo sotto il profilo tecnico ed economico.

Dal momento che il progetto delle nuove opere non è ancora stato realizzato e le attuali opere idrauliche di regolazione si presentano in condizioni precarie, la quota di massima regolazione del lago è oggetto di una limitazione imposta dal Ministero delle Infrastrutture – Ufficio Dighe di Milano. In particolare, la quota di massima regolazione del lago è limitata a 368.50 metri (quota riferite all'idrometro di Idro, corrispondente a 366.50 m s.l.m. del sistema IGM – sistema di riferimento WGS84): questo vincolo alla regolazione, imposto per tutelare la pubblica incolumità, non può essere modificato fino alla realizzazione delle nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago. L'attuazione della pianificazione regionale in materia di usi e tutela delle acque, inoltre, prevede il rilascio del Deflusso Minimo Vitale (DMV) per garantire la continuità idraulica del fiume Chiese sublacuale. La quota minima che consente di garantire il DMV (pari a 2.5 m³/s) nel Chiese a valle della traversa, è 367.20 m (quota riferita all'idrometro di Idro, corrispondente a 365.20 m s.l.m. del sistema IGM – sistema di riferimento WGS84).

La regolazione del lago può pertanto essere effettuata entro un'escursione massima di 1.30 m. Per questo i Comuni e la Regione Lombardia, in attesa della realizzazione delle nuove opere di regolazione oggetto dell'accordo di programma (art. 6), hanno concordato che **la regolazione del lago deve essere compresa tra quota 365.20 m s.l.m.** (livello minimo a cui corrisponde l'erogazione del DMV nel Chiese sublacuale) **e quota 366.50 m s.l.m.** (livello massimo autorizzato dall'Ufficio Dighe di Milano con le opere attuali).

2.2.2 Analisi idraulica del lago

L'analisi idraulica del lago è stata condotta al fine di determinare i massimi valori del livello del lago che, relativamente all'attuale configurazione degli organi di regolazione (stato di fatto), possono instaurarsi in occasione di eventi di piena. In ottemperanza alle indicazioni fornite nella delibera della Giunta Provinciale di Trento n. 2759/2006 e della più recente n.1306/2020, l'analisi idraulica del lago è stata condotta facendo riferimento ad onde di piena in ingresso al lago caratterizzate da tempi di ritorno $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

Idrogrammi in ingresso: si è fatto riferimento agli idrogrammi sintetici calcolati nel 2006 dal Prof. Ing. Luigi Natale nello “*Studio della capacità di laminazione delle piene del lago di Idro*” commissionatoli dal *Consorzio del Chiese di Bonifica di Secondo Grado*. In tale studio è stata condotta un'analisi statistica per la definizione degli idrogrammi sintetici in entrata al lago al variare del tempo di ritorno.

Il Prof. Natale nello studio effettuato ha ricavato due diversi set di idrogrammi per gli eventi di piena considerati: uno a singolo colmo ottenuto imponendo la forma dell'idrogramma di piena, il valore della portata al colmo ed il volume dell'onda di piena ed un altro dedotto dalla piena a doppio colmo del 1977

che è stato valutato assegnando questa volta il volume di deflusso (anziché la portata al colmo) a determinati tempi di ritorno. Nelle immagini seguenti vengono riportati gli idrogrammi ricavati nello studio del Prof. Natale.

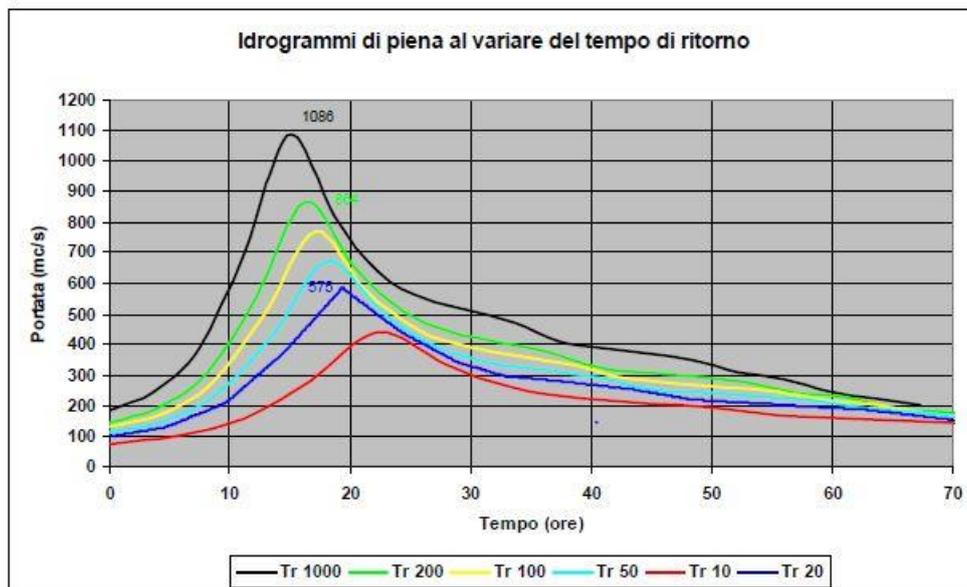


figura 26: Onde di Piena con massimizzazione della portata al colmo per diversi tempi di ritorno – fonte: Studio della capacità di laminazione delle piene del lago di Idro – Prof. Natale.

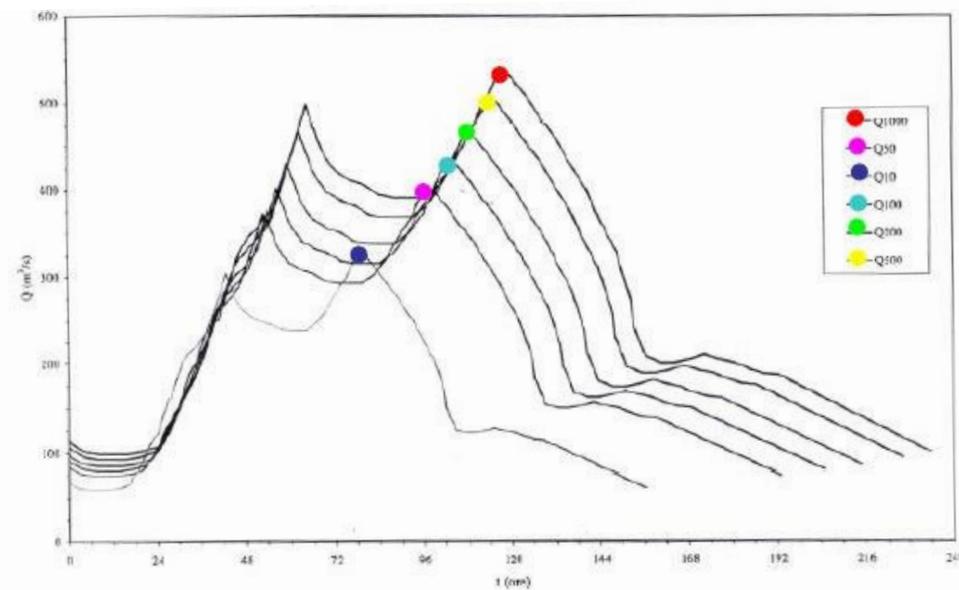


figura 27: Onde di Piena a doppio colmo per diversi tempi di ritorno – fonte: Studio della capacità di laminazione delle piene del lago di Idro – Prof. Natale.

Scenari analizzati: l'analisi idraulica per la valutazione dei livelli di innalzamento del lago in seguito ad eventi di piena è stata svolta considerando 24 diversi scenari definiti in base a:

- Tempi di ritorno delle piene $T_R = 30, 100$ e 200 anni;
- Forma dell'idrogramma di piena ad uno e due colmi;

- Livello iniziale del lago relativo alle condizioni di minimo (365.20 m s.l.m.) e massimo livello di regolazione (366.50 m s.l.m.);
- Scenario di “funzionamento” e di “non funzionamento” della galleria ENEL.

2.3 Risultati dell’analisi idraulica

I risultati delle simulazioni numeriche relative ai primi 12 sono mostrati in figura 28 (1 Colmo di piena) e figura 29 (2 Colmi di piena). Nei vari grafici è riportata l’evoluzione temporale della portata in ingresso al lago, della portata in uscita dalla traversa e del livello del lago.

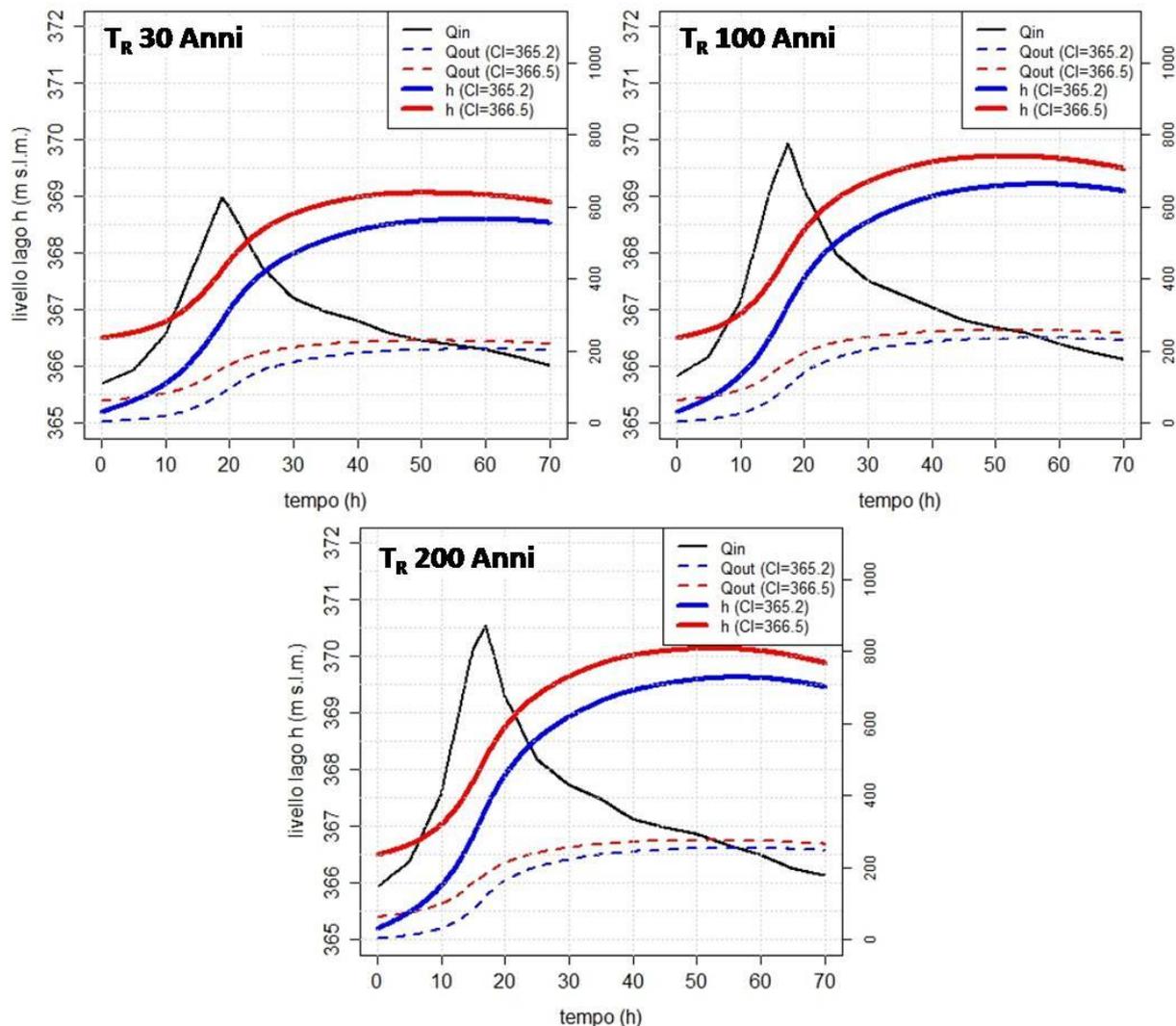


figura 28: Variazione del livello del lago (stato di fatto) – I tre grafici riportano i risultati relativi ai livelli raggiunti dal lago nel caso di livello iniziale di minima regolazione (linea blu) e di massima regolazione (linea rossa) per eventi di piena con T_R 30 (in alto, a sinistra), T_R 100 (in alto, a destra) e T_R 200 (in basso). Tali risultati si riferiscono agli scenari con idrogrammi in ingresso caratterizzati da 1 colmo di piena e non funzionamento dello scarico ENEL.

