

S.S.51 - VARIANTE DI CORTINA

LOTTO 1 - MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITA' DI ACCESSO ALL'ABITATO DI CORTINA
LOTTO 2 - BYPASS DI CORTINA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

VE406

PROGETTAZIONE: ATI GP INGEGNERIA - ENGEKO - COOPROGETTI - SAIM

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART.15 COMMA 12):

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**
ORDINE INGEGNERI
ROMA
N° 14035

IL GEOLOGO

Dott. Geol. **Marco Leonardi**
Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

arch. **Salvatore Vermiglio**
Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. **Ettore De Cesbron de la Grennelais**

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

(Mandataria)

GP INGEGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

(Mandante)

engeko

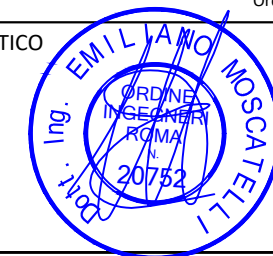
(Mandante)

cooprogetti

(Mandante)

SAIM
Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO



Ing. **Emiliano Moscatelli**
Ord. Ingegneri Provincia di Roma n. 20752

Ing. **Claudio Muller**
Ord. Ingegneri Provincia di Roma n. 15754
arch. **Saverio Camaiti**
Ord. Architetti Provincia di Roma n. 14652

ing. **Giuseppe Ligammari**
Ord. Ingegneri Provincia di Pordenone n. 803

ing. **Matteo Bordugo**
Ord. Ingegneri Provincia di Pordenone n. 790

Ing. **Moreno Panfilii**
Ord. Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657

Ing. **Giuseppe Resta**
Ord. Ingegneri Provincia di Roma n. 20629

LOTTO 1 – IDROLOGIA ED IDRAULICA

Elaborati Generali
Relazione idraulica

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
COD. E PROG. INTERVENTO	LIV.	ANNO	N.PROG.				
DPVE0406	D	2101					
		CODICE ELAB.	T01ID01IDRRE02			B	-
D							
C							
B	Revisione a seguito richieste CSLLPP		Aprile '23	C.De Sanctis	E.Moscatelli	G. Guiducci	
A	Emissione		Feb '23	C.De Sanctis	E.Moscatelli	G. Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1	<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
2	<u>OPERE DI ATTRAVERSAMENTO.....</u>	<u>5</u>
2.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.2	TORRENTE BIGONTINA	6
2.2.1	<i>Inquadramento dell'opera di attraversamento</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Studi pregressi: Progetto UOFE_058 - Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite</i>	<i>7</i>
2.2.3	<i>Modello di calcolo.....</i>	<i>18</i>
2.2.4	<i>Risultati delle elaborazioni e verifica del franco idraulico</i>	<i>19</i>
2.3	PONTE SUL RIO	20
3	<u>SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE.....</u>	<u>22</u>
3.1	PREMESSA.....	22
3.1.1	<i>Piano di tutela delle acque</i>	<i>22</i>
3.2	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE	23
3.2.1	<i>Sezione in rilevato.....</i>	<i>23</i>
3.2.2	<i>Sezione in trincea.....</i>	<i>24</i>
3.2.3	<i>Sezioni in viadotto</i>	<i>24</i>
3.2.4	<i>Sezioni in galleria artificiale</i>	<i>25</i>
3.3	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO.....	27
3.3.1	<i>Portate di progetto.....</i>	<i>27</i>
3.3.2	<i>Verifiche idrauliche delle opere di drenaggio</i>	<i>28</i>
3.3.3	<i>Verifiche statiche ancoraggi tubazioni viadotti.....</i>	<i>30</i>
3.4	SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI RACCOLTA SVERSAMENTI ACCIDENTALI – TRATTI ALL'APERTO	31
3.5	INVARIANZA IDRAULICA.....	34
4	<u>ALLEGATO 1: LAVORI DI RIPRISTINO E ADEGUAMENTO OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE BIGONTINA - STUDIO IDRAULICO DEL T.BIGONTINA NEL TRATTO COMPRESO TRA L'ABITATO DI ALVERA' E LA CONFLUENZA NEL BOITE - RELAZIONE IDRAULICA CON MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE E ANALISI DEL RISCHIO RESIDUO</u>	<u>36</u>
5	<u>ALLEGATO 2: MODELLO MONODIMENSIONALE.....</u>	<u>37</u>

PROGETTAZIONE ATI:

<u>6</u>	<u>ALLEGATO 3: MODELLO IDRAULICO PONTE SUL TORRENTE BIGONTINA.....</u>	<u>42</u>
<u>7</u>	<u>ALLEGATO 4: MODELLO IDRAULICO PONTE SUL RIO.....</u>	<u>84</u>

PROGETTAZIONE ATI:

1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di descrivere le analisi e le verifiche idrauliche condotte nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica relativo al Lotto 1 (1° stralcio funzionale - cosiddetta "bretella di penetrazione a Sud dell'abitato di Cortina") dell'intervento "S.S.51 – Variante di Cortina". Il presente studio va esaminato congiuntamente alla Relazione Idrologica allegata al progetto, nell'ambito della quale si sono sviluppati i modelli concettuali utili alla definizione delle portate di progetto.

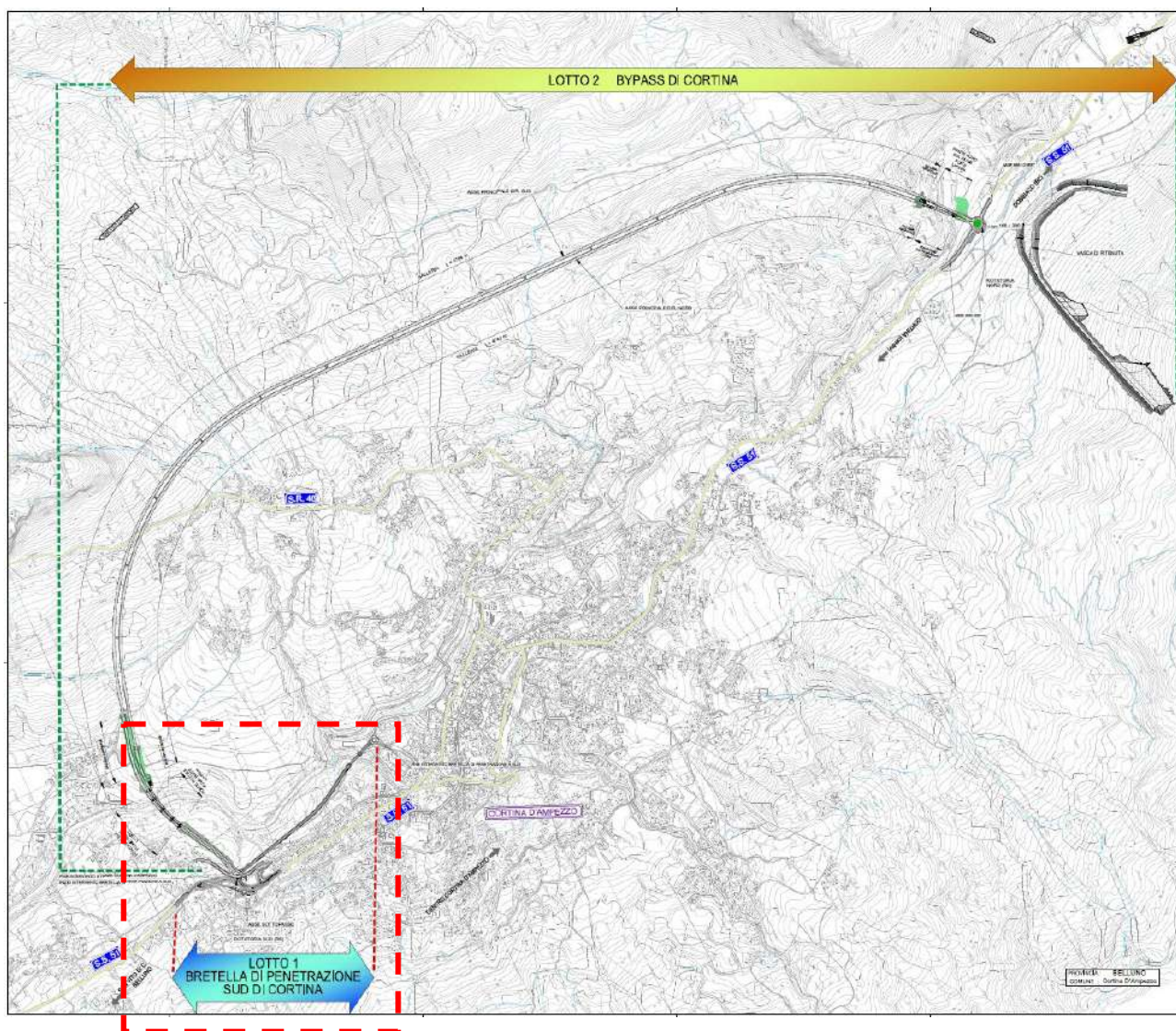


Figura 1-1: Inquadramento dell'intervento "SS51 – Variante di Cortina" - Stralci Funzionali

L'opera è sostanzialmente in trincea coperta o in galleria ed è collegata con 2 rotatorie alla viabilità esistente. La piattaforma stradale, ai sensi del D.M. 05/11/2001, è di categoria *C2 extraurbana secondaria* con una corsia per senso di marcia di 3,50 m e banchine laterali, per una larghezza complessiva pari a 9,50m.

Il progetto comprende anche la rotatoria di allaccio a sud sulla SS51 presso Via delle Guide Alpine e quella nord presso Via dei Campi, con le relative ricuciture dei percorsi pedonali/ciclabili.

PROGETTAZIONE ATI:

Le opere d'arte principali sono costituite, oltre che dalla galleria artificiale di circa 300 m, dal ponte sul Rio (L=40m) e dal Ponte sul T. Bigontina (L=60 m).

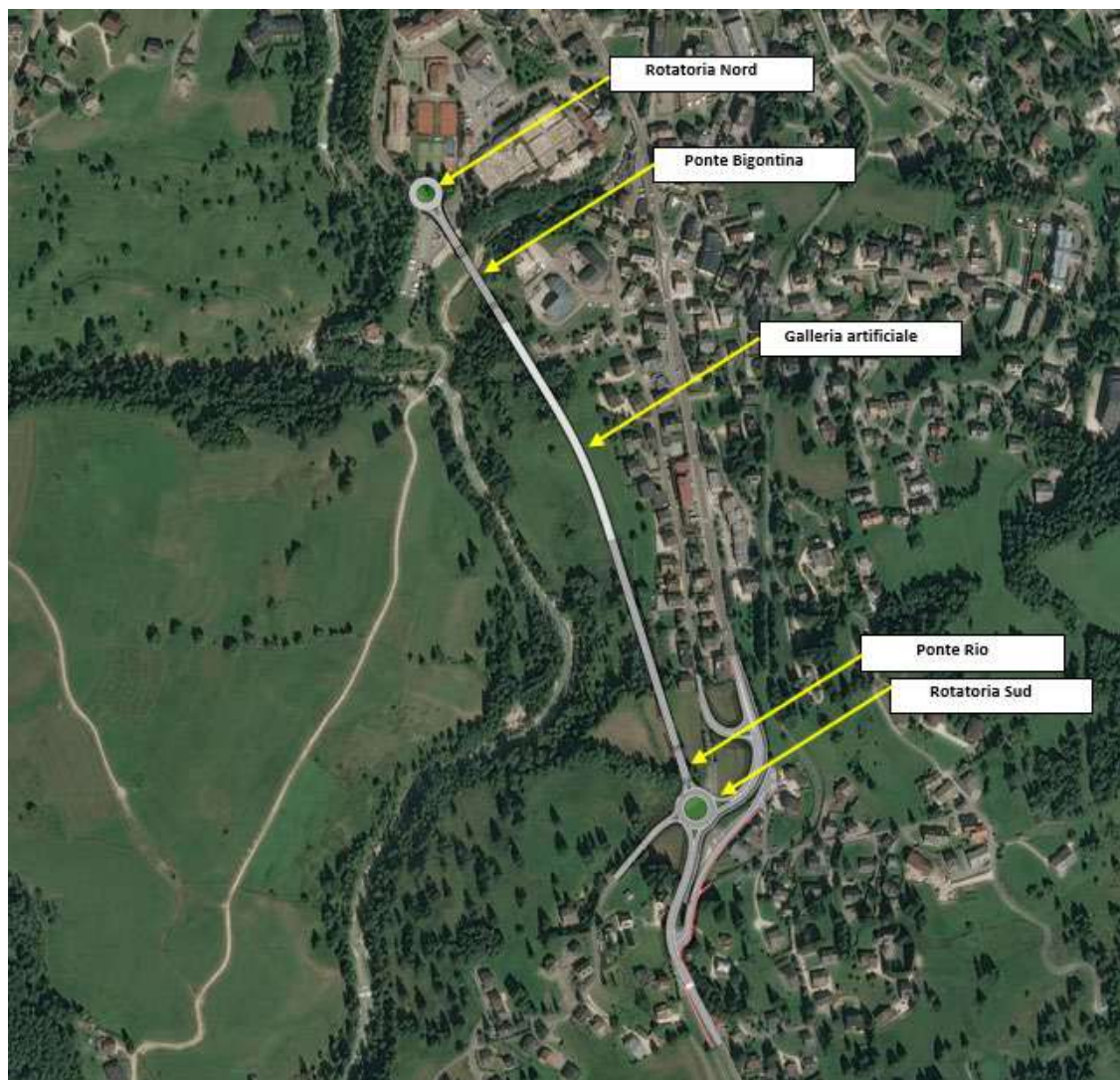


Figura 1-2: Planimetria generale su foto aerea

La relazione contiene le verifiche idrauliche finalizzate alla valutazione delle possibili interferenze tra l'onda di piena e le opere di attraversamento per scenari caratterizzati da tempo di ritorno pari a 100, 200 e 300 anni.

L'analisi è stata condotta con lo scopo di verificare il franco idraulico e di valutare eventuali interferenze tra l'onda di piena e le strutture degli attraversamenti.

Come detto, le principali interferenze del tracciato, per le quali si sono attenzionati questi aspetti specifici, sono:

1. Il ponte su Rio Bigontina, a campata unica, di luce pari a 60 m;
2. Il ponte sull'impluvio denominato "Rio", a campata unica, di luce pari a 40 m.

E' analizzato e dimensionato, infine, il sistema di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di piattaforma e di versante.

PROGETTAZIONE ATI:

2 OPERE DI ATTRAVERSAMENTO

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

La verifica idraulica degli attraversamenti è effettuata sulla base di quanto disposto dalle normative vigenti in materia, le quali vengono di seguito elencate:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (G.U. n.8 del 20/02/2018) - comma 5.1.2.3 “Compatibilità idraulica”
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (G.U. n.5 del 21/01/2019) - cap. 5.1. Ponti stradali – Comma 5.1.2.3 “Compatibilità idraulica”
- “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione – Norme tecniche di Attuazione”, Allegato alla delibera n.3 del C.I. del 9/11/2012

Per la progettazione dei ponti, la normativa prescrive che:

- Portata di progetto: *Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$) (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Alveo: *Ai fini dell’applicazione del punto 5.1.2.3 della Norma, s’intende per alveo la sezione occupata dal deflusso della portata di piena di progetto. (Circolare 21 gennaio 2019 - comma 5.1.2.3)*
- Posizionamento pile e spalle: *Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d’acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Franco idraulico: *Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l’intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l’intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l’intradosso delle strutture non sia costituito da un’unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Quota sottotrave: *Quando, per caratteristiche del territorio e del corso d’acqua, si possa verificare nella sezione oggetto dell’attraversamento il transito di tronchi di rilevanti dimensioni, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50 m, è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia indicativamente non inferiore a 6÷7 m. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotrave sarà comunque non inferiore alla quota della sommità arginale per l’intera luce. Per tutti gli attraversamenti è opportuno sia garantito il transito dei mezzi di manutenzione delle sponde e/o delle arginature. (Circolare 21 gennaio 2019 - comma 5.1.2.3)*

2.2 TORRENTE BIGONTINA

2.2.1 INQUADRAMENTO DELL'OPERA DI ATTRAVERSAMENTO

Per l'attraversamento del Torrente Bigontina è prevista la realizzazione di un viadotto a campata unica, di lunghezza complessiva pari a 60 m.

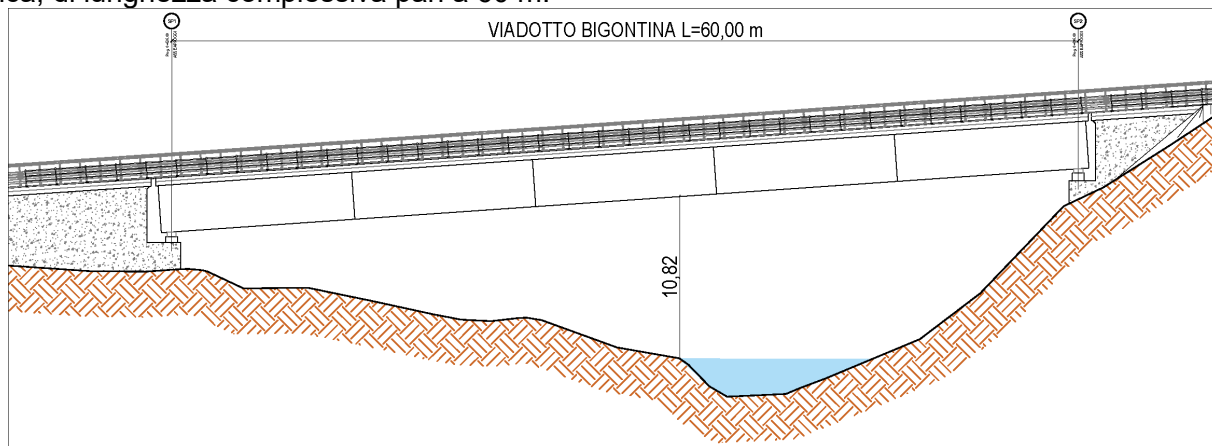


Figura 2-1 – Ponte sul Bigontina – Profilo longitudinale – vista da monte



Figura 2-2 – Attraversamento Torrente Bigontina – planimetria aree di esondazione $T_r = 200$ anni

PROGETTAZIONE ATI:

2.2.2 STUDI PREGRESSI: PROGETTO UOFE_058 - RIPRISTINO ED ADEGUAMENTO OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE BIGONTINA TRA L'ABITATO DI ALVERÀ E LA CONFLUENZA IN BOITE

Per le presenti analisi costituisco un fondamentale riferimento gli studi condotti nell'ottobre 2019 nell'ambito del "Progetto UOFE 058 Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite" commissionato dalla Regione Veneto (Commissario delegato per fronteggiare l'emergenza derivante dalle eccezionali avversità atmosferiche verificatesi nei mesi di ottobre e novembre 2018 il territorio della Regione del Veneto O.C.D.P.C. n. 558 del 15 novembre 2018).

Lo studio idraulico e morfologico sul tratto del Torrente Bigontina da Alverà alla confluenza in T. Boite, redatto dallo Studio API, è stato condotto attraverso l'implementazione di modellazioni numeriche a fondo mobile sia dello stato di fatto che dello stato di progetto al fine di analizzare le condizioni di pericolo idraulico che possono instaurarsi in occasione degli eventi estremi. Sono state inoltre indagate le condizioni di rischio residuo che permangono in seguito alla realizzazione degli interventi attualmente in corso di realizzazione e quelli proposti nello studio.

In particolare, si sono studiati sia i fenomeni di colata detritica che si possono innescare a monte del tratto allo studio e che si possono propagare fino al centro abitato di Alverà e proseguire verso l'abitato di Cortina d'Ampezzo, sia i fenomeni di trasporto solido legati agli eventi di piena del Torrente Bigontina.

Come base topografica di riferimento è stato utilizzato il modello digitale del terreno (DEM) ottenuto dal rilievo Lidar del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare integrato con i dati del rilievo celerimetrico condotto nel Dicembre 2018 dal Genio Civile di Belluno.

Per i dati sulle portate di piena, di colata detritica e di trasporto solido ci si è avvalsi degli studi condotti dal Prof. Ing. Vincenzo D'Agostino nell'ambito della "Analisi storica degli eventi di piena, analisi idrologica e reologica dei fenomeni di trasporto solido e di massa nel Torrente Bigontina a monte dell'abitato di Alverà, in comune di Cortina d'Ampezzo per l'individuazione delle opere idrauliche per la messa in sicurezza d'infrastrutture viarie ed abitati" (TESAF, UNIPD, 2018) commissionato dalla UO Forestale Est di Belluno e della "Realizzazione delle opere selettive in c.a. da porsi in opera subito a monte dell'abitato di Alverà in comune di Cortina d'Ampezzo" (TESAF, UNIPD, 2019).

La propagazione dell'onda di colata detritica (debris flow) è stata studiata relativamente al tempo di ritorno di 300, 100 e 30 anni con il modello bidimensionale a fondo mobile TRENT-2D che permette di valutare in maniera accoppiata la dinamica della mistura (fase solida più fase liquida) con quella dell'evoluzione morfologica dell'alveo (Armanini et al., 2009, Fraccaollo et al 2007, Rosatti et al., 2006).

La propagazione dell'onda di trasporto solido viene studiata relativamente all'evento di piena con Tr 200 anni con il modello bidimensionale a fondo mobile BASEMENT.

La taratura dei modelli è stata effettuata ricostruendo l'evento del 4-5 Agosto 2017 con l'applicazione delle portate desunte dagli studi TESAF e confrontato i risultati ottenuti con la documentazione fotografica presente negli stessi studi, da quella raccolta dai Vigili del Fuoco e da quella messa a disposizione dall'ing. Roland Bernardi (Drop Engineering).

Entrambi i modelli sono stati considerati con fondo erodibile anche in corrispondenza delle opere di stabilizzazione del fondo esistenti, in favore di sicurezza.

Per ulteriori approfondimenti relativi ai modelli sviluppati si rimanda all'Allegato 1.

Lo studio ha proposto interventi di sistemazione dell'alveo del T. Bigontina in corrispondenza dell'abitato di Alverà e di Cortina d'Ampezzo (nel tratto che va dal Ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del Ponte di Via Roma/Corso Italia), che, ad oggi, sono stati in gran parte realizzati.

Per le analisi finalizzate alla definizione di proposte di miglioramento idraulico è stato adottato un approccio modellistico che prevede sia l'innescò di una colata detritica in assenza di opere di

PROGETTAZIONE ATI:

trattenuta a monte (sistema di briglie a monte dell'abitato di Alverà che, ad oggi, è stato realizzato), sia la possibilità di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato.

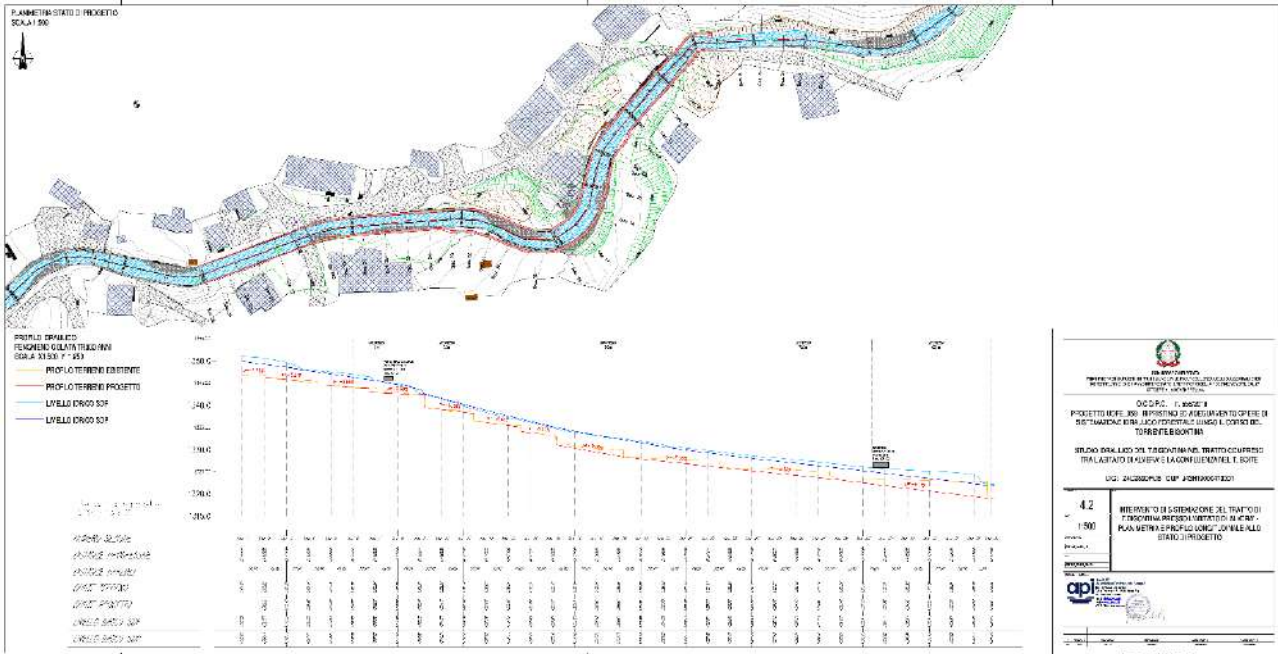


Figura 2-3 – Estratto da “Progetto UOFE_058 – Intervento di sistemazione del tratto di T.Bigontina presso l'abitato di Alverà

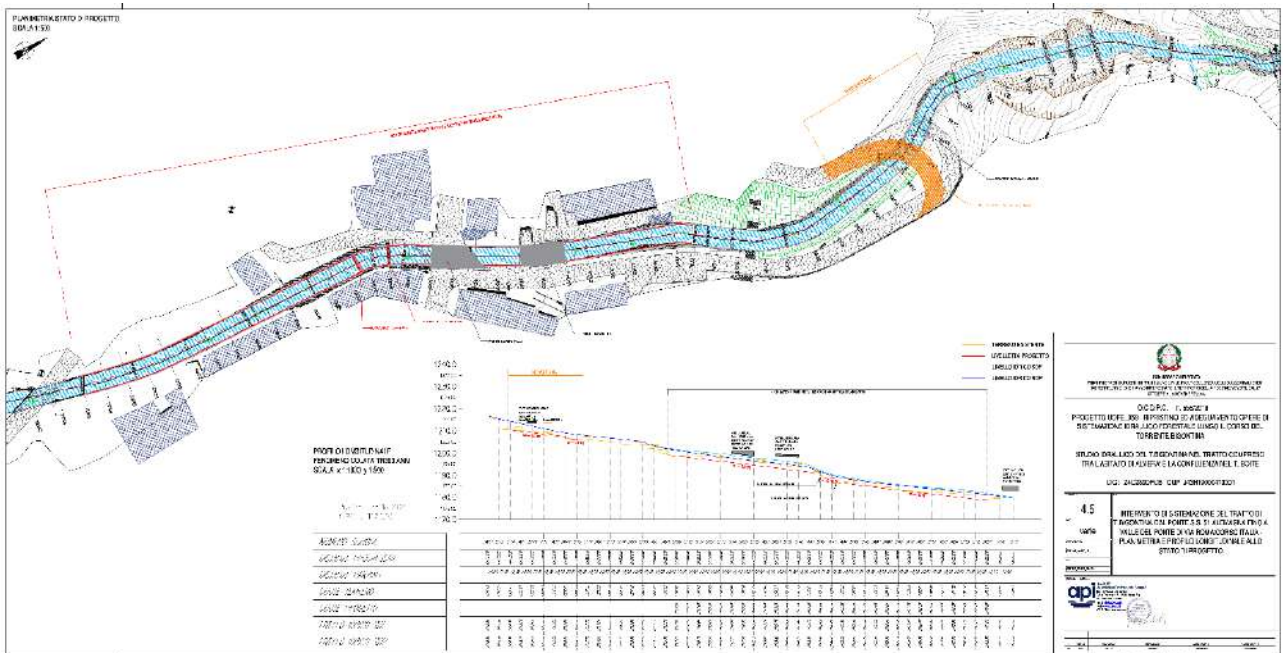


Figura 2-4 – Estratto da “Progetto UOFE_058 – Intervento di sistemazione del tratto di T.Bigontina dal Ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del Ponte di Via Roma/Corso Italia

PROGETTAZIONE ATI:

Si riportano di seguito i risultati dello studio relativamente al tratto terminale del Bigontina, di interesse per il presente progetto.

Modello trasporto solido – BASEMENT – $T_r = 200$ anni

Lo studio evidenzia allo stato attuale *“una generale tendenza all’erosione del corso d’acqua principalmente in corrispondenza delle soglie trasversali e delle sponde. Nel tratto verso la confluenza si rileva una stabilizzazione della parte centrale dell’alveo con fenomeni di erosione localizzata lungo le sponde. Si evidenzia che, al fine di tener presenti possibili criticità le opere trasversali (soglie) e longitudinali (scogliere) sono state ipotizzate erodibili. Le altezze massime di scavo si assestano sui 3-3.5 m. La portata solida che arriva al Boite in occasione dell’evento duecentenario è risultata pari a 6 mc/s a fronte di un picco di piena di 65 mc/s”.*

Nel tratto di interesse non si hanno sostanziali differenze tra lo stato di fatto e quello derivante dalla realizzazione degli interventi di sistemazione del t. Bigontina ad Alverà e nel tratto che va dal Ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del Ponte di Via Roma/Corso Italia

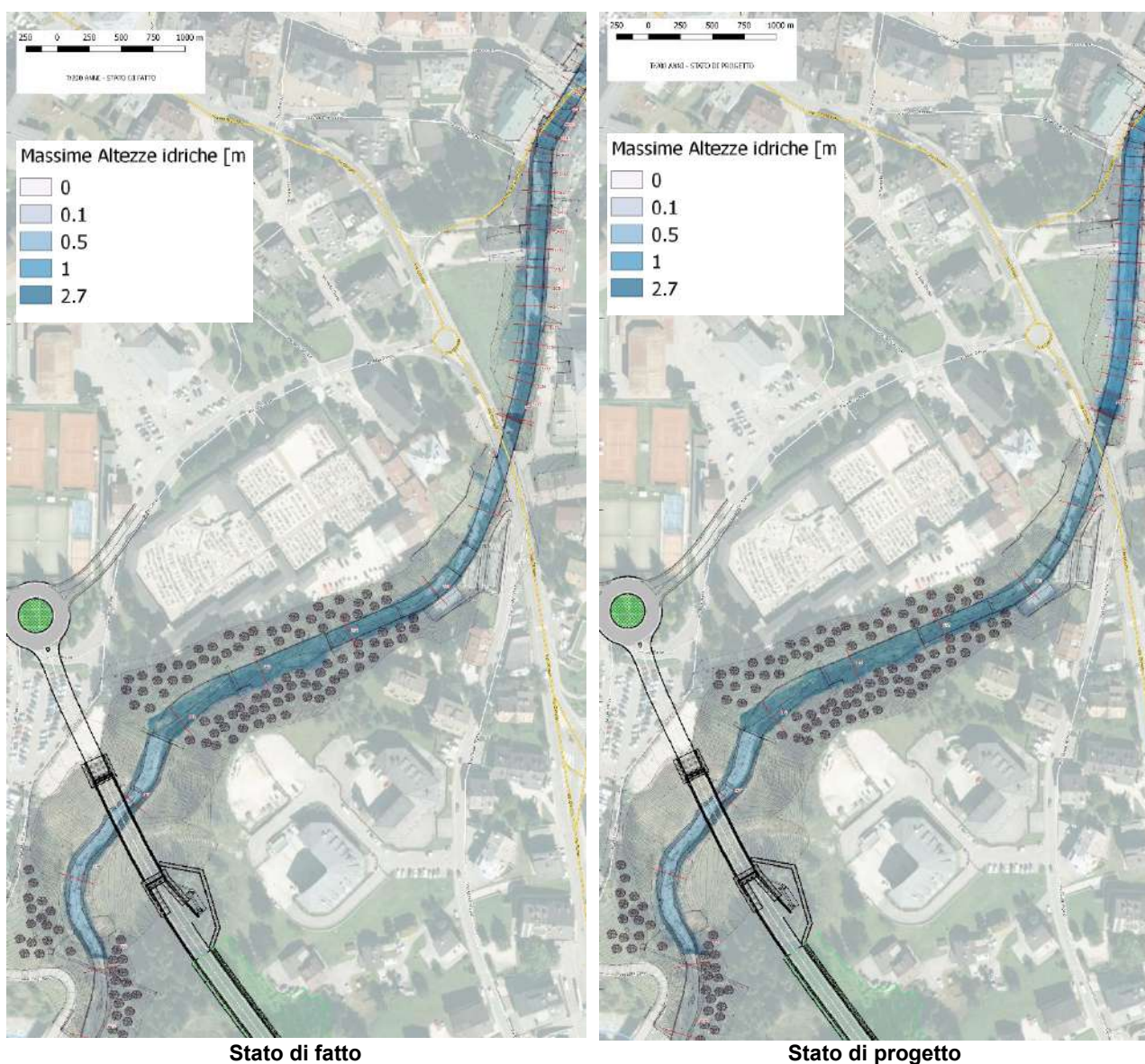


Figura 2-5 – Estratto da “Progetto UFOE_058 –Modello trasporto solido $T_r=200$ anni – Carta delle massime altezze idriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

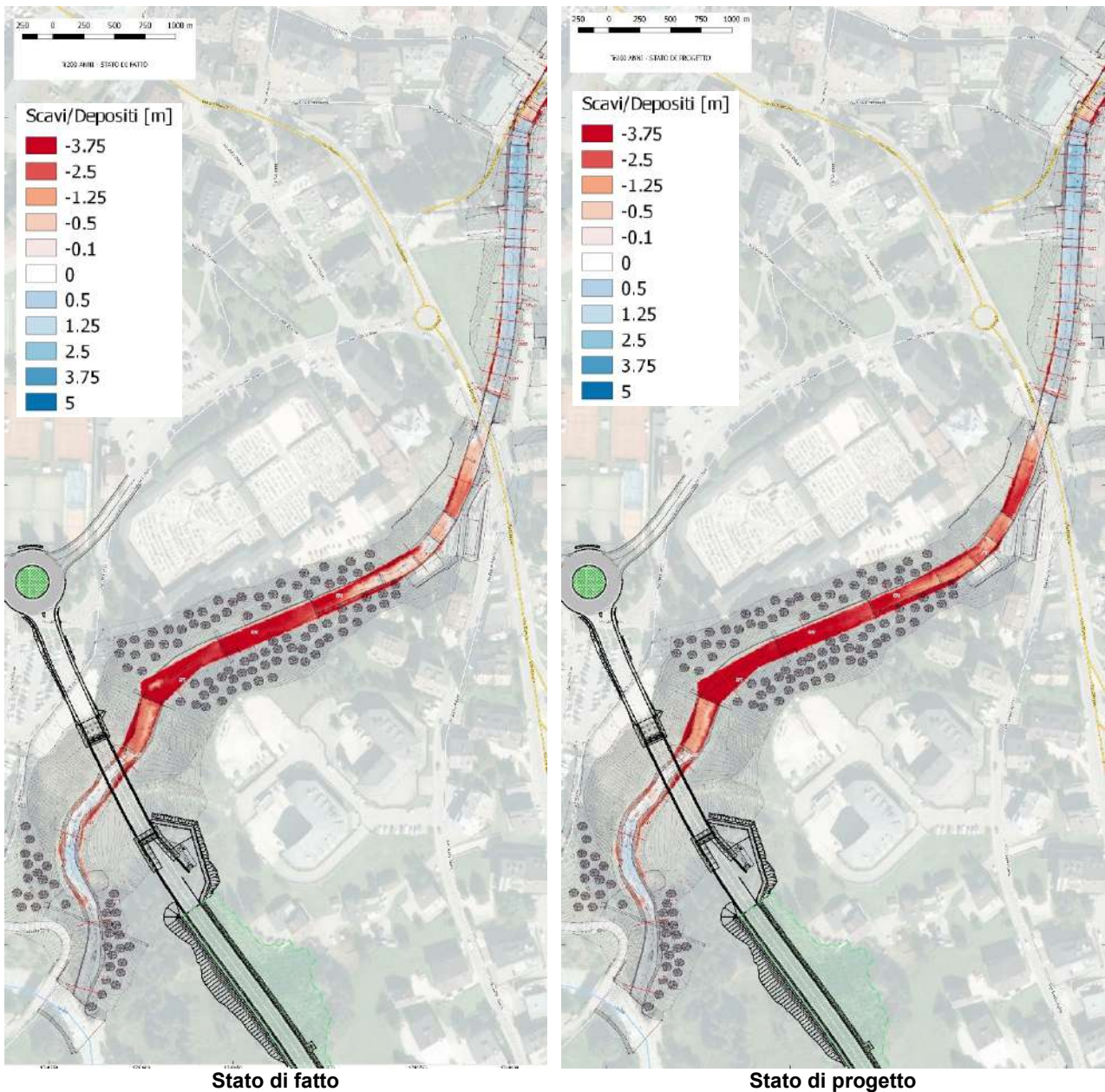


Figura 2-6 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello trasporto solido Tr=200 anni – Carta delle variazioni altimetriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

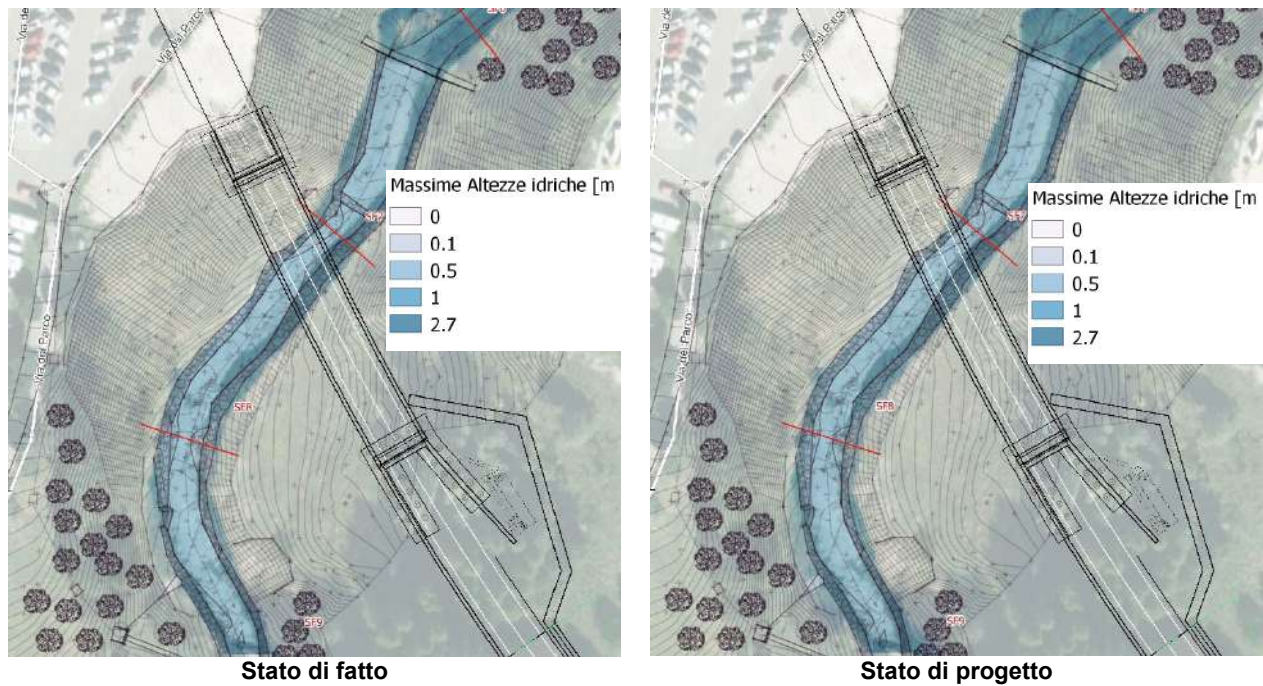


Figura 2-7 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello trasporto solido Tr=200 anni – Carta delle massime altezze idriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

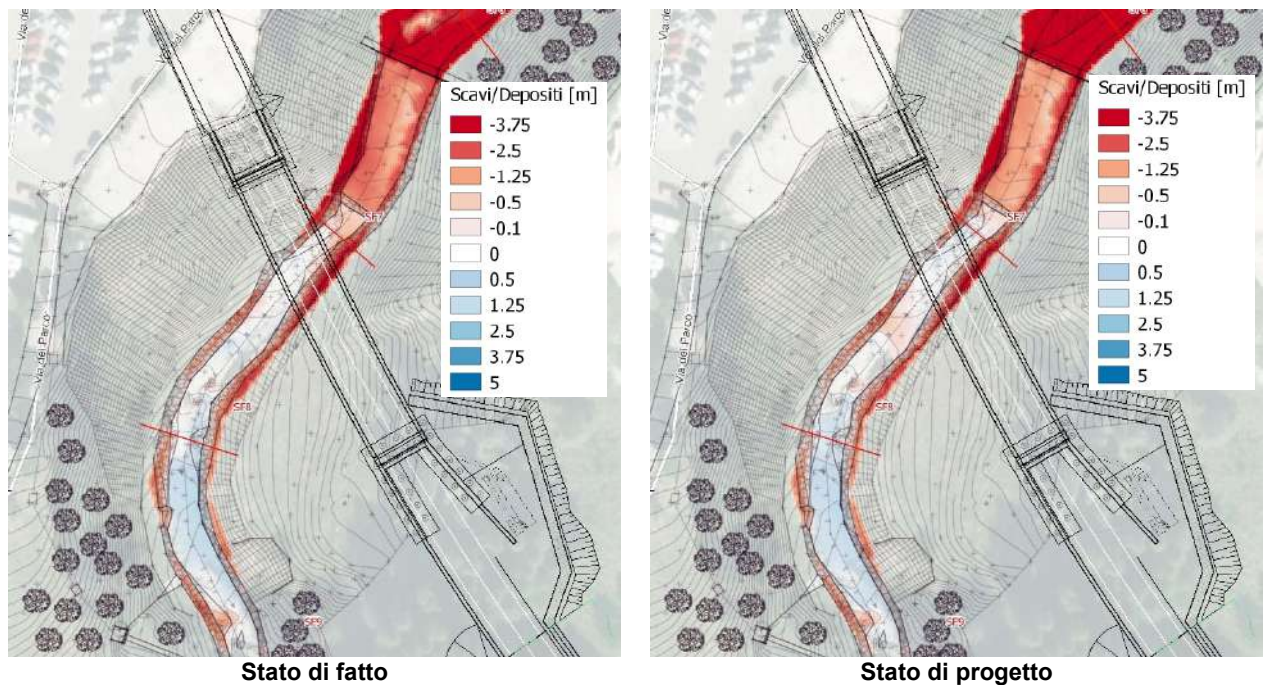


Figura 2-8 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello trasporto solido Tr=200 anni – Carta delle variazioni altimetriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

PROGETTAZIONE ATI:

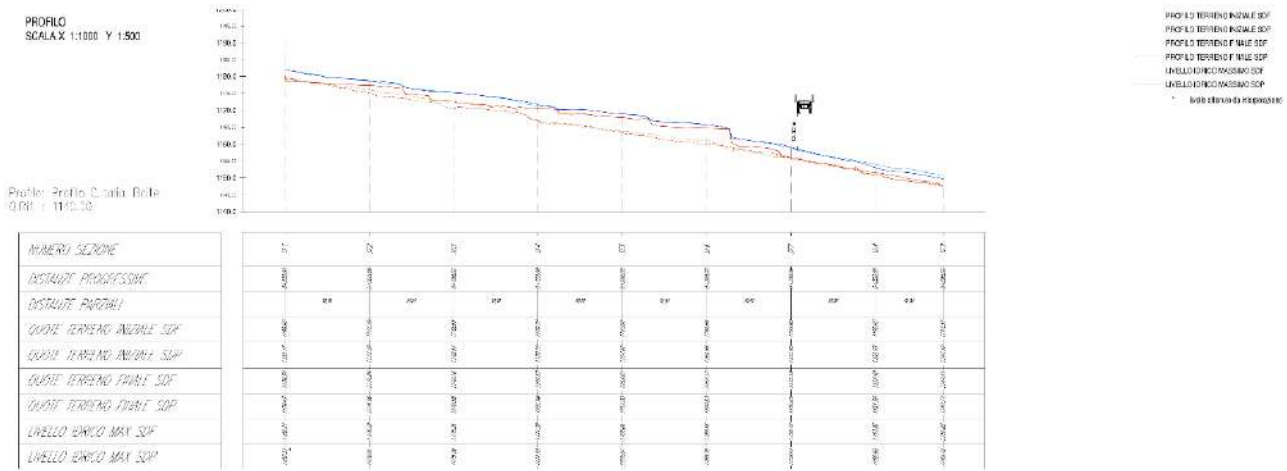


Figura 2-9 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello trasporto solido Tr=200 anni – Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

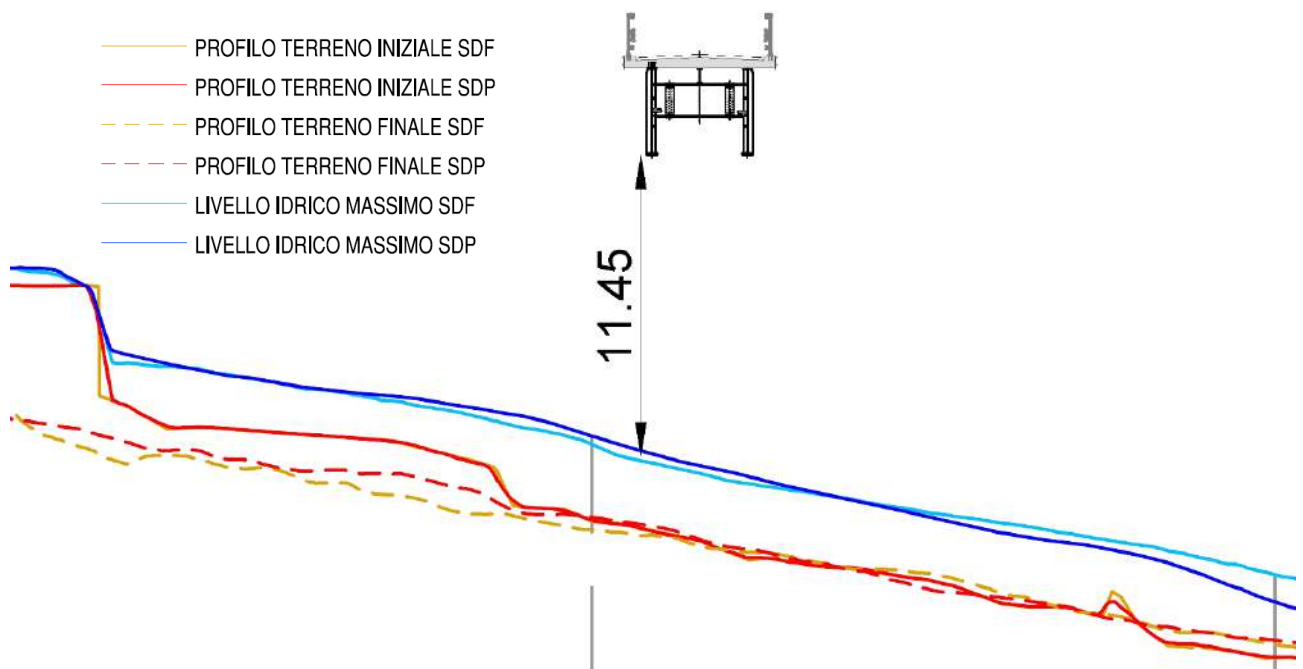


Figura 2-10 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello trasporto solido Tr=200 anni – Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

Dall'analisi dei risultati del modello descritto si può concludere che:

- l'onda di piena caratterizzata da trasporto solido iperconcentrato e tempo di ritorno duecentennale non interessa in alcun modo il ponte in progetto;
- è garantito un franco notevolmente elevato (11,45 m);
- nel tratto di interesse il corso d'acqua non dà luogo a fenomeni erosivi significativi ad eccezione delle sponde (in particolare in sinistra idraulica); è da sottolineare ancora una volta che il modello non tiene conto della presenza delle scogliere esistenti

PROGETTAZIONE ATI:

Modello colata detritica – TRENT2D – Tr = 300 anni

Nel modello relativo allo stato di fatto, la colata di detrito che viene propagata a valle di Alverà presenta un picco totale della mistura pari a circa 85 m³/s e volume totale pari a circa 5.500 m³ di solido. Nel transito da Alverà alla confluenza con il Boite, nei cui pressi è prevista la realizzazione del ponte in progetto, la frazione solida si riduce da 16 m³/s a 6 m³/s mentre la mistura si lamina da circa 85m³/s a circa 50 m³/s.

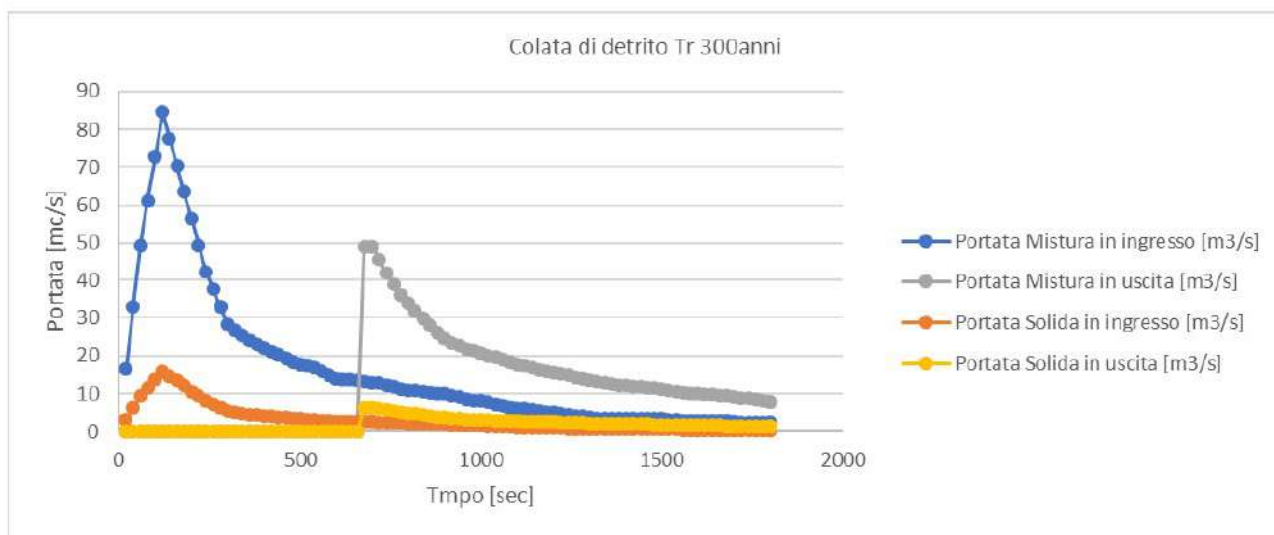
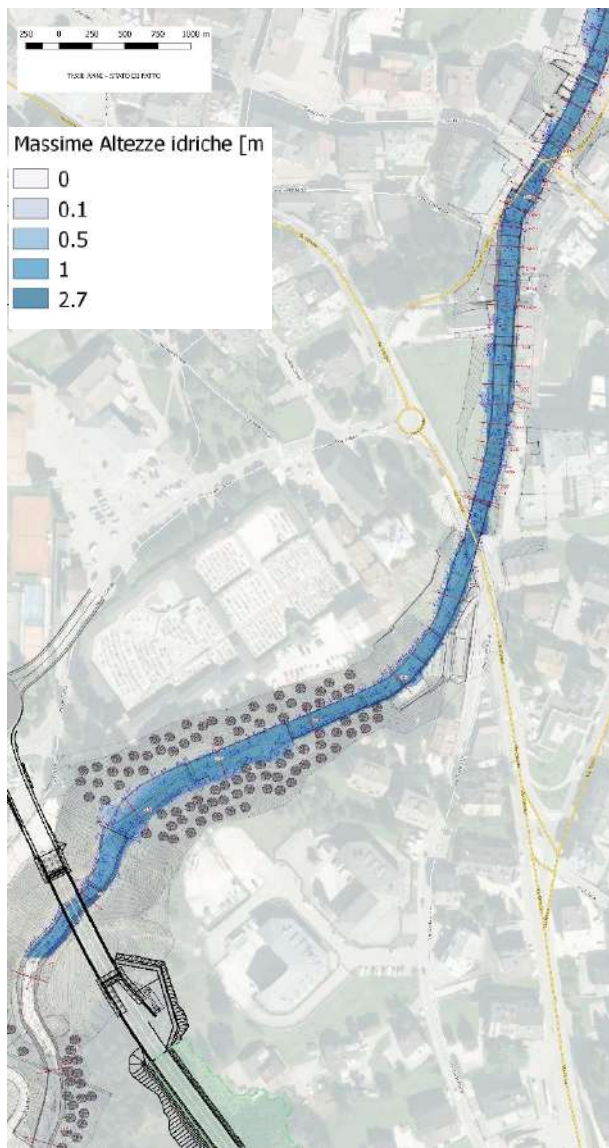
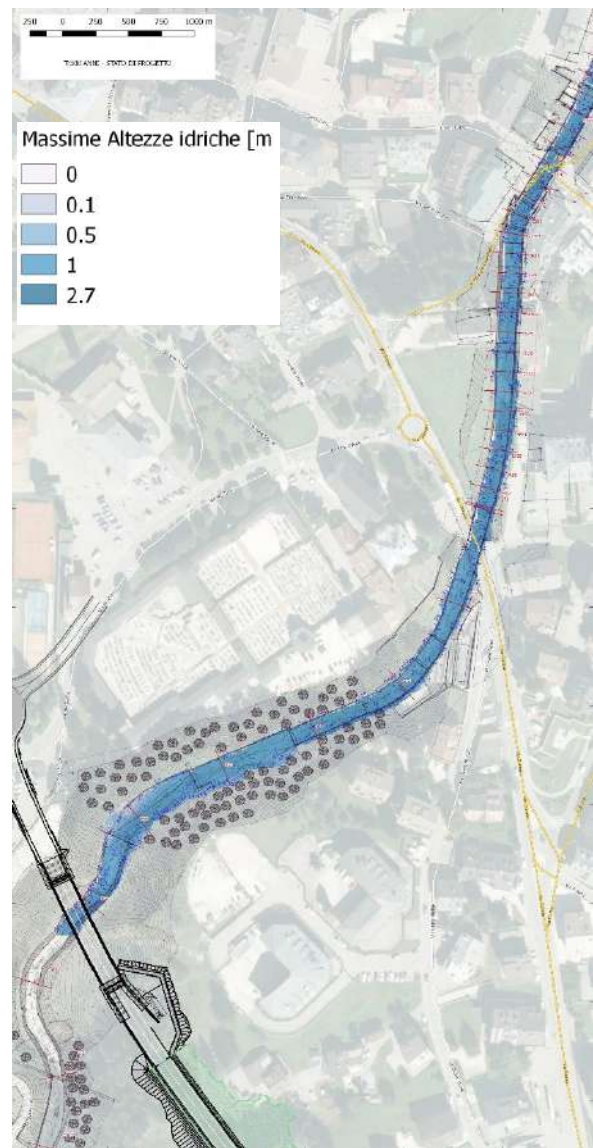


Figura 2-11 – Estratto da “Progetto UOFE_058 - Relazione idraulica” - Simulazione evento con Tr 300 anni – Idrogrammi netti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Nel tratto di interesse non si hanno sostanziali differenze tra lo stato di fatto e quello derivante dalla realizzazione degli interventi di sistemazione del t. Bigontina ad Alverà e nel tratto che va dal Ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del Ponte di Via Roma/Corso Italia



Stato di fatto



Stato di progetto

Figura 2-12 – Estratto da “Progetto UOFE_058 –Modello colata detritica Tr=300 anni – Carta delle massime altezze idriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

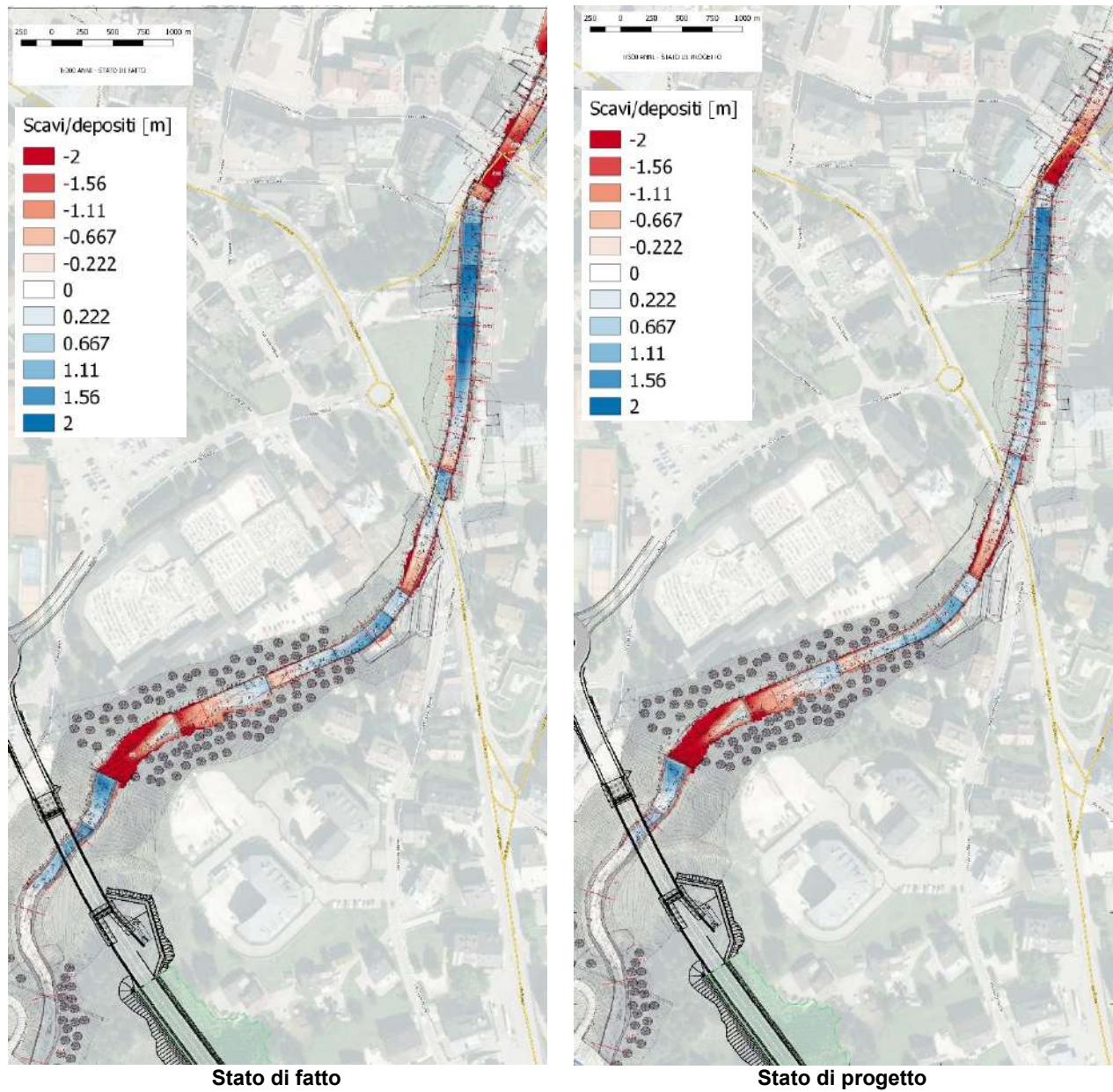


Figura 2-13 – Estratto da “Progetto UOFE_058 – Modello colata detritica Tr=300 anni – – Carta delle variazioni altimetriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

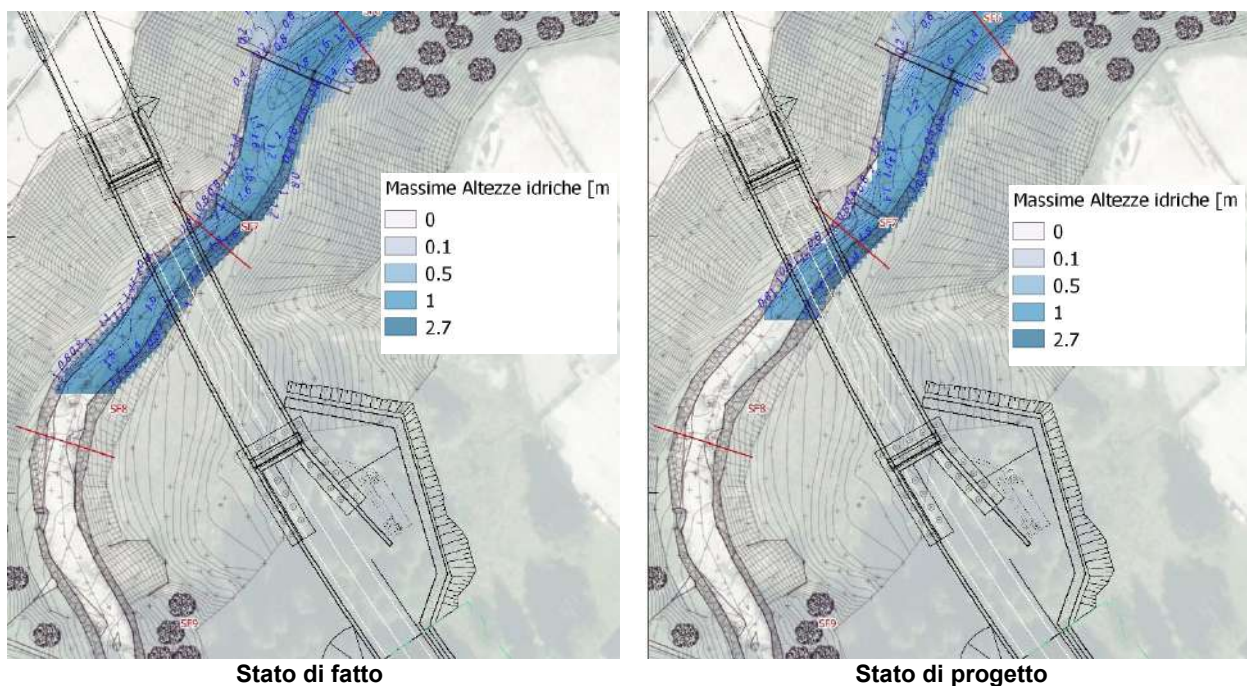


Figura 2-14 – Estratto da “Progetto UFOE_058 – Modello colata detritica Tr=300 anni – Carta delle massime altezze idriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

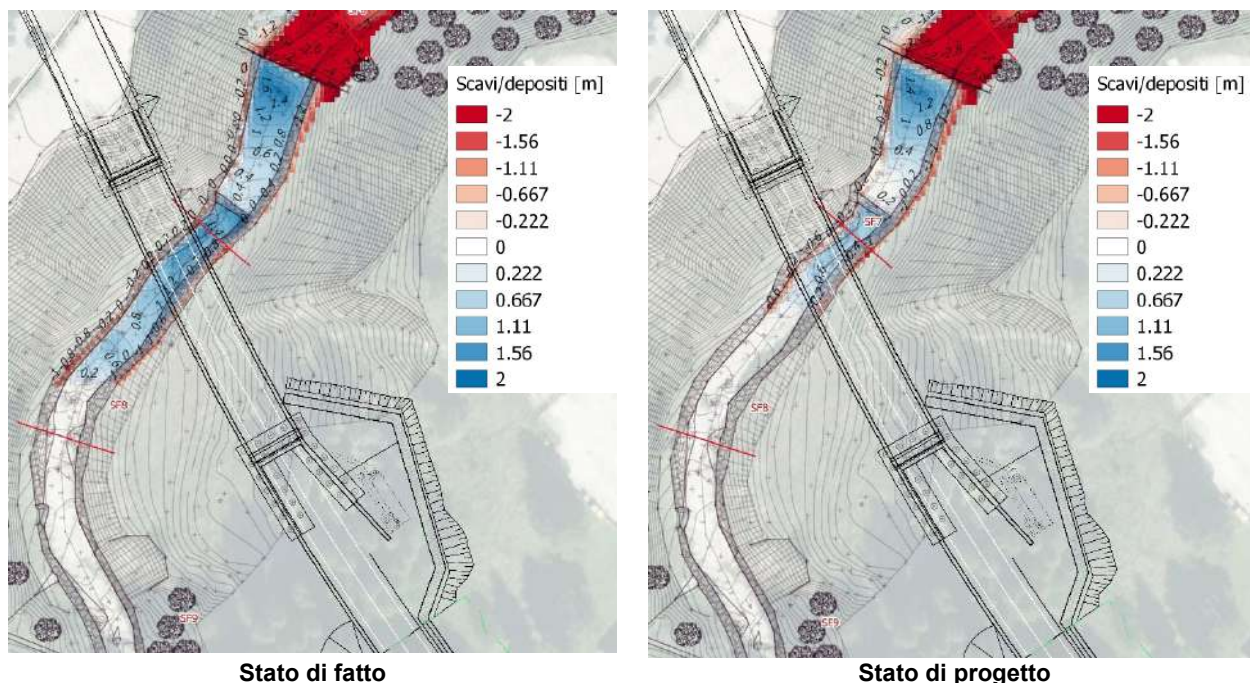


Figura 2-15 – Estratto da “Progetto UFOE_058 – Modello colata detritica Tr=300 anni – Carta delle variazioni altimetriche” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

PROGETTAZIONE ATI:

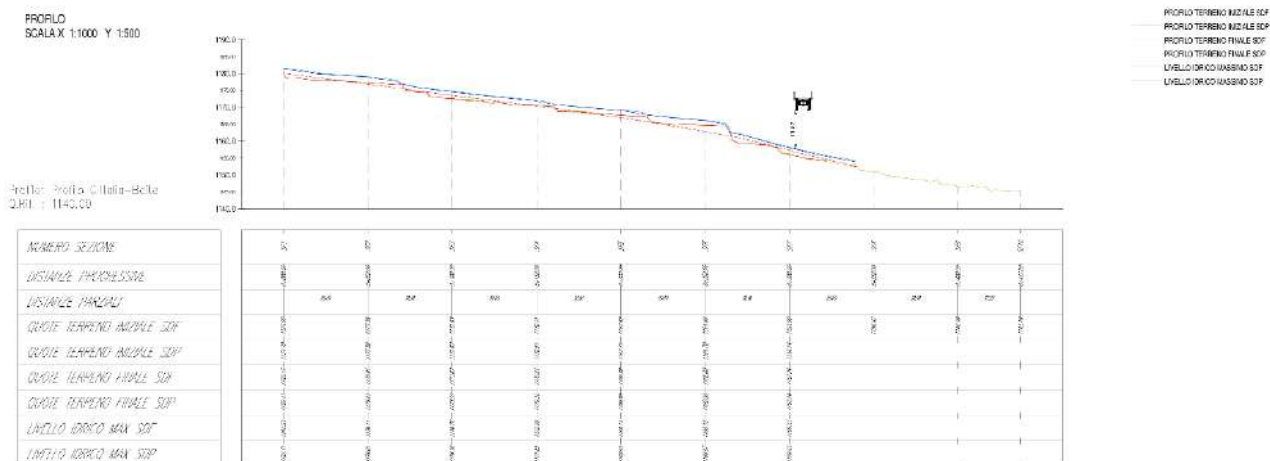


Figura 2-16 – Estratto da “Progetto UFOE_058 – Modello colata detritica Tr=300 anni – Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto

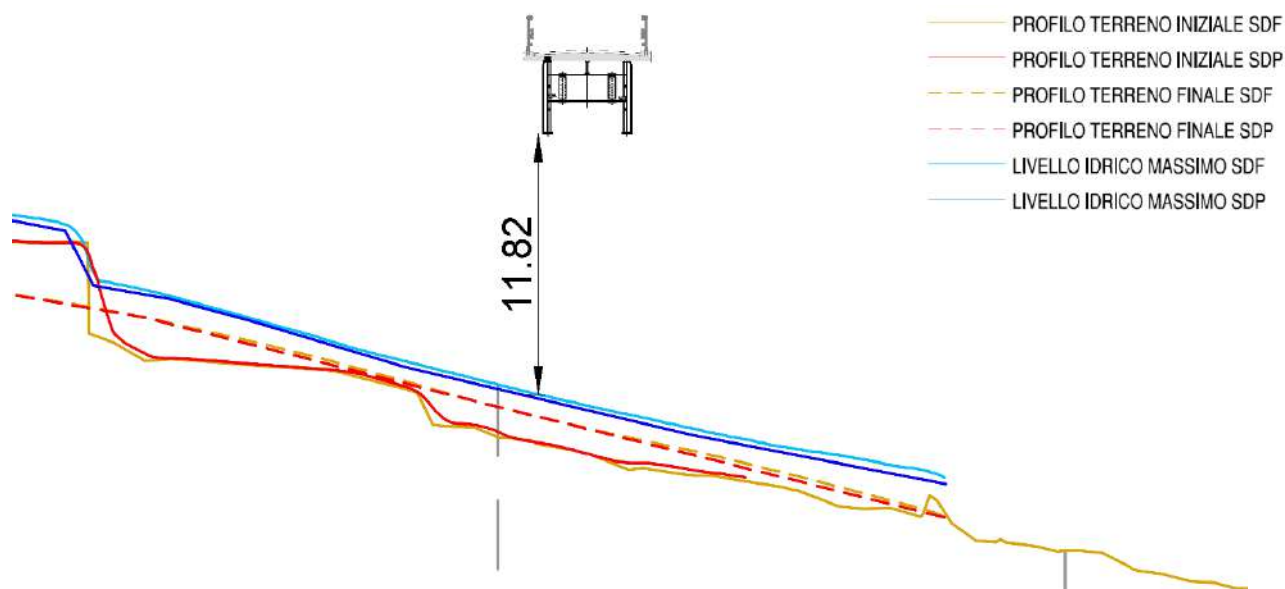


Figura 2-17 – Estratto da “Progetto UFOE_058 – Modello colata detritica Tr=300 anni – Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto” con sovrapposizione del Ponte sul Bigontina in progetto - particolare

Dall’analisi dei risultati del modello descritto si può concludere che:

- l’onda di piena caratterizzata da colata detritica e tempo di ritorno trecentennale non interessa in alcun modo il ponte in progetto;
- è garantito un franco notevolmente elevato (11,82 m);
- nel tratto di interesse il corso d’acqua dà luogo a fenomeni di deposito in alveo e fenomeni erosivi praticamente nulli lungo le sponde; è da sottolineare nuovamente che il modello di colata detritica è stato sviluppato nell’ipotesi di assenza di opere di trattenuta (sistema di briglie) a monte dell’abitato di Alverà, che, in realtà, sono in corso di realizzazione;
- i fenomeni di colata detritica inducono condizioni di rischio idraulico meno gravose rispetto a quelle originate da fenomeni di trasporto solido, nel tratto di interesse.

PROGETTAZIONE ATI:

2.2.3 MODELLO DI CALCOLO

In ragione delle caratteristiche del corso d'acqua e dell'opera di attraversamento (ponte a campata unica con spalle ed impalcato a notevole distanza dall'alveo) e dell'esistenza degli studi di dettaglio precedentemente descritti, è stato concordato con i tecnici dell'Autorità Distrettuale delle Alpi Orientali (l'incontro presso la sede dell'Autorità di Distretto delle Alpi Orientali del 13/10/2021) che le verifiche idrauliche relative al Ponte sul Torrente Bigontina siano condotte mediante modellazione in moto permanente, grazie all'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) versione 6.1.0, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Per una descrizione di tale modello si rimanda all'Allegato 2 alla presente relazione.

Il modello idraulico ha un'estensione di circa 850 m e comprende il tratto di Bigontina che va dalla briglia a valle dell'attraversamento della SR48, a monte dell'abitato di Cortina, fino alla confluenza con il T. Boite.

Le verifiche sono state condotte sia con riferimento alla geometria del corso d'acqua antecedente agli interventi di cui al "Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite", sia considerando la geometria di progetto, essendo gli interventi in gran parte realizzati.

E' da sottolineare il fatto che i suddetti interventi sono concentrati nel tratto di monte del modello (primi 400 m circa) e non riguardano il tratto di torrente interessato dal nuovo ponte oggetto del presente studio, il quale è posto circa 120 m a monte della confluenza con il Torrente Boite (elemento terminale del modello).

Portata di verifica

Le portate liquide per eventi di piena caratterizzati da tempo di ritorno pari a 100, 200 e 300 anni sono riportate nella Tabella 2.1. In sicurezza, sono stati considerati i valori di portata derivanti dall'applicazione del metodo razionale (si veda "Relazione Idrologica" - el. T00ID02IDRRE01)

Tr (anni)	100	200	300
Q (mc/s)	103.77	112.72	117.90

Tabella 2.1: portate liquide T. Bigontina

In considerazione degli studi specifici di trasporto solido descritti al par. 2.2.2, i valori relativi alle portate liquide sono stati incrementati, in sicurezza, del 20%, ottenendo i seguenti valori delle portate di verifica

Tr (anni)	100	200	300
Q (mc/s)	124.52	135.27	141.48

Tabella 2.2: portate di verifica T. Bigontina

E' da sottolineare che, con ipotesi a favore di sicurezza, le suddette portate sono state definite con riferimento all'intero bacino del T. Bigontina, con sezione di chiusura in corrispondenza della confluenza con il T. Boite.

Sezioni di calcolo

La geometria delle sezioni di calcolo è desunta dal rilievo celerimetrico condotto nel Dicembre 2018 dal Genio Civile di Belluno. Tale rilievo è stato confrontato, nel tratto terminale, con il rilievo Lidar sviluppato per il presente progetto, trovando un'ottima sovrapposizione.

Tali geometrie sono state successivamente aggiornate per tenere conto degli interventi di calibrazione del fondo alveo previsti dal "Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di

sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite”.

Coefficienti di scabrezza

In accordo con quanto previsto nel citato “Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite” e con i dati di letteratura sono stati considerati i seguenti coefficienti di scabrezza:

- Alveo : $n = 0,045 \text{ s/m}^{1/3}$
- Aree limitrofe occupate da prati : $n = 0,03 \text{ s/m}^{1/3}$
- Aree limitrofe occupate da arbusti : $n = 0,055 \text{ s/m}^{1/3}$
- Aree limitrofe occupate da viabilità : $n = 0,015 \text{ s/m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow).

Quale condizione al contorno di monte è stata considerata l'altezza critica della corrente, essendo la sezione iniziale in corrispondenza di una briglia.

Quale condizione al contorno di valle è stata considerata l'uguaglianza del livello idrico con quello del Torrente Boite, il cui valore è desunto da studi condotti dallo scrivente nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica dell'intervento “S.S.51 – Variante di Cortina”.

2.2.4 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI E VERIFICA DEL FRANCO IDRAULICO

Dalle analisi idrauliche effettuate sul Ponte sul Torrente Bigontina si può concludere che:

- i livelli di piena desunti dai due modelli sviluppati (comprensivi o meno degli interventi di calibrazione del fondo alveo previsti dal “Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite”) coincidono in corrispondenza del ponte in progetto;
- al passaggio della piena per tempo di ritorno duecentennale (piena di progetto secondo quanto prescritto dalla normativa vigente) è garantito un franco idraulico di 10,82 m, ampiamente superiore al minimo (1,50 m) prescritto dalla normativa per strutture di nuova realizzazione;

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
10	1158.49	1169.31	10.82

Tabella 2.3: Viadotto sul Torrente Bigontina – verifica franco idraulico per $T_r=200$ anni

- l'onda di piena corrispondente ai diversi tempi di ritorno risulta sempre contenuta all'interno dell'incisione che, nel tratto di interesse, è attualmente protetta mediante scogliere in massi, non interessando in alcun modo le spalle dell'opera d'arte.

I risultati della simulazione sono riportati nell' Allegato 3.

2.3 PONTE SUL RIO

Nel tratto iniziale dell'intervento, tra le progr. 0+015 e 0+055, è previsto l'attraversamento di un'incisione, denominata "Rio" mediante un ponte a unica campata di luce pari a 40 m. L'incisione, posizionata in sinistra idraulica al Fiume Boite, risulta modesta e ben vegetata.

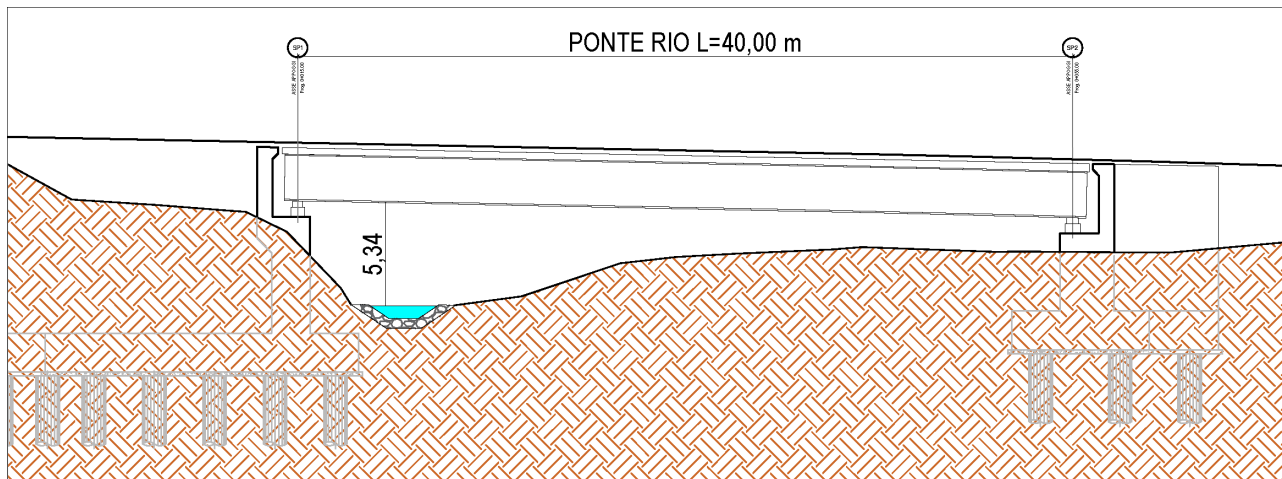


Figura 2-18: Ponte sul Rio – Prospetto da monte

Le portate al colmo, in funzione dei vari tempi di ritorno, risultano le seguenti:

Tr (anni)	30	100	200	300
Q (mc/s)	11.60	13.50	14.67	15.34

Tabella 2.4: portate di verifica

SEZ CALCOLO	Q(TR200)	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(mc/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
9	14.67	1167.34	1172.66	5.32

Tabella 2.5: Viadotto sul Rio – verifica franco idraulico

PROGETTAZIONE ATI:

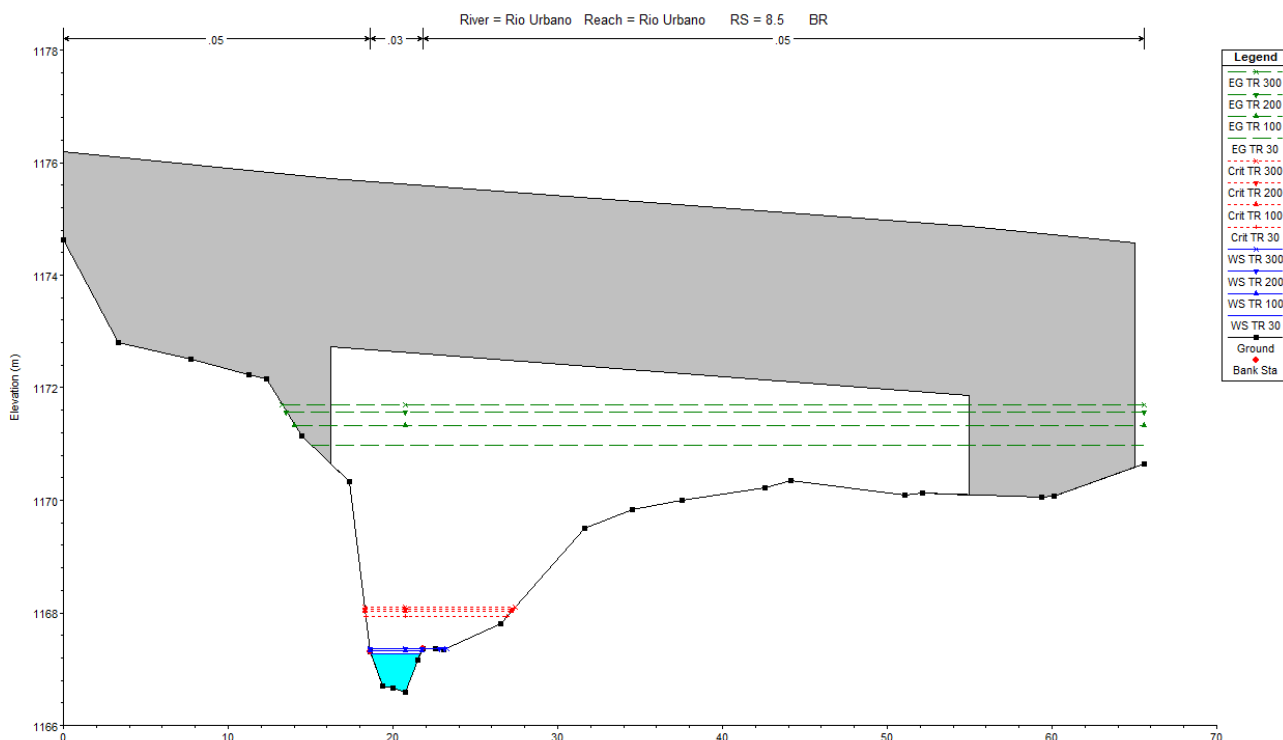


Figura 2-19: modello di calcolo – sezione a monte del Ponte sul Rio

Dalle analisi idrauliche effettuate sul Ponte sul Rio si può concludere che:

- al passaggio della piena per tempo di ritorno duecentennale (piena di progetto secondo quanto prescritto dalla normativa vigente) è garantito un franco idraulico minimo di 5.34 m, ampiamente superiore al minimo (1,5 m) prescritto dalla normativa per strutture di nuova realizzazione;
- l'onda di piena corrispondente ai diversi tempi di ritorno risulta sempre contenuta all'interno dell'incisione senza interessare le spalle dell'opera d'arte.

I risultati della simulazione sono riportati nell' Allegato 4.

In ragione del fatto che la corrente, in corrispondenza dell'attraversamento, è caratterizzata da elevata velocità (pari a circa 8-9 m/s per TR=200 anni) e capacità erosiva, è prevista una sistemazione del corso d'acqua mediante massi cementati (si veda el. T01ID02IDRD101), a protezione della fondazione della spalla 1.

