



COMUNE DI RIVA DEL GARDA  
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



TRENTINO TRASPORTI S.p.A.

**STUDIO DI COMPATIBILITÀ  
REDATTO IN FASE DI PIANIFICAZIONE  
CON PARTICOLARE RIGUARDO AGLI ASPETTI  
DI INTERFERENZA IDRAULICA**

COMM	PROT.	DOC.	REV.	DESCRIZIONE	EMESSO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
1547	SC	R01	1	Richiesta integrazioni comune Riva d. G.	RVO	RVO	FRR	12/12/2024
1547	SC	R01	0	Emissione	RVO	RVO	FRR	29/05/2024



Il sistema di Gestione Qualità di I.C. Srl è certificato da Kiwa Cermet Italia Spa secondo ISO 9001:2015  
Certificato n°16771-A del 28/03/2018, scadenza 27/03/2027

---



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
1.1	RICHIESTA DI INTEGRAZIONI EMESSA DAL COMUNE DI RIVA DEL GARDA D.D. 10/12/2024	3
1.2	PIANO REGOLATORE GENERALE	3
1.3	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ	4
<b>2</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA</b>	<b>7</b>
2.1	CARATTERISTICHE DEL BACINO SOTTESO	7
2.2	LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	9
2.3	MODELLAZIONE IDROLOGICA	11
2.4	VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	12
<b>3</b>	<b>MODELLAZIONE IDRAULICA</b>	<b>14</b>
3.1	METODO DI CALCOLO	14
3.2	SEZIONI TRASVERSALI	15
3.3	CONDIZIONI INIZIALI	17
3.4	CONDIZIONI AL CONTORNO	17
3.5	RISULTATI DEL MODELLO IDRAULICO	17
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>30</b>
	<b>ALLEGATO A</b>	<b>32</b>

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- [1] Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5 “Approvazione del nuovo Piano urbanistico provinciale”.
- [2] Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15 “Legge provinciale per il governo del territorio”.
- [3] Decreto del Presidente della Provincia 19 maggio 2017, n. 8-61/Leg. “Regolamento urbanistico-edilizio provinciale in esecuzione della Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15”.
- [4] Legge Provinciale 8 luglio 1976, n. 18 “Norme in materia di acque pubbliche, opere idrauliche, e relativi servizi provinciali”
- [5] Decreto del Presidente della Provincia 20 settembre 2013, n. 22-124/Leg. “Regolamento di attuazione del capo I della legge provinciale 8 luglio 1976, n. 18 (legge provinciale sulle acque pubbliche) in materia di demanio idrico provinciale”.
- [6] Legge Provinciale 23 maggio 2007, n. 11 “Governo del territorio forestale e montano, dei corsi d’acqua e delle aree protette”.
- [7] Deliberazione della Giunta Provinciale n. 1317 del 4 settembre 2020 e s.m.
- [8] Deliberazione della Giunta Provinciale n. 379 del 18 marzo 2022.
- [9] “Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento”, redatto ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 22 marzo 1974, n. 381 e ss.mm.ii. e reso esecutivo con il Decreto del Presidente della Repubblica del 15 febbraio 2006.
- [10] “Analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Trento”, Associazione Italiana di idronomia, Aprile 2011.



## 1 PREMESSA

Il presente studio di compatibilità redatto in fase di pianificazione ai sensi della normativa di riferimento, come specificato al punto 8.3 “Approvazione degli strumenti urbanistici” della Delibera della Giunta Provinciale n. 379 del 18 marzo 2022, analizza la pericolosità gravante sul sito di interesse e valuta la compatibilità della destinazione di progetto con le criticità riscontrate.

La verifica di coerenza con il Piano urbanistico provinciale, approvato con la L.P. 27 maggio 2008, n. 5 ed entrato in vigore il 26 giugno 2008, interessa l’area denominata “San Cassiano”, nel settore nord-ovest dell’abitato di Riva del Garda, adiacente al tracciato del torrente Albola.



*Figura 1-1: Ortofoto dell’abitato di Riva del Garda con indicazione del settore di interesse, in cui il torrente Albola scorre in adiacenza all’area “San Cassiano”.*

La variante n. 17 al Piano Regolatore Generale di Riva del Garda introduce, in luogo di un’area agricola locale, una destinazione a servizi di tipo civile amministrativo al fine di ospitare le attrezzature complementari alla stazione delle autocorriere di Trentino Trasporti. Per la risoluzione delle problematiche che interessano l’attuale autostazione, in ragione della presenza di deposito e officina mezzi in un contesto residenziale, la variante propone la rilocalizzazione di tali funzioni nell’area San Cassiano.

## **1.1 Richiesta di integrazioni emessa dal comune di Riva del Garda d.d. 10/12/2024**

In riferimento al presente studio di compatibilità in fase di pianificazione, in data 10 dicembre 2024 il comune di Riva del Garda ha richiesto alcune integrazioni e chiarimenti per il procedimento di approvazione della variante non sostanziale n. 13 bis al PRG.

Con riguardo alla zona San Cassiano, riportata con il n. 17 tra le modifiche urbanistiche di cui alla variante al PRG sopra citata, adottata in via definitiva con provvedimento del Commissario ad acta n. 1 d.d. 19 giugno 2024, in data 11 novembre è pervenuto il parere di competenza del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento, riportato integralmente di seguito:

*“Il Servizio Bacini montani ribadisce che va stralciata la parte ricadente in area P4 in quanto non ammissibile in base dalla normativa della CSP. Per quanto riguarda lo studio di compatibilità allegato alla variante a firma del dott. Ing. Raffaele Ferrari, ritiene in linea di massima condivisibile l’analisi idraulica sul torrente Albola. In base alle modellazioni idrauliche attraverso il modello monodimensionale HEC-RAS emerge che, il passaggio della piena bicentenaria, interessa esclusivamente l’alveo del torrente Albola senza fuoriuscire dalle arginature in muratura. Tuttavia, tale condizione, è garantita se il regime di moto si mantiene ovunque rapido e non si determinano ostruzioni e/o ostacoli al deflusso tali da determinare un risalto. In tal caso, i livelli della piena, supererebbero la quota arginale. Per questo lo studio indica la necessità di “garantire lo stato di buona manutenzione del torrente”, senza indicare, peraltro, il soggetto preposto a tali operazioni. Le misure di mitigazione della pericolosità indicate in fase di pianificazione devono essere concrete ed attuabili. Pertanto, quella prevista dallo studio non è accettabile. Il Servizio chiede che venga rivista ed integrata la parte di studio inerente la compatibilità della variante di progetto con le criticità idrauliche riscontrate, svincolando le misure di mitigazione da interventi diretti sul corso d’acqua. Lo studio deve indicare delle misure di mitigazione direttamente legate alle scelte progettuali; è l’intervento di progetto stesso che deve comprendere accorgimenti costruttivi, strutturali, localizzativi, gestionali volti all’autoprotezione. Il Servizio precisa, come peraltro riportato nell’introduzione del verbale in adozione preliminare, che in fase di pianificazione tali misure possono configurarsi come indicazioni di massima in assenza di un progetto ben definito. Ciò nonostante, deve essere verificata già in fase pianificatoria la loro efficacia e fattibilità. In fase progettuale tali indicazioni devono essere dettagliate e definite puntualmente. Infine, il Servizio ribadisce l’inderogabilità della fascia di rispetto pari a 10 m prevista dalla L.P. 18/76.”*

Le integrazioni e i chiarimenti richiesti con la presente nota del Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento sono illustrati nel paragrafo “4 Conclusioni”.

## **1.2 Piano Regolatore Generale**

Dall’analisi degli elaborati grafici e della documentazione relativa al Piano Regolatore Generale vigente nel comune di Riva del Garda (in particolare la tavola grafica n. PR04 recante titolo “AZZONAMENTO SISTEMA



INSEDIATIVO – PRODUTTIVO (B)”) viene riscontrato che l’area “San Cassiano” viene classificata come “ZONA E4 AGRICOLA LOCALE (IV)”. Di seguito si riporta un estratto di tale elaborato grafico.

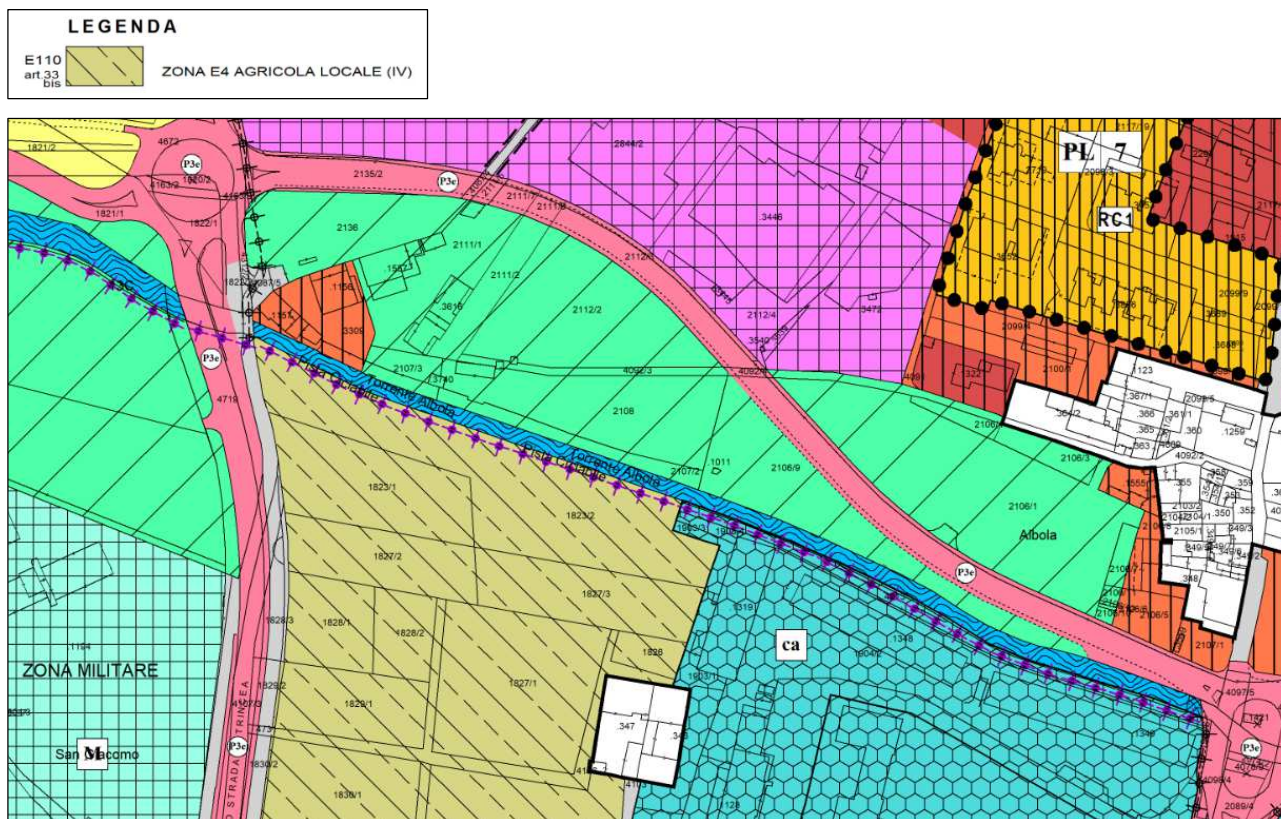


Figura 1-2: Estratto della tavola n. PR04 del Piano Regolatore Generale vigente nell’area di interesse (agosto 2022).

### 1.3 Carta di Sintesi della Pericolosità

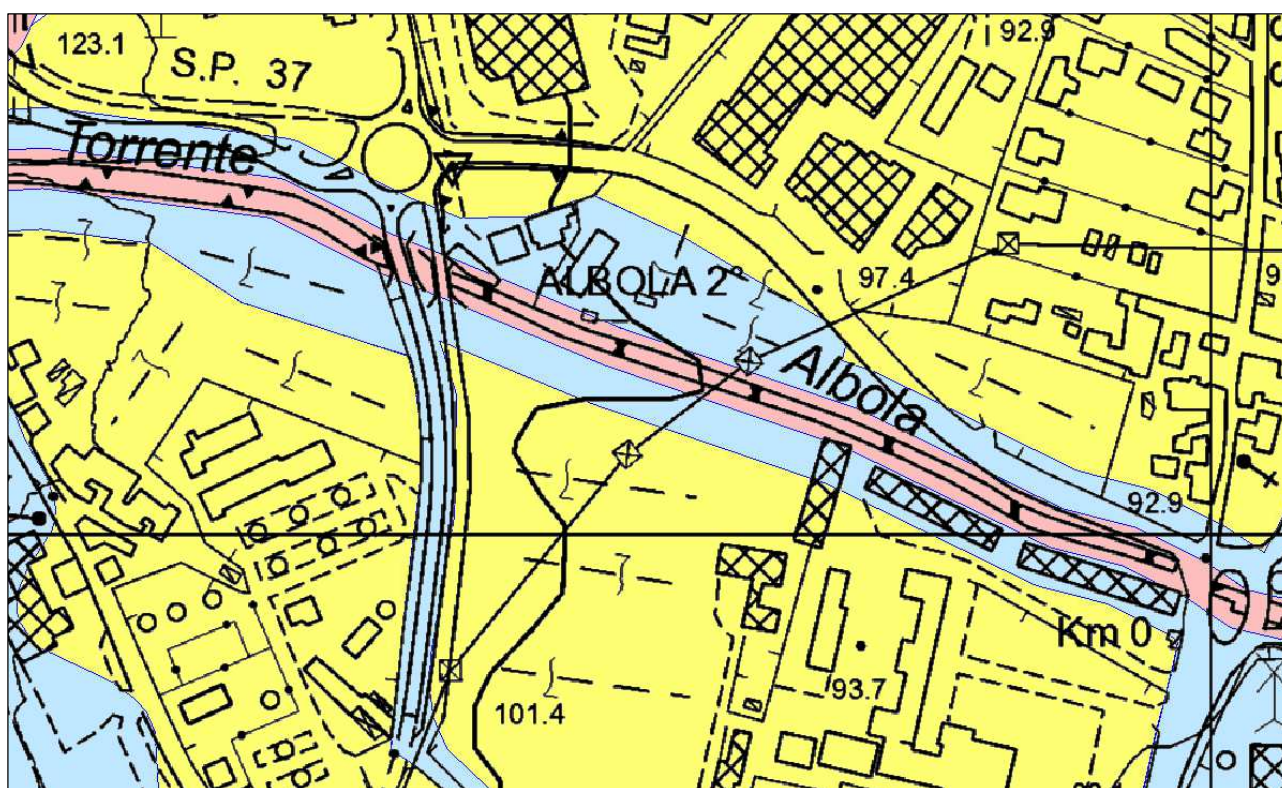
La Carta di Sintesi della Pericolosità è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP (comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della Legge Provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5) e ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo, descritti nelle Carte della Pericolosità (articolo 10 della Legge Provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 dalle Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5).

In materia di pericolo, la Carta di Sintesi della Pericolosità rappresenta lo strumento di riferimento per la pianificazione urbanistica e con la sua entrata in vigore cessano di applicarsi le disposizioni della Carta di sintesi geologica e le disposizioni in materia di uso del suolo del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (comma 2, art. 22 della L.P. 4 agosto 2015, n. 15).