La tabella 4 riassume i valori massimi del livello del lago ottenuti per i 24 diversi scenari di simulazione. Per il caso di non funzionamento della condotta ENEL, i valori di massimo innalzamento del lago a fronte di un evento di piena trentennale risulta variabile tra 368.6 e 369.5 m s.l.m. Nel caso di evento

centennale, il livello lacustre massimo raggiunto varia tra 369.2 e 370.9 m s.l.m. e, infine, nel caso di evento duecentennale varia tra 369.6 e 371.8 m s.l.m. Nel caso di funzionamento della condotta ENEL i valori massimi del livello del lago subiscono un decremento compreso tra 30 cm e 60 cm.

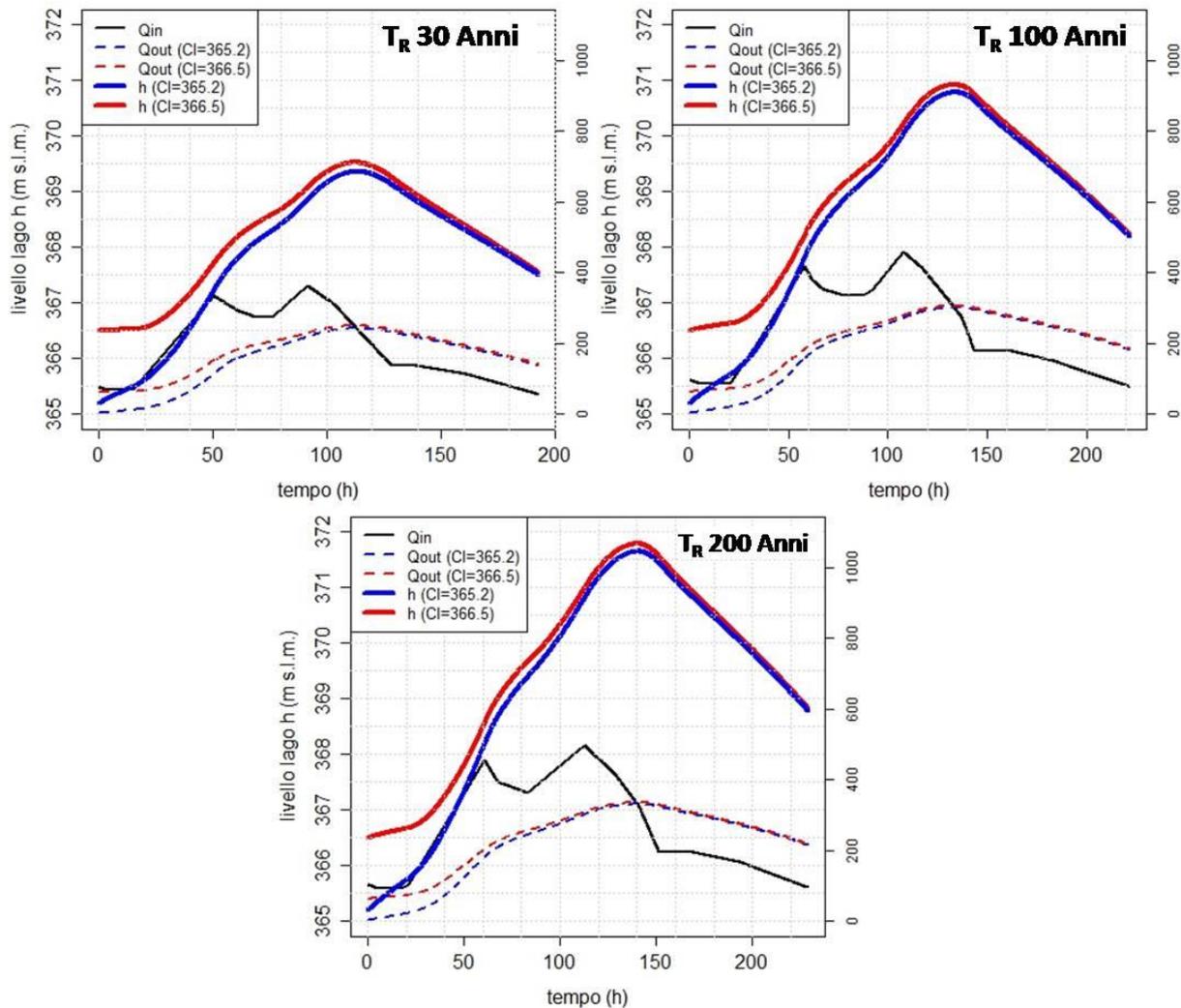


figura 29: Variazione del livello del lago (stato di fatto) – I tre grafici riportano i risultati relativi ai livelli raggiunti dal lago nel caso di livello iniziale di minima regolazione (linea blu) e di massima regolazione (linea rossa) per eventi di piena con T_R 30 (in alto, a sinistra), T_R 100 (in alto, a destra) e T_R 200 (in basso). Tali risultati si riferiscono agli scenari con idrogrammi in ingresso caratterizzati da 2 colmi di piena e non funzionamento dello scarico ENEL.

Nel presente lavoro, in particolare, per le fasi successive di valutazione della pericolosità idraulica legata ai fenomeni di innalzamento del lago d'Idro, si è fatto riferimento agli eventi con tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni negli scenari caratterizzati da idrogrammi in ingresso con un solo colmo di piena, non funzionamento dello scarico ENEL e livello iniziale del lago corrispondente alla quota di massima regolazione (366.50 m s.l.m.). Si sono scelti questi scenari in quanto il massimo livello del lago risultante dall'analisi dell'evento con tempo di ritorno di 200 anni è quello che si avvicina maggiormente alla quota di 370.07 m s.l.m., assunta come riferimento per lo scenario di pericolosità ordinaria con $T_R = 200$ anni nella delimitazione delle zone di pericolosità della CSP. Sulla base dei livelli massimi risultanti nell'analisi idraulica di questi tre scenari, e pari a 369.1 m s.l.m. (scenario 2 - T_R 30), 369.7 m s.l.m. (scenario 6 -

TR100) e 370.1 m s.l.m. (scenario 10 - TR200), si è proceduto al calcolo dei tiranti idraulici come differenza tra il massimo livello del lago stimato e le quote del terreno rappresentate nel modello digitale del terreno con una risoluzione di 0.5 m (LiDAR 2014) fornito dalla Provincia Autonoma di Trento. Si riportano di seguito le carte dei massimi tiranti risultanti dalle analisi idrauliche dei tre eventi considerati.

Funz. Condotta ENEL	T_R (Anni)	Idrogramma	Livello iniziale nel lago	Max Livello del lago (m s.l.m.)
NO	30	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	368.6
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.1
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	369.4
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.5
	100	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	369.2
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.7
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	370.8
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	370.9
	200	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	369.6
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	370.1
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	371.6
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	371.8
SI	30	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	368.3
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	368.8
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	368.9
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.1
	100	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	368.9
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.4
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	370.2
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	370.4
	200	1 COLMO	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	369.3
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	369.8
		2 COLMI	Minima regolazione (365.20 m s.l.m.)	371.1
			Massima regolazione (366.50 m s.l.m.)	371.2

tabella 4: Riepilogo dei livelli calcolati di massimo invaso nel lago al variare dello scenario di evento (stato di fatto).

Dalle immagini si può osservare che nello scenario considerato con tempo di ritorno di 30 anni l'inondazione determinata dall'innalzamento del lago va ad interessare completamente le aree agricole comprese tra il fiume Chiese e l'alveo del rio Laf, compresa la zona di Idroland. In sinistra idrografica della fossa del rio Laf le aree allagate interessano le zone agricole, il campeggio e la zona del Miralago.

Con l'aumentare del tempo di ritorno e della quota massima del livello del lago, si osserva l'espansione verso nord delle aree allagate con l'incremento dei valori di tirante. Nel caso di eventi con tempo di ritorno di 200 anni, nello scenario idraulico considerato, l'inondazione arriva a raggiungere alcuni edifici situati lungo la S.P. 69 ed un capannone industriale in località Biotopo.

In figura 33 è invece rappresentata la mappa dei tiranti nelle aree allagate valutata sulla base dei risultati ottenuti nella modellazione dello scenario più gravoso, ovvero il numero 12, che considera un idrogramma in ingresso al lago a doppio colmo, non funzionamento dello scarico ENEL e livello iniziale del lago corrispondente alla quota di massima regolazione (366.50 m s.l.m.). In questo scenario il livello massimo del lago è stato valutato pari a 371.8 m s.l.m. Si è fatto riferimento all'estensione delle aree allagate risultante in questo scenario per delimitare le aree a pericolosità residua.

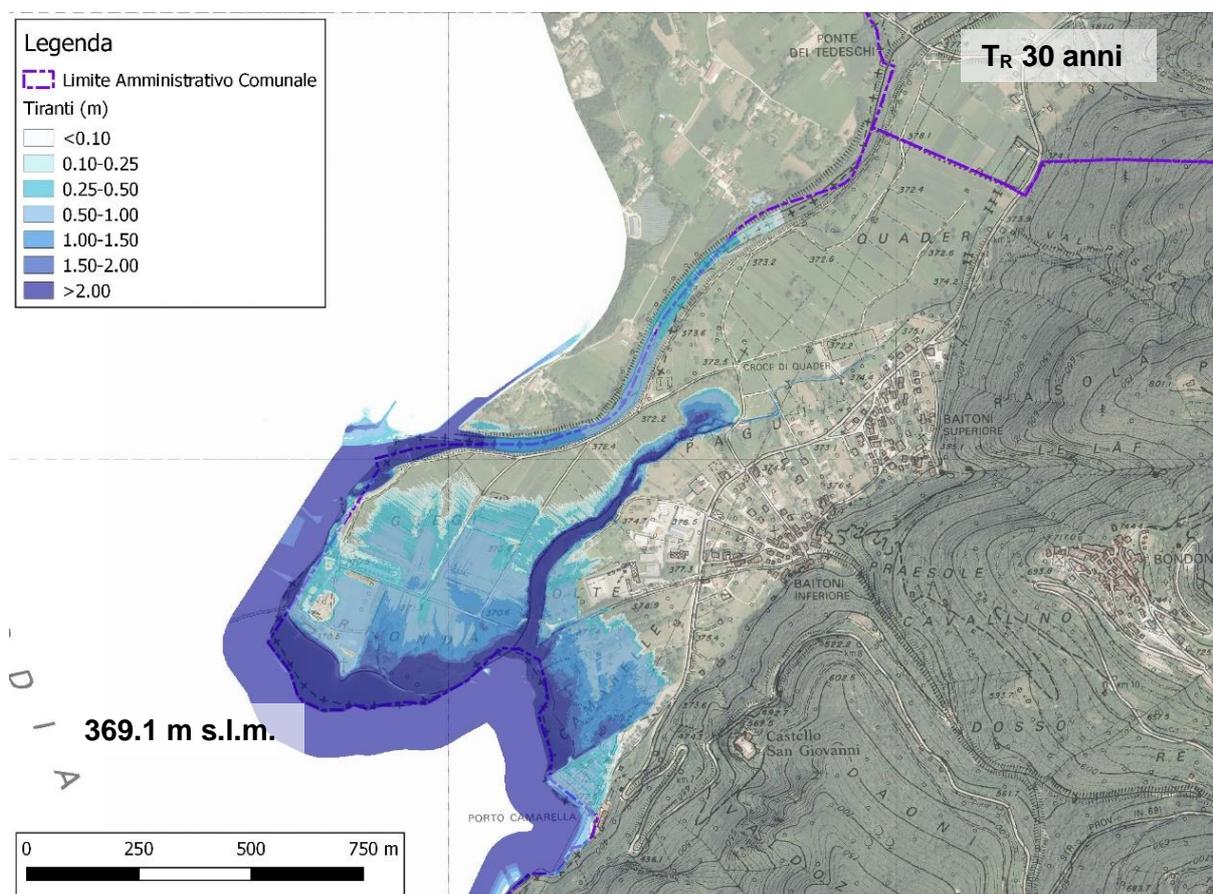


figura 30: Mappa dei tiranti nelle aree allagate corrispondenti all'evento di piena con $T_R = 30$ anni nello scenario considerato (scenario 2).