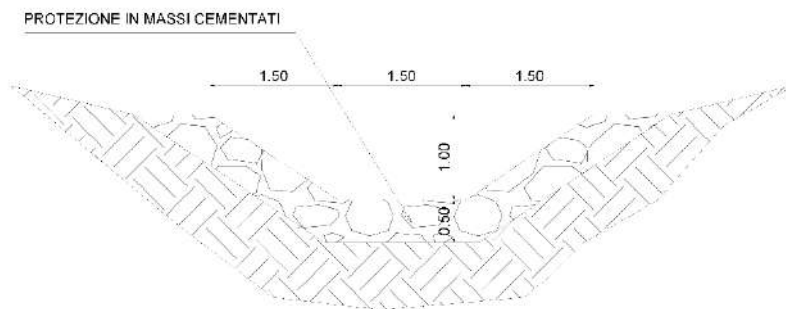


Figura 2-20: protezione Rio

PROGETTAZIONE ATI:

3 SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE

3.1 PREMESSA

Nel presente paragrafo si fornisce una descrizione delle opere di drenaggio della piattaforma stradale fornendo gli elementi e i criteri utili per il corretto dimensionamento e verifica delle stesse.

In ragione del fatto che il tracciato si sviluppa in una zona caratterizzata da un elevato pregio paesaggistico-ambientale e da un complesso sistema di vincoli volti alla massima tutela e conservazione dello stato dei luoghi, si è ritenuto opportuno, anche per quanto concerne la componente acque superficiali, adottare criteri di progettazione cautelativi volti alla massima prevenzione degli impatti.

In tale ottica ed in ottemperanza con quanto previsto dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Veneto (si veda par. 3.1.1), è stato adottato, lungo l'intero tracciato, un sistema di drenaggio di tipo chiuso, caratterizzato dall'intercettazione e dal conferimento di tutte le acque di piattaforma in opportuni presidi idraulici, disposti a monte dei recapiti, che assolvono alla funzione di accumulo di eventuali sversamenti accidentali ed al trattamento di sedimentazione e disoleazione delle acque di prima pioggia.

A servizio del tratto in galleria è prevista una vasca di sicurezza idraulica, di volume utile alla raccolta degli sversamenti accidentali pari a 42,5 mc.

Gli schemi della rete di smaltimento sono studiati per consentire lo scarico a gravità delle acque di drenaggio verso i recapiti finali.

3.1.1 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Con Deliberazione n. 107 del 5/11/2009 il Consiglio Regionale della Regione Veneto ha approvato il Piano di Tutela delle Acque, normativa di riferimento che detta le norme fondamentali per la tutela e gestione dei corpi idrici della Regione.

L'articolo 6 delle Norme Tecniche di Attuazione (allegato A3 e s.m.i. della delibera 5/11/2009 n.107 – Novembre 2015) del PTA definisce:

- acque di prima pioggia: i primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di collettamento;
- acque di seconda pioggia: le acque meteoriche di dilavamento che dilavano le superfici scolanti successivamente alle acque di prima pioggia nell'ambito del medesimo evento piovoso;
- acque meteoriche di dilavamento: la frazione delle acque di una precipitazione atmosferica che, non infiltrata nel sottosuolo o evaporata, dilava le superfici scolanti.

L'art. 39 delle NTA dispone gli adempimenti normativi per le "Acque meteoriche di dilavamento, acque di prima pioggia e acque di lavaggio". Il comma 9 dell'art. 39 prevede che:

"Per le canalizzazioni a servizio delle reti autostradali e più in generale delle pertinenze delle grandi infrastrutture di trasporto, che recapitano le acque nei corpi idrici superficiali significativi o nei corpi idrici di rilevante interesse ambientale, le acque di prima pioggia saranno convogliate in bacini di raccolta e trattamento a tenuta in grado di effettuare una sedimentazione prima dell'immissione nel corpo recettore. Se necessario, dovranno essere previsti anche un trattamento di disoleatura e andranno favoriti sistemi di tipo naturale quali la fitodepurazione o fasce filtro/fasce tampone".

Il comma 13 del predetto articolo stabilisce inoltre che:

"Le acque di seconda pioggia, tranne che nei casi di cui al comma 1, non necessitano di trattamento, non sono assoggettate ad autorizzazione allo scarico fermo restando la necessità di acquisizione del nulla osta idraulico, possono essere immesse negli strati superficiali del sottosuolo e sono gestite e smaltite a cura del comune territorialmente competente o di altri soggetti da esso delegati".

3.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE

Nel seguito vengono delineate le principali tipologie di opere di drenaggio in relazione alle specifiche applicazioni.

3.2.1 SEZIONE IN RILEVATO

Nei tratti in rilevato le acque di piattaforma sono raccolte lungo il margine esterno della carreggiata, nella cunetta triangolare formata dalla piattaforma stradale ed il cordolo.

Ad interasse variabile tra 15 e 20 m, il cordolo viene interrotto da un elemento di invito che permette il recapito delle acque ad un pozzetto di raccolta, dotato di caditoia grigliata in ghisa e, successivamente, al collettore di linea, costituito da tubazioni in PEAD, SN8, di diametro nominale variabile tra 315 e 500 mm.

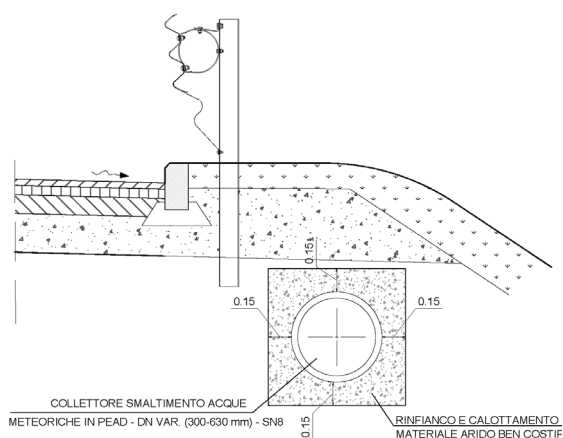


Figura 3.1 – Sezione corrente

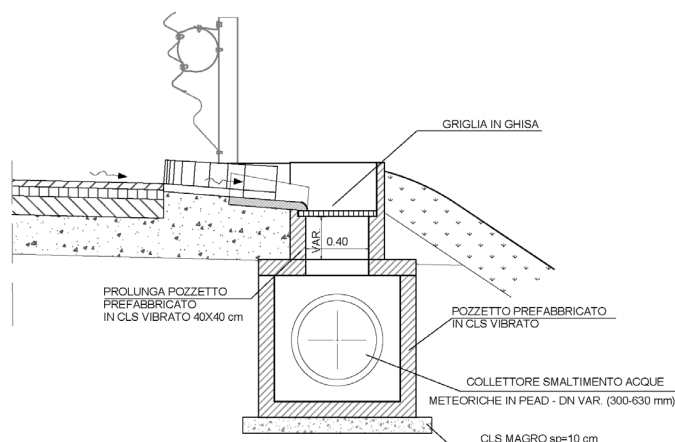


Figura 3.2 – Pozzetto di raccolta ed ispezione

Per quanto riguarda le acque di versante, queste sono raccolte da fossi di guardia in terra, rivestiti con geostuoia tridimensionale in polipropilene collocati al piede dei rilevati. Tale soluzione garantisce la protezione del fosso dall'erosione, consentendo, al tempo stesso, un efficace inserimento ambientale dello stesso.

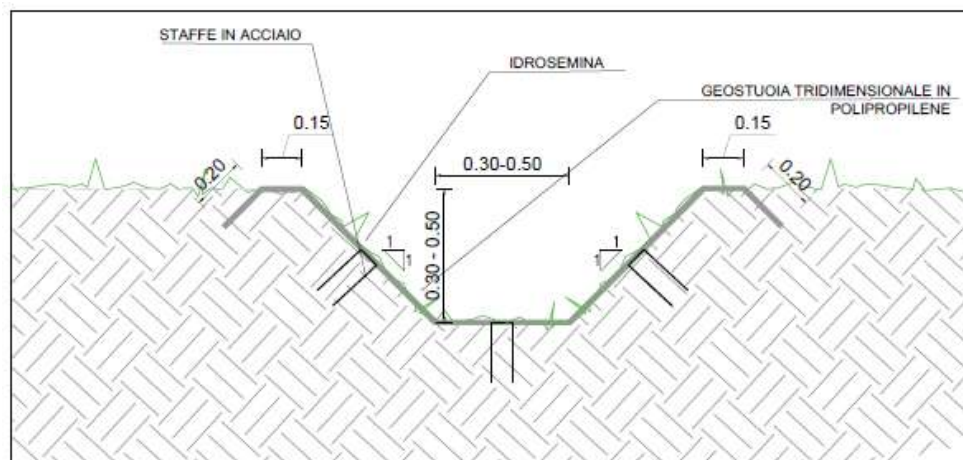


Figura 3.3 –fossi di guardia

PROGETTAZIONE ATI:

La geometria del fosso è di tipo trapezoidale con larghezza di base ed altezza variabile tra 30 e 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1.

3.2.2 SEZIONE IN TRINCEA

Nei tratti al piede delle trincee è prevista l'esecuzione, in fregio alla pavimentazione stradale, di cunette alla francese in cls di larghezza 1,0 m, con sottostante tubazione di collettamento. Le acque raccolte dalla cunetta saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse pari a 20 m, protette da griglie carrabili sagomate come la stessa cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento in PEAD.

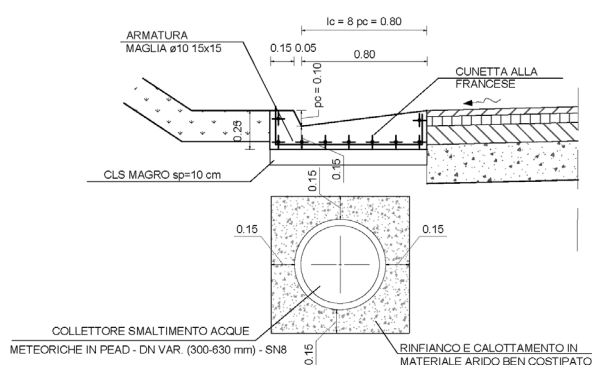


Figura 3.4 – Sezione corrente

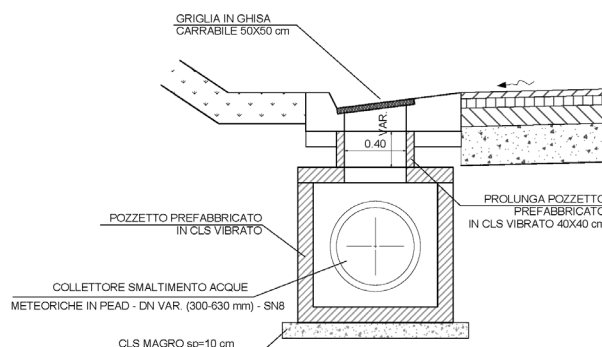


Figura 3.5 – Pozzetto di raccolta ed ispezione

Lungo il ciglio delle scarpate artificiali, per il drenaggio delle acque provenienti dai versanti naturali, sono previsti fossi di guardia di tipo trapezoidale.

3.2.3 SEZIONI IN VIADOTTO

Nei tratti in viadotto lo scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma avviene attraverso caditoie grigliate in ghisa sferoidale di dimensioni esterne 30x30 cm, poste a chiusura di pozzetti e tubazioni di scarico in acciaio zincato. Tali elementi sono raccordati a collettori in acciaio zincato di diametro 400 mm per mezzo di innesti a sella in gomma EPDM.

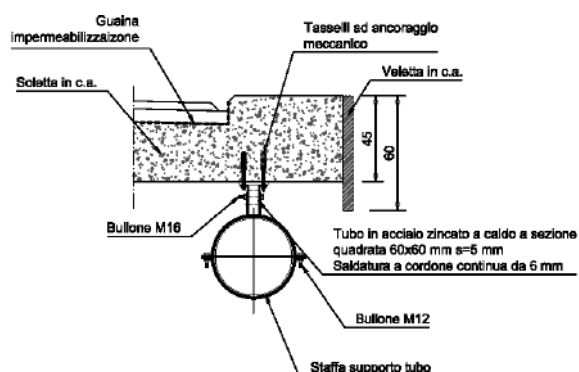


Figura 3.6 – Sezione corrente

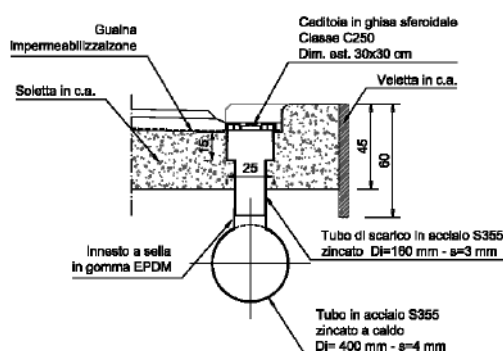


Figura 3.7 – Pozzetto di raccolta ed ispezione

3.2.4 SEZIONI IN GALLERIA ARTIFICIALE

La galleria artificiale è dotata di:

- un sistema di raccolta delle acque d'infiltrazione;
- un sistema di raccolta delle acque di piattaforma.

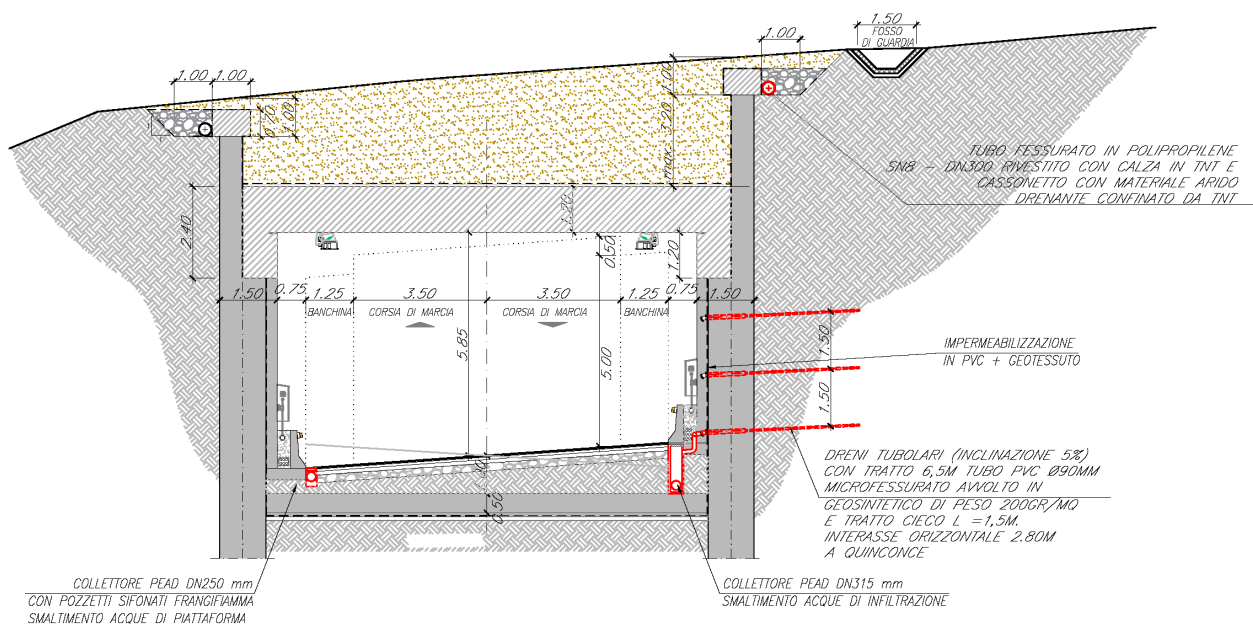


Figura 3.8 –Raccolta acque galleria artificiale

Il sistema di raccolta delle acque d'infiltrazione è costituito da:

- tubazioni fessurate in polipropilene DN300 rivestite con calza in TNT poste in adiacenza ai cordoli di testa dei semipali in c.a.;
- dreni tubolari in PVC microfessurato;
- tubazione in PEAD DN 315, che colletta le acque raccolte dagli elementi sopra elencati fino all'imbocco sud della galleria, dove avviene il recapito al reticolo esistente; tale tubazione è dotata di pozzetti di ispezione prefabbricati in c.a.v., disposti ad interasse massimo pari a 50 m

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma è costituito da tubazioni correnti a bordo strada di diametro ϕ 250 mm in PEAD, dotate di pozzetti sifonati frangifiamma, installati ad interasse pari a 25 m.

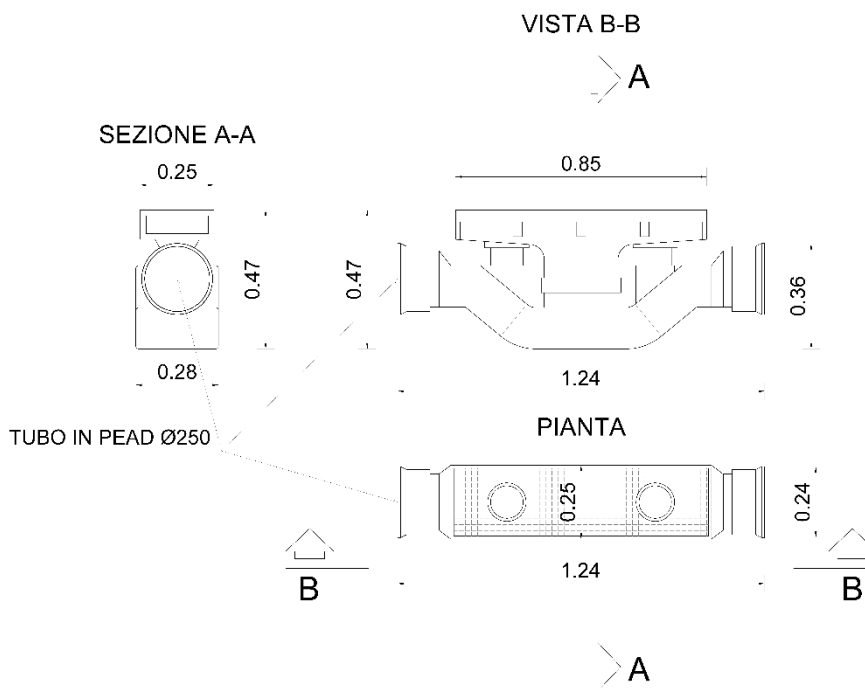


Figura 3.9 – Galleria – pozzetti sifonati di raccolta delle acque di piattaforma

Tale sistema si propone principalmente l'obiettivo di raccogliere eventuali fluidi inquinanti provenienti da sversamenti accidentali e di dare continuità al sistema di convogliamento delle acque di piattaforma verso la vasca di sicurezza idraulica.

I pozzetti sifonati dovranno avere le seguenti funzioni:

- consentire la raccolta delle acque dalla piattaforma ed il relativo deflusso attraverso la condotta di drenaggio;
- consentire l'arresto del passaggio di liquidi pericolosi ed infiammabili attraverso la condotta mediante sistema a sifone;
- realizzare una barriera frangifiamma / frangifumo in caso di penetrazione di liquidi infiammabili incendiati attraverso i pozzetti.

I liquidi così raccolti troveranno esito in una vasca di sicurezza idraulica, di volume efficace pari a 42,5 mc, che sarà di norma vuota e pronta a raccogliere gli sversamenti accidentali.

La vasca sarà dotata di una tubazione di troppo pieno dotata di sifone, per ridurre la possibilità di fuoriuscita di liquidi galleggianti.

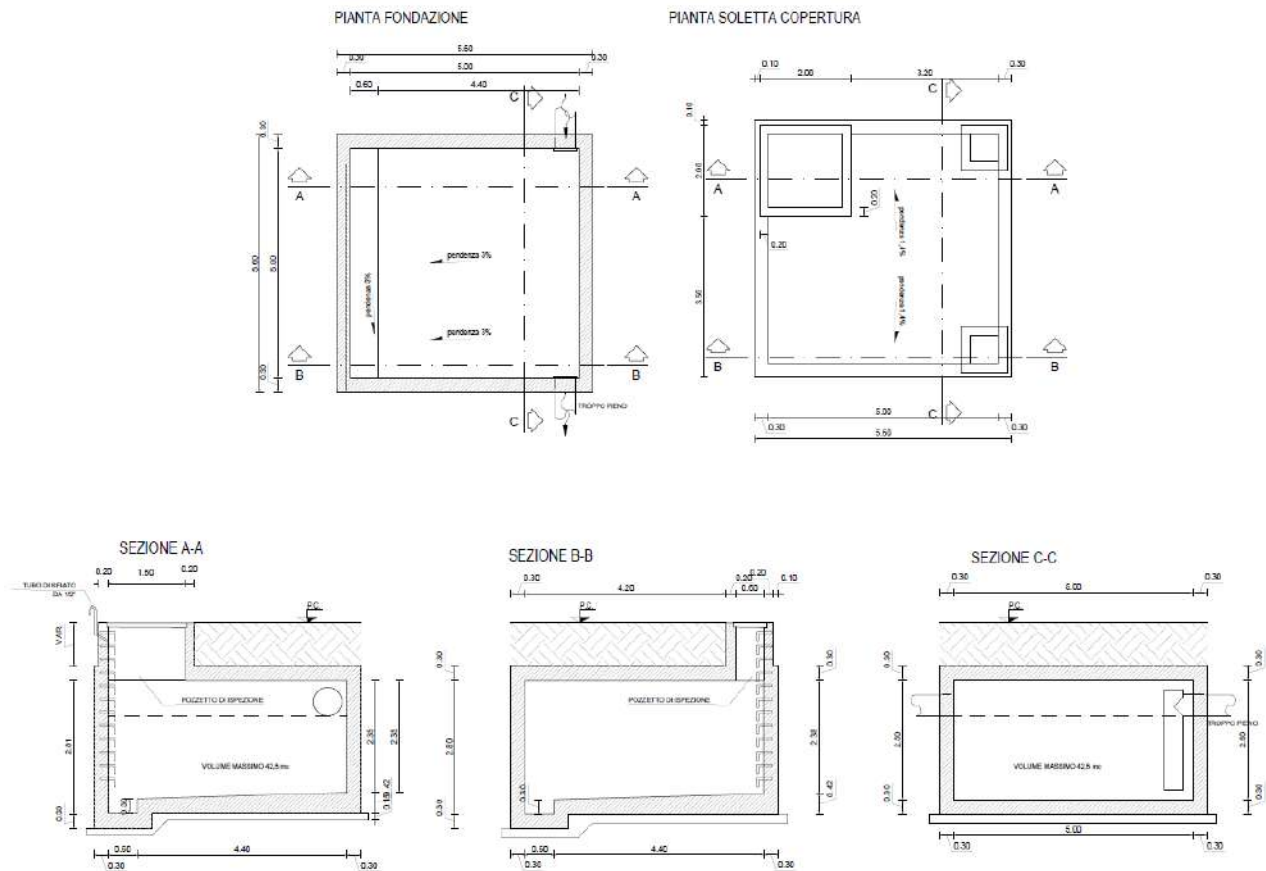


Figura 3.10 – Galleria – vasca di sicurezza idraulica

3.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

3.3.1 PORTATE DI PROGETTO

Per giungere al dimensionamento della rete di drenaggio a servizio dell'infrastruttura in progetto occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di pre-assegnata frequenza probabile, assunto come sollecitazione di progetto.

Viene utilizzata la formula, derivata dal metodo razionale:

$$Q_p = \frac{\phi_c \times b_c + \phi_s \times b_s + \phi_e \times b_e}{3600} \times L \times i_c \quad (\text{l/s})$$

in cui:

- Q_p = portata massima di pioggia (l/s)
- ϕ_c = 1.0 coefficiente di deflusso della piattaforma stradale (adim.);
- ϕ_s = 0.7 coefficiente di deflusso delle scarpate (adim.);
- ϕ_e = 0.5 coefficiente di deflusso delle aree a verde (adim.);
- b_c = larghezza della piattaforma stradale (mq);
- b_s = larghezza della scarpata stradale (mq);

PROGETTAZIONE ATI:

- b_e = larghezza della fascia esterna (mq);
- L = lunghezza tratto (m);
- I_c = intensità della pioggia critica (mm/h)

Per i fossi di guardia sono state individuate puntualmente le aree a verde afferenti a ciascuno di essi.

Le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare:

- per il dimensionamento dei fossi di guardia un tempo di ritorno pari a 100 anni ed un tempo di corrivazione pari a 10 min, da cui $I_c = 137.82$ mm/h;
- per il dimensionamento degli elementi della rete di drenaggio (collettori, cunette, canalette grigliate, interasse caditoie), un tempo di ritorno pari a 50 anni ed un tempo di corrivazione pari a 5 min, da cui $I_c = 188.49$ mm/h;
- per il dimensionamento del tombino D1500mm a progr. 0+290, di smaltimento delle acque raccolte dai fossi di guardia e dai collettori, un tempo di ritorno pari a 200 anni ed un tempo di corrivazione pari a 10 min, da cui $I_c = 151.08$ mm/h

3.3.2 VERIFICHE IDRAULICHE DELLE OPERE DI DRENAGGIO

La verifica idraulica dei diversi elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e di versante è effettuata, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy:

$$V = K_s \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

in cui:

- V = velocità media del flusso (m/s)
- K_s = coefficiente di scabrezza di Gaucker – Strickler, pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i manufatti in cls, pari a $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le tubazioni in PEAD ed in acciaio, $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i fossi in terra;
- R_H = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica $A(\text{m}^2)$ e contorno bagnato $C(\text{m})$;
- J = pendenza longitudinale (m/m)

associata all'equazione di continuità:

$$Q_p = V \times A$$

ove:

- Q_p = portata (m^3/s)
- A = area bagnata (m^2).

I gradi di riempimento massimo ammessi sono pari a:

- | | | |
|----------------------------------|---|-----|
| • collettori (DN315 e inferiori) | : | 50% |
| • collettori (DN400 e superiori) | : | 70% |
| • tombini | : | 50% |
| • fossi di guardia | : | 80% |

Per i collettori dei viadotti si è assunto che siano riempiti per metà di materiale terroso.

PROGETTAZIONE ATI:

Per la definizione dell'interasse delle caditoie è stato garantito che la lama di acqua del canale di bordo laterale sia contenuta in banchina.

Si riportano di seguito le verifiche idrauliche delle diverse opere di drenaggio

	Astr	Ascarp	Averde	Q	DN	Di	PEND	G.R.
	(mq)	(mq)	(mq)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/m)	(%)
0+055-0+305 SX	1187,5	0	0	62,18	400	343	0,024	40,43
0+305-0+315 SX	47,5	0	0	2,49	315	271	0,005	16,13
0+305 SX-DX	1235	0	0	64,66	400	343	0,010	53,14
0+055-0+205 DX	937,5	600	700	89,40	400	343	0,051	40,04
0+205-0+305 DX	1562,5	1000	700	136,79	400	343	0,024	64,98
0+305-0+315 SX	47,5	0	0	2,49	315	271	0,005	16,13
0+305 SX-VP01	1610	1000	700	139,27	630	535	0,005	50,90
0+610-0+630 DX	1542,5	0	0	80,76	400	343	0,060	36,35
0+590-0+610 DX	190	0	0	9,95	315	271	0,005	32,30
0+610 DX-VP02	1732,5	0	0	90,71	500	427	0,005	56,55

Tabella 3.1: collettori circolari in PEAD – tratti all'aperto

	Astr	Q	DN	Di	PEND	G.R.
	(mq)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/m)	(%)
VI01-DX	210	14,29	400	400	0,026	58,88
VI01-SX	210	14,29	400	400	0,026	58,88
VI02-DX	1068,75	54,76	400	400	0,07	65,62
VI02-SX	236,25	15,53	400	400	0,07	56,82

Tabella 3.2: collettori circolari in acciaio – tratti in viadotto

	Astr	Q bacino	Q	B=H	PEND	h	G.R.
	(mq)	(l/s)	(l/s)	(m)	(m/m)	(m)	(%)
0+700 - 0+735SX	157,5	8,25	8,25	0,20	0,0700	0,03	15,67
0+700 - 0+775 DX	517,5	27,10	27,10	0,20	0,0700	0,07	35,56

Tabella 3.3: canalette grigliate

	LARGH	Qmetro	PEND	PEND	A	P	R	Qmax	INT	INT
	P.STR.	lineare	TRASV	LONG min				cunetta	MAX	PROG
	[m]	[l/s]	[m/m]	[m/m]	[mq]	[m]	[m]	[l/s]	[m]	[m]
RETTIFILO	4,75	0,25	0,025	0,0240	0,0195	1,2816	0,0152	13,02	52	20
CURVA	9,50	0,50	0,025	0,0240	0,0195	1,2816	0,0152	13,02	26	

Tabella 3.4: interasse caditoie ed embrici

PROGETTAZIONE ATI:

	Astr	Ascarp	Averde	Q bacino	Q tot	B=H	PEND	h	G.R.
	(mq)	(mq)	(mq)	(l/s)	(l/s)	(m)	(m/m)	(m)	(%)
0+050-0+115 DX	2845	1600	3665	221,95	221,95	0,50	0,020	0,23	45,07
0+115-0+290 DX	0	0	6520	124,80	124,80	0,50	0,025	0,15	30,61
0+290-0+415 DX	0	0	8640	165,39	165,39	0,50	0,020	0,19	38,26
0+415 DX-SX	0	0	13220	253,05	253,05	0,50	0,040	0,20	39,98
0+415-0+450 DX	0	0	4580	87,67	87,67	0,50	0,020	0,13	26,64
0+450-0+470 DX	0	0	520	9,95	9,95	0,50	0,020	0,04	7,34
0+470 DX-SX	0	0	12770	244,44	244,44	0,50	0,040	0,20	39,21
0+470-0+630 DX	0	0	12250	234,49	234,49	0,50	0,030	0,21	41,52
0+700-0+775 SX	0	150	1125	25,55	25,55	0,30	0,020	0,09	28,71
0+710-0+775 DX	0	120	900	20,44	20,44	0,30	0,020	0,08	25,24

Tabella 3.5: fossi di guardia

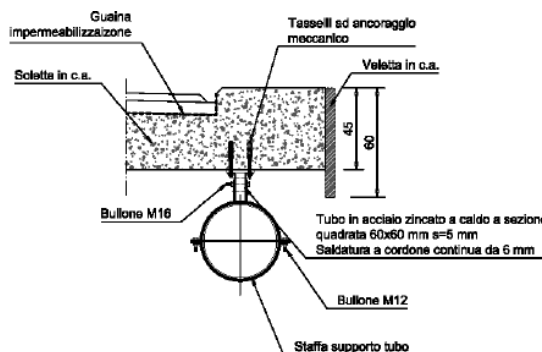
	Astr	Ascarp	Averde	Q	DN=Di	PEND	G.R.
	(mq)	(mq)	(mq)	(l/s)	(mm)	(m/m)	(%)
D1500 - 0+290	1610	1000	7220	248,45	1500	0,050	9,83

Tabella 3.6: tombino circolare D 1500 mm – pk 0+290

3.3.3 VERIFICHE STATICHE ANCORAGGI TUBAZIONI VIADOTTI

L'ancoraggio delle tubazioni di drenaggio al di sotto dei ponti avviene, ad interasse massimo pari a 2 m, mediante:

- staffa di supporto della tubazione;
- tubo in acciaio zincato a caldo a sezione 60x60 mm, spessore 5 mm;
- 4 tasselli ad ancoraggio meccanico M8, con lunghezza di ancoraggio almeno pari a 47 mm, ciascuno caratterizzato da resistenza allo sfilamento in cls C20/25 fessurato pari a 12 kN; la resistenza complessiva è pari a 48 kN



Si riporta di seguito la verifica degli ancoraggi, condotta considerando le tubazioni riempite per metà di materiale terroso, essendo la restante parte occupata dall'acqua.

	PESO SPECIFICO	AREA	PESO unitario	PESO tot
	kN/dm ³	dm ²	kN/ml	kN
peso tubazione	0.0770085	0.50265	0.04	0.08
peso acqua	0.00981	6.28319	0.06	0.12
peso materiale terroso	0.01962	6.28319	0.12	0.25
			PESO TOTALE	0.45
			RESISTENZA	48

PROGETTAZIONE ATI:

3.4 SISTEMA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI RACCOLTA SVERSAMENTI ACCIDENTALI – TRATTI ALL'APERTO

I criteri a base della progettazione dei sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia si possono riassumere in:

- fare transitare nella vasca le acque di prima pioggia;
- "catturare" gli eventuali sversamenti;
- far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
- mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie;
- limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo.

In sintesi il sistema prevede un pozzetto in entrata tale da consentire l'entrata nella vasca vera e propria della portata di prima pioggia e il by-pass dell'acqua in supero con scarico dall'apposita tubazione di uscita.

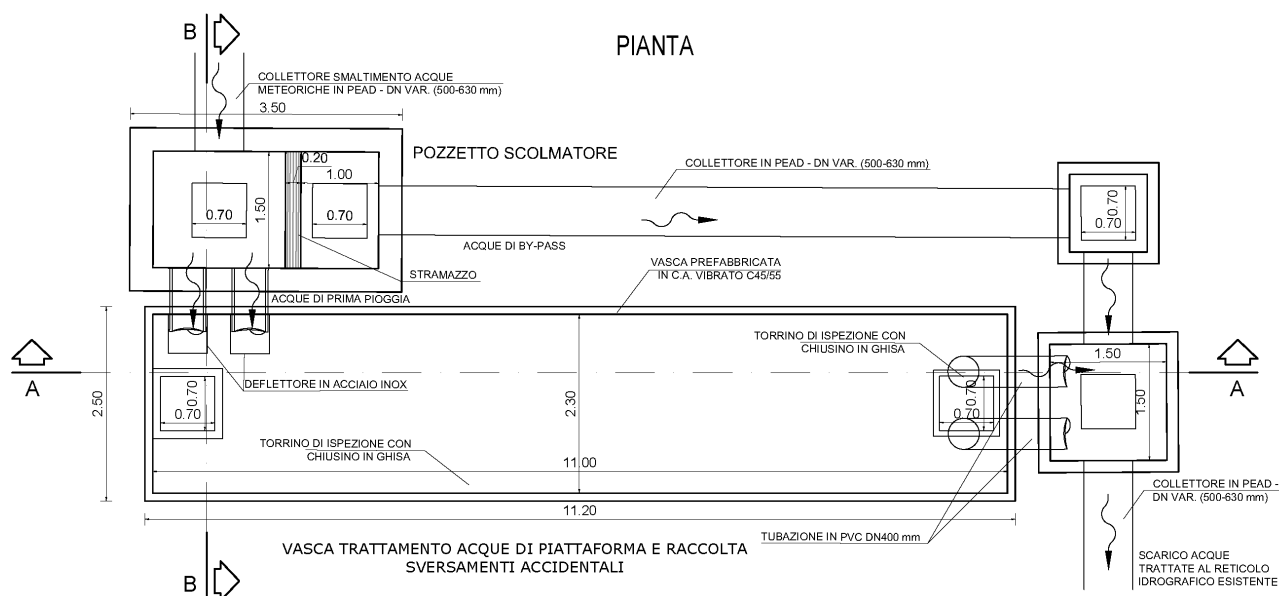


Figura 3.11 – Vasca di trattamento acque di piattaforma - pianta

L'acqua di piattaforma che entra nella vasca dissipa dapprima la sua energia grazie alla presenza di deflettori.

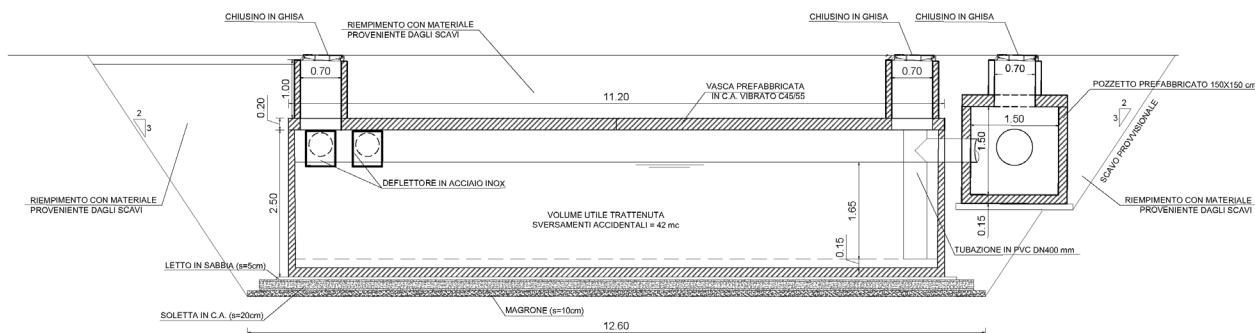


Figura 3.12 – Vasca di trattamento acque di piattaforma – sezione longitudinale

La portata transita all'interno della vasca ed esce attraverso 2 tubazioni DN 400 mm dotate di una porzione verticale che impedisce la fuoriuscita degli olii.

È evidente che il volume compreso fra il bordo inferiore della tubazione in uscita e la quota di scarico è a disposizione degli oli di prima pioggia, che quindi, in assenza di sversamenti, possono essere allontanati con cadenza anche di qualche mese; gli sversamenti vanno invece allontanati a breve scadenza in quanto saturano parzialmente la capacità disponibile. Il dimensionamento delle vasche tiene infatti conto del volume dello sversamento (39.000 litri).

La quota della generatrice superiore della tubazione di scarico è al massimo pari alla quota di scorrimento della tubazione di scarico, in tal modo si riduce al minimo il dislivello fra entrata e uscita del flusso.

Per quanto riguarda la portata di progetto per le acque di prima pioggia, si è preso come riferimento la già citata definizione riportata nelle NTA al PAT vale a dire "i primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di collettamento". Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate.

Sulla base di tale criterio, si è calcolata la portata di prima pioggia Q_{pp} per ciascuna vasca.

N	PROGR.	A str	A verde	QPP
	(km)	(mq)	(mq)	(l/s)
1	0+305	1610	1700	11.78
2	0+610	1732.5	0	9.63

Tabella 3.7: portate di prima pioggia

Le vasche devono essere dimensionate in modo da garantire:

- la sedimentazione delle particelle solide trasportate dalle acque di piattaforma;
- la trattenuta delle particelle oleose contenute nelle acque di piattaforma.

Facendo ricorso alla legge di Stokes, la velocità di sedimentazione è pari a:

$$V_s = \frac{g}{18} (\gamma_s - \gamma_w) * \frac{D^2}{\mu}$$

ove

- V_s = velocità di sedimentazione, in m/s
- g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s²
- γ_s = peso specifico delle particelle, pari a 2650 kg/m³
- γ_w = peso specifico dell'acqua, pari a 1000 kg/m³
- D = diametro della particella; si è assunto quale diametro limite delle particelle trattenute quello di valore 0.10 mm
- μ = viscosità cinematica dell'acqua la quale a 5°C risulta pari a 0.001506 N/m² s

Con riferimento ad una vasca rettangolare, il tempo di percorrenza orizzontale vale:

$$t_1 = L / V = L * h * b / Q$$

mentre il tempo di caduta verticale è $t_2 = h / V_s$

evidentemente $t_1 = t_2$, per cui si ha che la lunghezza è pari a :

$$L = h * Q / (V_s * b * h) = Q / (V_s * b)$$

N	PROGR.	QPP	Vs	b	Lmin	L
	(km)	(l/s)	(cm/s)	(m)	(m)	(m)
1	0+305	11.78	0.597	2.25	0.88	11.00
2	0+610	9.63	0.597	2.25	0.72	11.00

Tabella 3.8: verifiche sedimentazione

Per garantire la trattenuta delle particelle oleose, si è imposto che il tempo di detenzione minimo sia pari a 5 minuti con una velocità massima dell'acqua pari a 0,04 m/s. Tale limiti sono stati prefissati in maniera tale che la componente olio/carburante, più leggera, possa salire in superficie.

N	PROGR.	QPP	h	b	V	L	td
	(km)	(l/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(min)
1	0+305	11.78	2.00	2.25	0.003	11.00	70.05
2	0+610	9.63	2.00	2.25	0.002	11.00	85.71

Tabella 3.9: verifiche disoleazione

PROGETTAZIONE ATI:

3.5 INVARIANZA IDRAULICA

Secondo il principio dell'invarianza idraulica, previsto dall'Allegato A della DGR 2948/09 "Modalità operative ed indicazioni tecniche relative alla valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di strumenti urbanistici", per ogni intervento che trasformi la risposta idrologica del suolo (variazione del coefficiente di deflusso) deve essere prevista l'adozione di misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente idrometrico.

In particolare, l'allegato introduce la seguente classificazione dimensionale degli interventi urbanistici in base alla quale scegliere il tipo di indagine idraulica da svolgere e le tipologie dei dispositivi da adottare (la superficie di riferimento è quella per la quale è prevista la modificazione di uso del suolo):

n	Classe di intervento	Definizione
0	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
1	Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
2	Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
3	Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

L'intervento in esame ricade nella classe 2, ma al limite con la zona 1 poiché la nuova pavimentazione interessa una superficie di estensione pari a circa 1.15 ha, escludendo la parte in galleria che non contribuisce alla formazione del deflusso superficiale.

Di fatto l'impermeabilizzazione potenziale è da considerare modesta.

Per una valutazione semi-quantitativa va innanzitutto valutata la variazione di coefficiente idrometrico e le portate aggiuntive correlate alla realizzazione dell'intervento di progetto, secondo la formula razionale:

$$Q = h(Tr)S\phi/t_p$$

Il valore di portata di riferimento è quello relativo ad un evento meteorico con $Tr = 50$ anni.

La Delibera stabilisce che i coefficienti di deflusso ϕ , ove non determinati analiticamente, andranno convenzionalmente assunti pari a 0,1 per le aree agricole, 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi), 0,6 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...) e pari a 0,9 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,.....).

La variazione che si ottiene avendo considerato solo le superfici di nuova pavimentazione che vanno a sostituire le aree verdi è pari quindi ad una variazione del coefficiente di deflusso da 0.2 a 0.9 su una superficie di 11.500 m².

La Delibera afferma che:

"Nei casi in cui lo scarico delle acque meteoriche da una superficie giunga direttamente al mare o ad altro corpo idrico il cui livello non risulti influenzato dagli apporti meteorici, l'invarianza idraulica delle trasformazioni delle superfici è implicitamente garantita a prescindere dalla realizzazione di dispositivi di laminazione".

Il sistema di drenaggio prevede la captazione delle portate generate dalla piattaforma stradale, che, previo trattamento nelle vasche di prima pioggia, sono reimmesse nel reticolo idrografico costituito dal Torrente Boite.

Nel tratto di interesse il corso d'acqua è caratterizzato da un bacino di estensione pari a circa 165 km² ed una portata di picco per tempo di ritorno centennale dell'ordine di 360 mc/s.

PROGETTAZIONE ATI:

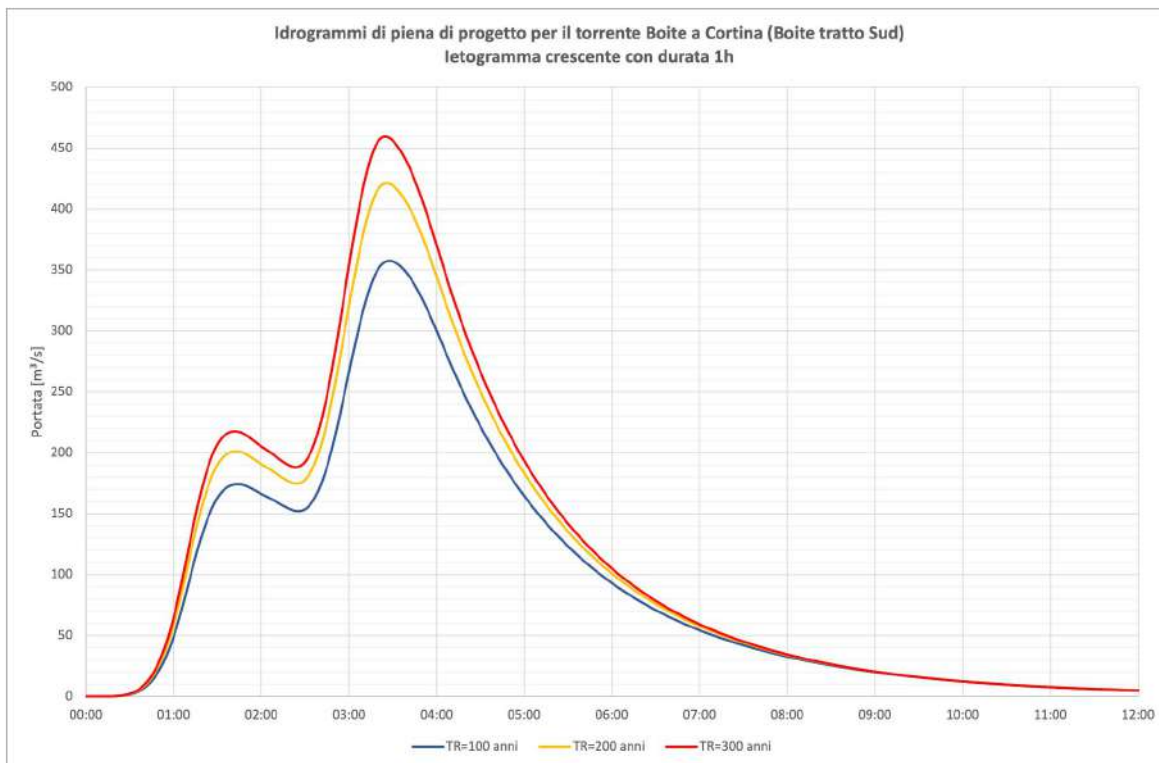


Figura 3.13 : Idrogrammi di piena di progetto per il torrente Boite a Cortina (estratto “Relazione idrologica” - S.S.51 - VARIANTE DI CORTINA – Lotto 2)

Da queste considerazioni si ricava che le portate del Boite sono di alcuni ordini di grandezza superiori all’incremento di portata dovuta alla nuova superficie stradale (che è dell’ordine dei 300 l/s), con un impatto pertanto trascurabile sul regime idraulico del suddetto corpo idrico. Pertanto l’invarianza idraulica è implicitamente garantita.

4 ALLEGATO 1: LAVORI DI RIPRISTINO E ADEGUAMENTO OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE LUNGO IL CORSO DEL TORRENTE BIGONTINA - STUDIO IDRAULICO DEL T.BIGONTINA NEL TRATTO COMPRESO TRA L'ABITATO DI ALVERA' E LA CONFLUENZA NEL BOITE - RELAZIONE IDRAULICA CON MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE E ANALISI DEL RISCHIO RESIDUO

PROGETTAZIONE ATI:



COMMISSARIO DELEGATO
PRIMI INTERVENTI URGENTI DI PROTEZIONE CIVILE IN CONSEGUENZA DEGLI ECCEZIONALI EVENTI
METEOROLOGICI CHE HANNO INTERESSATO IL TERRITORIO DELLA REGIONE VENETO, DAL 27
OTTOBRE AL 5 NOVEMBRE 2018

O.C.D.P.C. n. 558/2018

LAVORI DI RIPRISTINO E ADEGUAMENTO OPERE DI
SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE LUNGO IL CORSO
DEL TORRENTE BIGONTINA -
STUDIO IDRAULICO DEL T.BIGONTINA NEL TRATTO COMPRESO
TRA L'ABITATO DI ALVERA' E LA CONFLUENZA NEL BOITE

CIG: Z4C289DFCB CUP J43H19000470001

ELABORATO N.
1

SCALA

CODICE DOCUMENTO
API1937_R01_00

FILE
API1937_R01_00.PDF

TITOLO
**RELAZIONE IDRAULICA CON MODELLAZIONE
BIDIMENSIONALE E ANALISI DEL RISCHIO RESIDUO**

PROGETTAZIONE



Studio API
Associazione Professionale Ingegneri
Dr. Ing. Gaspare Andreella
Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL)
tel. e fax 0439 302404
email info@studioapi.it
web www.studioapi.it
CF E P.IVA 00752840256



0	OTTOBRE 2019	PRIMA EMISSIONE	MARIKA RIGHETTO	GASPARE ANDREELLA	GASPARE ANDREELLA
REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

PREMESSA	1
1 NOTA METODOLOGICA.....	6
2 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI ANTE E POST EVENTI ECCEZIONALI DELL'AGOSTO 2017 E "VAIA" (NOVEMBRE 2018)	9
2.1 Torrente Boite ad Alverà	9
2.2 Torrente Boite da Alverà al ponte di Via Roma -Corso Italia	16
2.3 Torrente Boite dal ponte di Via Roma/C.so Italia alla confluenza in Boite ...	24
2.4 Le opere in corso di realizzazione a monte di Averà.....	29
2.5 Diametro caratteristico dei sedimenti.....	31
2.5.1 Dati disponibili	31
2.5.2 Indagini condotte nel presente studio	32
3 CREAZIONE DEL DTM DEL TORRENTE BIGONTINA NEL TRATTO OGGETTO DI STUDIO.....	39
4 ATTRIBUZIONE DEI CONTRIBUTI IDROLOGICI AGGIUNTIVI ENTRANTI NEL T. BIGONTINA DA LOCALTA' ALVERÀ AL TORRENTE BOITE	43
5 IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI PER LO STUDIO DEI FENOMENI IDRAULICI, DI TRASPORTO SOLIDO E DI COLATA DETRITICA	58
5.1 Modello di trasporto solido a fondo mobile	58
5.1.1 Parametri caratteristici del modello	64
5.1.2 Condizioni al contorno.....	65
5.1.2.1 Dominio 01 – ALVERA'	65
5.1.2.2 Dominio 02 – CORTINA.....	67
5.1.2.3 Dominio 03 – CONFLUENZA NEL T. BOITE.....	67
5.2 Modello di colata detritica.....	68
5.2.1 Parametri caratteristici del modello	69
5.2.2 Condizioni al contorno.....	70
6 RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO DEL 4-5 Agosto 2017 E TARATURA DEI MODELLI.....	73
Oss.1: Tratto a monte del ponte comunale	73
Oss.3: Tratto in curva a monte dell'abitato di Alverà	75
Oss.4: Ponte SR48	78
Oss.5: A valle ponte SR48.....	80
Oss.6: Briglie a valle dell'ex ponte ferroviario.....	82
Oss.7: Ponte di accesso supermercato	83
7 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE NELLO STATO DI FATTO	86
7.1 Modello di trasporto solido	86
7.1.1 Dominio 01 - Alverà	86
7.1.2 Dominio 02 - Cortina	88
7.1.3 Dominio 03 – Confluenza nel t. Boite	90
7.2 Modello di colata detritica.....	91
7.2.1 Dominio 01 - Alverà	91
Evento di piena con Tr 30 anni	91
Evento di piena con Tr 100 anni	93
Evento di piena con Tr 300 anni	95
7.2.2 Dominio 02 - Da Alverà alla confluenza nel torrente Boite	98
Evento di piena con Tr = 30 anni	98

Evento di piena con $Tr = 100$ anni	107
Evento di piena con $Tr = 300$ anni	116
7.3 Sintesi dei risultati ottenuti	126
8 MODELLAZIONI NUMERICHE PER L'OTTENIMENTO DELLA PROPOSTA DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO.....	128
8.1 Intervento n.1 - Sistemazione idraulica della Canalizzazione di Alverà.....	128
8.2 Intervento n.2 - Sistemazione del tratto di t. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia.....	134
9 ANALISI DEL RISCHIO RESIDUO.....	138
9.1 Torrente Bigontina ad Alverà	138
9.1.1 Ipotesi di ostruzione del ponte Strada Comunale.....	138
9.1.2 Rischio residuo.....	141
9.2 Torrente Bigontina da Alverà a Pecol	143
9.3 Torrente Bigontina da Pecol al Ponte di via Roma / Corso Italia	144
9.4 Torrente Bigontina dal ponte di via Roma/Corso Italia alla confluenza nel t. Boite	144
10 CONCLUSIONI.....	146
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	148
APPENDICE A – ANALISI GRANULOMETRICHE.....	151

PREMESSA

Il presente elaborato costituisce lo **studio idraulico e morfologico del Torrente Bigontina da Alverà alla confluenza in T. Boite**.

Lo studio è stato condotto nell'ambito dell'incarico "*Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite*" commissionato dalla Regione Veneto (Commissario delegato per fronteggiare l'emergenza derivante dalle eccezionali avversità atmosferiche verificatesi nei mesi di ottobre e novembre 2018 il territorio della Regione del Veneto O.C.D.P.C. n. 558 del 15 novembre 2018) allo scrivente Studio API (www.studioapi.it).

La presente relazione descrive le attività espletate per la definizione dell'idrologia e per lo studio idraulico e morfologico del Torrente Bigontina ai fini di identificare i tratti più critici e formulare delle proposte di miglioramento della funzionalità del canale.

Lo studio è stato condotto attraverso l'implementazione di modellazioni numeriche a fondo mobile sia dello stato di fatto che dello stato di progetto al fine di analizzare le condizioni di pericolo idraulico che possono instaurarsi in occasione degli eventi estremi. Sono state inoltre indagate le condizioni di rischio residuo che permangono in seguito alla realizzazione degli interventi attualmente in corso di realizzazione e quelli proposti nel presente studio.

In particolare, si sono studiati sia i fenomeni di colata detritica che si possono innescare a monte del tratto allo studio e che si possono propagare fino al centro abitato di Alverà e proseguire verso l'abitato di Cortina d'Ampezzo, sia i fenomeni di trasporto solido legati agli eventi di piena del Torrente Bigontina.

Lo studio è composto dagli elaborati riportati nella tabella che segue:

N° ATT.	ATTIVITA'	N. ELAB.	Titolo 1	Titolo 2	TIPO	Scala	nome file	rev	data
		0	Relazione di sintesi		R	-	API1937R00_00.pdf	0	Ott. 2019
1	Relazione	1	Relazione idraulica con modellazione bidimensionale e analisi del rischio residuo		R	-	API1937R01_00.pdf	0	Ott. 2019
2	Elaborati grafici analisi di trasporto solido	2.1	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C2.1_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.2	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C2.2_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.3	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C2.3_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.4	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C2.4_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.5	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C2.5_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.6	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C2.6_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.7	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C2.7_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.8	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C2.8_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.9	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 250	API1937C2.9_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.10	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto dal Ponte di Via Roma/Corso Italia alla confluenza nel f. Boite	C	1:1 000	API1937C2.10_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.11	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto dal Ponte di Via Roma/Corso Italia alla confluenza nel f. Boite	C	1:1 000	API1937C2.11_00.pdf	0	Ott. 2019
		2.12	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto	Fenomeno di trasporto solido e analisi di rischio residuo - Tratto dal Ponte di Via Roma/Corso Italia alla confluenza nel f. Boite	C	1:1 000	API1937C2.12_00.pdf	0	Ott. 2019
3	Elaborati grafici analisi di colata detritica	3.1	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C3.1_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.2	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C3.2_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.3	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C3.3_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.4	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C3.4_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.5	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Alverà	C	1:1 000	API1937C3.5_00.pdf	0	Ott. 2019

N° ATT.	ATTIVITA'	N. ELAB.	Titolo 1	Titolo 2	TIPO	Scala	nome file	rev	data
		3.6	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Alverà	C	1:1 000	API1937C3.6_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.7	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Alverà	C	1:1 000	API1937C3.7_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.8	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Alverà	C	1:1 000	API1937C3.8_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.9	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Alverà	C	1:1 000	API1937C3.9_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.10	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.10_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.11	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.11_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.12	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto- Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.12_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.13	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo - Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.13_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.14	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo -Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.14_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.15	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.15_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.16	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.16_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.17	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.17_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.18	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Alverà a Pecol	C	1:1 000	API1937C3.18_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.19	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.19_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.20	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.20_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.21	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.21_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.22	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.22_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.23	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.23_00.pdf	0	Ott. 2019

N° ATT.	ATTIVITA'	N. ELAB.	Titolo 1	Titolo 2	TIPO	Scala	nome file	rev	data
		3.24	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 000	API1937C3.24_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.25	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 250	API1937C3.25_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.26	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 250	API1937C3.26_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.27	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Pecol a Ponte di Via Roma/Corso Italia	C	1:1 250	API1937C3.27_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.28	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.28_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.29	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.29_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.30	Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.30_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.31	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.31_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.32	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.32_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.33	Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto -Tr 300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.33_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.34	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr30 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.34_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.35	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr100 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.35_00.pdf	0	Ott. 2019
		3.36	Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto per Tr300 anni	Fenomeno di colata detritica e analisi di rischio residuo- Tratto da Via Roma/Corso Italia alla confl. In Boite	C	1:1 000	API1937C3.36_00.pdf	0	Ott. 2019
4	Elaborati grafici di progetto	4.1	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina presso l'abitato di Alverà	Planimetria e profilo longitudinale allo stato di fatto	C	varie	API1937C4.1_00.pdf	0	Ott. 2019
		4.2	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina presso l'abitato di Alverà	Planimetria e profilo longitudinale allo stato di progetto	C	varie	API1937C4.2_00.pdf	0	Ott. 2019



N° ATT.	ATTIVITA'	N. ELAB.	Titolo 1	Titolo 2	TIPO	Scala	nome file	rev	data
		4.3	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina presso l'abitato di Alverà	Sezioni trasversali allo stato di progetto	C	varie	API1937C4.3_00.pdf	0	Ott. 2019
		4.4	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia	Planimetria e profilo longitudinale allo stato di fatto	C	varie	API1937C4.4_00.pdf	0	Ott. 2019
		4.5	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia	Planimetria e profilo longitudinale allo stato di progetto	C	varie	API1937C4.5_00.pdf	0	Ott. 2019
		4.6	Intervento di sistemazione del tratto di t. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia	Sezioni trasversali allo stato di progetto	C	varie	API1937C4.6_00.pdf	0	Ott. 2019

1 NOTA METODOLOGICA

L'analisi della pericolosità idraulica e dei dissesti morfologici non può prescindere dall'analisi del trasporto solido associata alle portate di piena ed implica l'analisi di molteplici fattori al fine di individuare il fenomeno atteso, di studiarlo e di sintetizzarne successivamente i risultati, in termini di variazioni plano-altimetriche della morfologia del corso d'acqua.

I fattori da valutare sono di diversa natura, morfologici, idrologici, meteorologici, geologici e storici, per quanto riguarda l'identificazione del fenomeno atteso e prettamente idraulici per quanto riguarda la propagazione del fenomeno.

La complessità della problematica richiede un approccio multidisciplinare che permetta di evidenziare le criticità e di trattarle adeguatamente.

In particolare, il torrente Bigontina si trova in un'area di potenziale propagazione delle colate detritiche (debris flow) che si innescano nella parte alta del bacino. Tuttavia, essendo il bacino sotteso dal corso d'acqua di dimensioni tali da poter generare portate liquide significative, non è escluso che eventi di precipitazione di durata di qualche ora provochino degli eventi di piena di magnitudo confrontabili con quelli di colata detritica originati da precipitazioni brevi e intense.

Per tale motivo, si sono studiati sia i fenomeni di colata detritica, sia i fenomeni di trasporto solido legati agli eventi di piena del torrente Bigontina.

La metodologia presentata per la definizione delle criticità idrauliche è articolata in diverse fasi di studio delle quali la prima è costituita dall'esame della morfologia del corso d'acqua nonché dall'esame dei fenomeni accaduti a seguito dell'evento eccezionale di agosto 2017, con il reperimento di dati storici e sopralluoghi mirati.

Durante i sopralluoghi sono stati ricercati eventuali depositi di sedimenti potenzialmente movimentabili durante eventi di precipitazioni intense, i tratti con segni di erosione o deposizione ed eventuali segni di trasporto solido e gli effetti indotti sulle opere idrauliche.

Come base topografica di riferimento è stato utilizzato il modello digitale del terreno (DEM) ottenuto dal rilievo Lidar del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare integrato con i dati del rilievo celerimetrico condotto nel Dicembre 2018 dal Genio Civile di Belluno.

Per i dati sulle portate di piena, di colata detritica e di trasporto solido ci si è avvalsi degli studi condotti dal Prof. Ing. Vincenzo D'Agostino nell'ambito della *"Analisi storica degli eventi di piena, analisi idrologica e reologica dei fenomeni di trasporto solido e di massa nel Torrente Bigontina a monte dell'abitato di Alverà, in comune di Cortina d'Ampezzo per l'individuazione delle opere idrauliche per la messa in sicurezza d'infrastrutture viarie ed abitati"* (TESAF, UNIPD, 2018) commissionato dalla UO Forestale Est di Belluno e della *"Realizzazione delle opere selettive in c.a. da porsi in opera subito a monte dell'abitato di Alverà in comune di Cortina d'Ampezzo"* (TESAF, UNIPD, 2019), che saranno in seguito denominati "studi TESAF". La consapevolezza che i risultati della modellazione sono fortemente dipendenti dalla qualità dei dati in ingresso, dalle condizioni iniziali e

al contorno utilizzate, ha reso evidente la necessità di approfondire e standardizzare l'acquisizione e la validazione dei dati necessari per l'utilizzo dei modelli.

La propagazione dell'onda di **colata detritica** (debris flow) è stata studiata relativamente al tempo di ritorno di **300, 100 e 30 anni** con il **modello bidimensionale a fondo mobile TRENT-2D** che permette di valutare in maniera accoppiata la dinamica della mistura (fase solida più fase liquida) con quella dell'evoluzione morfologica dell'alveo (Armanini et al., 2009, Fraccaollo et al 2007, Rosatti et al., 2006). Il modello matematico fisicamente basato TRENT2D è stato utilizzato in ambiente **WEEZARD**, software sviluppato da Trilogis s.r.l. in collaborazione con il gruppo di ricerca del prof. Armanini (DICAM – Università di Trento) che integra al modello di simulazione 2D di piene iper-concentrate e colate di detriti il client WebGIS Terra3 per la visualizzazione e la gestione dei dati territoriali.

La propagazione dell'onda di **trasporto solido** viene studiata relativamente all'evento di piena con **Tr 200 anni** con il **modello bidimensionale a fondo mobile BASEMENT**, software creato allo scopo di valutare l'evoluzione morfologica di un corso d'acqua, implementato dal Dipartimento di Idraulica dello Swiss Federal Institute of Technology ETH di Zurigo. Il tempo di ritorno 200 anni è stato scelto in analogia con quanto riportato nelle NTC 2018 (DM 17 Gennaio 2018) relativamente alla compatibilità idraulica dei ponti in relazione ai fenomeni di trasporto solido.

Entrambi i modelli calcolano l'evoluzione nel tempo di tiranti, velocità, scavi e depositi che si verificano all'interno dell'intero dominio computazionale e consentono la definizione di apposite mappe di rischio e pericolosità idraulica.

Pertanto, per la determinazione dei franchi di sicurezza, in merito ai fenomeni di trasporto solido è stato assunto come riferimento l'evento di piena con tr = 200 anni, in analogia con le Norme tecniche per le costruzioni (DM 17 Gennaio 2018). Relativamente alle colate detritiche, è stato assunto un evento di massima piena con tr = 300 anni, in favore di sicurezza rispetto alle NTC, come assunto negli studi TESAF.

La taratura dei modelli è stata effettuata ricostruendo l'evento del 4-5 Agosto 2017 con l'applicazione delle portate desunte dagli studi TESAF e confrontato i risultati ottenuti con la documentazione fotografica presente negli stessi studi, da quella raccolta dai Vigili del Fuoco e da quella messa a disposizione dall'ing. Roland Bernardi (Drop Engineering).

Entrambi i modelli sono stati considerati con **fondo erodibile** anche in corrispondenza delle **opere di stabilizzazione del fondo esistenti, in favore di sicurezza.**

Questa assunzione viene avvalorata dall'esperienza, in quanto in occasione del citato evento di piena del 2017, la briglia esistente a monte dell'attraversamento della SS51 Alemagna, e a valle della passerella pedonale che collega via Ria De Zeto alla località Pecol è andata distrutta, come indicato nella seguente Figura 1.1. Pertanto, escludere la possibilità che accadano dissesti di questo tipo appare irrealistico.



Figura 1.1 – foto 1 Sagoma della briglia crollata a valle della passerella pedonale che collega via Ria De Zeto alla località Pecol (Studio API LUGLIO 2018)

Per la descrizione delle caratteristiche dei software utilizzati si può fare riferimento alla sezione dedicata del sito web dello scrivente studio, cliccando [qui](#), o ai seguenti link ufficiali:

WEEZARD: <http://www.weezard.eu/>

BASEMENT <http://www.basement.ethz.ch/>

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI ANTE E POST EVENTI ECCEZIONALI DELL'AGOSTO 2017 E "VAIA" (NOVEMBRE 2018)

2.1 Torrente Boite ad Alverà

Il tratto di Torrente Bigontina che scorre presso l'abitato di Alverà, per una estensione complessiva di circa 620 m, si presenta attualmente regimato da una serie di 20 briglie.

Storicamente l'area è stata interessata da numerosi fenomeni alluvionali di trasporto solido e di colate detritiche che si sono originate principalmente dal Rio Gere suo affluente in destra idrografica nella parte di monte del bacino alle pendici meridionali del Gruppo del Cristallo.

Considerando come sezione di chiusura il ponte della SR48 in centro ad Alverà, il bacino ha un'estensione di circa 14 km² con una quota minima di 1 323 m s.l.m. e una quota media di 1 923 m s.l.m., l'altezza massima invece è quella corrispondente alla cima del Monte Cristallo, quindi 3 220 m s.l.m. La pendenza media del bacino è di 26° e l'Indice di Melton, che indica la sua propensione a sviluppare colate detritiche, è di 0.51, quindi poco sopra al limite minimo di 0.50 indicato da D'Agostino (1996) come valore minimo discriminante dei conoidi potenzialmente soggetti a debris flow. In accordo con questo indice è anche la pendenza media del collettore principale, pari a 12.8° infatti sempre D'Agostino (1996) indica come potenzialmente soggetti a trasporto di colate detritiche i torrenti con pendenza media superiore a 12°-13°. (cfr. TESAF,2018).

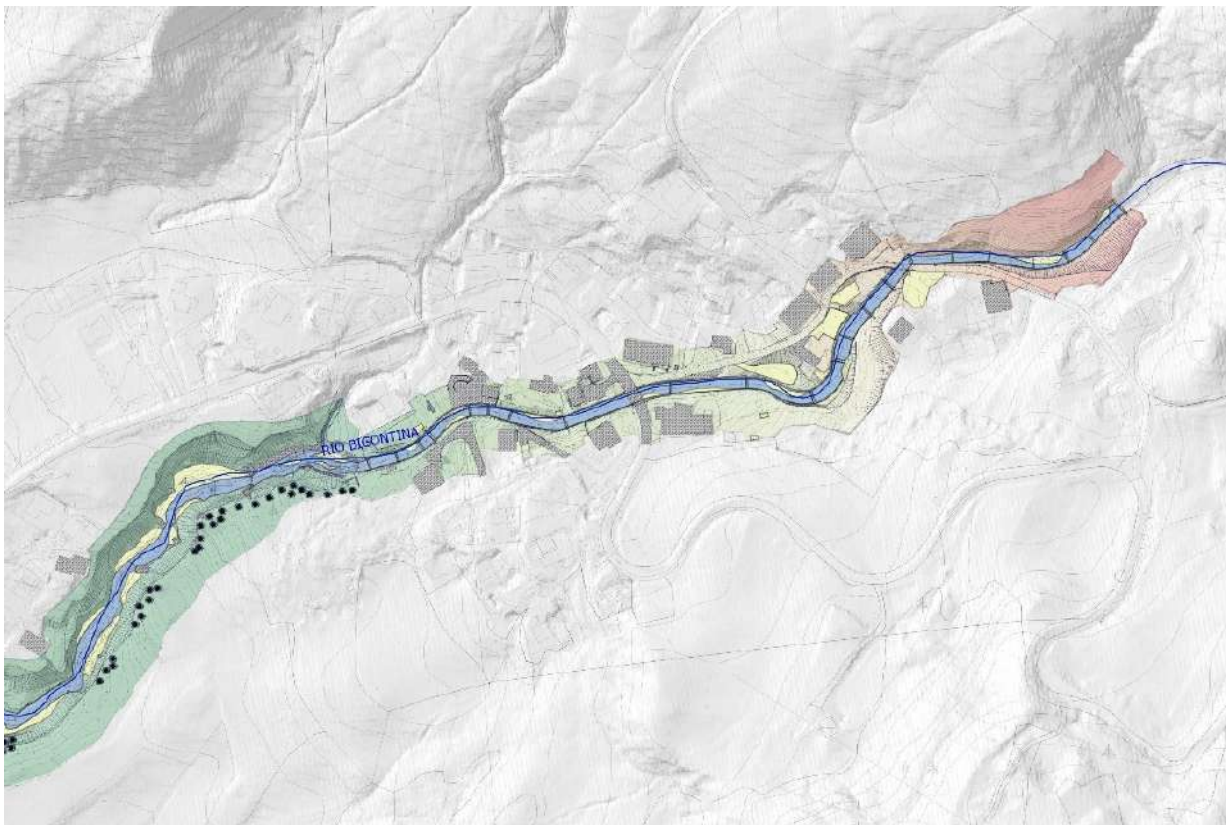


Figura 2.1 – Inquadramento dell'area di indagine – rilievo lidar (grigio) e rilievo celerimetrico (Genio Civile 2018)



Figura 2.2– – Inquadramento dell'area di indagine – base orto foto da drone (anno 2019)

Come indicato nelle seguenti fotografie scattate tra il Dicembre 2018 e il Settembre 2019, la cui ubicazione è indicata nella precedente Figura 2.2, il tratto a monte dell'attraversamento SR48 si presenta generalmente sovralluvionato con limitate erosioni localizzate in corrispondenza del ponte della strada comunale (Figura 2.3, Figura 2.4, Figura 2.5, Figura 2.6).

A valle del ponte comunale il tratto si presenta regimato da una successione di soglie presso le quali è possibile rilevare depositi a monte e limitate erosioni al piede delle stesse. In prossimità della curva a monte della SR48 si rilevano abbondanti depositi ghiaiosi e la formazione di barre sia al centro del canale che soprattutto lateralmente (Figura 2.7, Figura 2.8, Figura 2.9, Figura 2.10).

A valle dell'attraversamento SR 48 il torrente Bigontina possiede una limitatissima capacità di smaltire contributi solidi anche molto esigui; in particolare quando il torrente Bigontina incontra l'attraversamento comunale nel centro di Alverà possiede una pendenza di circa il 2% a monte del ponte stesso, pendenza che rimane sempre limitata (2.5% al massimo) per un tratto della lunghezza di 120 m dove sono presenti due soglie di fondo (cfr. studi TESAF, Figura 2.11, Figura 2.12, Figura 2.13).

A valle della briglia in uscita dal centro abitato di Alverà il corso d'acqua acquista maggior pendenza e di conseguenza si notano alcune erosioni sia spondali che di fondo fino al tratto in bosco (Figura 2.14, Figura 2.15, Figura 2.16).



Figura 2.3– Inquadramento dell'area -tratto a monte del ponte comunale della frazione di Alverà (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.4– Inquadramento dell'area -tratto a monte del ponte comunale della frazione di Alverà (sopralluogo Aprile 2019)



Figura 2.5– Attraversamento della strada comunale a monte della frazione di Alverà (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.6– Attraversamento della strada comunale a monte della frazione di Alverà (sopralluogo Aprile 2019)



Figura 2.7– Tratto a valle del ponte in frazione Alverà (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.8– Tratto a valle del ponte in frazione Alverà (sopralluogo Aprile 2019)



Figura 2.9– Tratto in sovralluvionamento parcheggio in curva (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.10– tratto in sovralluvionamento parcheggio in curva (sopralluogo Aprile 2019)



Figura 2.11– vista a monte del ponte sulla SR48 (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.12– vista verso valle del ponte sulla SR48 (rilievo Dicembre 2018) in destra idrografica protezioni con assi in legno punto dove si verifica fuoriuscita di portata.



Figura 2.13– vista verso valle del ponte sulla SR48 (sopralluogo Luglio 2019) in destra idrografica protezioni con assi in legno punto dove si verifica fuoriuscita di portata.



Figura 2.14– Briglia a valle della frazione di alverà (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.15– Briglia a valle della frazione di alverà (sopralluogo Luglio 2019)



Figura 2.16– Inizio del tratto in bosco a valle di Alverà (rilievo Dicembre 2018)

2.2 Torrente Boite da Alverà al ponte di Via Roma -Corso Italia

Come indicato nelle seguenti figure, il tratto di corso d'acqua in oggetto si estende per circa 1.300 m, da Alverà fino al ponte di Via Roma -Corso Italia nel centro di Cortina d'Ampezzo.



Figura 2.17– Inquadramento dell'area di indagine – rilievo lidar (grigio) e rilievo celerimetrico (Genio Civile 2018) - tratto da Alverà a Pecol



Figura 2.18– – Inquadramento del tratto da Alverà a Pecol – base orto foto da drone (anno 2019)

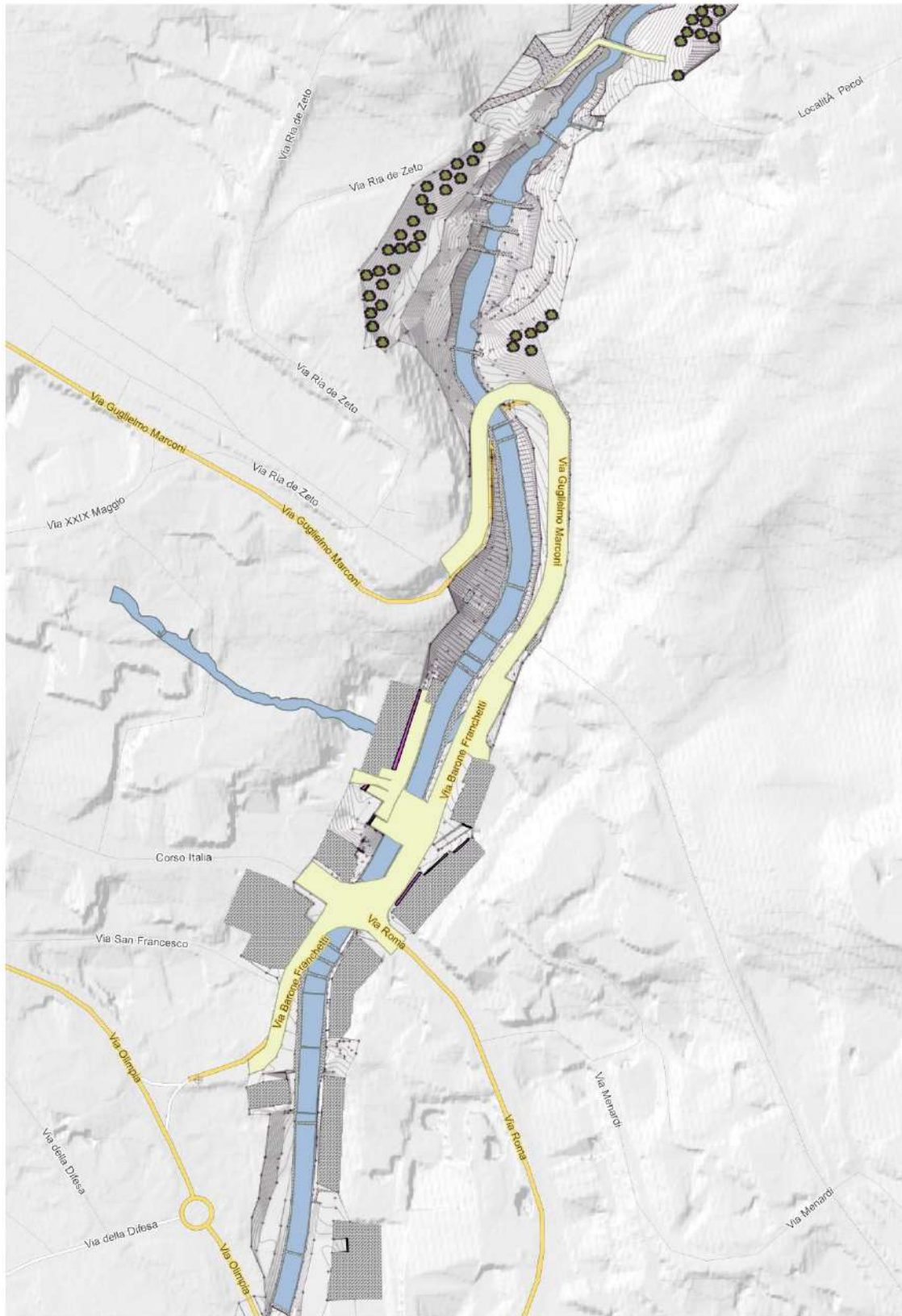


Figura 2.19– Inquadramento dell'area di indagine – rilievo lidar (grigio) e rilievo celerimetrico (Genio Civile 2018) - tratto da Pecol al ponte di Via Roma

Storicamente l'area è stata interessata da numerosi fenomeni alluvionali di trasporto solido del materiale proveniente dal tratto di monte, ulteriormente alimentato dal materiale che viene eroso lungo il tratto stesso. Come indicato nelle figure relative l'evento dell'Agosto 2017 e del Dicembre 2018 fino agli ultimi sopralluoghi condotti nel Settembre 2019, tutto il tratto di indagine si presenta generalmente sovralluvionato con zone di erosione in corrispondenza delle difese di sponda e delle opere trasversali.



Figura 2.21– Inquadramento dell'area – il tratto in bosco tra Alverà privo di difese spondali e Pecol presenta numerose zone di erosione (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.22– Inquadramento dell'area – vista verso valle nel tratto a monte di Pecol (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.23– Inquadramento dell'area – ponte sulla strada per la frazione di Pecol (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.24– Inquadramento dell'area –tratto con una serie di briglie in successione a valle del ponte per Pecol (rilievo Dicembre 2018)

La briglia indicata nella precedente Figura 1.1 e nella seguente Figura 2.25, a valle della passerella pedonale che collega Via Ria De Zeto alla località Pecol è crollata a seguito degli eventi del 2017. Il crollo della briglia ha determinato il collasso del fondo per un tratto di 20 m a monte della vecchia briglia. Il materiale solido si è propagato verso valle occupando l'alveo con detriti di notevole pezzatura (si veda anche la precedente)



Figura 2.25– vista a valle della briglia crollata (Sopralluogo Luglio 2018)



Figura 2.26– Inquadramento dell'area –vista a valle del ponte sulla SR.48 (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.27– Inquadramento dell'area –ponte presso il supermercato il Kanguro.



Figura 2.28– Inquadramento dell'area –ponte di Corso Italia.



Figura 2.29– Vista dal ponte di Corso Italia post e pre evento 2017



Figura 2.30– Ponte di Corso Italia vista da monte



Figura 2.31– Ponte di Corso Italia vista da valle

2.3 Torrente Boite dal ponte di Via Roma/C.so Italia alla confluenza in Boite

Dal punto di vista morfologico, l'ultimo tratto del torrente Bigontina a monte della confluenza nel torrente Boite si presenta sostanzialmente stabile. In seguito agli ultimi eventi di piena si rileva una tendenza al sovralluvionamento dell'alveo centrale con formazioni di barre di sedimenti di dimensioni medie. I muri di contenimento non presentano segni di erosione rilevanti.

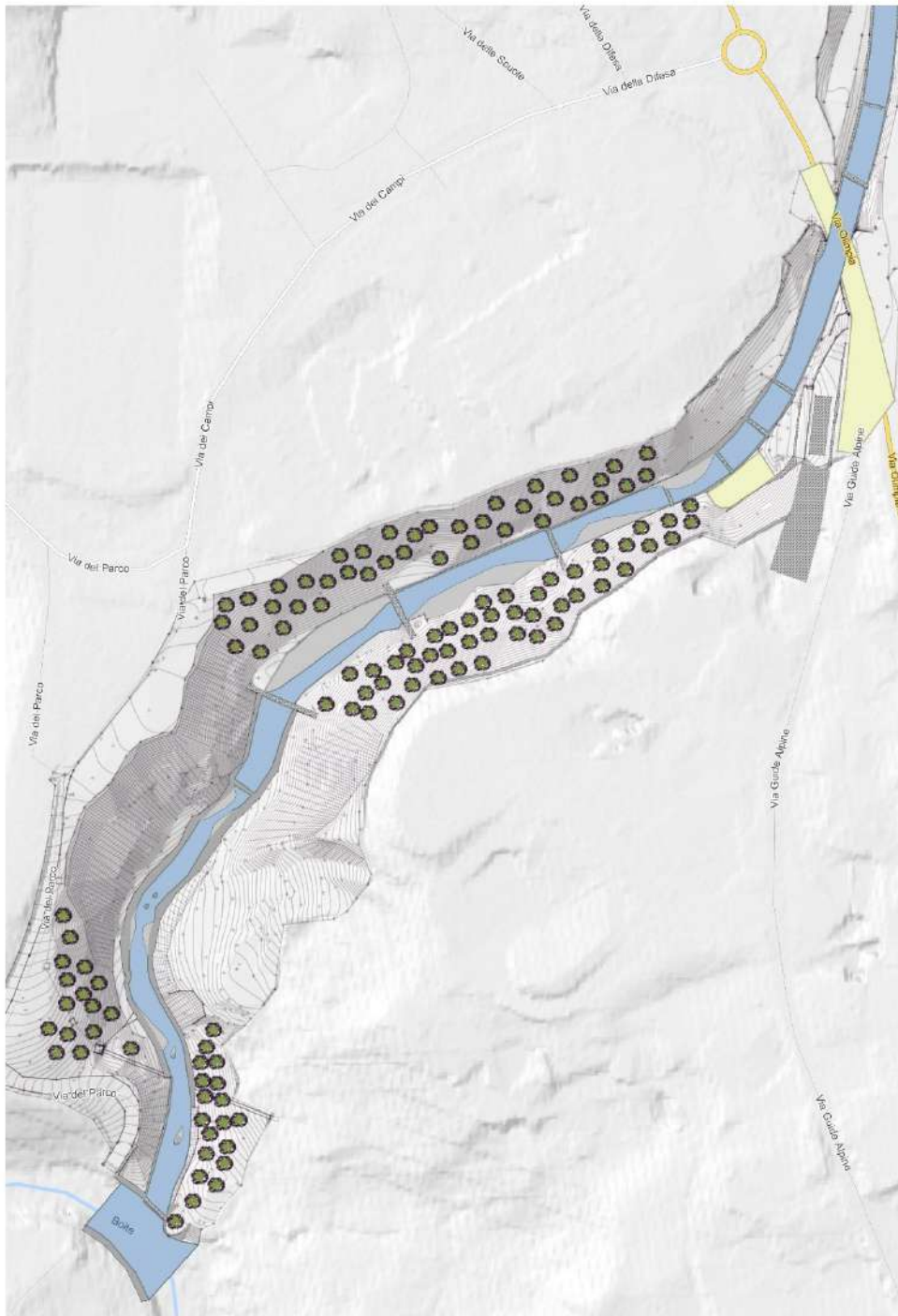


Figura 2.32- Inquadramento dell'area di indagine – rilievo lidar (grigio) e rilievo celerimetrico (Genio Civile 2018) - tratto da Via Roma alla Confluenza nel t. Boite



Figura 2.33 – Inquadramento del tratto da Via Roma alla Confluenza – base orto foto da drone (anno 2019)



Figura 2.34– Briglie a valle del ponte su Corso Italia



Figura 2.35– t. Bigontina Tra ponte di Corso Italia e Via Olimpia



Figura 2.36– t. Bigontina a monte del ponte su Via Olimpia



Figura 2.37– vista verso valle dal ponte sulla S.S. 51 (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.38– tratto in curva con briglie (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.39– vista verso monte dal ponte tubo della fognatura (rilievo Dicembre 2018)



Figura 2.40– vista della confluenza del Bigontina con il Torrente Boite (rilievo Dicembre 2018)

2.4 Le opere in corso di realizzazione a monte di Averà

Come precedentemente accennato, a monte del tratto esaminato nel presente studio sono in corso di realizzazione i "Lavori di ripristino delle condizioni preesistenti e di riduzione del rischio idrogeologico, tramite stabilizzazione dell'alveo, delle sponde e regolazione del trasporto solido del torrente Bigontina (codice intervento GCBL-191)".