Con Deliberazione n. 1078 del 19 luglio 2019 la Giunta Provinciale ha approvato l'ultima versione delle “Disposizioni tecniche per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità”. Esse, in coerenza con quanto previsto

dall'articolo 14 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5, stabiliscono, a partire dalle differenti Carte della Pericolosità, le disposizioni tecniche e la metodologia per la redazione della Carta di Sintesi della Pericolosità e le procedure per l'identificazione delle aree caratterizzate da diversi gradi di penalità, nonché dagli ambiti fluviali di interesse idraulico del Piano Generale per l'Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP).

La Giunta Provinciale con Deliberazione n. 1317 del 4 settembre 2020 ha approvato la Carta di Sintesi della Pericolosità su tutto il territorio provinciale, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo ai territori del Comune di Trento e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme, del Comune di Caldonazzo e territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg.



*Figura 1-3: Estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità nell'area oggetto dello studio di compatibilità, in sovrapposizione alla Carta Tecnica Provinciale in vigore.*

La Carta di Sintesi della Pericolosità, sulla base della classificazione della pericolosità generata dai pericoli idrogeologici, sismico, e d'incendio boschivo contenuta nelle Carte della Pericolosità (art. 10 della L.P. 1 luglio 2011, n. 9), individua diversi tipi di penalità che possono essere distinte in due gruppi, quelle ordinarie (elevata, media e bassa) e quelle di altro tipo (residua, aree da approfondire, trascurabile, ecc.). Nelle aree con penalità ordinarie l'uso del suolo è disciplinato dagli artt. 15, 16 e 17 delle Norme di Attuazione del PUP mentre per gli altri tipi di penalità si fa riferimento all'art. 18, in base al quale sono individuate anche alcune tutele speciali. Ai sensi dell'articolo 14 della Legge Provinciale 27 maggio 2008, n. 5 la Carta di Sintesi della Pericolosità riporta anche gli "Ambiti fluviali di interesse idraulico" previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.



Nella Figura 1-3 si riporta un estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità dell'area oggetto di studio con relativa legenda (Figura 1-4); la base cartografica di contestualizzazione della Carta di Sintesi della Pericolosità è costituita dalla Carta Tecnica Provinciale in vigore.










<b>Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'</b>		
<b>Classi di Penalità</b>		
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)		
<b>penalità ordinarie</b>		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
<b>altri tipi di penalità</b>		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
<b>tutele speciali</b>		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

Figura 1-4: Legenda della Carta di Sintesi della Pericolosità.

Dall'analisi della Carta di Sintesi della Pericolosità nel settore di interesse, oggetto del presente studio di compatibilità, emergono i seguenti aspetti:

- l'alveo del torrente Albola viene classificato come area a penalità P4 - elevata;
- la fascia di terreno sulla destra idrografica del torrente Albola all'interno dell'area San Cassiano, di larghezza pari a 20 m circa, viene classificata come area a penalità P3 - media;
- la parte rimanente dell'area oggetto di studio viene classificata come area a penalità P2 - bassa.

## 2 ANALISI IDROLOGICA

Di seguito si riportano le caratteristiche generali del bacino idrografico del torrente Albola sotteso all'area di interesse, nonché la portata di progetto per la verifica di compatibilità idraulica calcolata attraverso la modellazione idrologica con il software AdB-Toolbox, un applicativo GIS Open Source sviluppato per conto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

### 2.1 Caratteristiche del bacino sotteso

Considerando come sezione di chiusura del bacino idrografico la sezione in cui è attualmente presente il ponte della pista ciclabile in prossimità della rotatoria tra la Strada Statale 240 di Loppio e di Val di Ledro, via Marone e lo svincolo di accesso alla Galleria "Monte Elvo", nell'area nord-occidentale dell'abitato di Riva del Garda, il torrente Albola sottende un bacino imbrifero pari a circa 16,75 km<sup>2</sup>.

Tabella 2-1: Parametri morfometrici principali relativi al bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura

Sezione di chiusura (WGS 84)		Superficie	Quota minima	Quota massima	Quota media	Pendenza media
Coord. Est	Coord. Nord	[km <sup>2</sup> ]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[°]
642590,58	5084139,87	16,75	100,38	2099,28	1155,11	34,60

Di seguito si riportano alcune rappresentazioni grafiche per una identificazione generale delle caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino idrografico sotteso al tratto di interesse del torrente Albola.

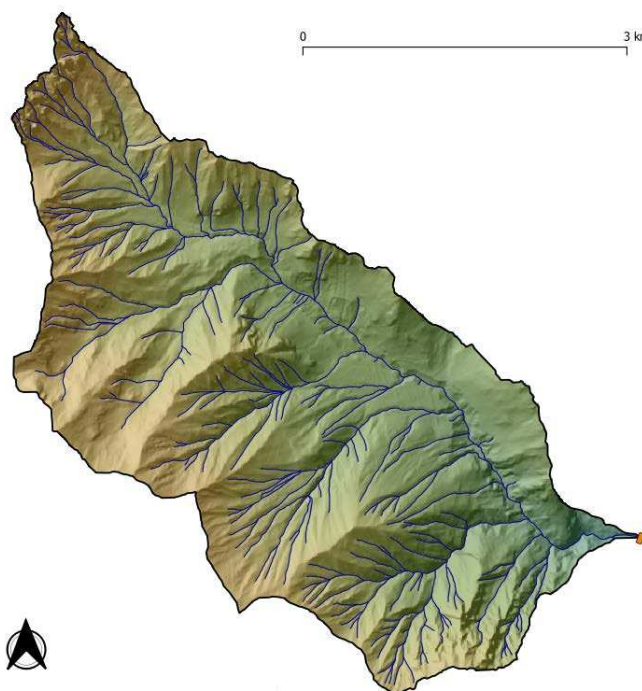


Figura 2-1: Rappresentazione del modello digitale del terreno (con risoluzione a 10 m) del bacino del torrente Albola.

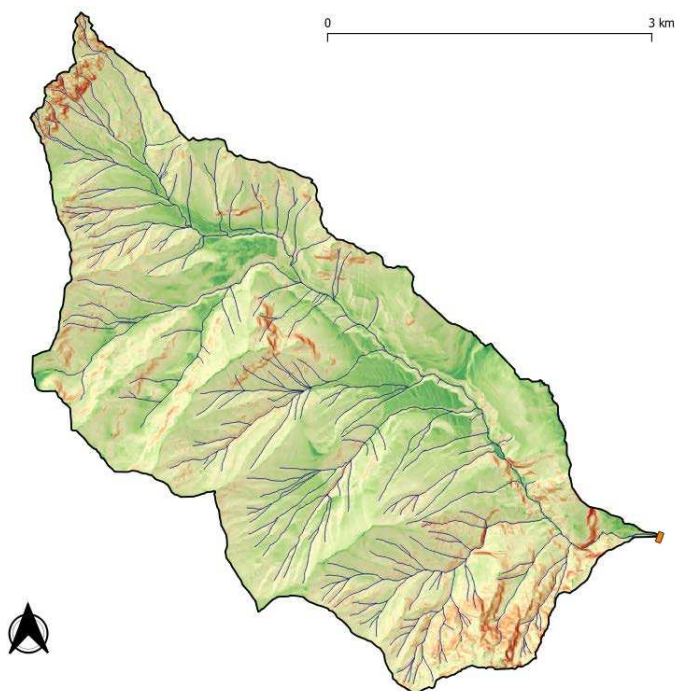


Figura 2-2: Carta delle pendenze del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

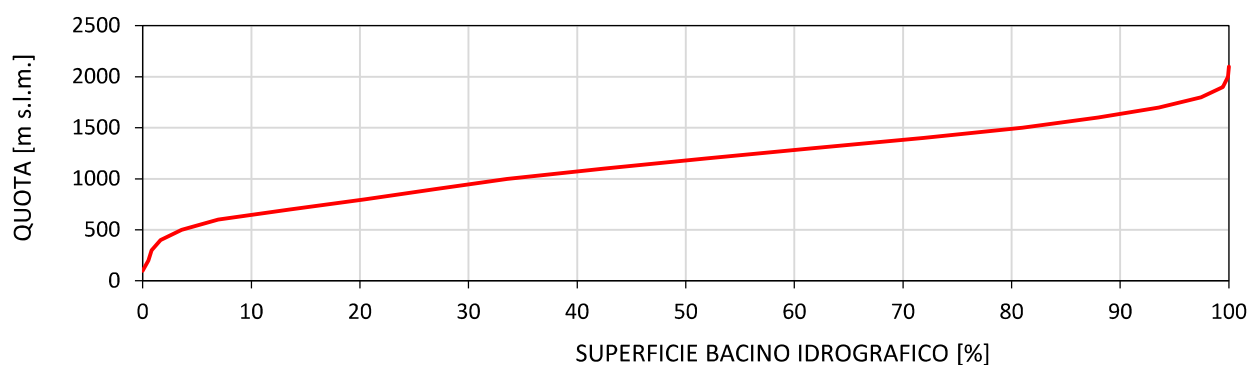


Figura 2-3: Curva ipsometrica del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

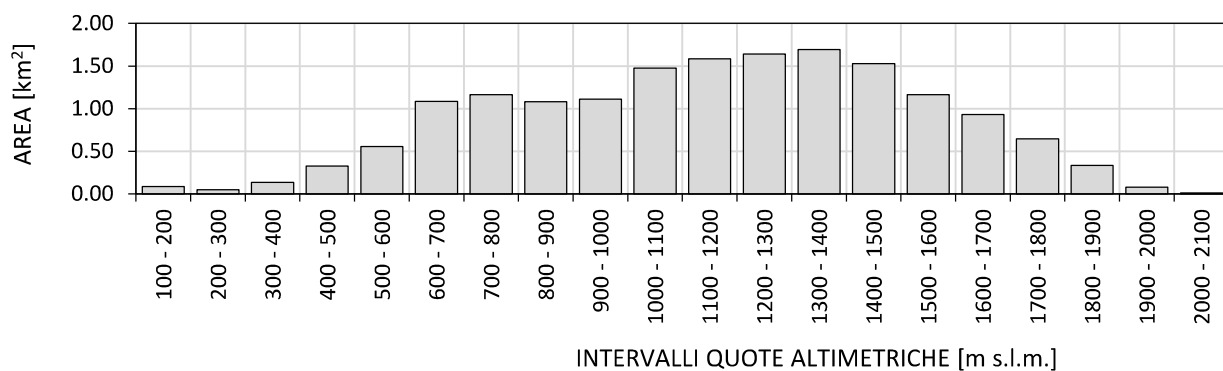


Figura 2-4: Grafico della distribuzione delle quote del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

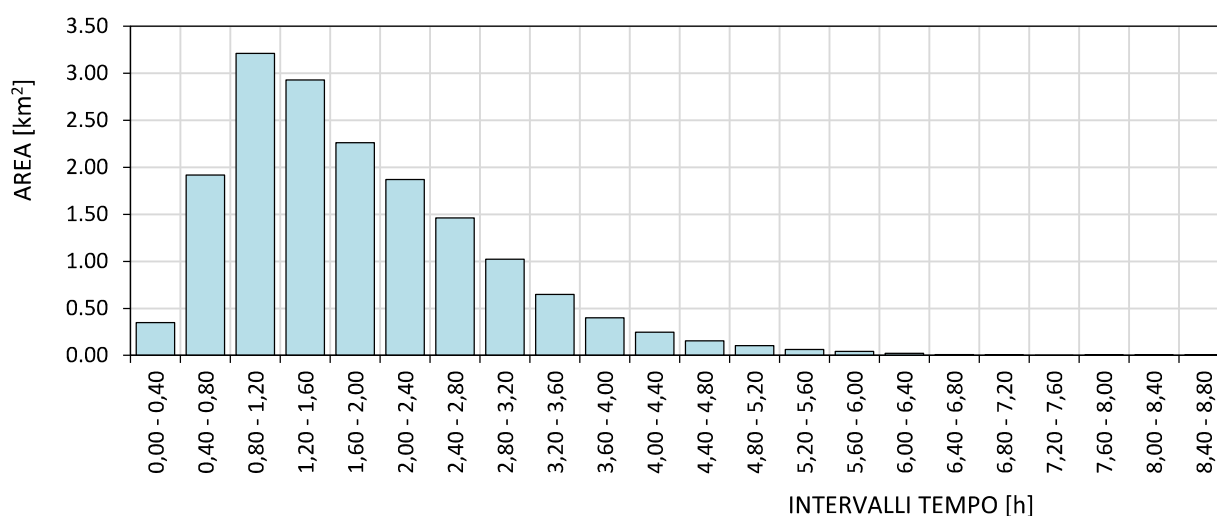


Figura 2-5: Grafico dei tempi di corrivazione del bacino del torrente Albola sotteso alla sezione di chiusura.

## 2.2 Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Per la stima dei parametri  $a$  e  $n$  della curva di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento allo studio “Analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Trento” eseguito dall’Associazione Italiana di idronomia e PAT per l’Ufficio Pianificazione e Rilevazioni Idriche della Provincia Autonoma di Trento, redatto nell’Aprile 2011. Lo studio è stato eseguito al fine di pervenire, tramite l’analisi statistica dei valori massimi annuali di precipitazione di diversa durata, alla valutazione su base regionale delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il territorio della Provincia Autonoma di Trento. Le procedure di analisi sono state applicate sulla base dei valori massimi annuali di precipitazione di breve durata registrati tra il 1923 ed il 2011 in 62 stazioni pluviografiche ubicate nel territorio provinciale. Dette 62 stazioni sono quelle caratterizzate da numerosità campionaria almeno pari a 15 anni per tutte le durate comprese nell’intervallo 1h-24h, onde garantire una buona robustezza delle stime.

I prodotti dell’elaborazione sono stati resi disponibili agli utenti tramite supporto informatico georeferenziato informatico. La disponibilità delle stime spazialmente distribuite dei parametri costituenti le linee segnalatrici consente il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica rappresentative valide per un assegnato bacino idrografico, tramite il calcolo delle medie areali dei tre parametri necessario per la costruzione delle linee segnalatrici.

Il modello AdB-Toolbox, una volta estratta la sezione di chiusura, ricava automaticamente i valori dei parametri  $a$  e  $n$  delle linee di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico sotteso, rappresentate secondo la classica relazione

$$h = a t^n \quad (2.1)$$

in cui  $h$  è l’altezza di precipitazione (in millimetri) e  $t$  è la durata dell’evento di precipitazione (in ore); i valori ottenuti sono riportati di seguito nella Tabella 2-2 e nella Tabella 2-3 e rappresentati graficamente nella Figura 2-6.





Tabella 2-2: Parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica relativi al bacino del torrente Albola.

Parametro <i>a</i>									Parametro <i>n</i>	
Tempo di ritorno [anni]									Durata precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	< 1h	> 1h
21,1	26,7	30,4	33,9	36,0	38,5	42,0	45,4	47,4	0,37	0,36

Tabella 2-3: Altezze di precipitazione (in mm) per eventi di diversa durata e tempo di ritorno.