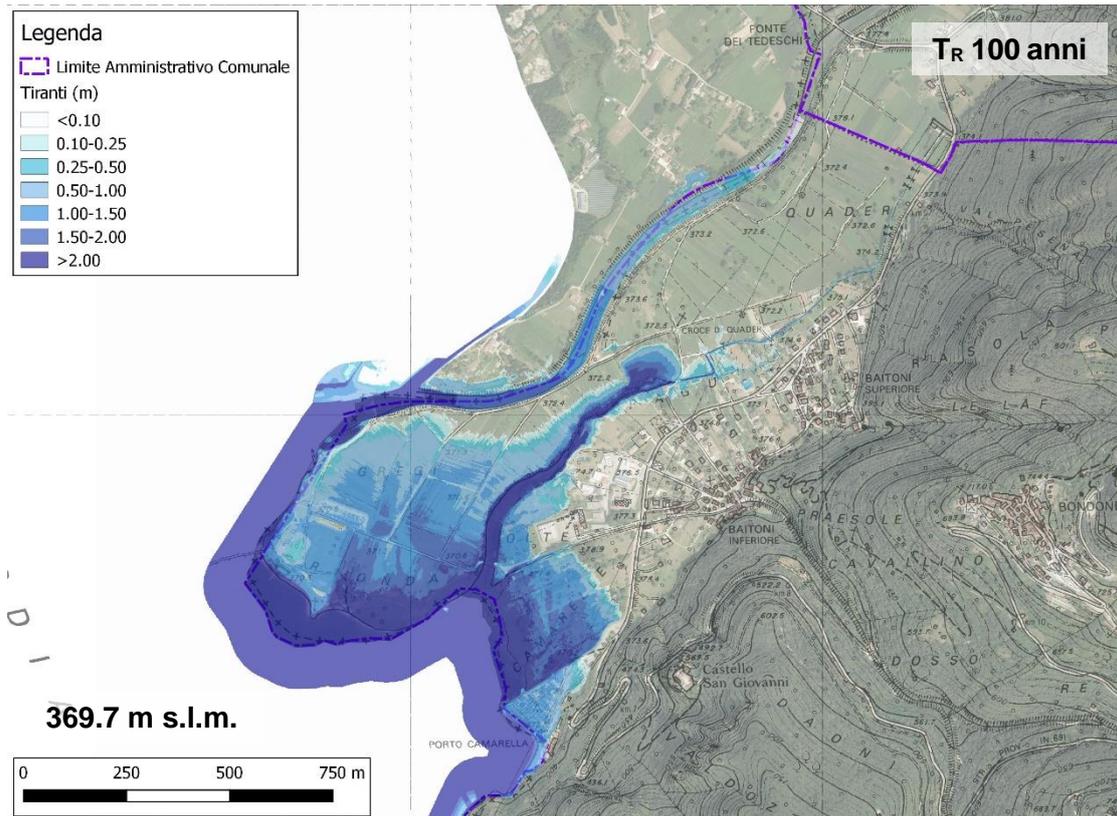


figura 31: Mappa dei tiranti nelle aree allagate corrispondenti all'evento di piena con $T_R = 100$ anni nello scenario considerato (scenario 6).

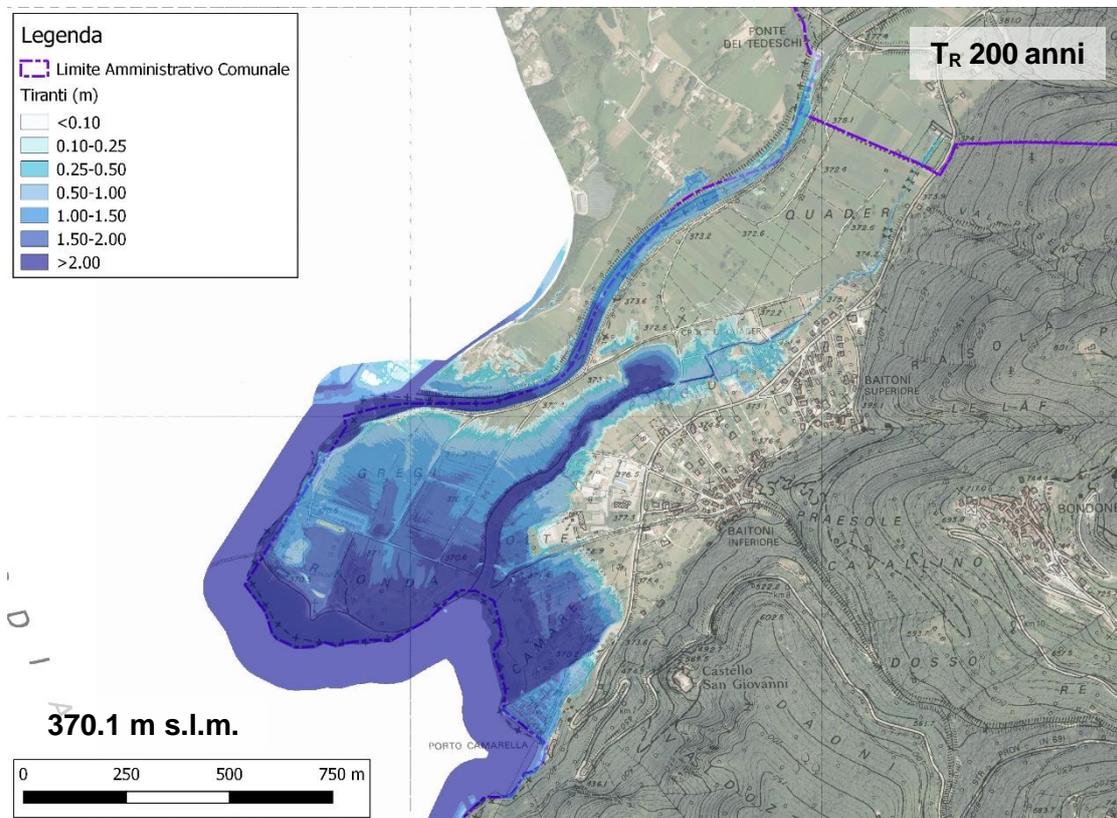


figura 32: Mappa dei tiranti nelle aree allagate corrispondenti all'evento di piena con $T_R = 200$ anni nello scenario considerato (scenario 10).

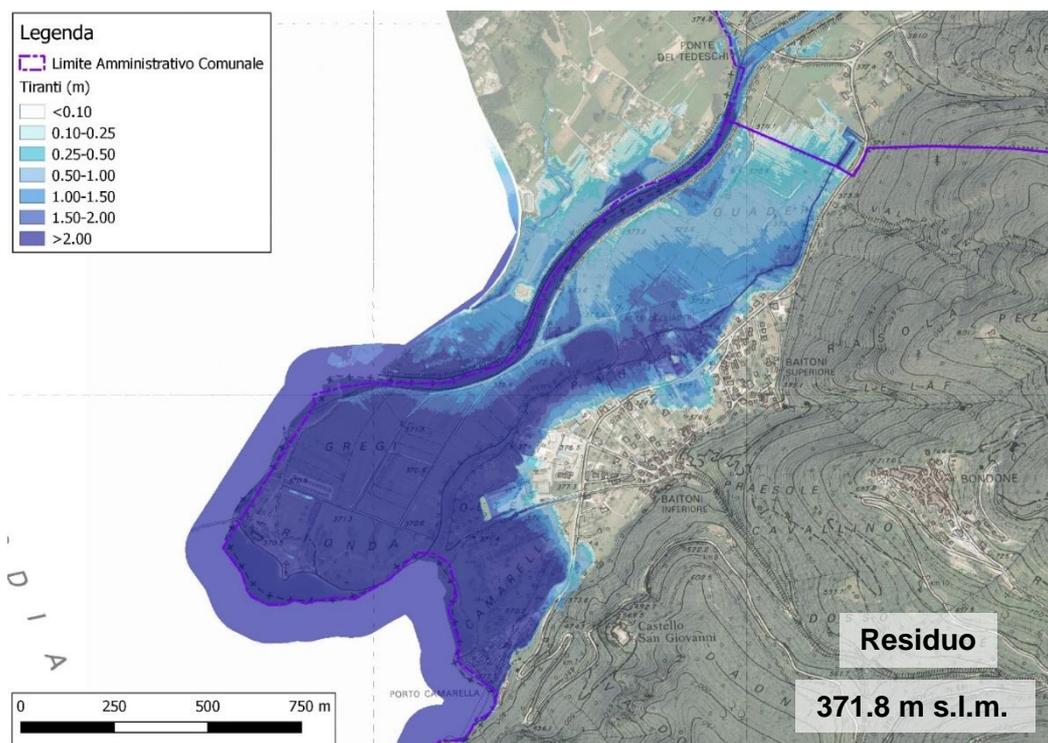


figura 33: Mappa dei tiranti nelle aree allagate corrispondenti all’evento residuo relativo allo scenario più gravoso (scenario 12).

2.4 Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica

Nel presente paragrafo vengono definiti i livelli di pericolosità del fenomeno idraulico in funzione dei livelli di intensità e probabilità che caratterizzano il fenomeno studiato. La pericolosità è intesa come la probabilità che in un certo punto del territorio si verifichi un evento di una data intensità (I) entro un assegnato tempo di ritorno (T_R). I criteri adottati per la definizione della pericolosità (H) sono contenuti nella Delibera 4 Settembre 2020, n. 1306 “*Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)*”.

Le direttive per la redazione delle carte della pericolosità stabiliscono tre livelli di intensità (Bassa, Media, ed Elevata). L’assegnazione del livello di intensità del fenomeno di inondazione da piena è effettuata attenendosi ai criteri riportati in tabella 5. In particolare, per il caso specifico di allagamento determinato dall’innalzamento del livello del lago, la definizione dell’intensità dell’evento dipende esclusivamente dalla profondità della corrente, dal momento che il fenomeno è pressoché statico. L’individuazione della pericolosità ordinaria viene quindi effettuata considerando i valori soglia definiti in tabella 5 e la probabilità di accadimento degli eventi, anche attraverso l’utilizzo di matrici di interazione come quella riportata in figura 34.

In figura 35 è mostrata la carta della pericolosità idraulica ottenuta attraverso l’applicazione della matrice di interazione tipo quella di BUWAL (1998) (riportata nella legenda delle figure stesse) alle carte dei risultati in termini di massimi valori di tirante calcolati per eventi con tempo di ritorno di 30, 100 e 200 anni.

intensità	profondità della corrente - h (m)		prodotto tra la profondità e la velocità della corrente - vh (m ² /s)
Elevata	$h > 2$	oppure	$vh > 2$
Media	$0,5 < h < 2$	oppure	$0,5 < vh < 2$
Bassa	$h < 0,5$	oppure	$vh < 0,5$

tabella 5: Tabella dei valori di soglia e delle intensità dell'evento per inondazione da piena. h = altezza dei tiranti liquidi e/o solidi e v = velocità dei deflussi liquidi e solidi.