L'intervento consiste nella realizzazione di un sistema di tre briglie, che consente di massimizzare la dissipazione energetica della colata e il volume di invaso disponibile, nonché di ottimizzare le operazioni di manutenzione.

Come indicato nella seguente Figura 2.41, la briglia di ingresso (Figura 2.42) sarà di tipo classico, con la funzione di far confluire la mistura nell'invaso creando un dislivello per incrementare il volume di invaso disponibile e diminuire la pendenza. Questo permetterà di agevolare il deposito del materiale di pezzatura maggiore. La seconda briglia, posta a valle della prima, sarà di tipo a "pettine" (Figura 2.43). La sua funzione sarà quella di dissipare una parte dell'energia e di intercettare il materiale flottante. La terza briglia, denominata "briglia di trattenuta" (Figura 2.44) sarà finalizzata all'arresto del materiale di pezzatura maggiore per effetto meccanico. Il deposito del materiale più fine avverrà per effetti idrodinamici dovuti alla variazione di pendenza indotta dal dislivello creato dalle prime due.

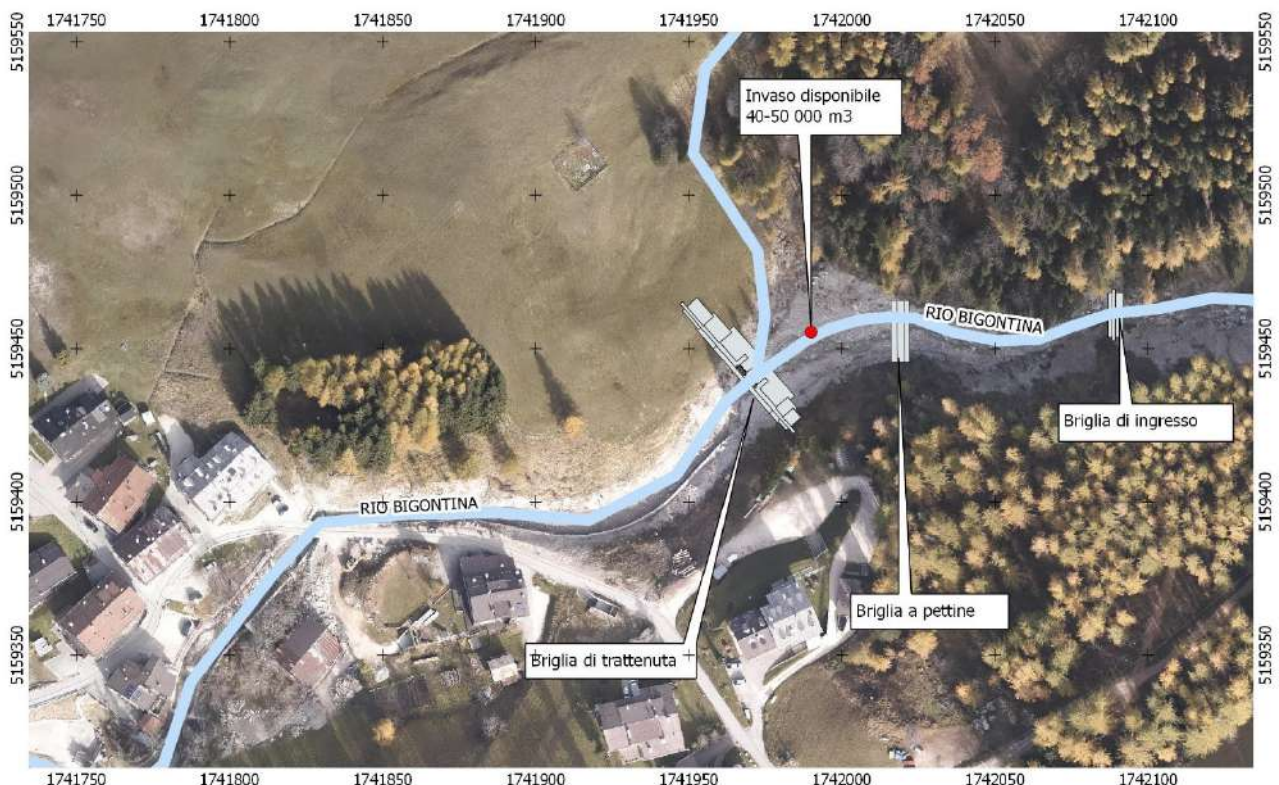


Figura 2.41– vista della confluenza del Bigontina con il Torrente Boite (rilievo Dicembre 2018)

L'insieme di tali opere consente di ottenere una capacità di invaso complessiva di 40 – 50 000 m³, stimata necessaria per sgravare la canalizzazione di valle dall'apporto del materiale solido di maggiore pezzatura nei citati studi TESAF.

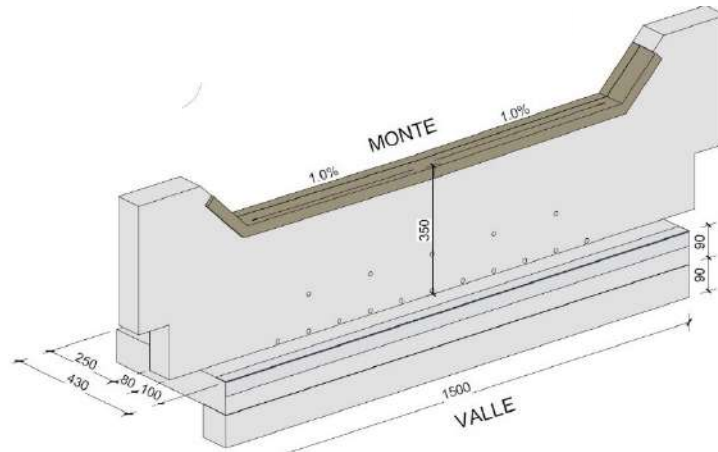


Figura 2.42– Briglia di ingresso

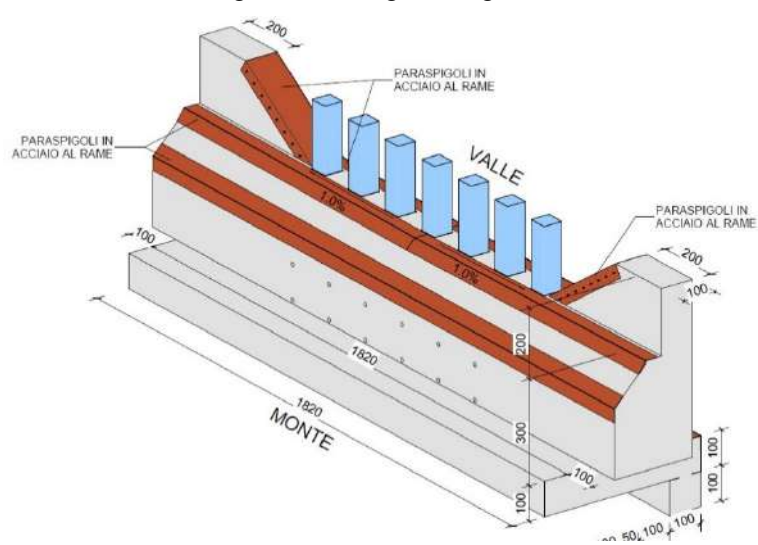


Figura 2.43– Briglia a pettine

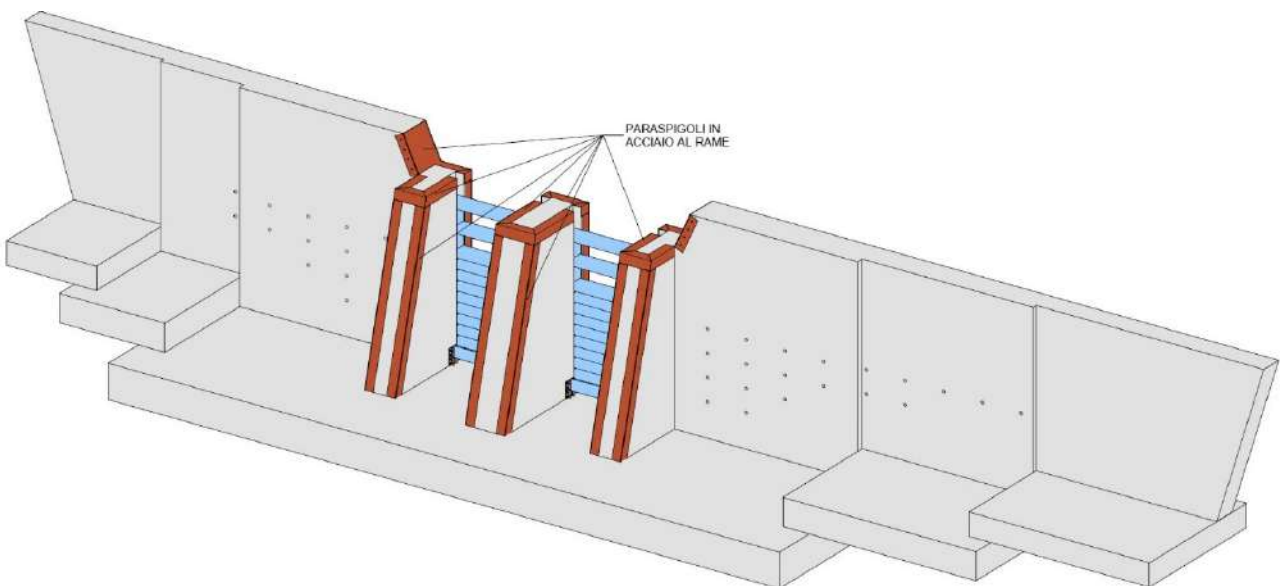


Figura 2.44– Briglia di trattenuta

2.5 Diametro caratteristico dei sedimenti

2.5.1 Dati disponibili

Come accennato, il tratto torrentizio oggetto di indagine si trova a valle di un'area soggetta a fenomeni di colata detritica, come evidenziato nei citati Studi TESAF. Nella parte alta del bacino fino a monte dell'abitato di Alverà, sono stati eseguite delle analisi granulometriche di tipo numerale tese a caratterizzare la reologia dell'evento di colata detritica del 5 Agosto 2017 attraverso la misura della pendenza di deposito del materiale in alveo e nei cordoni da colata detritica. Nella seguente Tabella 1 si riportano i diametri caratteristici ottenuti mentre nella seguente Figura 2.45 si riporta l'ubicazione delle zone in cui sono stati eseguiti i rilievi.

Tabella 1 – Diametri caratteristici per i rilievi granulometrici numerali delle quattro zone analizzate

Diametri caratteristici	D _x (mm)			
	Campione 1	Campione 2	Campione 3	Campione 4
D ₅	3.2	4.3	3.3	3.8
D ₁₀	3.7	5.5	3.8	6.5
D ₁₆	6.5	8.1	6.5	9.9
D ₃₀	15.0	14.2	24.8	34.2
D ₅₀	33.4	33.5	58.1	141.0
D ₆₀	49.2	41.1	71.1	233.0
D ₈₄	125.7	88.2	129.5	409.6
D ₉₀	159.6	119.8	163.7	506.4
D ₉₅	199.6	170.8	237.7	630.5
D ₁₀₀	254.9	360.5	360.5	1019.8
D _m	30.8	28.2	38.9	87.2

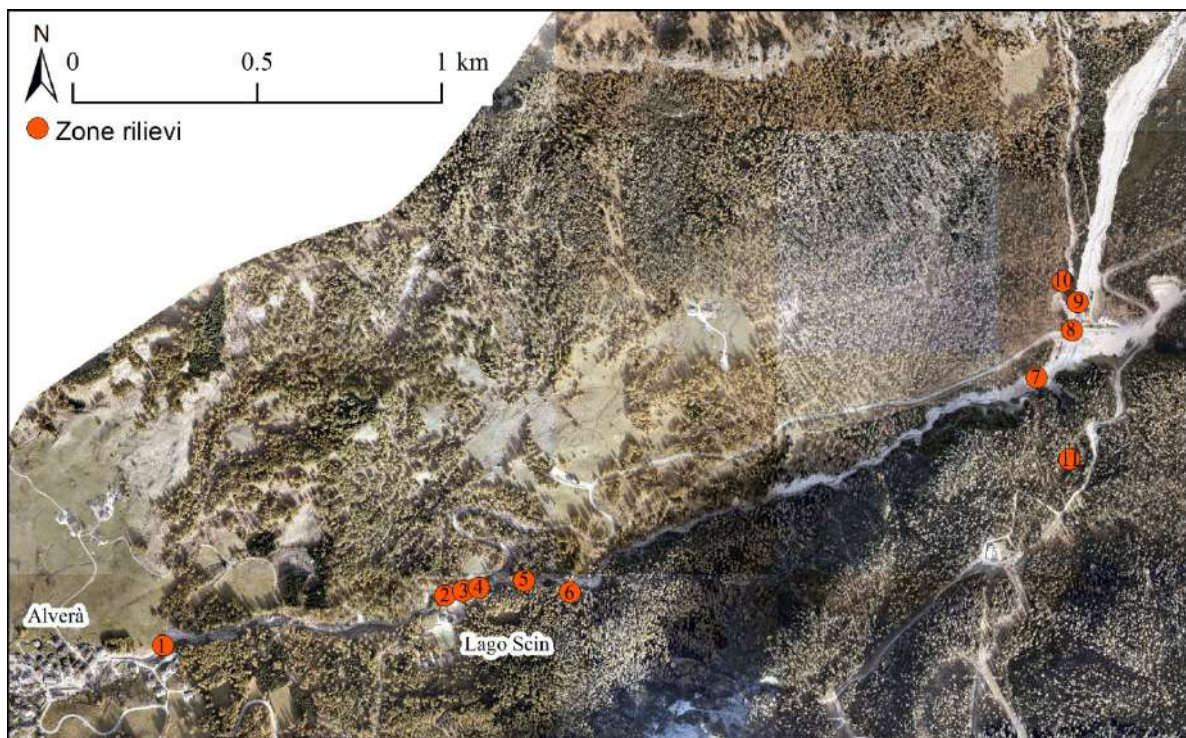


Figura 2.45 – Ubicazione dei campioni (TESAF 2018)

2.5.2 Indagini condotte nel presente studio

Per la definizione del diametro caratteristico del sedimento a valle di Alverà, è stata condotta una campagna di analisi granulometriche prelevando dei campioni la cui ubicazione è indicata in Figura 2.46, i cui risultati sono riportati in appendice A della presente relazione.

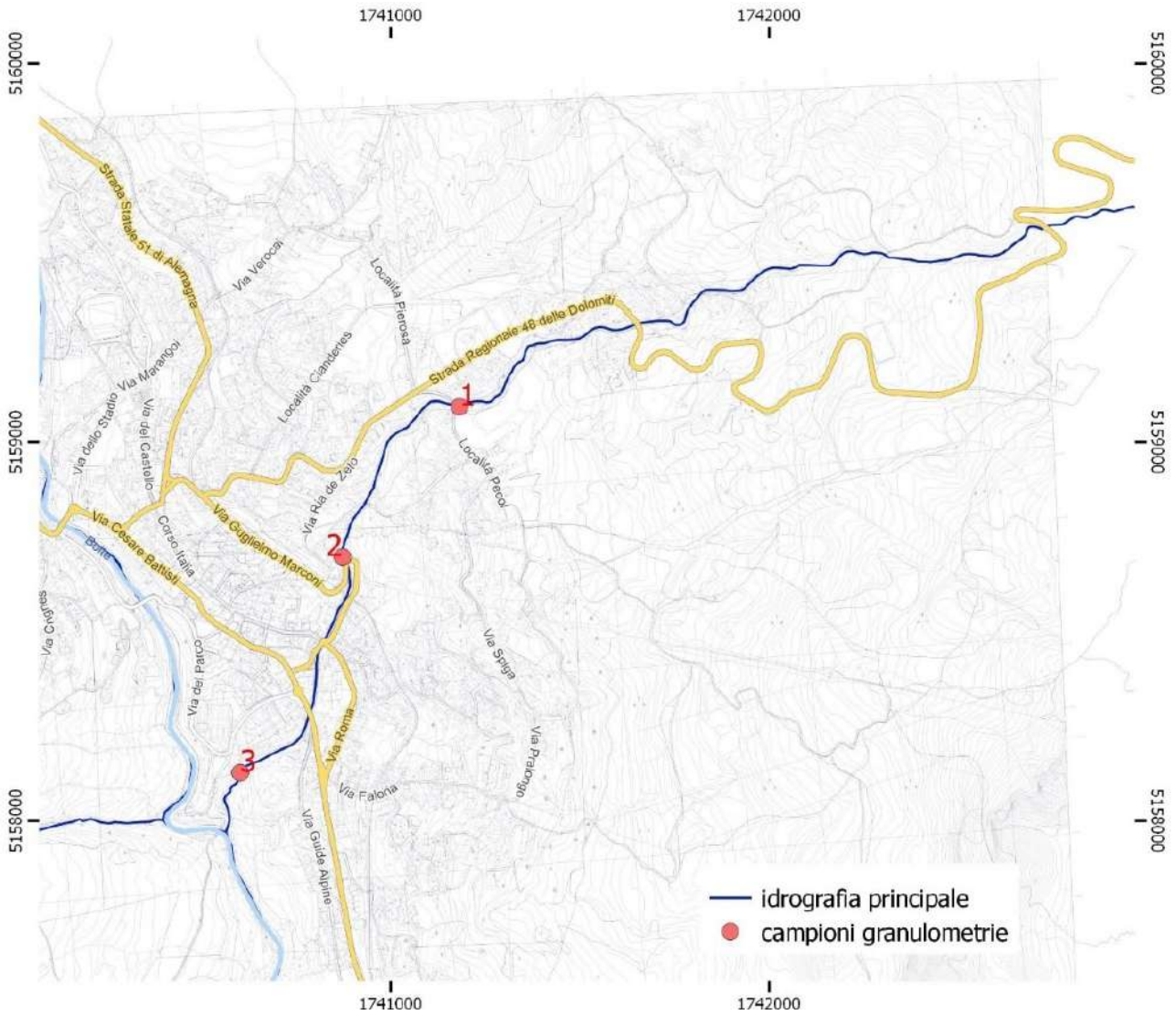


Figura 2.46 – Ubicazione dei campioni

Si riportano di seguito le curve granulometriche ottenute dal campionamento effettuato e le foto dei punti di campionamento verso monte, verso valle e del punto di prelievo.

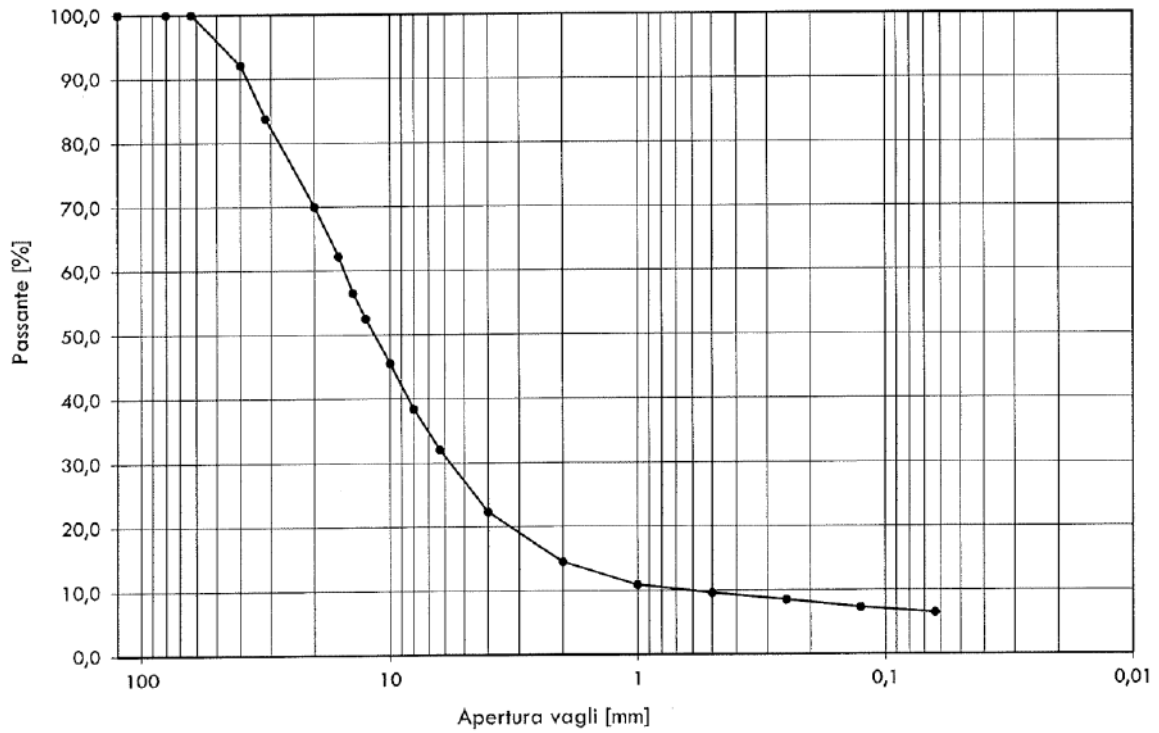


Figura 2.47 – Campione 1 - Curva granulometrica



Figura 2.48 – Ubicazione prelievo campione 1 – vista a valle



Figura 2.49 – Ubicazione prelievo campione 1 – vista a valle



Figura 2.50 – Ubicazione prelievo campione 1

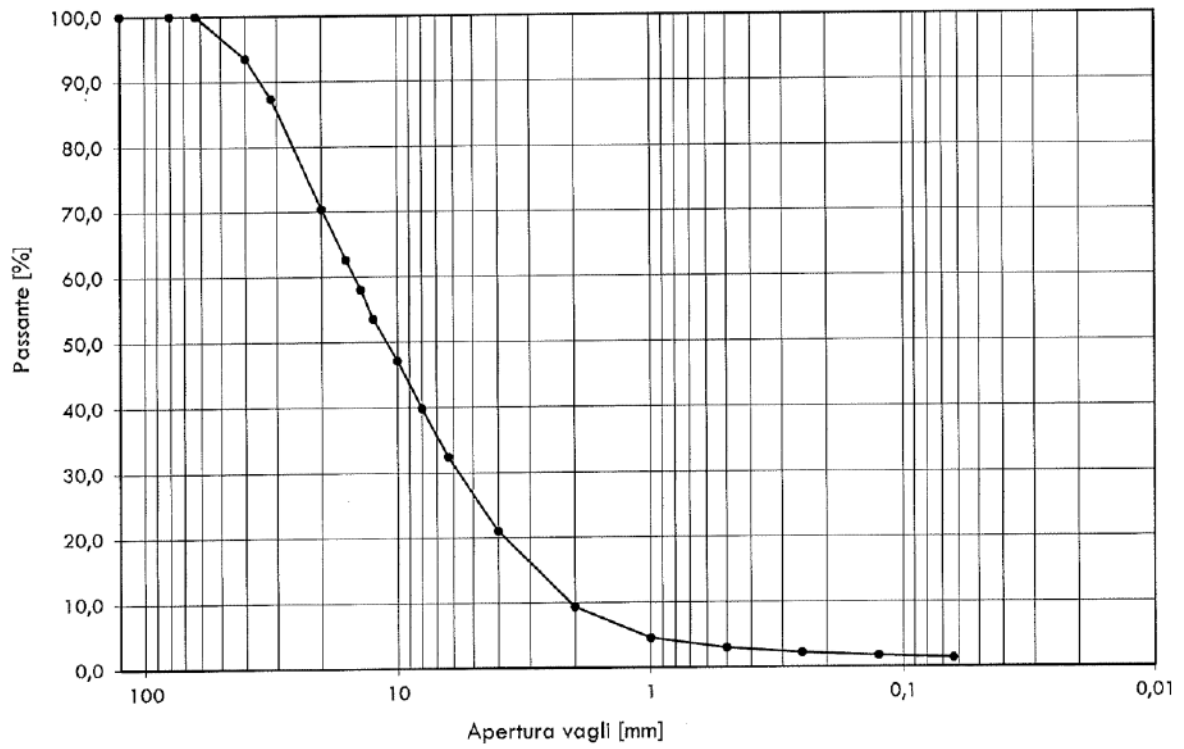


Figura 2.51 – Campione 2 - Curva granulometrica



Figura 2.52 – Ubicazione prelievo campione 2 – vista a valle



Figura 2.53 – Ubicazione prelievo campione 2 – vista a monte



Figura 2.54 – Ubicazione prelievo campione 2

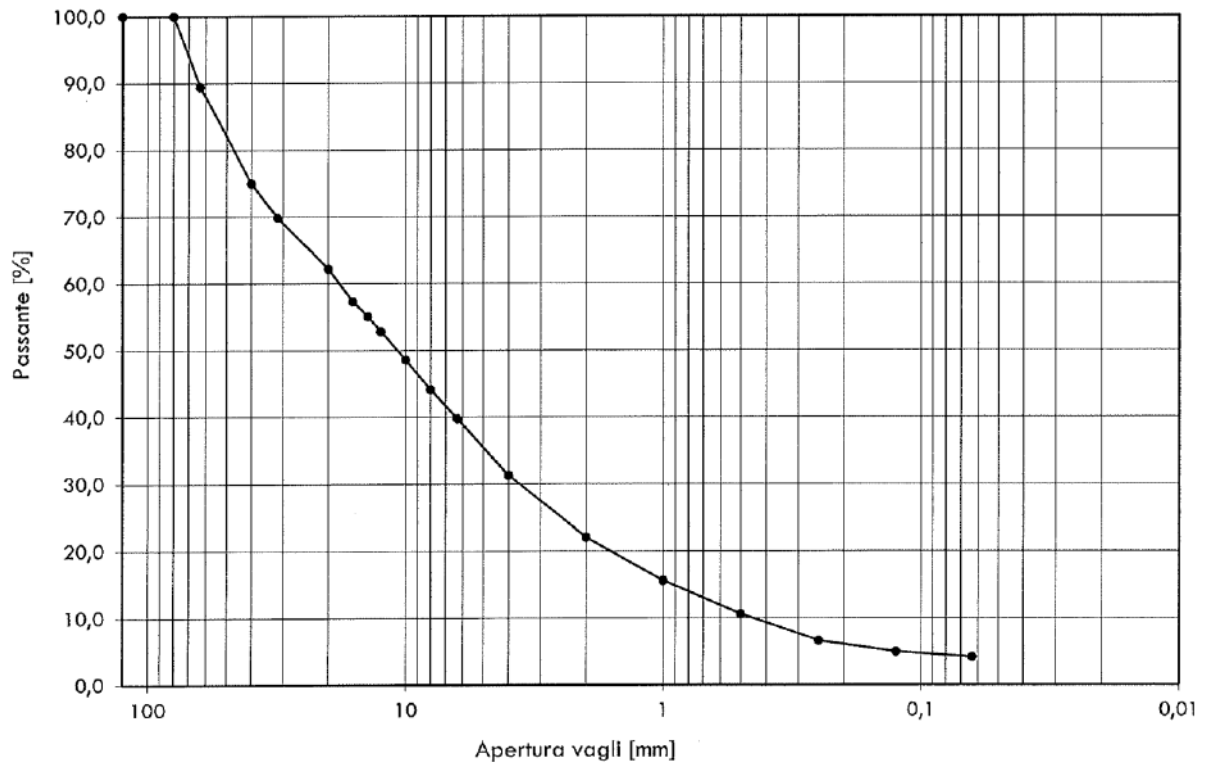


Figura 2.55 – Curva granulometrica Campione 3



Figura 2.56 – Ubicazione prelievo campione 2 – vista a valle



Figura 2.57 – Ubicazione prelievo campione 2 – vista a monte



Figura 2.58 – Ubicazione prelievo campione 2

Dalle analisi condotte risulta una graduale riduzione del diametro medio del sedimento da monte verso valle, che passa da un valore di 15 mm misurato nel punto di campionamento 1 (a valle di Alverà) a 10.5 mm in corrispondenza della confluenza del t. Bigontina nel t. Boite, con un valore intermedio di 12 mm a monte dell'attraversamento della SS 51 Alemagna.

3 CREAZIONE DEL DTM DEL TORRENTE BIGONTINA NEL TRATTO OGGETTO DI STUDIO

La base topografica utilizzata per la modellazione dell'area di studio è stata costruita dall'unione del rilievo topografico realizzato da S.I.S.T.E.M. (2018) per conto del Genio Civile di Belluno a seguito dell'evento alluvionale di ottobre 2018, con il rilievo LIDAR del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Nella seguente Figura 3.1 si riporta la sovrapposizione di due rilievi in uso.



Figura 3.1 – Sovrapposizione Lidar – rilievo topografico

Nella base topografica così ottenuta, per la parte interna all'alveo si avranno le quote batimetriche del rilievo topografico mentre per la parte esterna del piano campagna il dato topografico è costituito dalle quote del Lidar restituito con risoluzione a 0.5m.

Come indicato in Figura 3.2, che riporta una sezione d'alveo ottenuta con entrambi i rilievi a disposizione, confrontando le quote si ottengono delle discrepanze dell'ordine della decina di centimetri, ritenute non significative per gli esiti delle verifiche idrauliche.

Al fine di adeguare i dati prodotti alla cartografia tecnica di riferimento il dato Lidar ottenuto è stato geo riferito in coordinate EPSG 3003 Gauss Boaga Fuso Ovest. L'ortofoto utilizzata, di cui si riporta uno stralcio nella seguente Figura 3.4, è stata restituita nel sistema di riferimento cartografico regionale (EPSG 3003 Gauss Boaga Fuso Ovest) con risoluzione massima del singolo pixel pari a 4 cm.



Figura 3.2 – Sezione di confronto quote Lidar-Rilievo (lidar in nero, rilievo in rosso)

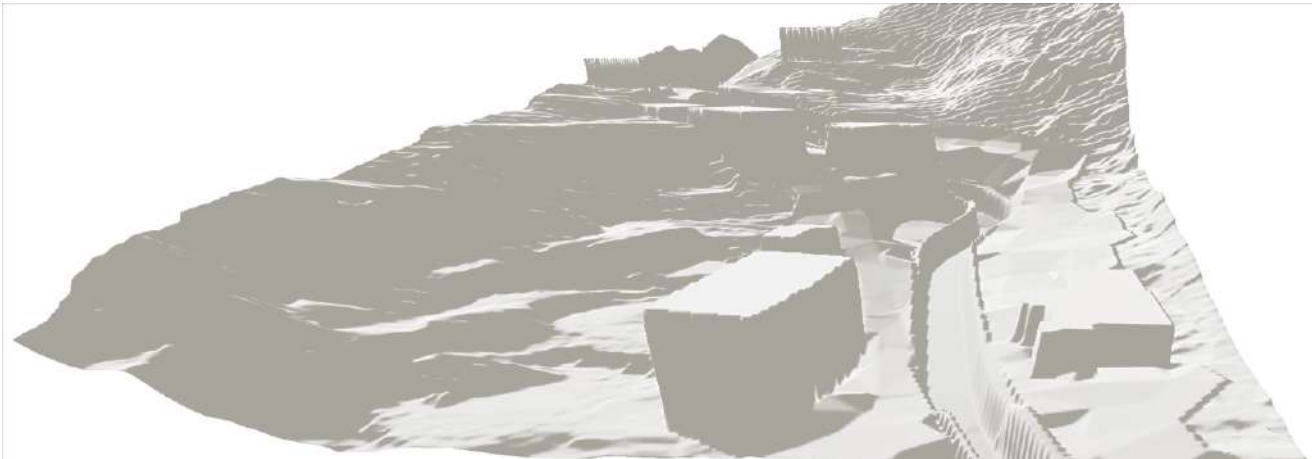


Figura 3.3 – Superficie ottenuta dalla sovrapposizione dei due rilievi (vista 3d)



Figura 3.4 – Ortofoto dell'area allo studio

Nel tratto di corso d'acqua a monte dell'attraversamento della SS 51 Alemagna sono state inserite nel rilievo in uso le briglie in gabbioni realizzate dalla ditta Giovanni Ciotti in somma urgenza (in seguito denominate "briglie Ciotti"), completate all'inizio del 2019, non ancora realizzate quando è stato eseguito il rilievo topografico (dicembre 2018). Pertanto il DTM è stato aggiornato con l'"as built" delle opere fornito dall'Unità Operativa Genio Civile Belluno.

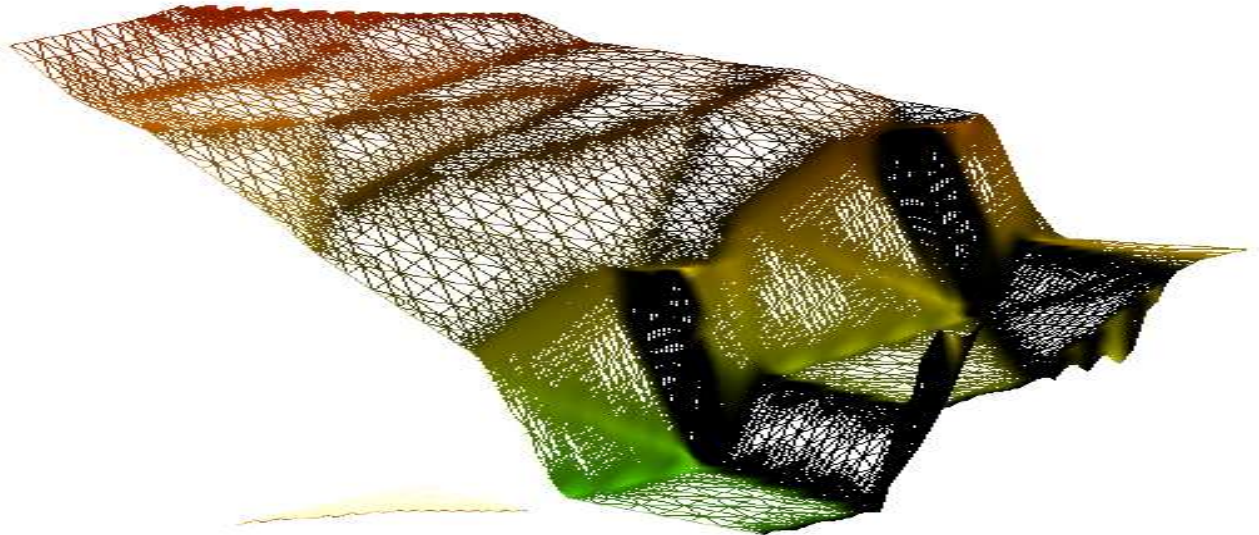


Figura 3.5 – Rilievo celerimetrico "as built" delle briglie Ciotti nello stato di fatto (proiezione della griglia 3d)



Figura 3.6 – Briglie Ciotti (Agosto 2019)



Il DTM del corso d'acqua nello stato di progetto nel tratto di Alverà è stato realizzato con l'inserimento delle opere descritte nel seguente capitolo 4, che includono anche le opere previste nel *Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite* attualmente in fase di realizzazione.

Esso è stato ottenuto tramite il software BIM Autodesk Civil3D mediante una modellazione tridimensionale degli interventi citati, applicata alla base topografica in uso, ricavandone una superficie di progetto che è stata poi utilizzata nell'ambito della modellazione idraulica.

4 ATTRIBUZIONE DEI CONTRIBUTI IDROLOGICI AGGIUNTIVI ENTRANTI NEL T. BIGONTINA DA LOCALTA' ALVERÀ AL TORRENTE BOITE

Per determinare le massime portate idrologiche attese per assegnato tempo di ritorno del torrente Bigontina a valle di Alverà, si è proceduto ad una analisi morfologica del bacino del torrente Bigontina chiuso alla confluenza con il Boite. In questo modo sono stati determinati i contributi aggiuntivi rispetto all'analisi idrologica svolta dal Prof. Ing. Vincenzo D'Agostino nell'ambito del citato studio "*Analisi storica degli eventi di piena, analisi idrologica e reologica dei fenomeni di trasporto solido e di massa nel Torrente Bigontina a monte dell'abitato di Alverà, in comune di Cortina d'Ampezzo per l'individuazione delle opere idrauliche per la messa in sicurezza d'infrastrutture viarie ed abitati*" (TESAF, UNIPD, 2018), preso come riferimento per lo svolgimento del presente studio.

La portata idrologica tiene in debito conto di tutti i contributi meteorici del bacino compresi quelli afferenti ai rii tributari in destra e sinistra idraulica (con particolare riferimento al rio in loc. Staulin, al Ru da Pecol e al versante scolante Faloria) e agli scarichi urbani.

Naturalmente, tali contributi incidono per precipitazioni di durata confrontabile con il tempo di corrivazione del bacino del torrente Bigontina, quando l'intero bacino contribuisce alla formazione della portata di piena. Pertanto, tali portate sono state applicate **nell'analisi idraulica di trasporto solido** (Tr 200 anni), mentre non vengono considerati nello studio della colata detritica che, avendo carattere impulsivo, si innesca per precipitazioni brevi e intense che coinvolgono la parte alta del bacino (Rio Gere).

Per l'analisi idrologica del corso d'acqua ed in particolare per la determinazione delle portate di piena in corrispondenza del punto di chiusura alla confluenza con il torrente Boite, è stato applicato un modello afflussi deflussi utilizzando il DTM a cella 5 m disponibile nel Geo portale Regione Veneto. Le elaborazioni morfologiche ed idrologiche sono state eseguite attraverso il modello implementato nel **software AdBToolbox** del Ministero dell'Ambiente (www.pcn.minambiente.it).

Il software utilizzato permette la trasformazione delle precipitazioni meteoriche, con intensità variabili nel tempo, nei corrispondenti deflussi di piena nella rete idrografica. Le piogge efficaci sono calcolate con il metodo del Soil Conservation Service (SCS) utilizzando una mappa del CN che è stata determinata e calibrata sul particolare bacino in esame.

L'utilizzo del metodo SCS richiede la conoscenza di alcuni parametri matematici in grado di simulare il comportamento del territorio (perdite iniziali di pioggia, contenuto idrico nel suolo).

In assenza di dati di monitoraggio in grado di rendere possibile la loro determinazione, questi parametri sono stati correlati alle caratteristiche morfometriche ed idrogeologiche del bacino idrografico come descritto nei seguenti paragrafi.

Come precedentemente accennato, la portata di piena viene calcolata mediante applicazione di un modello afflussi – deflussi. Gli afflussi sono stati determinati tramite l'applicazione dei parametri a ed n dell'equazione di possibilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno. Il bacino del t. Bigontina chiuso in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino è stato individuato mediante

applicazioni GIS in AdBToolbox sulla base del Modello Digitale del Terreno (DTM) a 5 m su base CTR disponibile dal Geoportale della Regione Veneto per una estensione complessiva di circa 16.85 km².

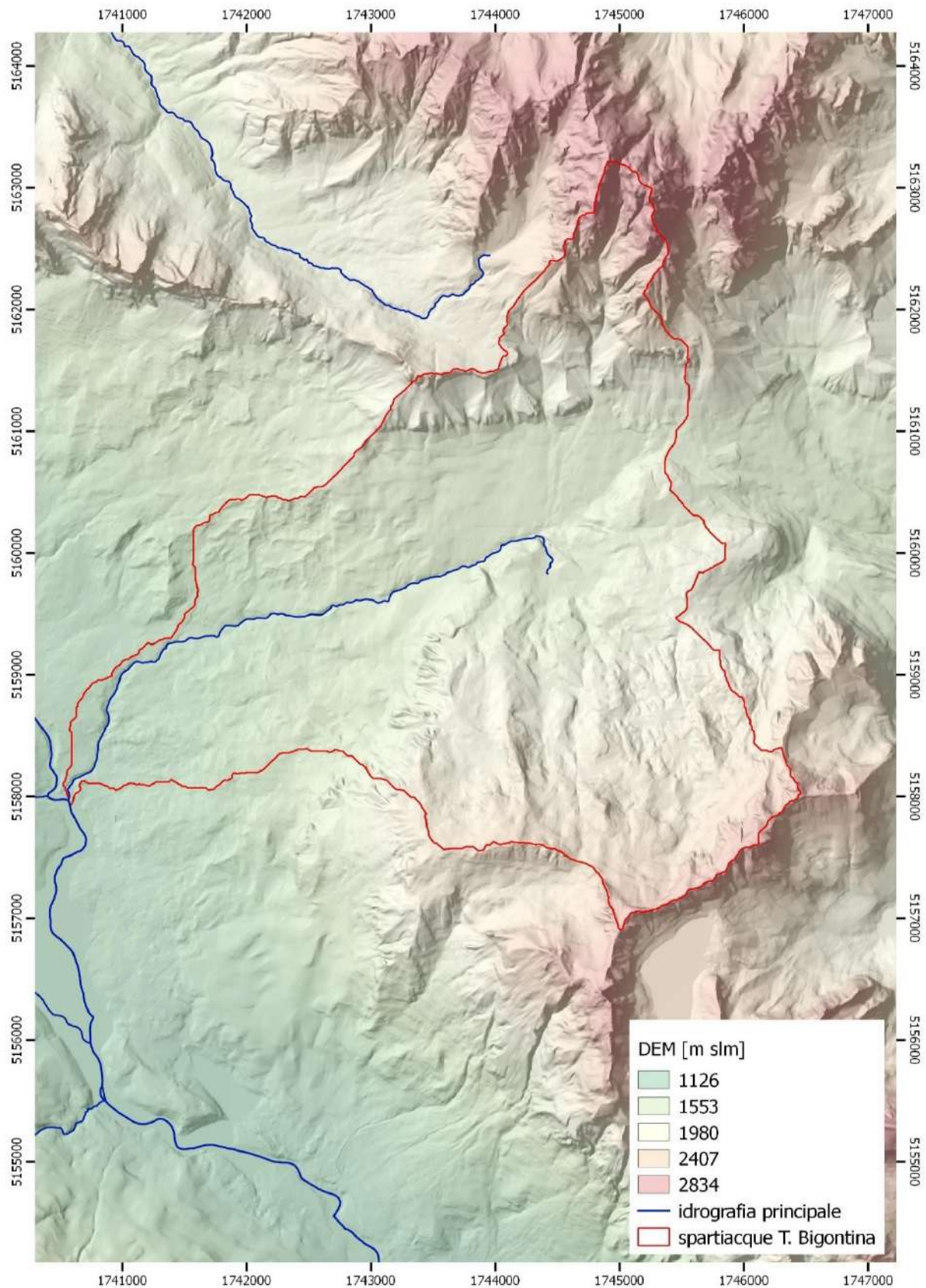


Figura 4.1 – DTM cella 5m su base CTR – fonte Geoportale Regione Veneto con individuazione dello spartiacque

I dati topografici sono stati elaborati in tre fasi successive al fine di ottenere tutte le informazioni necessarie al calcolo dell'idrogramma liquido. In particolare sono state condotte le operazioni di seguito descritte:

- Il DEM attraverso lo strumento [DEM depit] del software è stato "idrologicamente rifinito" ovvero è stata eseguita la rimozione delle depressioni (pits), necessaria per avere continuità di percorso tra tutte le celle del bacino idrologico e la sezione di chiusura del bacino stesso.
- Nel DEM "idrologicamente rifinito" viene quindi eseguito il calcolo dell'area drenata (Figura 4-7), ovvero viene determinata la direzione dei deflussi da ogni singola cella.
- Infine, sempre attraverso il DEM depittato e l'identificazione del punto di chiusura, si ottiene l'estrazione dello spartiacque del bacino definito in funzione delle esigenze di studio e di progetto, mediante lo strumento [Watershed].

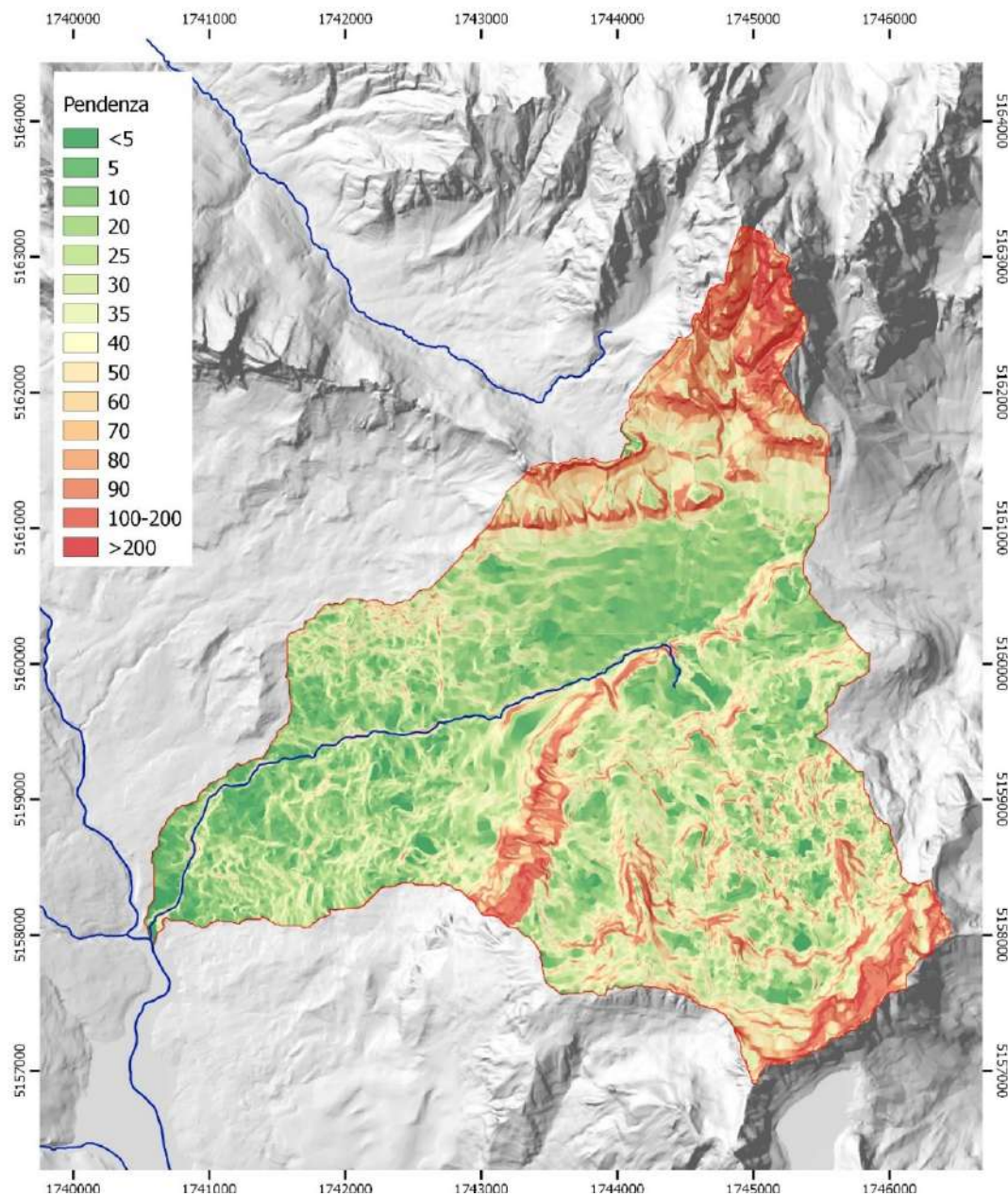


Figura 4-2 –Pendenze (m/m) calcolate nel bacino idrologico del T. Bontina

Per quanto riguarda l'elaborazione morfologica del bacino sono state calcolate la mappa delle pendenze e delle esposizioni del bacino (come da Figura 4-3).

Sono stati inoltre calcolati i parametri morfometrici del bacino mediante gli strumenti di analisi geomorfologica del modello, in particolare è stata ottenuta la curva ipsometrica del bacino dimensionale ed adimensionale (vedi Figura 4-4) così come pure i dati relativi alle aree ed alle elevazioni e pendenze (vedi Tabella 2).

È stato infine estratto il profilo longitudinale del torrente Bigontina. Nel caso in esame la geometria della sezione dell'alveo al punto di chiusura del bacino è stata ottenuta mediante appositi rilievi topografici.

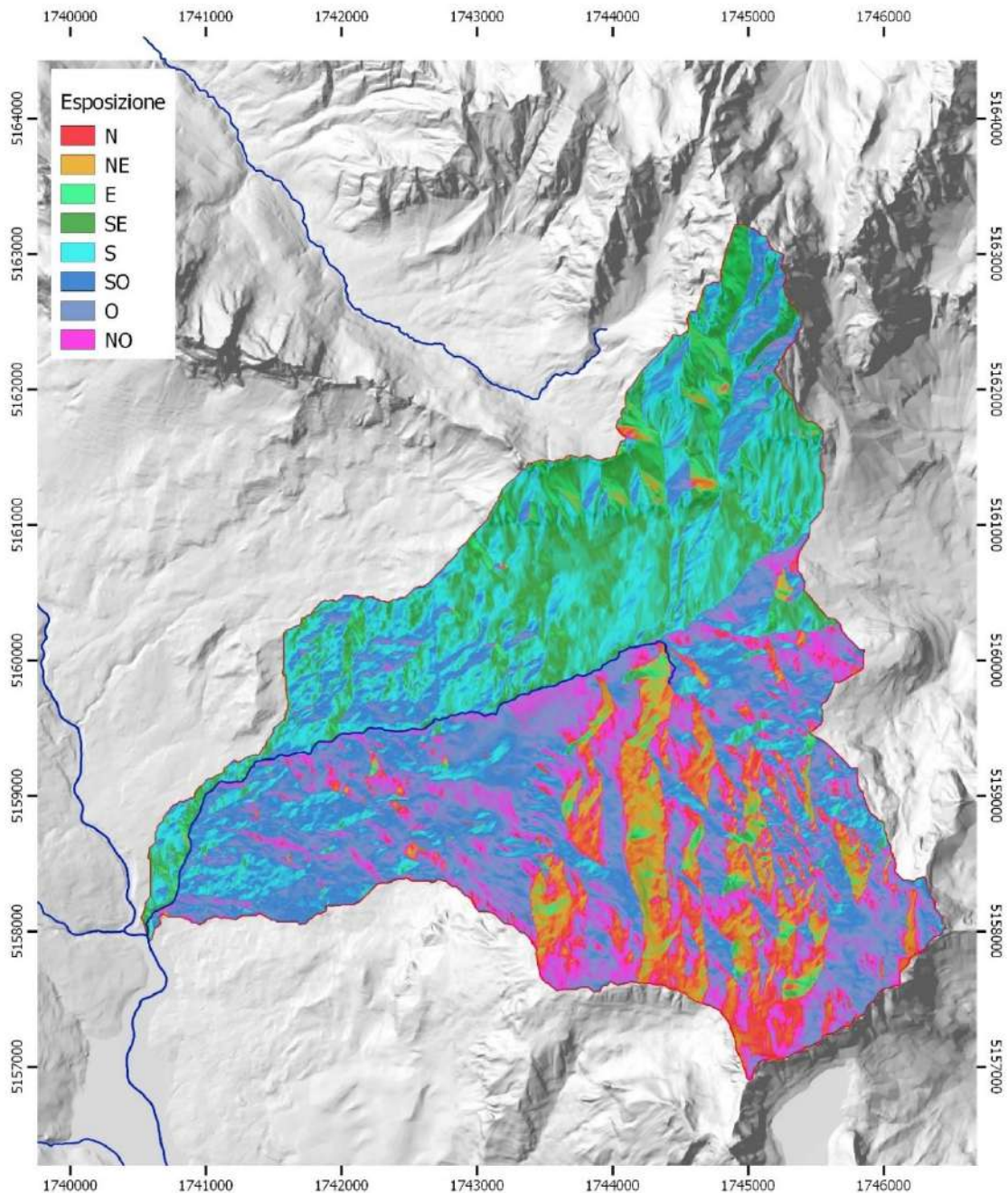


Figura 4-3 –Esposizione calcolata nel bacino idrologico del Torrente Bigontina.

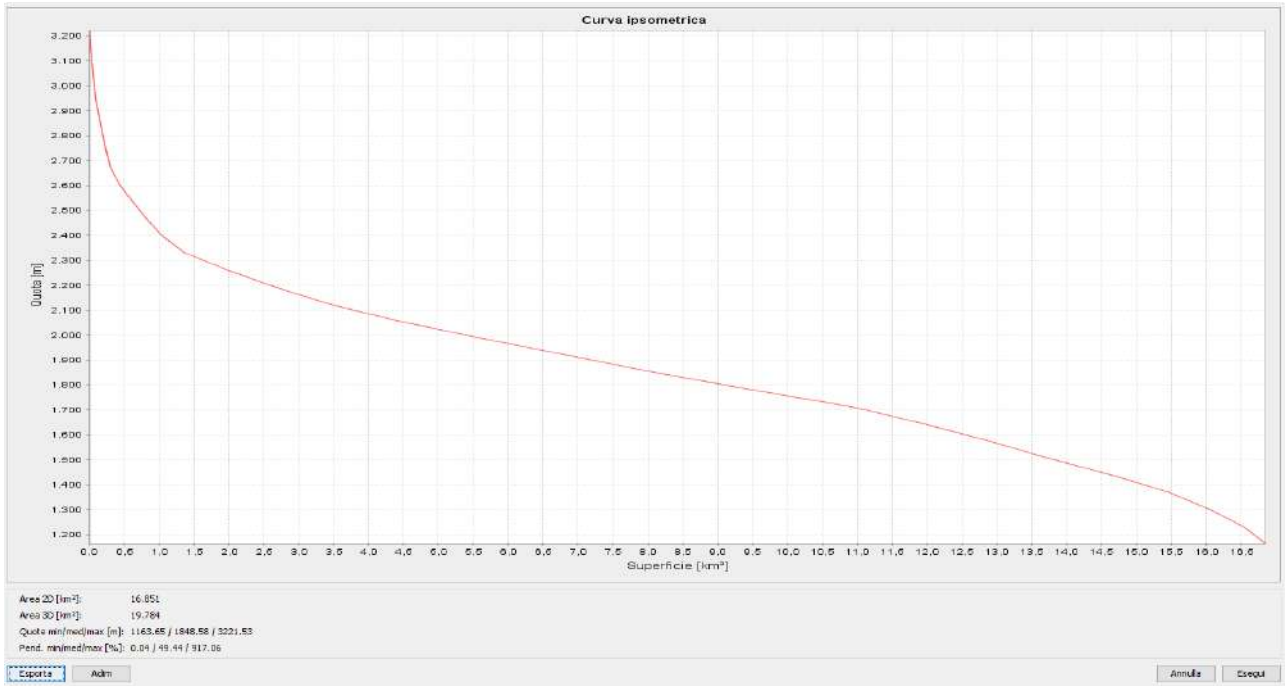


Figura 4-4 – Curva ipsometrica e parametri morfometrici del bacino.

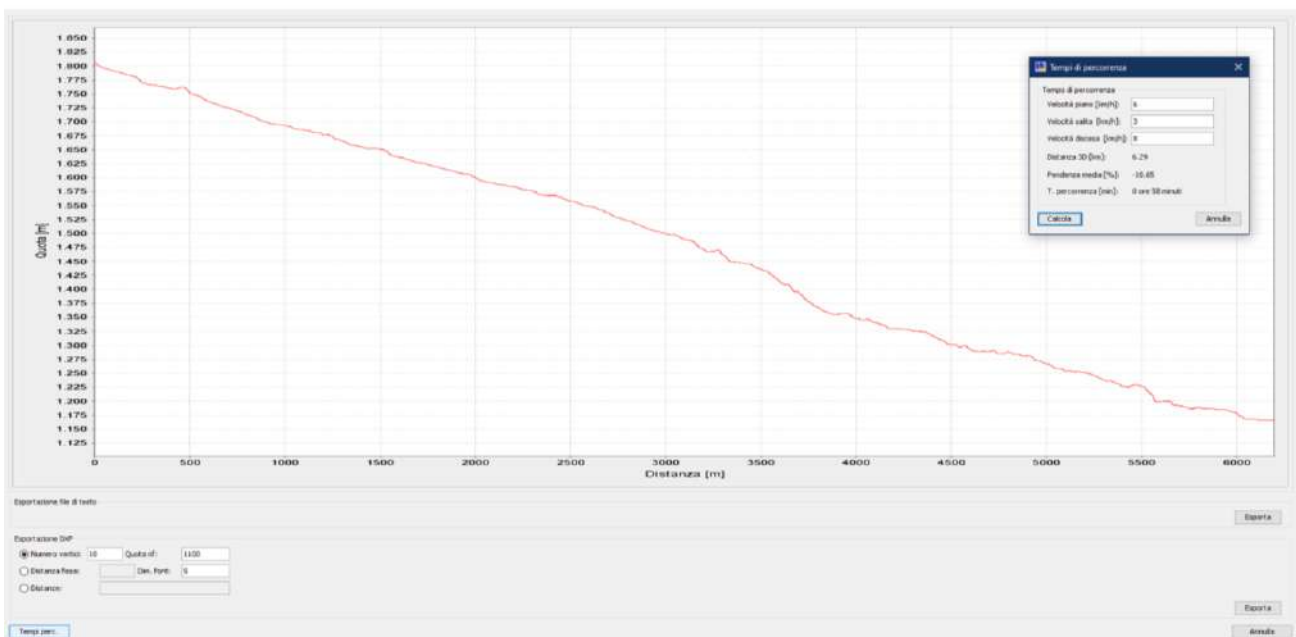


Figura 4-5 – Calcolo del profilo dell'asta Nord-Ovest del Torrente Bigontina.

Tabella 2 – Parametri morfometrici del Bacino del del Torrente Bigontina.

Parametro	Valore
Area 2D [km ²]:	16.851
Area 3D [km ²]:	19.784
Quota minima [m]:	1163.65
Quota media [m]:	1848.58
Quota massima [m]:	3221.53
Pendenza minima [%]:	0.04
Pendenza media [%]:	49.44
Pendenza massima [%]:	917.06



Figura 4-6 –Restituzione rilievo batimetrico - Geometria della sezione del Torrente Bigontina alla chiusura del bacino idrologico.

L' applicazione del modulo "GeoPro" di Adb Toolbox ha consentito di ottenere:

- il calcolo dell'area drenata da ogni singola cella e la direzione dei deflussi rifinita alla sola superficie del bacino idrografico estratto (*Upslope Area 2*) come da Figura 4-7;
- L'elaborazione, per l'area del bacino estratto, dei tempi di propagazione e delle velocità di deflusso lungo il versante e lungo il reticolo (*Routing*).

A partire dal DTM globale privo di depressioni, ritagliato sul bacino si ricava l'area drenata (*Upslope area 2*), ogni cella viene collegata alla cella della sezione di chiusura attraverso un percorso univoco che, definisce la lunghezza totale del percorso del deflusso superficiale da ogni cella alla sezione di chiusura (lunghezza dei percorsi).

Per questa procedura è stato utilizzato il metodo D-8, algoritmo che definisce la direzione del flusso da una cella ad una sola delle 8 circostanti, ovvero verso quella che presenta la pendenza maggiore.

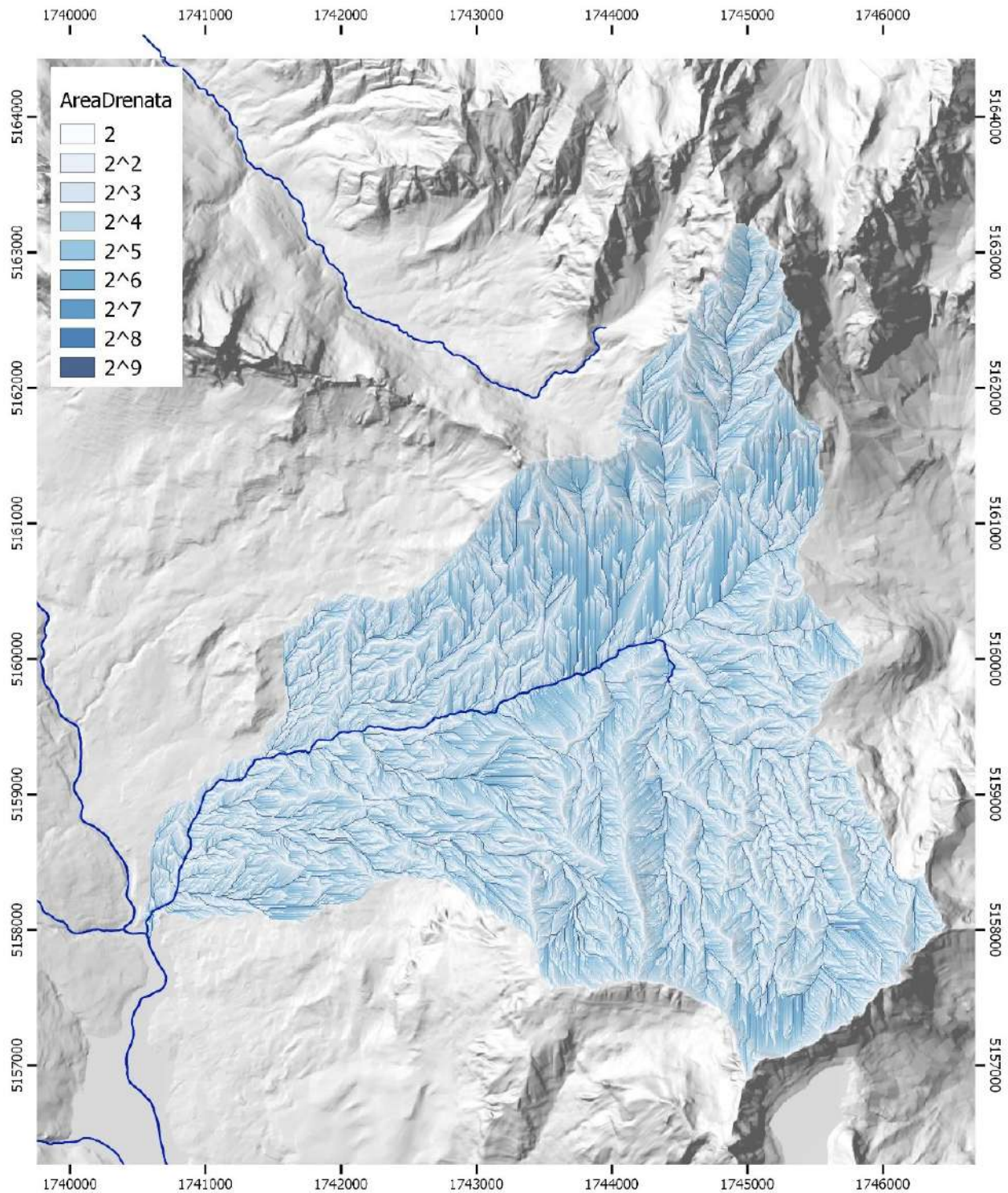


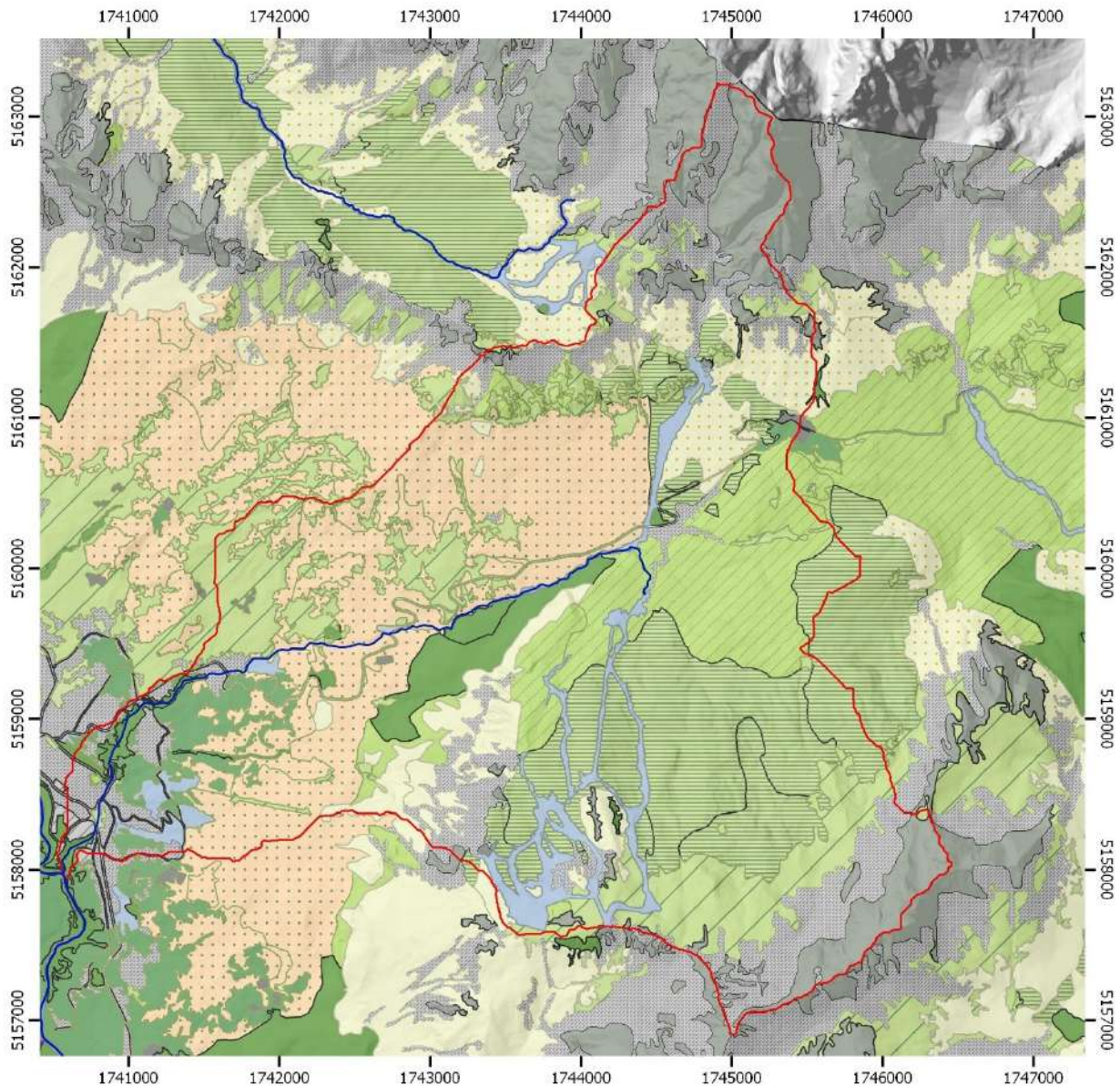
Figura 4-7 –Area drenata del Bacino idrografico del del Torrente Bigontina. (UpSlope Area)

Per la definizione della mappa delle velocità di deflusso e dei tempi di propagazione (*routing*) è necessario disporre di informazioni relative all'uso del suolo e alla litologia dei terreni. Si è utilizzata la cartografia tematica dell'uso del suolo (2006) e la Carta litologica (2012) reperite nel Geoportale della Regione del Veneto di cui un estratto in Figura 4-8. Le velocità di versante utilizzate nella simulazione sono state in particolare ricavate da letteratura scientifica (Gregoretti e Degetto 2012),

in particolare per le classi di copertura del suolo del bacino si sono utilizzati i valori della seguente Tabella 3.

Tabella 3–Velocità di deflusso funzione della copertura del suolo.

Codice copertura del suolo	Descrizione Copertura del suolo	Velocità di deflusso della lama d'acqua su versante (m/s)
111	Zona urbana continua	0.25
112	Zona urbana discontinua	0.2
121	Aree industriali e commerciali	0.25
122	Strade e ferrovie	0.3
124	Aeroporti	0.2
131	Aree estrattive	0.1
132	Discariche	0.02
133	Cantieri	0.1
141	Aree verdi urbane	0.08
142	Aree ricreative e sportive	0.09
211	Seminativi non irrigui	0.09
212	Seminativi irrigui	0.09
213	Rischie	0.01
221	Vigneti	0.09
222	Frutteti	0.07
223	Oliveti	0.07
231	Prati stabili	0.08
241	Colture miste	0.08
242	Colture complesse	0.06
243	Aree agrarie e naturali	0.07
244	Arboricoltura	0.03
311	Bosco latifoglie	0.03
312	Bosco conifere	0.05
313	Boschi misti	0.04
321	Pascoli	0.15
322	Arbusti e cespugli su suoli ghiaiosi	0.1
323	Vegetazione sclerofilla	0.1
324	Vegetazione in evoluzione	0.1
331	Alvei torrentizi	1.5
332	Rocce e rupi	0.3
333	Aree nude ghiaiose con vegetazione sparsa	0.1
334	Aree percorse da incendi	0.15
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.1
340	Ghiaioni ed erosioni attive	0.1
411	Golene	0.5
412	Torbiera	0.02
511	Fiumi	2
512	Laghi	0.01



c0506021_copsuolo

- | | |
|---|--|
|  Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati |  Ghiacciai |
|  Aree verdi urbane |  Greti e letti di fiumi e torrenti |
|  Bosco di latifoglie |  Lariceto primitivo |
|  Classi di tessuto urbano speciali |  Lariceto tipico |
|  Rete stradale secondaria con territori associati |  Larici-cembreto con abete rosso |
|  Strutture residenziali isolate |  Larici-cembreto tipico |
|  Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione |  Malghe (edificio e annessi) |
|  Tessuto urbano discontinuo |  Mugheta mesoterma |
|  Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup. Art. 50%-80%) |  Mugheta microterma |
|  Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (Sup. Art. 30%-50%) |  Pascoli di pertinenza di malga |
|  Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (Sup. Art. 10%-30%) |  Pascoli diversi |
|  Aree a vegetazione rada |  Pecceta altimontana dei substrati carbonatici |
|  Aree destinate ad attività industriali |  Pecceta secondaria montana |
|  Aree destinate ad attività sportive ricreative |  Piceo-faggeto dei suoli mesici |
|  Bacini senza manifeste utilizzazione produttive |  Pineta di pino silvestre endalpica |
|  Fiumi, torrenti e fossi |  Pineta di pino silvestre mesalpica con abete rosso |
|  Ghiacciai e nevi perenni |  Piste da sci e linee di impianti di risalita |
| |  Rocce nude |
| |  Saliceti e altre formazioni riparie |

Figura 4-8 – Uso del suolo nel bacino del del Torrente Bigontina (fonte Regione Veneto 2006).

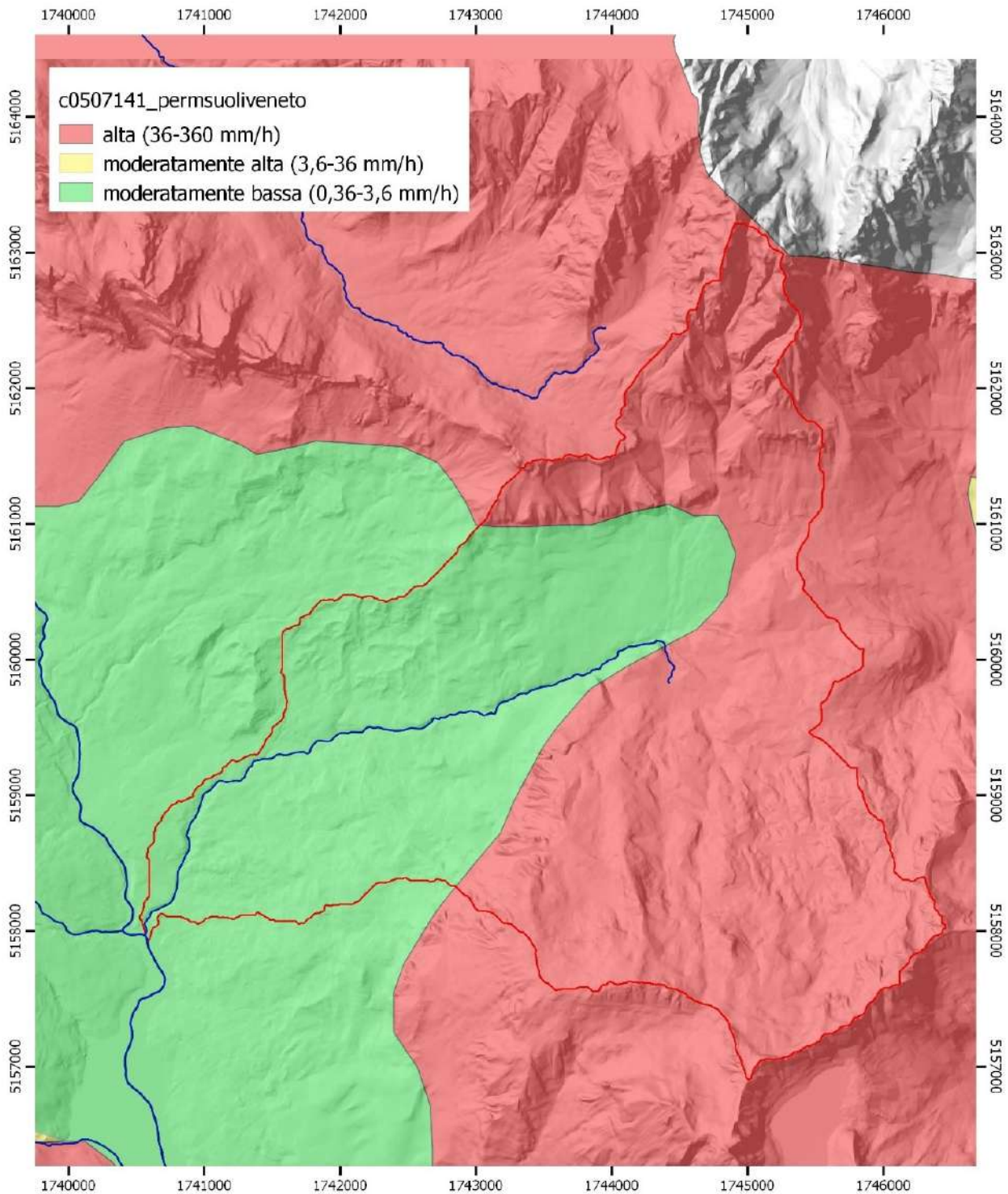


Figura 4-9 – Carta litologica nel bacino del del Torrente Bigontina (fonte Regione Veneto 2012).

Per quanto riguarda la velocità su reticolo il modello prevede un ciclo reiterato di calcoli idrologici. Data la geometria della sezione di chiusura, il modello calcola la velocità media corrispondente alla portata di picco nella sezione di chiusura e la assegna a tutto il reticolo.

In questo modo si fa dipendere la velocità su reticolo dall'intensità di precipitazione: più la precipitazione è intensa, maggiore è il deflusso e maggiore è la velocità di deflusso nel reticolo.

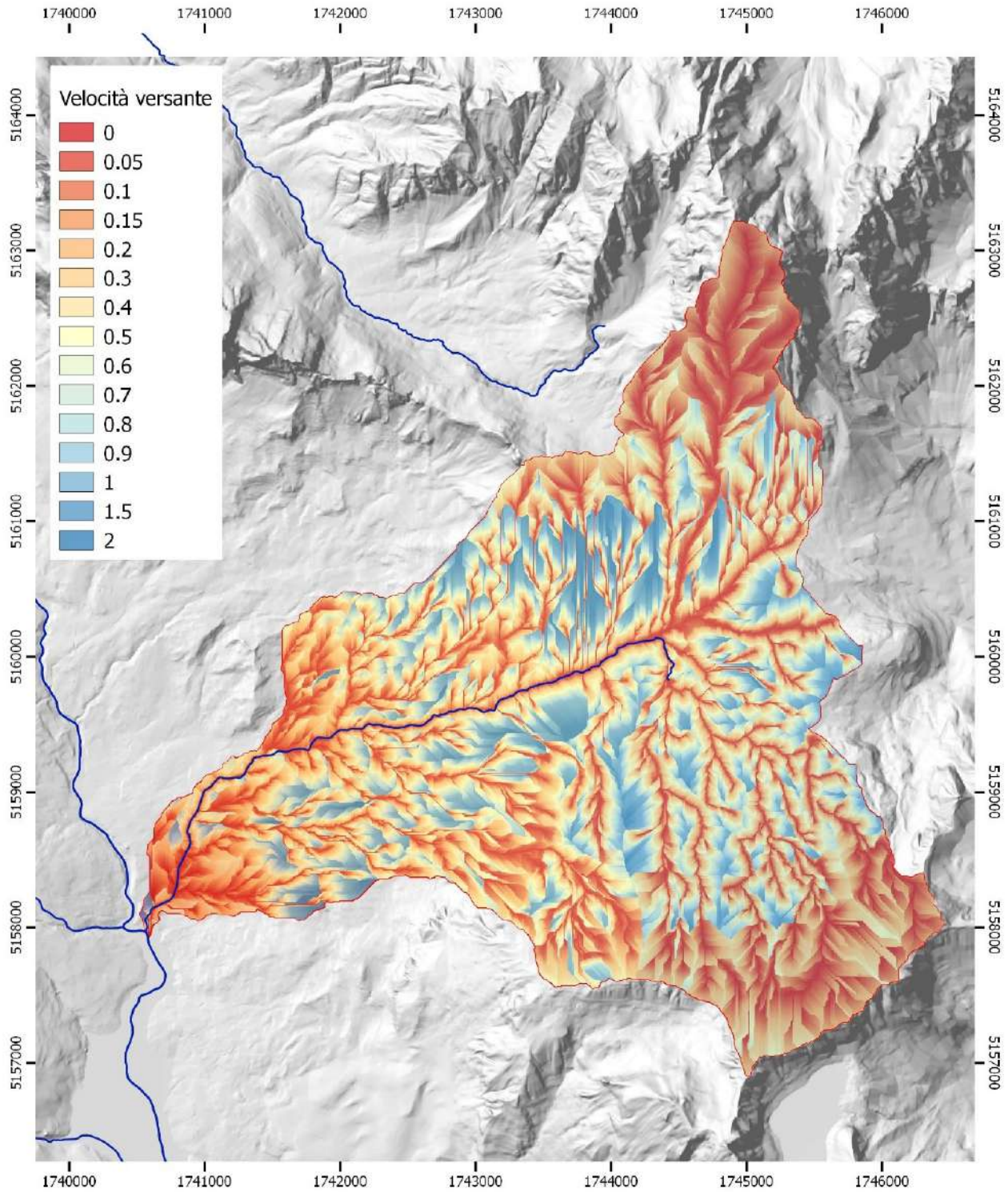


Figura 4-10 – Tempi di residenza di reticolo calcolate nel bacino idrologico del Torrente Bigontina.

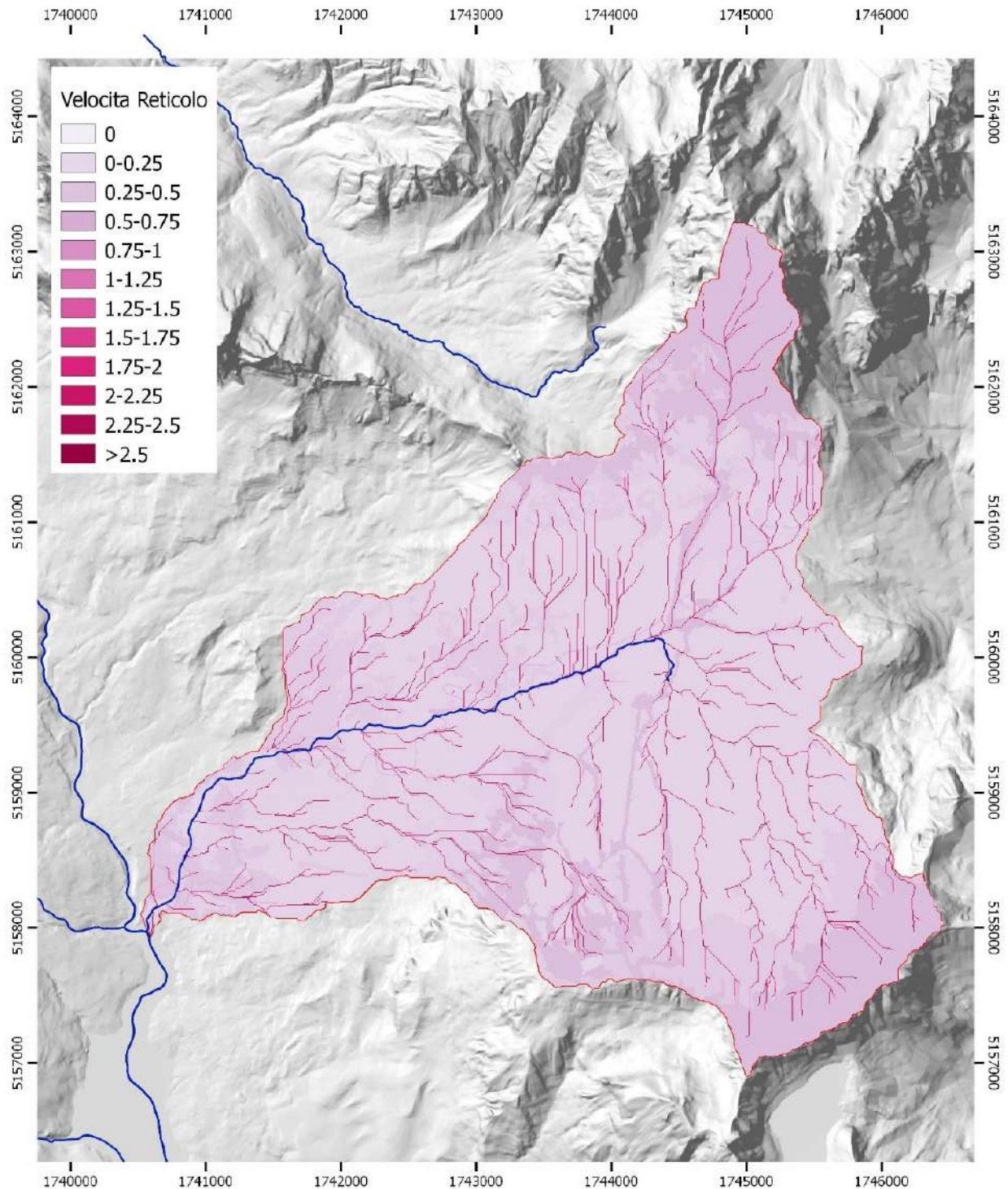


Figura 4-11 –Velocità di reticolo [m/s] calcolate nel bacino idrologico del Torrente Bigontina.

Si è scelto di calcolare il Curve Number solo sulla base della copertura del suolo e dei gruppi idrologici, senza tener conto delle pendenze locali del terreno secondo il metodo classico ("no Paramount tool"). Una volta definite le mappe di uso del suolo e dei gruppi idrologici secondo la codifica regionale e dell'area dolomitica in particolare è possibile tramite affinamenti successivi ottenere la mappa del CN come descritto di seguito.