Durata [h]	Tempo di ritorno [anni]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0,25	12,7	16,1	18,3	20,4	21,7	23,2	25,3	27,3	28,6
0,50	16,4	20,7	23,6	26,3	27,9	29,9	32,6	35,2	36,8
0,75	19,0	24,0	27,4	30,5	32,4	34,7	37,8	40,9	42,7
1,00	21,1	26,7	30,4	33,9	36,0	38,5	42,0	45,4	47,4
2,00	27,0	34,1	38,9	43,4	46,0	49,3	53,7	58,1	60,7
3,00	31,2	39,4	44,9	50,2	53,2	56,9	62,0	67,1	70,1
4,00	34,5	43,7	49,7	55,6	58,9	63,1	68,7	74,3	77,6
5,00	37,4	47,3	53,8	60,1	63,8	68,3	74,4	80,5	84,0
6,00	39,9	50,4	57,4	64,2	68,0	72,9	79,4	85,9	89,6
7,00	42,1	53,3	60,7	67,8	71,9	77,0	83,8	90,7	94,7
8,00	44,2	55,9	63,6	71,1	75,3	80,7	87,9	95,1	99,3
9,00	46,1	58,3	66,4	74,1	78,6	84,1	91,7	99,2	103,5
10,00	47,8	60,5	68,9	76,9	81,6	87,4	95,2	103,0	107,5
11,00	49,5	62,6	71,3	79,6	84,4	90,4	98,4	106,5	111,2
12,00	51,0	64,5	73,5	82,1	87,0	93,2	101,5	109,8	114,7
13,00	52,5	66,4	75,6	84,5	89,5	95,9	104,5	113,0	118,0
14,00	53,9	68,2	77,6	86,7	91,9	98,5	107,3	116,0	121,2
15,00	55,2	69,9	79,6	88,9	94,2	100,9	109,9	118,9	124,2
16,00	56,5	71,5	81,4	90,9	96,4	103,2	112,5	121,7	127,0
17,00	57,7	73,0	83,2	92,9	98,5	105,5	114,9	124,3	129,8
18,00	58,9	74,5	84,9	94,8	100,5	107,7	117,3	126,9	132,5
19,00	60,1	76,0	86,5	96,6	102,5	109,7	119,6	129,3	135,0
20,00	61,2	77,4	88,1	98,4	104,4	111,8	121,8	131,7	137,5
21,00	62,2	78,7	89,7	100,1	106,2	113,7	123,9	134,0	139,9
22,00	63,3	80,1	91,2	101,8	108,0	115,6	126,0	136,3	142,3
23,00	64,3	81,3	92,6	103,4	109,7	117,5	128,0	138,4	144,5
24,00	65,3	82,6	94,0	105,0	111,3	119,2	129,9	140,5	146,7

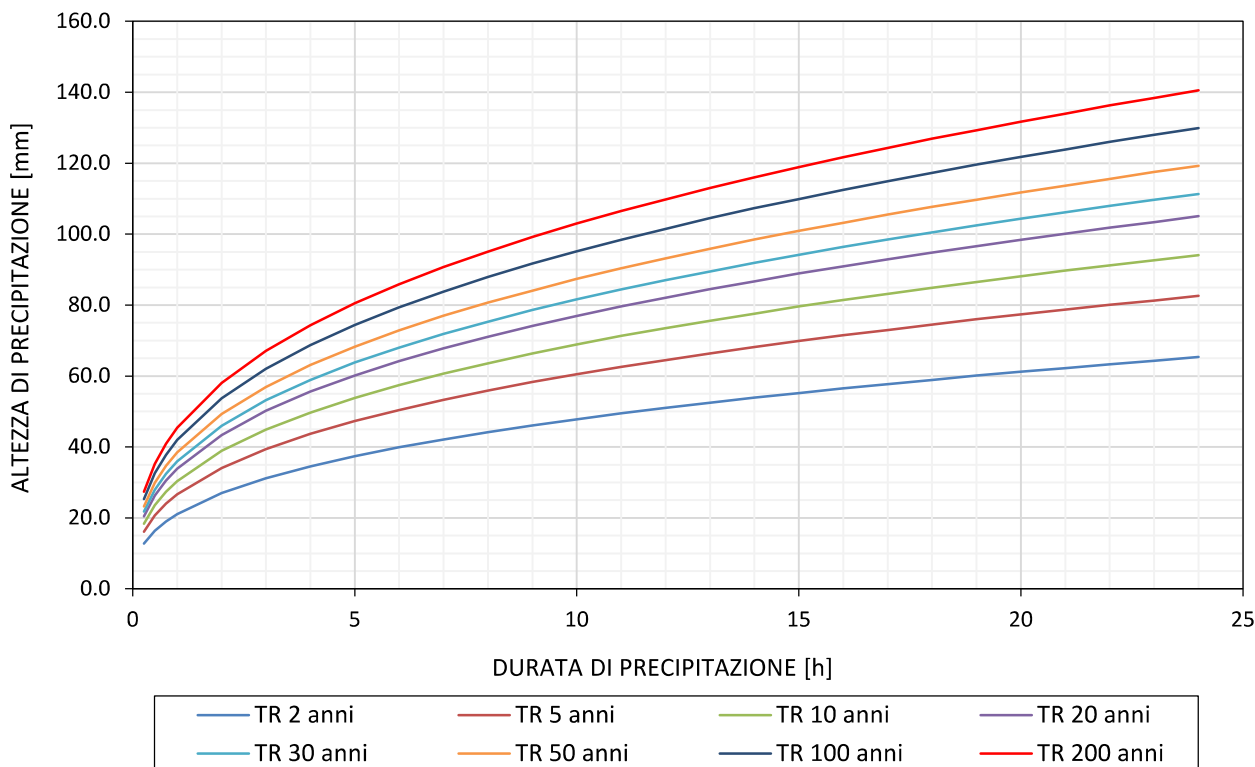


Figura 2-6: Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per il bacino idrografico del torrente Albola.

## 2.3 Modellazione idrologica

La risposta idrologica del bacino e la conseguente portata di progetto sono stati determinati tramite l'applicazione del modello afflussi-deflussi implementato nel programma AdB-ToolBox, basato sull'applicazione del metodo SCS distribuito.

Il metodo consiste nell'applicazione di un'equazione per il calcolo della pioggia efficace (corrispondente al volume di deflusso diretto) di tipo non lineare, che poi viene applicata in modo distribuito sul bacino; in tal modo si riesce a riprodurre la realtà più da vicino, in quanto si tiene conto della possibilità che vi siano alcune zone del bacino con valori elevati del CN (ad esempio rocce affioranti, aree urbanizzate, ...) che producono deflusso elevato anche per valori molto piccoli della precipitazione.

La propagazione del deflusso originato su ogni singola areola del bacino (nel caso in esame, una cella raster di dimensioni  $10 \times 10$  m) avviene in modo cinematico, sulla base dei percorsi ricavati dalla mappa dell'area drenata di derivazione morfologica. È evidente che il tempo di propagazione è funzione sia della distanza che della velocità. Fissata la prima dalla geometria del bacino e dei percorsi, la seconda potrebbe essere influenzata da numerosi fattori quali il tipo di moto, la pendenza del tirante idrico, la scabrezza. I parametri cinematici che regolano il fenomeno di propagazione sono rappresentati dalla velocità media di deflusso nella rete e dalla velocità media di deflusso sul versante.

Di seguito si riportano idrogramma di piena e ietogramma relativi al bacino idrografico del torrente Albola per un evento di precipitazione con tempo di ritorno pari a 200 anni.

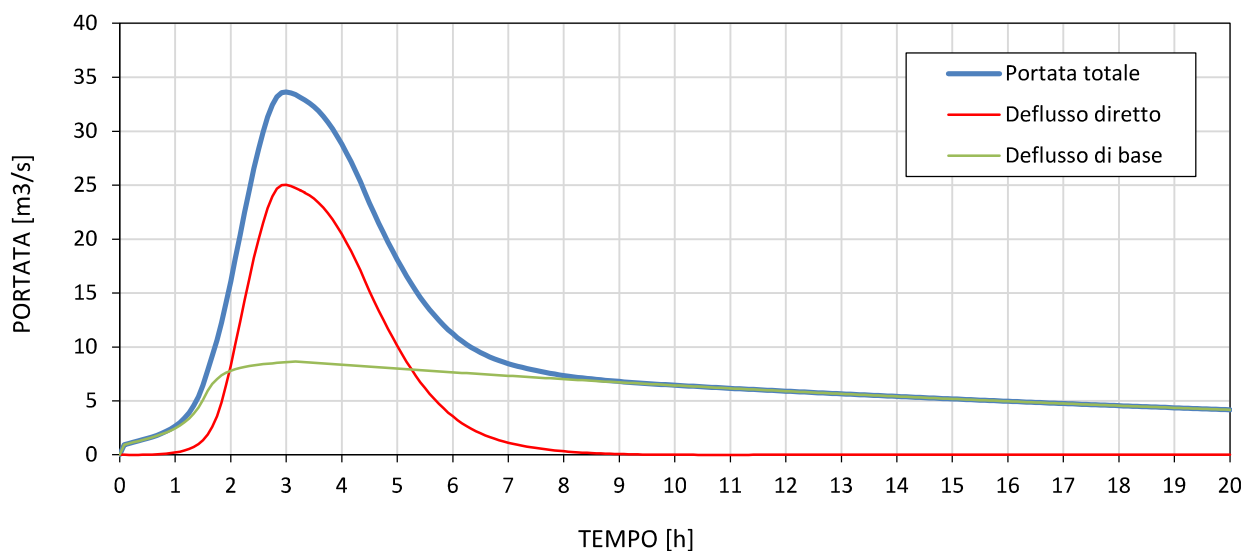


Figura 2-7: Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del bacino del torrente Albola (tempo di ritorno 200 anni).

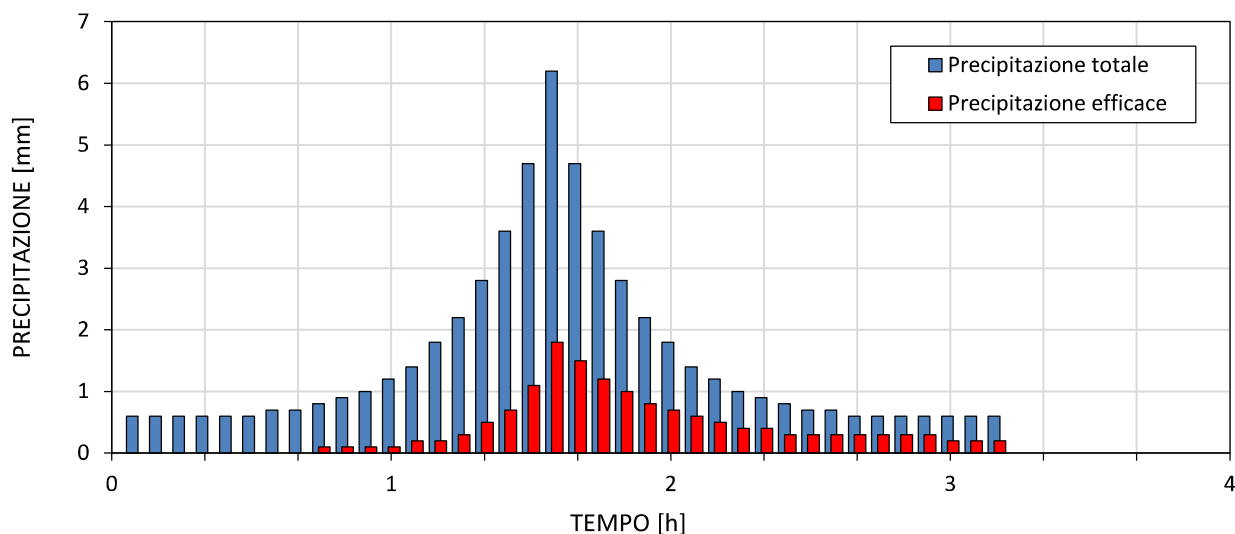


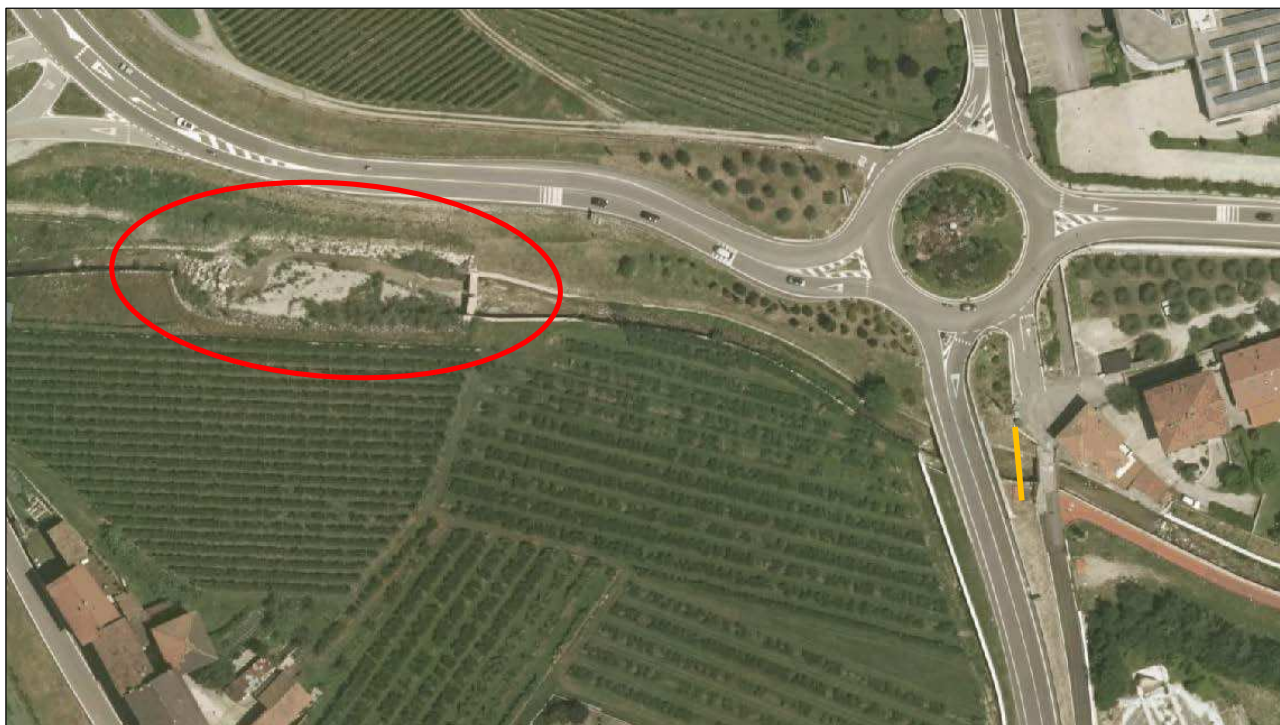
Figura 2-8: Ietogramma di progetto relativo al bacino del torrente Albola (tempo di ritorno 200 anni).

## 2.4 Valutazione della portata di piena

Per la definizione del valore della portata di progetto (associata ad un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni) viene considerato il valore di picco individuato nell'idrogramma di piena fornito in output dal software per la modellazione idrologica, pari a 33,62 m³/s.

Per tenere in conto della componente aggiuntiva di trasporto solido, nella modellazione idraulica viene considerata cautelativamente una portata maggiorata del 10%, vale a dire pari a 36,98 m³/s. Tale aumento della

portata in arrivo (associato alla presenza di trasporto solido) appare ragionevole in relazione alla presenza di una piazza di deposito, realizzata nell'anno 2009 e avente volume di invaso stimato pari a 3'000 m<sup>3</sup>, ubicata circa 100 m a monte della sezione di chiusura utilizzata per l'analisi idrologica. Ipotizzando una condizione di manutenzione ordinaria di tale manufatto idraulico, si può assumere che i sedimenti più grossolani vengano intercettati dalla piazza di deposito e che nel tratto del torrente Albola oggetto dell'analisi idraulica transitino solamente i sedimenti più fini.