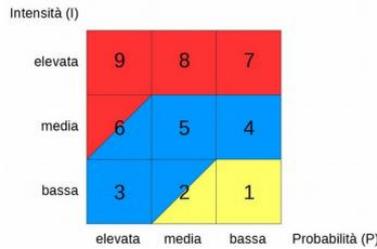


figura 34: Esempio di matrice di interazione per la determinazione della pericolosità.

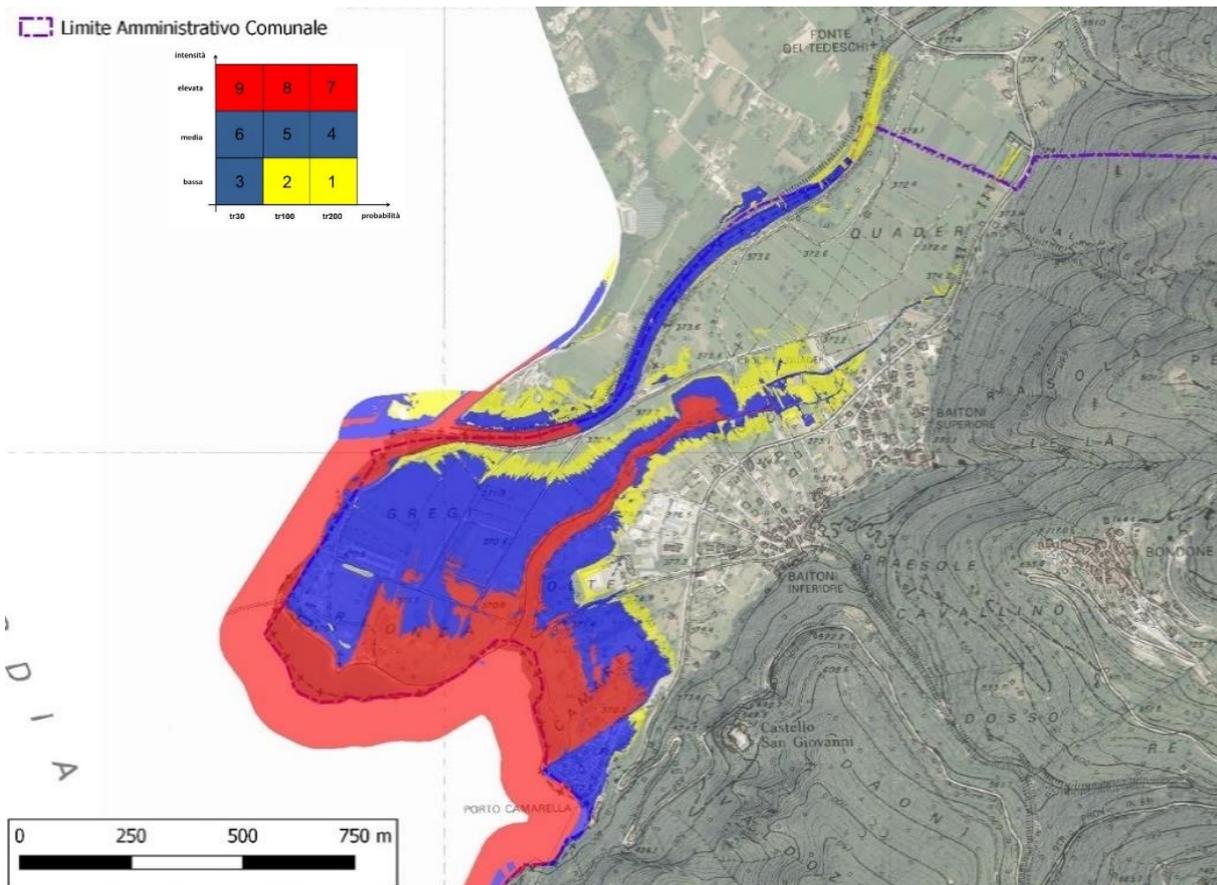


figura 35: Carta "analitica" del pericolo idraulico derivante dall'applicazione della matrice di Buwal sui tiranti nelle aree allagate valutati sulla base dei risultati delle analisi idrauliche svolte per la stima dei massimi livelli di innalzamento del lago d'Idro negli scenari considerati, per gli eventi con $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

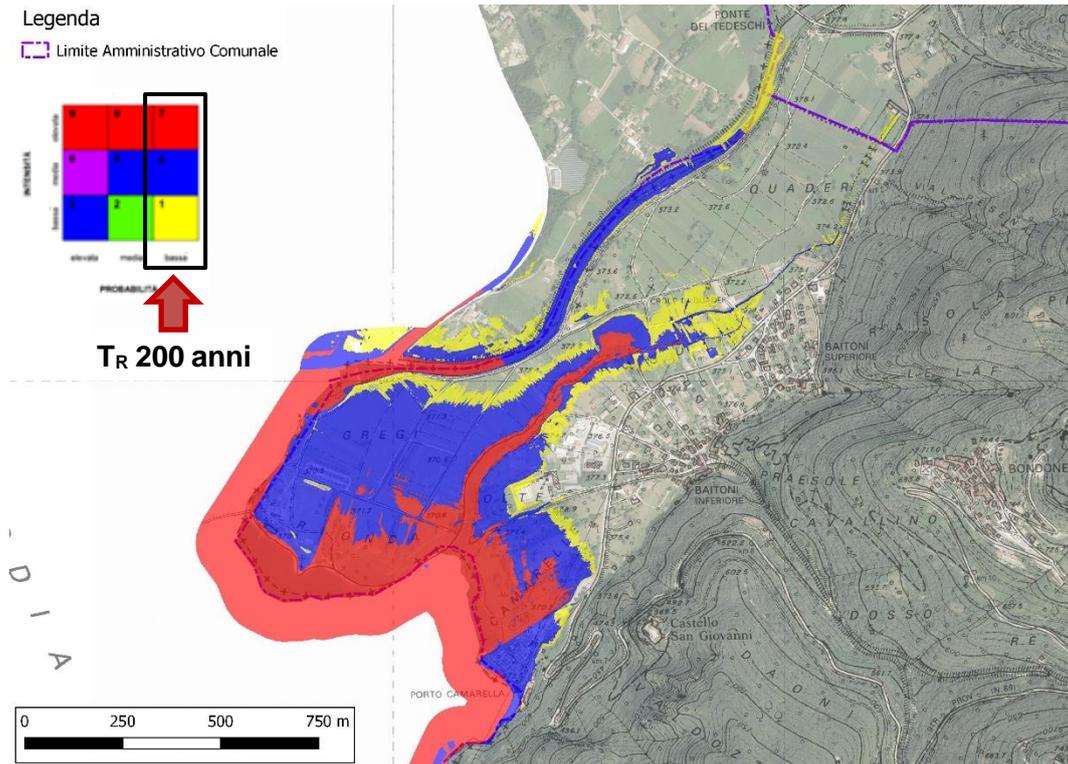


figura 36: Carta della pericolosità “analitica” per l’evento di piena con $T_R = 200$ anni elaborata a partire dai tiranti calcolati facendo riferimento alla quota di 370.07 m s.l.m. utilizzata per la definizione delle zone di pericolosità lacuale della CSP.

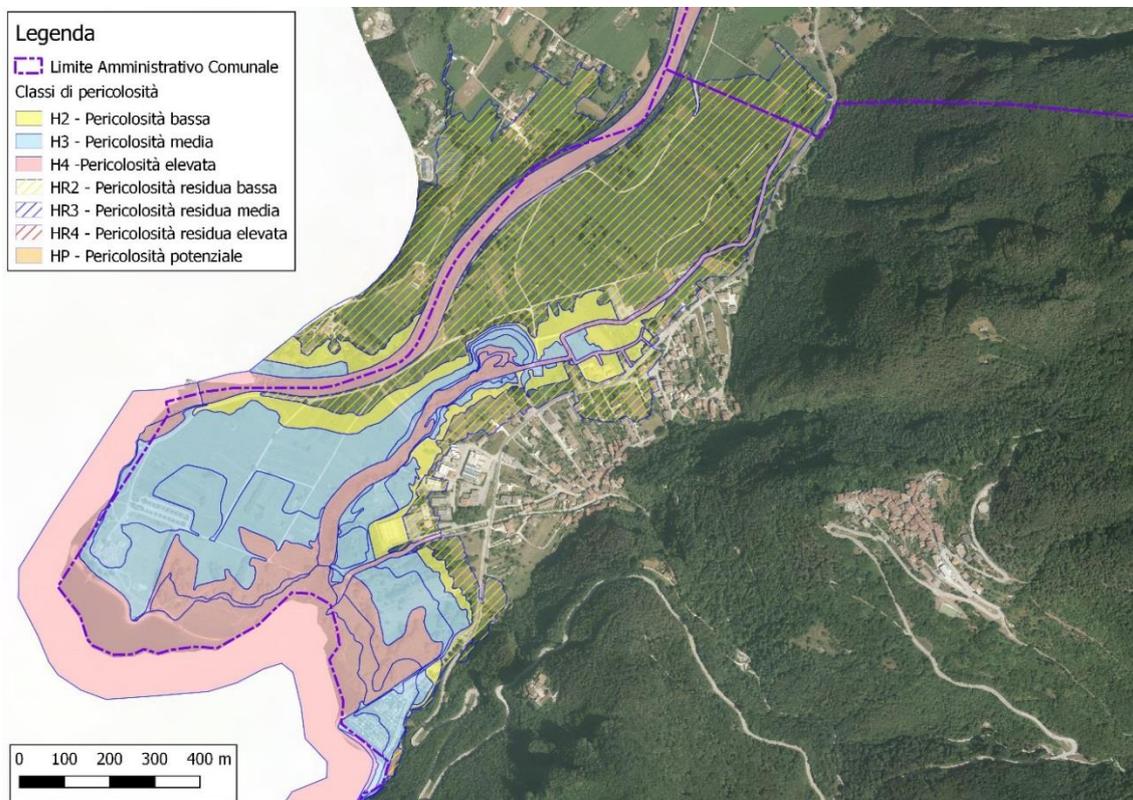


figura 37: Zonazione definitiva della carta delle pericolosità alluvionali lacuali per il Lago d’Idro all’interno del territorio comunale di Bondone.