La propensione al deflusso superficiale nel modello che utilizza il metodo del SCS è definita da una mappa dei valori di CN, numero di curva (*curve number*) che associa alla tipologia di suolo ed alla copertura del suolo una diversa attitudine a produrre deflusso superficiale. Il CN è un parametro che viene utilizzato per calcolare il potenziale massimo di ritenzione del suolo (S) ovvero il volume di saturazione del suolo per area unitaria. Nel modello SCS maggiore è il valore di CN maggiore sarà la pioggia efficace ovvero quella che dà luogo al deflusso superficiale. La mappa del CN è ottenuta da una riclassificazione della carta di copertura del suolo e della carta dei gruppi idrologici del suolo. Il CN è un parametro che dipende anche dalle condizioni di saturazione del suolo, che vengono indicate con l'acronimo AMC (Antecedent Moisture Conditions), dove AMC1: terreno asciutto, AMC2: terreno parzialmente saturo, AMC3: terreno completamente saturo. Il valore di CN è tabulato in funzione della tipologia di suolo per condizioni normali (AMC2) mentre per stabilire i valori di CN in condizioni di saturazione del terreno o di terreno asciutto devono essere applicate delle conversioni algebriche. Nell'analisi idrologica in esame si è proceduto a considerare il valore di CN in condizioni di terreno normale ovvero parzialmente saturo (AMC2). I risultati ottenuti sono rappresentati nella seguente Figura 4-12.

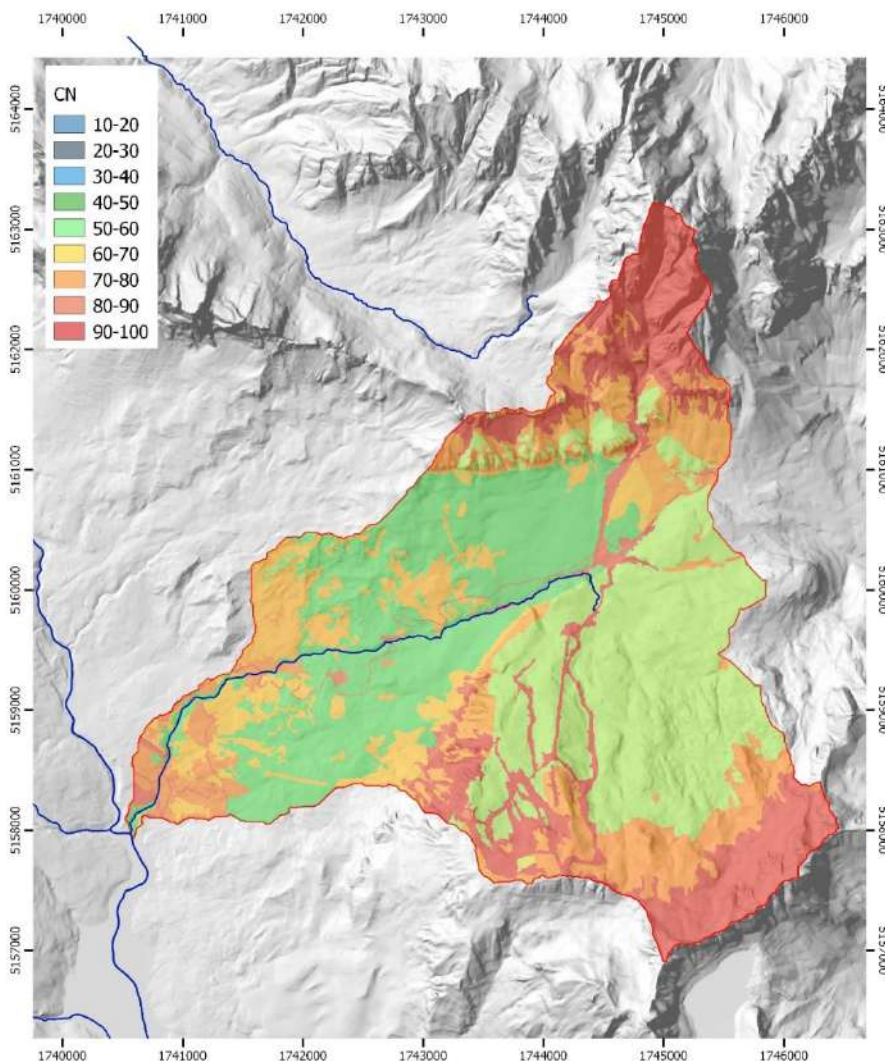


Figura 4-12 – Calcolo della mappa del CN per condizioni di terreno saturate (a).

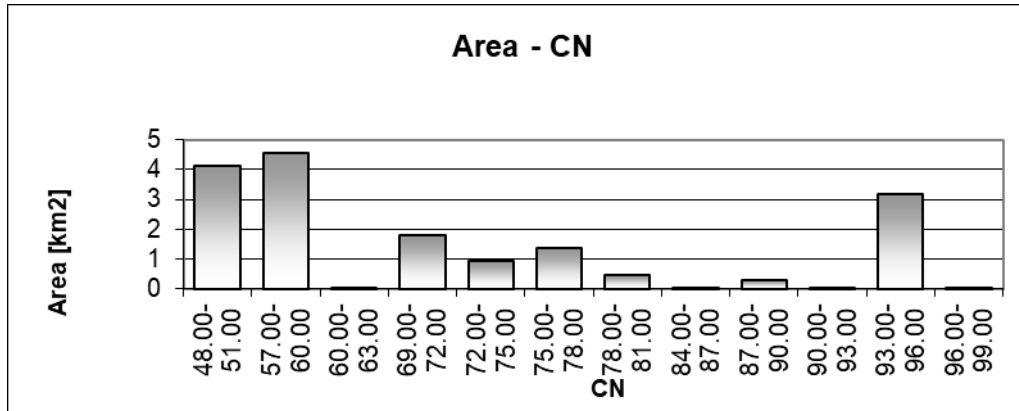


Figura 4-13 – Calcolo della mappa del CN per condizioni di terreno sature (a).

Una volta preparati i dati nelle tre fasi sopradescritte, per il calcolo dell'idrogramma liquido si sono utilizzati i seguenti dati di input:

- mappa dei tempi di propagazione di versante;
- mappa dei tempi di propagazione di reticolo;
- mappa del CN;
- valori di "a" ed "n" delle curve di possibilità pluviometrica;
- parametri dello ietogramma:

schema a blocchi alterni con picco centrale ed intervallo di calcolo di 5 minuti, idrogramma in uscita con intervallo di calcolo di 5 minuti, AMC imposto pari a 3 (condizioni più gravose), portata di deflusso iniziale pari a zero, portata di recessione del serbatoio lineare pari a 10^{-6} fattore di riduzione areale (ARF) automatico, fattore di riduzione per il controllo della durata critica della pioggia pari a 0.9, perdite iniziali "Ia"=0.1, velocità massima di versante =0.3m/s;

- parametri della sezione di chiusura:

velocità di input posta pari a 2 m/s, geometria della sezione di deflusso ricavata dal rilievo eseguito con drone aereo trapezia con base pari a 4.5 e sponde con scarpa pari a 1, scabrezza pari a $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

- mappa delle velocità di deflusso.

Si sono quindi eseguite le simulazioni utilizzando i parametri *a* ed *n* delle curve di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni desunte dalle equazioni di possibilità climatica riportate negli studi TESAF.

Tabella 4 - Quadro riassuntivo dei risultati, $T_r=200$ anni

SIMULATED RUNOFF			
	Direct	Base	Total
Rainfall (mm)	16.103	23.964	40.621
Initial discharge (m^3/s)	0	0.843	0.843
Maximum discharge (m^3/s)	69.298	3.204	71.012
Average discharge (m^3/s)	10.05	1.78	2.967
Time to peak (h)	1.00	2.00	1.00

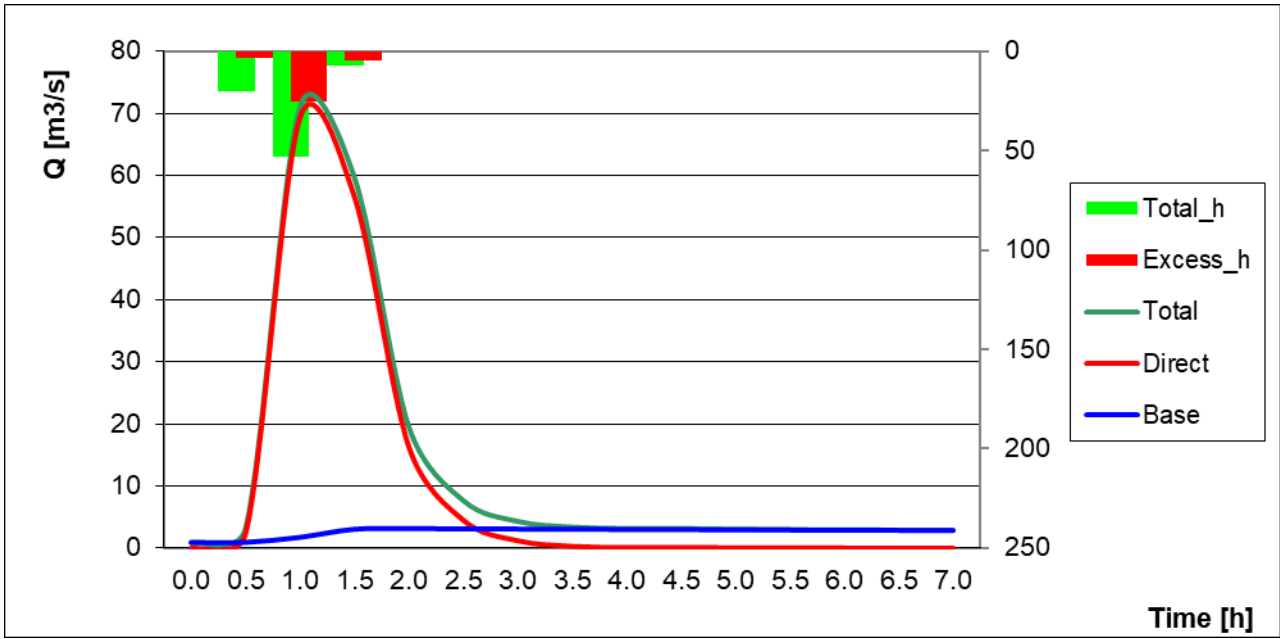


Figura 4-14 – Idrogramma liquido calcolato, per l'evento con $T_r = 200$ anni con condizioni sature del terreno

5 IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI PER LO STUDIO DEI FENOMENI IDRAULICI, DI TRASPORTO SOLIDO E DI COLATA DETRITICA

Come precedentemente accennato, l'approccio modellistico adottato prevede **sia l'innescò di una colata detritica in assenza di opere di trattenuta a monte, sia la possibilità di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato** al fine di giungere ad una proposta di intervento per la protezione degli abitati di Alverè e di Cortina fondata non solo sull'osservazione storica degli eventi ma anche su uno strumento di tipo previsionale.

Per la determinazione dei franchi di sicurezza, in merito ai fenomeni di trasporto solido è stato assunto come riferimento l'evento di piena con $tr = 200$ anni, in analogia con le Norme tecniche per le costruzioni (DM 17 Gennaio 2018). Relativamente alle colate detritiche, è stato assunto un evento di massima piena con $tr = 300$ anni, in favore di sicurezza rispetto alle NTC, come assunto negli studi TESAF.

5.1 Modello di trasporto solido a fondo mobile

Lo studio del trasporto solido si basa sulla caratterizzazione idraulica del fenomeno propagatorio, dalla quale discendono gli sforzi tangenziali e la capacità di trasporto della corrente stessa e quindi le spinte esercitate sulle opere. Il modello implementato nel corso del presente studio consente inoltre di valutare la dinamica della variazione batimetrica del corso d'acqua, questo consente di stimare le altezze di scavo e di deposito in prossimità degli interventi da verificare. La presente analisi idraulica ha pertanto lo scopo di studiare il comportamento idraulico del Torrente Bigontina nello stato di fatto e nello stato di progetto con particolare attenzione alle aree di intervento durante il passaggio delle onde di piena.

L'analisi viene condotta con il software BASEMENT, software per la modellazione idraulica mono-bidimensionale a moto vario a fondo fisso e mobile creato allo scopo di valutare l'evoluzione morfologica di un corso d'acqua, implementato dal Dipartimento di Idraulica dello Swiss Federal Institute of Technology ETH di Zurigo. Lo schema di lavoro del modello utilizzato prevede tre differenti parti, mutualmente interconnesse l'una con l'altra:

- **Il modello matematico-fisico** costituito dalle equazioni governanti il sistema, ovvero: per la parte idrodinamica, nelle simulazioni 1-D, vengono utilizzate le equazioni di Saint Venant che forniscono risultati per l'altezza d'acqua e la velocità media nella direzione del flusso; per la parte del trasporto solido si utilizzano formule empiriche
- **la griglia computazionale** che discretizza la topografia (dell'alveo e del bacino), che è costituita da celle (volumi di controllo) formate a loro volta da 3 oggetti: i nodi (punti privi di massa con coordinate geografiche); gli "edge" (definiti da due nodi e danno le informazioni riguardanti il flusso di informazioni tra due elementi adiacenti nel metodo ai volumi finiti); gli elementi (definiti da più nodi e costituiscono il luogo delle variabili fisiche).

- **il modello numerico** che risolve le equazioni.

Grazie all'applicativo *BASEMESH* di *QGIS* è possibile la creazione del modello geometrico, a partire dal software GIS e utilizzando la base topografica a disposizione si andranno a generare le Mesh triangolari di calcolo.

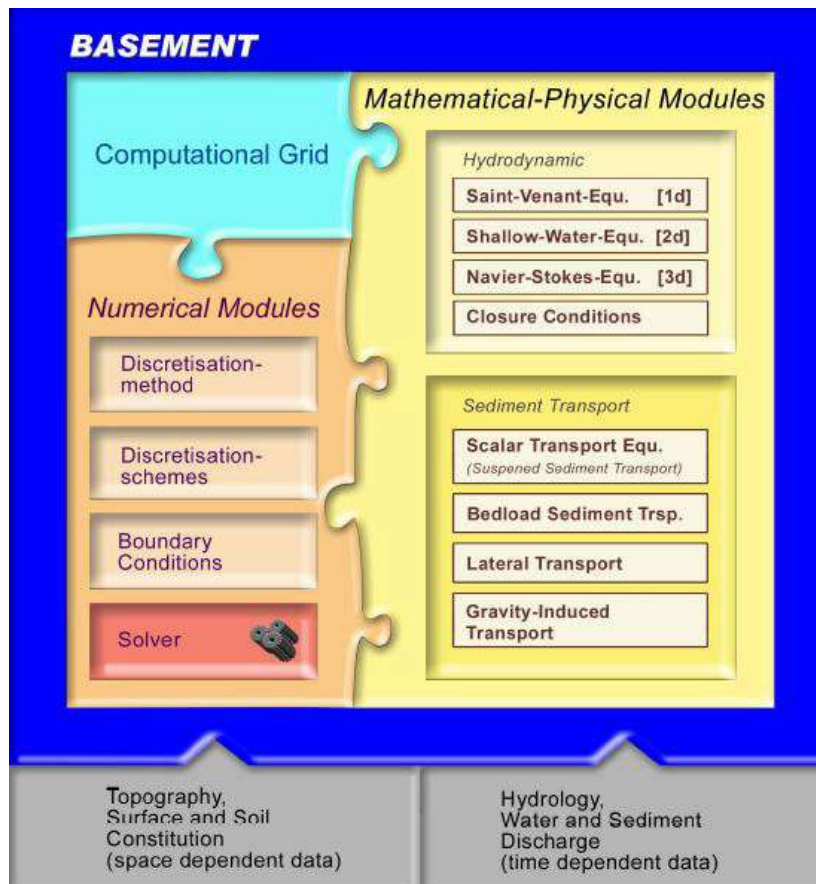


Figura 5.1 – Schema concettuale del modello Basement

La discretizzazione della geometria del corso d'acqua negli elementi di calcolo avviene per mezzo degli strumenti di GEOEDITING del software BASEMENT.

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

- **BOUNDARY**: definisce l'estensione del modello idraulico;
- **BREAKLINES**: linee di discontinuità per separare zone con K_s (Scabrezza) diversi oppure a cui fare generare le Mesh triangolari con dimensioni diverse. Si usano anche come linee in cui vengono inserite le condizioni al contorno o linee in cui si vogliono avere dati specifici del modello;
- **MARKER POINTS**: punti con cui si definiscono le dimensioni degli elementi della Mesh, la scabrezza ed altri parametri per ciascuna area individuata tra diverse BREAKLINES.

Definiti il contorno, le BREAKLINES e i MARKER POINTS, attraverso BASEMESH sono stati generati gli elementi triangolari della Mesh, come visibile nella foto seguente, ed uno SHAPEFILE contenente i punti degli spigoli di ciascun elemento con annesse coordinate geografiche. Nel generare gli elementi triangolari il software assegna loro un codice identificativo del materiale d'alveo e sponda

("MAT_ID") ottenuto dal rispettivo "MARKER_POINTS" individuato. Utilizzando questi indici di materiale è possibile indicare le scabrezze nel software di calcolo.

Infine è stata attribuita una quota per ciascun spigolo degli elementi triangolari ottenendola dal DTM in formato RASTER a disposizione. Come anzi detto per l'implementazione del modello idraulico bidimensionale si è utilizzato il Rilievo Lidar DEL Ministero dell'Ambiente corretto con i dati del rilievo celerimetrico del 2018 (fonte Genio Civile di Belluno).

Le BREAKLINES utilizzate per le condizioni al contorno portano all'interno dei campi dello SHAPEFILE un'informazione in più, ovvero il campo "STRINGDEF", che risulta necessaria per andare ad identificare gli elementi triangolari e i nodi della Mesh in cui insiste la condizione al contorno e tramite le quali è stato possibile estrarre i risultati della simulazione ai confini di ingresso ed uscita del modello ed in alcune sezioni di controllo. Le linee di controllo sono state definite nei punti più significativi del sistema implementato, ad esempio lungo le soglie presenti in alveo.

Per evidenziare le variazioni morfologiche d'alveo durante l'evento di piena e valutare i possibili effetti di scavi e depositi dovuti al trasporto solido della corrente e alla sua capacità erosiva si è creato quindi un modello idraulico a "fondo mobile".

Il software utilizzato è stato specificatamente realizzato per la valutazione dei fenomeni morfologici negli alvei soprattutto montani.

La seguente figura mostra come il software concettualizza una singola cella del modello numerico con partizione verticale in tre principali volumi di controllo: l'*upper layer* per la quantità di moto ed il trasporto solido sospeso, l'*active layer* (strato giallo) per il trasporto solido di fondo ed il sub layer (diviso a sua volta in due strati: uno per l'apporto solido verso lo strato superiore ed uno per l'accumulo).

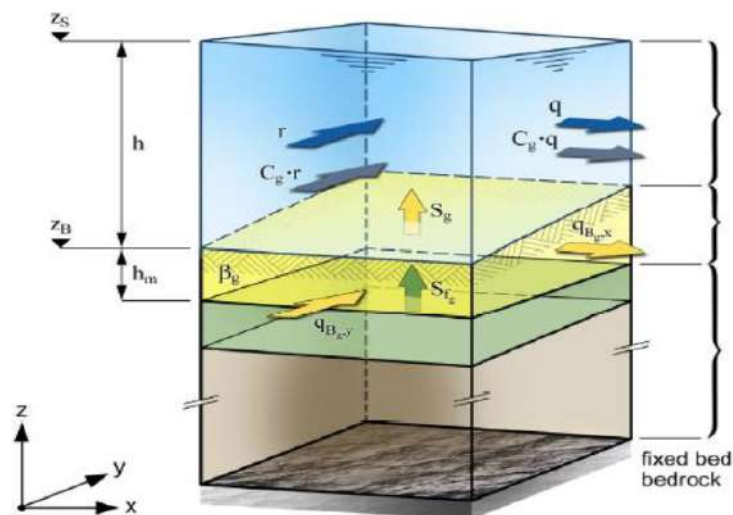


Figura 5.2 – Discretizzazione verticale di una cella di calcolo

Le principali incognite dello strato superiore sono l'altezza d'acqua e le portate specifiche (in direzione delle coordinate cartesiane) e nell'*active layer* e descrivono il trasporto di fondo specifico della g-esima classe granulometrica. La variazione dell'altezza di fondo ZB può essere ottenuta dalla combinazione delle equazioni di bilancio tra i suddetti strati verticali.

Il modo in cui il codice modifica le sezioni in caso di deposito o di erosione è una scelta arbitraria effettuata dagli sviluppatori del software. In questo caso i punti della sezione alla quota del pelo libero rimangono fissi e la quota del fondo varia in modo uniforme come mostrato nella seguente figura. Nel software vengono definiti i parametri principali del trasporto solido quali la densità e la porosità dei sedimenti (2650 kg/m³ e 37%) e il diametro del materiale o una curva granulometrica.

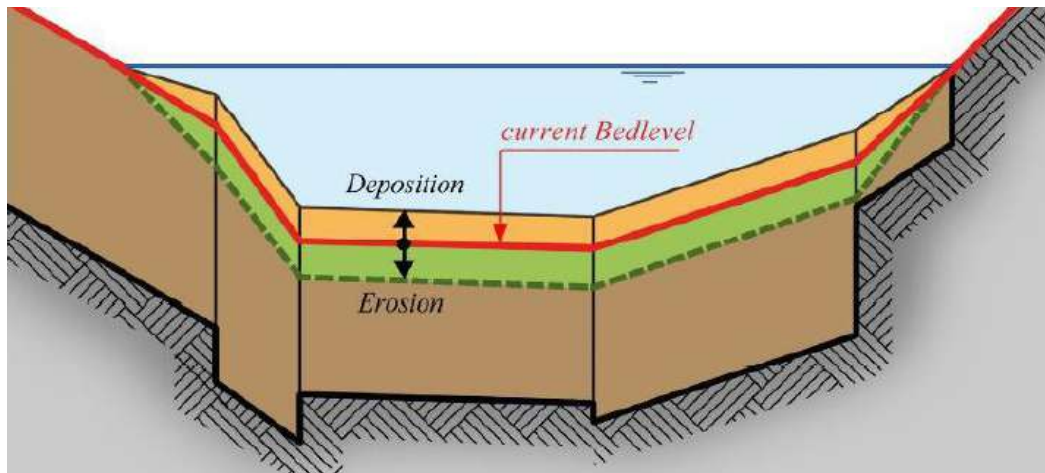


Figura 5.3 – Discretizzazione verticale di una cella di calcolo

In questo modello è stato creato un unico strato di materiale (Layer) composto da grani della dimensione di 35 mm con Angolo di attrito asciutto pari a 60, Angolo di attrito bagnato pari a 30 e angolo di attrito del materiale depositato pari a 10. Il contributo solido del corso d'acqua viene valutato, in assenza di uno specifico idrogramma solido, con una formulazione matematica.

Nel caso in esame si è utilizzata la formulazione di Mayer Peter Müller, ricavata sulla base di un notevole numero di prove sperimentali:

$$\frac{q_s}{d\sqrt{g\Delta d}} = 8(\theta - \theta_{cr})^{1.5}$$

Dove q_s è la portata solida per unità di larghezza. Nel caso in esame il tratto di corso d'acqua oggetto di indagine è stato suddiviso in tre domini distinti la cui ubicazione è riportata nella seguente Figura 5.4

1. ALVERA': il dominio n.1 include un tratto torrentizio di lunghezza 650 m che grossomodo coincide con l'ambito del Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite" Regione Veneto (Commissario O.C.D.P.C. n. 558 del 15 novembre 2018);
2. CORTINA: il dominio n.2 ricopre il tratto di torrente Bigontina che va da Alverà fino all'attraversamento di Vio Olimpia ne centro di Cortina d'Ampezzo per una lunghezza di 1300 m.
3. CONFLUENZA NEL T. BOITE : l'ultimo tratto, di lunghezza 450 m, si estende da ll'attraversamento di Via Olimpia fino alla confluenza nel t. Boite.

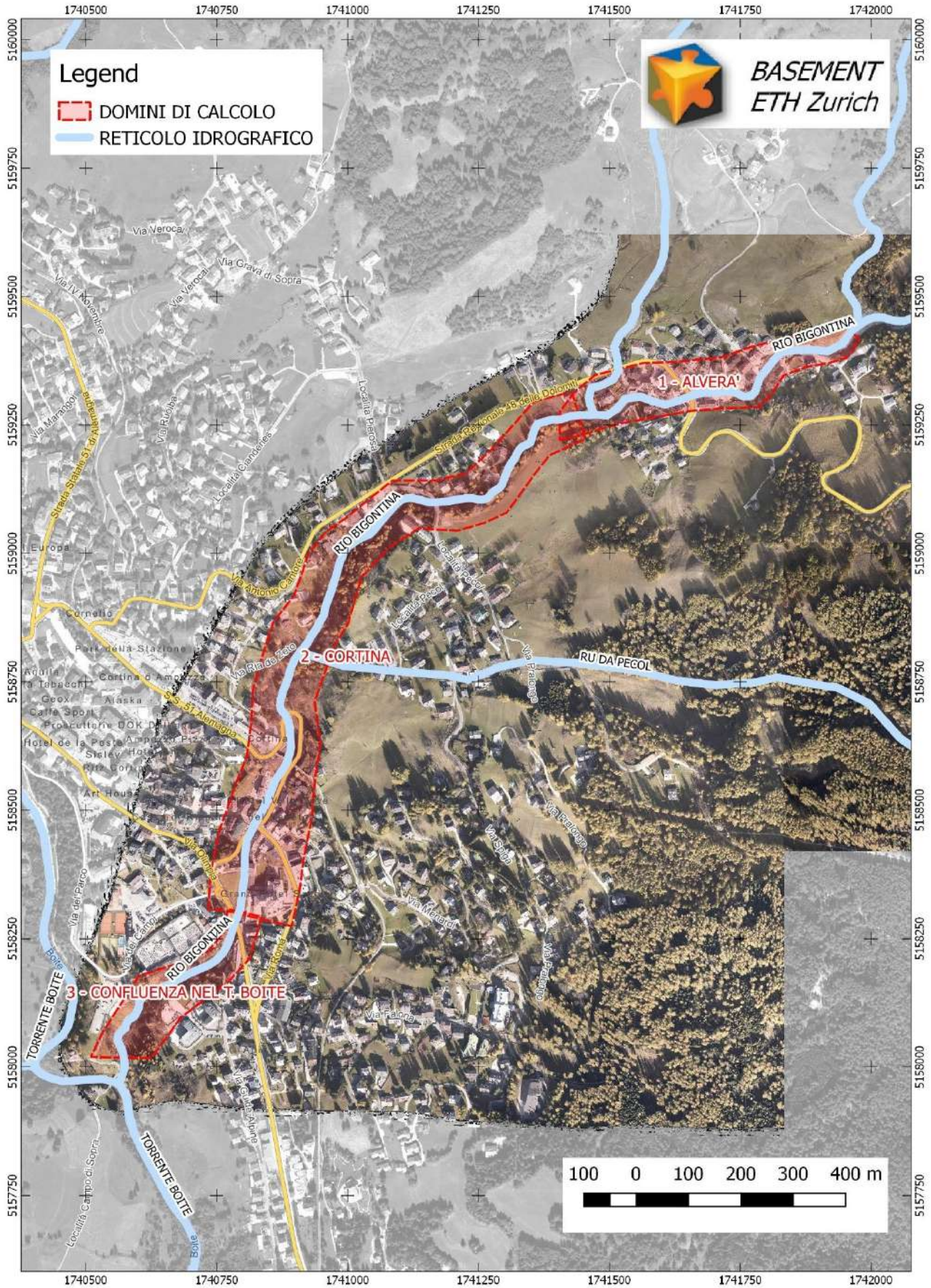


Figura 5.4 – Domini di calcolo implementati con il modello BASEMENT

Si riporta di seguito, a titolo di esempio, lo schema di costruzione della griglia di calcolo per il dominio 02 – CORTINA (Figura 5.5), la definizione dei limiti del dominio, delle breaklines e dei markerpoints e uno stralcio della griglia di calcolo (Figura 5.6), costruita attribuendo una quota per ciascun spigolo degli elementi triangolari ottenendola dal DTM in formato raster a disposizione.

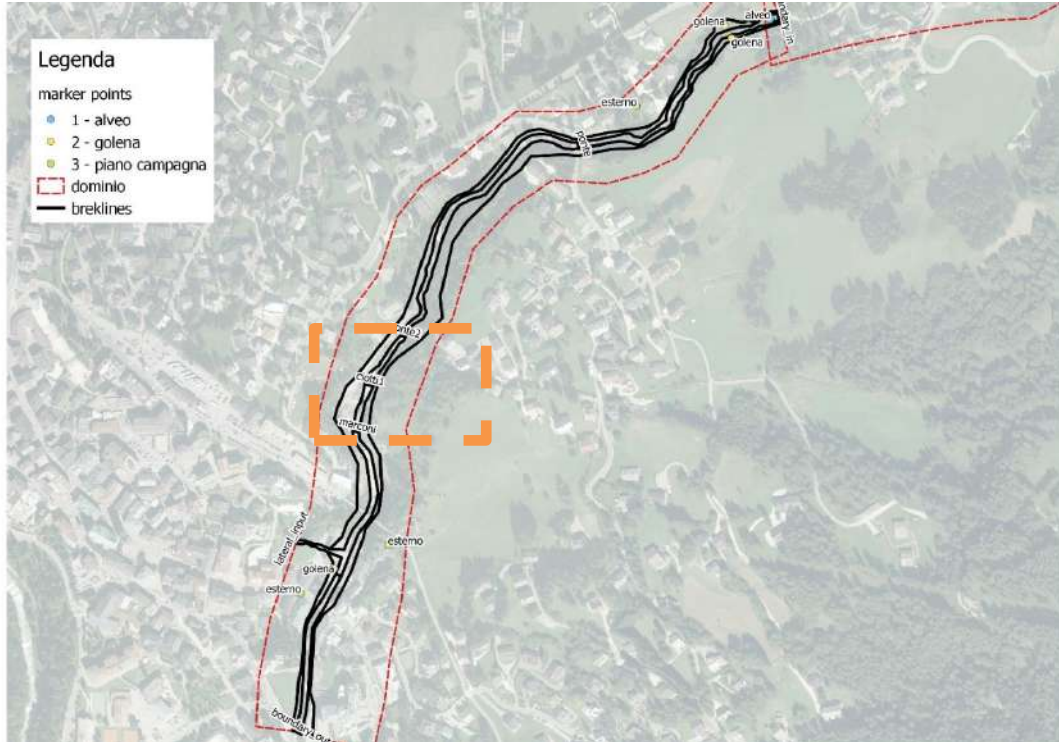


Figura 5.5 – Domino 02 – CORTINA - Definizione del dominio di calcolo

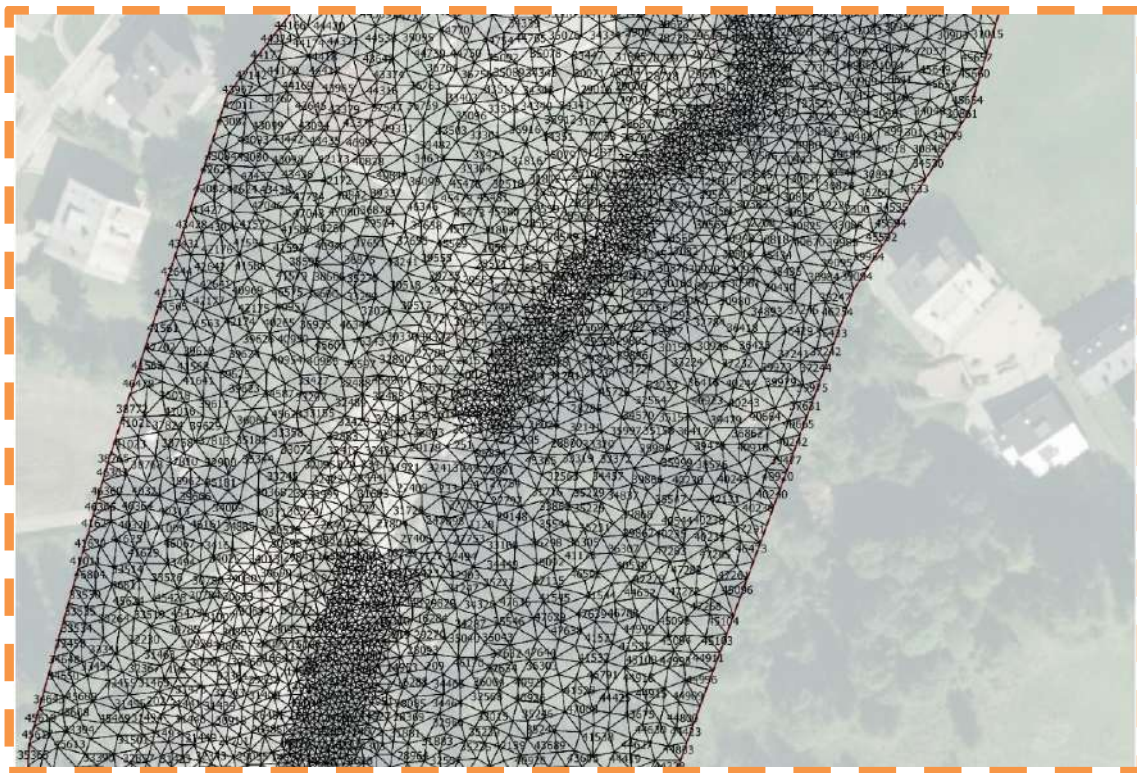


Figura 5.6 - Domino 02 – CORTINA – Stralcio costruzione della griglia di calcolo

Le breaklines utilizzate per le condizioni al contorno portano all'interno dei campi dello shapefile un'informazione in più, ovvero il campo "stringdef", che risulta necessaria per andare ad identificare gli elementi triangolari e i nodi del mesh in cui insiste la condizione al contorno e tramite le quali è stato possibile estrarre i risultati della simulazione ai confini di ingresso ed uscita del modello.

Una ulteriore linea di controllo è stata imposta a piede muro e lungo la soglia di progetto al fine di consentire la lettura dei risultati anche nei punti più significativi del sistema implementato.

Nella figura seguente è possibile vedere un estratto del modello e della mesh generata in cui sono state inserite le condizioni al contorno in termini di erodibilità del substrato (layer 1 – fiume e 2 – sponde).



Figura 5.7 – Domino 02 – CORTINA – Stralcio Definizione delle condizioni al contorno, della scabrezza e dell'erodibilità del substrato

5.1.1 Parametri caratteristici del modello

Il modello Basement richiede come parametri di input, l'assegnazione delle scabrezze e del diametro caratteristico del materiale presente in alveo significativo per descrivere le variazioni morfologiche. La scabrezza delle diverse aree del modello è stata indicata all'interno dello shapefile dei Marker Points ed assegnata ai diversi elementi triangolari del mesh come visto nelle figure precedenti. Essa è espressa attraverso il coefficiente di Manning n e rappresenta uno dei parametri fondamentali dell'equazione del moto:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

con A area della sezione di deflusso, RH raggio idraulico e i la pendenza del fondo. In mancanza di specifici valori sperimentali dedotti sulla base di apposite indagini, si è fatto riferimento ai dati di letteratura e a quelli utilizzati con soddisfacenti risultati in uguali simulazioni numeriche condotte su ambienti fluviali di analoghe caratteristiche, affinati poi con il procedimento di taratura descritto nel seguente capitolo 6.

Per il dominio 01 – ALVERA' Per l'alveo è stato assunto $K_s = 16 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($n=0.06$ di Manning), mentre per le aree esterne all'alveo è stato assunto $K_s = 10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($n=0.1$ di Manning).

Per gli altri due domini 02 – CORTINA e 03 – CONFLUENZA BOITE, per l'alveo e le golene è stato assunto un valore medio $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ($n=0.04$ di Manning), come da letteratura

Per quanto riguarda la granulometria del corso d'acqua si è assunto un unico substrato di materiale con spessore non definito a granulometria omogenea.

L'assunzione di unica frazione grossolana di diametro medio appare in linea con le semplificazioni adottate nel modello morfologico ed adeguata alle finalità dello studio.

La frazione che viene coinvolta nelle attività morfologiche che modificano significativamente la geometria del corso d'acqua è infatti quella più grossolana, movimentata in occasione delle portate di picco.

La frazione fine, che viene trasportata in sospensione, non è stata presa invece in considerazione in quanto non contribuisce significativamente a determinare la morfologia dell'alveo.

Pertanto, per il dominio 01 – ALVERA' è stato utilizzato un diametro pari a 35 mm (Campione 1 studio TESAF si veda Tabella 1). Per gli altri due domini 02 – CORTINA e 03 – CONFLUENZA BOITE, è stato assunto un diametro caratteristico di 15 mm.

5.1.2 Condizioni al contorno

5.1.2.1 Dominio 01 – ALVERA'

Le condizioni al contorno idrauliche applicate al modello consistono negli idrogrammi liquidi del Torrente Bigontina dedotti dalle analisi idrologiche applicate al Torrente chiuso ad Alverà nell'ambito degli studi del TESAF.

Come condizione idraulica di monte del modello di cui al dominio 01 – ALVERA' è stato inserito l'idrogramma di piena con Tr_{200} anni normalizzando l'idrogramma per Tr_{300} anni ottenuto dalle analisi idrologiche ed idrauliche condotte nello studio TESAF del 2018 di cui al seguente grafico in Per la taratura del modello, descritta nel seguente capitolo 6 è stata invece inserita come condizione di monte l'idrogramma di piena dell'Evento del 4-5 Agosto 2017 (Figura 5.9).

Come condizione idraulica di valle si è scelta la condizione di continuità delle portate (modulo HQ Relation con pendenza impostata letta dal rilievo LIDAR in uso).

Blocchi alterni TR=300

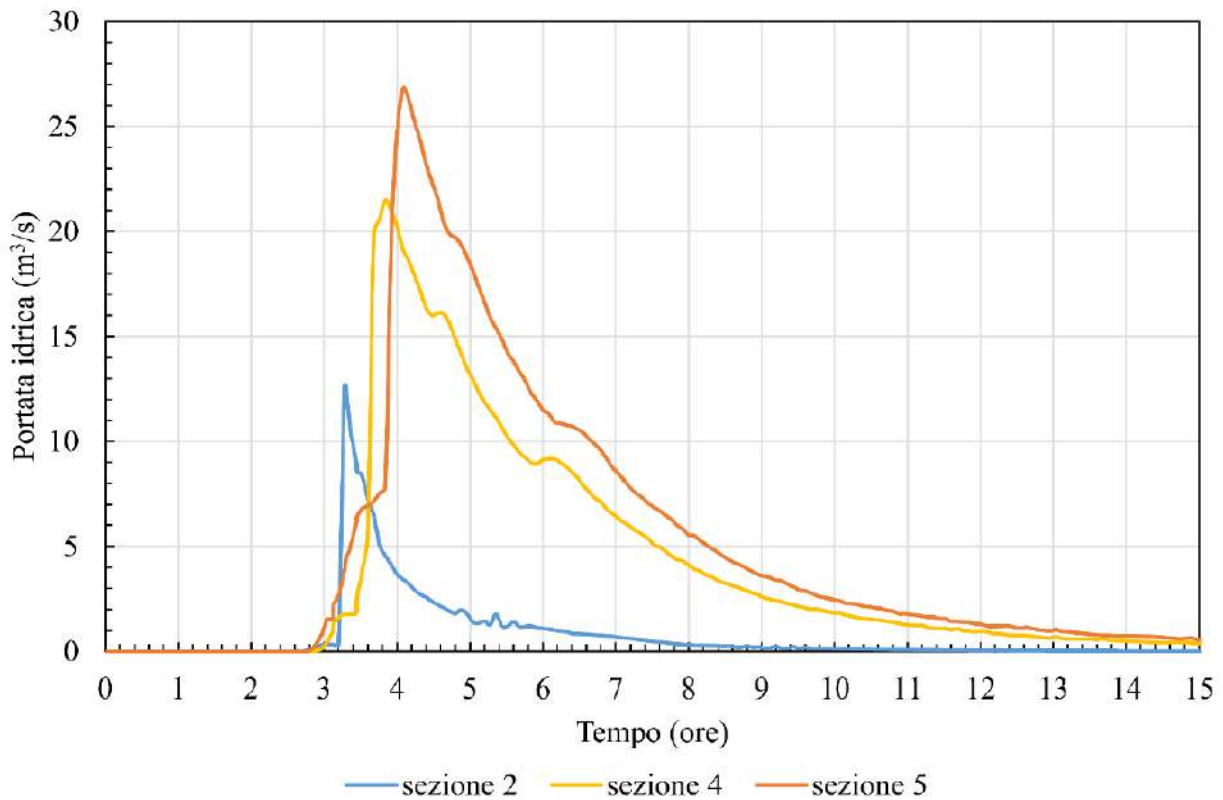


Figura 5.8 – Idrogrammi Tr300 anni (studio TESAF 2018) – Sezione 5: Alverà

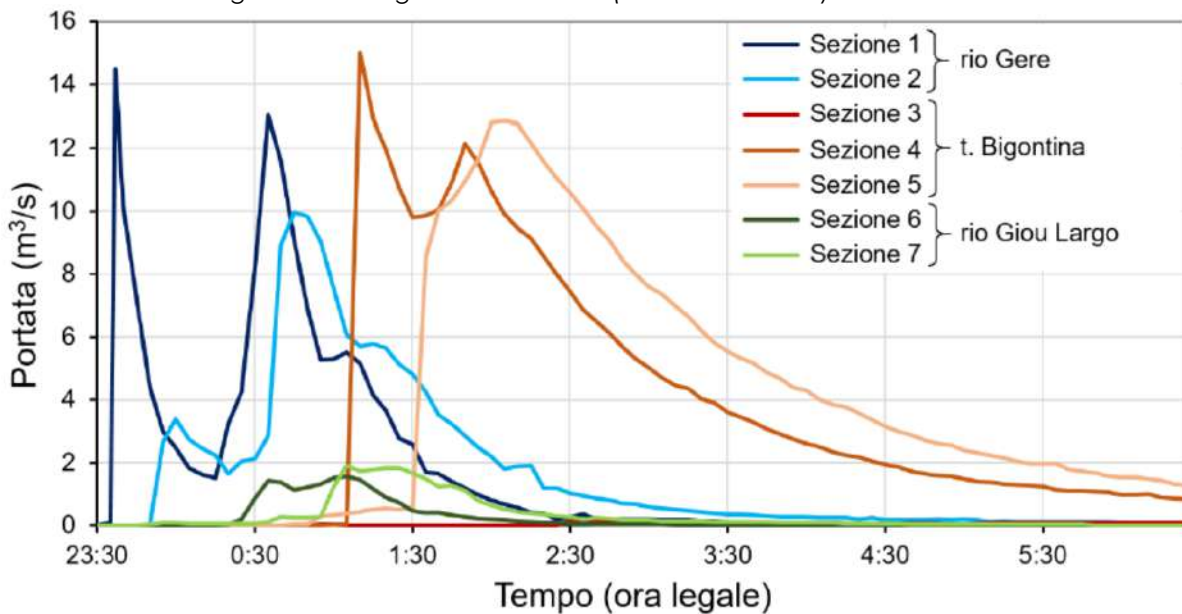


Figura 3.18. Idrogrammi simulati nella modellazione idrologico-idraulica delle precipitazioni registrate durante l'evento

Figura 5.9 – Idrogrammi Evento 4-5 Agosto 2017 (studio TESAF 2018) – Sezione 5: Alverà

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

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

5.1.2.2 Dominio 02 – CORTINA

Come condizione idraulica di monte del modello di cui al dominio 02 – CORTINA è stato inserito l'idrogramma di piena con Tr200 determinato nel precedente capitolo 4 e riportato in Figura 4-14. Rispetto all'idrogramma di piena utilizzato per il dominio 01 – ALVERA', esso tiene conto dei contributi idrologici aggiuntivi entranti nel t. Bigontina a valle di Alverà, in particolare degli scarichi BIM GSP, del rivo passante per Staulin e del Ru da Pecol proveniente dal versante scolante 'Faloria'. Come condizione idraulica di valle si è scelta la condizione di continuità delle portate (modulo HQ Relation con pendenza impostata letta dal rilievo LIDAR in uso).

Relativamente alle condizioni al contorno di trasporto solido, analogamente a quanto descritto per il dominio 01 – ALVERA', a monte è stata applicata la condizione "CAPACITY TRANSPORT" secondo la formulazione di Mayer-Peter e Müller, ovvero si è assunto che tutto il flusso in arrivo esca dal dominio senza apportare alcuna variazione batimetrica alle quote del fondo alveo, mentre a valle è stata applicata la condizione di continuità per il sedimento.

5.1.2.3 Dominio 03 – CONFLUENZA NEL T. BOITE

Per il dominio 03 – CONFLUENZA NEL T. BOITE, come condizione al contorno di monte è stato utilizzato l'idrogramma solido liquido in uscita dal modello del dominio 02. Come condizioni di valle è stata utilizzata la condizione di continuità sia per il liquido che per il sedimento.

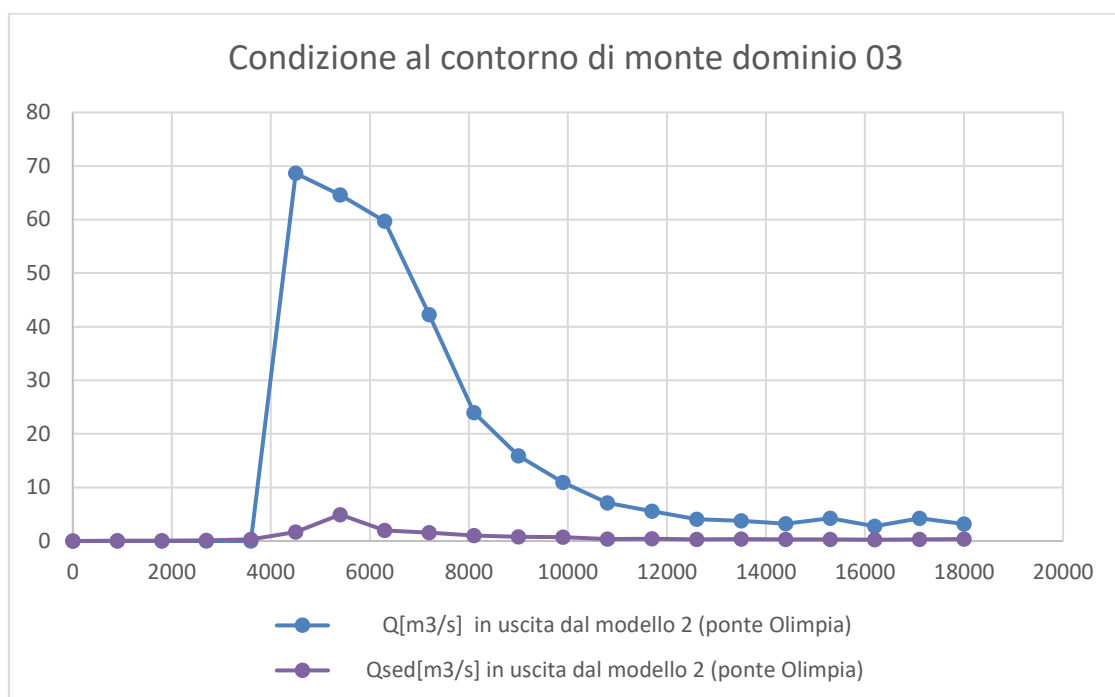


Figura 5.10 – Idrogramma solido liquido utilizzato come condizione al contorno di monte per il dominio 03

5.2 Modello di colata detritica

Un ruolo fondamentale nel corso della presente indagine viene svolto dall'utilizzo di un modello matematico in grado di simulare le variazioni morfologiche del corso d'acqua e la propagazione della corrente solido-liquida nel dominio bidimensionale allo studio.

Per l'interpretazione del tipo di fenomeno che accompagna la propagazione delle piene lungo torrenti come il torrente Bigontina è stata necessaria l'applicazione di un modello in grado di simulare fluidi non newtoniani caratterizzati da una variazione della resistenza non linearmente proporzionale alla velocità di deformazione angolare come gli ammassi ad alta concentrazione di solido che comunemente prendono il nome di debris flow.

Per tale motivo si è scelto di utilizzare il software Weezard, strumento di modellazione integrata per lo studio di eventi alluvionali estremi, sviluppato da Trilogis s.r.l. in collaborazione con il gruppo di ricerca del prof. Armanini (DICAM – Università di Trento). Il software nasce dall'integrazione tra il modello matematico fisicamente basato TRENT2D per la simulazione 2D di piene iper-concentrate e colate di detriti e Terra3, un client WebGIS innovativo e versatile per la visualizzazione e la gestione dei dati

territoriali. In particolare, il software Trent2D ha le seguenti caratteristiche:

- è un modello bidimensionale per la simulazione di piene iperconcentrate e colate detritiche che descrive la miscela solido-liquida con un approccio bifasico.
- è un modello che consente la rappresentazione dei processi di erosione e deposito, l'elevazione del fondo può variare in base alla dinamica della miscela.

Gli studi del TESAF del 2018 e 2019 e ulteriori sopralluoghi effettuati nel corso della presente indagine hanno consentito un primo inquadramento della conformazione morfologica dell'area e del materiale potenzialmente movimentabile che sono serviti come punto di partenza per la definizione dei parametri modellistici.

I parametri modellistici sono stati aggiustati sulla base del confronto dei risultati del modello con i dati di eventi reali registrati e con i risultati di altri modelli matematici utilizzati negli studi del TESAF. Una volta calibrato il modello è stata condotta la simulazione degli eventi con frequenza di accadimento pari a 30, 100 e 300 anni.

La definizione del modello concettuale consiste nella semplificazione dell'ambiente reale nell'ambiente di calcolo, esso deve essere definito tenendo in considerazione i limiti modellistici e i risultati attesi.

L'area allo studio è stata schematizzata in un dominio di calcolo attraverso il sistema WEEZARD, basato sul sistema WebGIS in cloud.

Sono stati implementati due domini bidimensionali puri del corso d'acqua, con una griglia di calcolo a maglia quadrata di lato 0.5m la cui estensione è indicata nella seguente Figura 5.11.

L'applicazione del modello richiede in ingresso due tipologie di informazioni: dati territoriali e dati idrologici. Per quanto riguarda i dati territoriali, l'informazione indispensabile è costituita dai quadri

DTM del rilievo della zona di studio per cui si rimanda al precedente Cap. 3, i dati idrologici sono descritti nel paragrafo che segue.

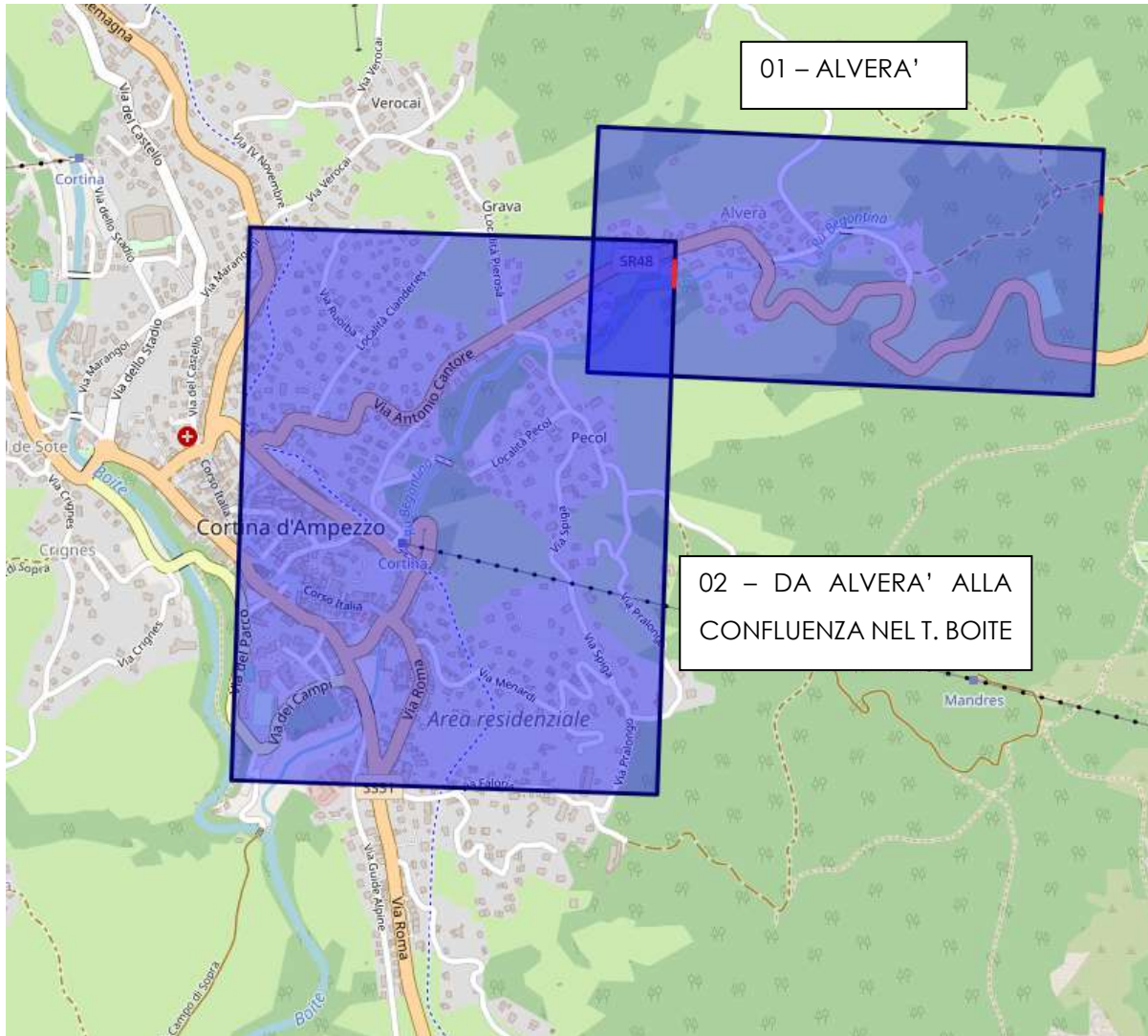


Figura 5.11 –Piattaforma WebGIS Weezard – Domini di calcolo del Modello TRENT 2D

5.2.1 Parametri caratteristici del modello

I parametri controllabili nel modello di colata detritica sono i seguenti:

1. Pendenza: stimata durante la definizione del dominio e delle celle di immissione;
2. Matrice KS delle scabrezze: definibile in base alle classi di uso del suolo;
3. Angolo attrito Φd [°]: range 30-40 valore scelto 38
4. Sommergenza Y [-]: range 5-20 valore scelto 10
5. Concentrazione cb [-]: range 0.6-0.67 valore scelto 0.65
6. Densità relativa Δ [-]: range 1.5-1.7 valore scelto 1.65
7. Parametro di trasporto B [-]

La variazione dei parametri da 3 a 7 si è dimostrata poco influente sui valori di portata e volume della mistura alla sezione di output del modello, si è assunto pertanto un valore medio come da

impostazioni di default del software in quanto approssimano con sufficiente precisione le caratteristiche reali del materiale.

Il parametro utilizzato per tarare il modello è il parametro di trasporto adimensionale B, diverso a seconda del tipo di fenomeno, definisce la concentrazione della fase solida sotto le ipotesi di moto uniforme e unidirezionale rispetto alla sezione di immissione, e sotto l'ipotesi di pendenza costante nel tempo. Nei fenomeni di debris flow, il parametro B, è dato dalla equazione dipendente dalla concentrazione di Takahashi e dalla pendenza del fondo.

Il modello sulla base delle grandezze assegnate definisce di default un valore di β , tale valore può essere modificato dall'utente per calibrare i risultati in termini di concentrazione, volumi, portate e tempo di propagazione.

Il valore assunto sulla base dell'attività di taratura è pari a 3.

Per le formulazioni utilizzate dal modello si rimanda al manuale scientifico del software visualizzabile cliccando [qui](#).

Nella seguente tabella si riportano i parametri reologici adottati nel presente studio in seguito all'attività di taratura eseguita (si veda il seguente capitolo 6), richiesti dal modello, che governano l'interrelazione tra fase solida e liquida

Tabella 5.12 –Parametri reologici del modello

Angolo attrito Φ_d [°]:	38.0
Sommergenza Y [-]:	10.0
Concentrazione c_b [-]:	0.65
Densità relativa Δ [-]:	1.65
Parametro di trasporto B [-]:	3.0

5.2.2 Condizioni al contorno

Con riferimento alla seconda tipologia di dati, il modello richiede una forzante idrologica, da definire con l'ausilio di appositi modelli afflussi-deflussi, che trasformano le altezze di precipitazione in portate defluenti. L'andamento temporale delle portate viene descritto dall'idrogramma liquido, da cui si ricavano le condizioni al contorno del modello. In particolare, a partire dall'idrogramma liquido è possibile determinare la quantità di miscela immessa nell'area di studio.

Con questi dati di input il modello simula il fenomeno considerato e crea in output numerose mappe, che riproducono l'evoluzione temporale di diverse grandezze d'interesse come il tirante e la velocità della miscela, le profondità di scavo, le altezze dei depositi.

Tra i debris-grammi a disposizione, in analogia con gli studi del TESAF, è stato utilizzato il debris-gramma sintetico relativo al tempo di ritorno pari a 300 anni, in quanto è l'evento più gravoso in termini di portata al picco e di volume solido totale (portata al picco pari a 92.3 m³/s, volume solido totale pari a 20 300 m³) che può giungere in conoide.

Considerando una portata liquida di circa 30 m³/s, è stato tarato il modello TRENT 2D al fine di riprodurre con soddisfacente precisione il debris-gramma calcolato negli studi TESAF, agendo sul parametro di trasporto solido β . Attraverso tentativi successivi è stato ottenuto un debris gramma con picco di piena pari a 98 m³/s (di mistura) molto vicina ai 92.3 m³/s calcolati da TESAF.

Il debris gramma ottenuto tende ad esaurirsi più in fretta nella coda dell'evento rispetto a quello del TESAF, infatti con portate liquide inferiori ai 15 m³/s il solido movimentato risulta leggermente inferiore. Il volume complessivo calcolato con il modello Trent 2D è pari a 19 640m³ contro i 20 300m³ di TESAF. Si può ritenere che il debris-gramma ottenuto nel presente studio sia comunque maggiormente cautelativo in relazione ai massimi livelli idrici e quindi adatto per la verifica delle opere di progetto presso l'abitato di Alverà.

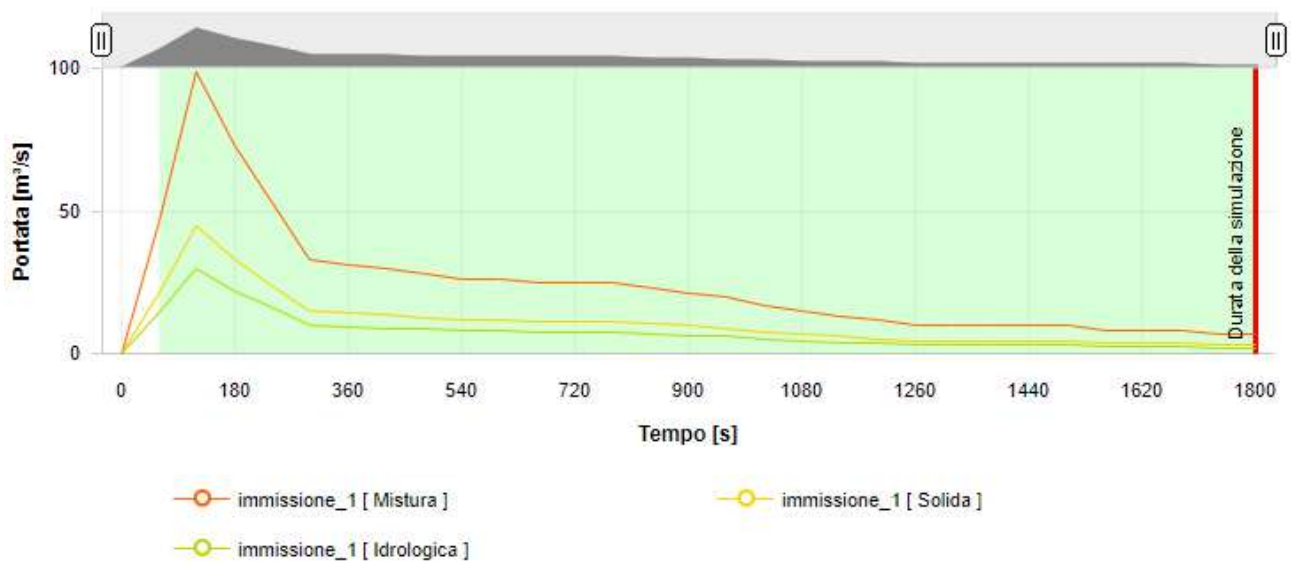


Figura 5.13 –Idrogramma liquido (verde) imposto al modello e solido (giallo) e di mistura (rosso) calcolati dal modello per Tr 300 anni

Analogamente si sono considerati i debrisgrammi per Tr 100 anni e Tr 30 anni, illustrati nei seguenti grafici. Come condizione di valle il modello consente di attribuire una condizione di continuità per le condizioni idrauliche. Questi idrogrammi sono stati utilizzati ne dominio di monte 01 – Alverà. Nel dominio 02 da Alverà alla confluenza nel t. Boite, è stato utilizzato come condizione di monte l'idrogramma solido liquido in uscita dal dominio 01.

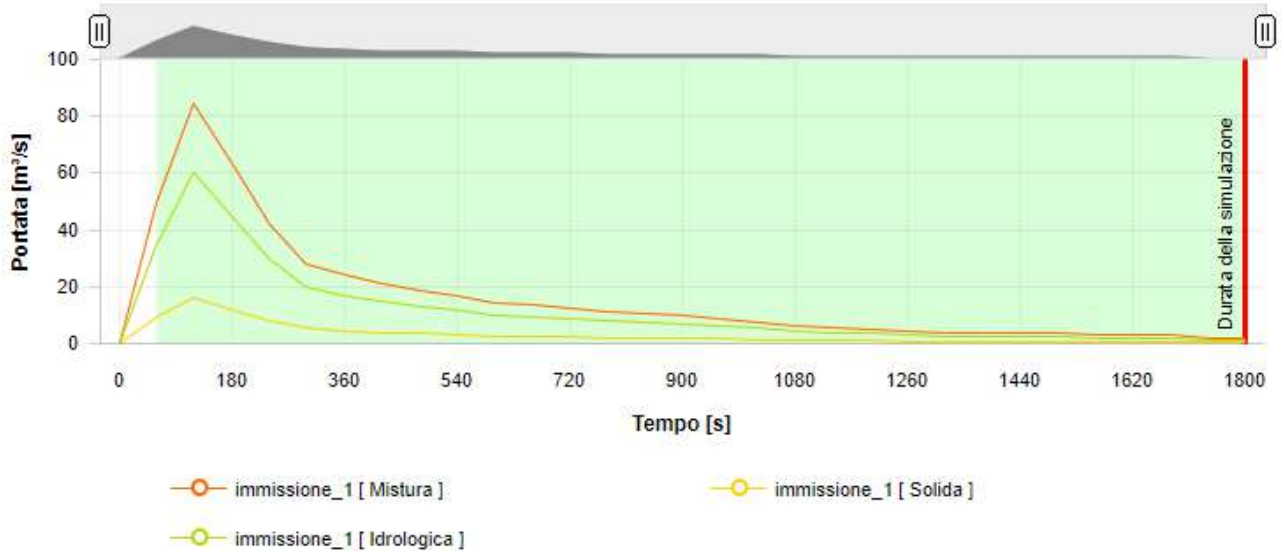


Figura 5.14 –Idrogramma liquido (verde) imposto al modello e solido (giallo) e di mistura (rosso) calcolati dal modello per T_r 100 anni

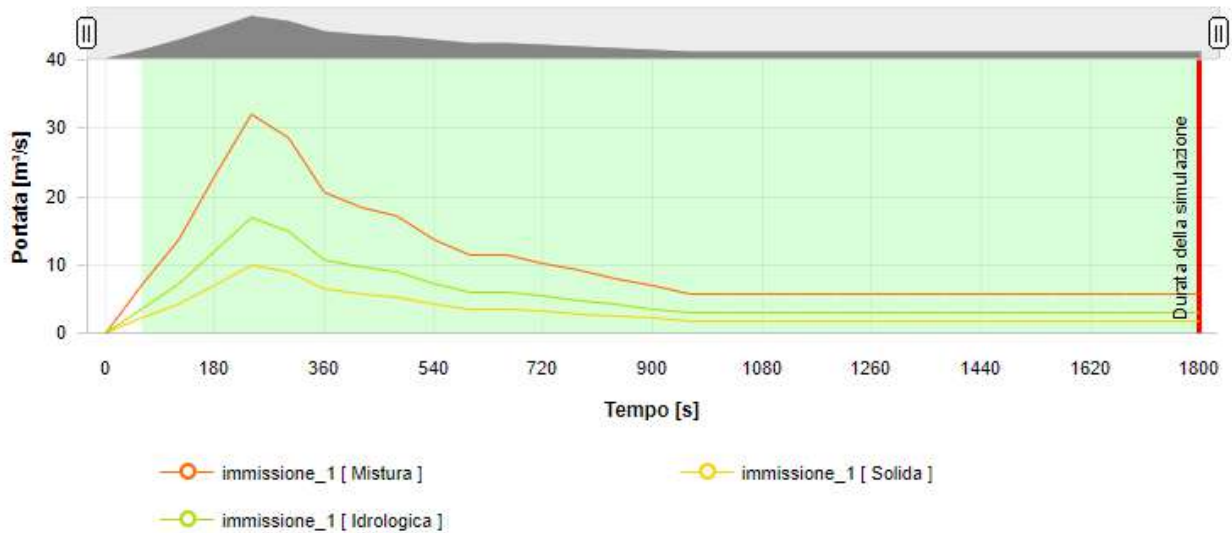


Figura 5.15 –Idrogramma liquido (verde) imposto al modello e solido (giallo) e di mistura (rosso) calcolati dal modello per T_r 30 anni

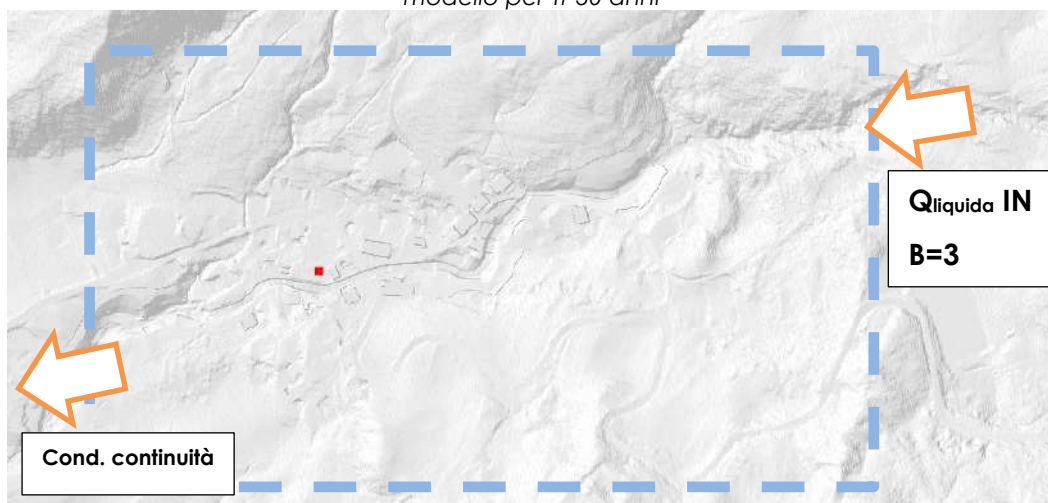


Figura 5.16 –Descrizione delle condizioni al contorno del modello TRENT-2D

6 RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO DEL 4-5 AGOSTO 2017 E TARATURA DEI MODELLI

Al fine di tarare i modelli in uso si è voluto ricreare l'evento del 4-5 Agosto 2017 prendendo come riferimento i dati osservati ed i risultati modellistici degli studi TESAF. Di seguito si riportano alcuni stralci dei risultati ottenuti nelle sezioni maggiormente rappresentative ed in particolare si è voluto confrontare la variazione batimetrica dell'alveo in termini di scavi e depositi osservata e calcolata dal modello.

Oss.1: Tratto a monte del ponte comunale

Nel tratto di t. Bigontina ad Alverà, a monte del ponte della strada comunale, durante l'evento del 2017 sono stati trascinati verso valle dei trovanti di notevoli dimensioni che hanno riempito completamente l'alveo (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Sopra: ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte TESAF 2018); Sotto:alveo del torrente Bigontina nelle condizioni attuali

Come indicato nel riquadro in Figura 6.2, il modello di trasporto solido BASEMENT restituisce un deposito di materiale con la stessa forma di quello rilevato ma con un'altezza inferiore a quella rilevata (si veda il profilo in Figura 6.4), in quanto il modello non simula la propagazione dei grossi massi osservati. Il livello idrometrico calcolato non è tale da causare le esondazioni in sinistra idrografica che si sono verificate durante l'evento (Figura 6.5).

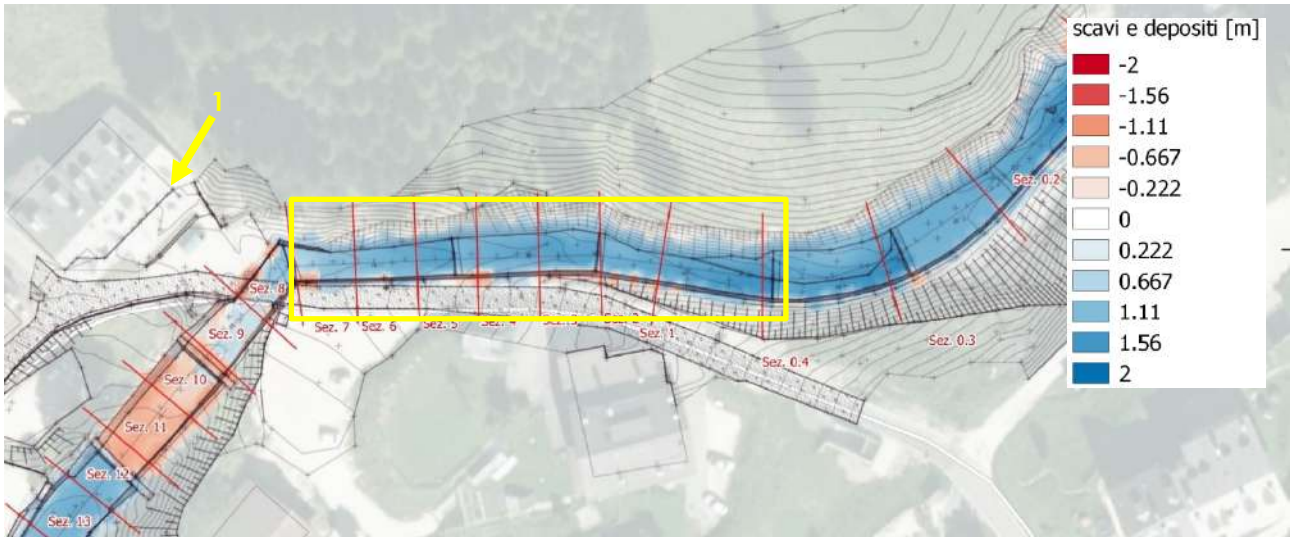


Figura 6.2 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte comunale
 Modello di trasporto solido BASEMENT (elaborato 2.2)



Figura 6.3 – Evento del 4-5 Agosto 2017 – segni della fuoriuscita di portata in sinistra idrografica a monte del
 ponte della strada comunale non rilevata dai modelli

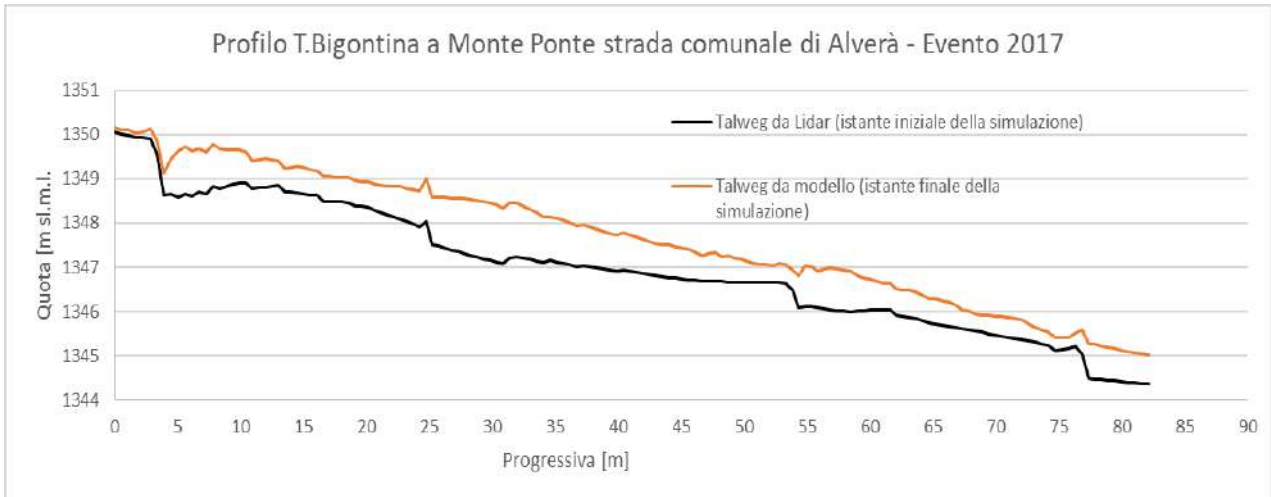


Figura 6.4 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 - profilo del tratto a monte del ponte Comunale (BASEMENT)

Il modello di colata TRENT2D (Figura 6.5) calcola depositi di altezza inferiore rispetto al Basement (60 cm circa) e indica una proensione all'erosione nel caso che la colata detritica sia lasciata libera di fluire verso valle (non fermato dai sassi di grosse dimensioni incastrati sul ponte).

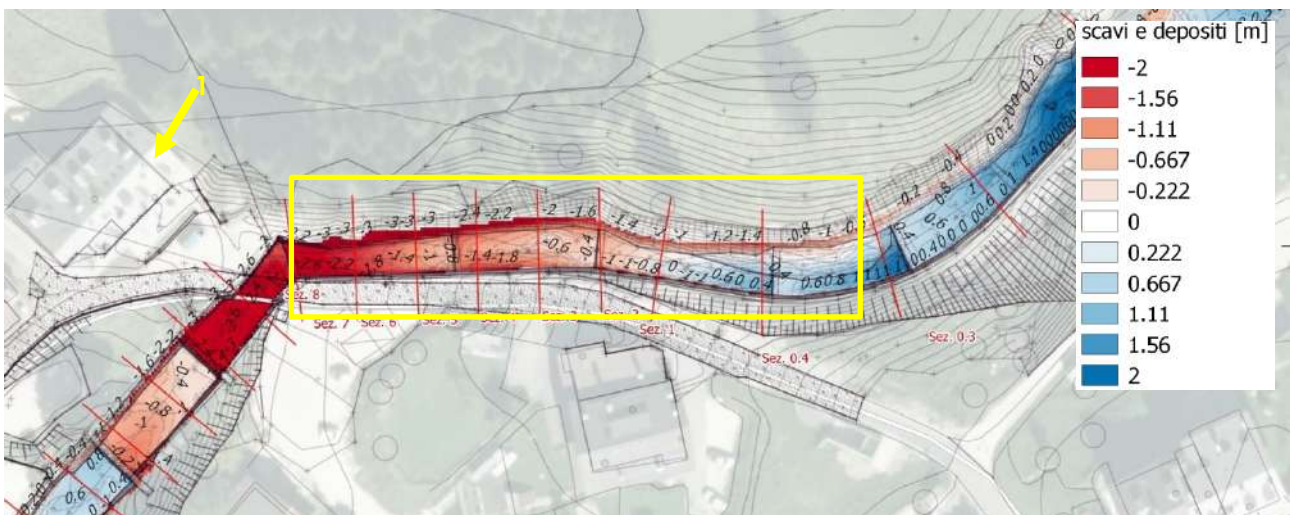


Figura 6.5 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte comunale
Modello di colata detritica TRENT 2D (elaborato 3.6)

Oss.3: Tratto in curva a monte dell'abitato di Alverà

In questo tratto si sono verificati degli allagamenti sia in destra che in sinistra idrografica, che hanno determinato dei depositi importanti alti da 1 a 2m nel parcheggio in destra idrografica, e delle erosioni in sinistra, come si può vedere dal confronto tra la foto post evento e quella attuale riportate nella seguente Figura 6.6

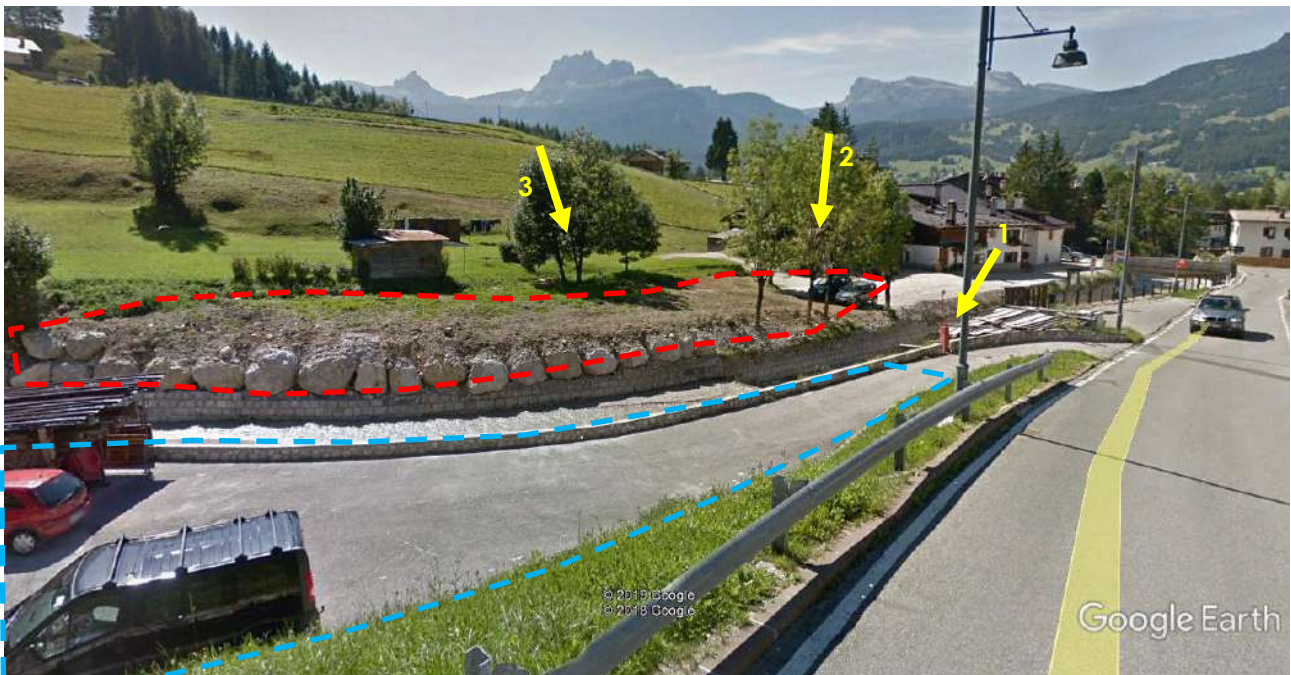


Figura 6.6 – Sopra - Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Vigili del Fuoco) – Sotto - Stato attuale (Google Earth) - In rosso le aree che hanno subito erosione, in blu i depositi

La tendenza al deposito in destra idrografica viene rilevata da entrambi i modelli, leggermente più marcata per il modello BASEMENT rispetto al TRENT2D come riportato nei riquadri nelle seguenti Figura 6.7 e Figura 6.8 e negli elaborati 2.2 e 3.6.

Per quanto riguarda l'erosione osservata in sinistra, essa viene simulata correttamente dal modello di colata TRENT 2D, mentre il modello di trasporto solido BASEMENT la restituisce come area di deposito.