*Figura 2-9: Ortofoto con indicazione della localizzazione della sezione di chiusura del bacino idrografico del torrente Albola utilizzata per la stima della portata di progetto per la verifica di compatibilità dell'area San Cassiano (in arancio) e della piazza di deposito presente immediatamente a monte (in rosso).*



### 3 MODELLAZIONE IDRAULICA

#### 3.1 Metodo di calcolo

La verifica idraulica del tratto del torrente Albola in corrispondenza dell'area denominata "San Cassiano" è stata condotta attraverso il calcolo dei profili di moto stazionario monodimensionale, con portata costante e geometria dell'alveo variabile, eseguito con l'ausilio del programma di calcolo numerico HEC-RAS (versione 6,3,1), sviluppato dall'*Hydrologic Engineering Center* dell'*U.S. Army Corps of Engineers*. L'utilizzo di questo modello prevede l'inserimento della portata di piena di progetto associata al tempo di ritorno di 200 anni  $Q_{200} = 36,98 \text{ m}^3/\text{s}$  nella sezione più a monte (sezione 19) per tutta la durata della simulazione. Come già riportato in precedenza, tale valore fa riferimento alla portata di picco individuata nell'idrogramma di piena associato ad un evento con  $T_R$  200 anni, maggiorata del 10% per tenere in considerazione il trasporto solido.

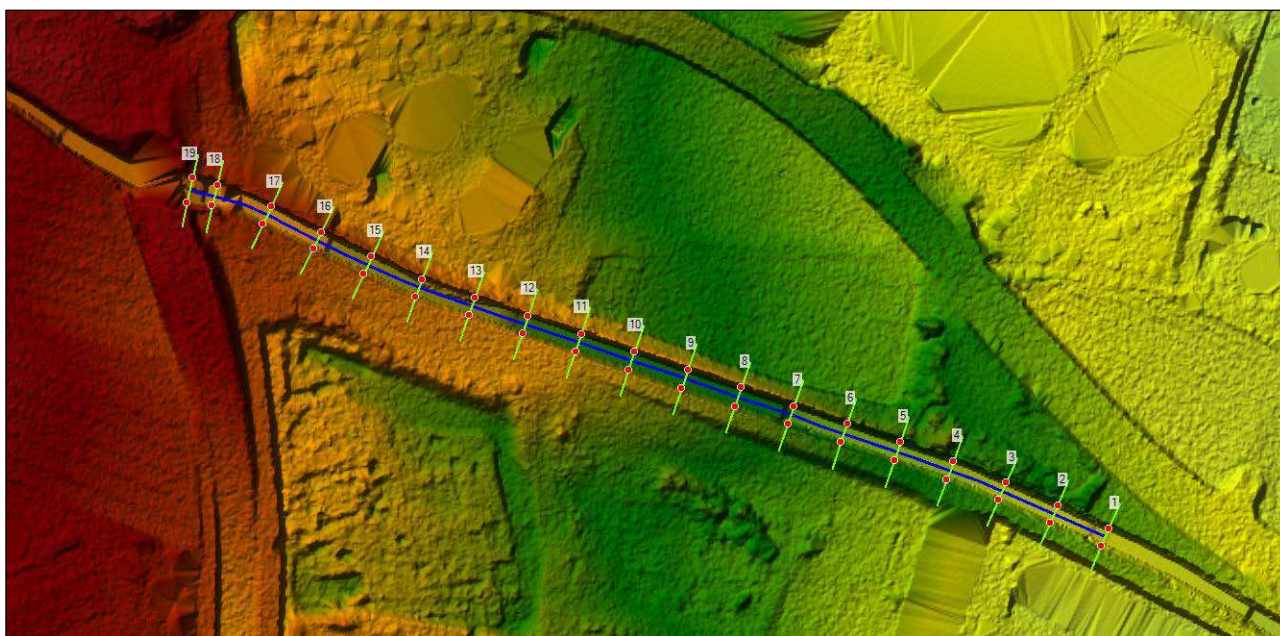


Figura 3-1: Rappresentazione planimetrica del tratto di torrente Albola oggetto della modellazione idraulica.

Tale programma richiede l'elaborazione di un modello del tratto di fiume oggetto di studio; nel caso in esame il tratto considerato nella modellazione idraulica del torrente Albola si estende per una lunghezza complessiva di circa 260 m nel tratto adiacente all'area denominata "San Cassiano", immediatamente a valle del ponte sulla pista ciclabile in prossimità della rotatoria tra la SS 240, via Marone e la bretella per l'accesso alla galleria "Monte Elvo". Dal punto di vista morfologico, il tratto presenta alcuni tratti a pendenza circa uniforme intervallati da alcune briglie ed è caratterizzato da una geometria piuttosto omogenea per la presenza di arginature verticali in muratura.

I dati necessari per lo sviluppo della modellazione idraulica del corso d'acqua con HEC-RAS sono:

- caratteristiche geometriche ed idrauliche delle sezioni trasversali (forma e dimensioni, interasse tra due sezioni successive, coefficienti di scabrezza, ...);

- valore della portata di progetto;
- condizioni al contorno.

Nella Figura 3-1 è riportata la rappresentazione del tratto di torrente Albola oggetto di studio nella configurazione attuale, con la definizione delle sezioni trasversali.

### 3.2 Sezioni trasversali

Le caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali utilizzate per il calcolo dei profili di moto permanente in condizione post intervento sono state ricavate a partire da un rilievo topografico effettuato nel torrente Albola nel mese di maggio 2024 nel tratto di interesse presso l'area "San Cassiano".

In totale sono state individuate n. 19 sezioni trasversali lungo il corso d'acqua. La distanza interasse tra sezioni trasversali successive del modello nel tratto di interesse è stata definita pari a 15 m. Le distanze progressive e parziali associate a ciascuna sezione sono riportate nella Tabella 3-1.

Tabella 3-1: Distanze parziali e progressive (rispetto alla sezione di valle) utilizzate nella modellazione.

SEZIONE	PROGRESSIVA	DISTANZE PARZIALI
1	0,00 m	-
2	15,00 m	15,00 m
3	30,00 m	15,00 m
4	45,00 m	15,00 m
5	60,00 m	15,00 m
6	75,00 m	15,00 m
7	90,00 m	15,00 m
8	105,00 m	15,00 m
9	120,00 m	15,00 m
10	135,00 m	15,00 m
11	150,00 m	15,00 m
12	165,00 m	15,00 m
13	180,00 m	15,00 m
14	195,00 m	15,00 m
15	210,00 m	15,00 m
16	225,00 m	15,00 m
17	240,00 m	15,00 m
18	255,00 m	15,00 m
19	261,70 m	6,70 m

Per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche delle sezioni, esse presentano una scabrezza uniforme sull'intera sezione; per il calcolo dei profili di moto permanente è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza con riferimento ai valori dei coefficienti di Gauckler-Strickler  $K_s$  proposti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento, riportati in Tabella 3-2.

Tabella 3-2: Valori del coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler per diverse tipologie di corsi d'acqua. Tabella V.3.9, Parte V del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche della Provincia Autonoma di Trento.

Tipologia del corso d'acqua	$k_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
<b>Corsi d'acqua minori (raggio idraulico <math>\approx 2</math> m; larghezza in piena <math>&lt; 30</math> m)</b>	
Corsi d'acqua di pianura	
• alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45 ÷ 40
• alvei regolari con vegetazione erbacea	30 ÷ 35
• alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25 ÷ 30
• alvei fortemente irregolari	25 ÷ 15
Torrenti montani	
• fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi	30 ÷ 25
• alveo in roccia regolare	30 ÷ 25
• fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20 ÷ 15
• alveo in roccia irregolare	20 ÷ 15
<b>Corsi d'acqua maggiori (raggio idraulico <math>\approx 4</math> m; larghezza in piena <math>&gt; 30</math> m)</b>	
• sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45 ÷ 40
• sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	25 ÷ 30
• sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	35
• in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20 ÷ 25
<b>Aree golenali (raggio idraulico <math>\approx 1</math> m)</b>	
• a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40 ÷ 20
• coltivate	50 ÷ 20
• con vegetazione arbustiva spontanea	25 ÷ 10
• con vegetazione arborea coltivata	30 ÷ 20
<b>Alveo in terra</b>	
• materiale compatto, liscio	60
• sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
• sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50 ÷ 45
• ghiaietto 10-30 mm	45
• ghiaia media 20-60 mm	40
• ghiaia grossa 50-150 mm	35
• limo in zolle	30
• grosse pietre	30 ÷ 25
• sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento	25 ÷ 20
• con lavorazione media	25 ÷ 20
• con lavorazione grossolana	20 ÷ 15
<b>Alveo in muratura</b>	
• muratura in pietra da taglio	80 ÷ 70
• muratura accurata in pietra da cava	70
• muratura normale in pietra da cava	60
• pietre grossolanamente squadrate	50
• scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50 ÷ 45
<b>Alveo in calcestruzzo</b>	
• pavimentazione in cemento	100
• calcestruzzo con casseforme metalliche	100 ÷ 90
• calcestruzzo con intonaco	95 ÷ 90
• calcestruzzo lisciato	90
• intonaco di cemento intatto	90 ÷ 80
• calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70 ÷ 65
• calcestruzzo costipato, superficie liscia	65 ÷ 60
• calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
• rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
• superfici irregolari in calcestruzzo	50

In particolare, è stato considerato un coefficiente  $K_s$  pari a  $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (a cui corrisponde un coefficiente di Manning pari a  $0,020 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ), valore tipico per alvei in muratura caratterizzati da scarpate lastricate e fondo in sabbia e ghiaia. Di seguito si riporta una fotografia dell'alveo del torrente Albola nel tratto oggetto della modellazione.





*Figura 3-2: Alveo del torrente Albola in corrispondenza del ponte sulla pista ciclabile (fotografia 20 maggio 2024).*

Le variazioni geometriche delle sezioni del corso d'acqua lungo il suo asse vengono tenute in conto all'interno del modello HEC-RAS con l'inserimento di opportuni valori dei coefficienti di contrazione e di espansione nelle sezioni trasversali.

### **3.3 Condizioni iniziali**

Per quanto riguarda le condizioni iniziali, esse consistono nel valore della portata in ingresso. La portata di riferimento avente tempo di ritorno di 200 anni viene considerata pari a  $36,98 \text{ m}^3/\text{s}$  per la sezione di ingresso alla zona di interesse.

### **3.4 Condizioni al contorno**

Le condizioni al contorno di monte e valle sono state poste pari all'altezza di moto uniforme, considerando la pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo dell'alveo nel tratto di monte (definita pari al 5,5%) e nel tratto di valle (2,5%). Il modello è stato esteso a monte e a valle in modo sufficiente da ridurre al minimo gli effetti delle condizioni al contorno imposte.

### **3.5 Risultati del modello idraulico**

In Figura 3-3 è riportata l'ortofoto del tratto di torrente Albola interessato dalla modellazione idraulica all'interno del programma di calcolo dei profili di moto, con l'indicazione delle sezioni trasversali inserite in HEC-RAS.



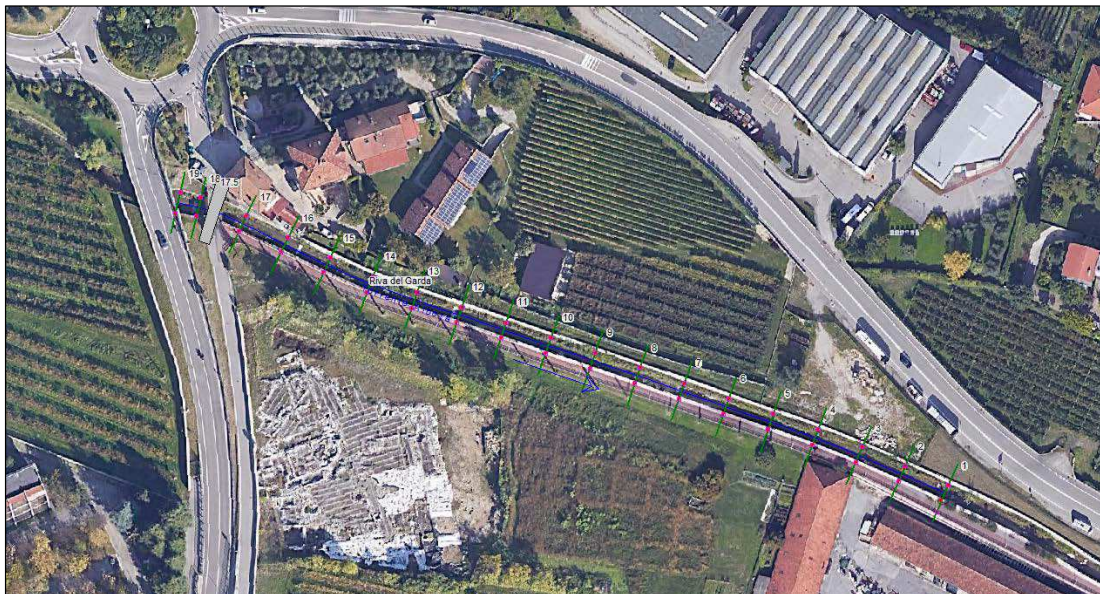


Figura 3-3: Rappresentazione planimetrica con sovrapposizione all'ortofoto, con indicazione delle sezioni trasversali utilizzate dal modello di calcolo per la definizione dei profili di moto.

In Figura 3-4 viene riportata una rappresentazione tridimensionale del tratto modellato al passaggio della piena di progetto (simulazione con tempo di ritorno pari a 200 anni).

In Figura 3-5 si può osservare il profilo di moto ottenuto dalla simulazione, con l'indicazione dei livelli del pelo libero (WS, linea blu), dell'altezza critica (Crit, linea rossa), della linea dell'energia (EG, linea verde) e dei livelli delle sponde destra (Right Levee, in viola) e sinistra (Left Levee, in fucsia).