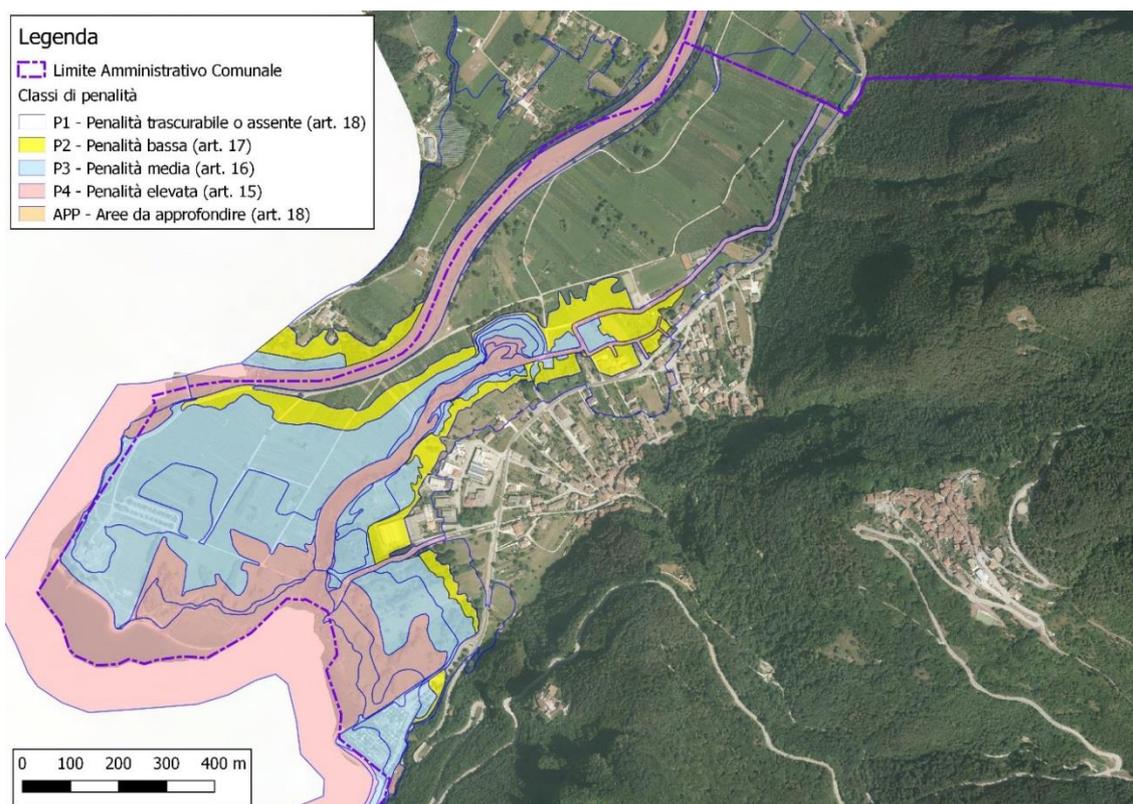


figura 38: Zonazione definitiva della carta delle penalità alluvionali lacuali per il Lago d'Idro all'interno del territorio comunale di Bondone.

Per confronto con la zonazione riportata nella CSP, si è inoltre proceduto al calcolo dei tiranti massimi che si instaurano a seguito dell'innalzamento del lago facendo riferimento alla quota di 370.07 m s.l.m. considerata nelle elaborazioni della CSP per un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni.

In figura 37 è riportata infine la zonazione definitiva del pericolo idraulico – pericolosità lacuale elaborata nel presente studio per la Carta della Pericolosità, mentre in figura 38 è riportata la zonazione classificata secondo le classi di penalità.

3 Pericolo idraulico in corrispondenza dell'area di studio

Nel presente paragrafo verranno presentati i risultati della modellazione in corrispondenza dell'area di studio. Dalle analisi effettuate emerge l'areale destinato all'area attrezzata per la sosta camper è interessato:

- dall'allagamento proveniente dal lago di Idro per i tempi di ritorno di 100 e 200 anni per tutta la sua estensione, mentre solo parzialmente per il tempo di ritorno di 30 anni;
- dal flusso proveniente dal fiume Chiese solo per una minima parte.

In figura 19 si riporta l'andamento dei massimi livelli di tirante per il tempo di ritorno di 30, 100 e 200 anni per il lago di Idro. Dalle immagini si evince che nell'area di studio i tiranti massimi si verificano per tempo di ritorno di 200 anni e variano da 0.7 m a circa 1.5 m nelle zone più depresse. La quota di allagamento è di circa 370.1 m s.l.m. per tempo di ritorno di 200 anni, 369.6 m s.l.m. per tempo di ritorno di 100 anni e di 369.3 m s.l.m. per tempo di ritorno di 30 anni.

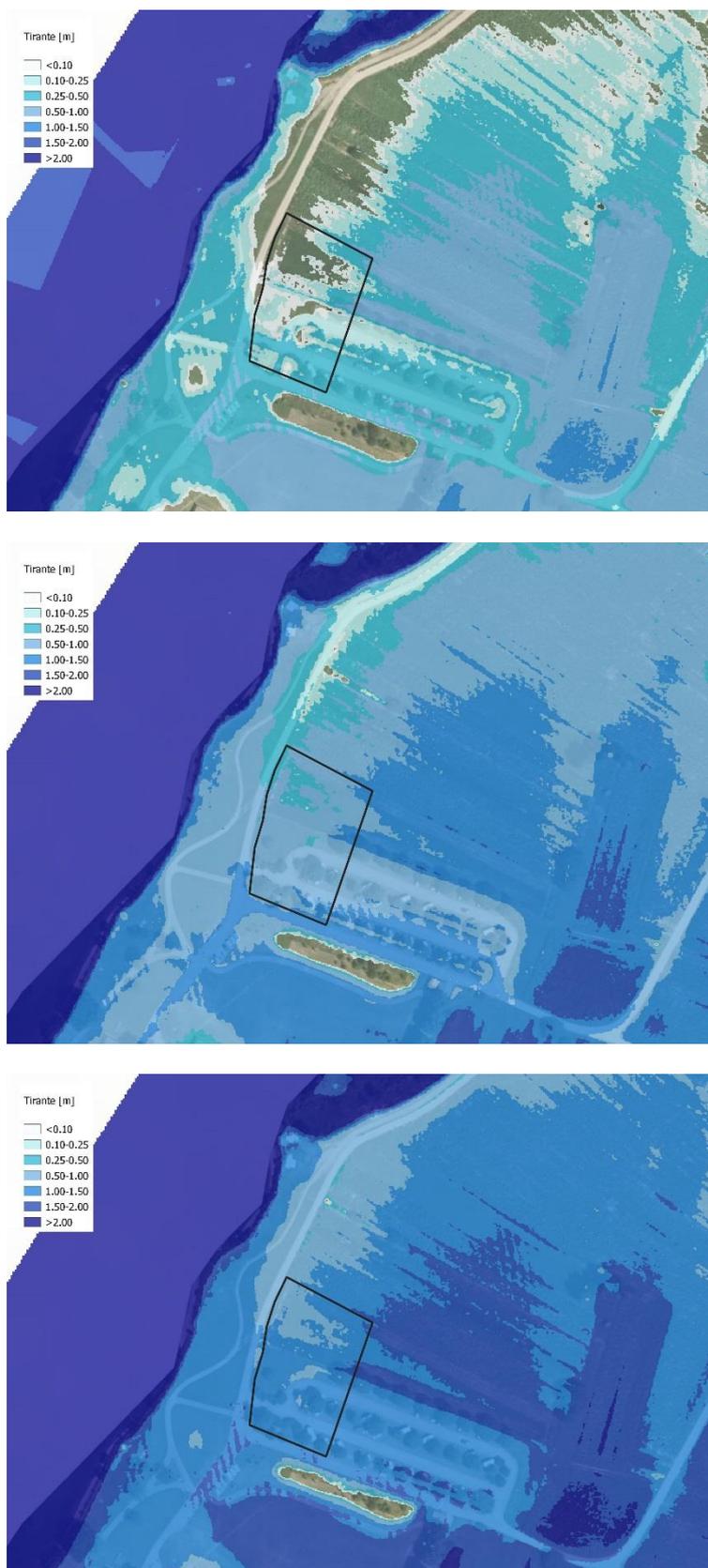


figura 39: Tiranti massimi per il Lago di Idro. Tempo di ritorno di 30 anni (in alto), 100 anni (al centro) e 200 anni (in basso).

In figura 40 si riportano i livelli di massimo tirante e velocità per tempo di 200 anni per il fiume Chiese. Dalle immagini si evince che in corrispondenza dell'areale di studio i livelli di tirante massimo derivanti

da fenomeni di esondazione del fiume Chiese si mantengono in generale inferiori a 0.2 m. Le velocità risultano essere trascurabili.

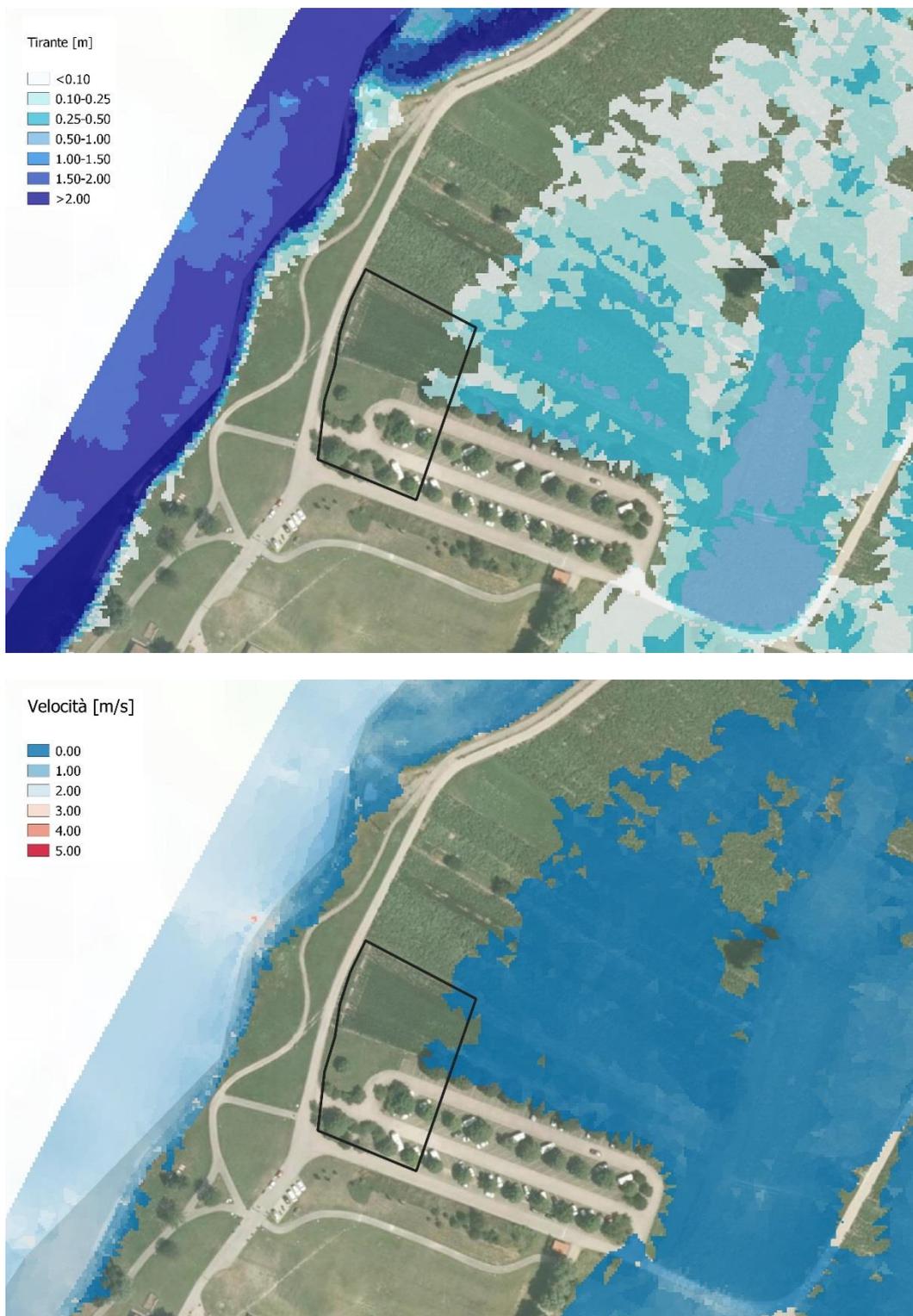


figura 40: Tiranti massimi (in alto) e velocità massime (in basso) risultanti dalle simulazioni del fiume Chiese effettuate con il software BASEMENT per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

4 Verifica di compatibilità idraulica – l.p. 5/2008

Lo studio del pericolo idraulico ha indicato che l'area oggetto di studio risulta inserita in una zona di pericolo idraulico medio – H3 a cui corrisponde un grado di penalità idraulica media – P3. Tale pericolo deriva principalmente da fenomeni di esondazione del lago di Idro, e solo in minima parte dall'esondazione del fiume Chiese.