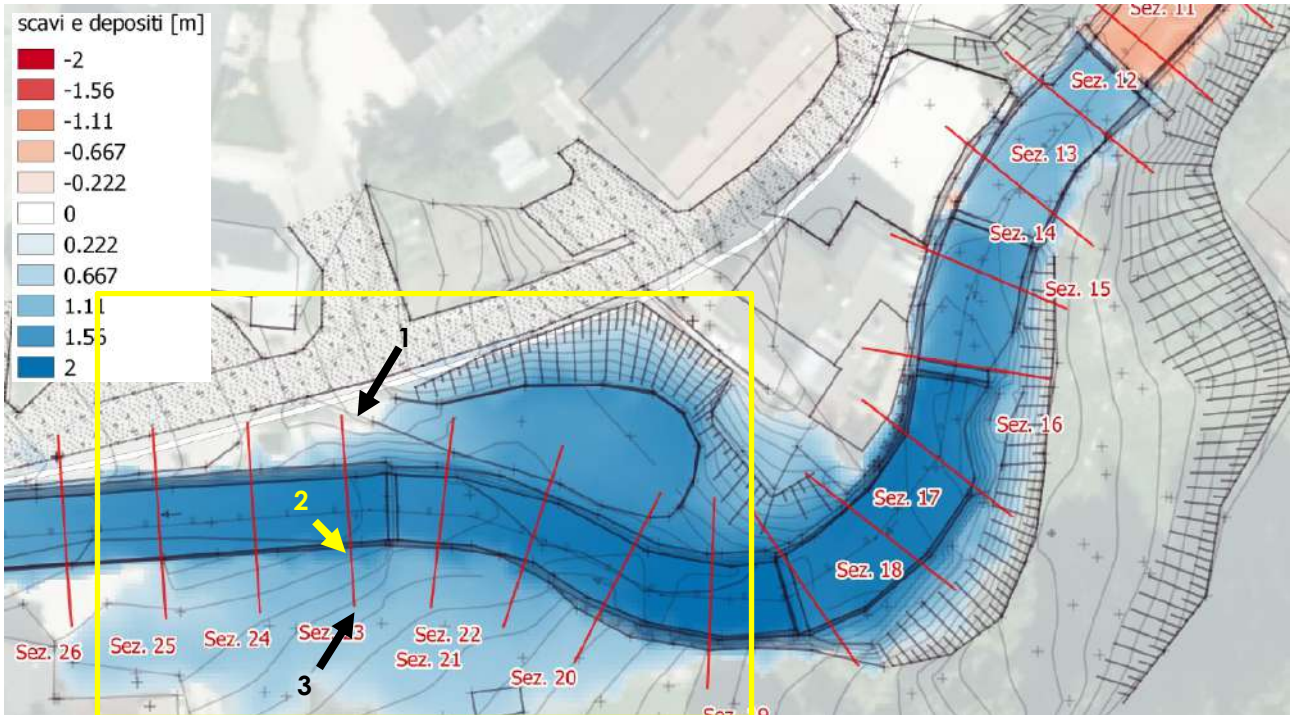


Figura 6.7 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a tra il ponte della strada comunale le la SR 48 - Modello di trasporto solido BASEMENT

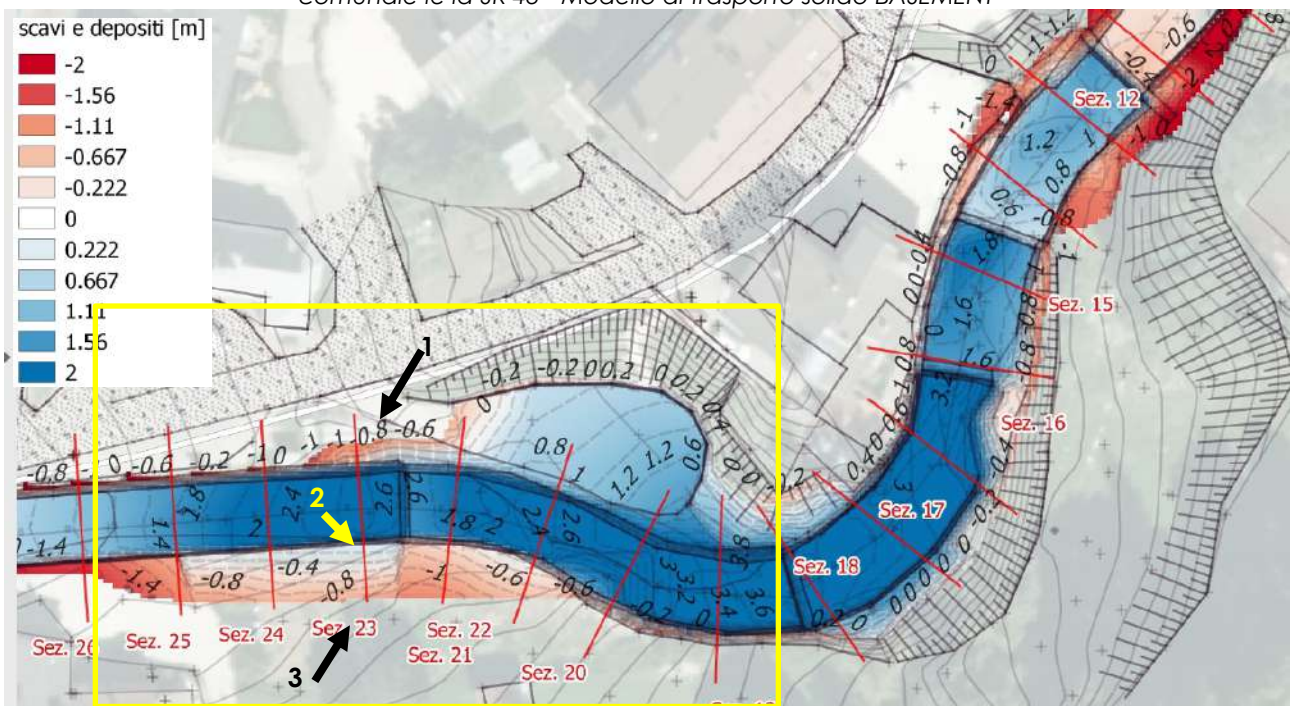


Figura 6.8 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a tra il ponte della strada comunale le la SR 48 - Modello di colata detritica TRENT 2D

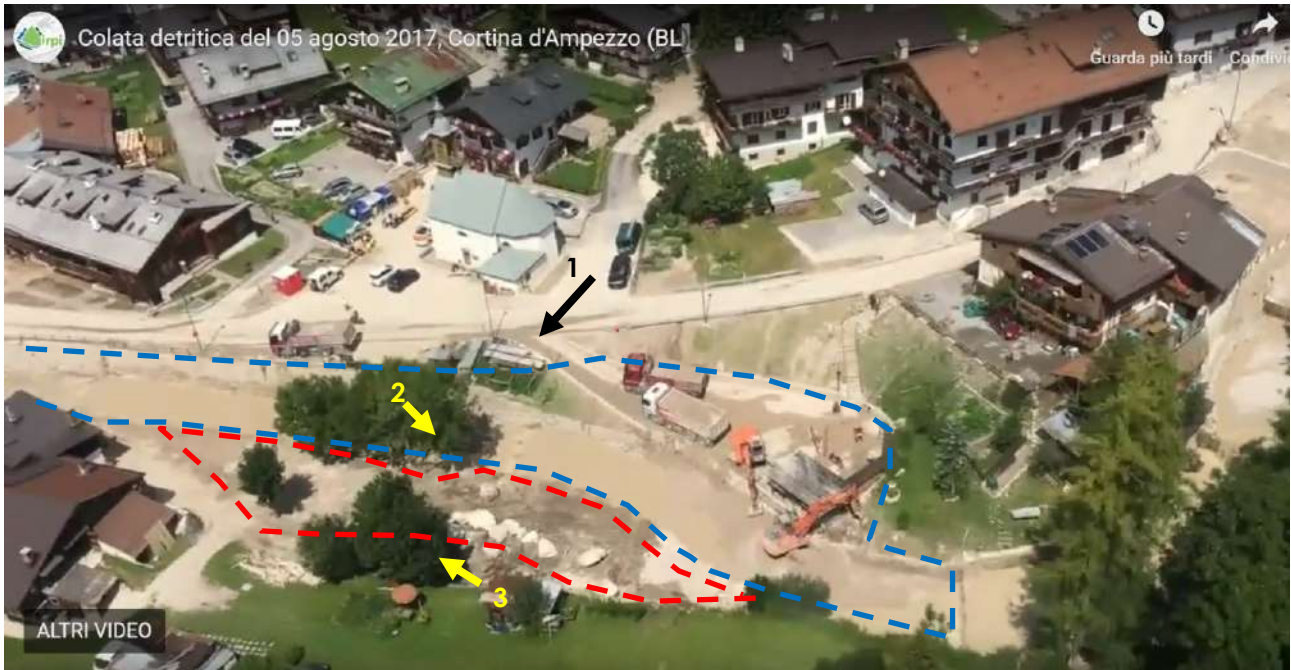


Figura 6.9 – Sopra - Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte CNR IRPI) - In rosso le aree che hanno subito erosione, in blu i depositi

Oss.4: Ponte SR48

Al di sotto del ponte SR 48, in seguito all'evento del 2017 è stata rilevata la totale ostruzione della sezione di deflusso, come indicato in Figura 6.11.



Figura 6.10 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Vigili del Fuoco)

Durante l'evento, prima dell'innesco della colata detritica, il livello idrometrico raggiunto per effetto della portata in arrivo (fenomeno di trasporto solido) ha raggiunto più o meno la stessa altezza



Figura 6.11 – Ricognizione fotografica durante l'evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Vigili del Fuoco)

Analogamente al caso precedente, la tendenza al deposito viene evidenziata da entrambi i modelli, leggermente più marcata per il modello BASEMENT rispetto al TRENT2D come riportato nei riquadri nelle seguenti Figura 6.12 e Figura 6.13.



Figura 6.12 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte SR 48 - Modello di trasporto solido BASEMENT

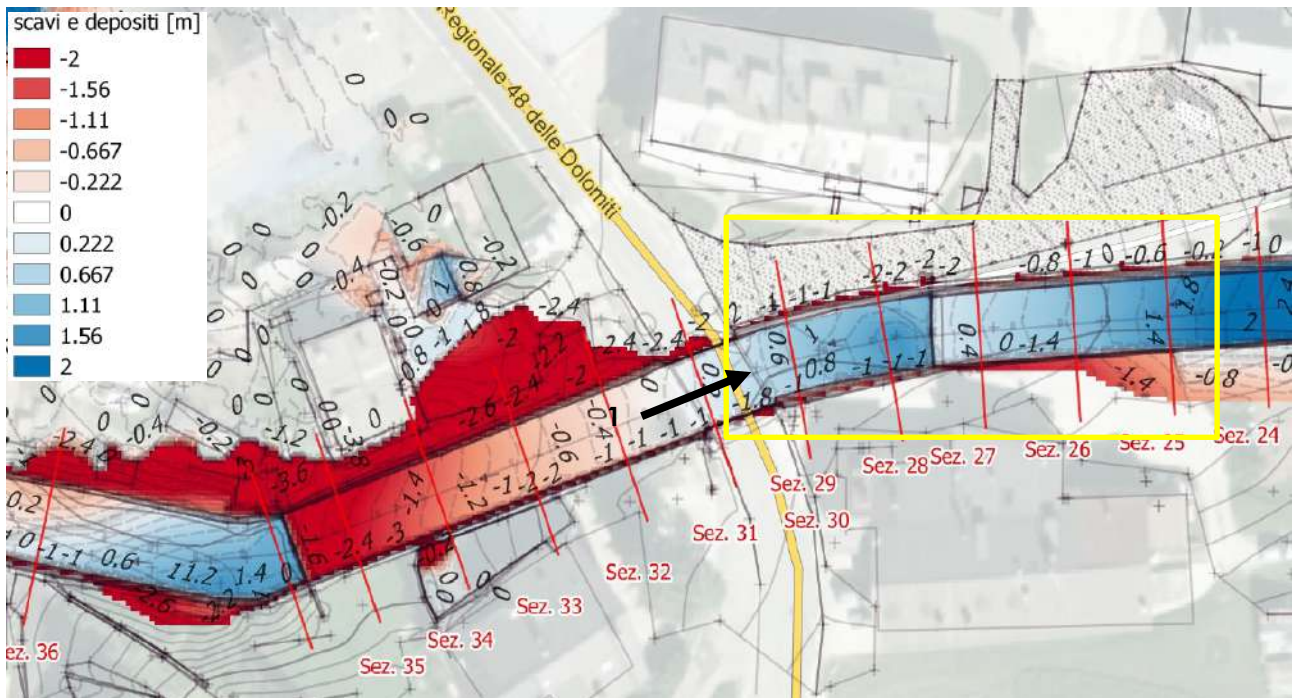


Figura 6.13 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte SR 48 -
 Modello di colata detritica TRENT 2D

Relativamente ai livelli idrometrici massimi osservati, in corrispondenza del ponte SR48 il TRENT2D presenta un franco minore rispetto al BASEMENT come indicato nel profilo idraulico nella seguente figura.

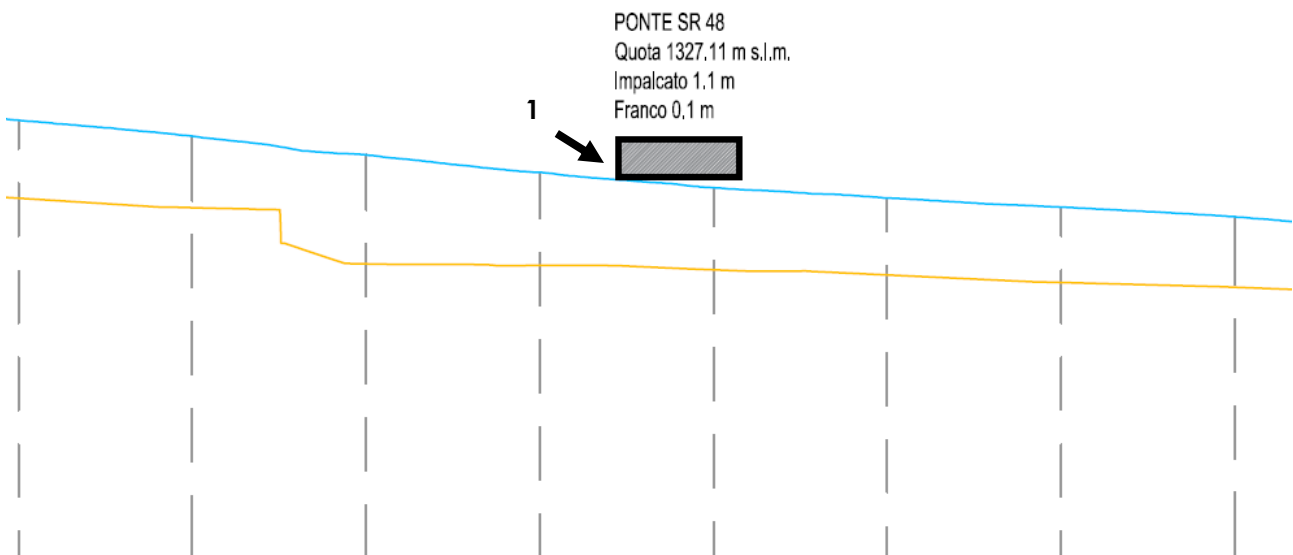


Figura 6.14 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – profilo idraulico risultante dalla simulazione svolta con il TRENT 2D in corrispondenza del ponte SR 48 in località Alverà

Oss.5: A valle ponte SR48

A valle del ponte SR 48 si è verificato un allagamento che ha coinvolto principalmente gli edifici e la viabilità presenti in riva destra del torrente Bigontina, come indicato nella seguente Figura 6.15.



Figura 6.15 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (Vigili del Fuoco) – in blu l'area allagata

Entrambi i modelli restituiscono degli allagamenti molto simili a quelli osservati, come riportato negli elaborati 2.1 (modello di trasporto solido BASEMENT) e 3.3 (modello di colata TRENT 2D), e nelle figure che seguono.

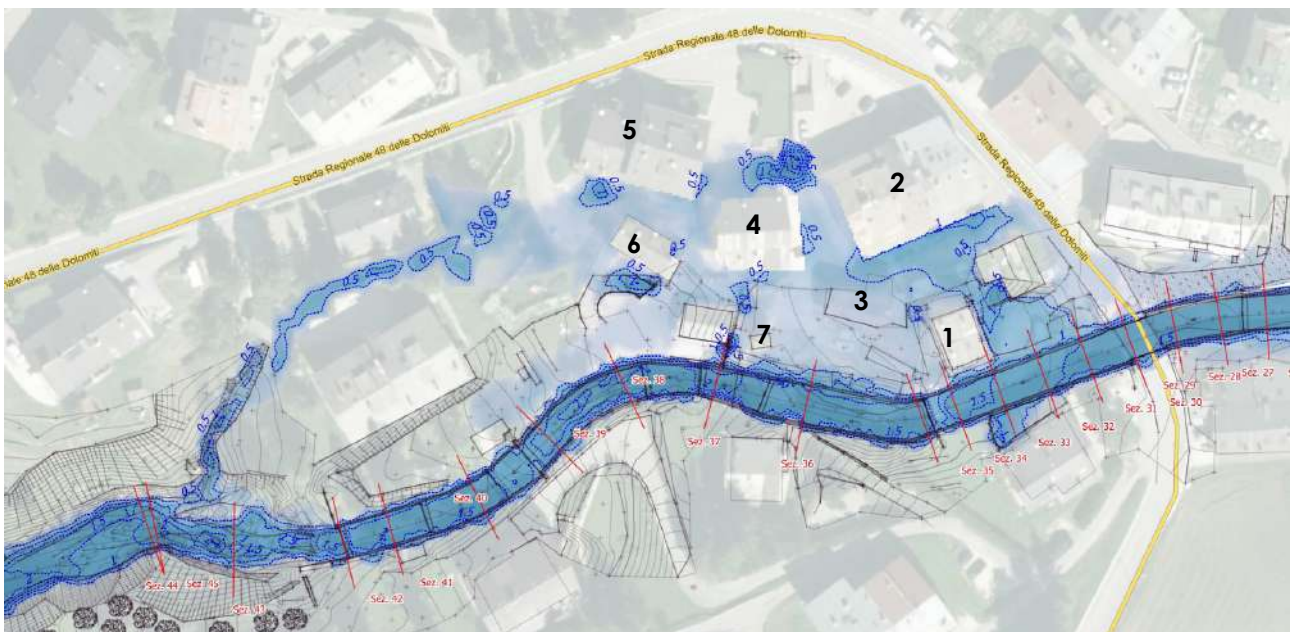


Figura 6.16 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – aree allagabili a valle del ponte SR 48 - Modello di trasporto solido BASEMENT

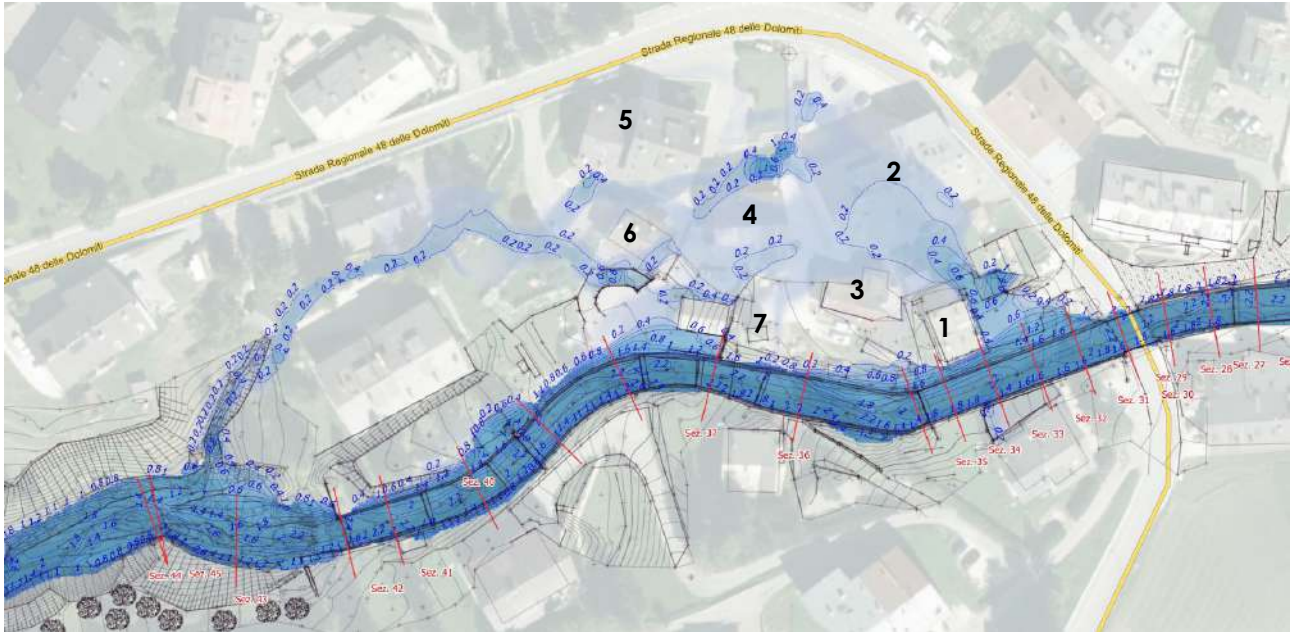


Figura 6.17 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – aree allagabili a valle del ponte SR 48 - Modello di colata detritica TRENT 2D

Oss.6: Briglie a valle dell'ex ponte ferroviario

A valle delle briglie sul t. Bigontina a Cortina d'Ampezzo, a valle dell'ex ponte ferroviario, a fine evento del 2017 è stata osservata un'area con tendenza al deposito di materiale grossolano



Figura 6.18 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Drop Engineering Ing. Roland Bernardi)

Come indicato nella seguente Figura 6.19 entrambi i modelli rilevano la tendenza al deposito nel tratto in cui è stata osservata.



Figura 6.19 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte SR 48 -
 Modello di colata detritica TRENT 2D (destra) e modello di trasporto solido BASEMENT sinistra

Oss.7: Ponte di accesso supermercato

In questa zona sono stati rilevati dei depositi a monte del ponte di accesso ai supermercati e i segni del passaggio della piena incluso (Figura 6.20) e il tronco di un arbusto presumibilmente galleggiante durante la piena Figura 6.22.

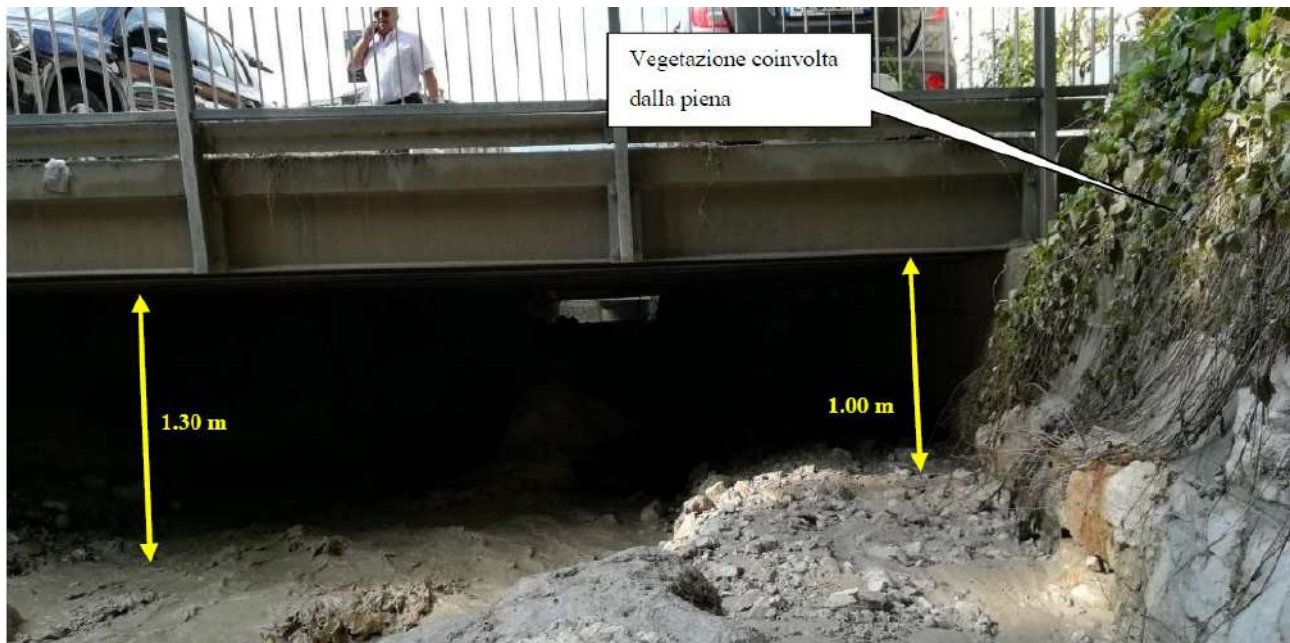


Figura 6.20 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Drop Engineering Ing. Roland Bernardi)



Figura 6.21 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (fonte Drop Engineering Ing. Roland Bernardi)

Dal punto di vista morfologico il modello BASEMENT rileva il deposito a monte dell'attraversamento in modo più marcato rispetto al modello di colata detritica TRENT2D (Figura 6.22). Dal punto di vista idraulico, il TRENT 2D restituisce un franco idraulico più coerente con quanto osservato (Figura 6.23) rispetto al modello di trasporto solido BASEMENT (Figura 6.24).

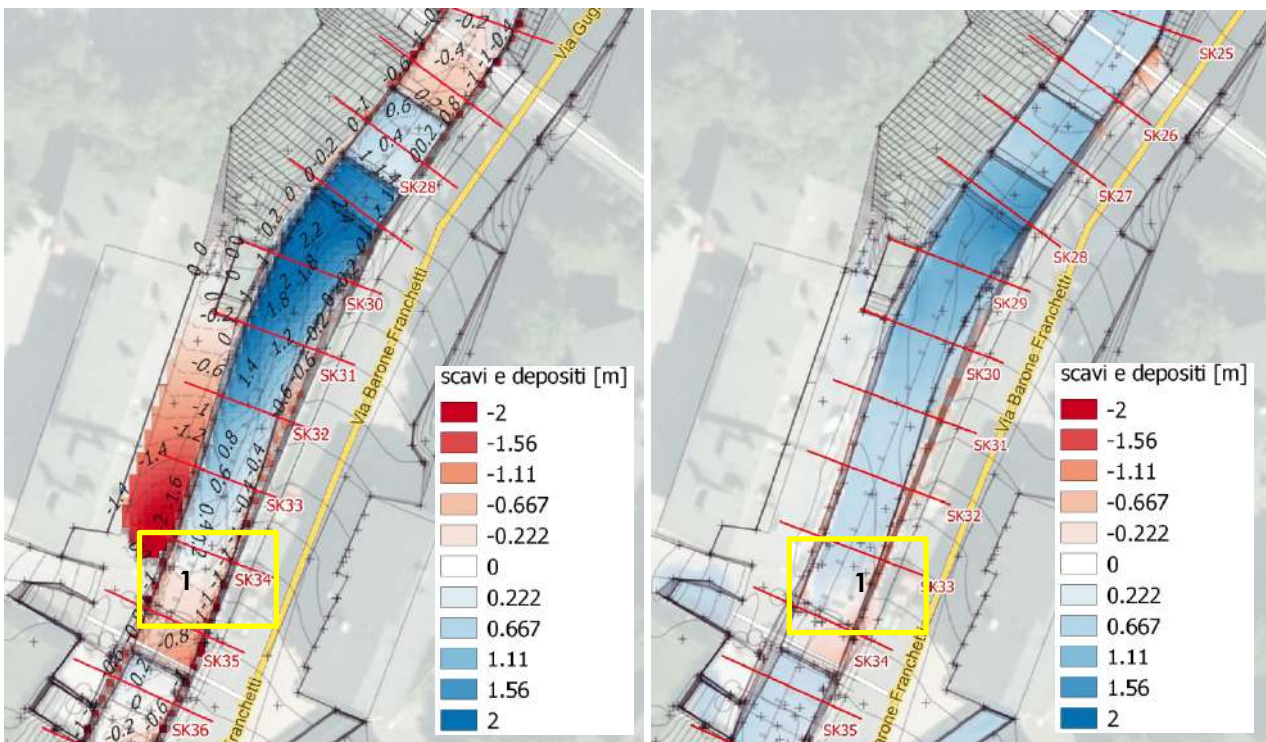


Figura 6.22 – Simulazione evento 4-5 Agosto 2017 – scavi (rosso) e depositi (blu) a monte del ponte SR 48 - Modello di colata detritica TRENT 2D (destra) e modello di trasporto solido BASEMENT sinistra

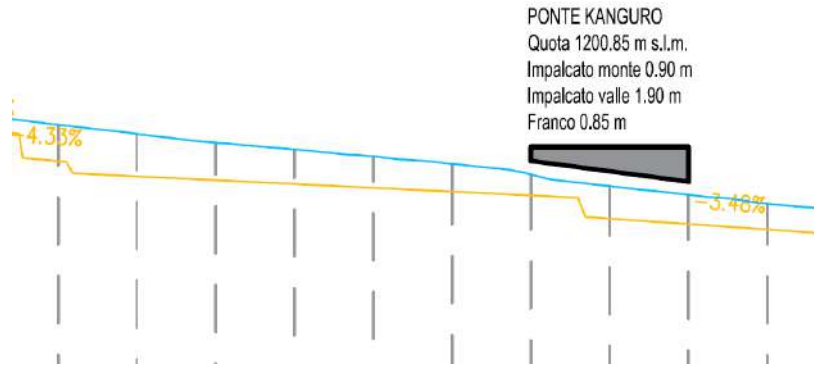


Figura 6.23 – Profilo idraulico evento di colata detritica (TRENT 2D)

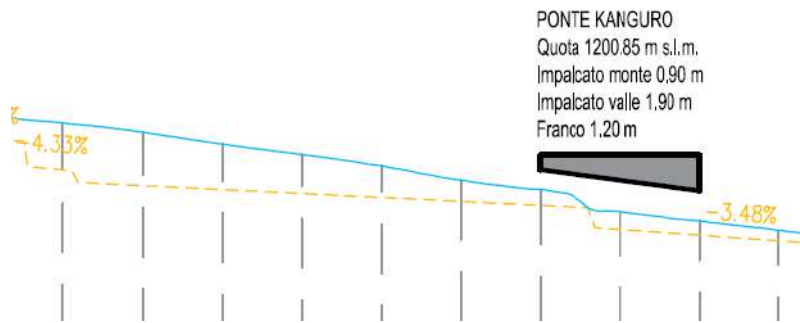


Figura 6.24 – Profilo idraulico evento di trasporto solido (BASEMENT)

7 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE NELLO STATO DI FATTO

7.1 Modello di trasporto solido

7.1.1 Dominio 01 - Alverà

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello di trasporto solido BASEMENT in occasione dell'evento con $tr=200$ anni in località Alverà sono riportati negli elaborati 2.1, 2.2 e 2.3 in termini di massime altezze idriche e variazioni altimetriche.

La simulazione condotta nello stato di fatto ha evidenziato come le criticità maggiori siano localizzate a monte del ponte SR 48 in a valle dello stesso dove, per effetto della ridotta pendenza del t. Bigontina, il deposito del materiale trasportato provoca l'innalzamento dei livelli idrici e la conseguente esondazione delle portate liquide e solide presso il caseggiato.

Si riportano di seguito le mappe delle massime altezze di acqua al suolo (Figura 7.1) e delle massime velocità di deflusso restituite dal modello (Figura 7.2).

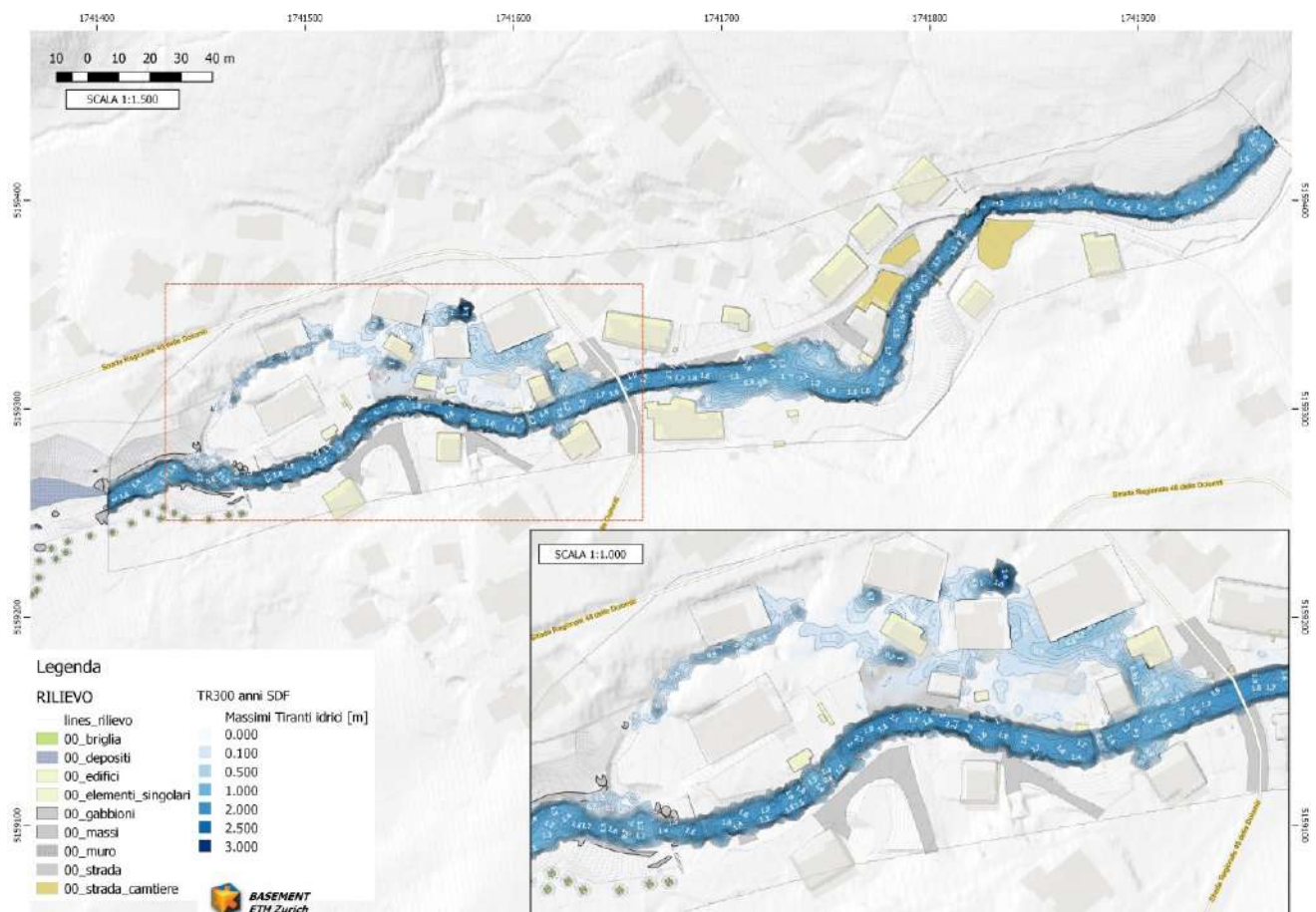


Figura 7.1 –Modello BASEMENT – Massimi tiranti idrici nello stato di fatto per l'evento duecentennale

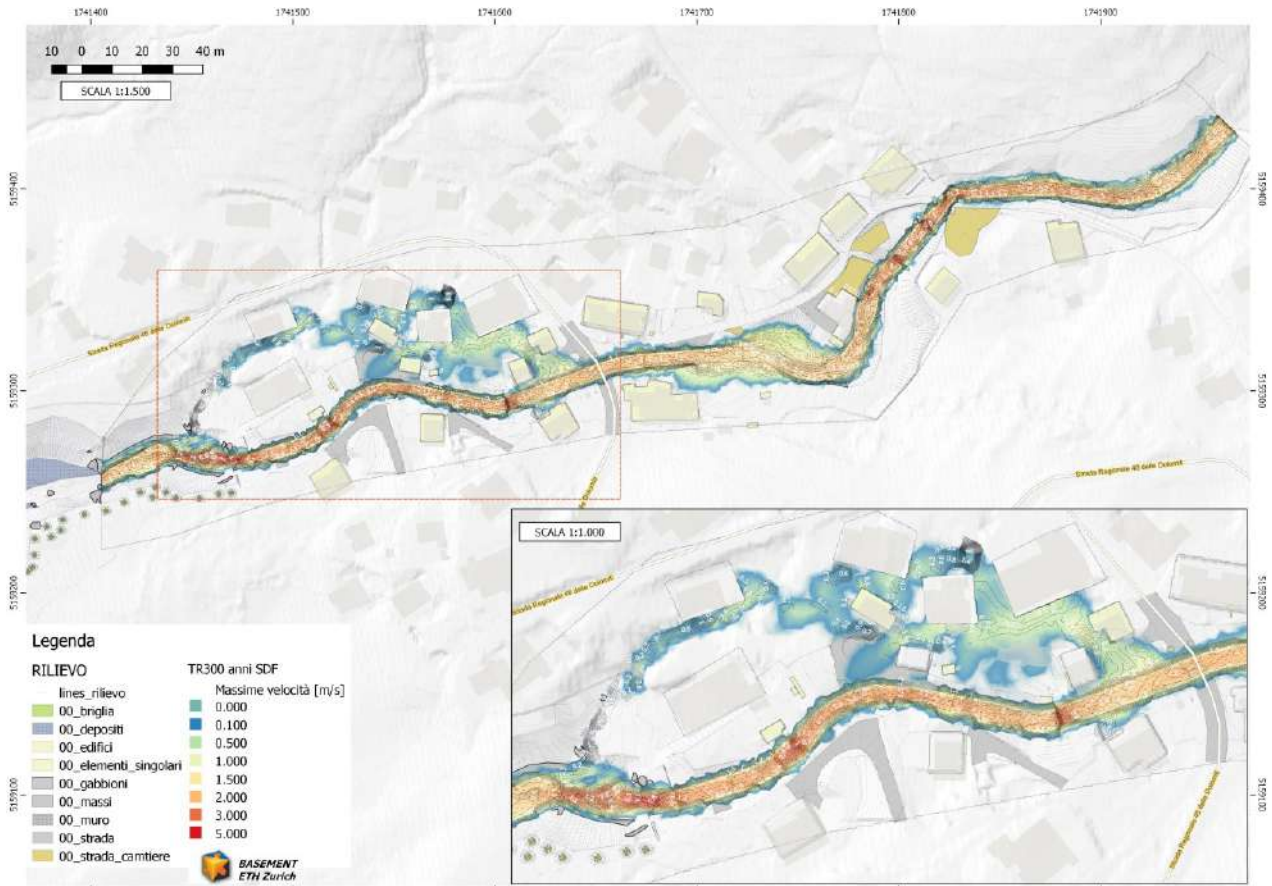


Figura 7.2 –Modello BASEMENT – Massime velocità di deflusso nello stato di fatto per l'evento duecentennale
 L'analisi di trasporto solido rivela una generale tendenza dell'alveo al deposito, solo a valle del ponte della Strada Comunale per Alverà e a valle del centro abitato la tendenza è all'abbassamento del talweg.

Le altezze massime di scavo e di deposito si assestano sui 2 m. Si riportano di seguito in planimetria i valori di scavo e deposito restituiti dal modello per la piena trecentenaria. La portata solida in occasione dell'evento duecentenario è risultata pari a 8 m³/s a fronte di un picco di piena di 27 m³/s. Dall'analisi dei risultati nello stato di fatto si osserva:

- l'alveo risulta morfologicamente attivo nella zona di studio , si evincono depositi per quasi tutta la parte di monte del corso d'acqua dell'ordine di 1.5-2m ed erosioni localizzate lungo le sponde e a valle dell'abitato di Alverà;
- si rileva l'insufficienza dell'arginatura in destra idraulica presso l'abitato di Alverà, con la piena trecentenale si ha l'allagamento di un area di circa 1 000m² con tiranti di 1.5m in alveo;
- le massime velocità in alveo sono dell'ordine dei 2.5-3.5 m/s. e non diminuiscono presso la sponda destra Di questo si dovrà tener conto nella progettazione delle protezioni di sponda longitudinali da realizzare lungo allo scopo di evitare fenomeni erosivi, soprattutto al piede delle stesse, che potrebbero pregiudicarne la stabilità'.

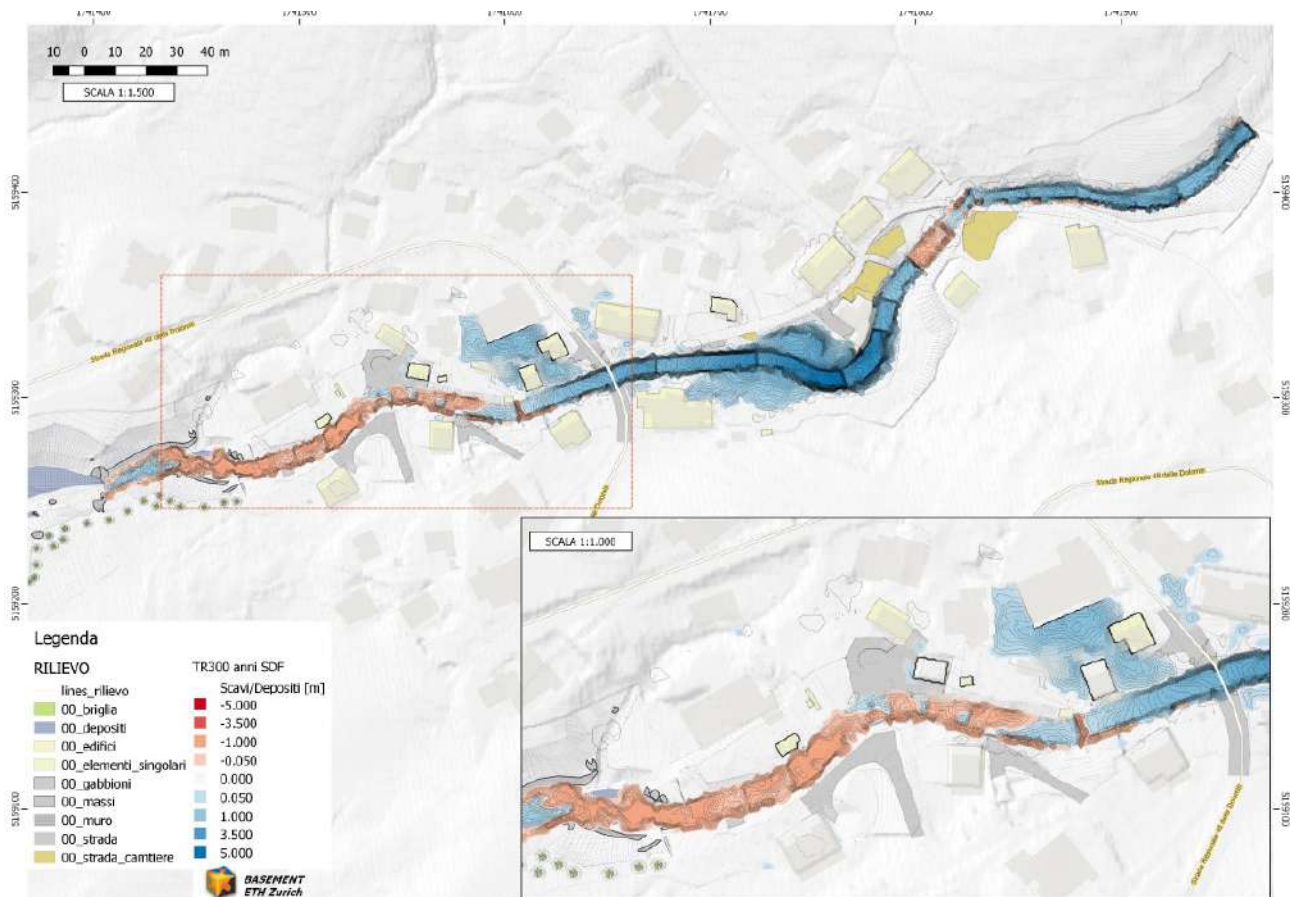


Figura 7.3 – Modulo BASEMENT – Massime altezze di scavo e deposito nello stato di fatto per l'evento duecentennale.

7.1.2 Dominio 02 - Cortina

Relativamente al dominio n.2, da località Alverà al ponte di corso Italia/Via Roma, la simulazione condotta nello stato di fatto ha evidenziato come le criticità maggiori siano localizzate tra l'ex ponte ferroviario e il ponte di accesso al supermercato Kanguro, a monte dell'attraversamento SS 51 "di Alemagna" ed in corrispondenza delle opere trasversali esistenti per un tratto di circa 120 m, a monte delle briglie 'Ciotti' recentemente realizzate, dove si verificano locali erosioni.

La portata solida in occasione dell'evento duecentenario è risultata pari a 2 m³/s a fronte di un picco di piena di 70 m³/s.

Dall'analisi dei risultati nello stato di fatto si osserva che l'alveo risulta morfologicamente attivo nella zona di studio, si notano prevalenti tratti di deposito dell'ordine di 1.5-2m ed erosioni localizzate lungo le sponde e presso le opere trasversali (briglie) dell'ordine di 1-1.5m;

I depositi che si verificano a valle della SS51 presso i ponti possono causare un innalzamento dei livelli idrici e la non garanzia del rispetto del franco di sicurezza.

In particolare, come descritto nell'elaborato 2.4 che riporta le massime altezze idriche allo stato di fatto e di progetto del tratto torrentizio esaminato, si verifica un allagamento con azzeramento del franco in riva destra del t. Bigontina circa 50m a valle del ponte della vecchia ferrovia e un ridotto franco in corrispondenza del ponte di accesso ad alcuni fondi.



Figura 7.4 – Aree allagabili allo stato di fatto (Elaborato 2.3)

Tale allagamento deriva dalla forte tendenza al deposito di materiale solido che caratterizza il tratto oggetto di allagamento a valle di tre briglie esistenti, con livelletta di minore pendenza rispetto alle pendenze dei tratti a monte, come si può vedere dal profilo longitudinale dello stato di fatto riportato nell'elaborato 2.6. Si riportano di seguito le mappe delle massime altezze di acqua al suolo restituite dal modello e le altezze di scavo e deposito a fine evento

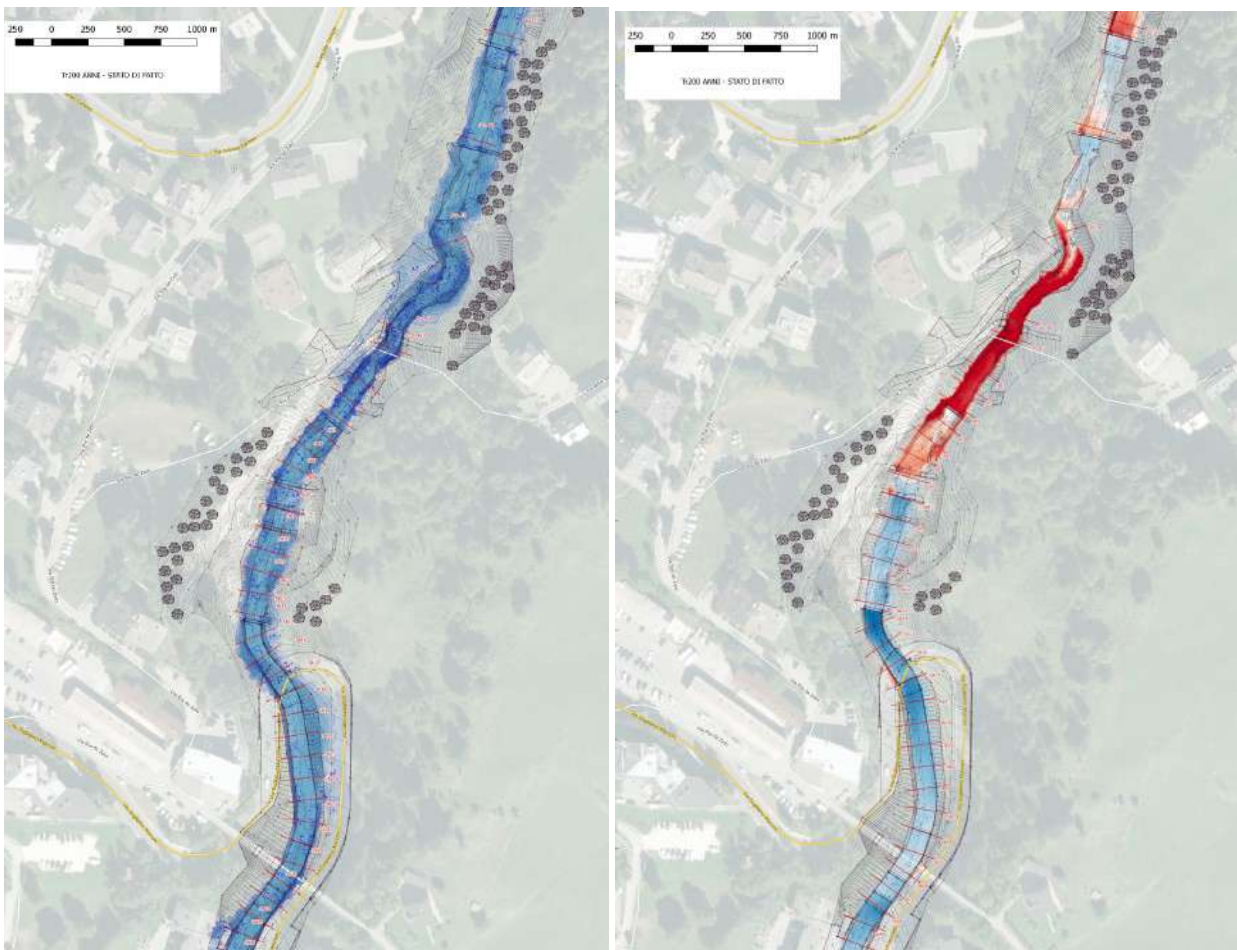


Figura 7.5 –Modello BASEMENT – Massimi tiranti idrici e massime altezze di scavo e deposito nello stato di fatto per l'evento duecentennale

Si rimanda ai risultati cartografici riportati nelle tavole grafiche da 2.4 a 2.9

7.1.3 Dominio 03 – Confluenza nel t. Boite

Il dominio n.3 va dall'attraversamento di Via Roma-Corso Italia fino alla confluenza nel t. Boite. In questo tratto, privo di elementi particolarmente vulnerabili, la simulazione condotta nello stato di fatto ha evidenziato una generale tendenza all'erosione del corso d'acqua principalmente in corrispondenza delle soglie trasversali e delle sponde. Nel tratto verso la confluenza si rileva una stabilizzazione della parte centrale dell'alveo con fenomeni di erosione localizzata lungo le sponde. Si evidenzia che, al fine di tener presenti possibili criticità le opere trasversali (soglie) e longitudinali (scogliere) sono state ipotizzate erodibili. Le altezze massime di scavo si assestano sui 3-3.5 m. Si riportano di seguito le mappe delle massime altezze di acqua al suolo restituite dal modello e le altezze di scavo e deposito a fine evento.

Si rimanda ai risultati cartografici riportati nelle tavole grafiche 2.10, 2.11 e 2.12

Si riportano di seguito in planimetria i valori di scavo e deposito restituiti dal modello per la piena duecentaria desunta. La portata solida che arriva al Boite in occasione dell'evento duecentenario è risultata pari a 6 mc/s a fronte di un picco di piena di 65 mc/s (valore letto dalla simulazione di monte). I risultati nel punto di connessione con il modello di monte sono stati interpolati in modo da rendere coerente il livello idrico affetto da inevitabili scostamenti dovuti dal passaggio da un modello all'altro.

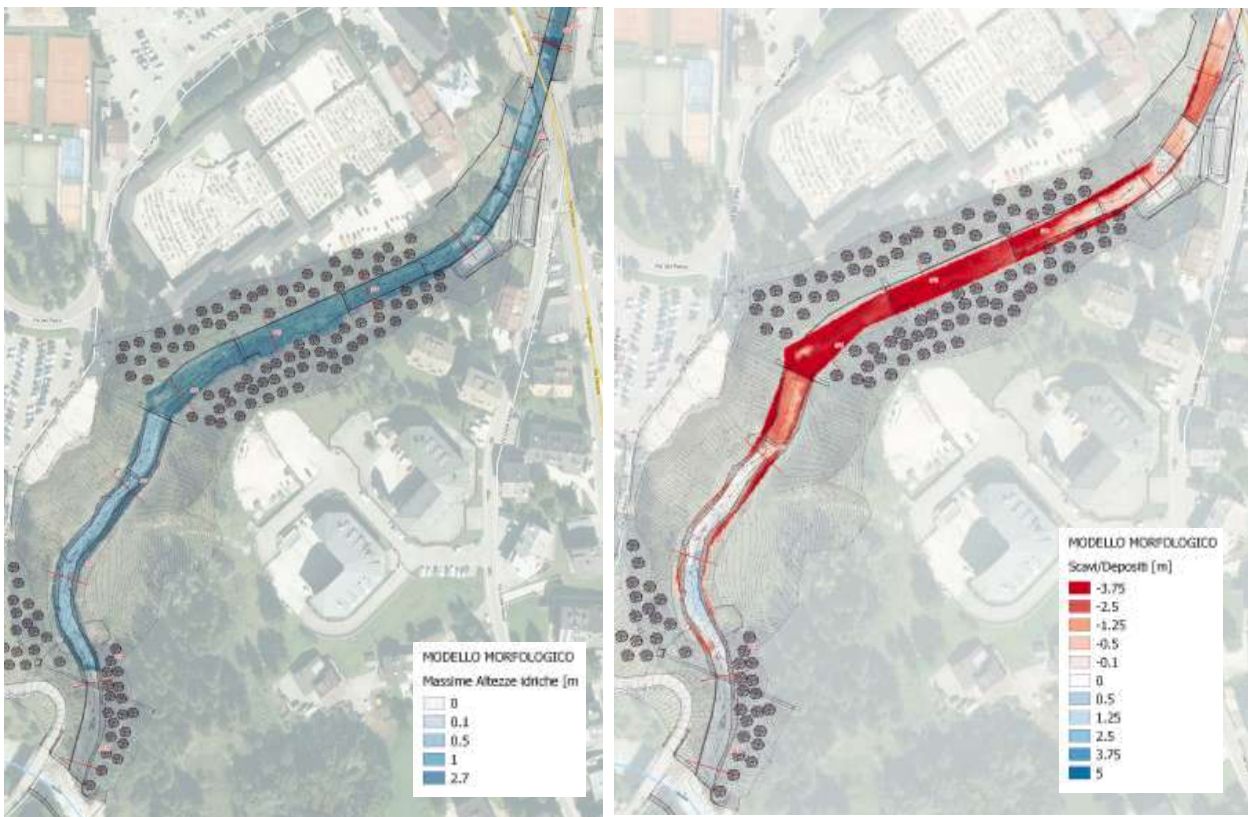


Figura 7.6 –Modello BASEMENT – Massimi tiranti idrici e massime altezze di scavo e deposito nello stato di fatto per l'evento duecentennale

7.2 Modello di colata detritica

Si riportano a seguire i risultati della simulazione della colata di detrito con Tr300,100 e 30anni a fondo mobile con buona risoluzione (cella da 1 a 2m) di tutto il canale.

7.2.1 Dominio 01 - Alverà

Evento di piena con Tr 30 anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.1: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr30 anni - Alverà"
- Elaborato 3.4: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 30 anni - Alverà"
- Elaborato 3.7 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr30 anni".

La portata di picco per Tr 30 anni della mistura è pari a circa 32.5 m³/s a fronte di un picco di portata solida mobilizzato di 10m³/s. Il volume totale mobilizzato, di circa 5.830 m³ di solido, giunge all'abitato di Alverà con velocità di picco comprese tra i 2 ed i 3 m/s e tirante medio di 1.5-2m.

I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.16 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con Tr= 100anni, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per 'evento con Tr 100 anni.

Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.10, si può vedere come attraversando il dominio la portata solida si riduce da 10m³/s a 3.5m³/s mentre la mistura si lamina da 32m³/s a circa 20.7m³/s.

Dei circa 5 830 m³ di solido in ingresso al modello si rileva volume transitante a valle pari a 2 000 m³ circa.



Figura 7.7 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massimi tiranti idrici



Figura 7.8 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massime velocità di deflusso



Figura 7.9 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione

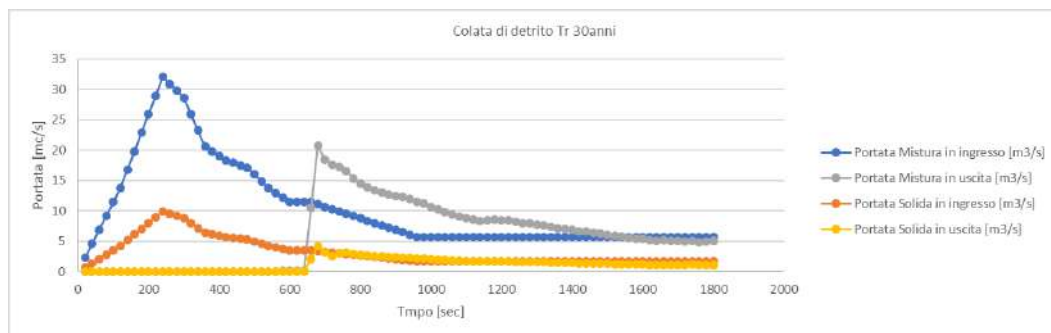


Figura 7.10 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.11 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con $Tr= 30$ anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	18853.66
Volume mistura uscito	10540.44
Volume mistura eroso	7944.561
Volume mistura depositato	12261.87
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	3993.487
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	5831.571
Volume solido uscito	2090.711
Volume solido eroso	5163.965
Volume solido depositato	7970.218
Volume solido nel flusso a fine simulazione	934.6
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.309307
Concentrazione media volume uscito	0.198351

Evento di piena con Tr 100 anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.2: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr 100 anni - Alverà"
- Elaborato 3.5: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni - Alverà"
- Elaborato 3.8 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr 100 anni".

La portata di picco per Tr 100 anni della mistura è pari a circa $60 \text{ m}^3/\text{s}$ a fronte di un picco di portata solida mobilizzato di $19 \text{ m}^3/\text{s}$ per un volume totale pari a circa $6\,400 \text{ m}^3$ di solido. Essa giunge all'abitato di Alverà con velocità di picco comprese tra i 2 ed i 3 m/s e tirante medio di 2.00 m. I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.16 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con $Tr= 100$ anni, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per l'evento con Tr 100 anni.

Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.15 si può vedere come la frazione solida si riduce da $19 \text{ m}^3/\text{s}$ a $5 \text{ m}^3/\text{s}$ mentre la mistura si lamina da $58 \text{ m}^3/\text{s}$ a circa $26.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dei circa 6.400 m^3 di solido in ingresso al modello si rileva un volume transitante a valle di 2.720 m^3 circa.



Figura 7.12 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massimi tiranti idrici



Figura 7.13 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massime velocità di deflusso



Figura 7.14 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione

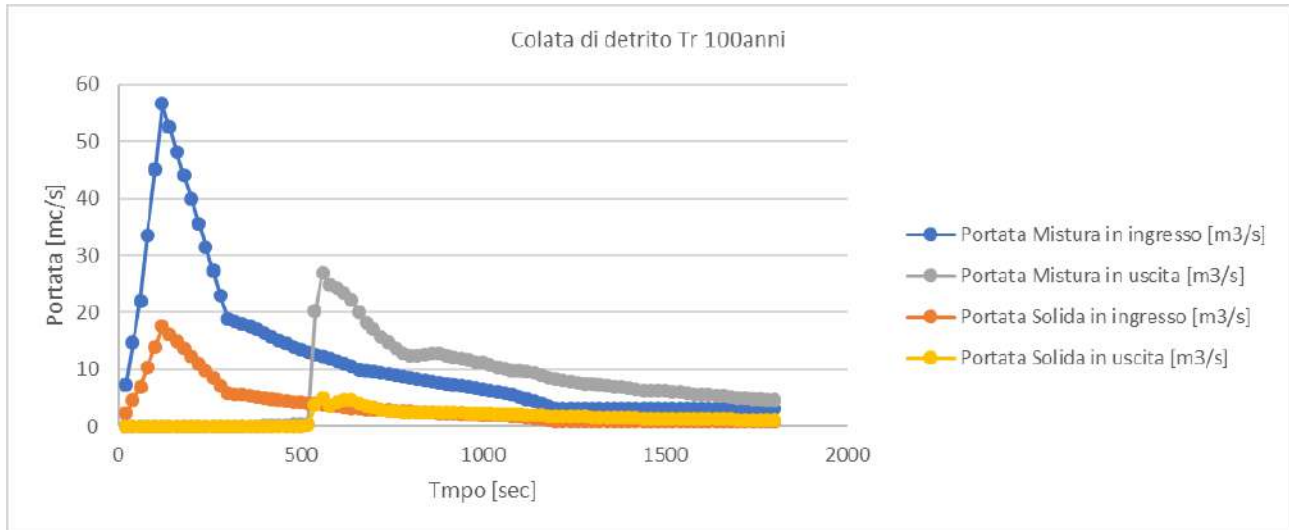


Figura 7.15 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.16 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con Tr= 100anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	20682.7
Volume mistura uscito	13314.44
Volume mistura eroso	9646.837
Volume mistura depositato	14368.63
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	2643.607
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	6397.294
Volume solido uscito	2714.014
Volume solido eroso	6270.444
Volume solido depositato	9339.613
Volume solido nel flusso a fine simulazione	614.1118
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.309306
Concentrazione media volume uscito	0.20384

Evento di piena con Tr 300 anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.3: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni - Alverà"
- Elaborato 3.6: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni - Alverà"
- Elaborato 3.9 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni".

La colata di detrito che viene propagata a monte dell'abitato di Alverà a quota 1436 m slm, con un picco totale della mistura pari a circa $98 \text{ m}^3/\text{s}$ e volume totale pari a circa $12\,000 \text{ m}^3$ di solido, giunge all'abitato di Alverà con velocità di picco comprese tra i 2 ed i 3 m/s e tiranti compresi tra i 2 m ed i 2.5 m. I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.21, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per l'evento con Tr 300 anni. Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.20 si può vedere come la frazione solida si riduce da $32 \text{ m}^3/\text{s}$ a $10 \text{ m}^3/\text{s}$ mentre la mistura si lamina da circa $110 \text{ m}^3/\text{s}$ a circa $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Dei circa $12\,000 \text{ m}^3$ di solido in ingresso al modello si rileva un volume transitante a valle di $6\,300 \text{ m}^3$ circa.



Figura 7.17 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massimi tiranti idrici



Figura 7.18 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massime velocità di deflusso



Figura 7.19 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione

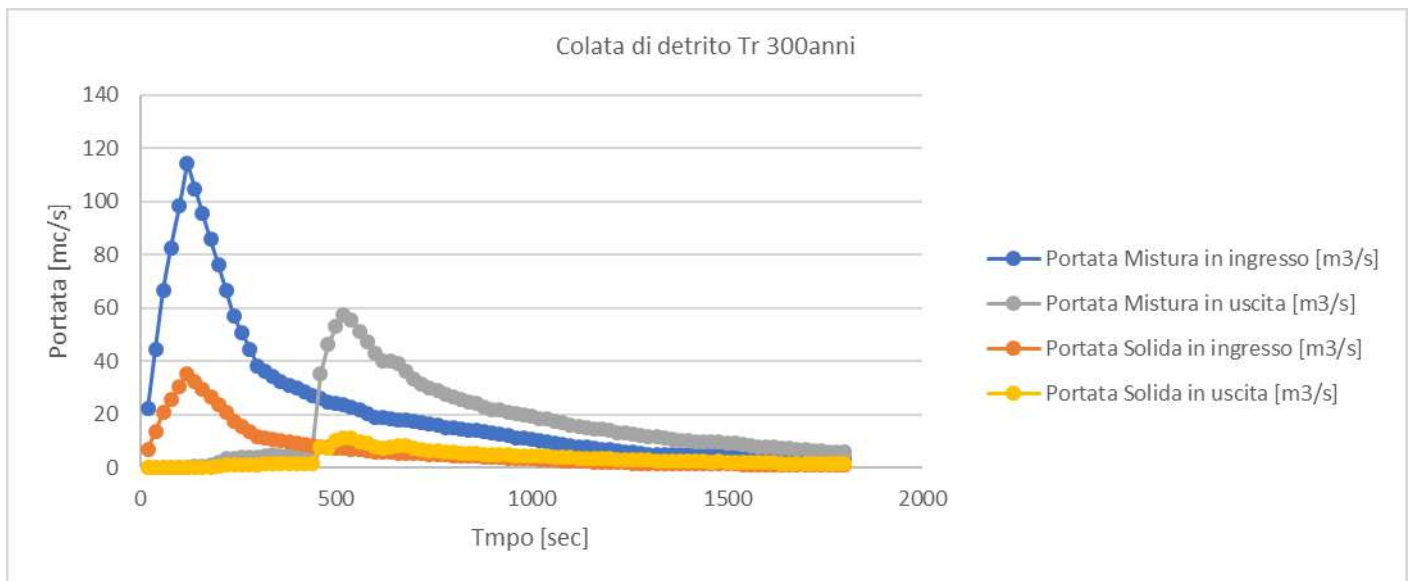


Figura 7.20 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.21 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con $T_r = 300$ anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	39235.87
Volume mistura uscito	28620.08
Volume mistura eroso	14930.18
Volume mistura depositato	22930.13
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	2614.421
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	12135.94
Volume solido uscito	6333.784
Volume solido eroso	9704.615
Volume solido depositato	14904.59
Volume solido nel flusso a fine simulazione	602.1819
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.309307
Concentrazione media volume uscito	0.221306

7.2.2 Dominio 02 - Da Alverà alla confluenza nel torrente Boite

Evento di piena con $T_r = 30$ anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.10: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – $T_r 30$ anni – Tratto da Alverà a Pecol"
- Elaborato 3.13: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - $T_r 30$ anni – Tratto da Alverà a Pecol"
- Elaborato 3.16 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – $T_r 30$ anni – Tratto da Alverà a Pecol".
- Elaborato 3.19: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – $T_r 30$ anni – Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia"
- Elaborato 3.22: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - $T_r 30$ anni –Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia"
- Elaborato 3.25 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – $T_r 30$ anni – Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia".
- Elaborato 3.28: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – $T_r 30$ anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite"
- Elaborato 3.31: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - $T_r 30$ anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite"

- Elaborato 3.34 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr30 anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite".

La colata di detrito che viene propagata a valle dell'abitato di Alverà presenta un picco totale della mistura pari a circa 24 m³/s e volume totale pari a circa 2 600 m³ di solido. I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.32, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per 'evento con Tr 30 anni. Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.31 si può vedere come la frazione solida si riduce da 5 m³/s a 1.8 m³/s mentre la mistura si lamina da circa 24 m³/s a circa 19m³/s. Dei circa 14 000 m³ di solido in ingresso al modello si rileva un volume immesso nel Boite di 1 000 m³ circa.



Figura 7.22 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Alverà a Pecol



Figura 7.23 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Alverà a Pecol



Figura 7.24 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Alverà a Pecol

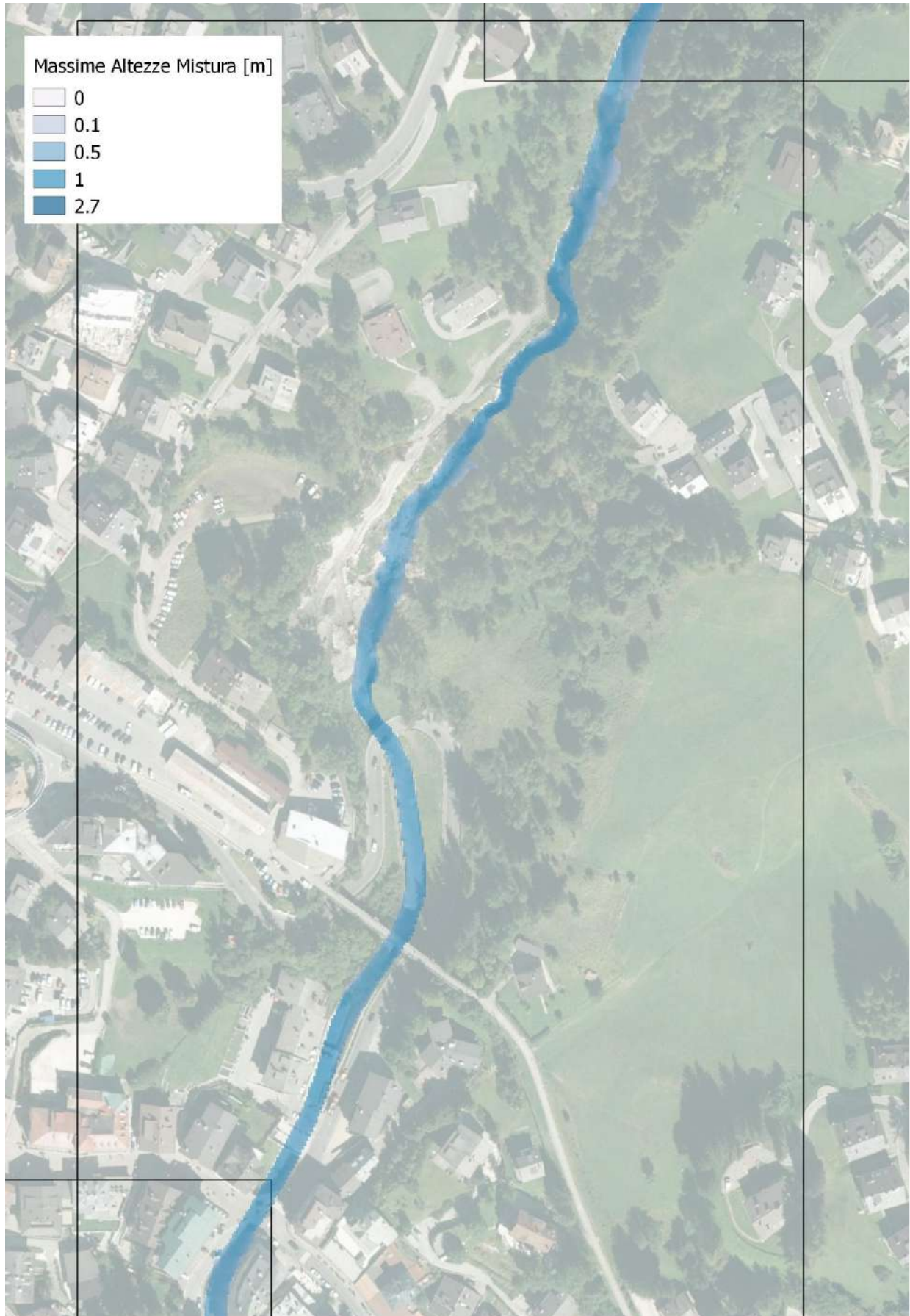


Figura 7.25 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Pecol a Corso Italia

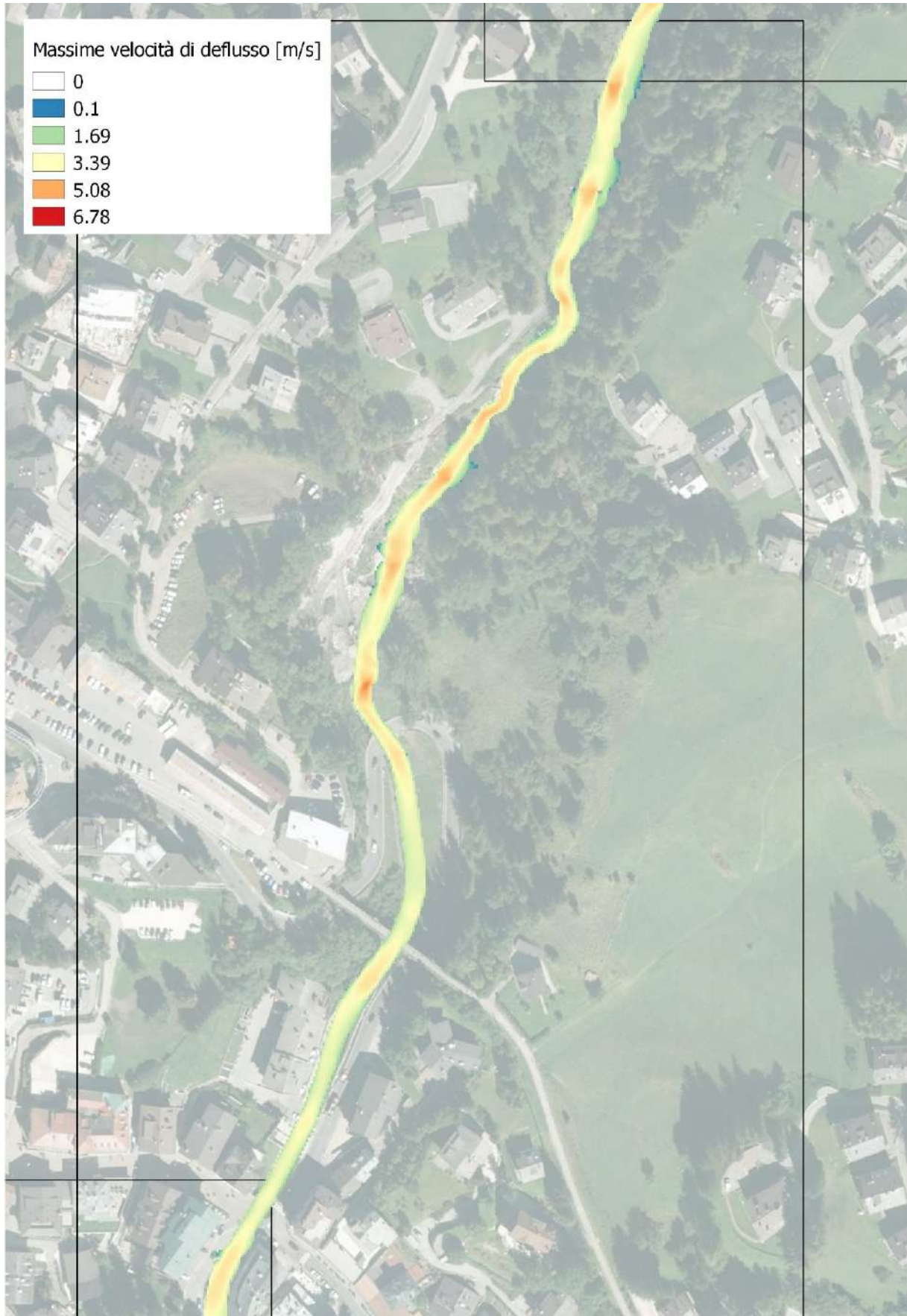


Figura 7.26 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Pecol a Corso Italia

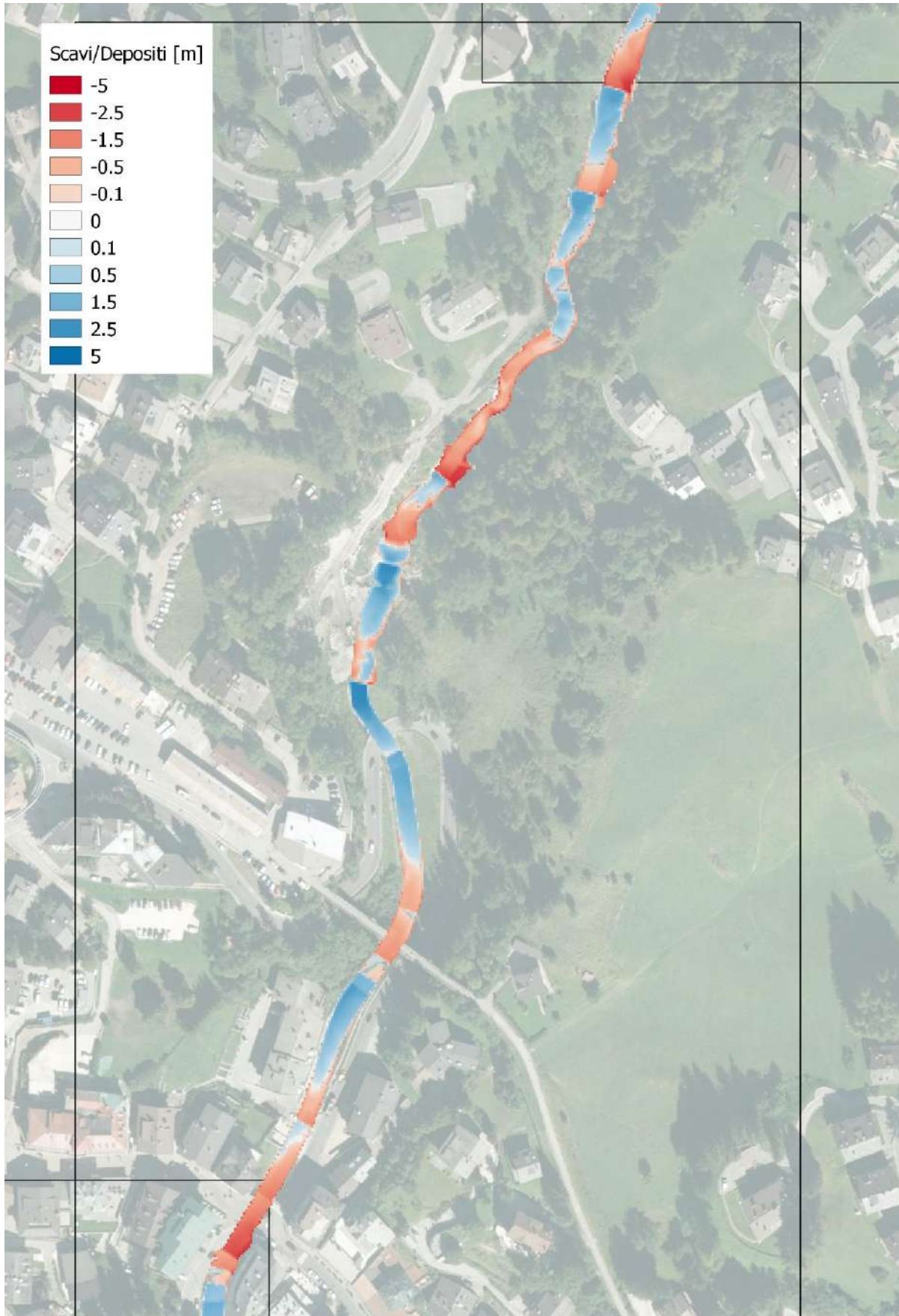


Figura 7.27 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Pecol a Corso Italia

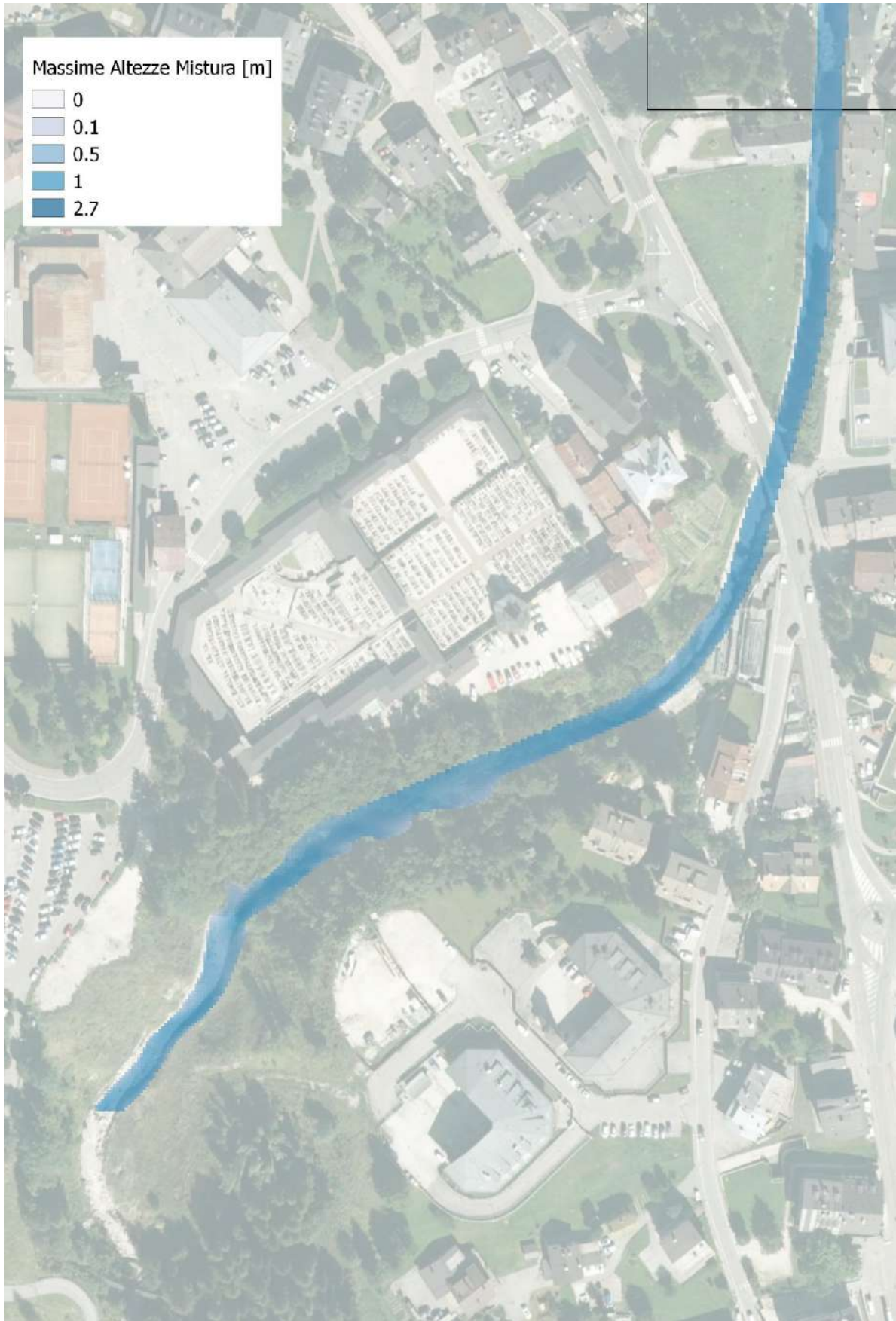


Figura 7.28 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Corso Italia alla
 confluenza in Boite

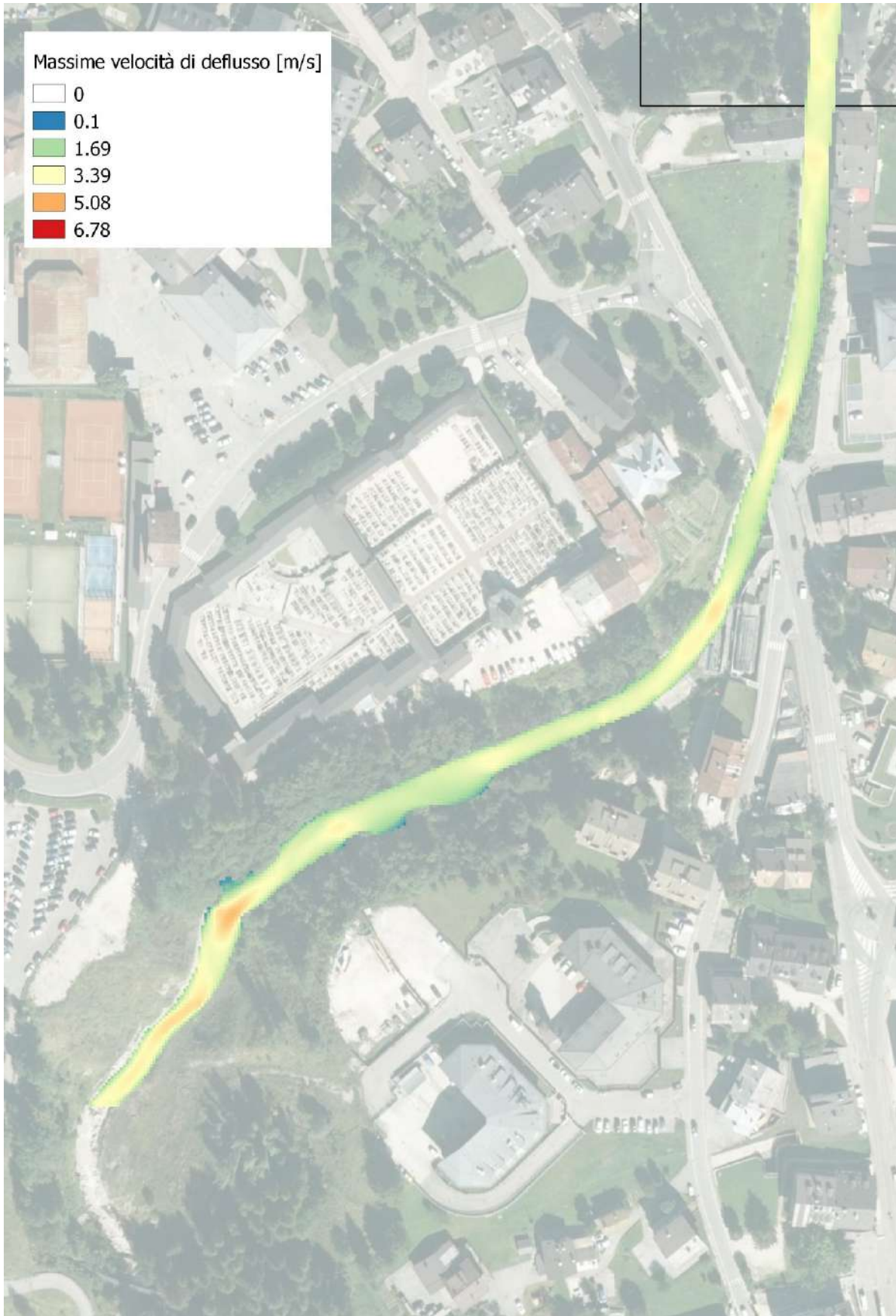


Figura 7.29 – Simulazione evento con T_r 30 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

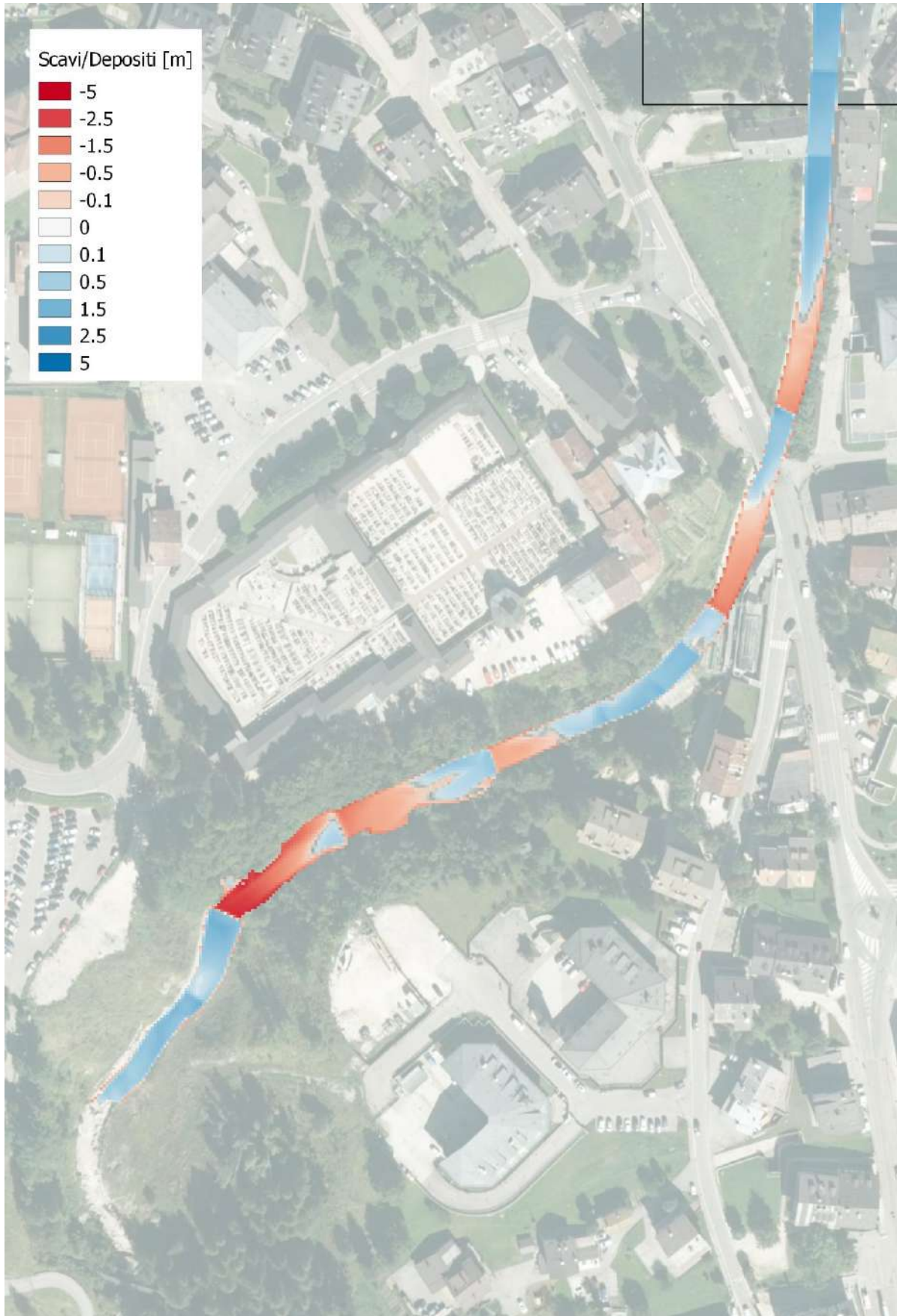


Figura 7.30 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

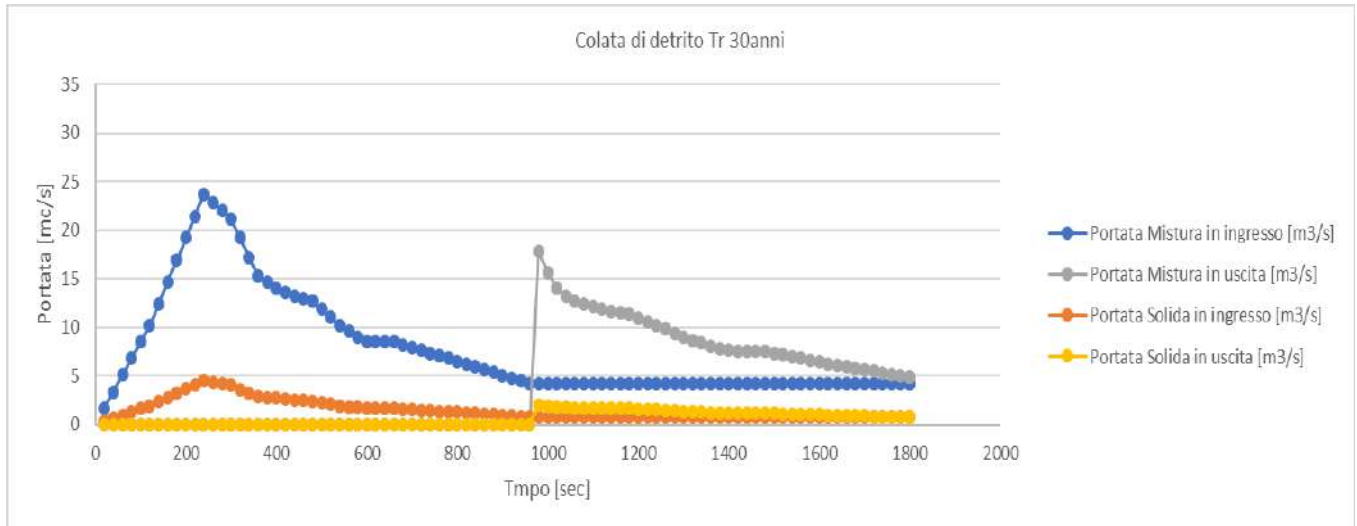


Figura 7.31 – Simulazione evento con Tr 30 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.32 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con Tr= 30anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	13944.35
Volume mistura uscito	7317.13
Volume mistura eroso	8921.612
Volume mistura depositato	10312.23
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	5236.532
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	2640.594
Volume solido uscito	1042.044
Volume solido eroso	5799.048
Volume solido depositato	6702.95
Volume solido nel flusso a fine simulazione	694.6482
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.189367
Concentrazione media volume uscito	0.142412

Evento di piena con Tr = 100 anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.11: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni – Tratto da Alverà a Pecol"
- Elaborato 3.14: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni – Tratto da Alverà a Pecol"
- Elaborato 3.17 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni – Tratto da Alverà a Pecol".