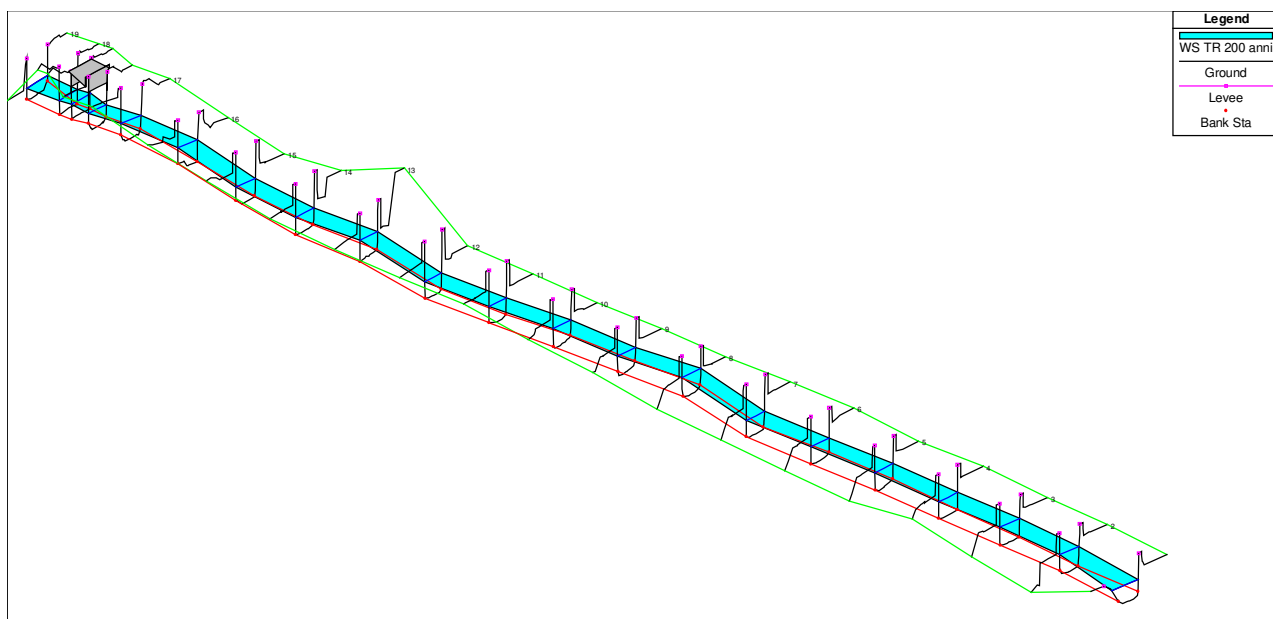


Figura 3-4: Rappresentazione tridimensionale del tratto di torrente Albola oggetto di studio al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

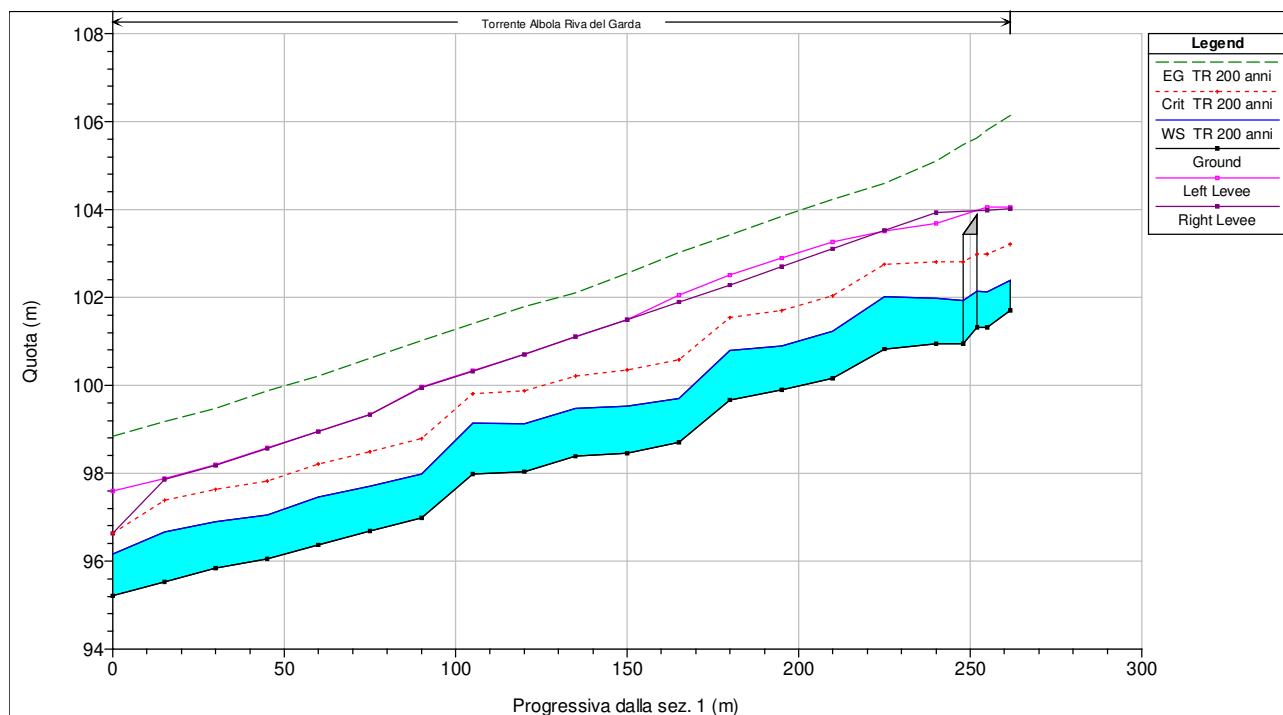


Figura 3-5: Profilo di moto nel tratto del torrente Albola oggetto della modellazione idraulica al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Tabella 3-3: Risultati della simulazione HEC-RAS al passaggio della piena di progetto.

River Station	Q Total [m³/s]	Min. Elev. [m s.l.m.]	W.S. Elev. [m s.l.m.]	Crit. W.S. [m s.l.m.]	E.G. Elev. [m s.l.m.]	E.G. Slope [m/m]	Vel. Chan. [m/s]	N. Froude [-]
19	36,98	101,70	102,39	103,20	106,14	0,055013	8,58	3,45
18	36,98	101,32	102,12	102,98	105,80	0,041828	8,50	3,12
17.5	Ponte pista ciclabile							
17	36,98	100,94	101,98	102,81	105,10	0,027468	7,82	2,56
16	36,98	100,82	102,02	102,76	104,60	0,018897	7,12	2,20
15	36,98	100,15	101,22	102,03	104,23	0,024854	7,70	2,49
14	36,98	99,90	100,90	101,70	103,85	0,024412	7,62	2,48
13	36,98	99,66	100,79	101,54	103,43	0,019379	7,20	2,24
12	36,98	98,71	99,71	100,58	103,02	0,027068	8,07	2,61
11	36,98	98,46	99,52	100,34	102,55	0,023960	7,73	2,47
10	36,98	98,39	99,47	100,21	102,10	0,020236	7,20	2,27
9	36,98	98,03	99,13	99,88	101,79	0,021152	7,25	2,28
8	36,98	97,99	99,14	99,80	101,40	0,015883	6,70	2,04
7	36,98	96,99	97,99	98,80	101,02	0,025192	7,77	2,51
6	36,98	96,69	97,70	98,49	100,61	0,024294	7,56	2,47
5	36,98	96,37	97,45	98,22	100,22	0,022560	7,38	2,38
4	36,98	96,06	97,06	97,83	99,87	0,023301	7,44	2,42
3	36,98	95,85	96,90	97,63	99,48	0,019637	7,14	2,25
2	36,98	95,53	96,66	97,39	99,18	0,018119	7,06	2,17
1	36,98	95,21	96,16	96,63	98,84	0,026009	7,45	2,49

Di seguito si riportano le sezioni trasversali estratte da HEC-RAS nella configurazione esistente, con il corso d'acqua interessato dal transito dell'evento di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

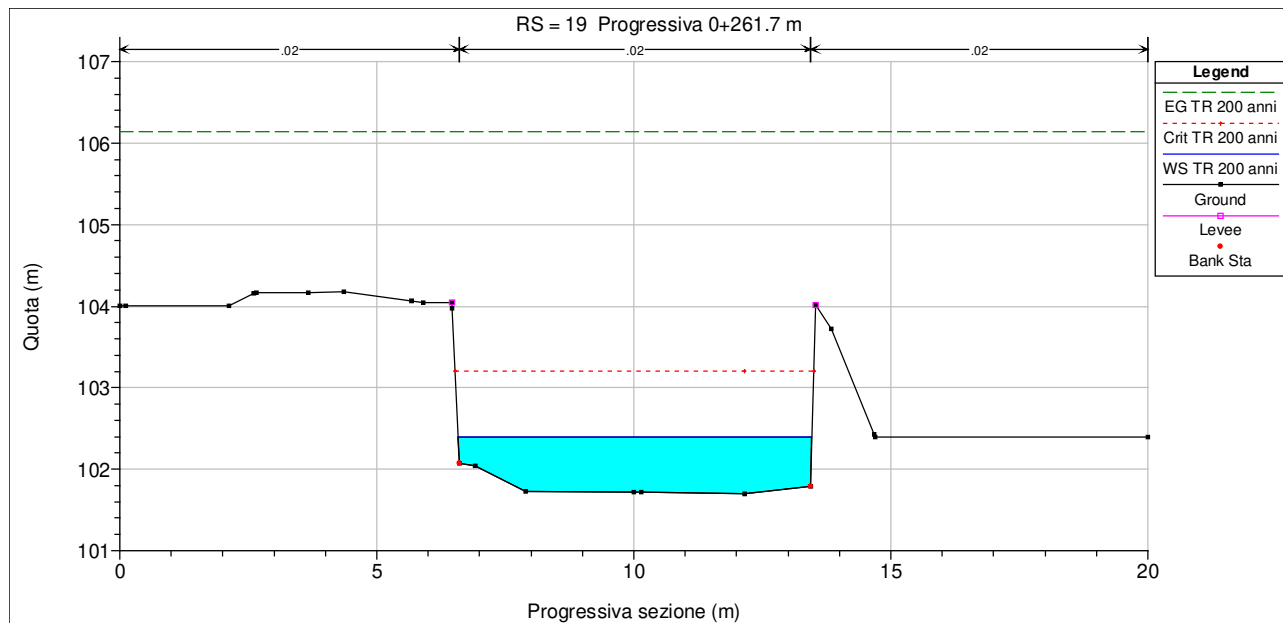


Figura 3-6: Sezione trasversale HEC-RAS n. 19.

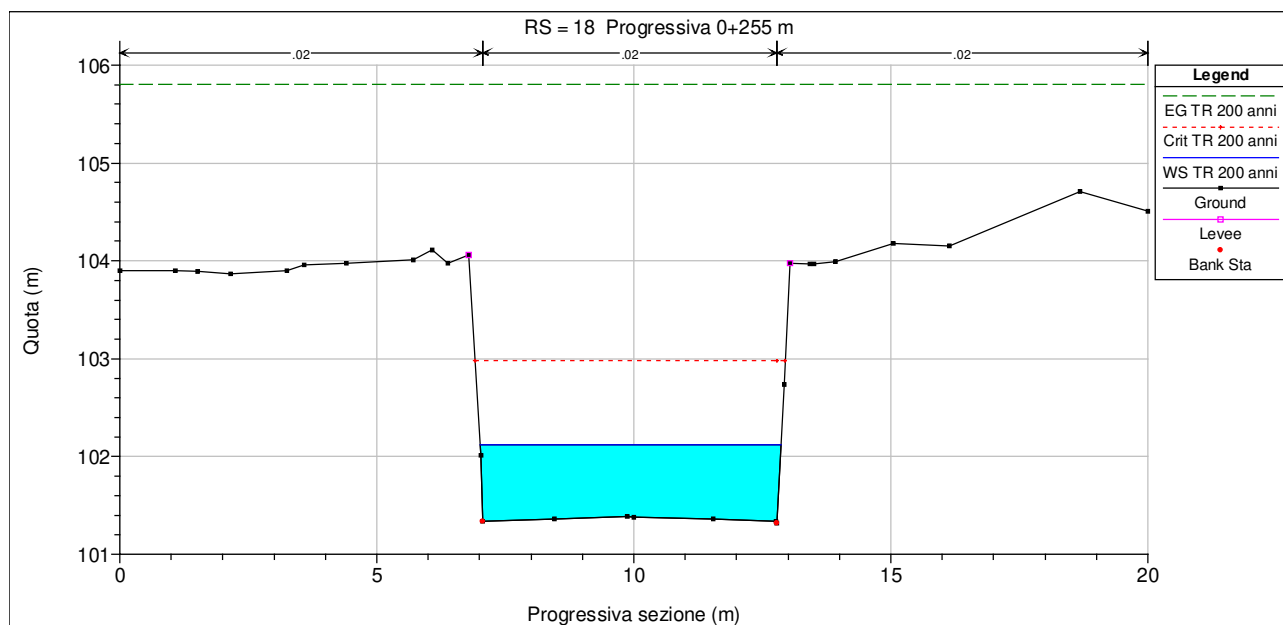


Figura 3-7: Sezione trasversale HEC-RAS n. 18.

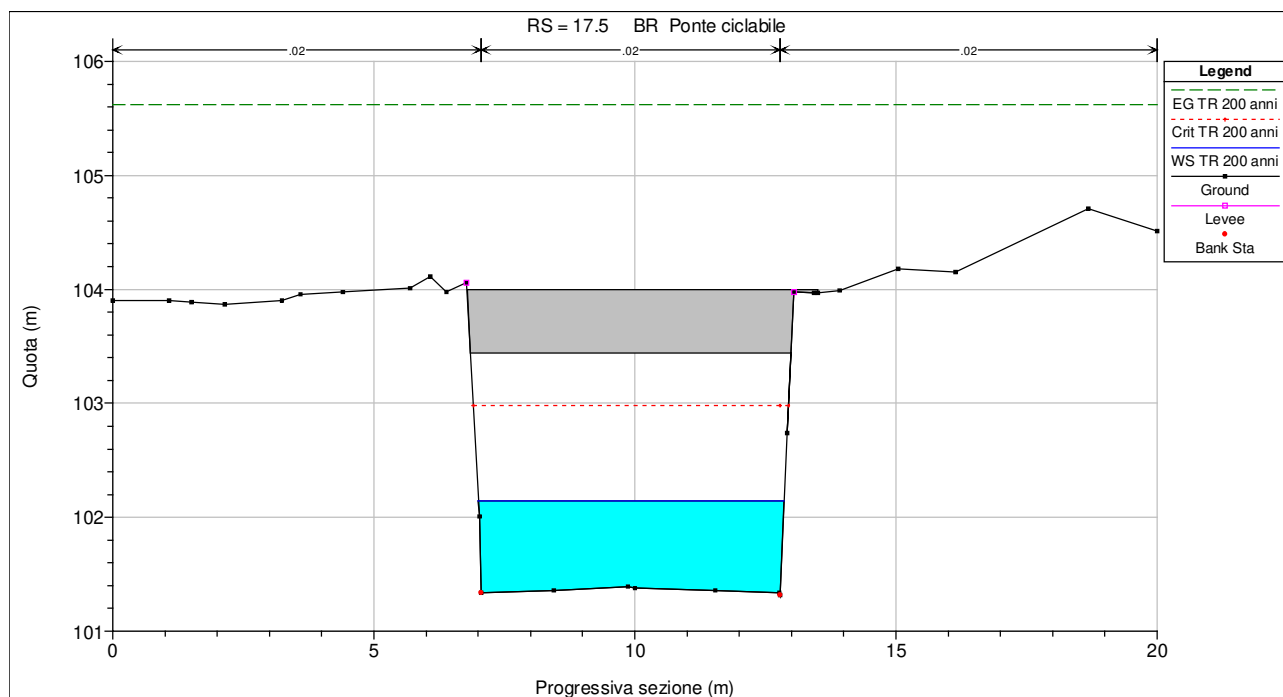


Figura 3-8: Sezione trasversale HEC-RAS n. 17.5 in corrispondenza del ponte della pista ciclabile esistente.

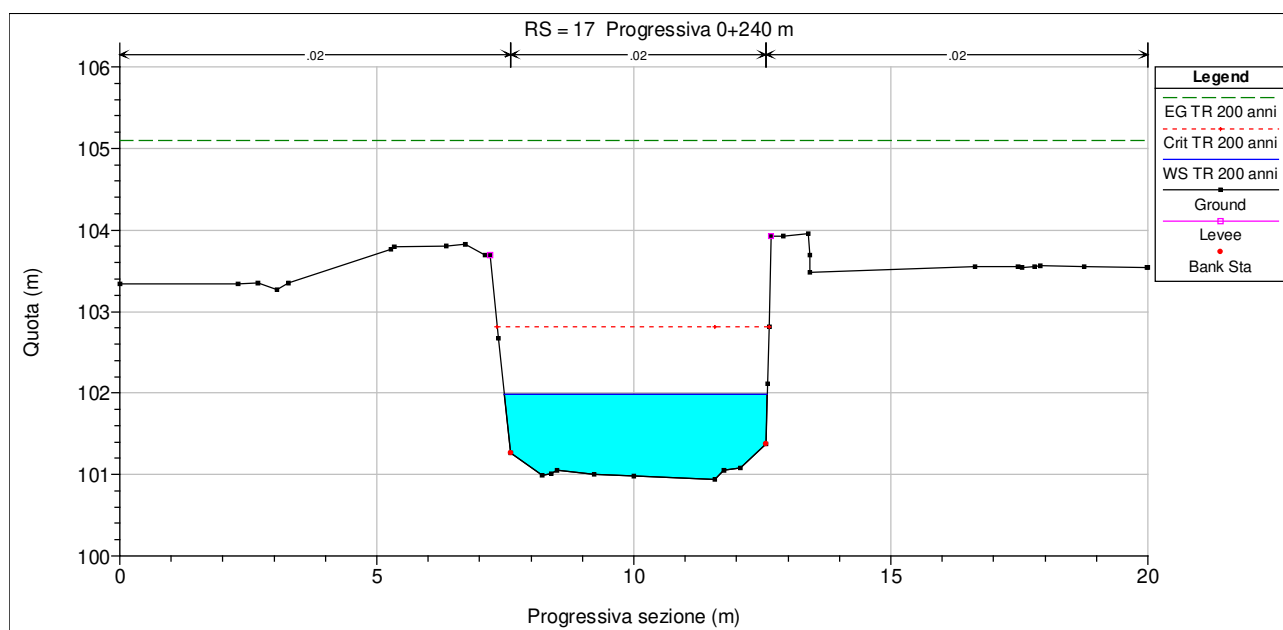


Figura 3-9: Sezione trasversale HEC-RAS n. 17.