Pertanto, la **variante al PRG del comune di Bondone riguardante la nuova area sosta camper** nei pressi di Idroland è consentita, in base alle **Norme di Attuazione al PUP, Allegato B della l. p. n. 5 del 2008**, in particolare:

- all'**Art. 14: Ambiti fluviali di interesse idraulico**: *norma gli interventi di trasformazione urbanistici negli ambiti fluviali, intesi come aree di esondazione dei fiumi. Per tali aree le condizioni da rispettare sono definite nel PGUAP:*
 - a) *non si riduca apprezzabilmente la capacità di invaso complessiva dell'ambito*
 - b) *non si determini l'incremento delle condizioni di rischio idrogeologico*
 - c) *non si determini l'aggravamento delle condizioni di pericolo poste a valle*
 - d) *non si precluda la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di pericolo.*
- all'**Art 16 Aree con penalità medie - comma 4** *Gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia previsti da nuovi strumenti di pianificazione o loro varianti in aree con penalità media sono ammessi solo se questi strumenti di pianificazione prevedono la realizzazione di apposite opere difensive che consentano il declassamento della pericolosità o l'adozione di misure di sicurezza adeguate in relazione ai fenomeni attesi. A tal fine gli strumenti di pianificazione e le loro varianti devono essere supportati dallo studio di compatibilità previsto dal comma 3. Le strutture provinciali competenti, in sede di esame delle previsioni degli strumenti di pianificazione secondo le procedure previste dalla legge urbanistica, si esprimono al riguardo con parere vincolante.*

4.1 Misure di sicurezza e accorgimenti necessari

Come previsto dall'art.16 delle Norme di attuazione al P.U.P. gli interventi di trasformazione urbanistica previsti dai nuovi strumenti di pianificazione sono ammissibili qualora prevedano la **realizzazione di apposite misure difensive che consentano il declassamento della pericolosità**.

Nel caso specifico, l'areale è inserito in un'ampia zona interessata da pericolosità H3 derivante dall'esondazione del lago di Idro, caratterizzata da valori massimi di tirante idrico di circa 1.5 m, risulta pertanto necessario da un lato ridurre la vulnerabilità della nuova area di sosta camper, dall'altro garantire che sia possibile collegare la nuova zona con aree caratterizzate da rischio inferiore o trascurabile mediante delle arterie di viabilità che possano effettivamente fungere da vie di fuga.

Gli interventi strutturali e localizzativi per la messa in sicurezza dell'area dovranno essere integrati da un protocollo di evacuazione e chiusura dell'area in caso di allerta meteo.

Misure strutturali e localizzative

Per declassare la pericolosità nella zona di studio ad un grado di pericolo H2 si prevede di innalzare l'intero areale ad una quota tale da ridurre il livello dei tiranti massimi al di sotto di 0.5 m.

Le analisi del capitolo precedente hanno messo in evidenza che la quota di allagamento massimo è pari a circa 370.1 m s.l.m per tempo di ritorno di 200 anni, a circa 369.6 m s.l.m. per tempo di ritorno di 100 anni e a circa 369.3 m s.l.m. per tempo di ritorno di 30 anni. Pertanto, **per garantire un livello di pericolo pari a H2, il terreno dovrà essere rialzato ad una quota non inferiore a 369.7 m.** Per tale quota l'area è interessata dall'esonazione del lago di Idro per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni con tiranti massimi inferiori a 0.5 m, mentre non è interessata da eventi con tempi di ritorno inferiori. Tale quota deve essere garantita anche in corrispondenza della strada individuata come via di fuga per l'allontanamento dei camper dall'area, o quantomeno di tutte le persone presenti, come indicato in figura 41. In figura 40 si riporta l'immagine della configurazione del terreno dopo l'innalzamento dell'area e della strada.

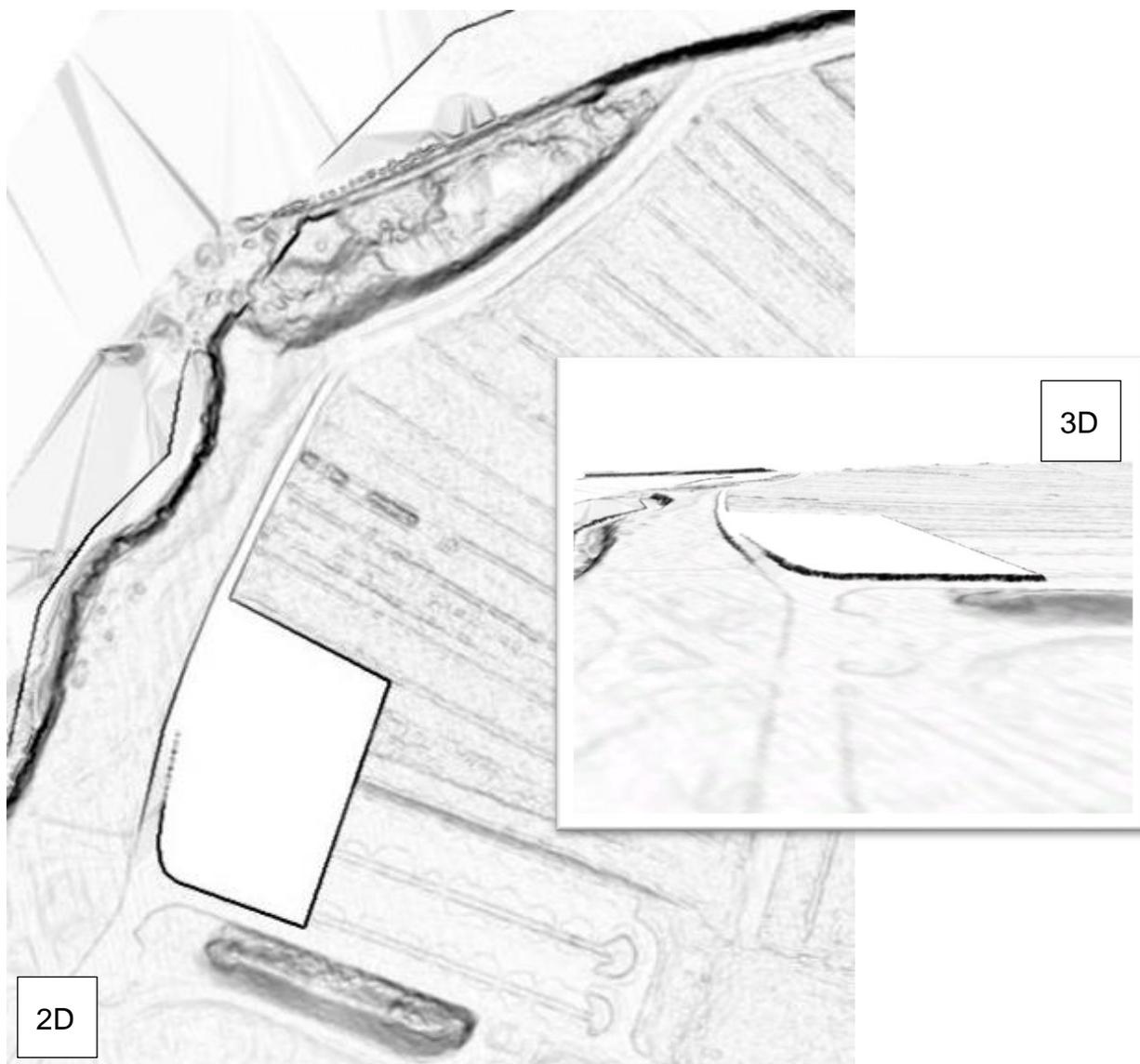


figura 41: Configurazione del terreno dopo l'innalzamento dell'area destinata a sosta camper e della via di fuga ad una quota di 369.7 m s.l.m..

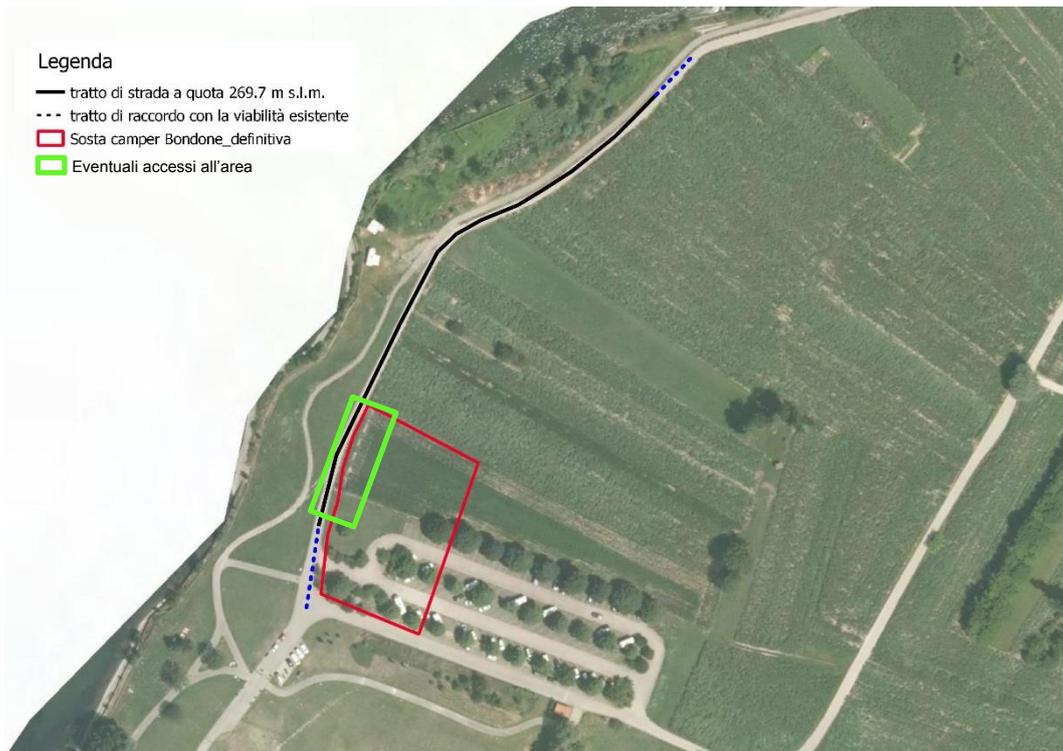


figura 42: Schema delle misure di sicurezza.

Tale configurazione è stata verificata simulando gli eventi con tempo di ritorno di 30, 100 e 200 anni. I risultati dell'analisi, riportati in figura 43 e figura 44, confermano quanto ipotizzato, infatti i tiranti nell'area di studio e lungo la via di fuga risultano pari a 0.4 m per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni e non viene raggiunta per eventi con tempi di ritorno inferiori.