- Elaborato 3.20: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni – Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia"
- Elaborato 3.23: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni –Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia"
- Elaborato 3.26 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni –Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia".
- Elaborato 3.29: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite"
- Elaborato 3.32: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 100 anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite"
- Elaborato 3.35 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr100 anni –Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite".

La colata di detrito che viene propagata a valle di Alverà presenta un picco totale della mistura pari a circa 42 m³/s e volume totale pari a circa 2 800 m³ di solido. I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.43 Tabella 7.21, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per 'evento con Tr 100 anni. Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.42 si può vedere come la frazione solida si riduce da 7 m³/s a 2.5 m³/s mentre la mistura si lamina da circa 42 m³/s a circa 22 m³/s. Dei circa 2 800 m³ di solido in ingresso al modello viene immesso in Boite un volume di 1 300 m³ circa.



Figura 7.33 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Alverà a Pecol



Figura 7.34 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massime velocità di deflusso - Tratto da Alverà a Pecol

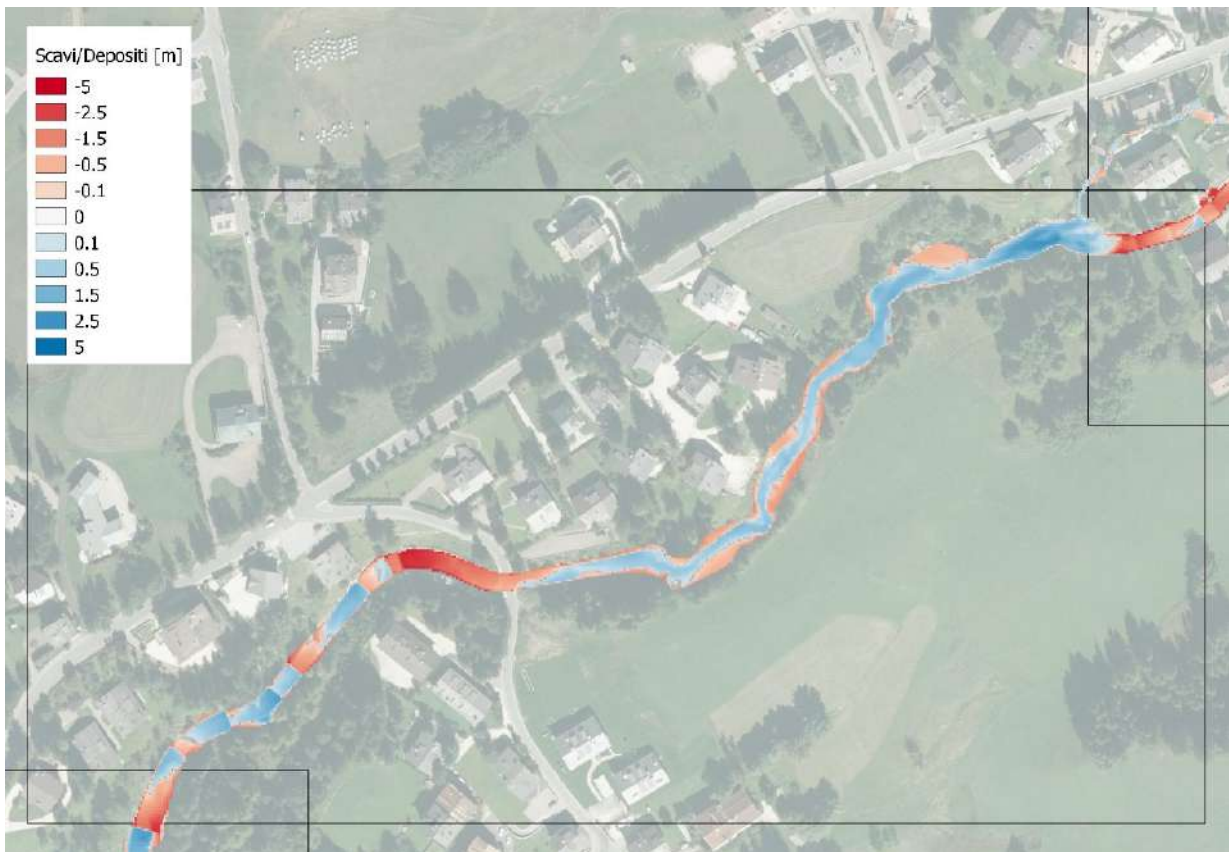


Figura 7.35 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Alverà a Pecol

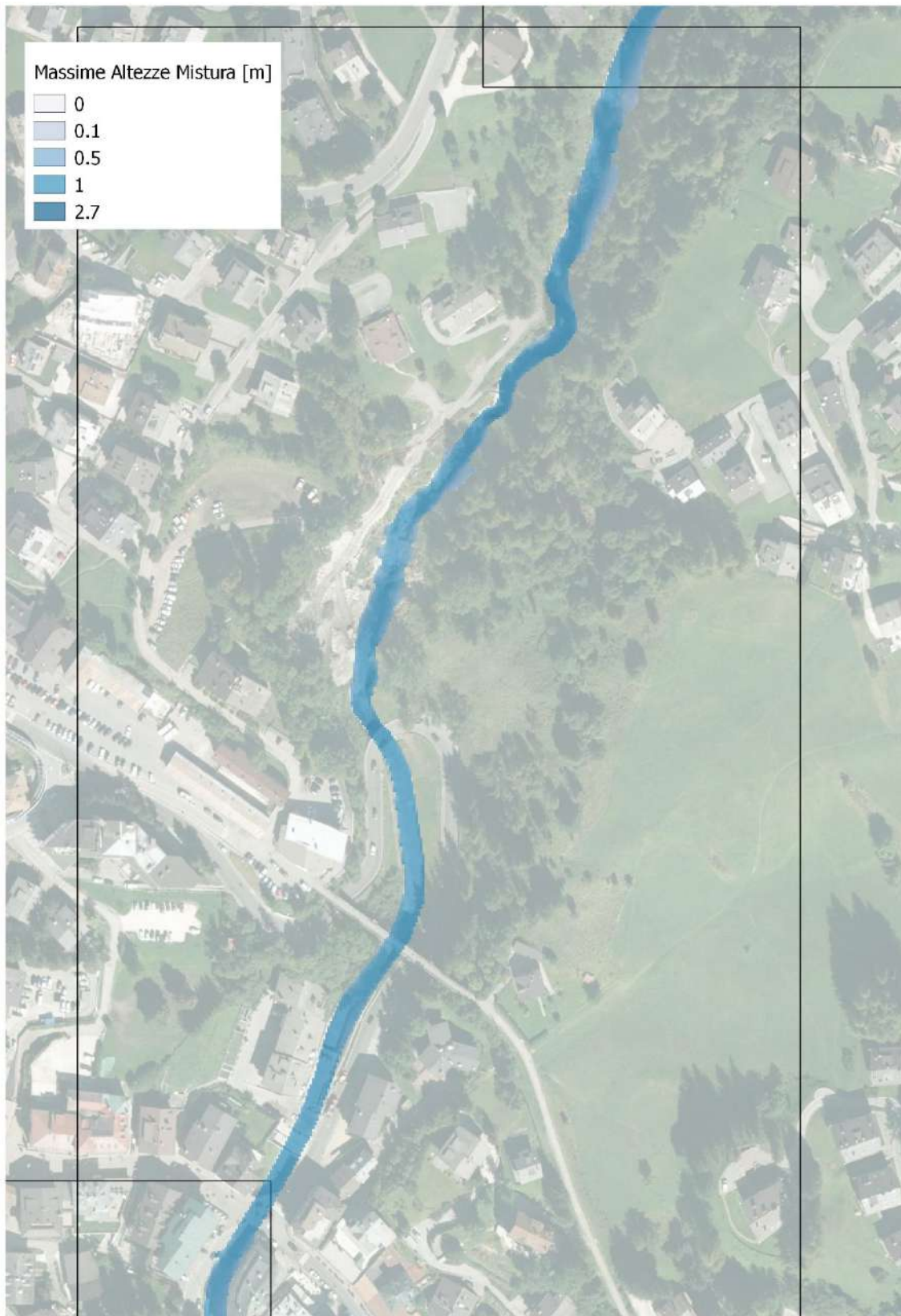


Figura 7.36 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Pecol a Corso Italia

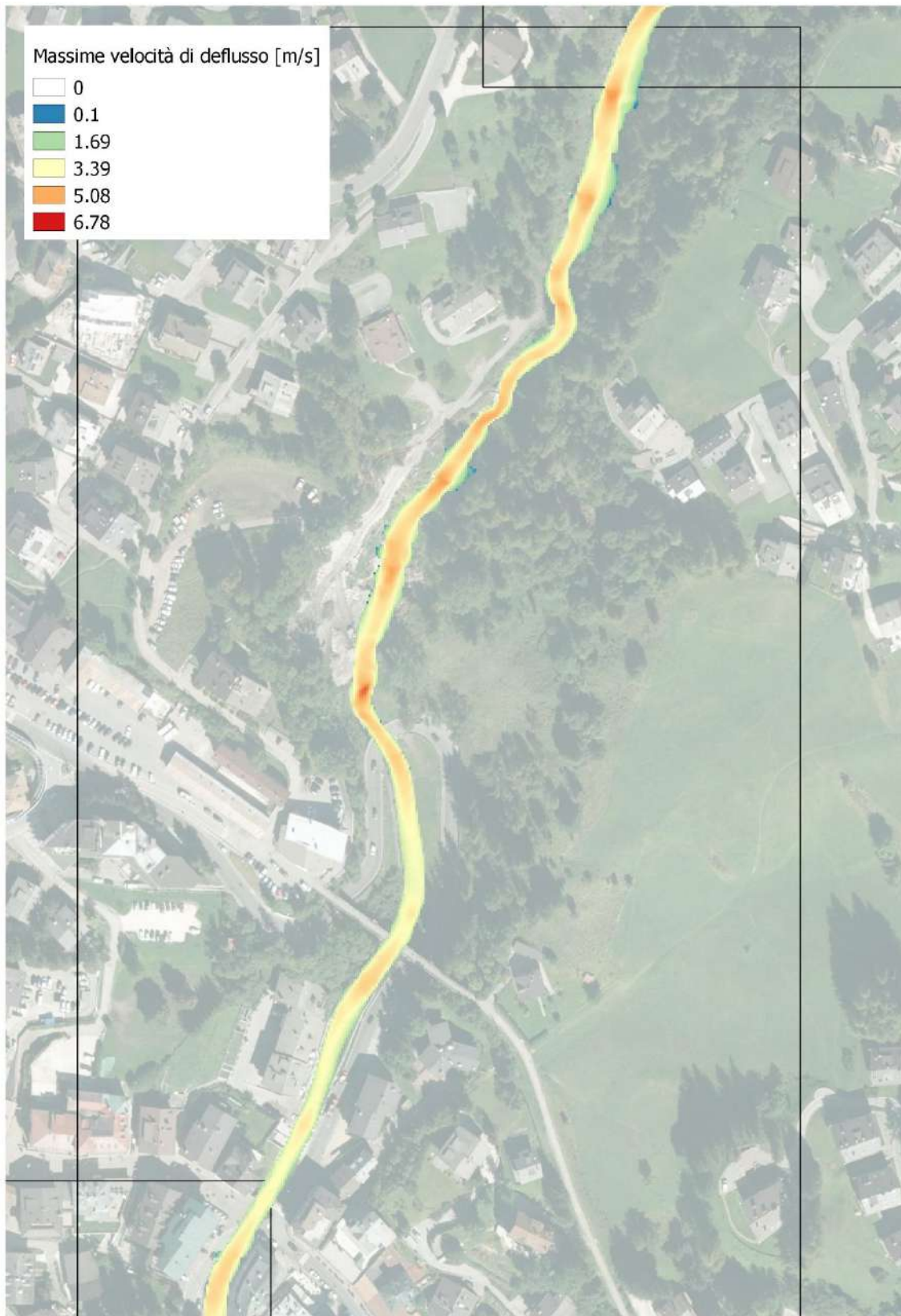


Figura 7.37 – Simulazione evento con T_r 100 anni – Massime velocità di deflusso - Tratto da Pecol a Corso Italia

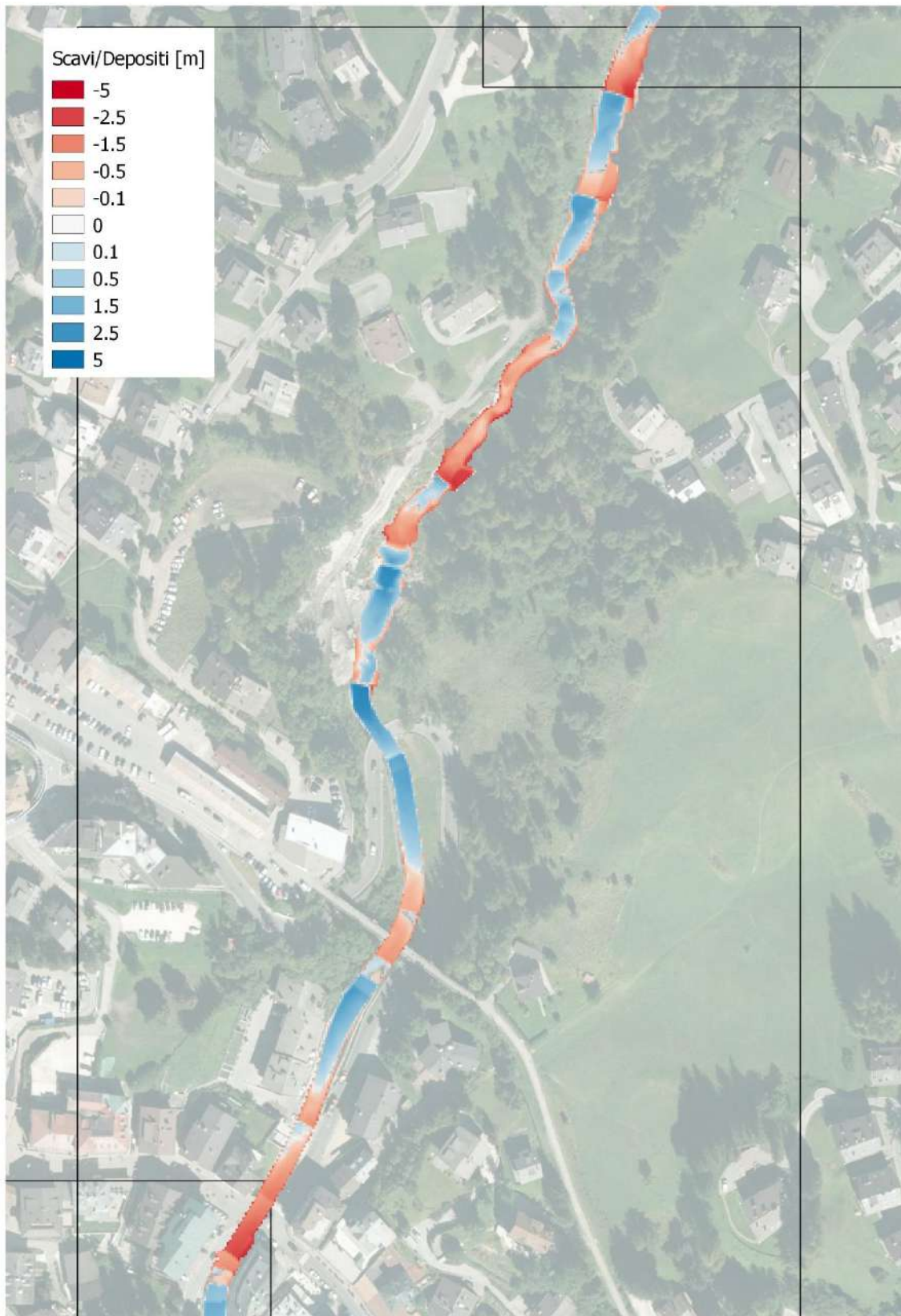


Figura 7.38 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Pecol a Corso Italia

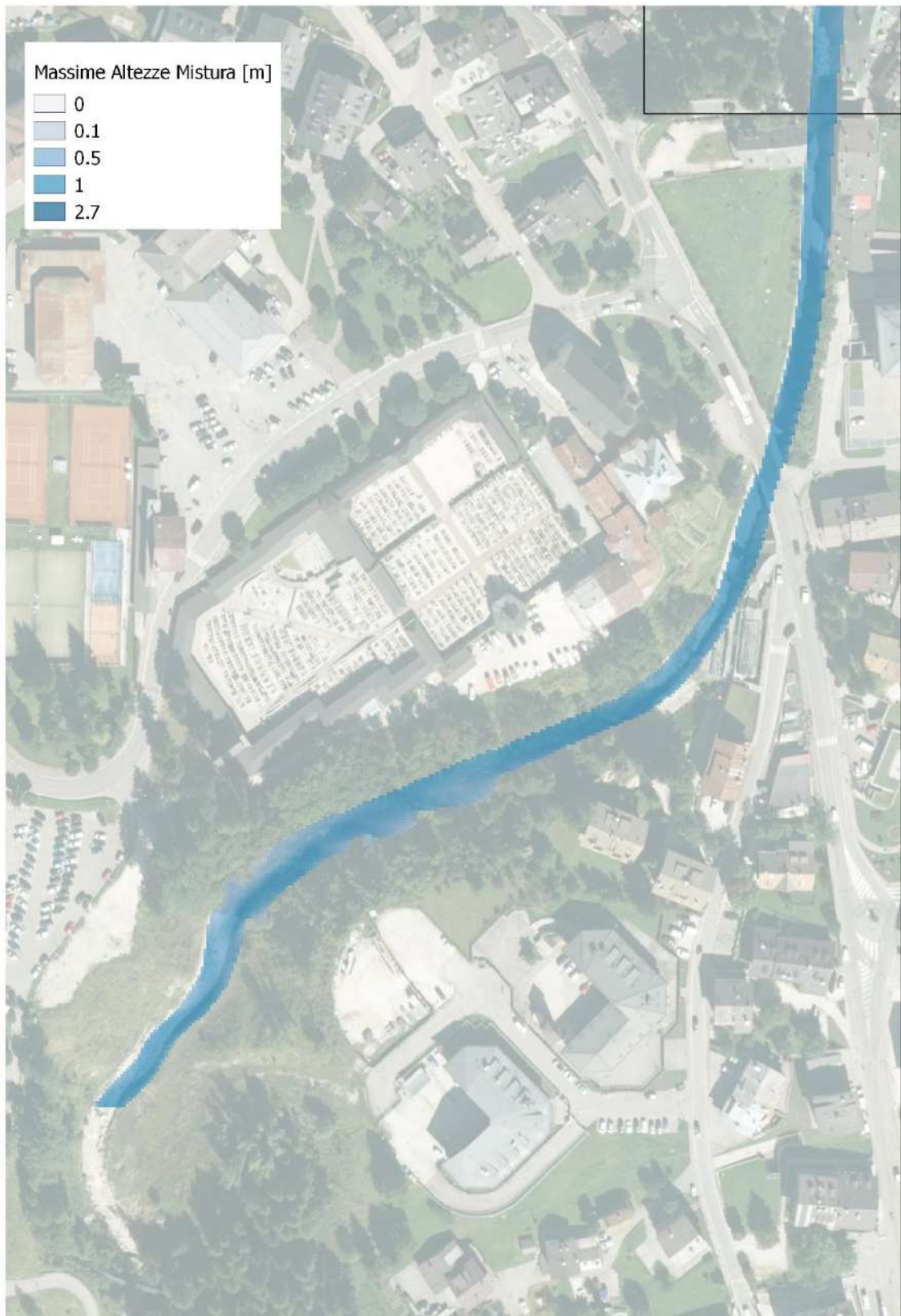


Figura 7.39 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

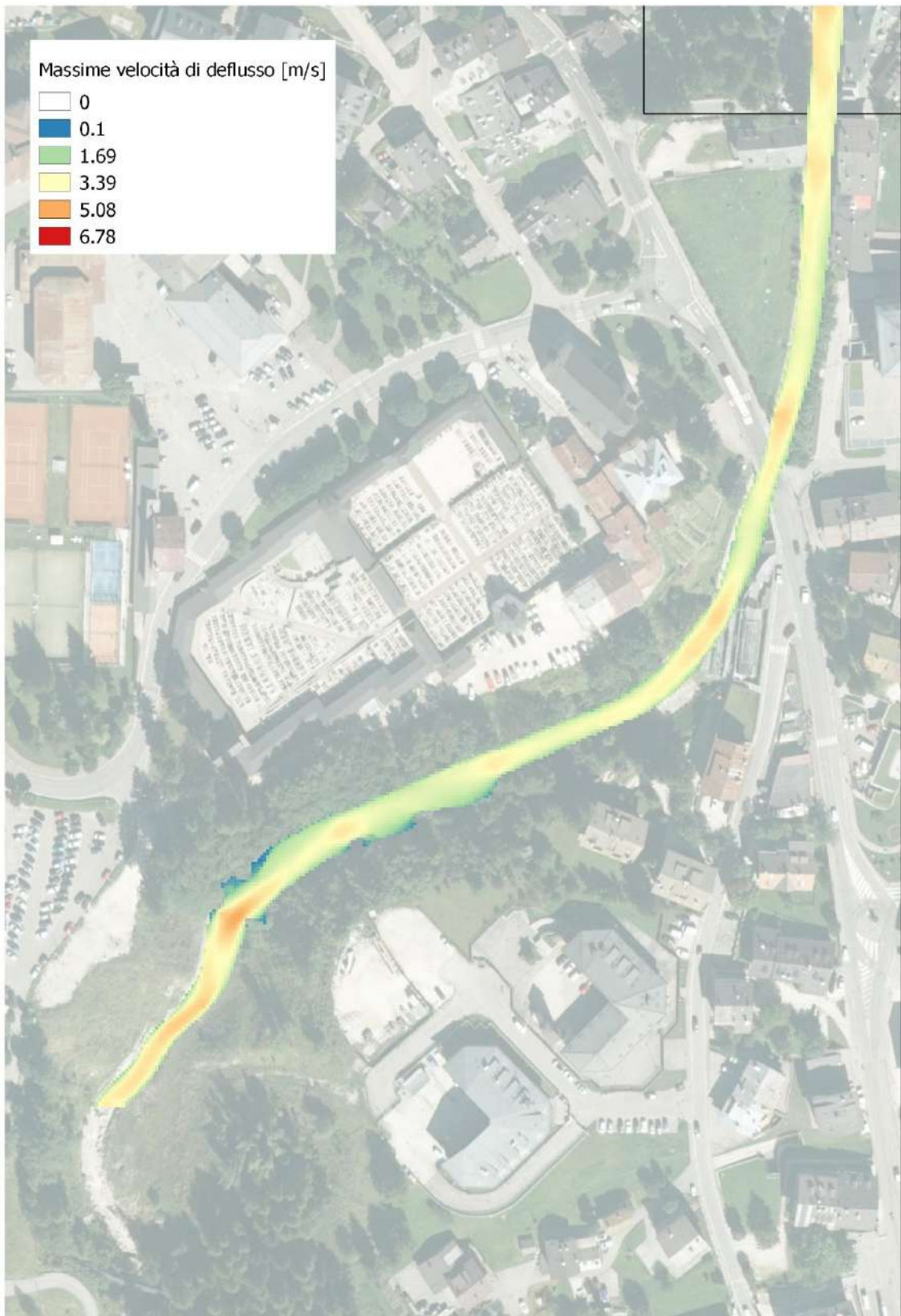


Figura 7.40 – Simulazione evento con T_r 100 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

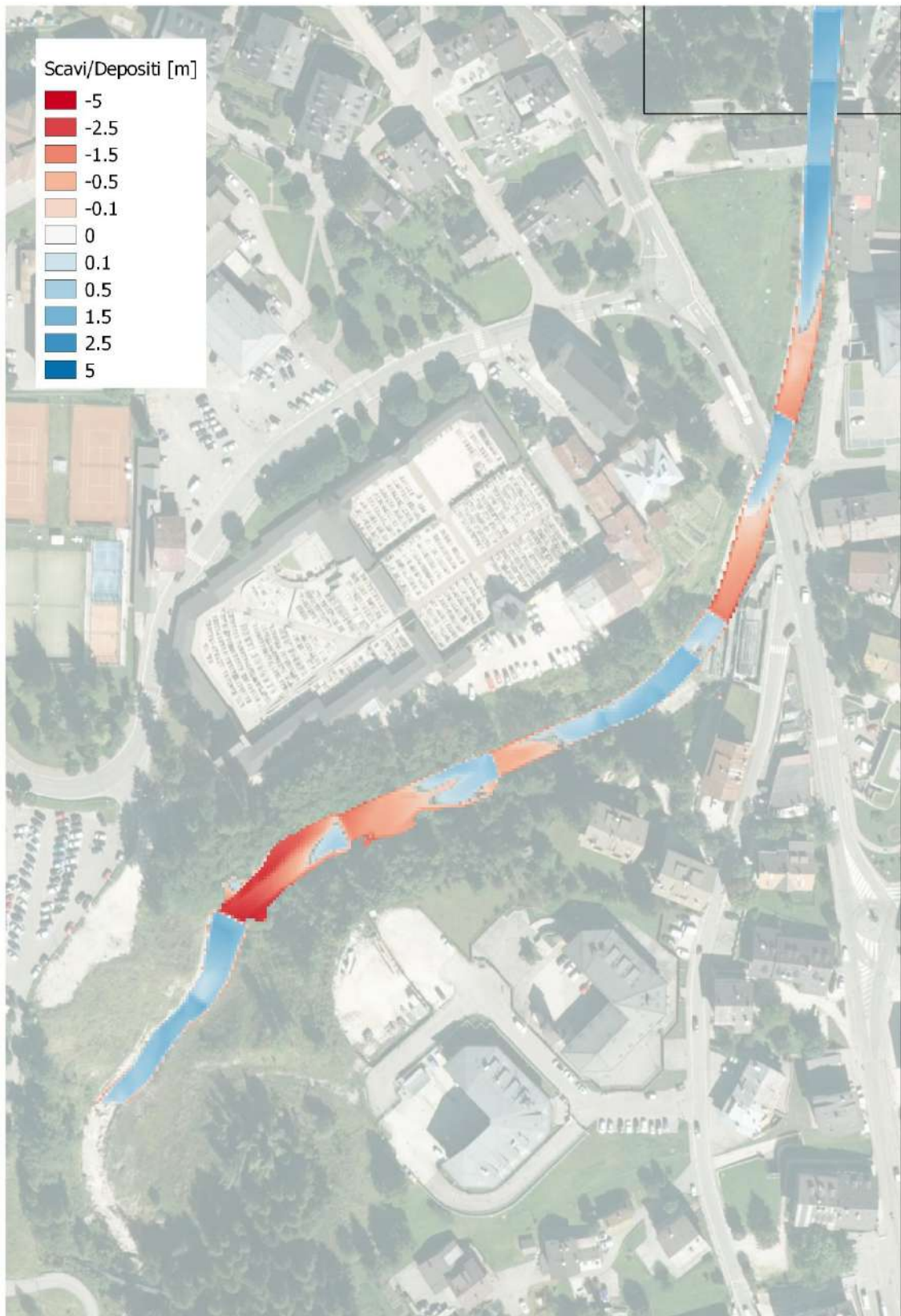


Figura 7.41 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

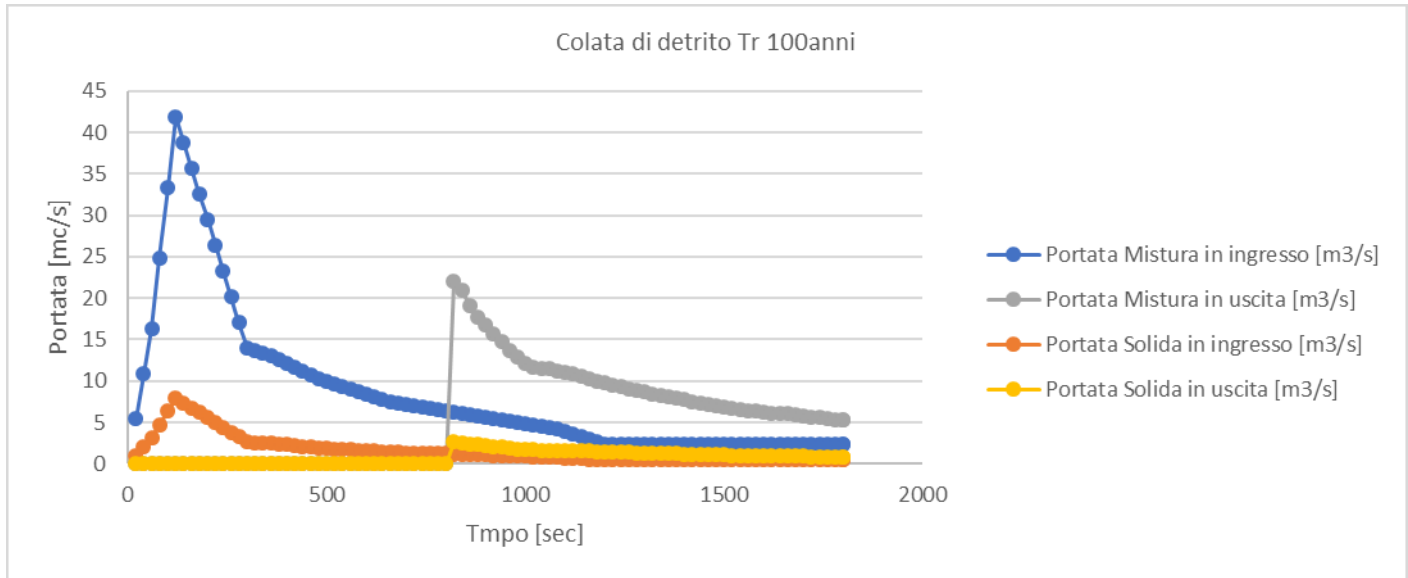


Figura 7.42 – Simulazione evento con Tr 100 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.43 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con Tr= 100anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	15297.18
Volume mistura uscito	9546.693
Volume mistura eroso	10670.27
Volume mistura depositato	12122.57
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	4297.736
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	2896.773
Volume solido uscito	1381.345
Volume solido eroso	6935.677
Volume solido depositato	7879.673
Volume solido nel flusso a fine simulazione	571.4312
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.189366
Concentrazione media volume uscito	0.144694

Evento di piena con Tr = 300 anni

Riferimenti cartografici:

- Elaborato 3.12: "Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni – Tratto da Alverà a Pecol"
- Elaborato 3.15: "Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni – Tratto da Alverà a Pecol"

- Elaborato 3.18 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni – Tratto da Alverà a Pecol".
- Elaborato 3.21:" *Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni – Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia*"
- Elaborato 3.24: "*Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni –Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia*"
- Elaborato 3.27 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni –Tratto da Pecol a ponte di Via Roma /Corso Italia".
- Elaborato 3.30:" *Carta delle massime altezze idriche nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite*"
- Elaborato 3.33: "*Carta delle variazioni altimetriche nello stato di fatto e di progetto - Tr 300 anni – Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite*"
- Elaborato 3.36 "Profilo del massimo livello idrico nello stato di fatto e di progetto – Tr300 anni –Tratto da ponte di Via Roma /Corso Italia alla confluenza in Boite".

La colata di detrito che viene propagata a valle di Alverà presenta un picco totale della mistura pari a circa 85 m³/s e volume totale pari a circa 5.500 m³ di solido. I volumi immessi, propagati, erosi e depositati sono riportati nella Tabella 7.54, mentre nelle seguenti planimetrie si rappresentano i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso e le altezze di scavo e deposito a fine simulazione per 'evento con Tr 300 anni.

Dagli idrogrammi restituiti in Figura 7.53 si può vedere come la frazione solida si riduce da 16 m³/s a 6 m³/s mentre la mistura si lamina da circa 85m³/s a circa 50 m³/s.

Dei circa 5 500 m³ di solido in ingresso al modello viene immesso in Boite un volume di 3 000 m³ circa.



Figura 7.44 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Alverà a Pecol



Figura 7.45 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Alverà a Pecol

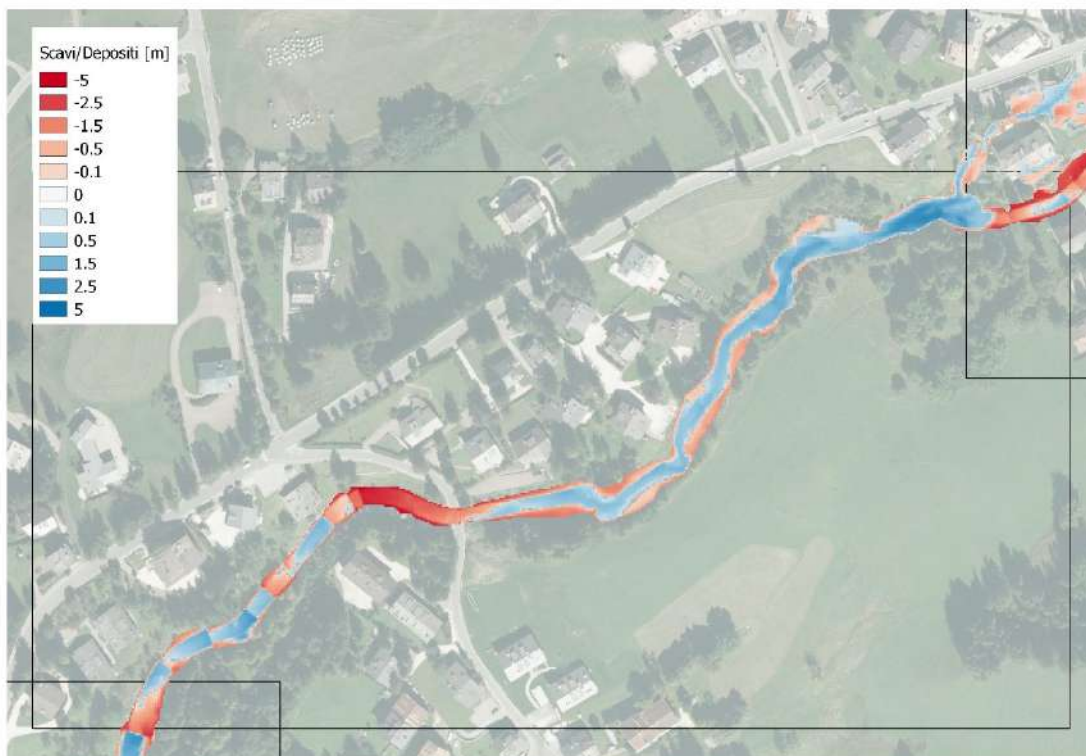


Figura 7.46 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Alverà a Pecol

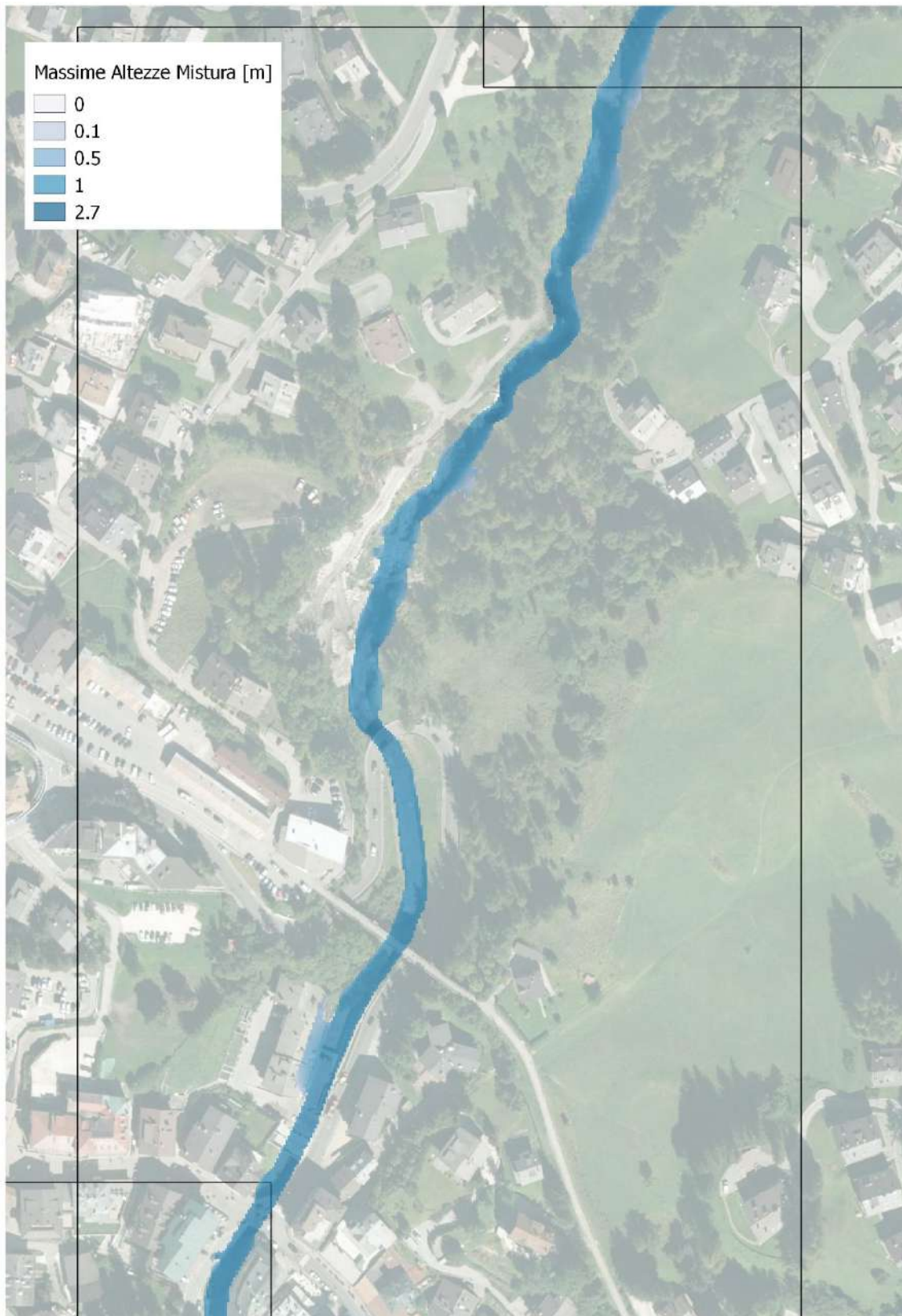


Figura 7.47 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Pecol a Corso Italia

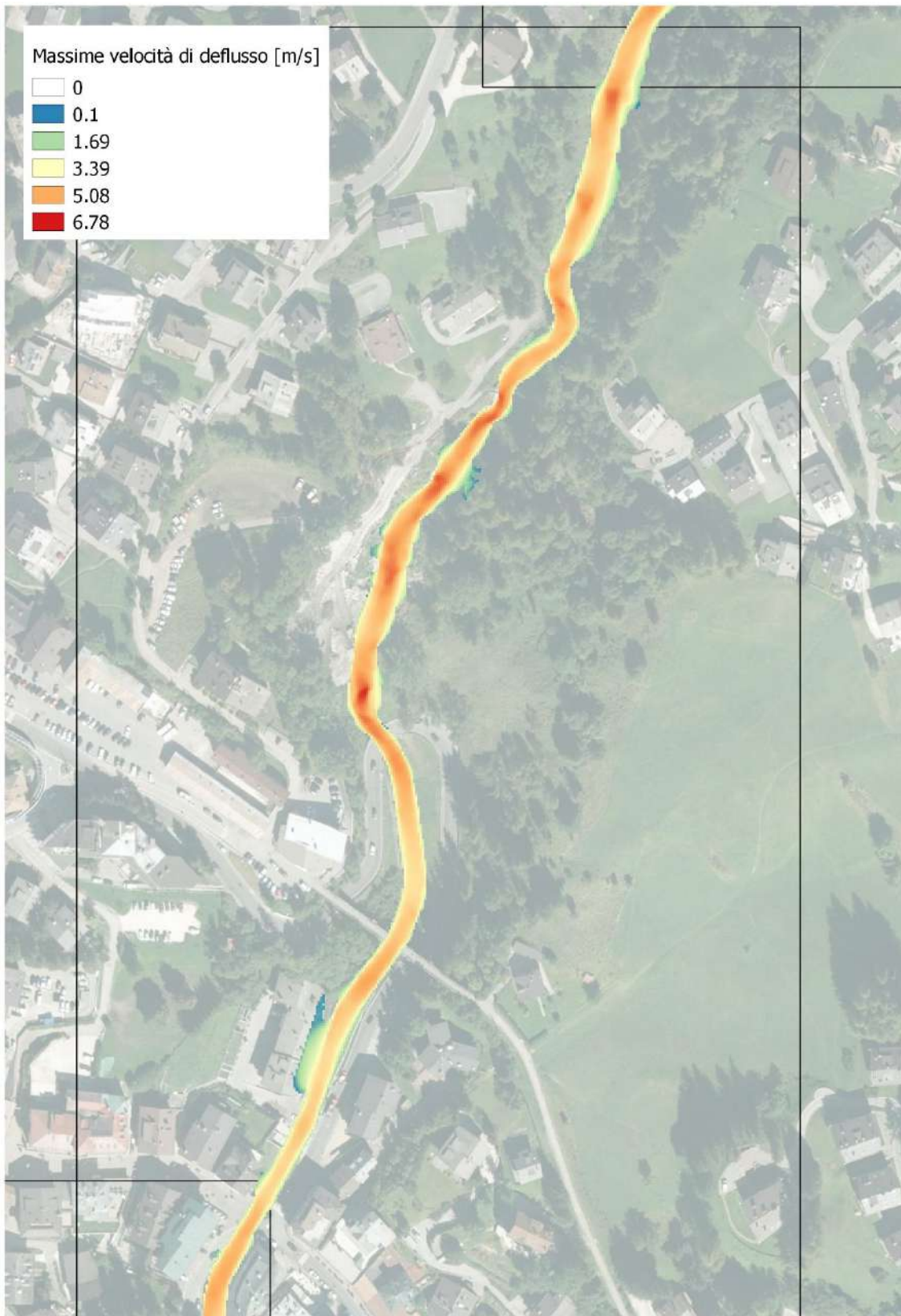


Figura 7.48 – Simulazione evento con T_r 300 anni – Massime velocità di deflusso - Tratto da Pecol a Corso Italia

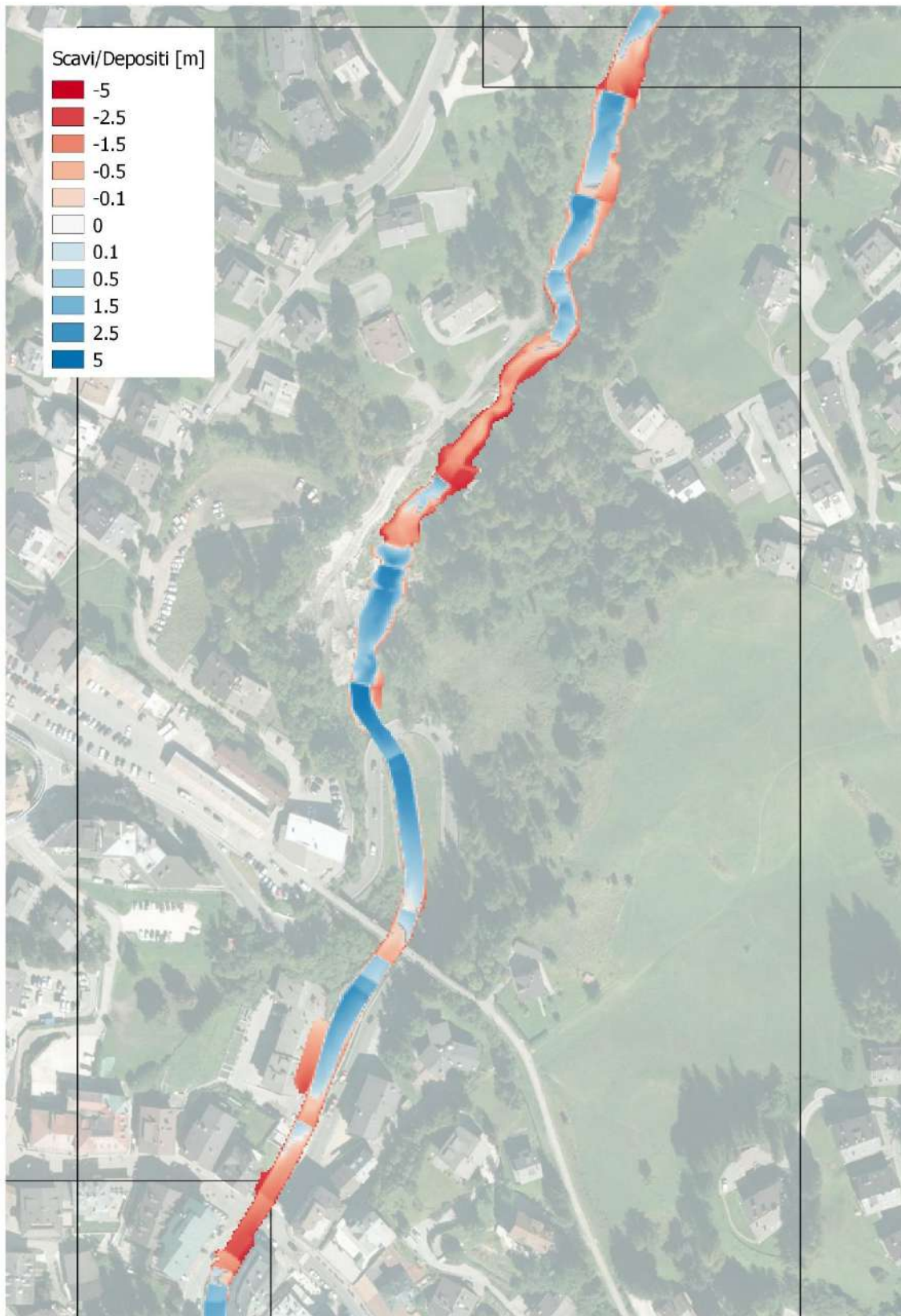


Figura 7.49 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Pecol a Corso Italia

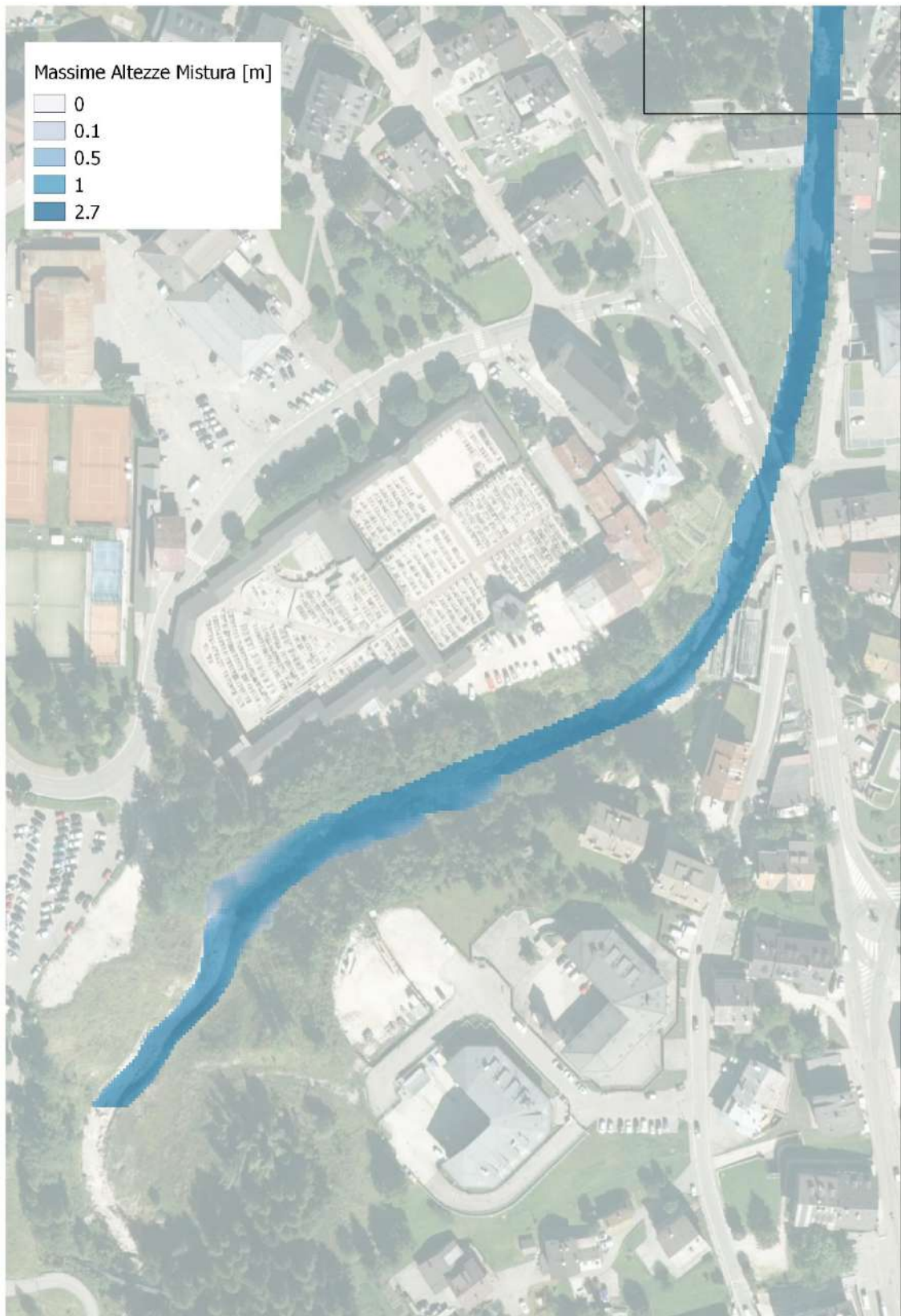


Figura 7.50 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massimi tiranti della mistura – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

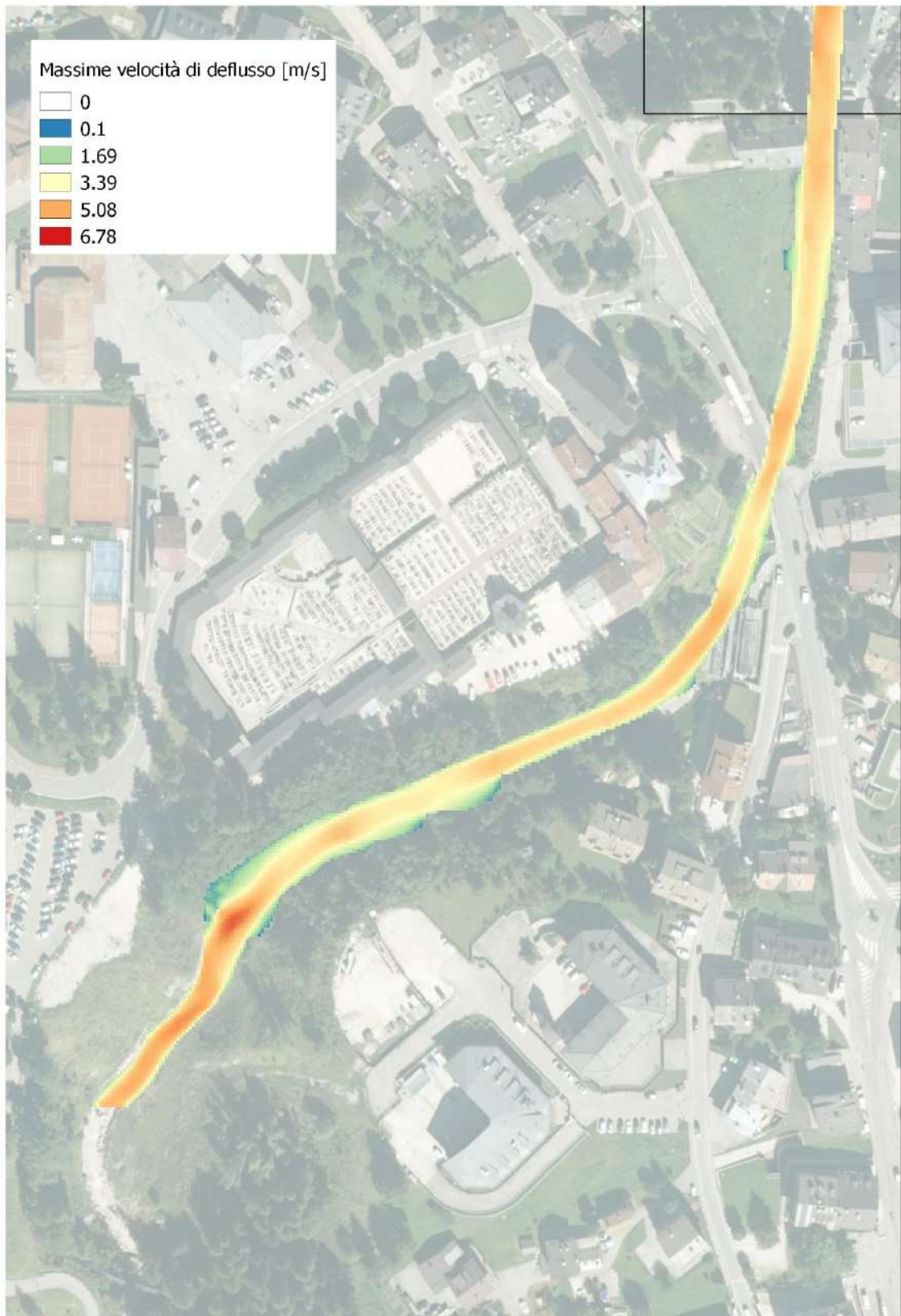


Figura 7.51 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Massime velocità di deflusso – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

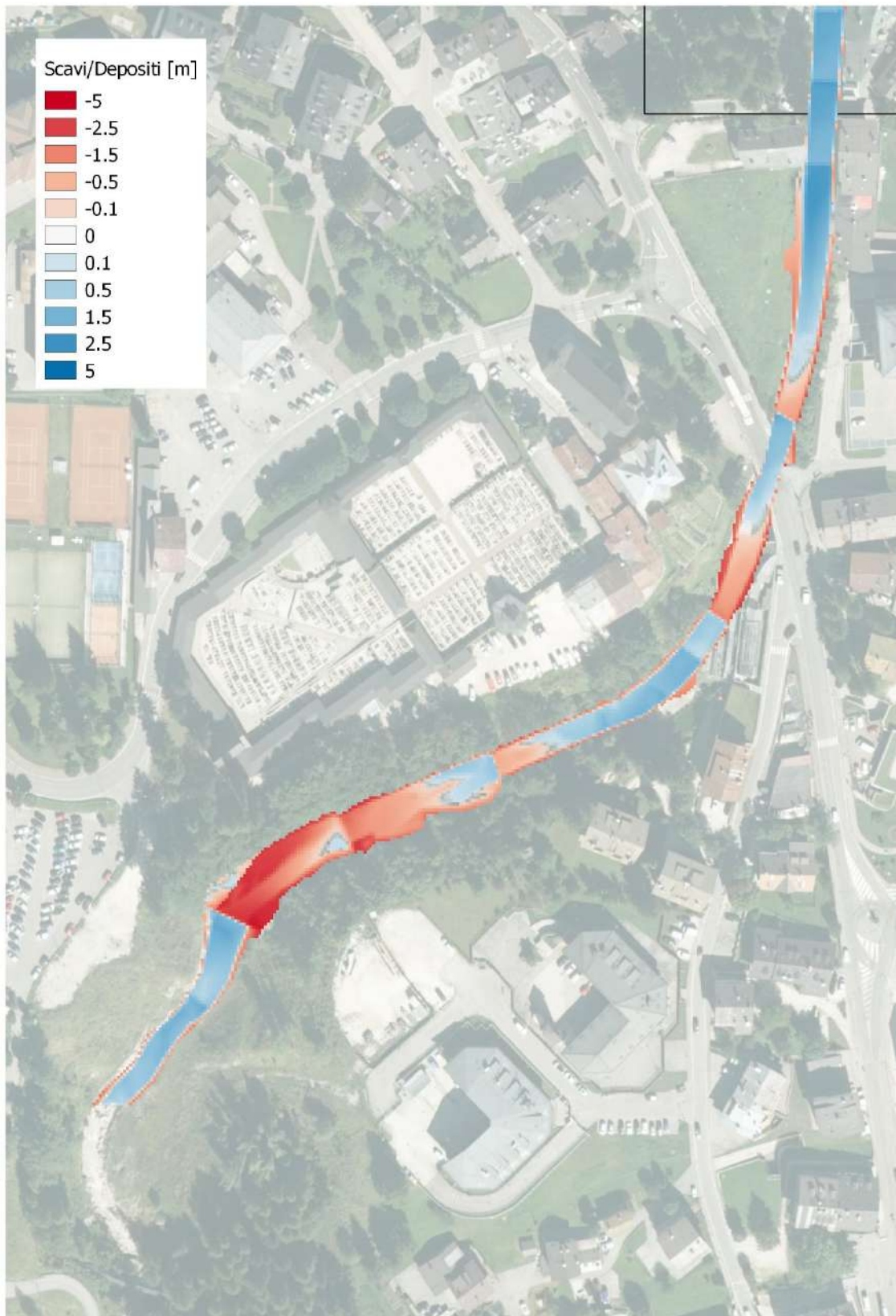


Figura 7.52 – Simulazione evento con Tr 300 anni – Scavi (in rosso) e depositi (in blu) all'istante finale della simulazione – Tratto da Corso Italia alla confluenza in Boite

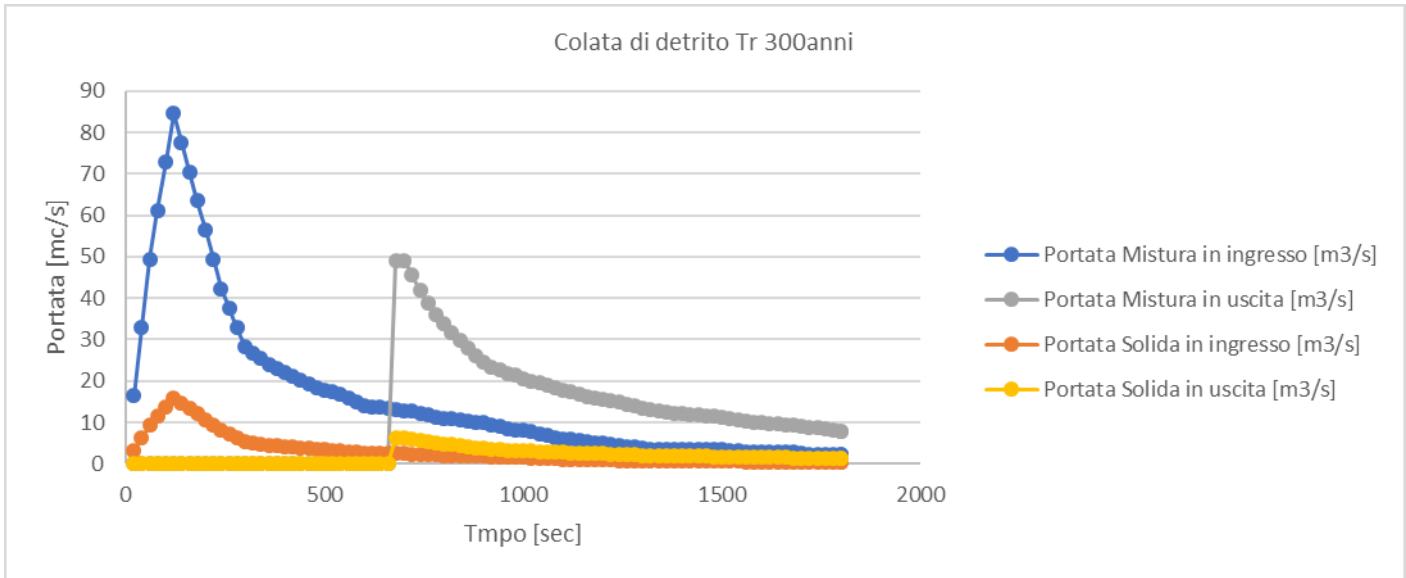


Figura 7.53 – Simulazione evento con T_r 300 anni – Idrogrammi letti nella sezione di ingresso e di uscita del modello

Tabella 7.54 – Volumi di mistura e di solido calcolati per l'evento con $T_r = 300$ anni

VOLUME MISTURA	[mc]
Volume mistura immesso	29019.65
Volume mistura uscito	20725.68
Volume mistura eroso	17525.05
Volume mistura depositato	20081.3
Volume mistura nel flusso a fine simulazione	5737.001
VOLUME SOLIDO	
Volume solido immesso	5495.352
Volume solido uscito	3060.479
Volume solido eroso	11391.28
Volume solido depositato	13052.84
Volume solido nel flusso a fine simulazione	773.3135
CONCENTRAZIONE	
Concentrazione media volume immesso	0.189367
Concentrazione media volume uscito	0.147666

7.3 Sintesi dei risultati ottenuti

Confrontando i risultati ottenuti dalle modellazioni numeriche descritte nei precedenti paragrafi con i rilievi post evento dell'agosto 2017 (capitolo 6) e con i risultati della campagna di misure per la definizione delle caratteristiche granulometriche (paragrafo 2.5), si possono trarre le seguenti conclusioni.

- Il tratto di corso d'acqua in studio si trova in un'area di potenziale propagazione delle colate detritiche che si innescano nella parte alta del bacino, soggetta a tali fenomeni in occasione di precipitazioni brevi e intense. Tuttavia, essendo il bacino sotteso dal torrente Bigontina di dimensioni tali da poter generare potate liquide significative, non è escluso che eventi di precipitazione di durata di qualche ora provochino degli eventi di piena di magnitudo confrontabili con quelli di colata detritica. Per tale motivo sono stati studiati entrambi i fenomeni utilizzando due modelli numerici diversi. Alla luce dei risultati ottenuti, dal punto di vista dei **livelli idrometrici** massimi calcolati, l'evento dell'Agosto 2017 appare **meglio rappresentato dall'approccio di colata detritica**. Si rileva infatti una buona rispondenza tra la simulazione e quanto osservato sia in corrispondenza del ponte SR48 ad Alverà (Figura 7.55) sia a Cortina d'Ampezzo nell'attraversamento del supermercato esistente (Figura 7.56). L'approccio di trasporto solido con l'applicazione di scabrezze come da letteratura restituisce franchi superiori a quelli osservati.

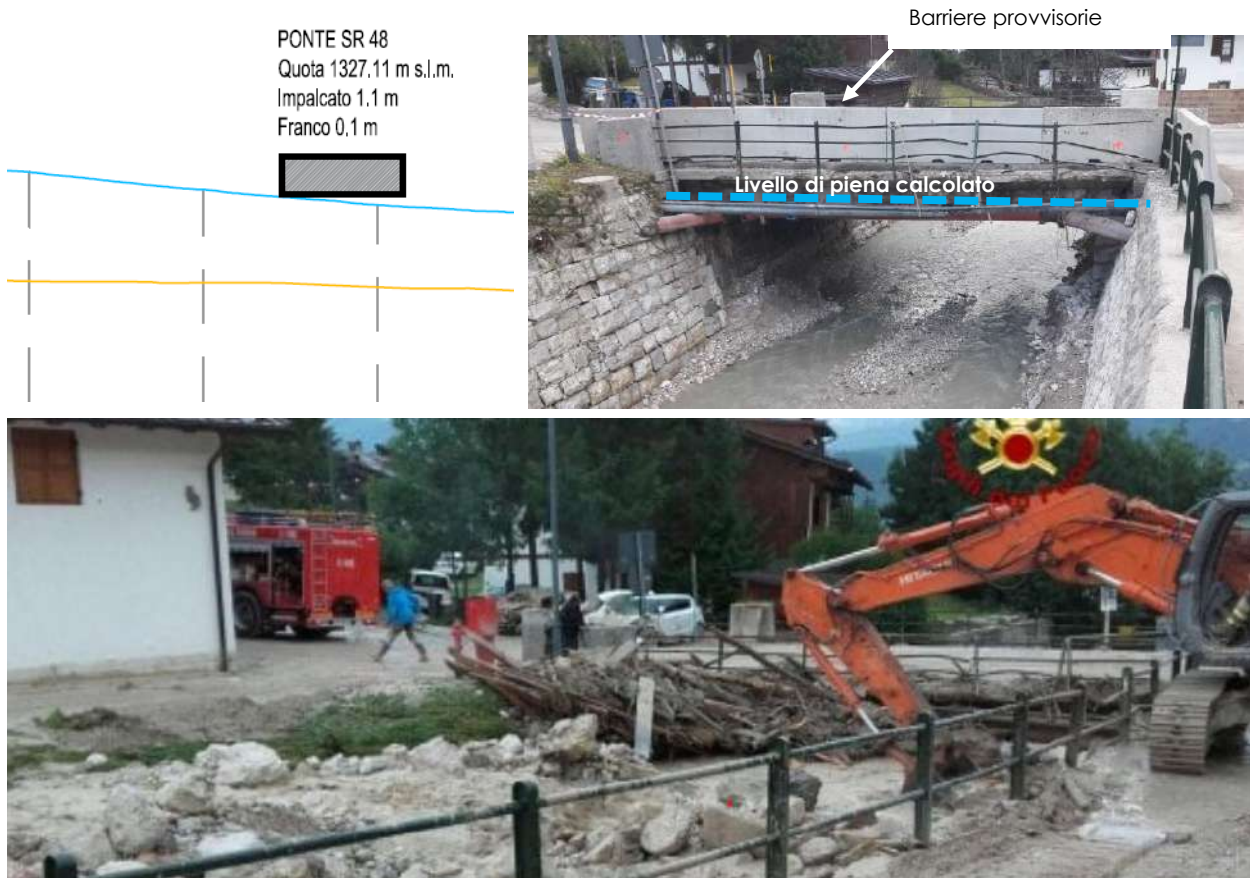


Figura 7.55 – Profilo idraulico ottenuto con il modello di colata detritica TRENT 2D e ponte SR48 presidiato da barriere provvisorie e in occasione degli allagamenti dell'Agosto 2017 (Vigili del Fuoco 2011)

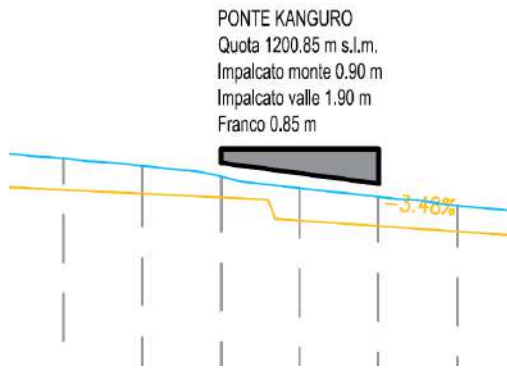


Figura 7.56 – Profilo idraulico ottenuto con il modello TRENT 2D e ponte SR48 presidiato da barriere provvisorie in seguito agli allagamenti dell'Agosto 2017

- Secondo l'approccio colata detritica (TRENT 2D), la propagazione dell'onda di piena con punto di innesco a monte di Alverà presenta una riduzione di concentrazione dal 30 al 20% nei primi 200 m di simulazione, mentre procedendo verso valle, la concentrazione rimane più o meno costante per circa 1400 m, fino alla confluenza nel t. Boite, in cui essa presenta il valore del 14%. Tali grandezze simulate dal modello possono essere confrontate con la granulometria del materiale presente in alveo.

La riduzione di concentrazione denota una riduzione dell'energia della piena e quindi una riduzione del diametro del sedimento trasportabile.

Come descritto nella seguente Figura 7.57, nel tratto dove la concentrazione subisce l'abbassamento più rilevante il d_{50} misurato passa da 35mm (campione 1 TESAF) a 15 mm (campione 1 API), mentre alla confluenza con il t. Boite esso è pari a 10 mm (campione 3 API). **I risultati del modello di colata appaiono pertanto in linea con le analisi granulometriche eseguite.**

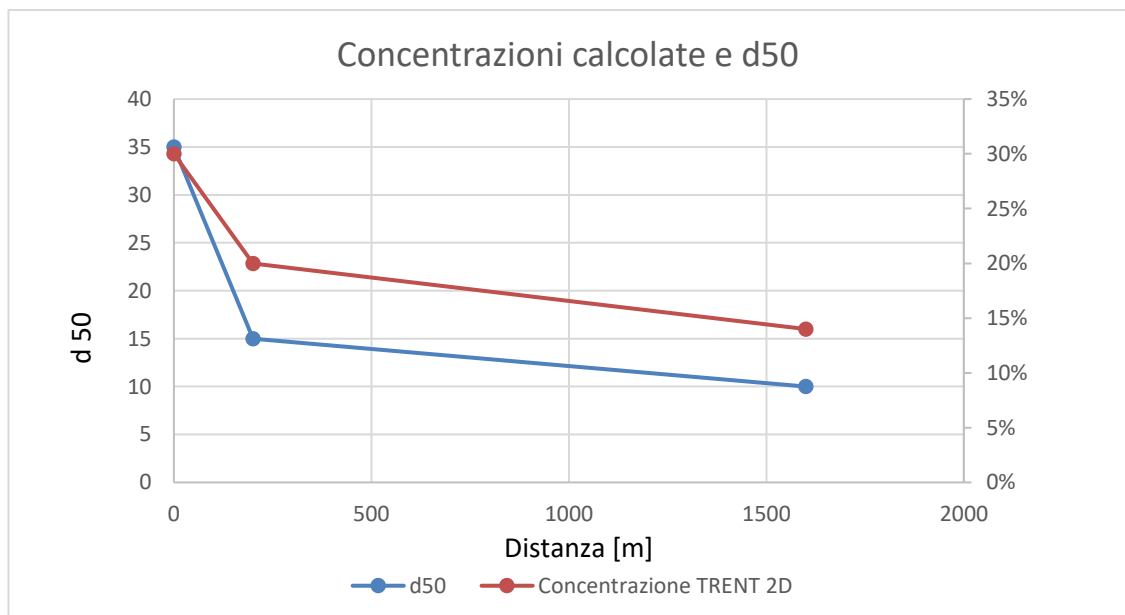


Figura 7.57 – Concentrazione calcolata e d_{50} misurato.

8 MODELLAZIONI NUMERICHE PER L'OTTENIMENTO DELLA PROPOSTA DI MIGLIORAMENTO IDRAULICO

Per le analisi finalizzate alla definizione di proposte di miglioramento idraulico è stato adottato un approccio modellistico che prevede sia l'insacco di una colata detritica in assenza di opere di trattenuta a monte (in corso di realizzazione come descritto nel precedente paragrafo 2.4), sia la possibilità di un fenomeno di trasporto solido iperconcentrato.

Tale approccio ha permesso di mettere a punto delle soluzioni progettuali mirate a fronteggiare il pericolo indotto da entrambi i fenomeni.

Si espongono di seguito i risultati ottenuti delle modellazioni numeriche condotte con modello di colata detritica, risultato più gravoso rispetto a quello di trasporto solido sia in termini di franco di sicurezza sia per quanto riguarda le variazioni morfologiche attese dell'alveo del corso d'acqua.

8.1 *Intervento n.1 - Sistemazione idraulica della Canalizzazione di Alverà*

Per la realizzazione dei lavori di messa in sicurezza dell'abitato di Alverà si prevede di rimodellare la livelletta del tratto di torrente Bigontina compreso tra il ponte della strada Comunale e il centro abitato. La nuova livelletta consentirà di avere una distribuzione più omogenea delle velocità nella sezione di deflusso, di ridurre il sovralluvionamento e quindi i tiranti idrici in alveo.

Come indicato nell'elaborato 4.1, che riporta la planimetria e il profilo longitudinale allo stato di fatto, applicando l'idrogramma di colata detritica con tr300 anni il tratto appare caratterizzato da un ridotto franco idraulico in corrispondenza degli attraversamenti: circa 30 cm nel ponte comunale tra le sezioni 7 e 8 e 10 cm relativamente al ponte sulla SR 48.

Come descritto nelle analisi modellistiche condotte, il tratto torrentizio è inoltre caratterizzato da insufficienze della sezione utile al deflusso a monte e a valle del ponte SR 48, dovute alla livelletta attuale del talweg a debole pendenza.

Al fine di mitigare tali situazioni di pericolo, non potendo agire sull'altezza dei ponti per vincoli progettuali esterni, si prevede di demolire la briglia esistente tra le sezioni 34 e 35 per guadagnare circa 2 m di altezza da sfruttare per l'aumento della pendenza del tratto.

Come indicato nell'elaborato 4.2, nel profilo longitudinale di progetto, tale intervento consente di realizzare una livelletta con pendenza tra il 5.25% e il 6.14% per un tratto di 170 m, che consente di mitigare le situazioni di pericolo rilevate tra la sezione e 35 e la sezione 19.

A monte della sezione 19 si prevede il rifacimento delle briglie esistenti e l'innalzamento dei muri di sponda per garantire il franco idraulico in difesa delle abitazioni rivierasche.

Oltre agli interventi riportati in planimetria nell'elaborato 4.2, si prevede l'innalzamento del muro di sponda in riva destra, tra le sezioni 37 e 40, per un tratto di 70 m circa, nell'area indicata nella Figura 8.2. e in Figura 8.3, caratterizzata da assenza di franco in occasione dell'evento di piena di progetto.



Figura 8.1 – Briglia da demolire tra le sezioni 34 e 35

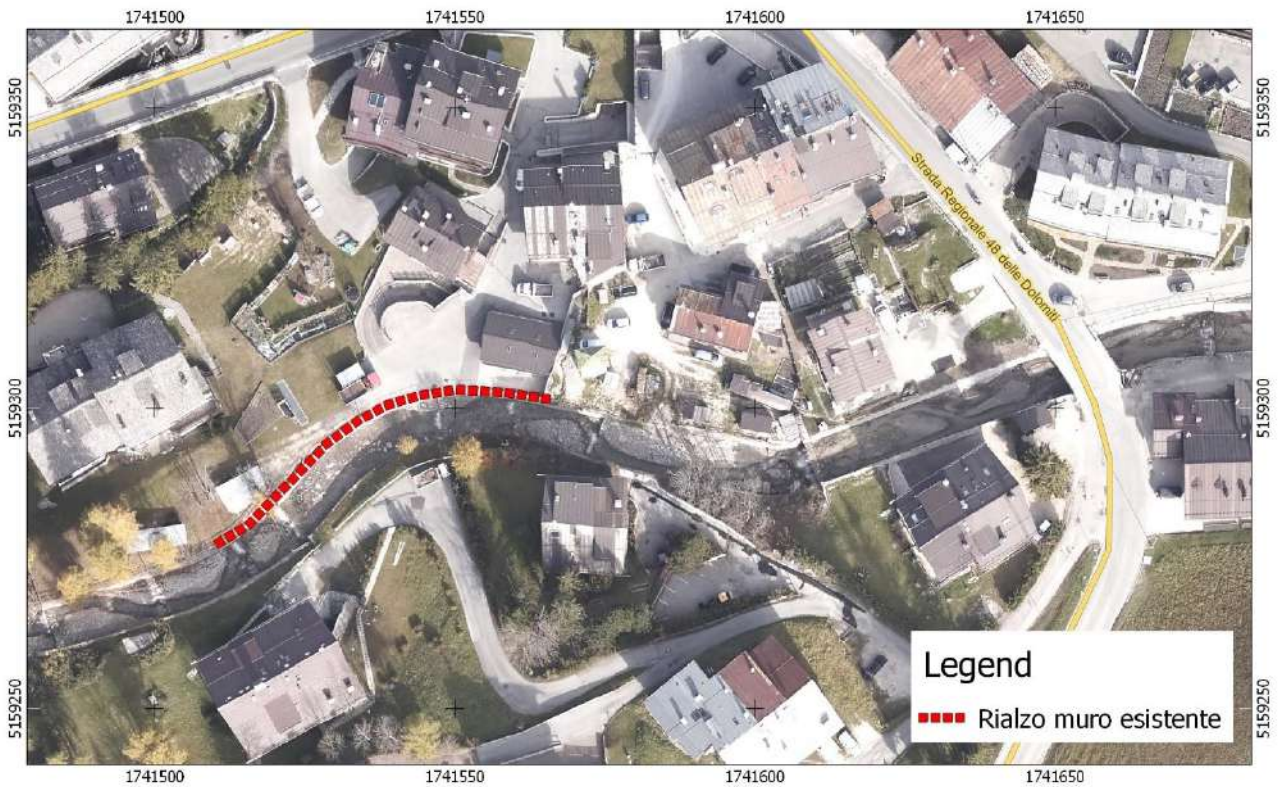


Figura 8.2 – Tratto di muro da rialzare



Figura 8.3 – Tratto di sponda destra oggetto di adeguamento del franco idraulico

La geometria della sezione di progetto e delle opere è stata implementata nel modello idraulico ottenendo la nuova configurazione denominata "stato di progetto" per cui è stata ricalcolata la dinamica idraulica e di trasporto solido in occorrenza dell'evento trecentennale.