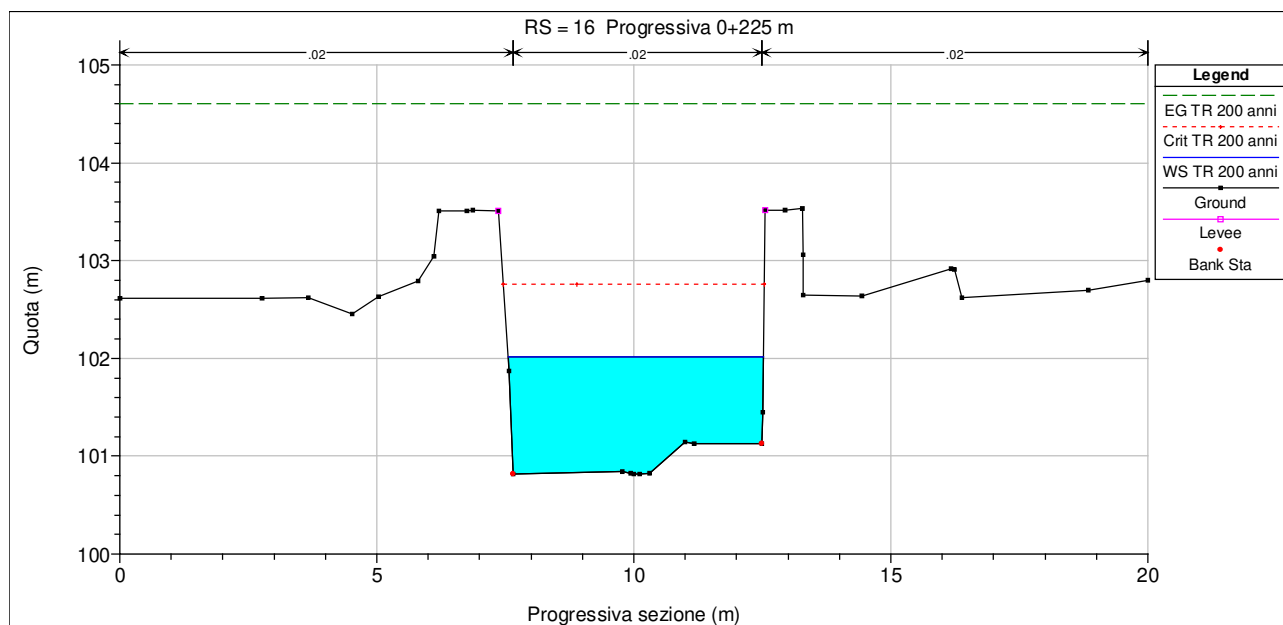


Figura 3-10: Sezione trasversale HEC-RAS n. 16.

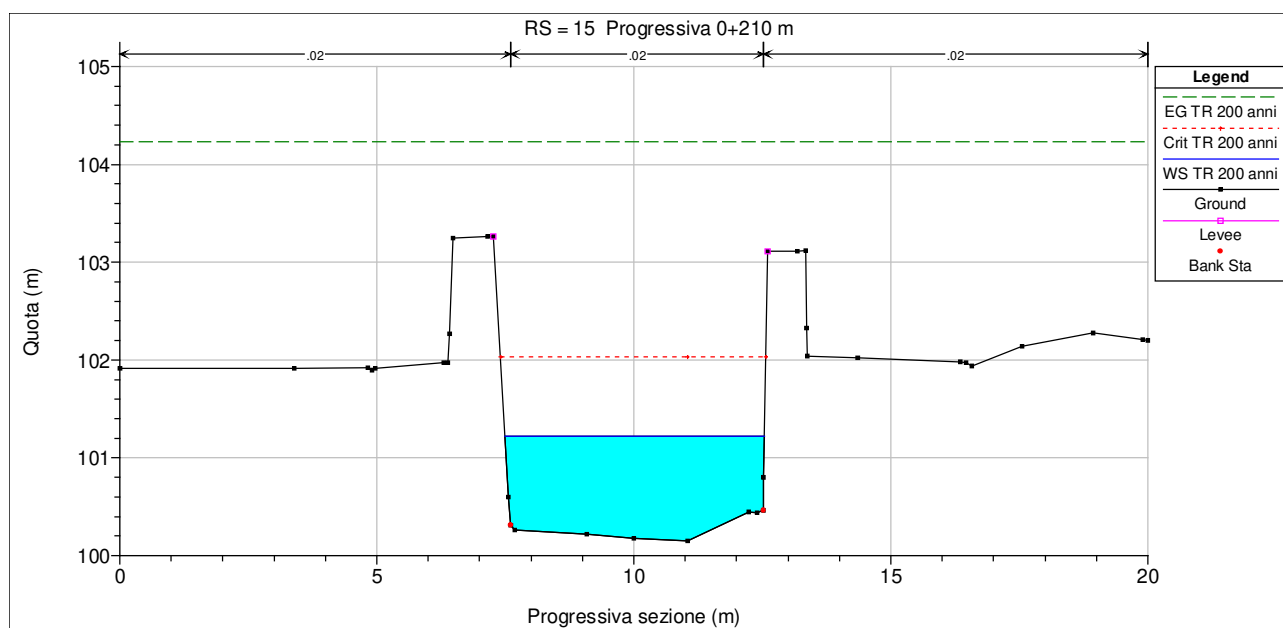


Figura 3-11: Sezione trasversale HEC-RAS n. 15.

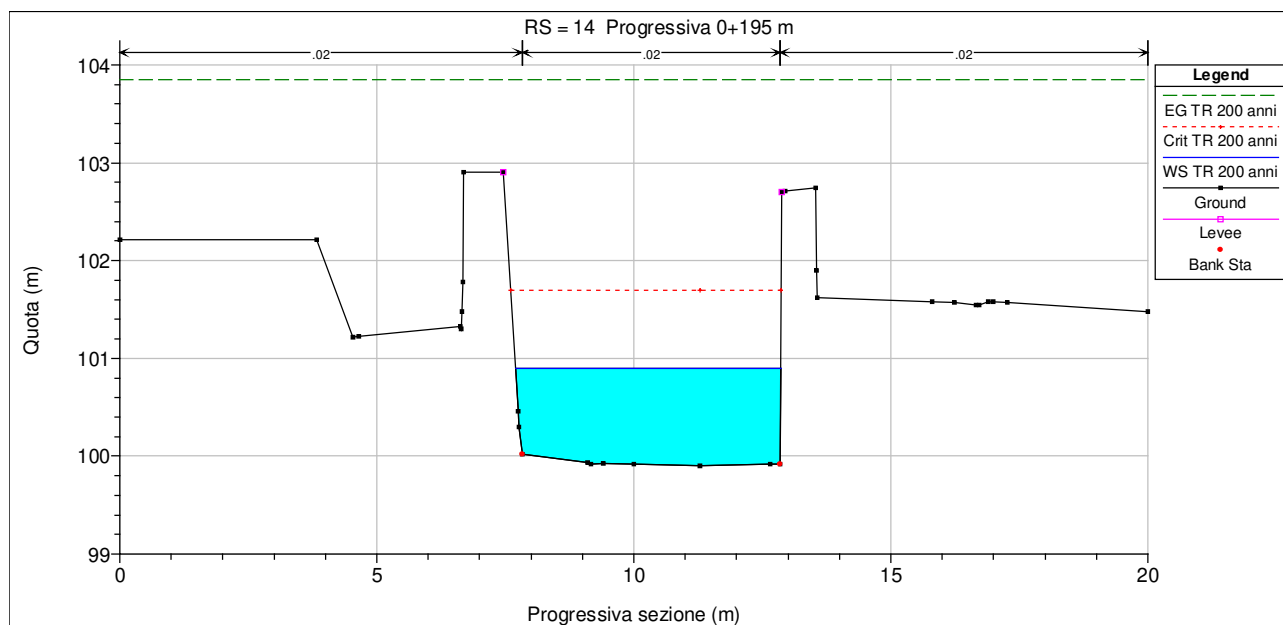


Figura 3-12: Sezione trasversale HEC-RAS n. 14.

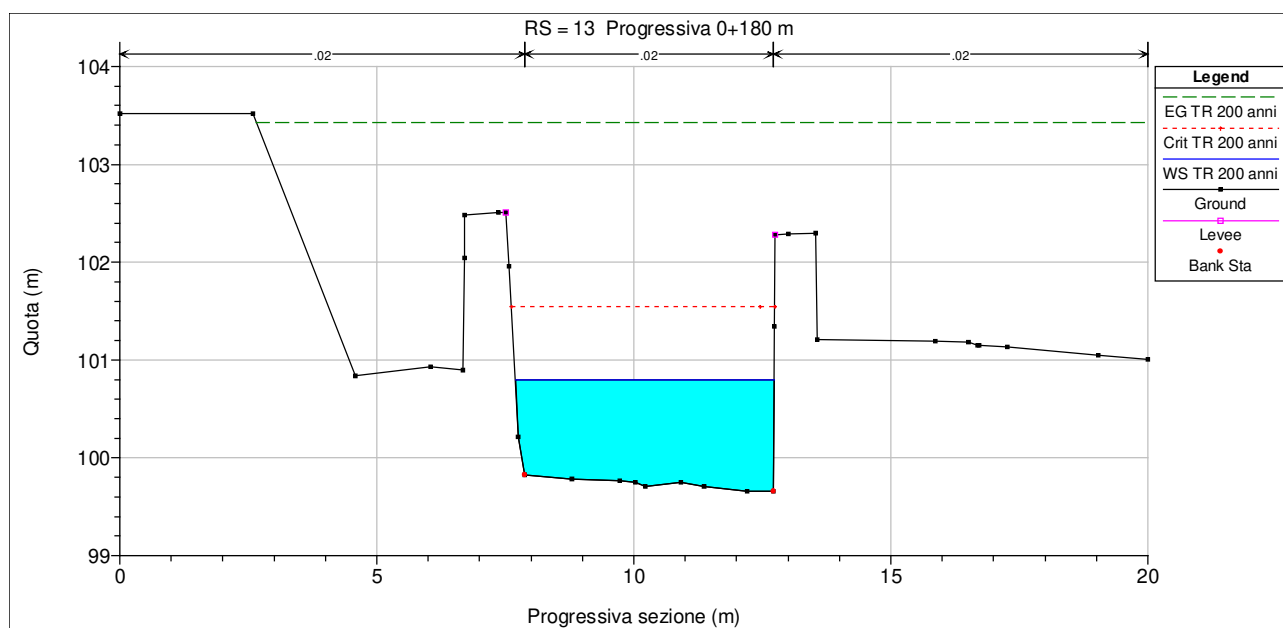


Figura 3-13: Sezione trasversale HEC-RAS n. 13.

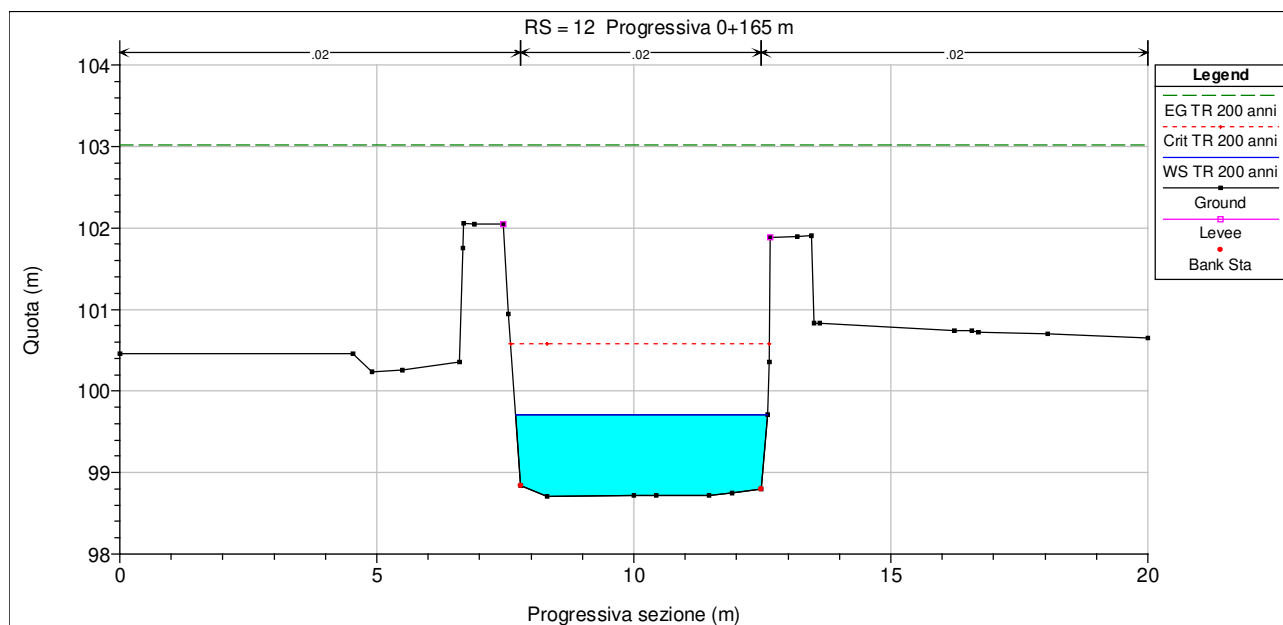


Figura 3-14: Sezione trasversale HEC-RAS n. 12.