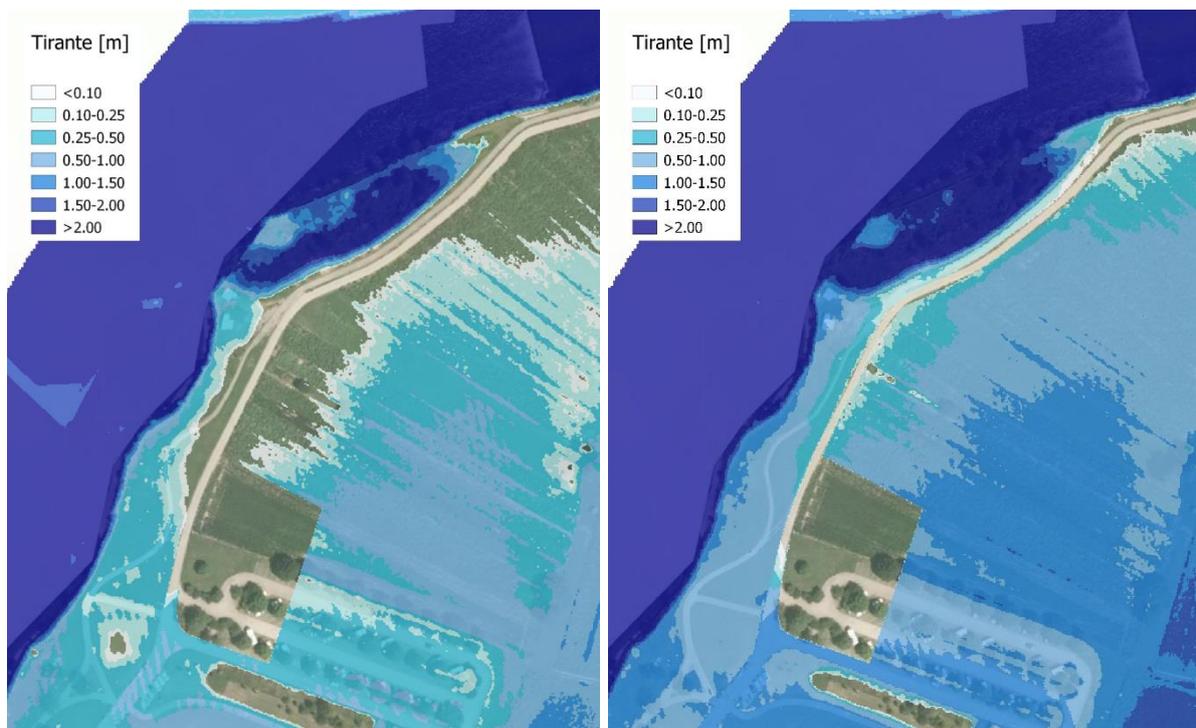


figura 43: Tiranti massimi per il Lago di Idro. Tempo di ritorno di 30 anni (a sinistra) e 100 anni (a destra).

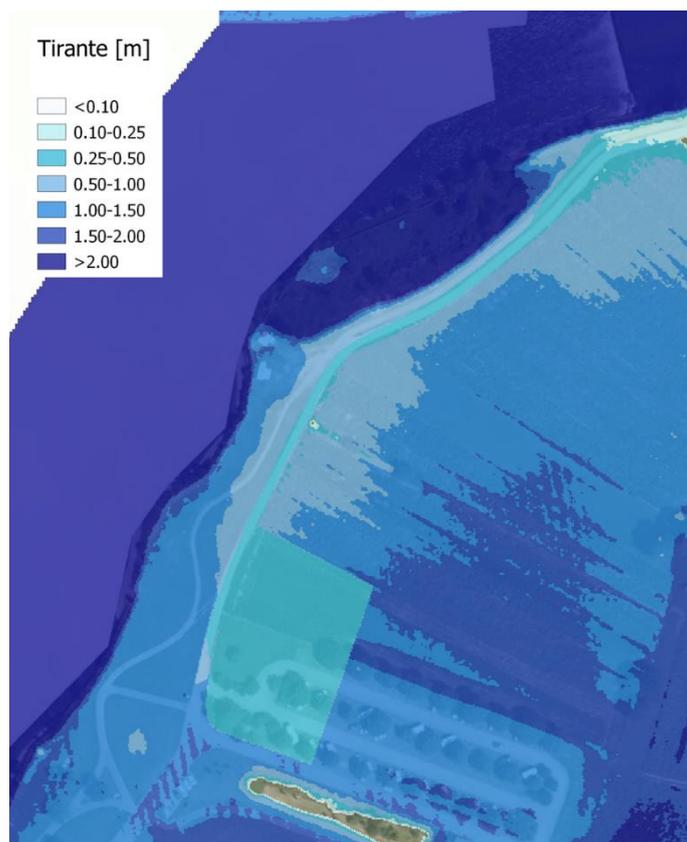


figura 44: Tiranti massimi per il Lago di Idro. Tempo di ritorno di 200 anni.

In figura 45 si riporta l'intensità analitica dell'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

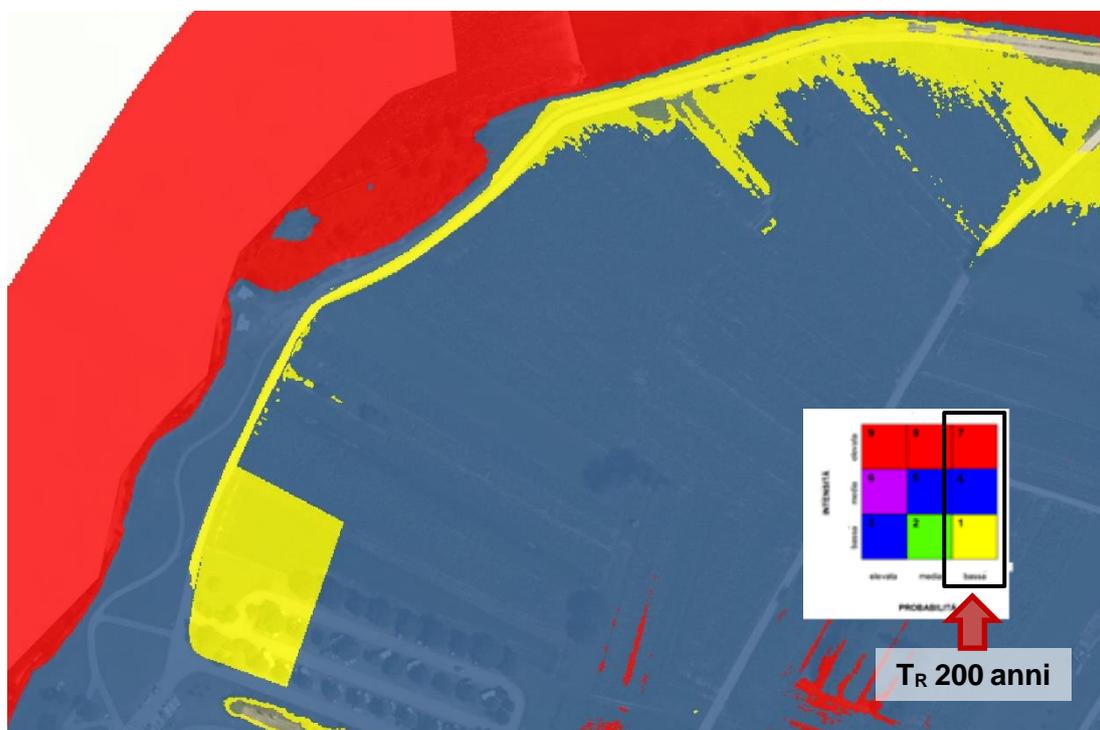


figura 45: Carta della pericolosità “analitica” per l’evento di piena con $T_R = 200$ anni in relazione alla configurazione con le quote del terreno nell’area e lungo la via di fuga rialzate a 369.7 m s.l.m.

Qualora il declassamento a livello di pericolo basso - H2 non fosse ritenuto sufficiente e si **volesse raggiungere il livello di pericolo trascurabile o assente – H1 il terreno e la via di fuga dovranno essere rialzati ad una quota superiore a 370.1 m s.l.m.**

Sulla base delle elaborazioni effettuate, le misure di protezione da adottare per declassare la pericolosità nell'area di studio sono:

- **l'area destinata alla sosta camper**, indicata in rosso in figura 42, dovrà essere **rialzata ad una quota non inferiore a 369.7 m s.l.m.**
- la **strada individuata come possibile via di fuga** in caso di allerta meteo, indicata in nero in figura 42, **dovrà essere rialzata ad una quota non inferiore a 369.7 m s.l.m.**
- **gli accessi all'area camper dovranno essere posizionati in corrispondenza al tratto di strada a quota non inferiore a 369.7 m s.l.m.**, indicato in verde in figura 42.
- nella **nuova area camper non potranno essere collocate strutture fisse o pseudo tali**, quali ad esempio bar o depositi.

Misure gestionali

Le misure di protezione indicate nel precedente paragrafo garantiscono un livello di pericolosità bassa H2, accettabile per la destinazione ad area camper della zona di studio. La tempistica di esondazione del lago di Idro permette di adottare delle misure di tipo gestionale per definire le modalità e i tempi di evacuazione dell'area in caso di allerta meteo. In particolare, **dovrà essere previsto un protocollo di allerta** che dovrà specificare nel dettaglio:

- **i soggetti incaricati a gestire l'evacuazione e la chiusura** dell'area in caso di allerta meteo;
- **le tempistiche di intervento per l'evacuazione** dell'area;
- **la viabilità da utilizzare come via di fuga** (indicata nel precedente paragrafo);
- **l'area nella quale dovranno confluire i camper** dopo l'evacuazione. Tale area dovrà essere esterna alle aree di pericolo individuate.

Per completare l'analisi si pone l'attenzione su un particolare che può sembrare, in prima istanza, trascurabile o addirittura scontato, ma che è bene chiarire nel dettaglio in questa sede. Le misure previste per rendere compatibile la variante dell'areale che ha come destinazione futura il parcheggio attrezzato per sosta camper vanno a ridurre sensibilmente il rischio nell'area di sosta stessa, e garantiscono la viabilità verso la zona che può essere chiamata "di sicurezza". Il rischio residuo che ancora insiste nella zona e sulla viabilità è in qualche modo definito accettabile, ed in ogni caso sanato grazie alla tipologia di fenomeno esondante imputabile al lago di Idro: in questo caso si ha una lenta risalita dello specchio d'acqua, ed è possibile prevedere delle misure gestionali e precauzionali prima che si verifichi l'allagamento vero e proprio, il tutto in coerenza con l'emanazione dell'allertamento meteo e delle altre operazioni coordinate di protezione civile. Di fatto, però, la strada che collega l'area a sosta camper con un settore a rischio inferiore o trascurabile ("zona di sicurezza") risulta invece interdetta dall'esondazione del Chiese, come si può osservare dall'immagine di figura 46. Nonostante sia importante avere una visione d'insieme di tutti i pericoli idraulici presenti in una data zona (fluviali,

torrentizi e lacuali), è altrettanto necessario considerare l'estrema diversità dei fenomeni attesi, sia rispetto ai processi che alle tempistiche con cui si sviluppano. Nel caso specifico, l'esondazione del Chiese non si verificherà mai in concomitanza del rigurgito del lago di Idro: è assolutamente da escludere la contemporaneità dei due fenomeni poiché estremamente diverse sono le cause forzate che portano il sistema idraulico all'instabilità. In buona sostanza la strada prefigurata per l'evacuazione dell'area a sosta camper non subisce ulteriori esondazioni in concomitanza con quella del lago di Idro e rimane quindi praticabile, garantendo effettivamente il differimento di persone e cose in zone a rischio inferiore o trascurabile, nei tempi previsti dai protocolli di allertamento.