Figura 8.4 – Intervento di regolarizzazione della livelletta dell'alveo e risezionamento della sezione di deflusso
 I risultati ottenuti per lo stesso evento trecentennale con la geometria modificata come da ipotesi progettuali evidenzia come gli interventi di risezionamento e livellamento del fondo consentono di

ottenere una distribuzione delle altezze idriche e delle velocità più uniforme, con incremento dei valori massimi delle velocità dai 3.4 m/s a 4.1 m/s.

Si riporta di seguito il confronto tra le aree allagabili allo stato di progetto in occasione dell'evento di colata detritica con tr 300 anni tratte dall'elaborato 3.3 del presente studio.

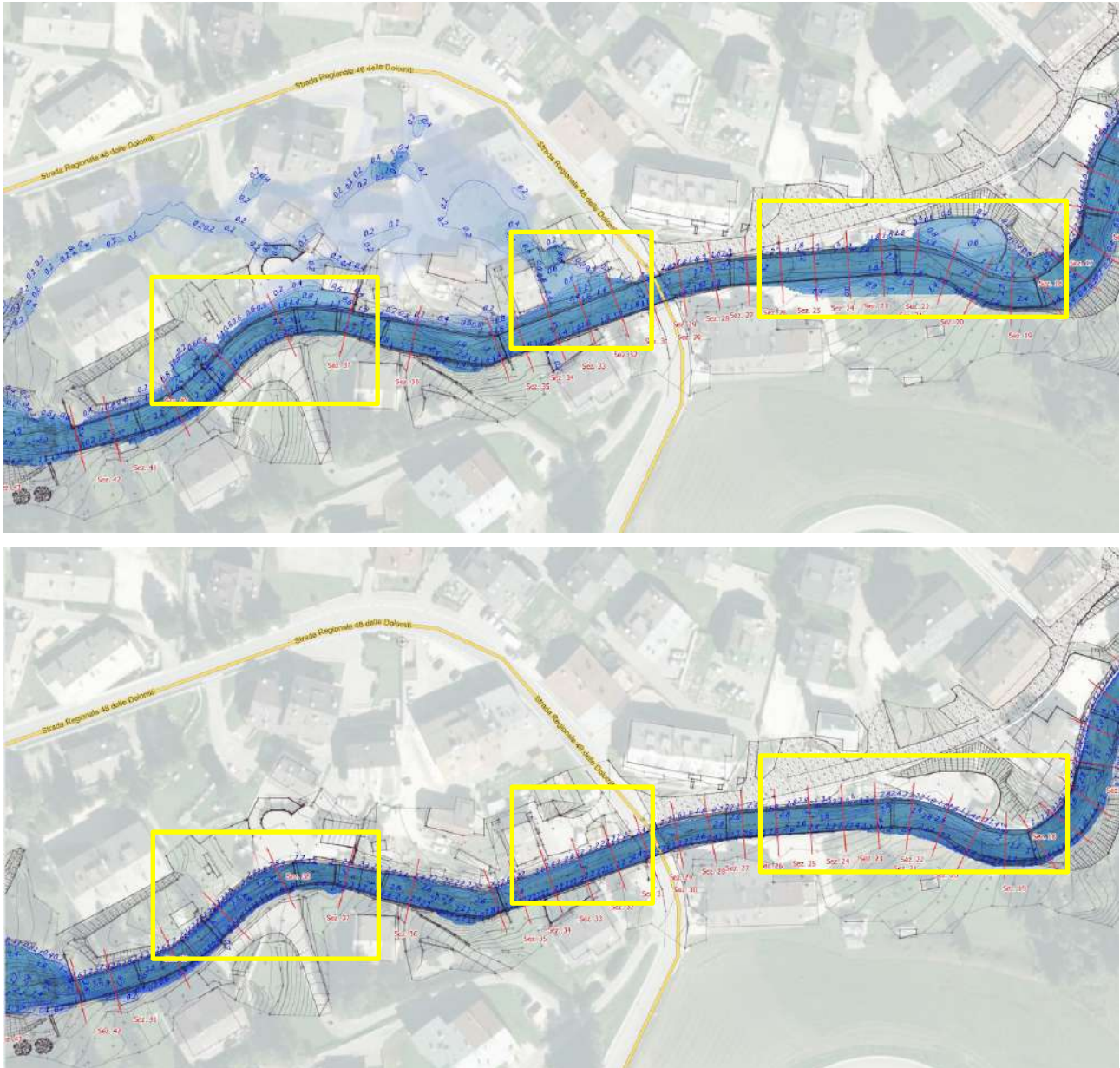


Figura 8.5 – Confronto tra le aree allagabili allo stato di fatto e allo stato di progetto (elaborato 3.3)

Dal punto di vista morfologico, nello stato di progetto a valle del ponte si rileva un primo tratto in equilibrio o lieve deposito e quindi la tendenza verso valle ad un approfondimento delle quote del talweg, rispetto allo stato di fatto tuttavia tale tendenza risulta minore e l'alveo è morfologicamente più stabile. Le erosioni che si verificano nello stato di progetto sono molto ridotte rispetto allo stato di fatto e praticamente assenti in tutto il tratto di intervento come indicato nell'elaborato 3.6 e nelle figure che seguono.

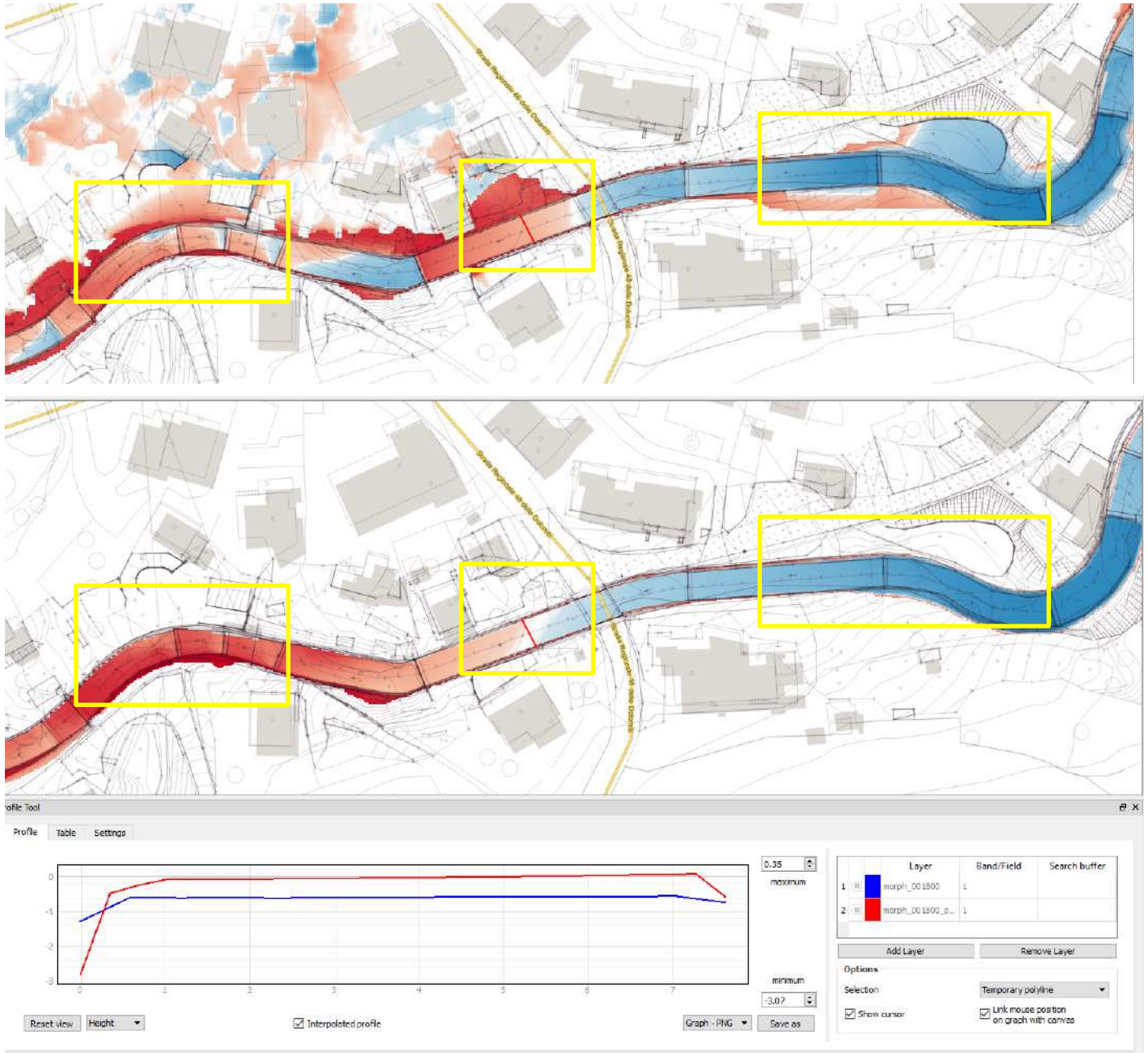


Figura 8.6 – Confronto tra le variazioni batimetriche dello stato di fatto (blu) e di progetto (rosso) all'istante finale della simulazione $T_r=300$ anni (elaborato 3.6)

Si può pertanto osservare come gli interventi proposti pur rispettando le naturali tendenze evolutive dell'alveo, consentono di ottenere

- Minori erosioni
- Eliminazione delle esondazioni in destra idraulica
- Velocità di deflusso distribuite uniformemente su tutta la sezione

Nel bilancio complessivo dei volumi movimentati si può notare come nello stato di progetto la portata solida letta alla sezione di chiusura del modello sia minore che nello stato di fatto a parità di idrogramma liquido.

Si segnala tuttavia, che sarebbe opportuno rendere il fondo della canalizzazione inerodibile almeno dal termine della sistemazione in progetto¹ fino al ponte sulla SR 48 dove il modello restituisce un'area con tendenza all'erosione (Figura 8.7).

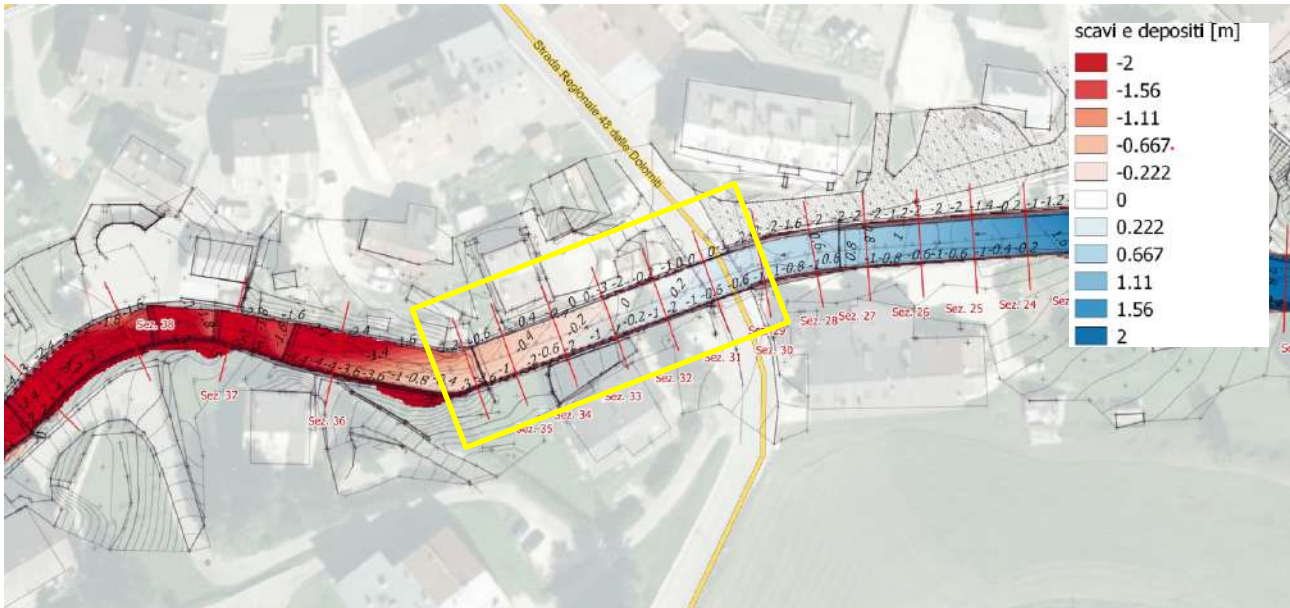


Figura 8.7 – Scavi e depositi Scavi e depositi della colata di detrito

¹ Progetto UOFE_058_Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite
API1937_R01_00.docx

8.2 Intervento n.2 - Sistemazione del tratto di t. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia.

Come indicato nell'elaborato 3.21, in occasione dell'evento di colata detritica estremo si verifica un allagamento con azzeramento del franco in riva destra del t. Bigontina circa 50m a valle del ponte della vecchia ferrovia e un ridotto franco in corrispondenza del ponte di accesso ad alcuni fondi (Figura 8.8).

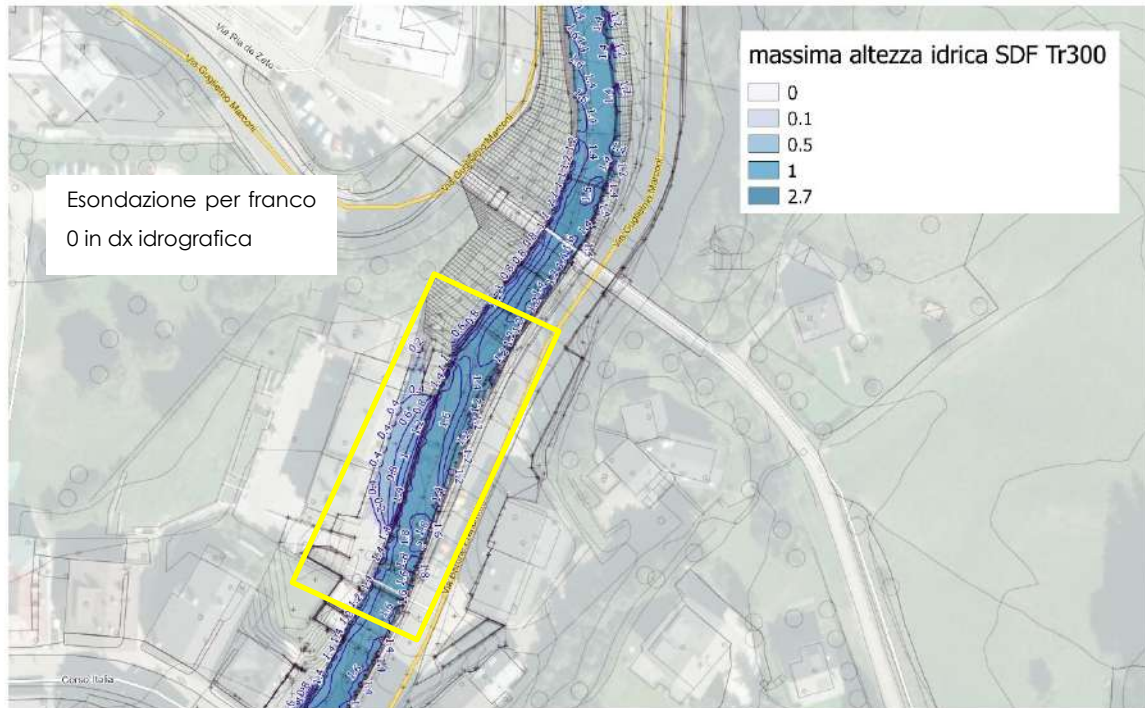


Figura 8.8 – Aree allagabili allo stato di fatto (Tr 300 anni)

Tale allagamento deriva dalla forte tendenza al deposito di materiale solido che caratterizza il tratto oggetto di allagamento a valle di tre briglie esistenti, con livelletta di minore pendenza rispetto alle pendenze dei tratti a monte, come si può vedere dal profilo longitudinale dello stato di fatto riportato nell'elaborato 4.4 (Figura 8.9). Come precedentemente descritto nel capitolo 6, dedicato alla taratura del modello, tale tendenza al deposito è stata rilevata anche in occasione dell'evento di piena del 4-5 Agosto 2017 come illustrato nella seguente Figura 8.10.

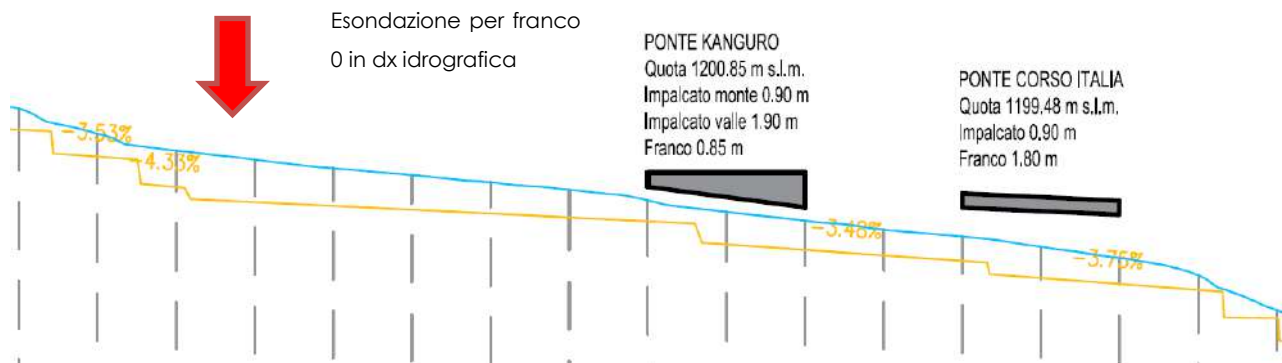


Figura 8.9 – Profilo longitudinale allo stato di fatto



Figura 8.10 – Accumulo di materiale in corrispondenza dell'area oggetto di insufficienza della sezione (Foto Ing. Roland Bernardi 2018)

Durante il citato evento, come evidenziato nel precedente capitolo 6, il materiale trasportato ha provocato la parziale occlusione della tombinatura situata a valle che presenta un franco di 0.85 m sulla piena trecentenaria.



Figura 8.11 – Trovante rinvenuto al di sotto dell'attraversamento in seguito all'evento "Vaia" (Foto Ing. Roland Bernardi 2018)

Pertanto, come indicato nel profilo longitudinale riportato nell'elaborato 4.5, e nella seguente Figura 8.13, si prevede di realizzare una sistemazione del tratto oggetto di criticità tramite la realizzazione di una sezione utile al deflusso di larghezza 8 m e livelletta unica al 6%.

Tale soluzione si è rivelata ottimale per trasportare verso valle il materiale in arrivo con adeguato franco sia rispetto alle sponde sia rispetto agli attraversamenti esistenti, anche in considerazione dei trovanti di grosse dimensioni presenti in aree soggette ad erosione, come si può vedere dalla planimetria dell'elaborato 4.5.

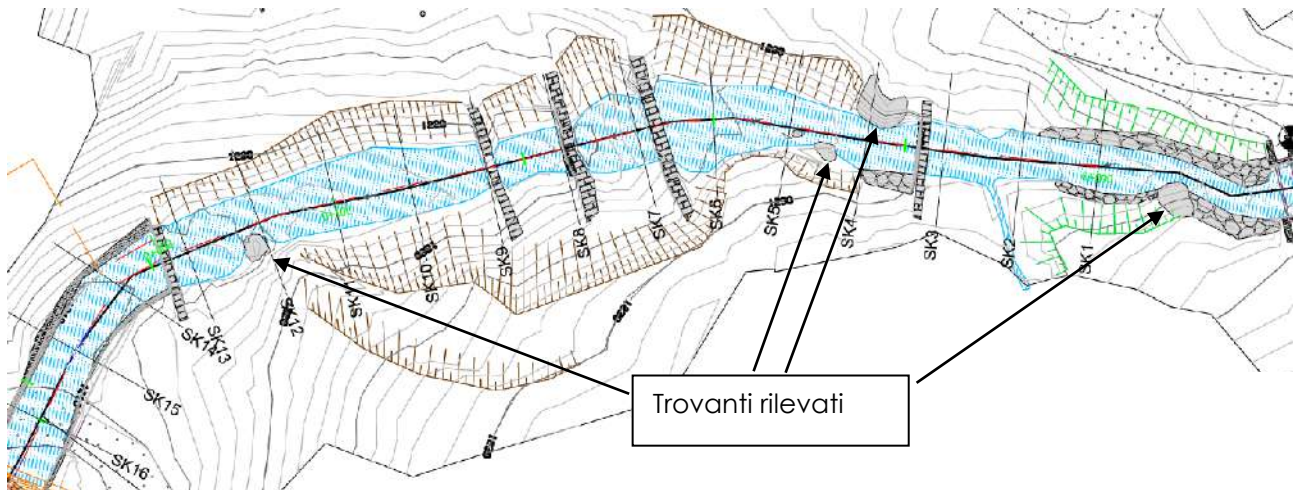


Figura 8.12 – Trovanti rilevati a monte dell'attraversamento della SS 51 sul t. Bigontina (Elaborato 4.5)

In particolare, facendo riferimento all'ubicazione delle sezioni d'alveo riportate nell'elaborato 4.5, si prevede di variare la livelletta da sezione SK28 alla sezione SK57, originariamente suddivisa in 8 tratti con pendenza variabile tra 2.41 % e 4.79%, che sarà portata al 6%.

Dei tre salti esistenti a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia, verranno realizzate due soglie di altezza circa 1.70 m ciascuna, come indicato nel profilo longitudinale.

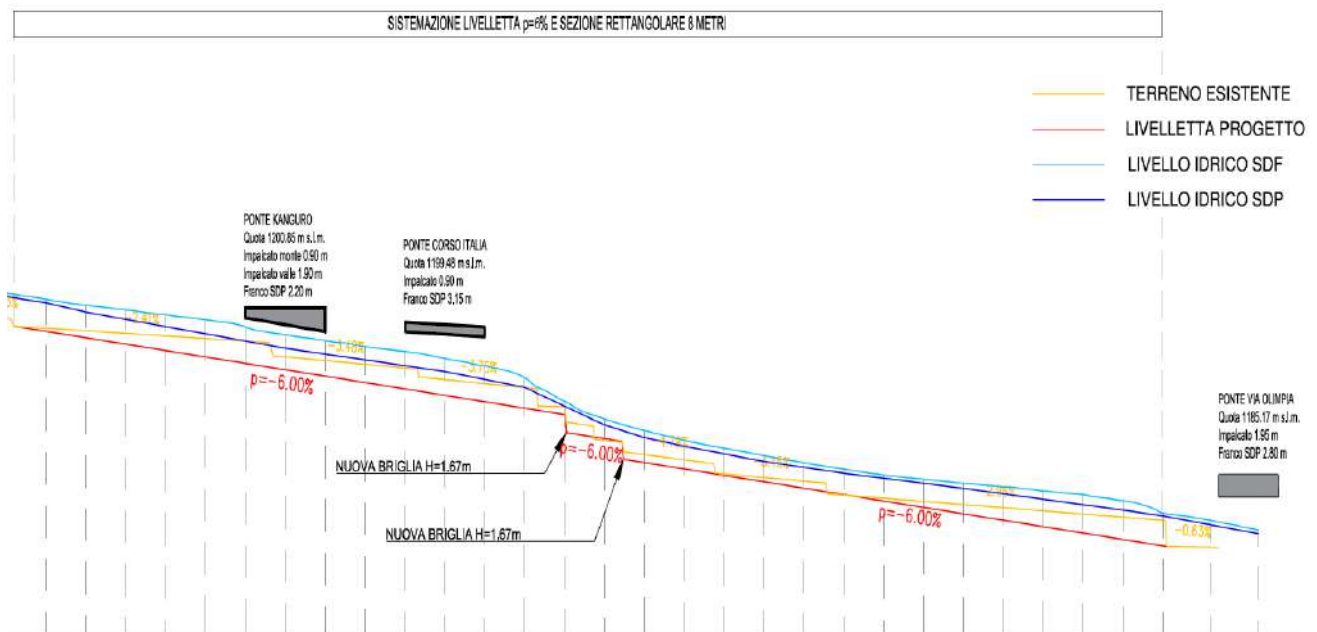


Figura 8.13 – Profilo longitudinale allo stato di progetto proposto (Elaborato 4.5)

L'intervento induce un abbassamento del livello massimo atteso nell'area soggetta di allagamento di circa 1.5 m, evitando la fuoriuscita di portata rilevata in destra idrografica a valle dell'ex ponte ferroviario e portando il franco al di sotto dell'attraversamento da 0.85 m a 2.20 m.

Tenendo conto della presenza di massi di grossa pezzatura a monte, la cui dinamica non viene modellata dal modello idraulico, che potrebbero essere trasportati verso valle diminuendo la sezione utile al deflusso al di sotto dell'attraversamento, tale franco può essere considerato adeguato.

Da considerare anche la possibilità di rimuovere i massi di grandi dimensione pericolanti facendoli esplodere in modo controllato con la dinamite.

Nello scenario progettuale esaminato è stato inserito l'intervento ANAS² relativo allo spostamento del ponte SS 51, denominato "Rettifica e allargamento del tornante in corrispondenza del ponte sul torrente Bigontina nell'abitato di Cortina d'Ampezzo al km 103+078"

Dalle analisi condotte è emerso che l'intervento induce un incremento del franco idraulico in occasione dell'evento di colta con TR=300 anni da 1 m a 2.55 m, come indicato nel profilo riportato nell'elaborato 4.5, mentre appare sostanzialmente invariante dal punto di vista del massimo livello idrometrico atteso.

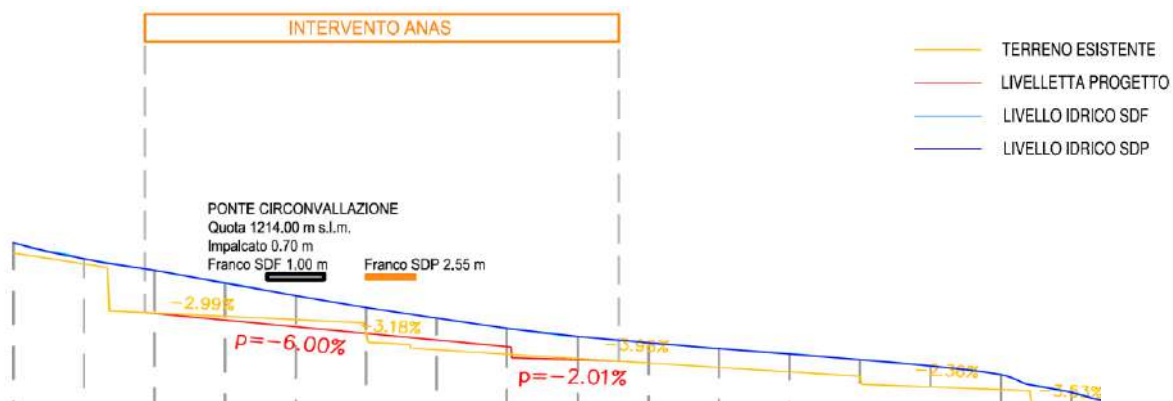


Figura 8.14 – Profilo longitudinale allo stato di progetto ANAS (Elaborato 4.5)

Visto l'incremento delle velocità attese allo stato di progetto rispetto allo stato di fatto, sarebbe infine opportuno rendere il fondo della canalizzazione di progetto inerodibile, anche se dal punto di vista morfologico il tratto tende generalmente al deposito.

² S.S. N°51 "di Alemagna" Provincia di Belluno – Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021 Rettifica e allargamento del tornante in corrispondenza del ponte sul torrente Bigontina nell'abitato di Cortina d'Ampezzo al km 103+078 – Progetto definitivo
 API1937_R01_00.docx

9 ANALISI DEL RISCHIO RESIDUO

La geometria dello stato di fatto è stata modificata mediante l'inserimento delle opere già previste nello studio del Dipartimento TESAF dell'Università degli Studi di Padova, in relazione alla nuova geometria della canalizzazione nel suo tratto di attraversamento dell'abitato di Alverà. Inoltre, sono stati inseriti gli interventi di adeguamento della livelletta del tratto di canalizzazione che attraversa l'abitato di Alverà e di sistemazione del tratto di T. Bigontina dal ponte S.S. 51 Alemagna fino a valle del ponte di Via Roma/Corso Italia, studiati nella presente indagine. Le simulazioni condotte sia di trasporto solido che di colata detritica consentono di analizzare il rischio residuo anche per l'abitato di Cortina e per le frazioni poste a monte della confluenza con il torrente Boite. Si riportano di seguito i principali risultati delle attività di modellazione condotte per il fenomeno di colata detritica con Tr300 anni in quanto rappresenta il fenomeno più gravoso tra quelli considerati.

9.1 Torrente Bigontina ad Alverà

9.1.1 Ipotesi di ostruzione del ponte Strada Comunale

Come descritto nel precedente capitolo 6, durante l'evento dell'ottobre 2017 si è verificata l'ostruzione del ponte sulla strada comunale a monte dell'abitato di Alverà a causa dei grossi trovanti trasportati dalla colata detritica, che hanno ostruito il ponte (Figura 8.1).

Tale fenomeno non viene simulato dai modelli matematici che fanno riferimento alla propagazione di una mistura omogenea caratterizzata da un diametro caratteristico medio.



Figura 9.1 –Fuoriuscita di portata a monte del ponte ostruito dai massi (sopra) e flusso al di sopra del ponte ostruito (a sinistra) (Vigili del Fuoco 2017)

Questa eventualità tuttavia, è stata affrontata nell'ambito dei lavori in corso di realizzazione descritti al precedente paragrafo 2.4³, in cui si prevede la realizzazione di un sistema di briglie tradizionali e filtranti, finalizzato al trattenimento del materiale solido di grossa pezzatura proveniente dalle colate detritiche che si possono innescare a monte, a monte del ponte descritto.

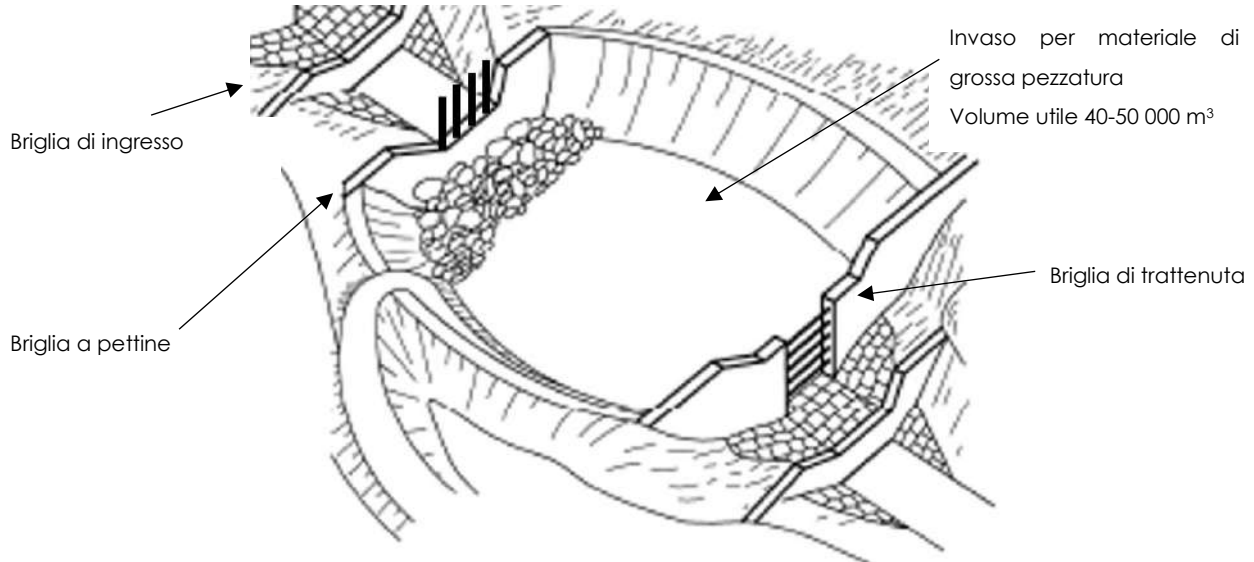


Figura 9.2 –Schema di funzionamento dell'intervento in corso di realizzazione a monte di Alverà per il trattenimento del materiale solido di grossa pezzatura

Tuttavia, si è voluto indagare l'eventualità che si verifichi un evento di colata detritica significativo a bacino di invaso pieno.

Pertanto, come rischio residuo in seguito alla realizzazione degli interventi, si è voluto ipotizzare la completa occlusione del ponte Comunale a monte dell'abitato di Alverà come forzante dell'evento di colata di detrito con tempo di ritorno tre centennale (evento maggiormente gravoso).

L'alveo simulato è nello stato di progetto, ovvero con gli interventi di riprofilatura ed innalzamento dei muri previsti.

Come è possibile vedere dalle seguenti figure, che riportano le aree allagabili, il campo di velocità e il risultato del modello morfologico, l'ostruzione comporta la fuoriuscita di una parte di colata in sinistra idraulica a monte del ponte.

Il deflusso va ad interessare gli edifici limitrofi alla sponda sinistra per proseguire poi verso sud dove costeggia la viabilità interpodereale e l'area a bosco fino a rientrare in alveo in sinistra idraulica presso il ponte sulla SR 48.

Le zone individuate come a rischio coincidono con quelle investite dagli allagamenti in seguito all'evento del 2017, come di può vedere dalla seguente Figura 9.6.

³ Lavori di ripristino delle condizioni preesistenti e di riduzione del rischio idrogeologico, tramite stabilizzazione dell'alveo, delle sponde e regolazione del trasporto solido del torrente Bigontina (codice intervento GCBL-191)

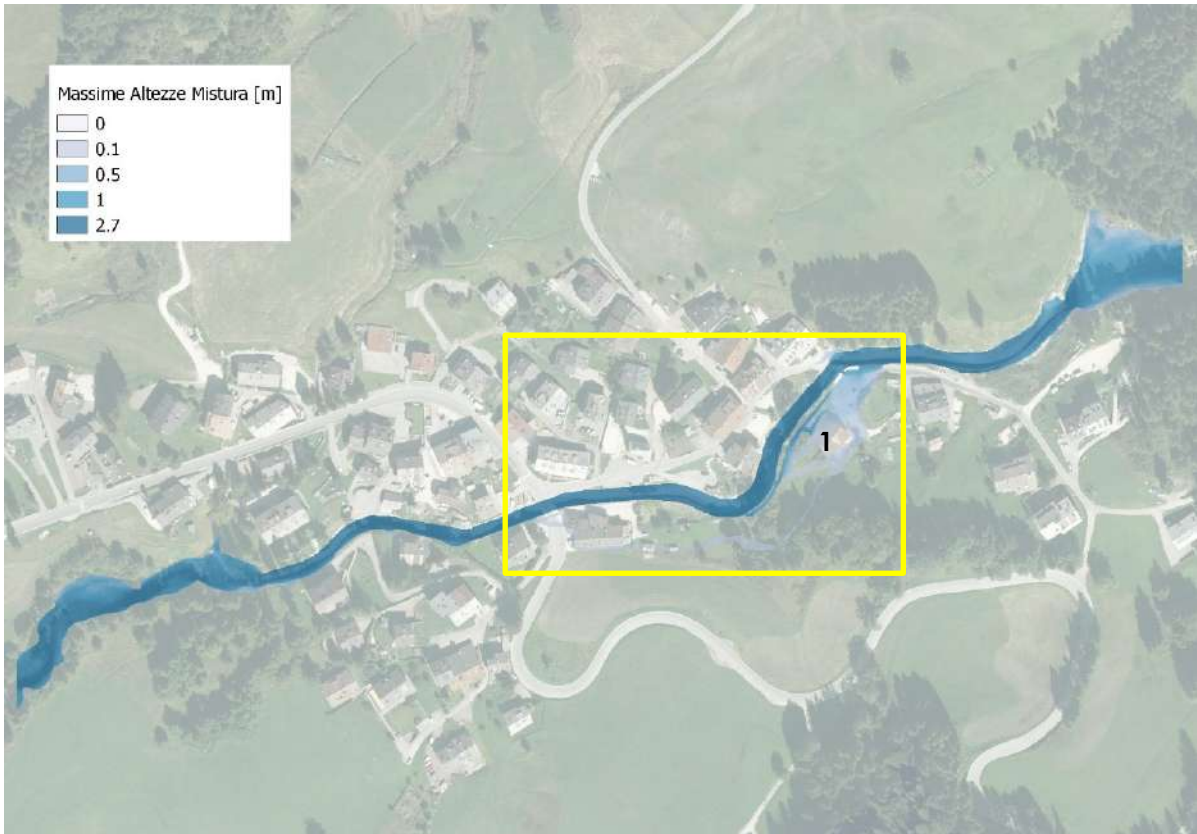


Figura 9.3 –Massime altezze idriche nel caso di ostruzione del ponte comunale a monte dell'abitato di Alverà, Colata di detrito con T_r300 anni dopo la realizzazione degli interventi previsti



Figura 9.4 –Massime velocità di deflusso nel caso di ostruzione del ponte comunale a monte dell'abitato di Alverà, Colata di detrito con T_r300 anni dopo la realizzazione degli interventi previsti

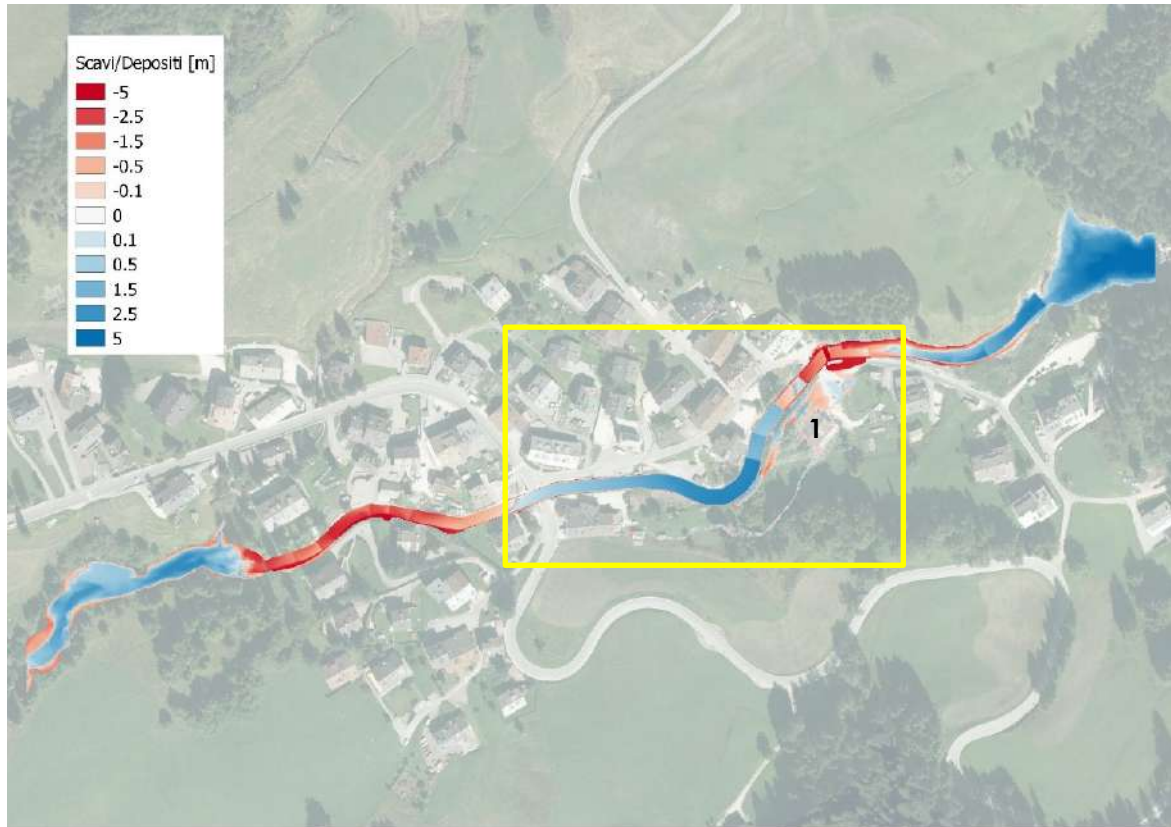


Figura 9.5 – Scavi/Depositi nell'istante finale della simulazione nel caso di ostruzione del ponte comunale a monte dell'abitato di Alverà, Colata di detrito con Tr300 anni dopo la realizzazione degli interventi previsti



Figura 9.6 – Ricognizione fotografica post evento 4-5 Agosto 2017 (CNR IRPI) – in blu l'area allagata

9.1.2 Rischio residuo

Come si può vedere nei riquadri dedicati allo stato di progetto degli elaborati 3.3, 3.6 e 3.9, a seguito della realizzazione degli interventi non si rilevano ulteriori criticità idrauliche, si segnalano due punti

potenzialmente soggetti ad erosione presso il ponte comunale a monte dell'abitato e a valle dell'abitato.



Figura 9.7 –Massime altezze della colata di detrito per Tr 300 anni (evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) – Tratto di Alverà



Figura 9.8 –Scavi e depositi della colata di detrito per Tr 300 anni (evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) – Tratto di Alverà – Sono indicati i tratti soggetti ad erosione

Si segnala inoltre che, in corrispondenza dei tratti in cui il modello indica una forte tendenza all'erosione sono presenti dei muri di sponda e delle soglie di stabilizzazione risalenti a molti anni fa, che presentano evidenti segni di usura.



Figura 9.9 –Soglia di fondo danneggiata

Sarebbe pertanto opportuno eseguire una ricognizione e programmare un intervento di straordinaria manutenzione delle opere che, qualora cedessero in occasione di un evento eccezionale, potrebbero provocare la movimentazione del materiale prevista dal modello.

9.2 Torrente Bigontina da Alverà a Pecol

Nessuna criticità idraulica rilevata, si nota un tratto in erosione a valle del ponte per Pecol con rischio per le opere trasversali (soglie) presenti. Analogamente al precedente caso, sarebbe tuttavia opportuno un intervento di manutenzione straordinaria delle soglie di fondo e delle protezioni spondali nei tratti indicati come soggetti ad erosione.



Figura 9.10 –Massime altezze della colata di detrito per Tr 300 anni (evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) – Tratto da Alverà a Pecol

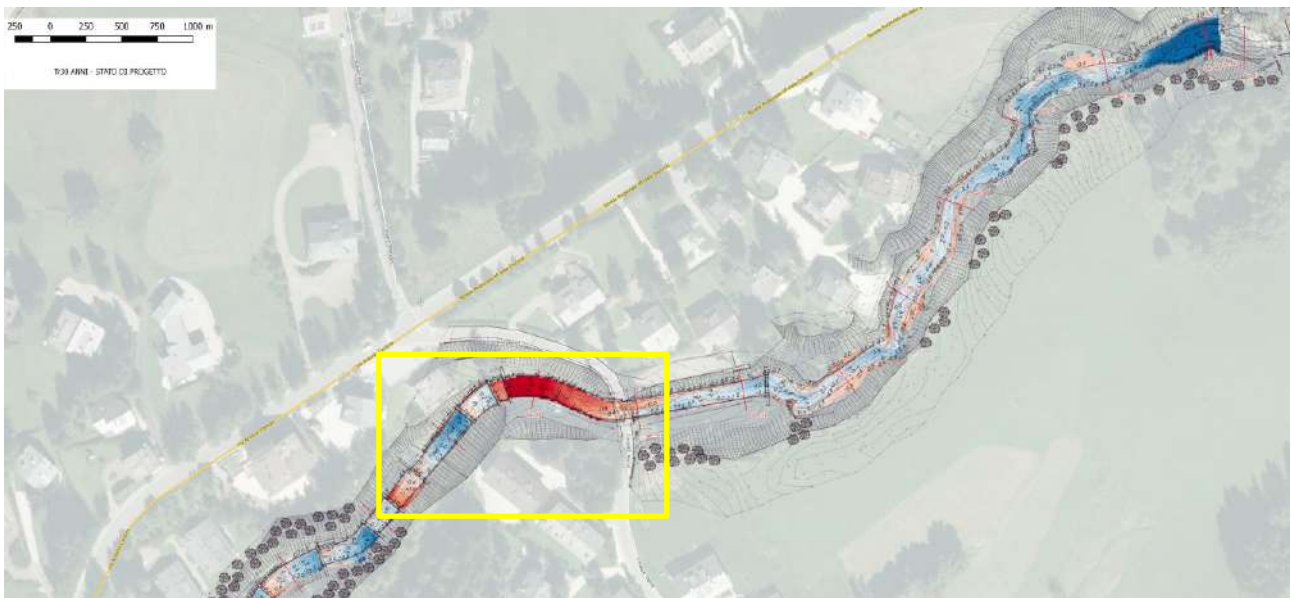
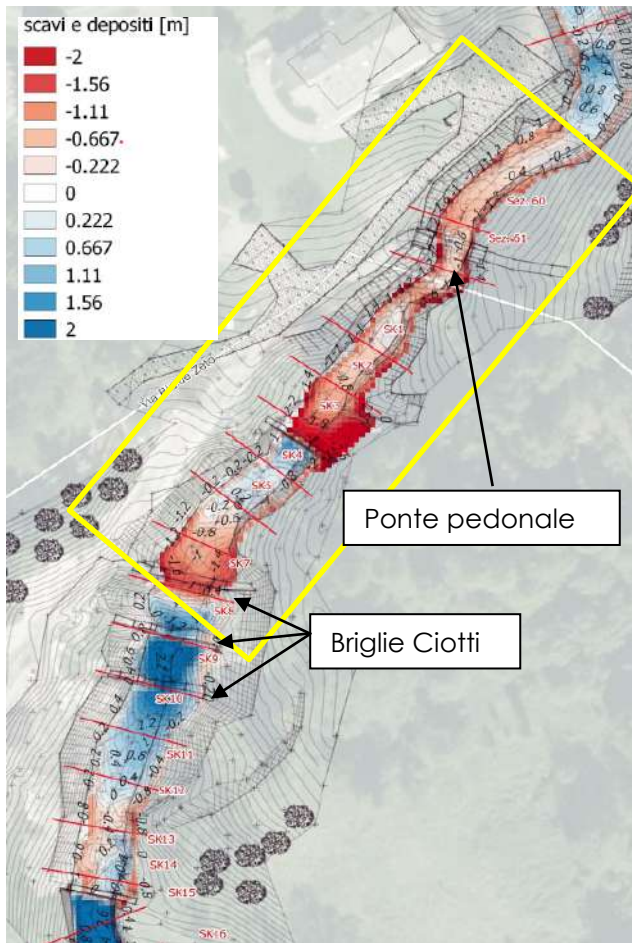


Figura 9.11 –Scavi e depositi della colata di detrito per Tr 300 anni (evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) – Tratto da Alverà a Pecol - Sono indicati i tratti soggetti ad erosione

9.3 Torrente Bigontina da Pecol al Ponte di via Roma / Corso Italia



A seguito della realizzazione degli interventi non si rilevano ulteriori criticità idrauliche.

Si segnala tuttavia che a monte del ponte che collega via Ria De Zeto alla località Pecol e presso le briglie Ciotti, il modello restituisce una tendenza all'erosione elevata (Elaborato 3.24).

Tale tendenza si è espressa durante l'evento del 2017 che ha provocato il crollo della briglia precedentemente esistente (si veda la Figura 1.1), oggi sostituita dalle citate briglie in gabbioni, realizzate come opera provvisoria. Nonostante il loro carattere di temporaneità, queste opere hanno resistito all'evento Vaia del 29 Ottobre 2018. Dal momento che anche dai risultati dell'analisi morfologica condotte esse risultano efficaci nel contenere la tendenza all'erosione del tratto, sarebbe pertanto opportuno convertirle in opere definitive, realizzando per esempio un paramento inerodibile a protezione dei gabbioni.

Figura 9.12 – Scavi e depositi della colata di detrito per Tr 300 anni (evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) Elaborato 3.24

9.4 Torrente Bigontina dal ponte di via Roma/Corso Italia alla confluenza nel t. Boite

In seguito agli interventi di progetto non si rilevano ulteriori criticità nel tratto di t. Bigontina da Via Roma/Corso Italia fino al ponte di Via Olimpia. A valle dell'attraversamento i modelli indicano un tratto con forte tendenza all'erosione, come indicato negli elaborati 2.11 (modello di trasporto solido BASEMENT) e 3.33 (modello di colata detritica TRENT 2D).

Sarebbe pertanto opportuno verificare lo stato di manutenzione delle briglie esistenti, in quanto particolarmente sollecitate in occasione dell'evento di piena. Rispetto alle aree a monte tuttavia, non ci sono elementi di vulnerabilità tali da rendere prioritari gli eventuali interventi di sistemazione.

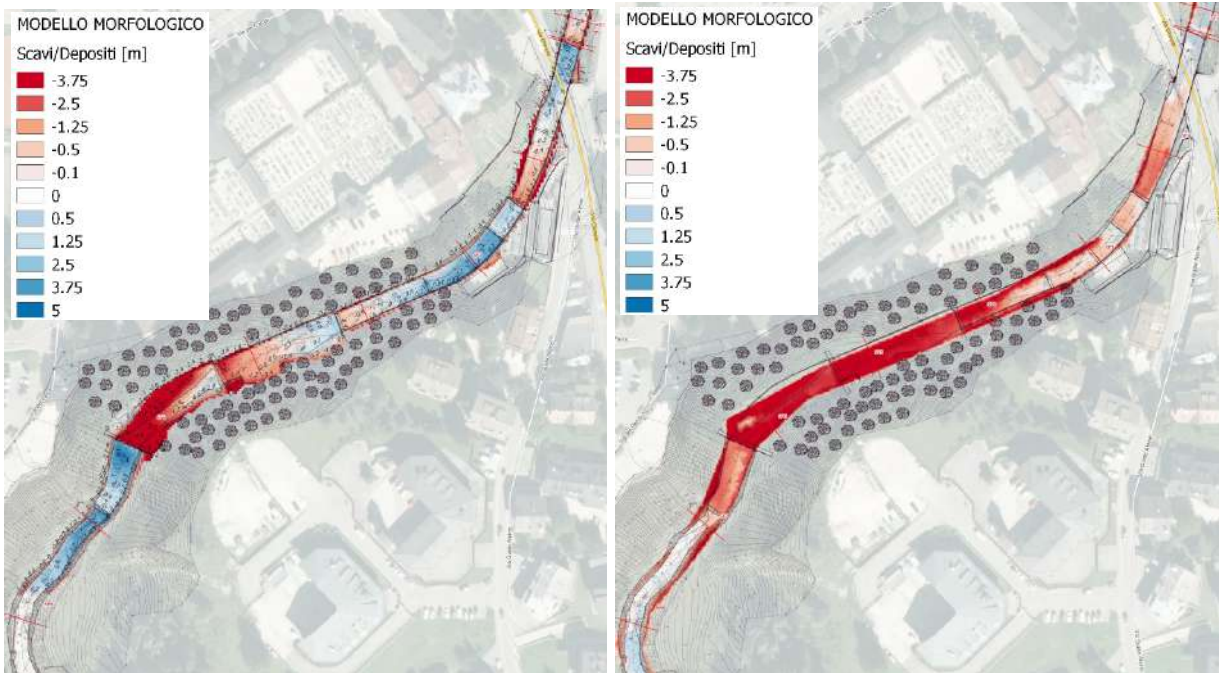


Figura 9.13 –Massime altezze e Scavi / depositi della colata di detrito per Tr 300 anni (a destra) e per il fenomeno di trasporto solido per tr 200 anni (a sinistra, evento maggiormanete gravoso tra quelli esaminati) – Tratto da Via Olimpia alla confluenza in Boite

10 CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha consentito di identificare i tratti del torrente Bigontina dall'abitato di Alverà fino alla confluenza nel torrente Boite che possono indurre situazioni di pericolo idraulico. In tali ambiti sono state formulate delle proposte di miglioramento della funzionalità del corso d'acqua finalizzate alla mitigazione del rischio rilevato.

Le soluzioni proposte vanno ad inserirsi in un insieme complessivo di interventi, tra cui la realizzazione di un sistema di opere finalizzate al trattenimento del materiale solido in arrivo a monte dell'abitato di Alverà, attualmente in corso di realizzazione.

In particolare, lo studio è stato sviluppato partendo dalle assunzioni riportate nella seguente tabella:

Topografia	La base topografica utilizzata per la modellazione dell'area di studio è stata costruita dall'unione del rilievo topografico realizzato da S.I.S.T.E.M. (2018) per conto del Genio Civile di Belluno a seguito dell'evento alluvionale di ottobre 2018, con il rilievo LIDAR del Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (cfr. Capitolo 3)
Granulometria	Tratto di Alverà – dati TESAF Tratto a valle di Alverà – indagini sui sedimenti condotte nel presente studio (cfr. Capitolo 2.5.2)
Idrologia	Colata detritica: In analogia con gli studi del TESAF, è stato utilizzato il debris-gramma sintetico relativo al tempo di ritorno pari a 300 anni, (portata al picco pari a 92.3 m ³ /s, volume solido totale pari a 20 300 m ³) Trasporto solido: si è calcolato con il modello morfologico l'idrogramma alla sezione di chiusura del Bacino in Boite per Tempo di ritorno pari a 200 anni (cfr. capitolo 4)
Studio di fenomeni di trasporto solido	Lo studio è stato condotto per mezzo del modello matematico bidimensionale a fondo mobile BASEMENT (cfr. capitolo 5.1) www.basement.ethz.ch
Studio di fenomeni di colata detritica	Lo studio è stato condotto per mezzo del modello matematico bidimensionale a fondo mobile TRENT 2D (cfr. capitolo 5.1) http://www.weezard.eu/

Alla luce delle analisi condotte è possibile concludere con le seguenti osservazioni:

1. Il bacino del torrente Bigontina è in grado di dare origine sia a fenomeni di trasporto solido che a fenomeni di colata detritica. Dalle analisi modellistiche condotte è emerso che la colata detritica è più rappresentativa dell'evento accaduto nell'Agosto 2017 in tutto il tratto di corso d'acqua analizzato.
2. I fenomeni di colata detritica inducono condizioni di rischio idraulico più gravose rispetto a quelle originate da fenomeni di trasporto solido dal nucleo urbano di Alverà fino al ponte di Via Olimpia, a Cortina d'Ampezzo. Nel tratto a valle del ponte di Via Olimpia alla confluenza nel torrente Boite, invece, il fenomeno di trasporto solido assume caratteristiche più severe.
3. Le aree maggiormente a rischio sono risultate essere il nucleo urbano di Alverà e l'abitato di Cortina d'Ampezzo dall'attraversamento della SS 51 "Alemagna" fino al ponte di Via Olimpia.

4. Per tali aree sono stati proposti due interventi di adeguamento della livelletta e della sezione di deflusso alle massime portate liquide e solide attese, tenendo conto dei vincoli planimetrici e altimetrici dovuti alla disponibilità delle aree ed alle interferenze con la rete viabilistica esistente.
5. Per le altre aree critiche individuate, è apparso opportuno operare tramite interventi diffusi di manutenzione straordinaria tesi alla stabilizzazione del fondo ed al rinforzo delle opere esistenti, generalmente realizzate nella prima metà del secolo scorso, senza apportare variazioni alla livelletta per non alterare la dinamica evolutiva del corso d'acqua.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2012) - Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione - Legge n. 267/98 e Legge n. 365/00;

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2000) – Progetto di Piano Stralcio per la Sicurezza idraulica del medio e basso corso del fiume Piave;

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (1996) – Quderno 1 – Legge 183 del 18 maggio 1989, Art. 23: Studi finalizzati alla redazione dei piani di bacino – Dimensionamento delle opere idrauliche. Parte II Capitolo 4 “Regionalizzazione delle precipitazioni estreme nel territorio dell’Autorità”.;

Bacchi B., Villi V. (2001): Valutazione delle piene nel Triveneto. CNR-GNDCI, Pubbl. n. 2511.

BROWNLIE W.R. (1981): Prediction of flow depth and sediment discharge in open channels. Report No. Kh-R-43A. W.M. Keck Lab. Caltec. USA.

Chanson H. (2004): The hydraulics of open channel flow – an introduction – Elsevier Butterworth Heinemann Editions

Comune di Forno di Zoldo (BL), 2011: PAT – Forno di Zoldo- Relazione geologica. Alpigeo Società Cooperativa.

D’Alpaos, Dal Prà (1997) Studio per la identificazione dei vincoli e degli aspetti critici sia idraulici che naturalistici, riguardanti le escavazioni potenziali dall’alveo del fiume Piave

Da Deppo L., C. Datei, P. Salandin (2001): Sistemazione dei corsi d’acqua - Edizioni Libreria Cortina;
HUNGR O., MORGAN G.C., KELLERHALS R. (1984): Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures. Canadian Geotechnical Journal, 21.

CAZORZI F., BINCOLETTO L. (2005): Modellazione dei processi idrologici. La prevenzione del rischio idrogeologico nei piccoli bacini montani della regione: esperienze e conoscenze acquisite con il progetto CatchRisk. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

CASAGLI N., L. ERMINI (1999): Geomorphic Analysis of Landslide Dams in the Northern Apennine. Transactions, Japanese Geomorphological Union 20-3, p. 219- 249 (1999). In CNR-GNDCI, “Forecast and Prevention of High Risk Slope Movements”. Publication CNR-GNDCI n.1892.

D’AGOSTINO V. (1996): Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino orientale. “Scritti dedicati a Giovanni Tournon”, Associazione Italiana di Ingegneria Agraria.

D’AGOSTINO V. (2001). Elementi per la progettazione delle briglie aperte. Atti del Corso Università Europea d’estate sui rischi naturali, sessione 2001 “rischi torrentizi”, Briancon, Hautes Alpes, France.
FERRO V. (2002). La sistemazione dei bacini idrografici. McGraw-Hill, Milano.

GABRIELE S., IIRITANO G. (1994). Alcuni aspetti teorici ed applicativi nella regionalizzazione delle piogge con il metodo TCEV, GNDCI. Linea 1 U.O. 1.4 Pubblicazione n. 1089, Rende.

GIANDOTTI M. (1937). Idrologia della bonifica integrale. Biblioteca della bonifica integrale, Firenze.

GREGORETTI C. (2001): Stima della velocità massima del fronte di una colata detritica che si propaga in un alveo torrentizio. Quaderni di Idronomia Montana, 19/1, Bios, Cosenza.

GREGORETTI C., MALTAURO A., LANZONI S. (2010). Laboratory Experiments on the Failure of Coarse Homogeneous Sediment Natural Dams on a Sloping Bed. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*, Vol. 136, No. 11, November 1, 2010.

Hosking J.R.M., J.R. Wallis, E.F. Wood (1985): Estimation of the Generalized Extreme-Value Distribution by the Method of Probability-Weighted Moments. *Technometrics*, 27 (3), 251-261.

MARCHI L., V. D'AGOSTINO (2003): Geomorphological estimation of debris flow volume in alpine basins. *Debris-flow hazards mitigation: mechanics, prediction and assessment*. Rickenmann & Chen (eds). Millpress, Rotterdam, ISBN 9077017 78x, pp. 1097-1106.

NASH J.E. (1957). The form of the instantaneous unit hydro-graph. *IAHS Publ. N.42*, 1379-1394.

NRCS (1997). *Ponds-Planning, Design, Construction*. Agriculture Handbook No 590. U.S. Natural Resources Conservation Service, Washington D.C., 1997.

Pirocchi, A. (1991). *Laghi di sbarramento per frana nelle Alpi: tipologia ed evoluzione*. Tesi di dottorato inedita, Pavia, 155pp.

Puglisi S. e P. Zanframundo (1978). Osservazioni idrologiche in piccoli bacini del subappennino dauno. *Giornale del Genio Civile*.

SHERMAN L. K. (1932). Streamflow from rainfall by unit-graph method. *Engineering news records*. n.108, pp.501-505.

Smart G.M., Jaeggi M.N.R. (1983): Sediment transport on steep slopes. *Mitt. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zürig, Switzerland*, 64.

SOIL CONSERVATION SERVICE (1972). *National engineering handbook, Section 4: Hydrology*. US Department of Agriculture, Washington.

VIPARELLI C. (1963). Ricostruzione dell'idrogramma di piena. *L'Energia elettrica*, n.6, pp. 421-428.



Studio API

Associazione Professionale Ingegneri

Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL) tel. e fax 0439 302404

email info@studioapi.it web www.studioapi.it CF E P.IVA 00752840256



Studio API
Associazione Professionale Ingegneri
Viale Pedavena 46 - 32032 Feltre (BL) tel. e fax 0439 302404
email info@studioapi.it web www.studioapi.it CF E P.IVA 00752840256

APPENDICE A – ANALISI GRANULOMETRICHE



Rapporto di Prova n.

1046-01/19

Data

29.07.2019

Oggetto Prove Geotecniche di laboratorio su campione di sedimento fluviale consegnato dalla Richiedente in data 11.07.2019.**Richiedente** Studio API
Via Pedavena, 46 - 32032 Feltre (BL)**Impresa
esecutrice****ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)****Campione** 1) Campione siglato: B1
In prova**Data del prelievo** 11.07.2019**Inizio prova:** 18.07.2019**Fine prova:** 19.07.2019Massa totale M_1 [g] = 7812Massa lavata M_2 [g] = 7331

Materiale sul recipiente di fondo P [g] = 21

Vagli [mm]	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	6,3	8	10	12,5	14	16	20	31,5	40	63	80	
Massa trattenuta [g]	64	94	85	102	279	615	760	497	559	545	309	448	607	1076	653	617	0	0	
Percentuale trattenuta [%]	0,8	1,2	1,1	1,3	3,6	7,9	9,7	6,4	7,2	7,0	4,0	5,7	7,8	13,8	8,4	7,9	0,0	0,0	
Percentuale passante [%]	6,4	7,2	8,4	9,5	10,8	14,4	22,3	32,0	38,4	45,5	52,5	56,5	62,2	70,0	83,7	92,1	100,0	100,0	

Contenuto dei fini f [%] = 6,4

NoteSperimentatore
dott. Giuseppe LottaIl Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto ForcolinDirettore del Laboratorio
dott. geol. Simone Mercanzin



Rapporto di Prova n.

1046-01/19

Data

29.07.2019

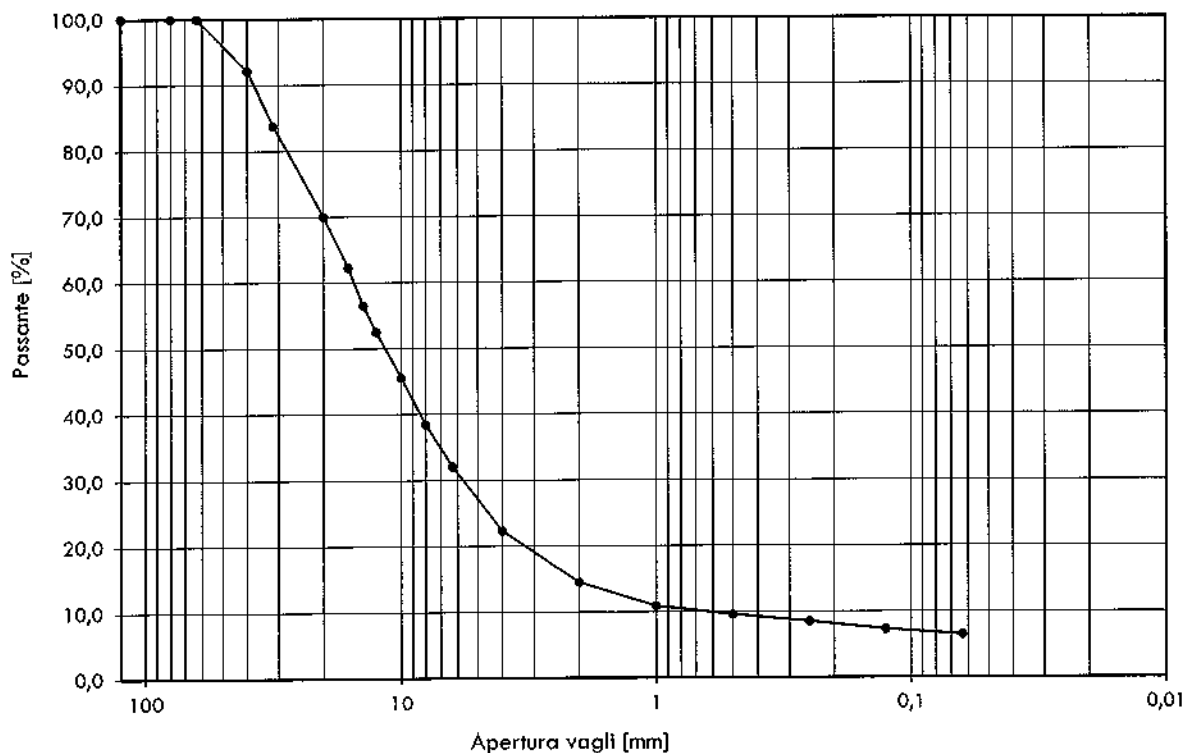
ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)

Rappresentazione grafica

Campione 1) Campione siglato: B1
In prova

Data del prelievo 11.07.2019

Inizio prova: 18.07.2019 Fine prova: 19.07.2019



Note I risultati di prova del presente documento si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova.
E' vietata la riproduzione anche parziale del presente documento senza autorizzazione di GeoFormula S.r.l.

Sperimentatore
dott. Giuseppe Lotta

Il Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto Forcolin

Direttore del Laboratorio
dott. geol. Simone Meranzin



Rapporto di Prova n.

1047-01/19

Data

29.07.2019

Oggetto Prove Geotecniche di laboratorio su campione di sedimento fluviale consegnato dalla Richiedente in data 11.07.2019.**Richiedente** Studio API
Via Pedavena, 46 - 32032 Feltre (BL)**Impresa
esecutrice****ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)****Campione
in prova** 1) Campione siglato: B2**Data del prelievo** 11.07.2019**Inizio prova:** 22.07.2019 **Fine prova:** 23.07.2019Massa totale M_1 [g] = 8264Massa lavata M_2 [g] = 8159

Materiale sul recipiente di fondo P [g] = 3

Vagli [mm]	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	6,3	8	10	12,5	14	16	20	31,5	40	63	80	
Massa trattenuta [g]	29	40	65	127	398	965	947	612	604	529	372	381	640	1402	507	538	0	0	
Percentuale trattenuta [%]	0,4	0,5	0,8	1,5	4,8	11,7	11,5	7,4	7,3	6,4	4,5	4,6	7,7	17,0	6,1	6,5	0,0	0,0	
Percentuale passante [%]	1,3	1,7	2,1	2,9	4,5	9,3	21,0	32,4	39,8	47,1	53,5	58,0	62,6	70,4	87,4	93,5	100,0	100,0	

Contenuto dei fini f [%] = 1,3

NoteSperimentatore
dott. Giuseppe LottaIl Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto ForcollinDirettore del Laboratorio
dott. geol. Simone Mercanzin

Pag. 1 di 2



Rapporto di Prova n.

1047-01/19

Data

29.07.2019

ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)

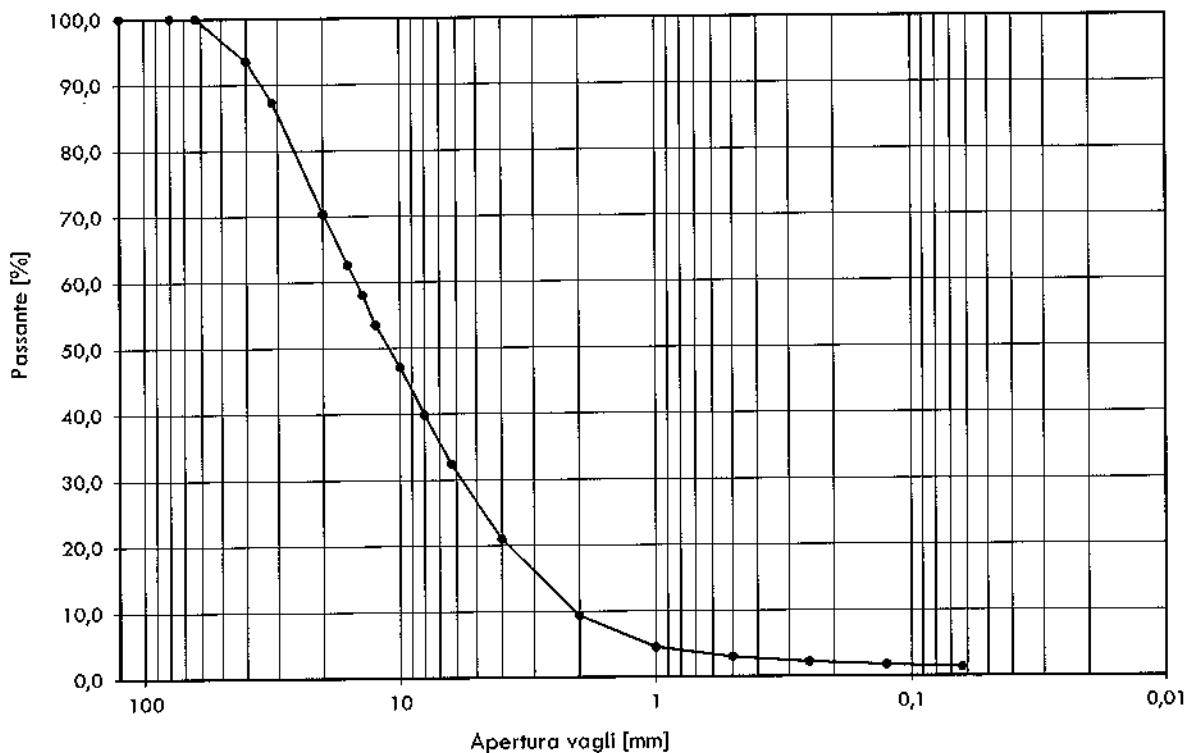
Rappresentazione grafica

Campione 1) Campione siglato: B2
In prova

Data del prelievo 11.07.2019

Inizio prova: 22.07.2019

Fine prova: 23.07.2019



Note

I risultati di prova del presente documento si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova.
E' vietata la riproduzione anche parziale del presente documento senza autorizzazione di Geoformula S.r.l.

Sperimentatore
dott. Giuseppe Lotta

Il Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto Forcolin

Direttore del Laboratorio
dott. geol. Simone Mercanzin



Rapporto di Prova n.

1048-01/19

Data

29.07.2019

Oggetto Prove Geotecniche di laboratorio su campione di sedimento fluviale consegnato dalla Richiedente in data 11.07.2019.**Richiedente** Studio API
Via Pedavena, 46 - 32032 Feltre (BL)**Impresa
esecutrice****ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)****Campione in prova** 1) Campione siglato: B3**Data del prelievo** 11.07.2019**Inizio prova:** 22.07.2019 **Fine prova:** 23.07.2019Massa totale M_1 [g] = 12013Massa lavata M_2 [g] = 11541

Materiale sul recipiente di fondo P [g] = 19

Vagli [mm]	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	6,3	8	10	12,5	14	16	20	31,5	40	63	80	
Massa trattenuta [g]	97	200	479	599	776	1111	1020	530	529	514	271	267	585	920	613	1742	1268	0	
Percentuale trattenuta [%]	0,8	1,7	4,0	5,0	6,5	9,2	8,5	4,4	4,4	4,3	2,3	2,2	4,9	7,7	5,1	14,5	10,6	0,0	
Percentuale passante [%]	4,1	4,9	6,6	10,6	15,5	22,0	31,2	39,7	44,2	48,6	52,8	55,1	57,3	62,2	69,8	74,9	89,4	100,0	

Contenuto dei fini f [%] = 4,1

NoteSperimentatore
dott. Giuseppe LottaIl Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto ForcolinDirettore del Laboratorio
dott. geol. Simone Mercanzin

Pag. 1 di 2



Rapporto di Prova n.

1048-01/19

Data

29.07.2019

ANALISI GRANULOMETRICA (UNI EN 933-1)

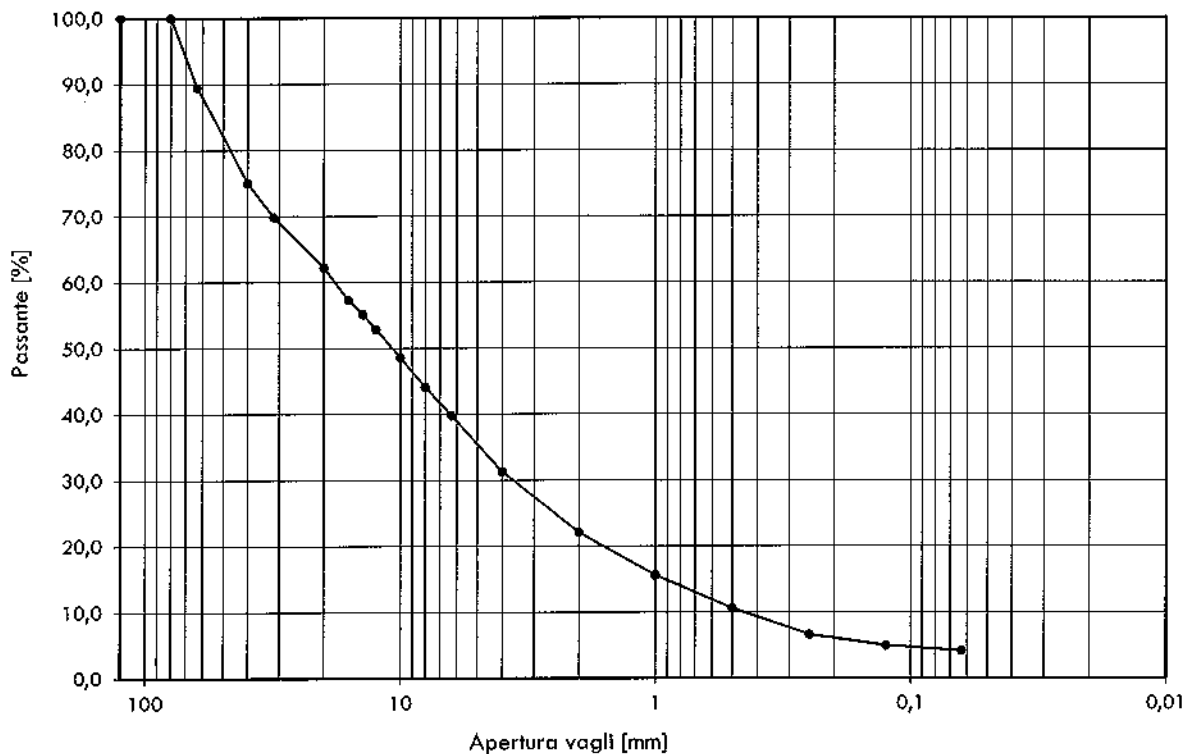
Rappresentazione grafica

Campione 1) Campione siglato: B3
In prova

Data del prelievo 11.07.2019

Inizio prova: 22.07.2019

Fine prova: 23.07.2019



Note I risultati di prova del presente documento si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova.
E' vietata la riproduzione anche parziale del presente documento senza autorizzazione di Geoformula S.r.l.

Sperimentatore
dott. Giuseppe Lotta

Il Responsabile del Laboratorio
dott. Alberto Forcolin

Direttore del Laboratorio
dott. geol. Simone Mercanzin

5 ALLEGATO 2: MODELLO MONODIMENSIONALE

Per effettuare le elaborazioni idrauliche è stato utilizzato il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) versione 6.1.0, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Esso consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente vario, in reti di canali naturali o artificiali.

Con tale codice di calcolo possono essere simulate condizioni di moto subcritico (corrente lenta), supercritico (corrente veloce) e misto, e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, briglie e salti di fondo, paratoie, brevi condotti in pressione, tombini, ponti, ostacoli al flusso e costruzioni edificate nelle zone golenali.

Il modello dispone di una interfaccia grafica che facilita le operazioni di definizione della geometria del problema, dei parametri di calcolo e dell'analisi dei risultati esprimibili sia in termini di tabelle che di grafici. Questi ultimi includono la visualizzazione del tirante idrico relativo a ciascuna sezione, la visualizzazione dei profili di moto permanente (con l'indicazione del pelo libero, dei limiti arginali, della quota della linea dell'energia, ecc...) e grafici in prospettiva tridimensionali che consentono di evidenziare le aree soggette ad inondazione nelle differenti condizioni idrometriche.

La corrente viene suddivisa in estesi tratti ove essa si può ritenere gradualmente variata (e l'alveo pressoché prismatico) collegati da brevi tratti ove essa è rapidamente variata per effetto di rilevanti variazioni geometriche della sezione prodotte da ponti, tombini, soglie e briglie.

Tronchi di corrente gradualmente variata

Nei tratti di corrente gradualmente variata il profilo liquido si calcola correlando l'energia della corrente in varie sezioni successive con l'equazione differenziale :

$$dH/ds = - J \quad [1]$$

in cui:

$H = z_0 + h + \alpha V^2 / 2g$ è il carico totale della corrente nella sezione avente quota di fondo assoluta z_0 , tirante idrico h e velocità media V sulla sezione; α è il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica e g l'accelerazione di gravità;

J è la "cadente" che rappresenta la perdita di carico continua per unità di peso e di percorso nei tronchi.

Per valutare la cadente J si fa uso della formula di Manning definendo dapprima la capacità di portata dell'alveo :

$$K = A R^{2/3} / n$$

dove A è l'area della sezione trasversale della corrente, R il raggio idraulico e n il coefficiente di scabrezza e quindi:

$$J = Q^2 / K^2$$

La definizione di $K(h)$ presume di trattare l'intera corrente come omogenea nella sezione trasversale assumendo:

$$A = A(h) \quad R = R(h)$$

Questa schematizzazione non appare molto appropriata per descrivere i casi in cui il flusso interessa, oltre che l'alveo di magra, caratterizzato da un coefficiente di scabrezza tipico per gli alvei naturali, considerevoli porzioni di zona golenale ove il moto è controllato da una scabrezza certamente assai maggiore.

È opportuno dunque definire la capacità di portata dell'alveo come somma del contributo di tre correnti "parallele" con caratteristiche cinematiche diversificate: quella che scorre nell'alveo di magra/morbida con area bagnata A_a e portata Q_a , quella fluente in zona golenale con area bagnata A_g e portata Q_g e quella che interessa l'area coltivata invasa dalle acque con area bagnata A_c e portata Q_c , soggette alla stessa cadente piezometrica J , sicché:

$$Q = Q_a + Q_g + Q_c = (K_a + K_g + K_c) J^{1/2} = K J^{1/2}$$

onde :

$$K = K_a + K_g + K_c = A_a R_a^{2/3} / n_a + A_g R_g^{2/3} / n_g + A_c R_c^{2/3} / n_c$$

$$A = A_a + A_g + A_c$$

In modo congruente si definisce il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica della corrente α mettendo in conto le diverse velocità nei tre filoni, con l'espressione :

$$\alpha = A^2 K^{-3} (K_a^3 A_a^{-2} + K_g^3 A_g^{-2} + K_c^3 A_c^{-2})$$

Il bilancio energetico per un generico tronco di corrente gradualmente variata compreso tra le ascisse curvilinee s_1 e s_2 si ottiene integrando l'equazione differenziale [1] :

$$H_1 = H_2 + J_{med} Ds \quad (Ds = s_2 - s_1)$$

la perdita di carico media J_{med} nel tronco si valuta come media pesata dei valori corrispondenti ai livelli di estremità:

$$J_{med} = q J_1 + (1 - q) J_2$$

intendendo $H_1 = H(h_1)$, $J_1 = J(h_1)$, ecc. Si assume $q=0.5$.

Si ha in definitiva per il generico tronco:

$$H_1 - q Ds J_1 = H_2 + (1 - q) Ds J_2$$

Se la corrente è subcritica il calcolo procede dalla sezione di valle ove deve essere assegnata la condizione al contorno, verso monte per tronchi successivi: nella espressione precedente, applicata ricorsivamente a tutti i tronchi, dunque, si ritengono sempre note le condizioni idrometriche della corrente nella sezione 2 (di valle) e si devono ricavare quelle della sezione 1 (di monte).

Posto:

$$H = z_o + h + \alpha V^2 / 2g = z_o + h + \alpha Q^2 / 2g A^2$$

$$J = Q^2 / K^2$$

si ha:

$$h_1 + \alpha Q^2 / 2g A(h_1)^2 - Ds/2 Q^2 / K(h_1)^2 = H_2 + Ds/2 J_2 - z_{o1}$$

In questa espressione il secondo membro è una quantità nota.

Risolvendo questa equazione implicita con il metodo di bisezione si ricava h_1 e quindi tutte le variabili idrometriche della corrente nella sezione di monte.

Qualora nessuna soluzione esista nel campo delle correnti subcritiche si pone nella sezione 1 l'altezza critica per proseguire il calcolo.

Ripetendo il procedimento per ogni tronco si ricava il profilo di corrente.

Se la corrente è supercritica, si applica lo stesso algoritmo procedendo da monte (ove deve essere assegnata la condizione al contorno) verso valle.

Il livello idrico nei tratti prismatici è dunque controllato essenzialmente dai valori dei coefficienti di scabrezza che compaiono nella definizione della capacità di portata dell'alveo.

Tronchi di corrente rapidamente variata

Nei tronchi sede di ponti, tombini o altre strutture che provocano effetti localizzati le condizioni idrometriche di monte si correlano con quelle di valle tramite relazioni empiriche appropriate tratte dalla letteratura tecnica.

Ai fini della simulazione numerica, la sezione in cui è localizzato il ponte viene trattata nel modo di seguito descritto.

Nella sezione del ponte si inseriscono gli ingombri geometrici delle pile e delle spalle del ponte; la geometria reale viene schematizzata con una idraulicamente equivalente, ove gli ingombri delle singole pile vengono assemblati in un numero ridotto di sagome. Questa operazione viene fatta separatamente per le zone di alveo, golena e coltivo.

PROGETTAZIONE ATI:

Alla stessa ascissa della sezione predetta si posizionano una sezione di monte (identificata dal suffisso 'm') e una sezione di valle (identificata dal suffisso 'v') con lo stesso contorno bagnato, che differiscono dalla sezione del ponte solo per l'assenza dell'ingombro delle pile/spalle.

Queste due sezioni convenzionali di monte e di valle delimitano il tronco, che ha lunghezza trascurabile, in cui è localizzata la variazione della geometria.

La sezione del ponte con gli ingombri delle pile/spalle entra soltanto nel calcolo delle perdite localizzate che, appunto, da tali ingombri sono causate.

Pertanto, nel risultato finale, in corrispondenza della sezione del ponte, saranno riportati alla stessa ascissa i tre livelli corrispondenti, nell'ordine, alla sezione immediatamente a monte ('m'), a quella del ponte con gli ingombri di pile/spalle, e a quella immediatamente a valle ('v').