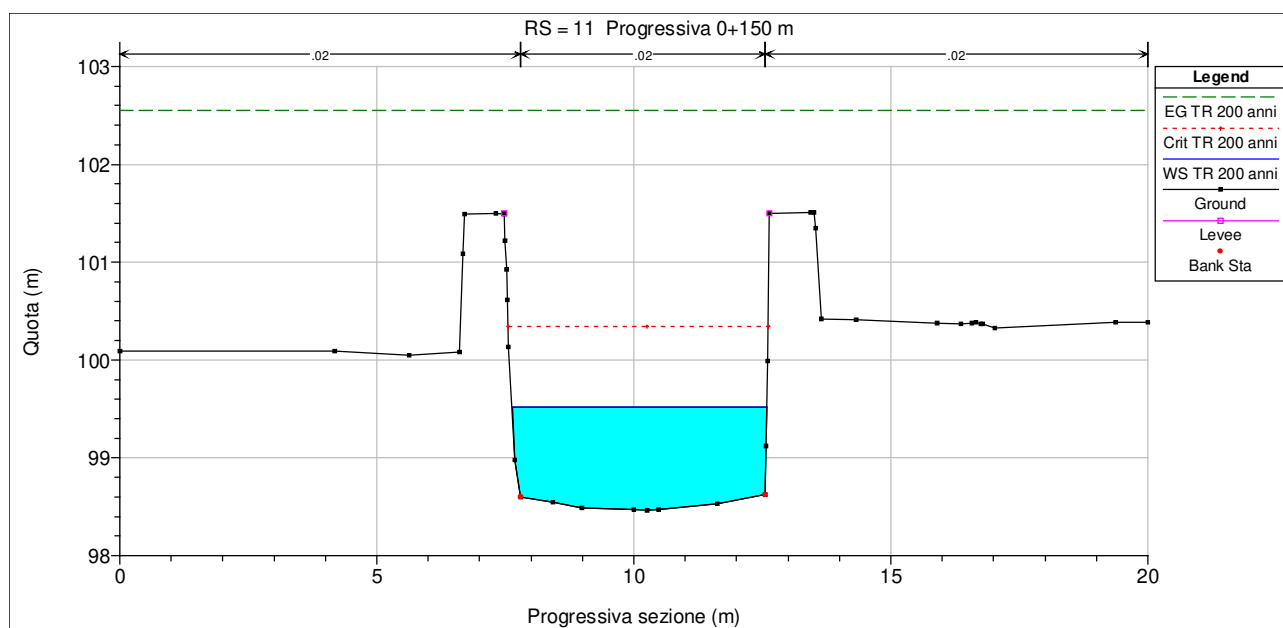


Figura 3-15: Sezione trasversale HEC-RAS n. 11.

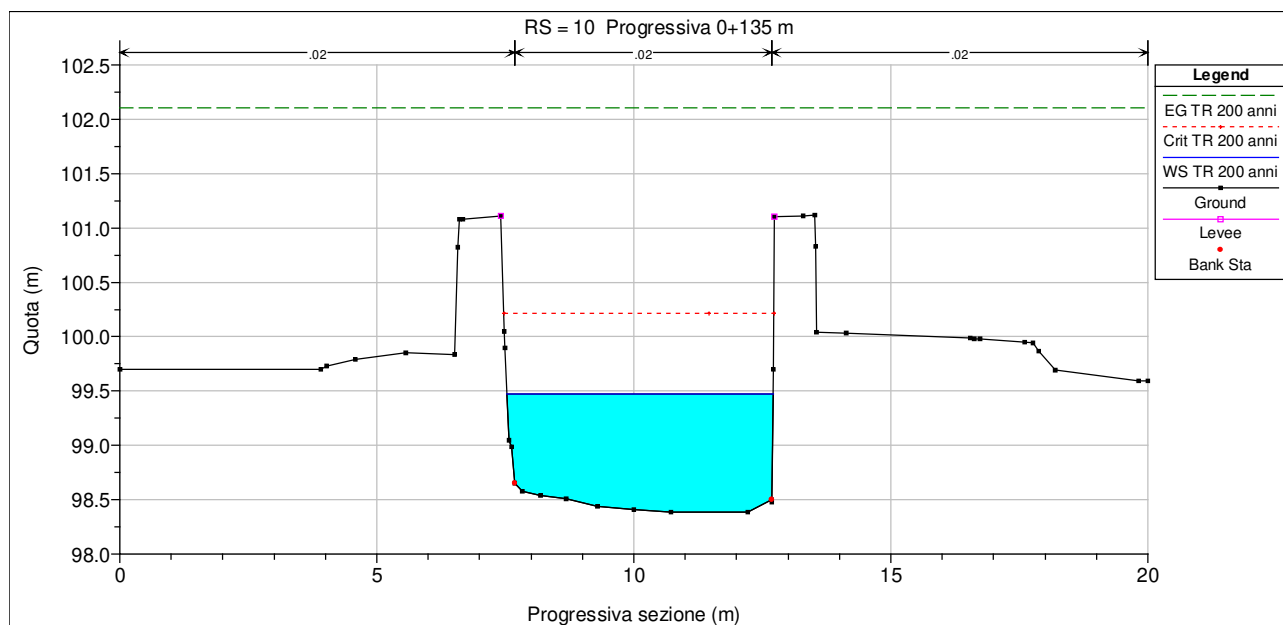


Figura 3-16: Sezione trasversale HEC-RAS n. 10.

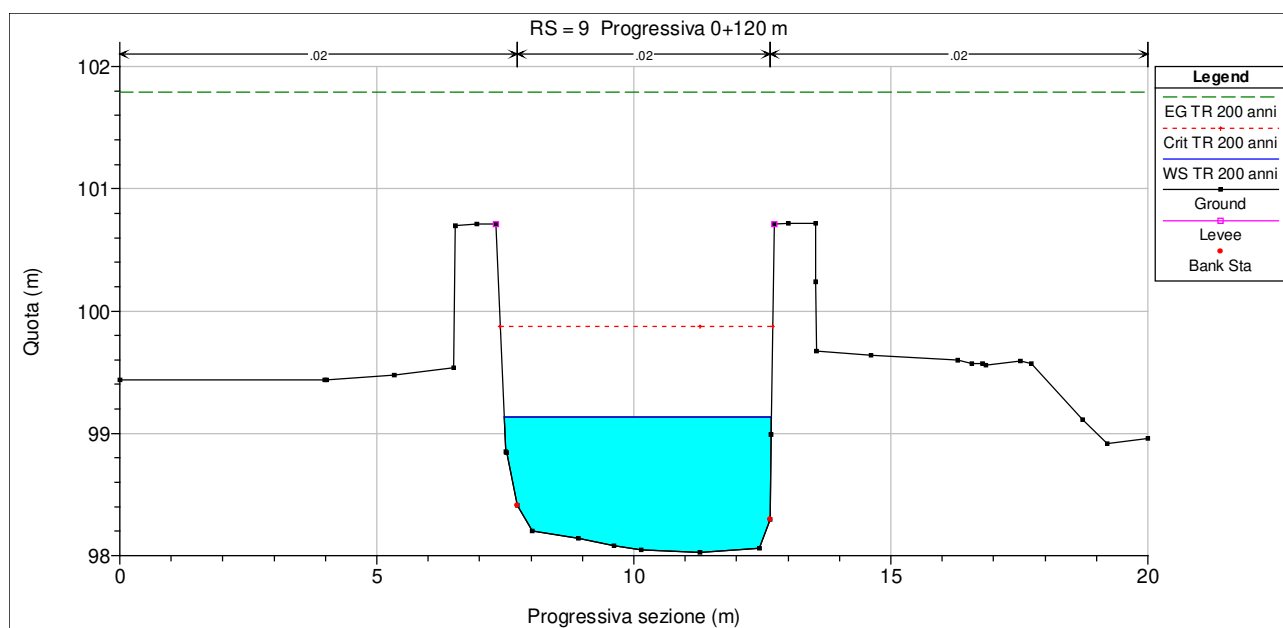


Figura 3-17: Sezione trasversale HEC-RAS n. 9.



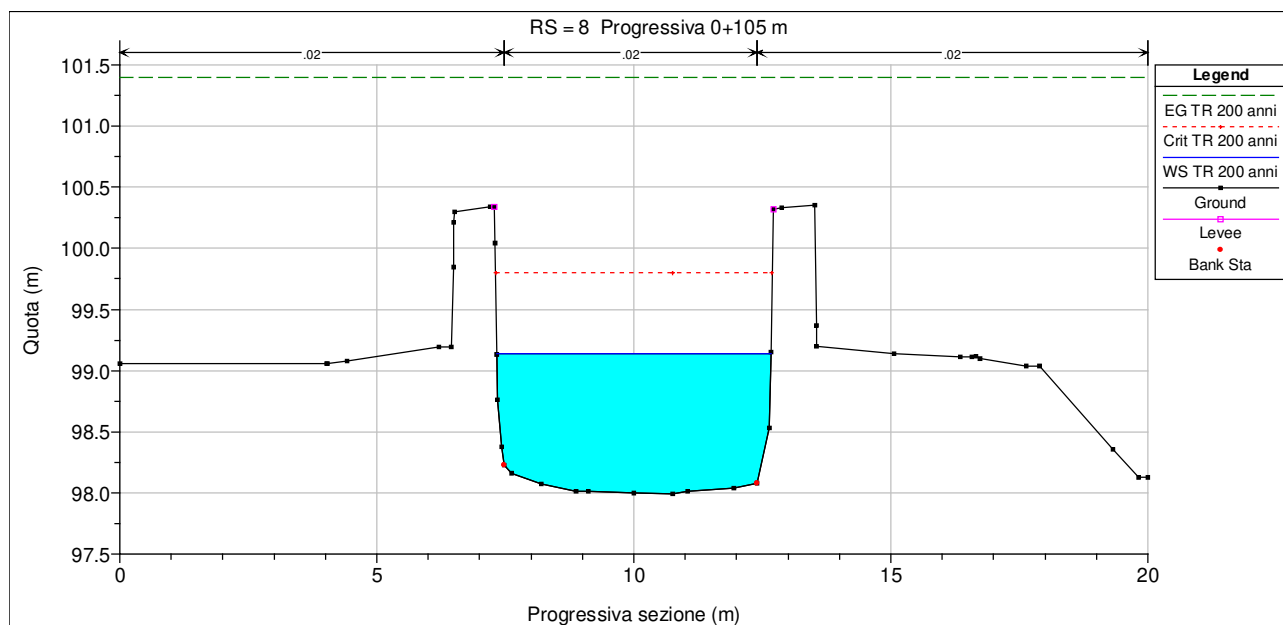


Figura 3-18: Sezione trasversale HEC-RAS n. 8.

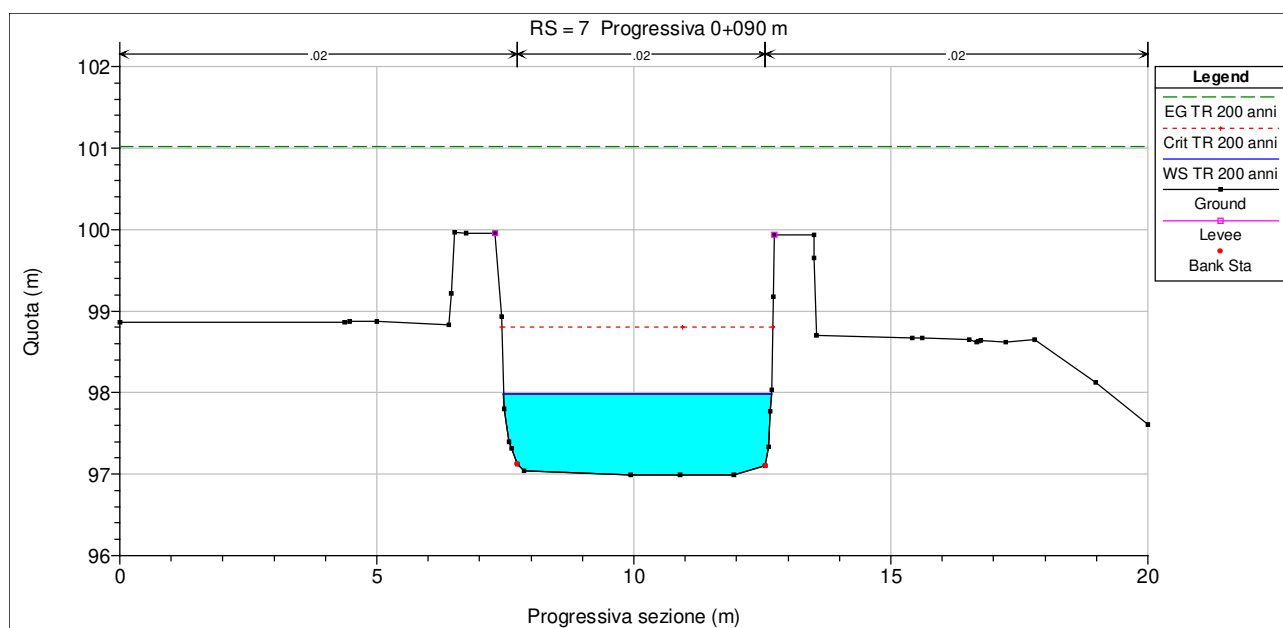


Figura 3-19: Sezione trasversale HEC-RAS n. 7.

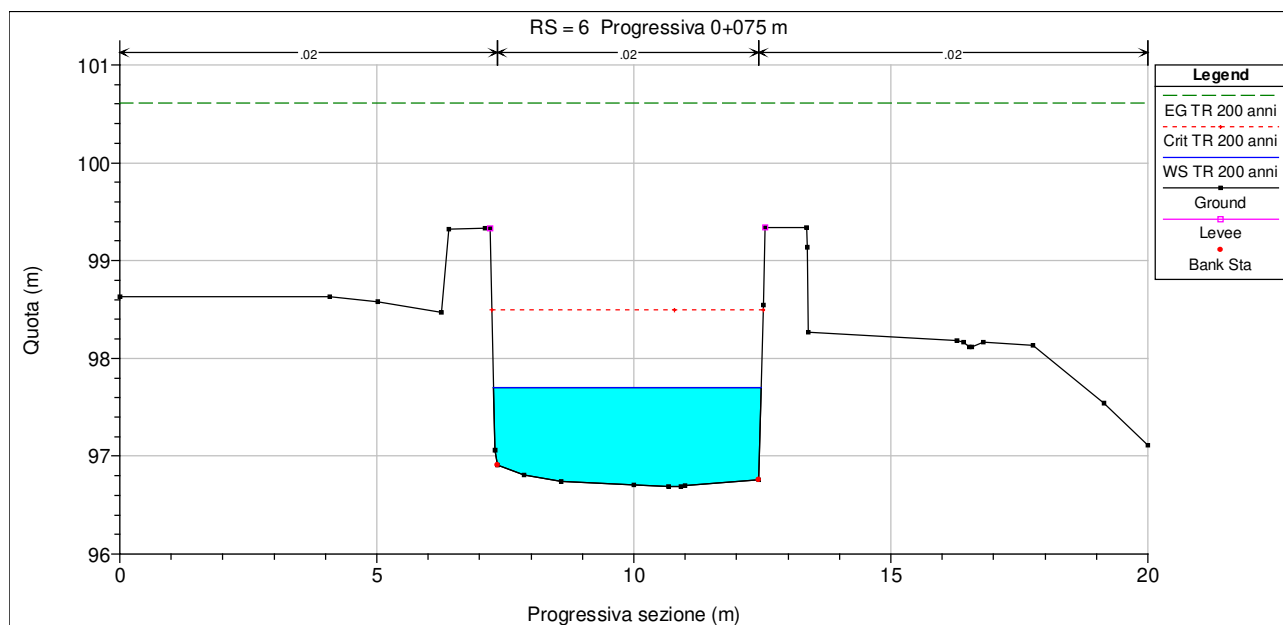


Figura 3-20: Sezione trasversale HEC-RAS n. 6.