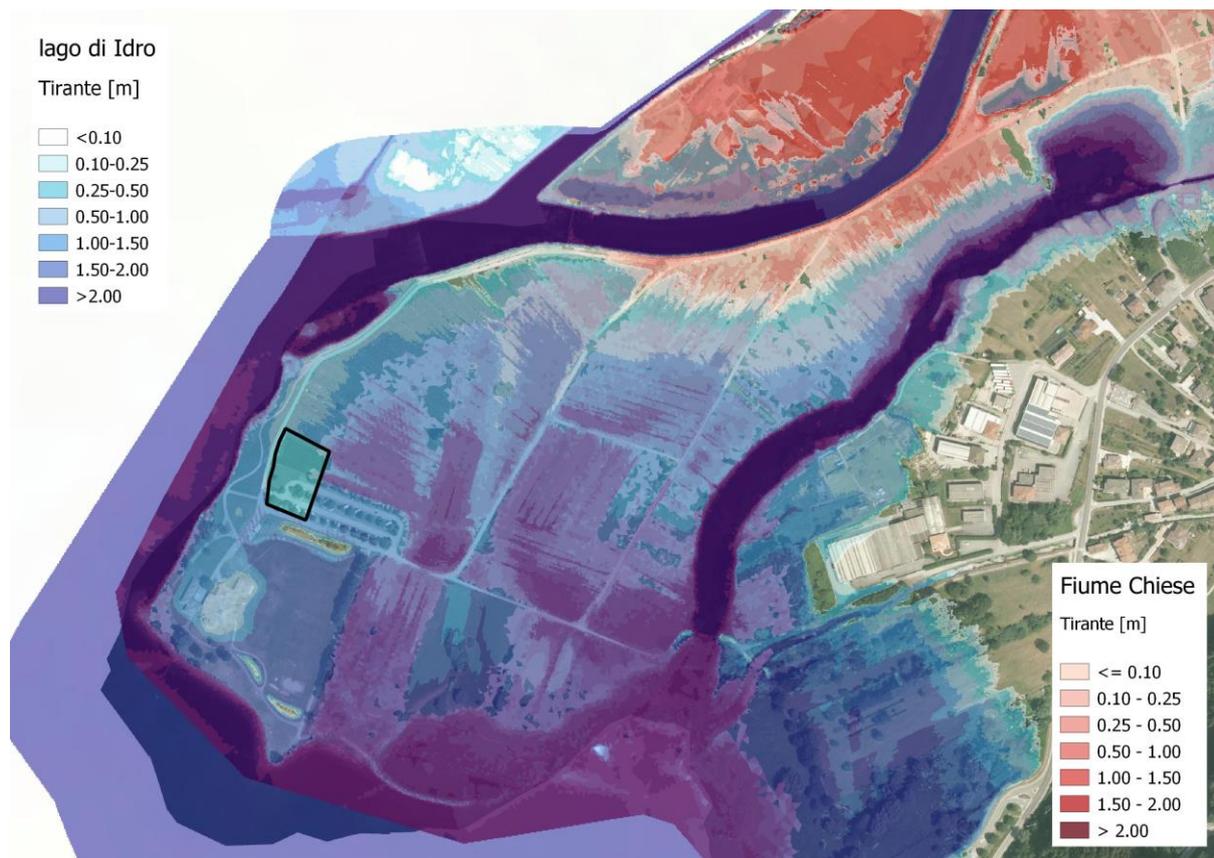


figura 46: Visualizzazione congiunta dei processi derivanti dal lago di Idro e di quelli derivanti dal fiume Chiese, per eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 200 anni.

4.2 Ambiti fluviali di interesse idraulico – Art. 14

L'areale oggetto di studio è incluso in parte in un'area di ambito fluviale di interesse idraulico a causa dell'esondazione del fiume Chiese (figura 5). Come indicato nel precedente capitolo (figura 40) il flusso proveniente dal Chiese interessa marginalmente l'areale a nord – est. L'esondazione è caratterizzata da valori massimi di tirante inferiori a 0.2 m e presenta velocità pressoché trascurabili.

L'intervento di innalzamento ad una quota di 369.7 m s.l.m., analizzato nel precedente paragrafo, impedisce al flusso proveniente dal fiume Chiese di raggiungere l'areale, garantendone la sicurezza. La quantità di flusso deviato risulta trascurabile, non si incrementano quindi le condizioni di rischio nelle aree circostanti e allo stesso tempo l'area di invaso complessivo non viene ridotta.

Pertanto, si ritiene che la modifica al PRG prevista e gli interventi per la messa in sicurezza dell'area non contrastino con quanto previsto dall'Art. 14.

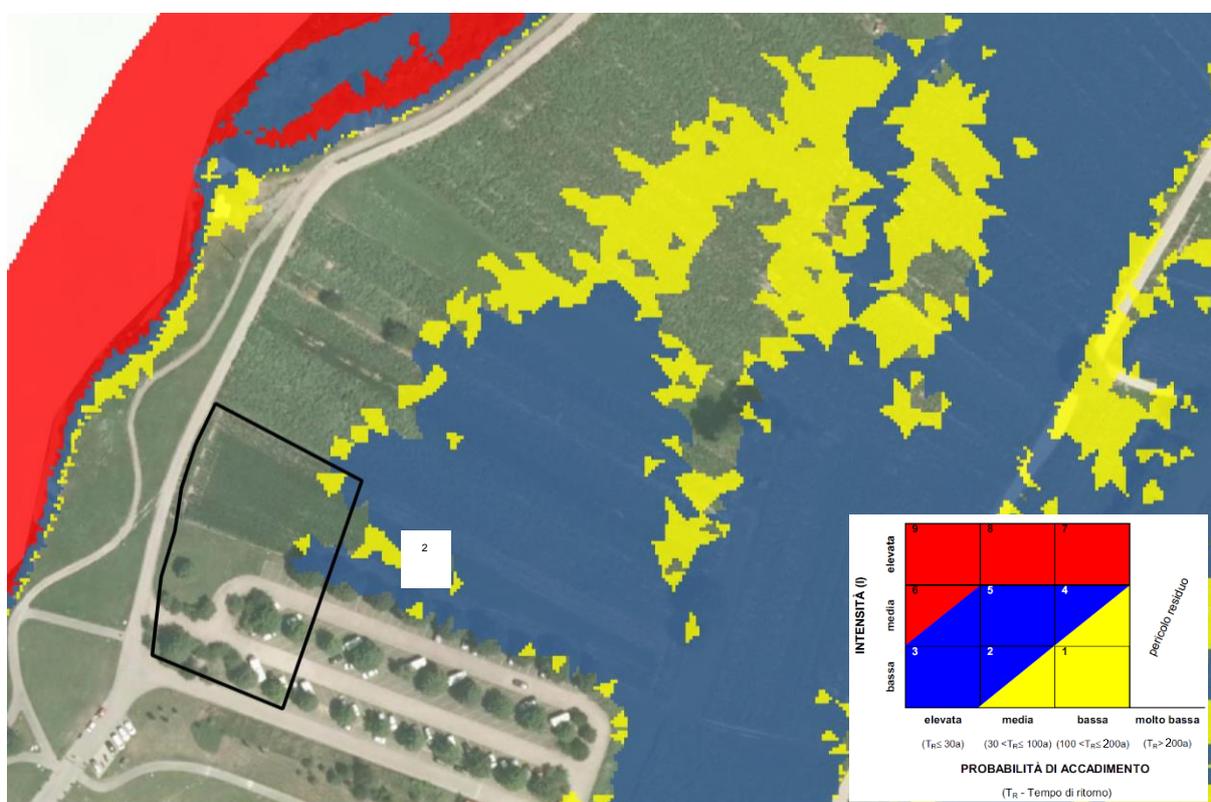
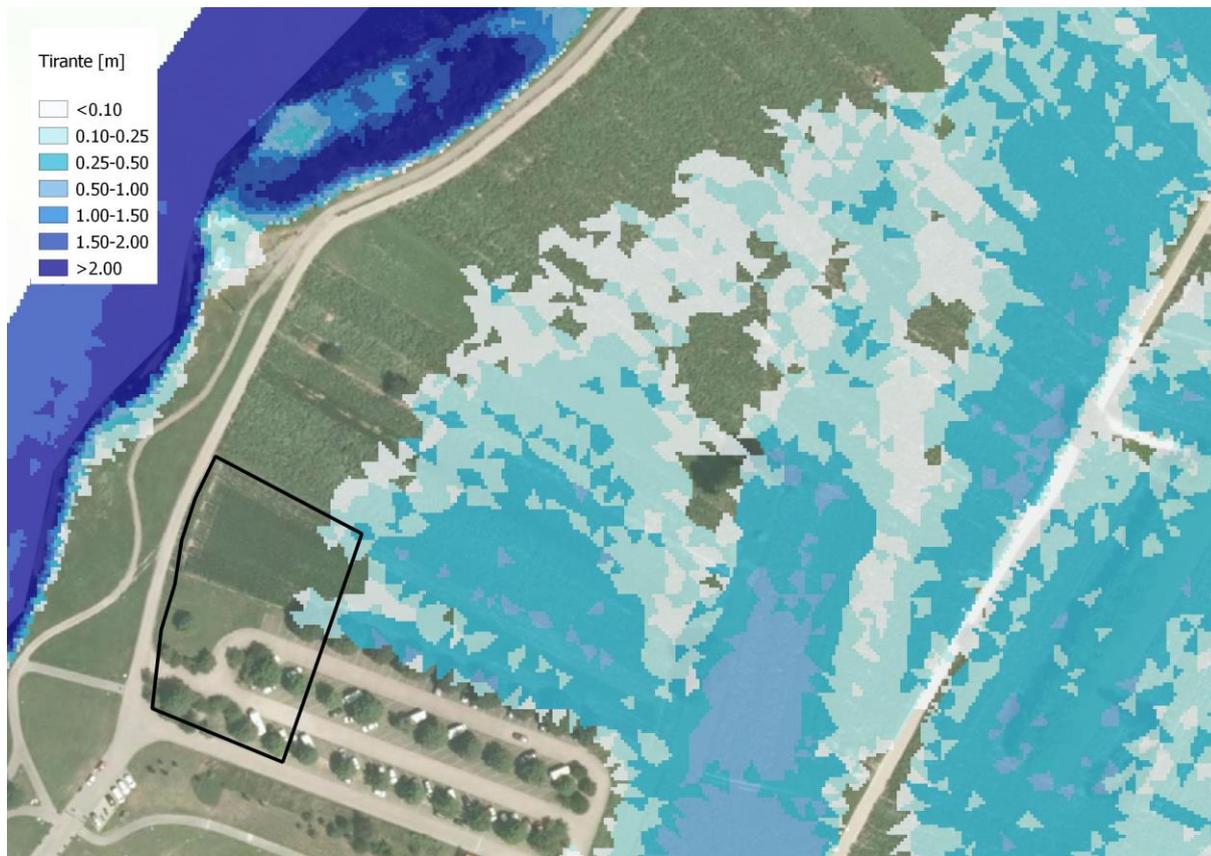


figura 47: Inquadramento della nuova zona sosta camper rispetto al processo esondante derivante dal fiume Chiese. In alto – tiranti idraulici per tr200; in basso – carta del pericolo analitico secondo Buwal.

5 Conclusioni

Visto l'art. 16 (Interventi consentiti nelle aree con penalità media) comma 4 delle **Norme di Attuazione al Piano Urbanistico Provinciale di Trento (l.p. n. 5 del 2008)** la variante al PRG del comune di Bondone, in corrispondenza delle pp. ff. 2370, 2369/1, 2369/2, 2368/2, 2368/1, 2367/1, 2367/2, 2366/1 e 2365 C.C. Bondone, è idraulicamente compatibile e quindi consentita stanti le prescrizioni descritte al precedente paragrafo.

Le opere di protezione previste per il declassamento della pericolosità nell'area di variante non causano incremento di pericolo nelle aree circostanti.

Si ricorda che tutte le successive fasi progettuali (progetto edilizio all'interno della nuova zona) dovranno essere sottoposte alla verifica di compatibilità secondo quanto previsto dalle Norme di Attuazione al Piano Urbanistico Provinciale di Trento (l.p. n. 5 del 2008).

6 Bibliografia

- Piano Urbanistico Provinciale – PUP - l.p. n. 5 del 27 maggio 2008 e Norme di Attuazione
- Legge provinciale per il governo del territorio – l.p. n.15 del 2015
- Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche - PGUAP - P. R. del 15 febbraio 2006
- Carta di Sintesi della Pericolosità – Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie e basse e le aree con altri tipi di penalità – Piano Urbanistico, norme di attuazione articoli 14, comma 3, articolo 18, comma 2 e Legge Provinciale per il governo del territorio l.p. n. 15 del 2015, articolo 22.
- “Approfondimento della verifica dei pericoli idraulici all’interno del territorio comunale di Bondone” – in.ge.na – maggio 2015.