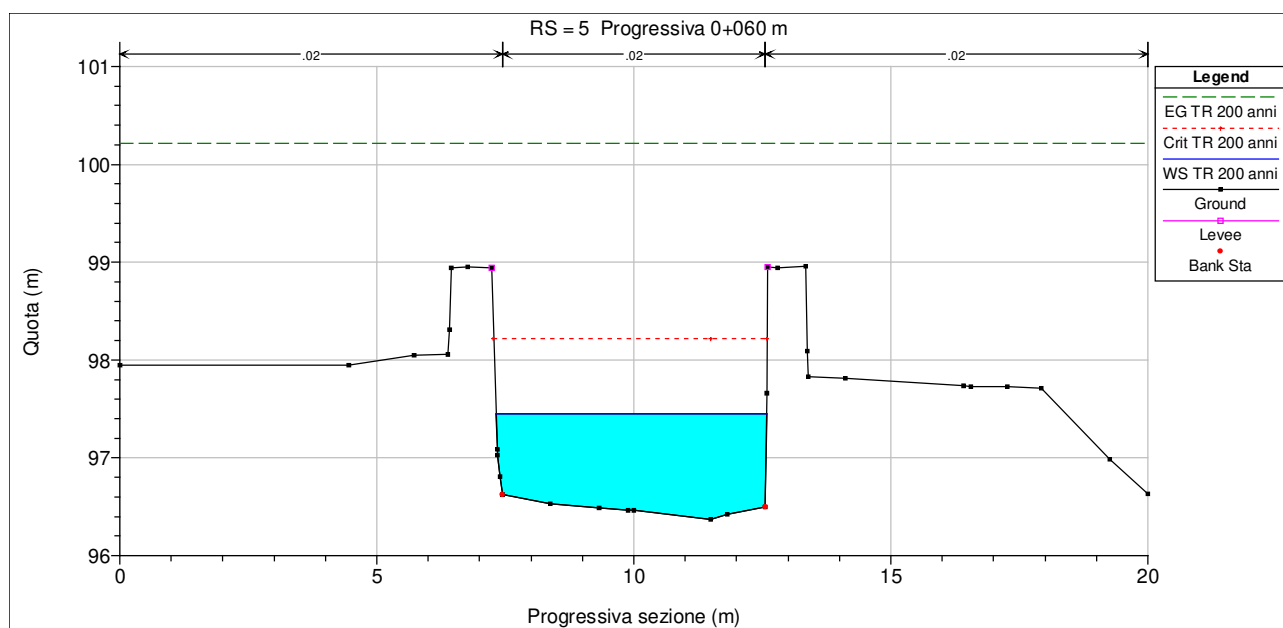


Figura 3-21: Sezione trasversale HEC-RAS n. 5.



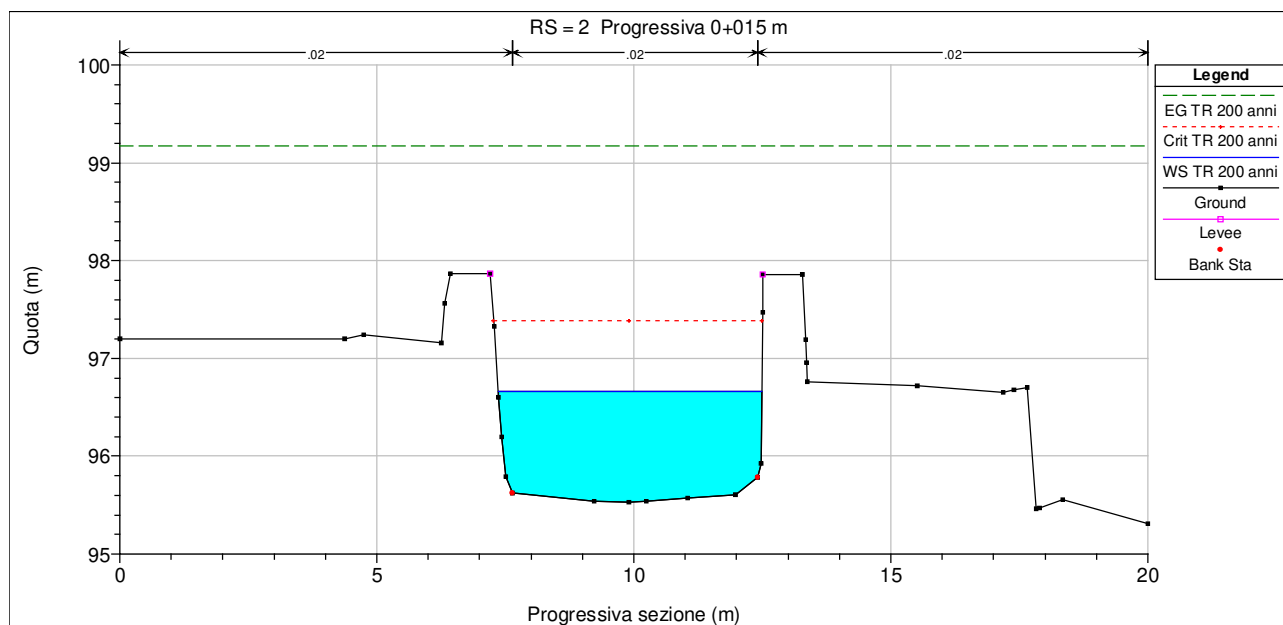


Figura 3-24: Sezione trasversale HEC-RAS n. 2.

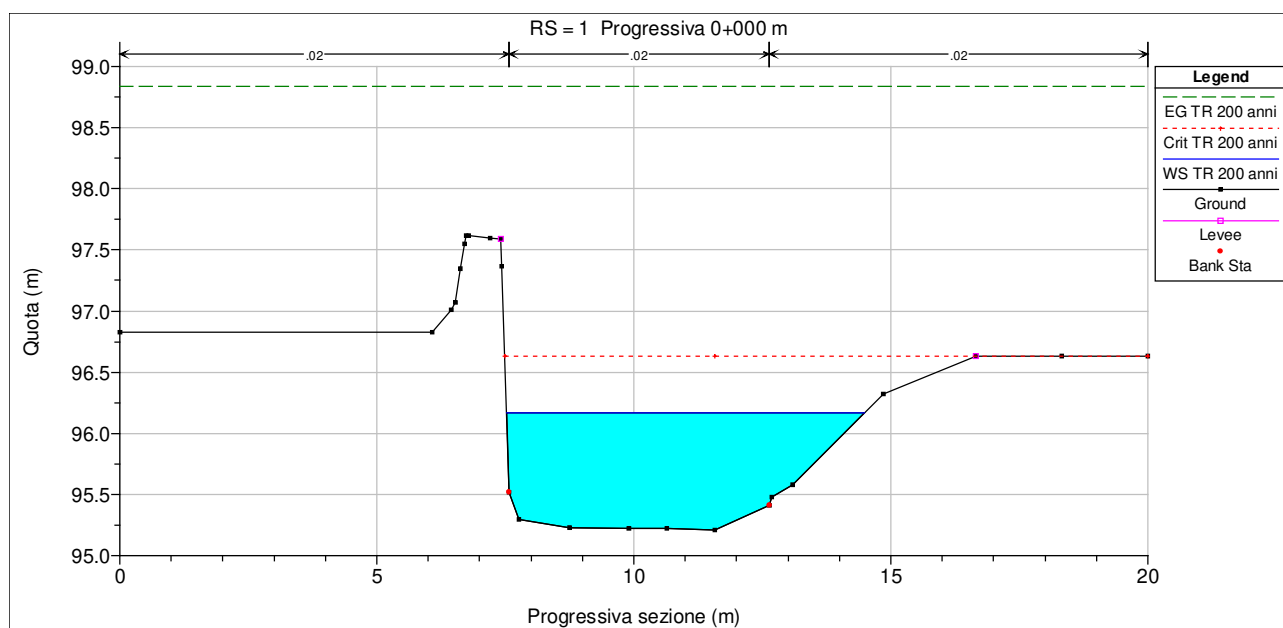


Figura 3-25: Sezione trasversale HEC-RAS n. 1.

## 4 CONCLUSIONI

L'analisi idrologica sul torrente Albola alla sezione di chiusura del bacino a monte dell'area indagata è stata condotta utilizzando metodi, dati e modelli provenienti da fonti ufficiali della Provincia di Trento. Il valore stimato della piena bicentenaria è stato incrementato del 10% per tener conto del trasporto solido.

La verifica idraulica in regime di moto permanente condotta con il software HEC-RAS relativamente al transito della portata di picco associata ad un tempo di ritorno di 200 anni nella condizione esistente nel tratto del torrente Albola adiacente all'area denominata "San Cassiano" ha consentito di valutare le aree interessate dal deflusso della piena con tempo di ritorno pari a 200 anni.

Dai risultati ottenuti attraverso il modello monodimensionale HEC-RAS emerge che il passaggio della piena bicentenaria interessa esclusivamente l'alveo torrentizio senza fuoriuscire dalle arginature in muratura. Pertanto, l'area San Cassiano non risulta interessata da allagamenti per eventi di piena con tempo di ritorno uguale o inferiore a 200 anni.

Tale condizione è garantita se il regime del moto del torrente, che nel tratto in questione è completamente artificializzato, si mantiene rapido: partendo dal presupposto che il modello HEC-RAS può essere utilizzato per valutare una precisa condizione di deflusso in relazione alle caratteristiche morfologiche dell'alveo determinate con specifico rilievo topografico, eventuali modifiche della sezione di deflusso potrebbero portare a risultati che si discostano da quelli ottenuti attraverso la modellazione 1D descritta nel presente Studio di Compatibilità.

In relazione ai contenuti della Carta di Sintesi della Pericolosità, la parte di variante in località San Cassiano che ricade in aree a penalità P3 – media e P2 – bassa, appare quindi compatibile relativamente agli aspetti di interferenza idraulica.

Alla luce dei risultati ottenuti attraverso la modellazione HEC-RAS del tratto di torrente Albola di interesse, viene prevista l'attuazione di alcune misure per la mitigazione del rischio idraulico connesso all'area in oggetto, elencate di seguito:

1. La realizzazione del distributore di carburante per le autocorriere e dei fabbricati della stazione avverrà nella zona avente classe di penalità P2 – bassa, mantenendo nella zona con classe di penalità P3 – media esclusivamente il piazzale per lo stazionamento e il transito degli automezzi.
2. Allo stato attuale l'area San Cassiano presenta una pendenza naturale digradante in direzione est, analogamente alla direzione di scorrimento del torrente Albola. Si prevede di mantenere tale direzione prevalente di deflusso anche nella realizzazione della nuova pavimentazione dell'area, al fine di circoscrivere al massimo i volumi d'acqua che dovessero fuoriuscire dalle arginature del corso d'acqua nel caso di forti eventi di piena.

3. Per minimizzare gli effetti legati alle criticità idrauliche del torrente Albola presso l'area San Cassiano, la società Trentino Trasporti S.p.A. prevede di individuare ed attuare un piano di procedure di tipo organizzativo per la gestione delle allerte meteo e del rischio idraulico ad esse connesso.

La revisione del presente studio di compatibilità redatto in fase di pianificazione con particolare riguardo agli aspetti di interferenza idraulica, pertanto, ottempera alle prescrizioni indicate nella nota emessa dal Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento, che si riporta nell'Allegato A.

Trento, 12 dicembre 2024

Il tecnico

Ing. Raffaele Ferrari

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO  
dott. Ing. RAFFAELE FERRARI  
ISCRIZIONE ALBO N° 1114



## **ALLEGATO A**

Richiesta documentazione integrativa e di chiarimento per il procedimento di approvazione della variante non sostanziale n. 13 bis al PRG di data 10/12/2024, Comune di Riva del Garda.


**COMUNE DI RIVA DEL GARDA**

Numero di protocollo associato al documento come metadato (DPCM 3.12.2013 n. 20). Data di registrazione inclusa nella segnatura di protocollo.

Spett.le **Trentino Trasporti S.p.A.**

al - Direttore Tecnico -  
**dott. ing. Ettore Salgemma**

al -Settore Infrastruttura e Patrimonio -  
**dott. ing. Matteo Bazzanella**

PEC: [pec@pec.trentinotrasporti.it](mailto:pec@pec.trentinotrasporti.it)

**Oggetto: Richiesta documentazione integrativa e di chiarimento per il procedimento di approvazione della variante non sostanziale n. 13 bis al PRG**

Con riguardo alla zona di San Cassiano di proprietà della Vs. Società, riportata con il n. 17 tra le modifiche urbanistiche di cui alla variante al PRG in oggetto, adottata in via definitiva con provvedimento del Commissario ad acta n. 1 dd. 19 giugno 2024, per la verifica preventiva del rischio idrogeologico occorre fornire elementi di risposta al parere di competenza della Provincia, pervenuto al Comune in data 11 novembre 2024 e qui di seguito riportato per estratto.

n. VAR. PRG	PARERE CONFERENZA DI SERVIZI
17	<p>Il Servizio Bacini montani ribadisce che va <b>stralciata</b> la parte ricadente in area P4 in quanto non ammissibile in base alla normativa della CSP. Per quanto riguarda lo studio di compatibilità allegato alla variante a firma del dott. ing. Raffaele Ferrari, ritiene in linea di massima condivisibile l'analisi idraulica sul torrente Albola. In base alle modellazioni idrauliche attraverso il modello monodimensionale HEC-RAS emerge che, il passaggio della piena bicentenaria, interessa esclusivamente l'alveo del torrente Albola senza fuoriuscire dalle arginature in muratura. Tuttavia, tale condizione, è garantita se il regime di moto si mantiene ovunque rapido e non si determinano ostruzioni e/o ostacoli al deflusso tali da determinare un risalto. In tal caso, i livelli della piena, supererebbero la quota arginale. Per questo lo studio indica la necessità di <i>"garantire lo stato di buona manutenzione del torrente"</i>, senza indicare, peraltro, il soggetto preposto a tali operazioni. Le misure di mitigazione della pericolosità indicate in fase di pianificazione devono essere concrete ed attuabili. Pertanto, quella prevista dallo studio <b>non è accettabile</b>. Il Servizio chiede che venga <b>rivista ed integrata la parte di studio inerente la compatibilità</b> della variante di progetto con le criticità idrauliche riscontrate, svincolando le misure di mitigazione da interventi diretti sul corso d'acqua. Lo studio deve indicare delle misure di mitigazione direttamente legate alle scelte progettuali; è l'intervento di progetto stesso che deve comprendere accorgimenti costruttivi, strutturali, localizzativi, gestionali volti all'autoprotezione. Il Servizio</p>



	precisa, come peraltro riportato nell'introduzione del verbale in adozione preliminare, che in fase di pianificazione tali misure possono configurarsi come indicazioni di massima in assenza di un progetto ben definito. Ciò nonostante, deve essere verificata già in fase pianificatoria la loro efficacia e fattibilità. In fase progettuale tali indicazioni devono essere dettagliate e definite puntualmente. Infine, il Servizio ribadisce <b>l'inderogabilità della fascia di rispetto pari a 10 m</b> prevista dalla L.P. 18/76.
--	---

In ottica collaborativa si ritiene opportuno sottoporVi l'esame della questione per quanto concerne gli aspetti di compatibilità geologica, chiedendo di trasmettere quanto prima al Comune scrivente la documentazione integrativa di chiarimento al fine di poter proseguire con l'iter di approvazione.

Restando in attesa di un sollecito riscontro in tal senso, si ringrazia anticipatamente per il supporto tecnico e per la collaborazione che vorrete fornirci.

Cordiali saluti



Giovannini  
Thomas  
Ordine degli  
Ingegneri della  
Provincia di  
Trento  
Ingegnere  
10.12.2024  
17:33:58  
GMT+02:00

IL RESPONSABILE DELL'AREA  
GESTIONE DEL TERRITORIO  
(dott. ing. Thomas Giovannini)  
firmato digitalmente

Questo documento, se trasmesso in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente, valido a tutti gli effetti di legge, predisposto e conservato presso questa Amministrazione (artt. 3 bis e 71 D.Lgs. 82/2005). L'indicazione a stampa del nominativo del firmatario sostituisce la sua firma autografa (art. 3 D.Lgs 39/1993).

TG/mi