Il rigurgito dei ponti può essere valutato con metodologie diverse.

Formula di Yarnell

Nel breve tronco in cui è localizzato il ponte la differenza tra il livello di monte e quello di valle ($Z_m - Z_v$) può essere calcolata con la formula di Yarnell dedotta da una estesa informazione sperimentale relativa a sezioni di forma rettangolare.

Si deve distinguere tra la situazione in cui la contrazione non è così forte da produrre la sezione di controllo tra le pile (di 'classe A' nella terminologia di Yarnell) e il caso in cui tale situazione si verifica (di 'classe B').

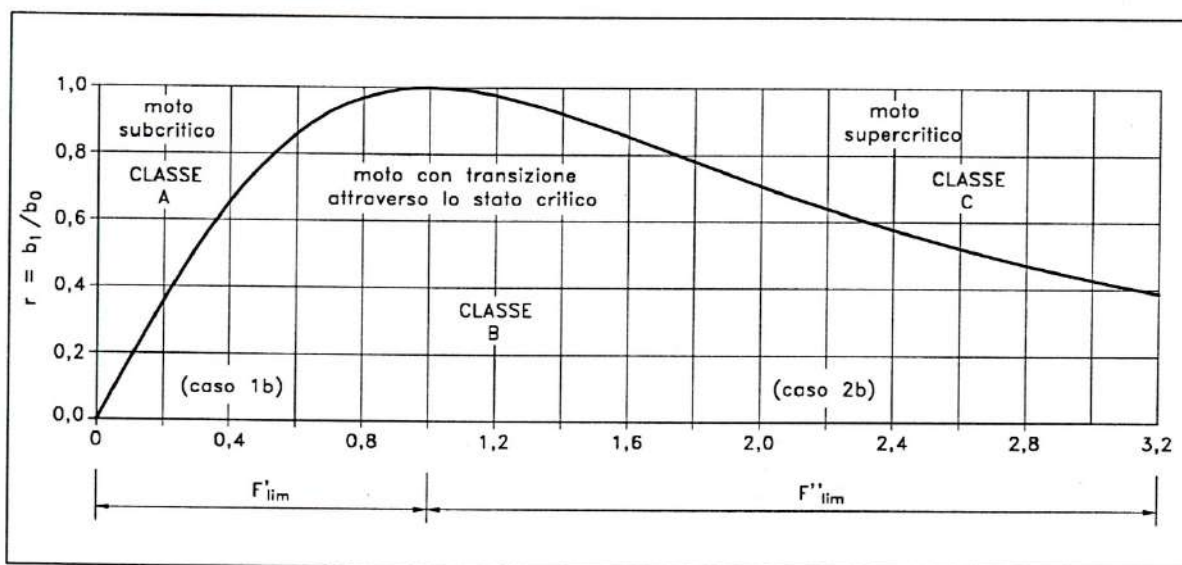


Figura 5.1 : Classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Si calcola preventivamente il rapporto di contrazione $r = b_1/b_0$ e si confronta con il rapporto di contrazione limite r_{lim} discriminante tra le classi 'A' e 'B' definito dall' espressione:

$$r_{lim}^2 = 27 \frac{F^2}{(2 + F^2)^3}$$

Se il rapporto di contrazione r risulta minore di r_{lim} il problema é di classe 'B' e il livello di monte si ottiene dal valore dell'energia nella sezione di monte posta pari a quella critica che si stabilisce tra le pile incrementata di una perdita di carico in contrazione pari a circa 1/3 del termine cinetico critico.

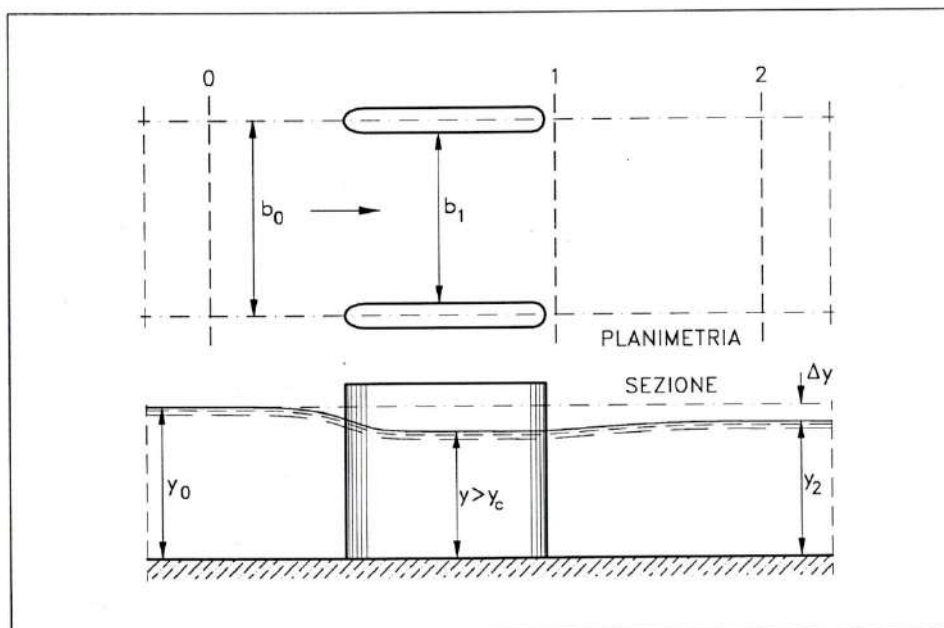


Figura 5-2: deflusso attraverso le pile di un ponte senza transizione – classe A (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Per il problema di 'classe A' la formula di Yarnell esprime l'entità del rigurgito (Δy) in funzione del tirante idrico di valle (y_2), del rapporto di ingombro del ponte ($z = 1 - r$), di un coefficiente di forma della pila (K_Y) e del numero di Froude ($F = V/\sqrt{gA/B}$) della corrente nella sezione di valle (F_2) con l'espressione:

$$\frac{\Delta y}{y} = K_Y (K_Y - 0.6 + 5F_2^2) (z + 15z^4) F_2^2$$

Il coefficiente di forma K_Y assume valori che vanno da 1.25 per pile non arrotondate a valori dell'ordine di 0.9 per pile arrotondate con vari profili (vedi Figura 5-3).

Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo α diverso da 0, i valori di Δy devono essere moltiplicati per il coefficiente 1.3 per $\alpha = 10^\circ$ e 2.3 per $\alpha = 20^\circ$.

forma della pila	K_Y
	1,25
	1,05
	1,05
	0,95
	0,90

Figura 5-3: coefficienti di forma delle pile dei ponti (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

PROGETTAZIONE ATI:

Formula di Rehbock

In base alla formula di Rehbock, l'espressione del rigurgito è:

$$\Delta y = K_R (1 - r) \frac{v_2^2}{2g}$$

dove K_R è un coefficiente di forma pari a 1 per pile a rostri arrotondati e 2 per pile a spigoli vivi.

Bilanci di energia (e-b) e di spinta totale (e-s)

Si distinguono, in corrispondenza dei ponti, il tratto tra la sezione di monte (M) e quella delle pile (P), in cui la corrente accelera, e quello tra questa sezione (P) e quella di valle (V) in cui la corrente rallenta.

Nel tratto M-P si impone il bilancio energetico conteggiando le perdite di carico in contrazione come una frazione del termine cinetico in P valutata in ragione del raccordo delle pile:

$$H_M = H_P + I \frac{v_P^2}{2g}$$

Nel tratto P-V si può ancora imporre il bilancio energetico valutando le perdite di rallentamento con l'espressione di Borda (schema e-b):

$$H_P = H_V + I \frac{(v_P - v_V)^2}{2g}$$

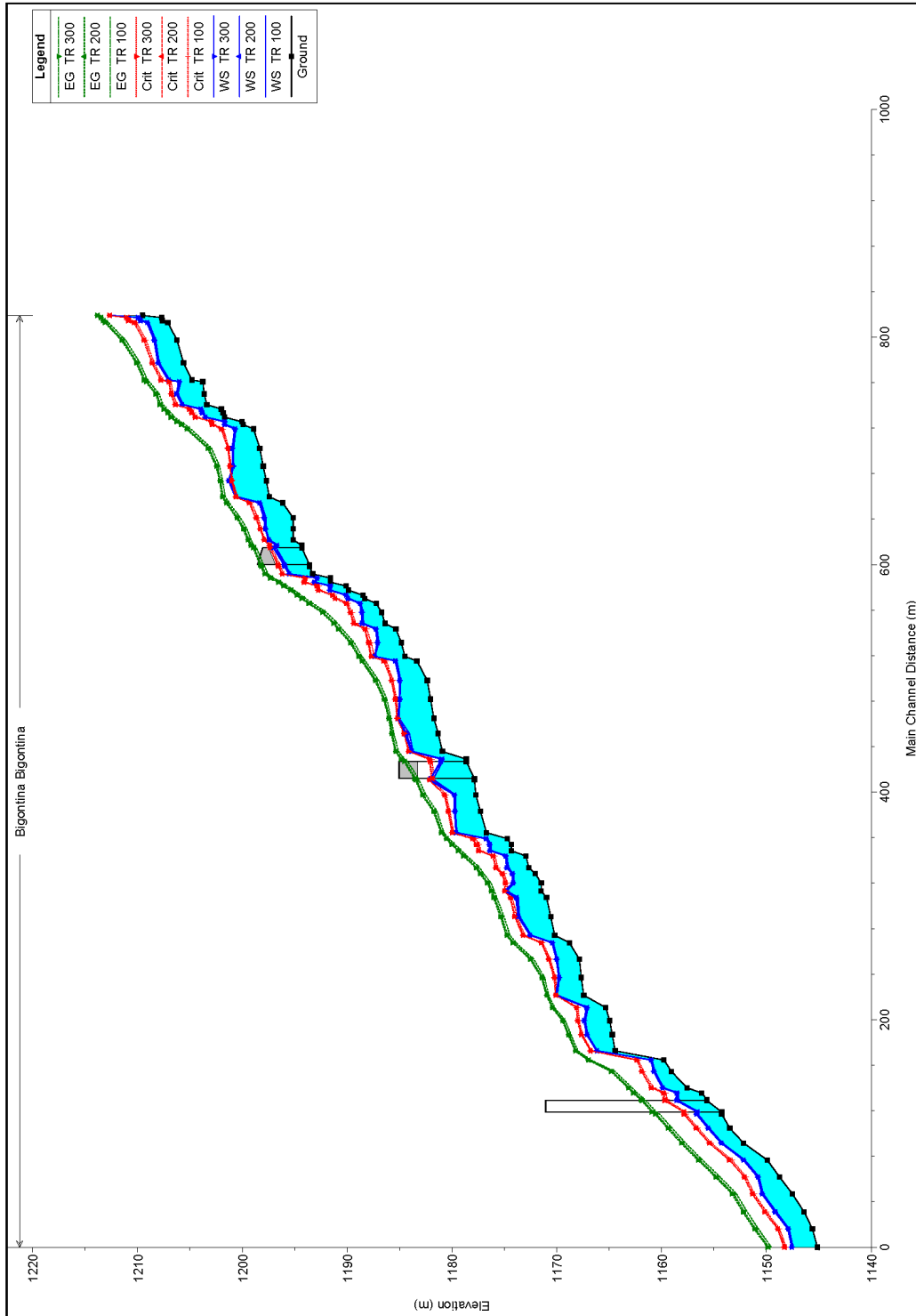
oppure si può, in alternativa, imporre l'invarianza della spinta totale tra le sezioni P e V utilizzando la geometria della sezione V per valutare la spinta idrostatica nella sezione P (schema e-s).

La scelta dello schema di rappresentazione degli effetti di rigurgito può essere effettuata con appropriata analisi di sensitività: gli schemi e-b e e-s, più elaborati, hanno comunque, a priori, il vantaggio di essere applicabili a sezioni non sensibilmente rettangolari.

6 ALLEGATO 3: MODELLO IDRAULICO PONTE SUL TORRENTE BIGONTINA

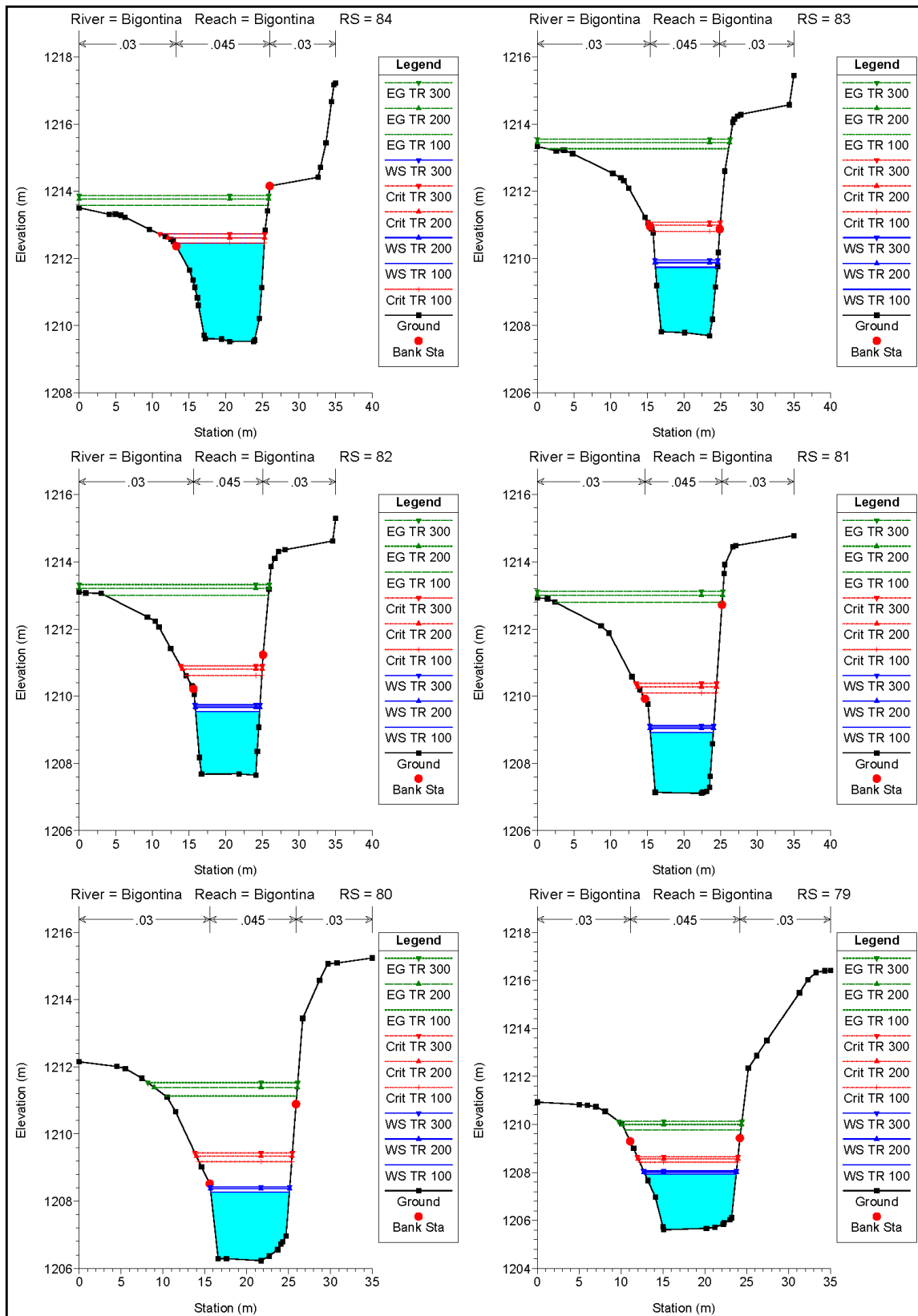
Modello condizioni ante interventi "Progetto UOFE 058 Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite"

Profilo

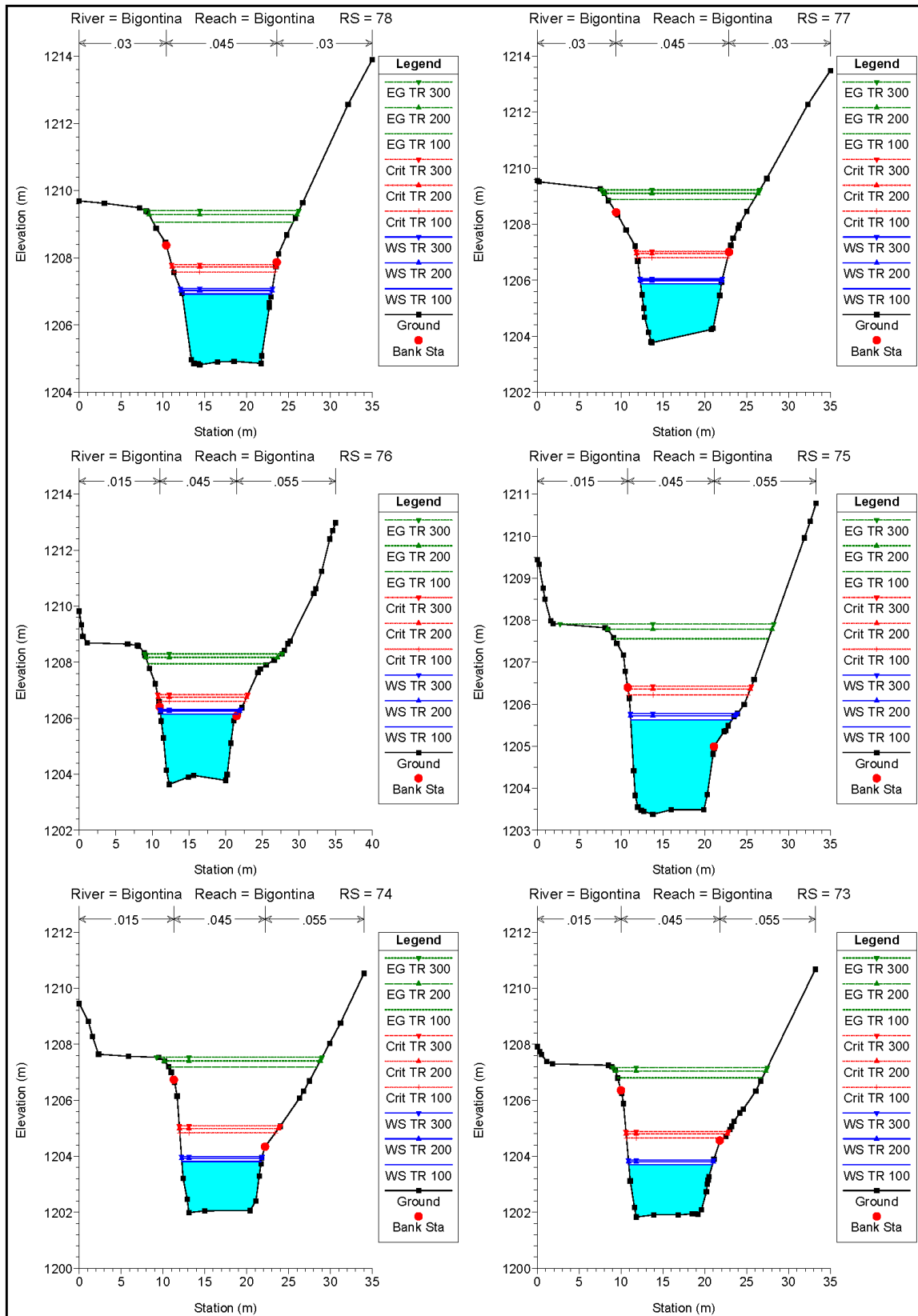


PROGETTAZIONE ATI:

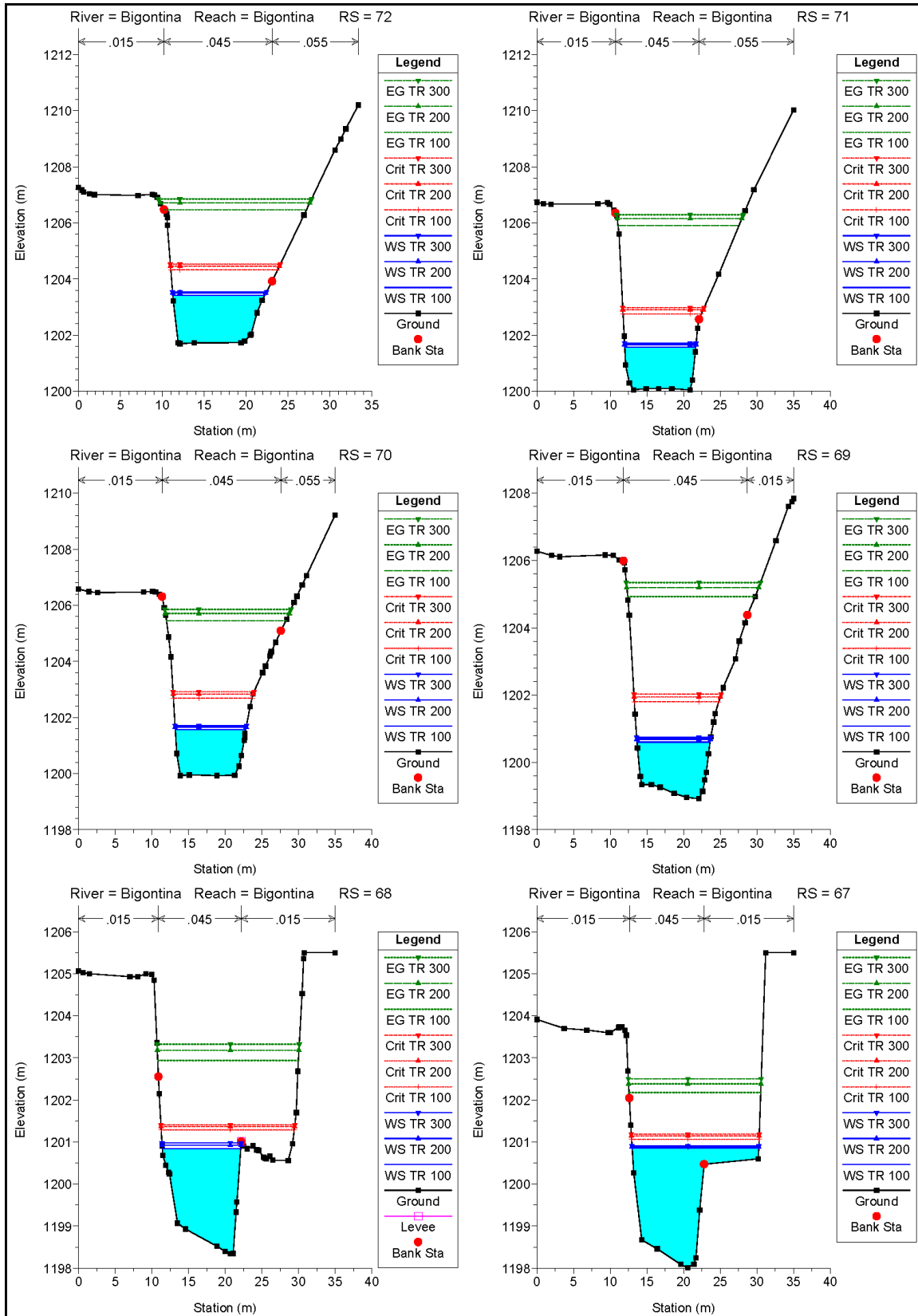
Sezioni



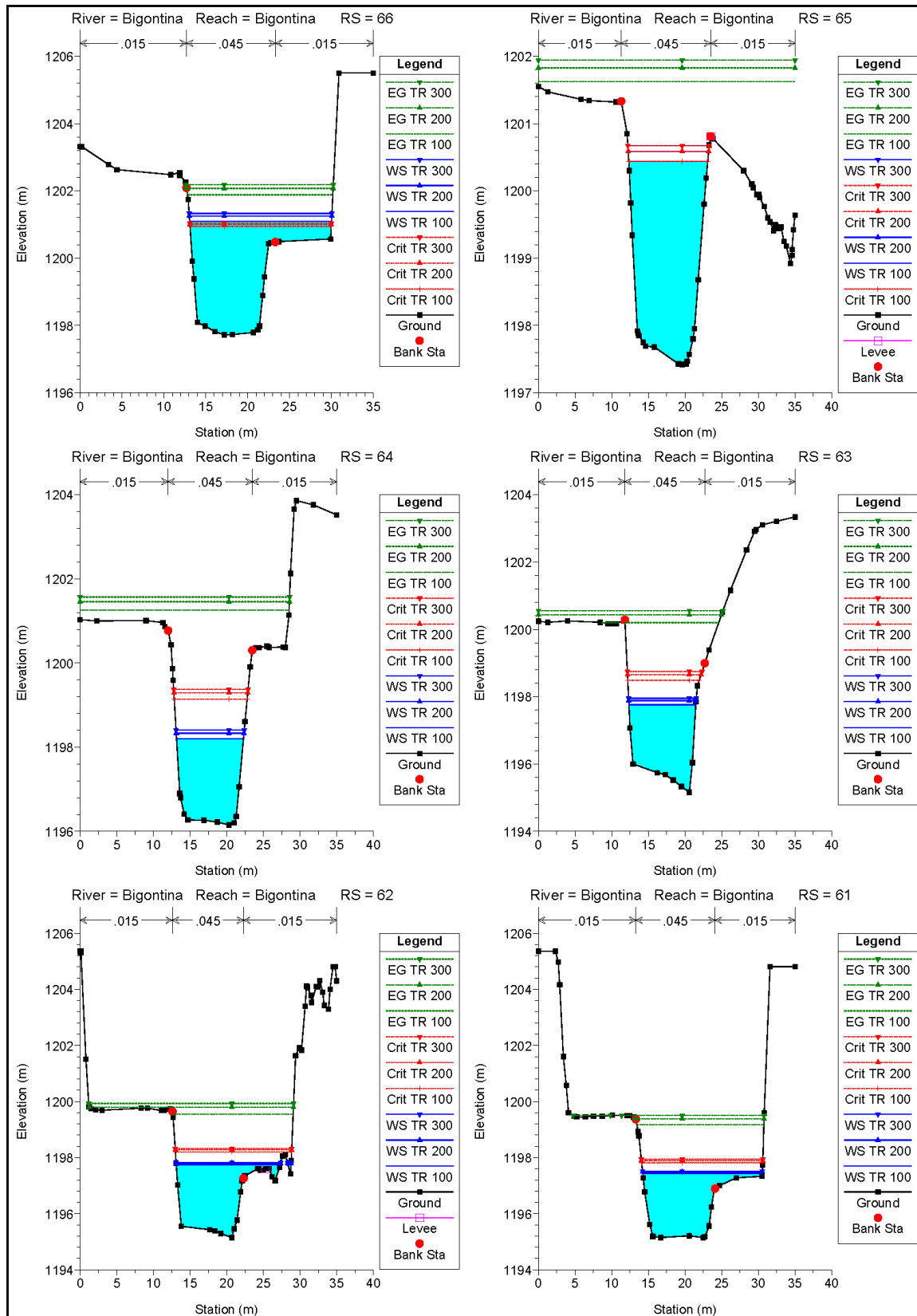
PROGETTAZIONE ATI:



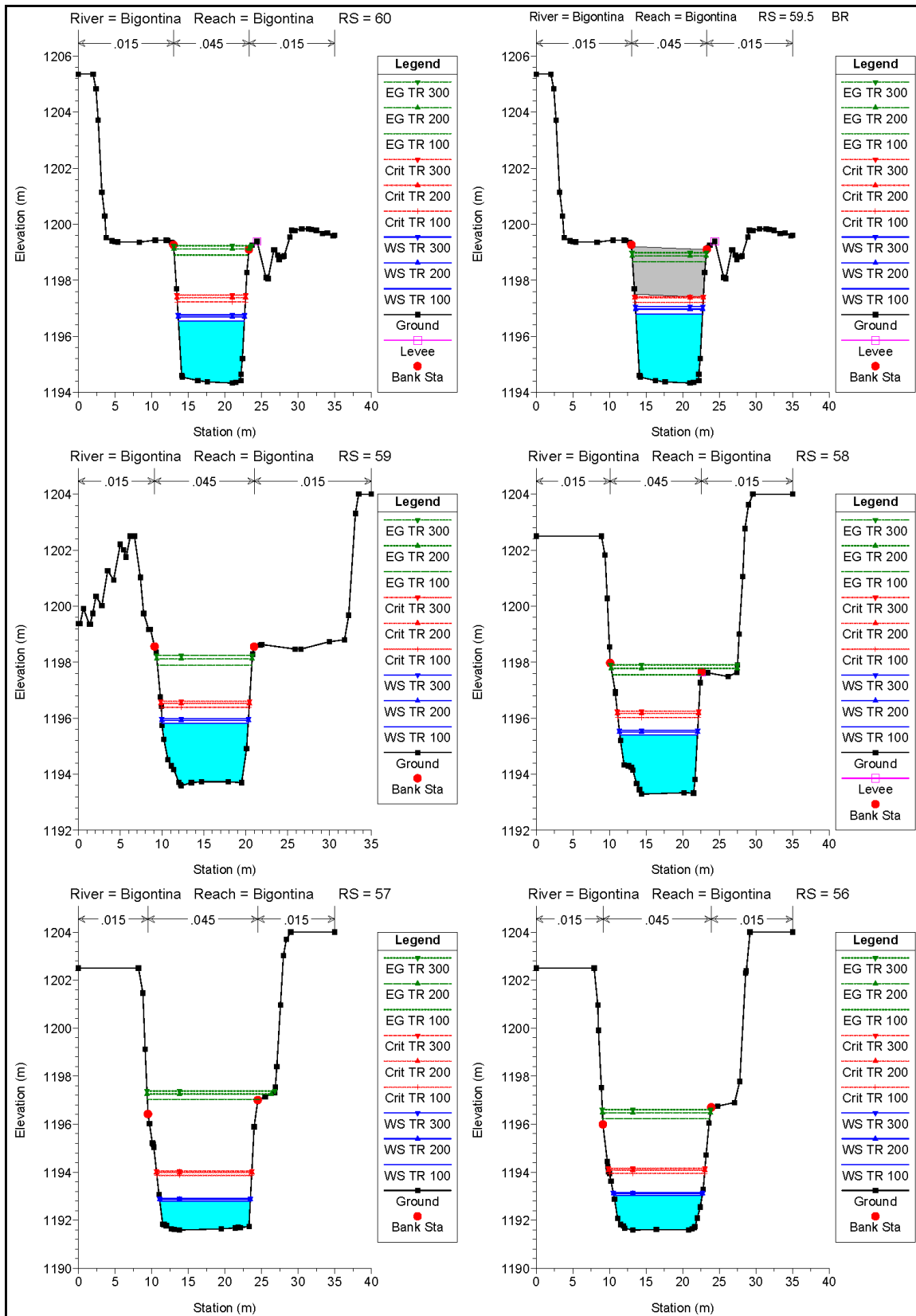
PROGETTAZIONE ATI:



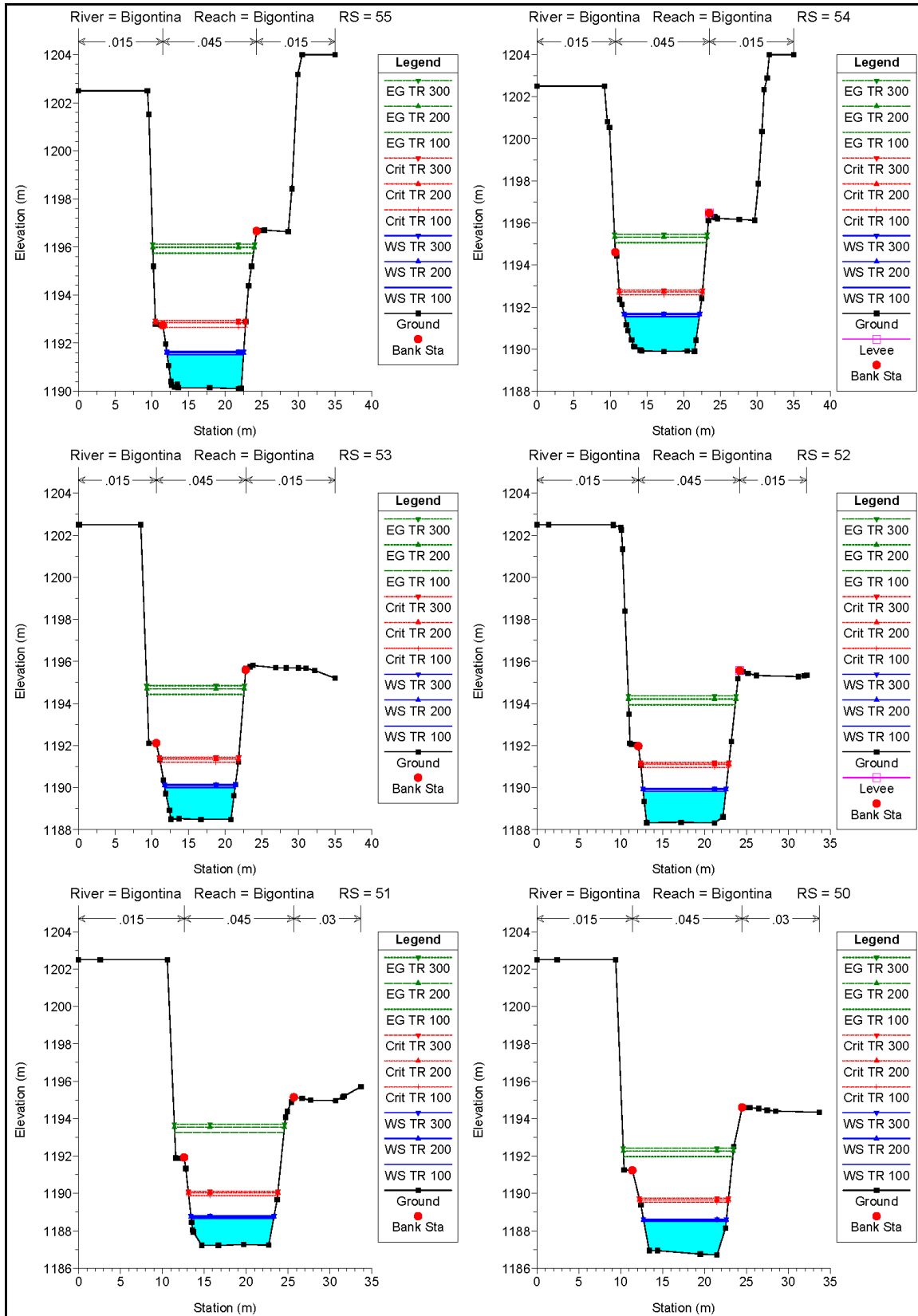
PROGETTAZIONE ATI:



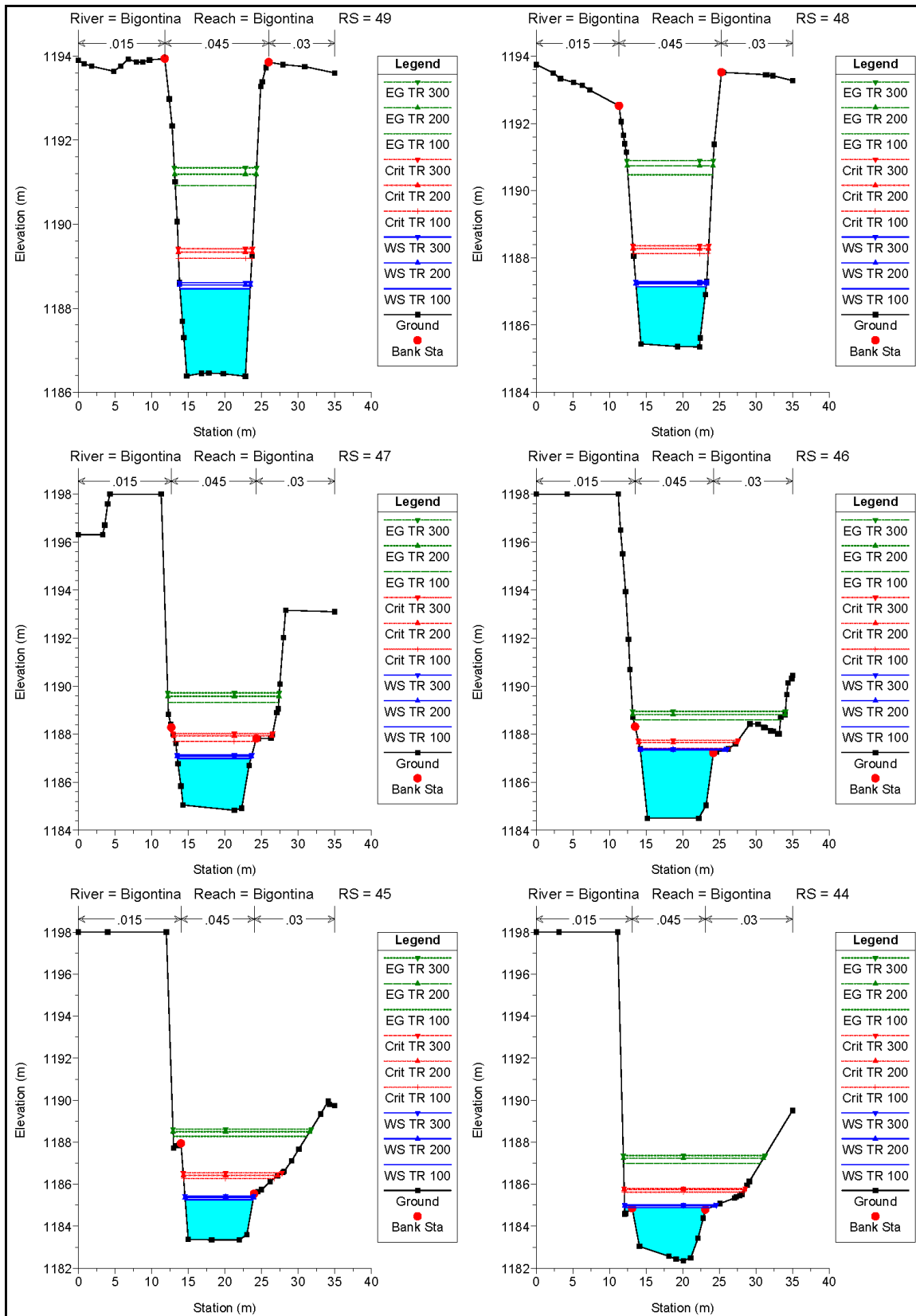
PROGETTAZIONE ATI:



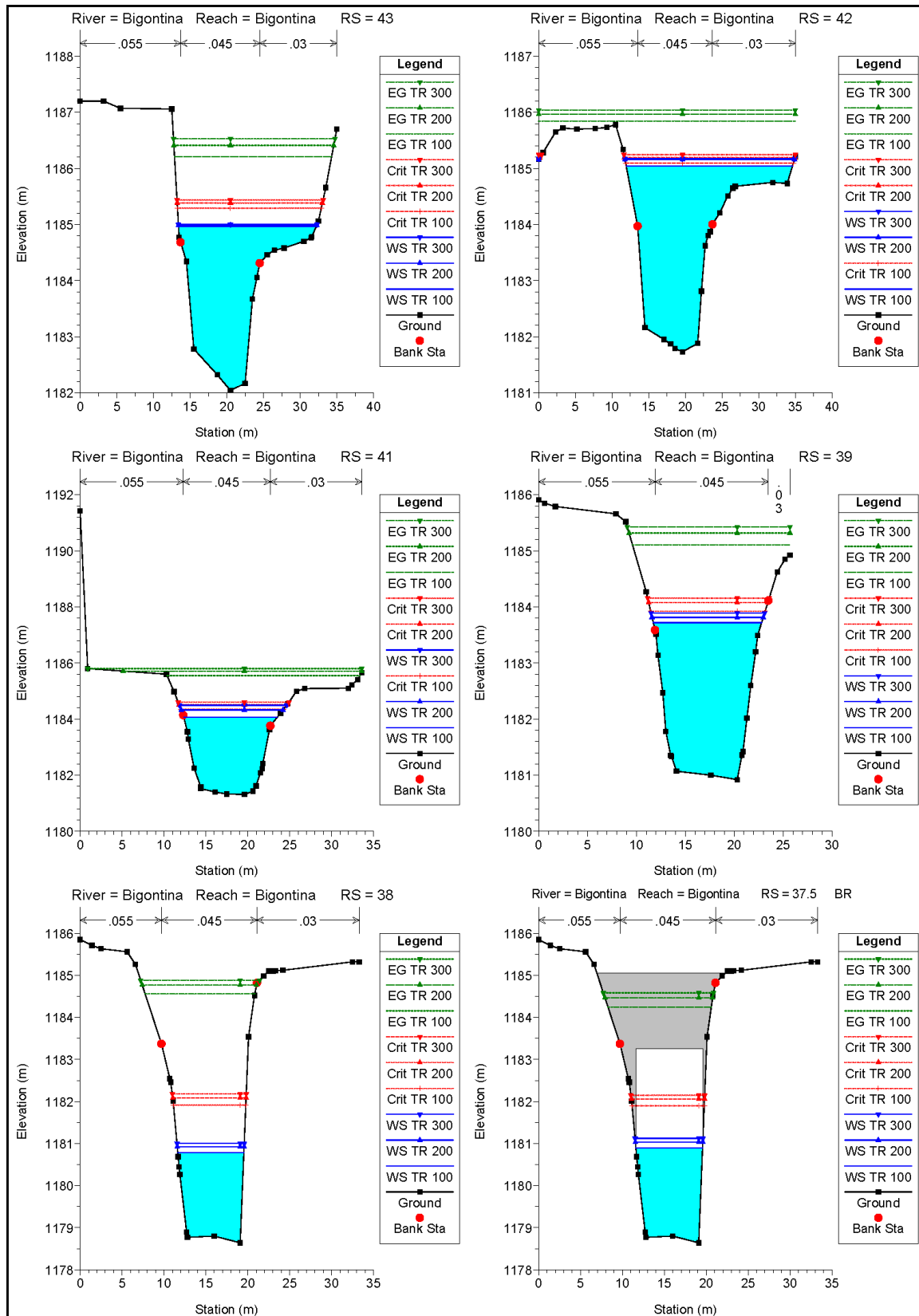
PROGETTAZIONE ATI:



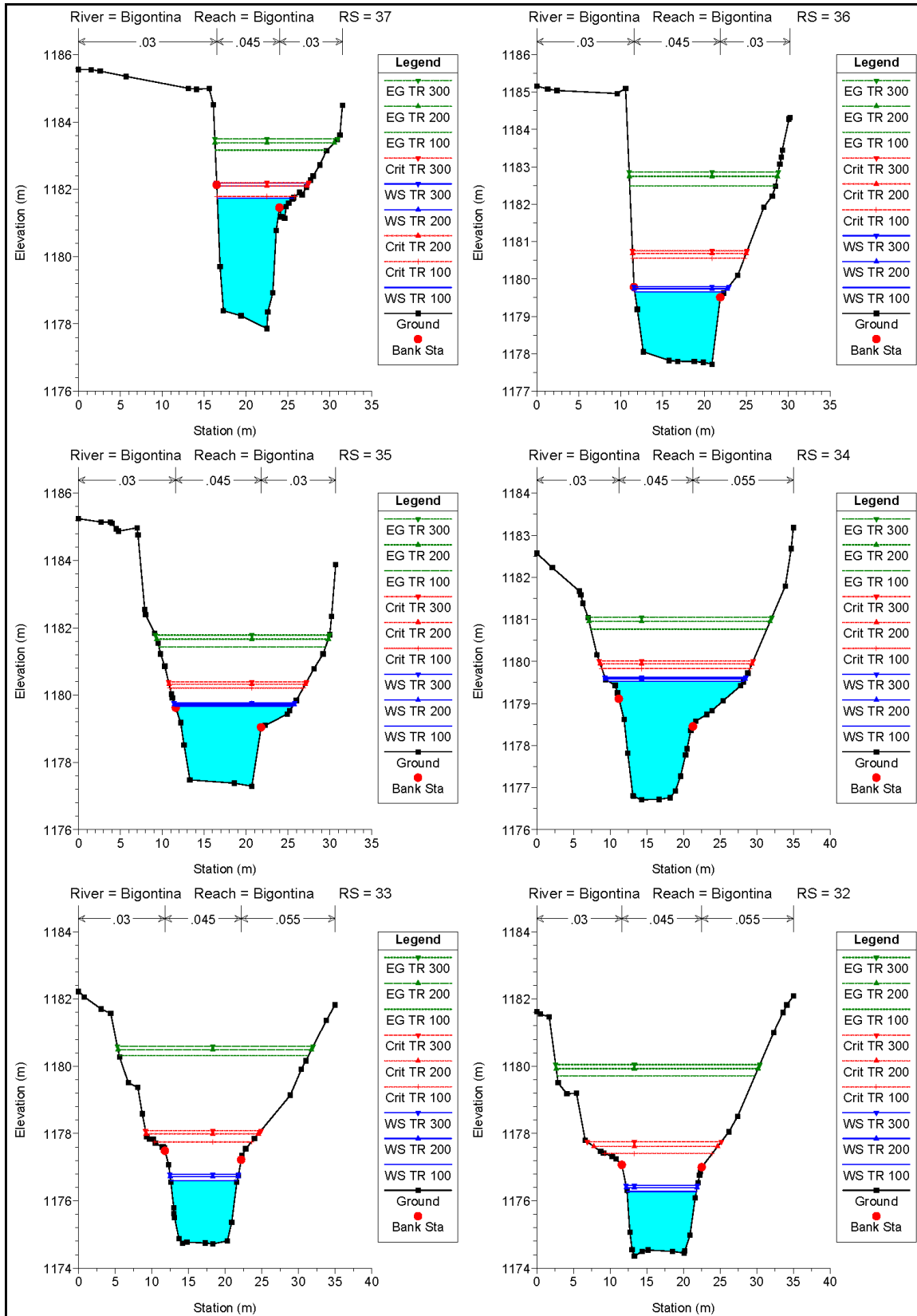
PROGETTAZIONE ATI:



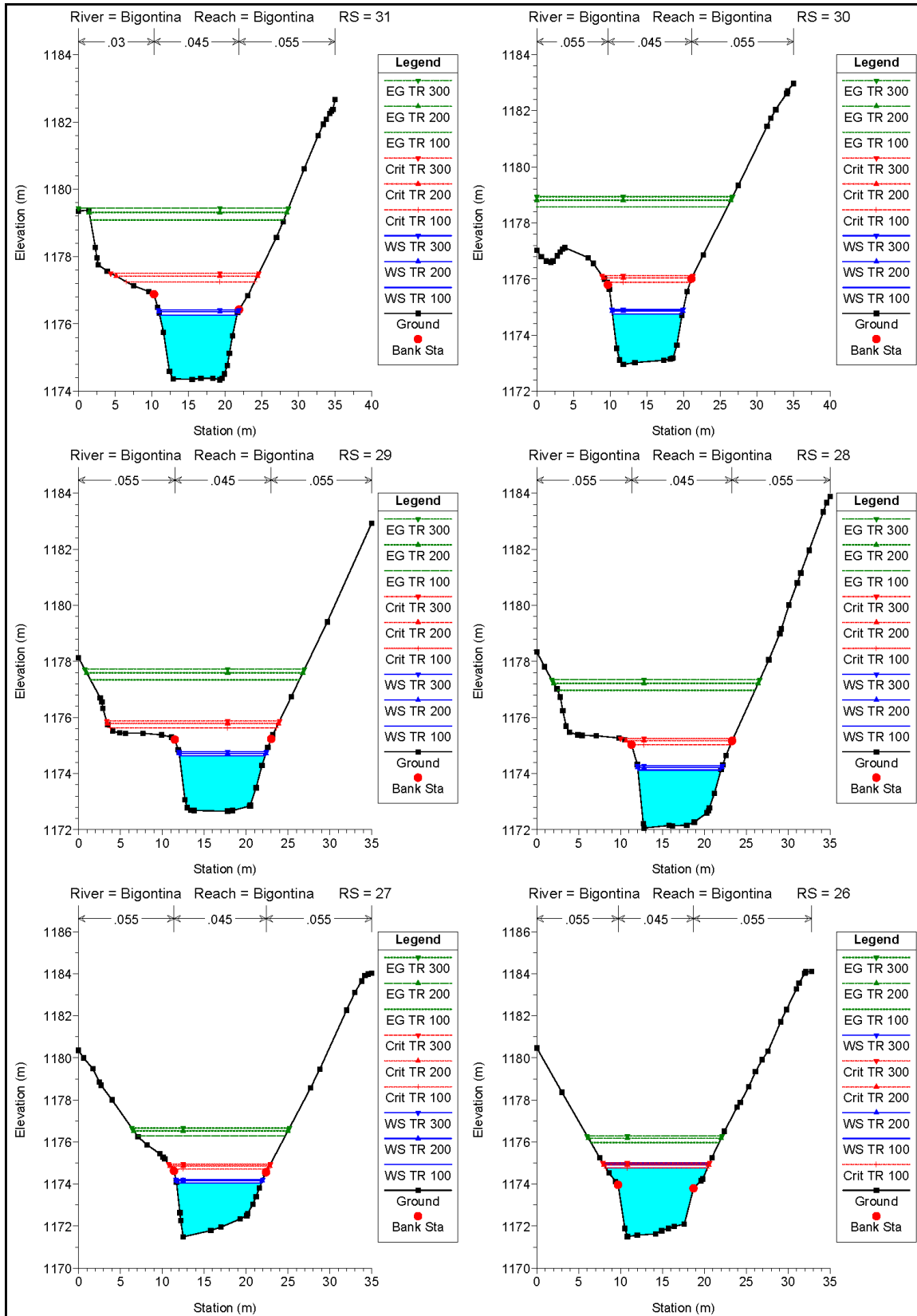
PROGETTAZIONE ATI:



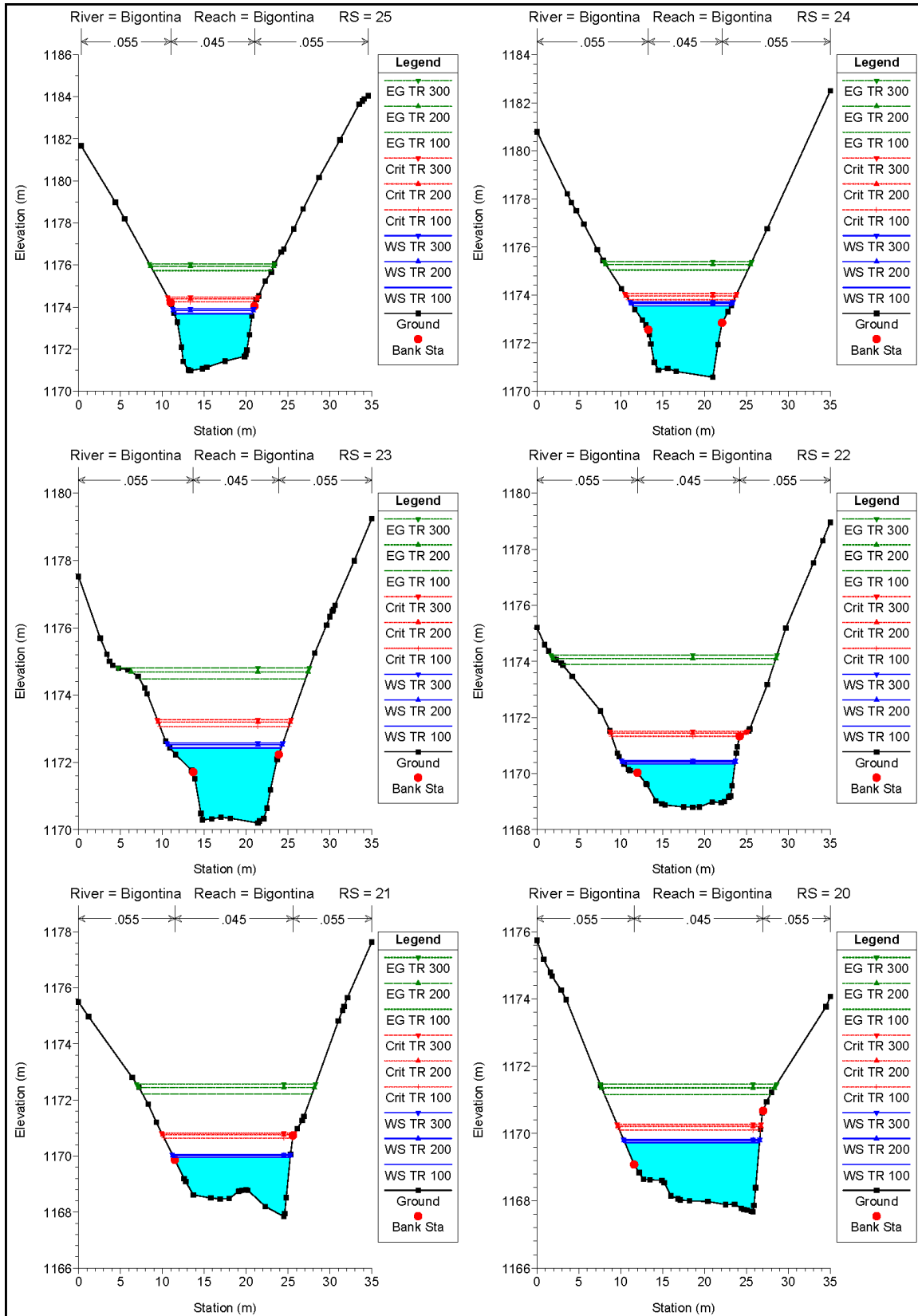
PROGETTAZIONE ATI:



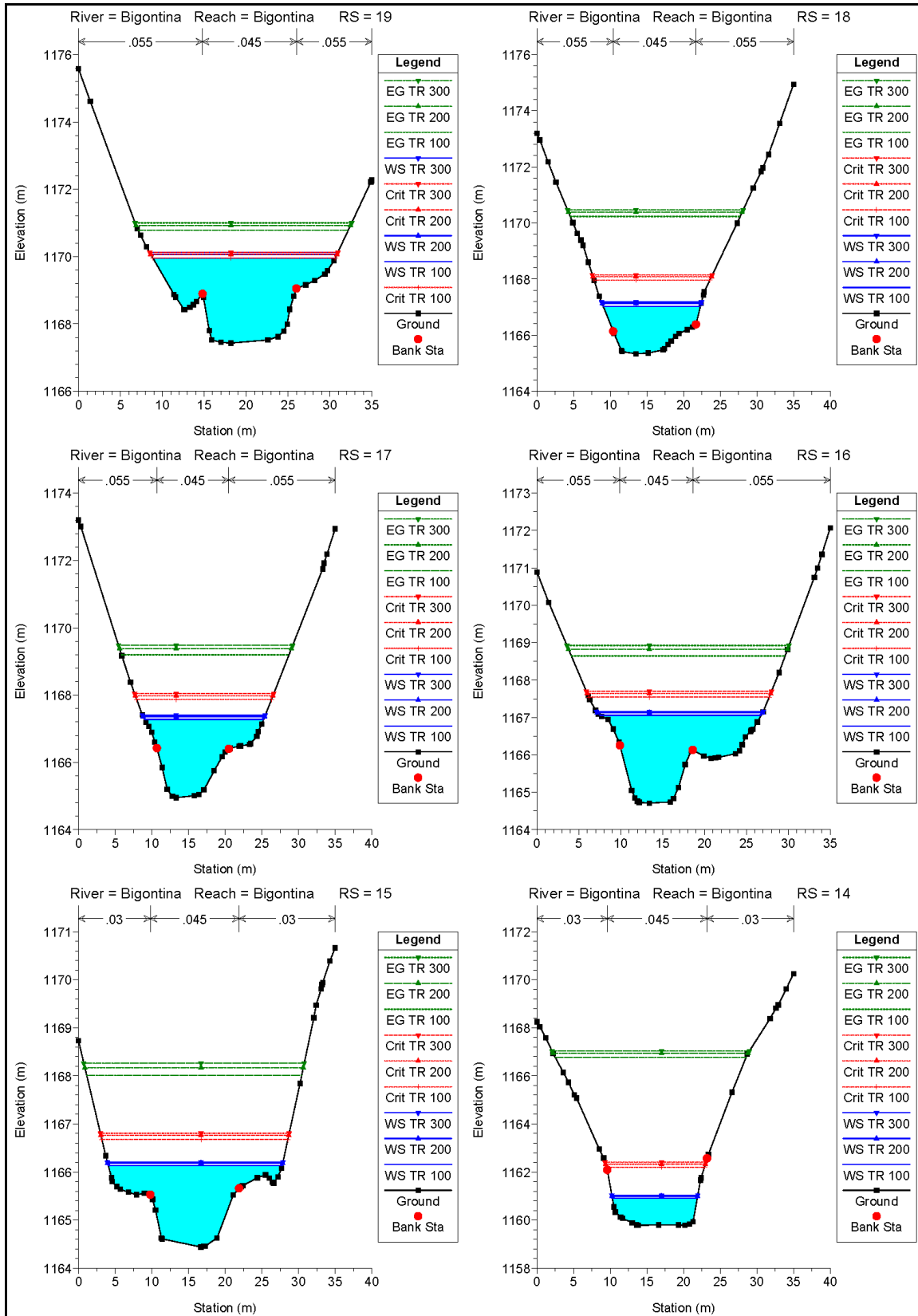
PROGETTAZIONE ATI:



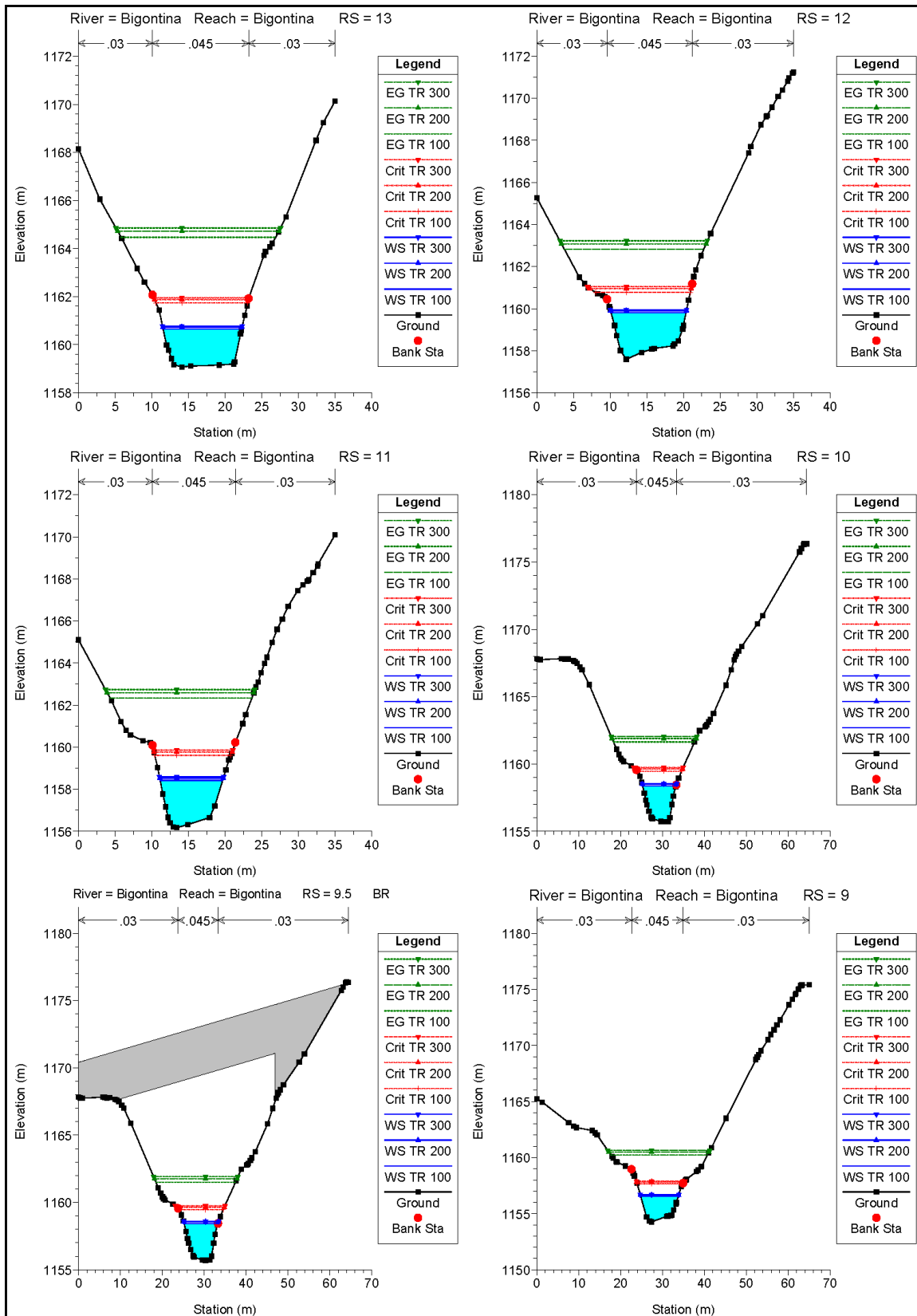
PROGETTAZIONE ATI:



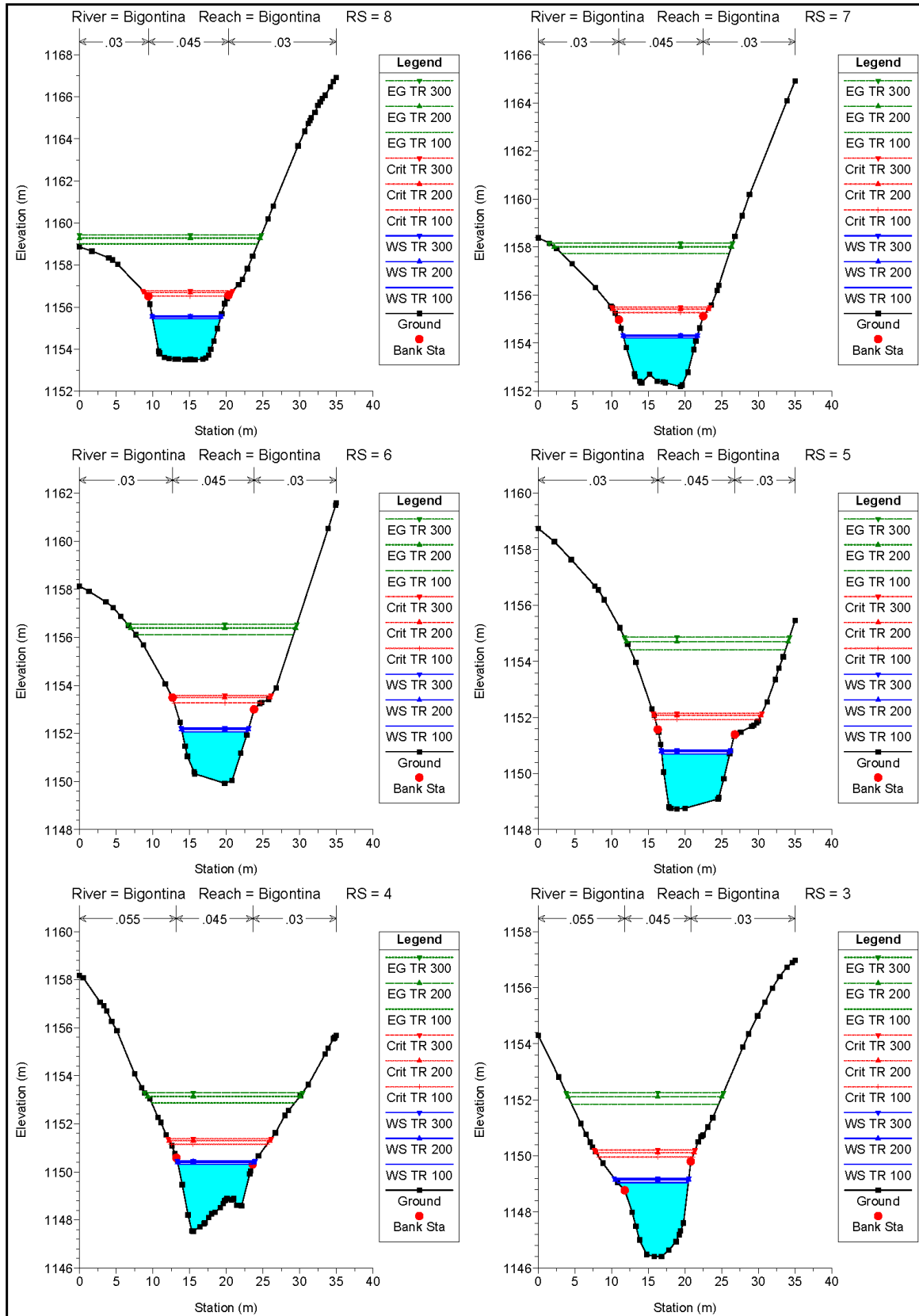
PROGETTAZIONE ATI:



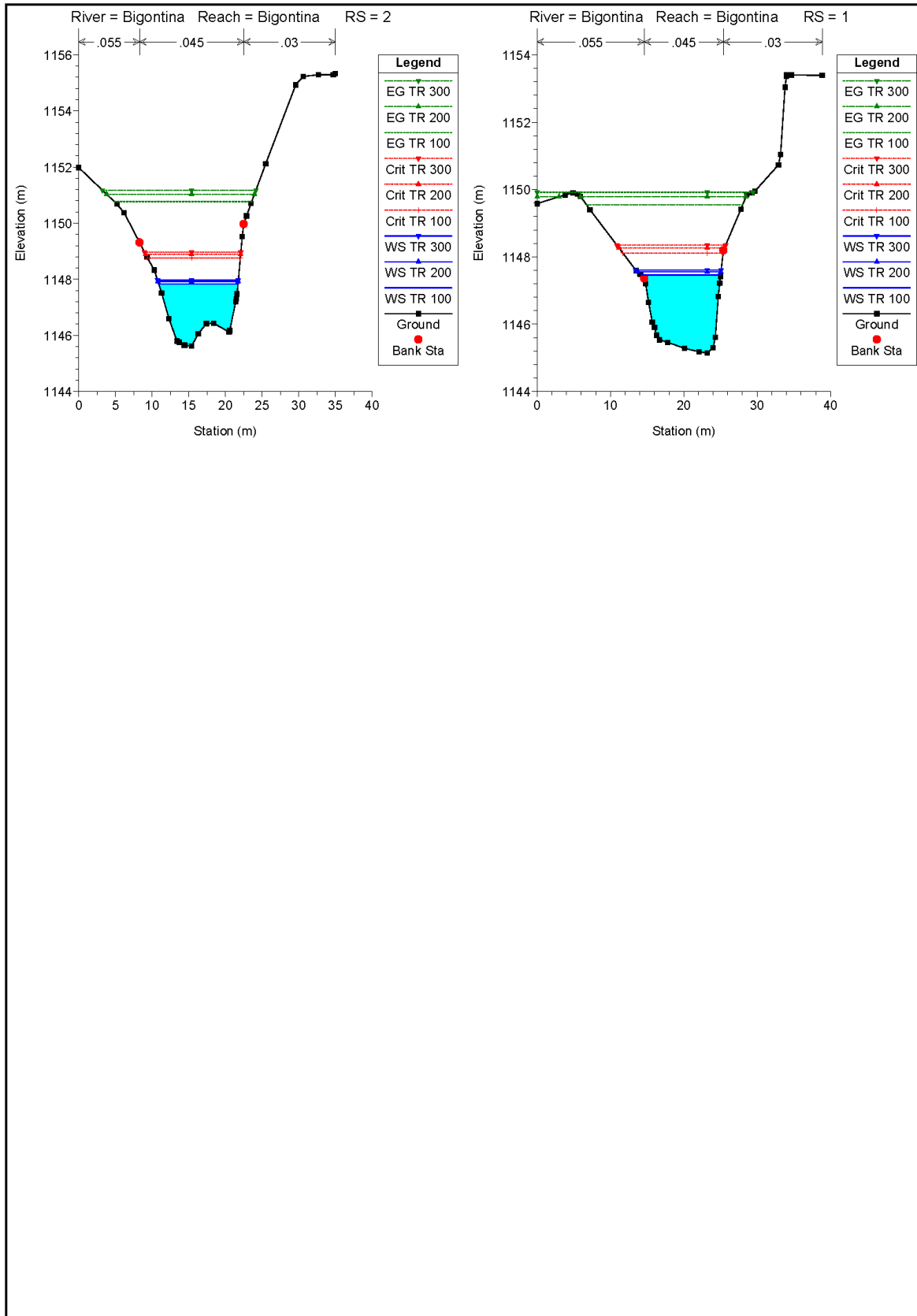
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

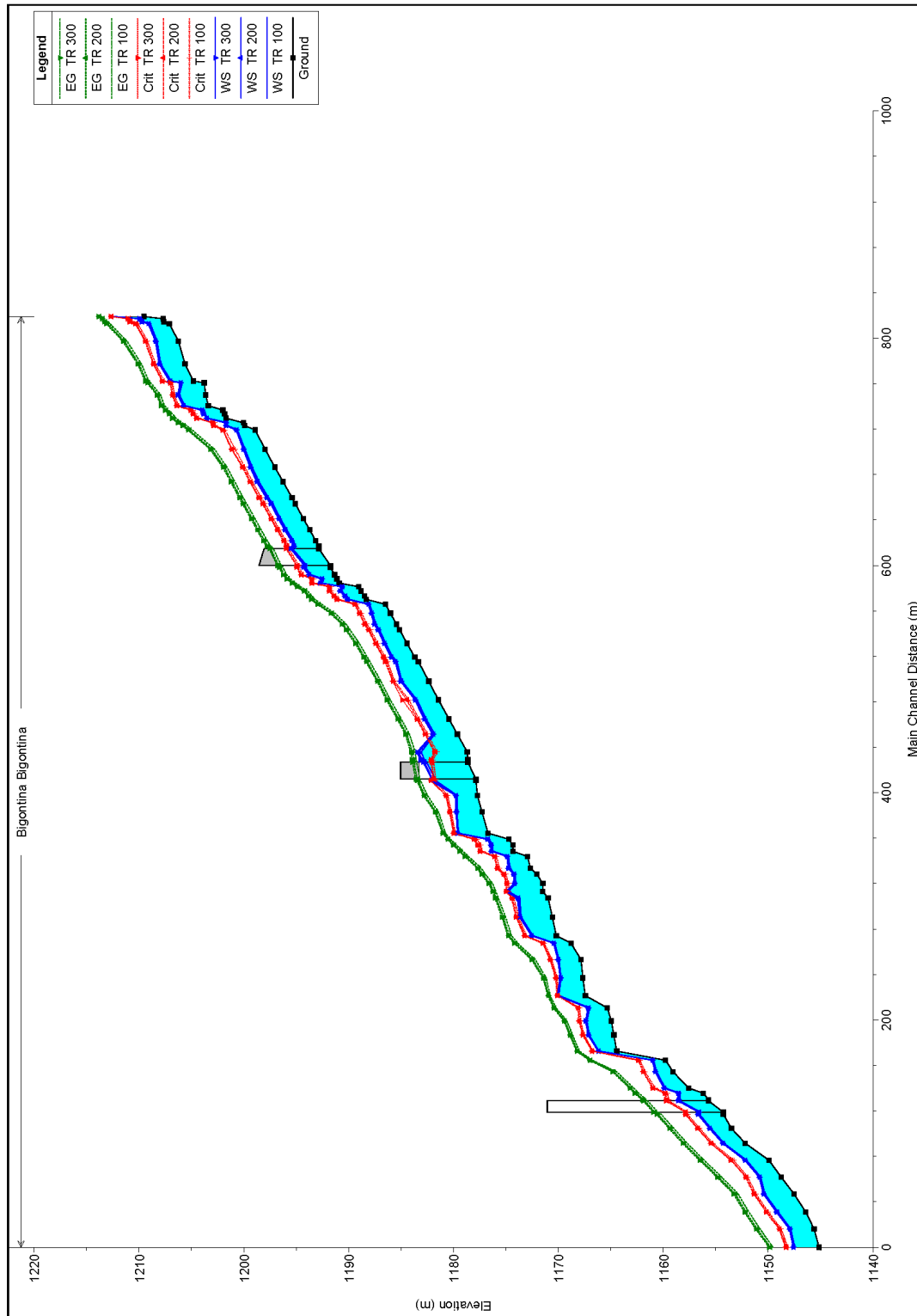
HEC-RAS Plan: Plan 09 River: Bigontina Reach: Bigontina (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	8	TR 300	141.48	1153.50	1155.59	1156.79	1159.44	0.094801	8.69	16.29	9.42	2.11
Bigontina	7	TR 100	124.52	1152.19	1154.21	1155.27	1157.73	0.099483	8.31	14.99	9.96	2.16
Bigontina	7	TR 200	135.27	1152.19	1154.30	1155.42	1158.01	0.099869	8.53	15.86	10.11	2.18
Bigontina	7	TR 300	141.48	1152.19	1154.35	1156.50	1158.16	0.100053	8.65	16.35	10.20	2.18
Bigontina	6	TR 100	124.52	1149.93	1152.07	1153.27	1156.11	0.110050	8.90	13.99	8.94	2.27
Bigontina	6	TR 200	135.27	1149.93	1152.17	1153.49	1156.39	0.109449	9.10	14.87	9.10	2.27
Bigontina	6	TR 300	141.48	1149.93	1152.22	1153.58	1156.54	0.109147	9.21	15.37	9.19	2.27
Bigontina	5	TR 100	124.52	1148.74	1150.70	1151.93	1154.42	0.102913	8.54	14.57	9.26	2.17
Bigontina	5	TR 200	135.27	1148.74	1150.79	1152.08	1154.71	0.103022	8.76	15.44	9.38	2.18
Bigontina	5	TR 300	141.48	1148.74	1150.84	1152.15	1154.86	0.103051	8.88	15.93	9.45	2.19
Bigontina	4	TR 100	124.52	1147.53	1150.32	1151.15	1152.87	0.065838	7.07	17.62	10.20	1.72
Bigontina	4	TR 200	135.27	1147.53	1150.40	1151.30	1153.14	0.067162	7.33	18.47	10.45	1.74
Bigontina	4	TR 300	141.48	1147.53	1150.45	1151.39	1153.30	0.068038	7.48	18.94	10.58	1.76
Bigontina	3	TR 100	124.52	1146.41	1149.05	1149.96	1151.84	0.060634	7.41	16.92	9.64	1.70
Bigontina	3	TR 200	135.27	1146.41	1149.15	1150.11	1152.11	0.060782	7.62	17.94	9.99	1.71
Bigontina	3	TR 300	141.48	1146.41	1149.21	1150.21	1152.26	0.060920	7.75	18.52	10.18	1.71
Bigontina	2	TR 100	124.52	1145.62	1147.83	1148.76	1150.77	0.082496	7.59	16.41	10.82	1.97
Bigontina	2	TR 200	135.27	1145.62	1147.92	1148.89	1151.03	0.083351	7.82	17.31	10.95	1.98
Bigontina	2	TR 300	141.48	1145.62	1147.96	1148.96	1151.18	0.083650	7.94	17.83	11.02	1.99
Bigontina	1	TR 100	124.52	1145.14	1147.46	1148.11	1149.55	0.046319	6.39	19.50	10.86	1.49
Bigontina	1	TR 200	135.27	1145.14	1147.56	1148.26	1149.79	0.047013	6.61	20.52	11.38	1.51
Bigontina	1	TR 300	141.48	1145.14	1147.61	1148.35	1149.92	0.047357	6.74	21.12	11.66	1.52

PROGETTAZIONE ATI:

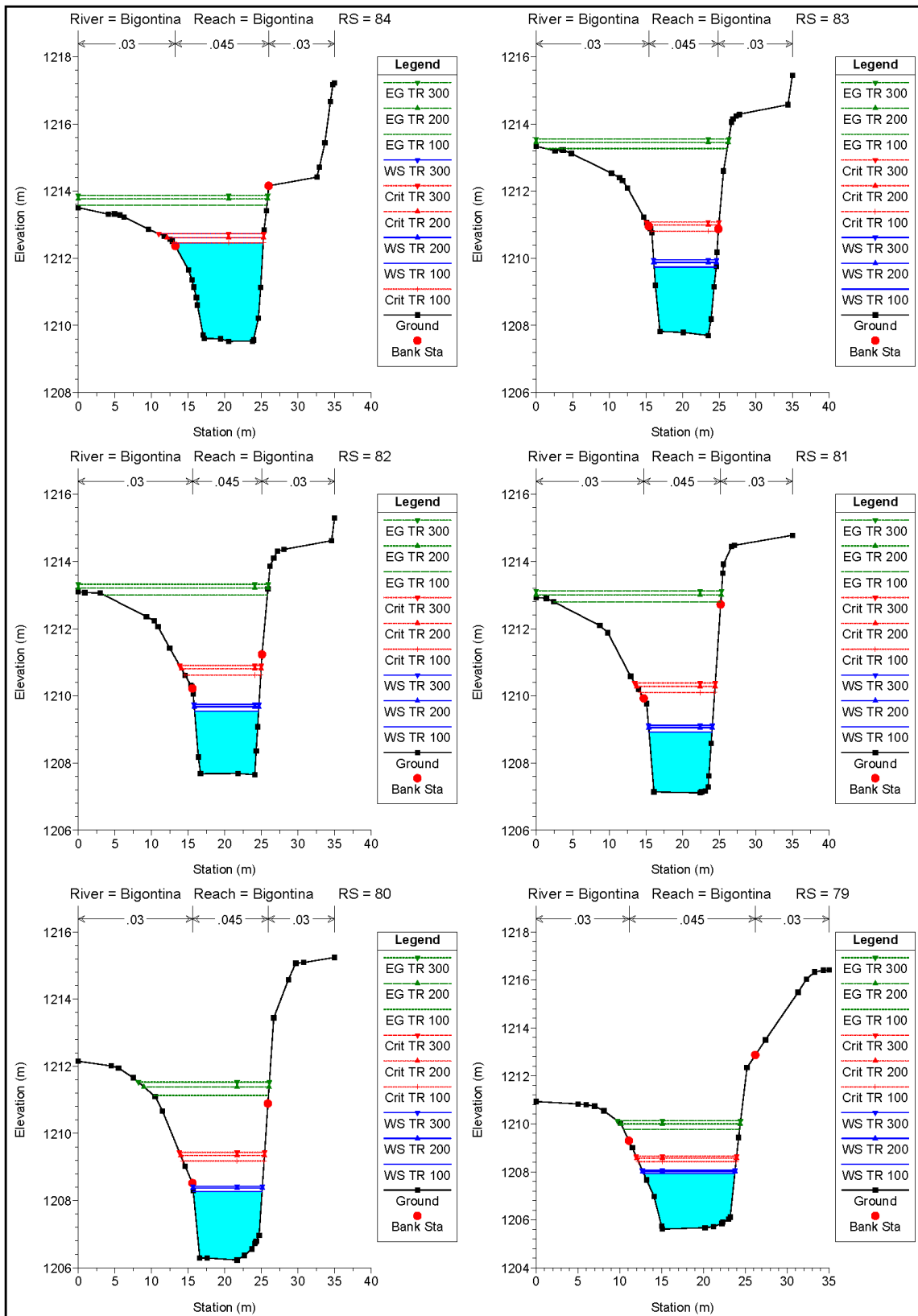
Modello condizioni "Progetto UOFE 058 Ripristino ed adeguamento opere di sistemazione idraulico forestale lungo il corso del Torrente Bigontina tra l'abitato di Alverà e la Confluenza in Boite"

Profilo

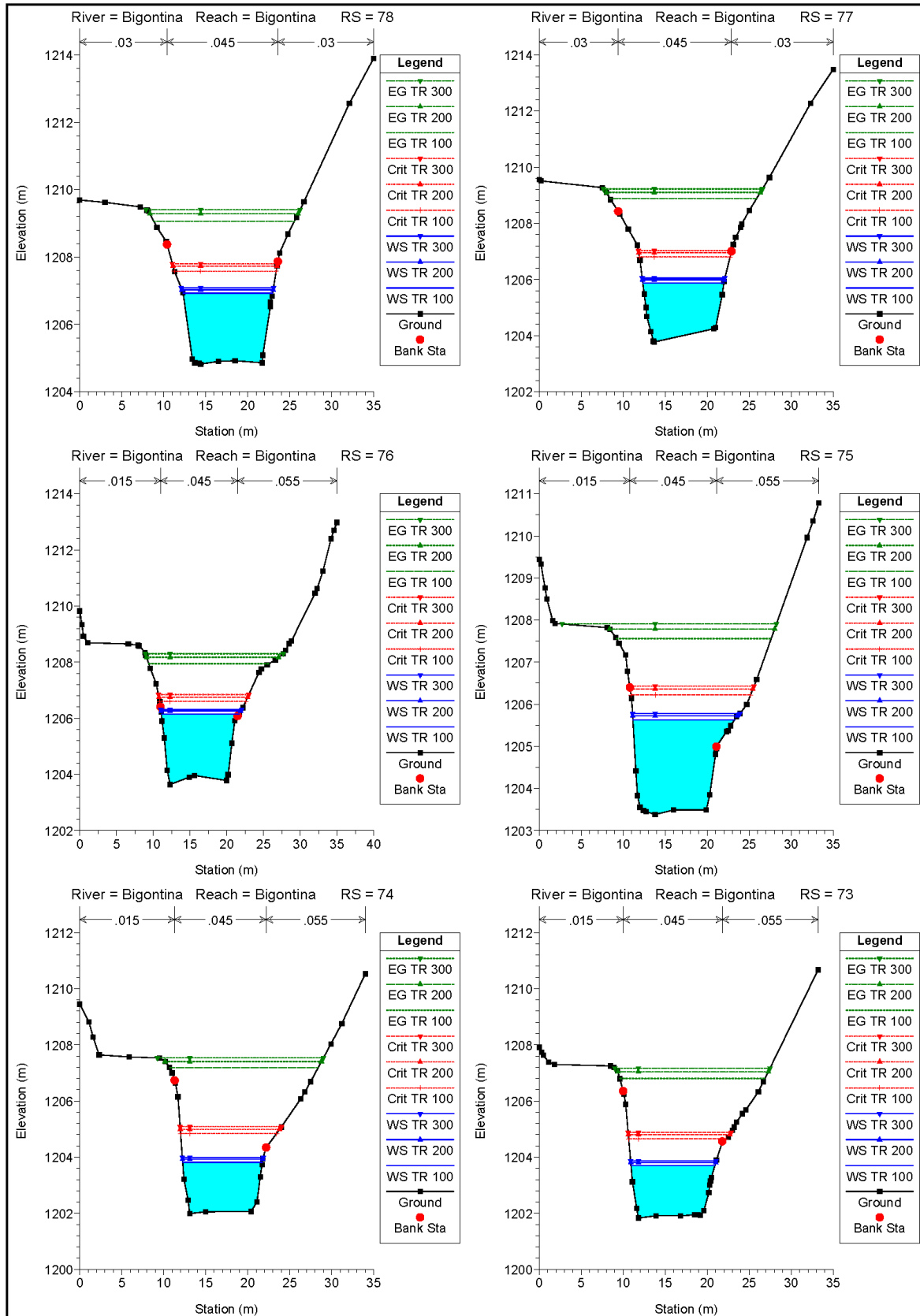


PROGETTAZIONE ATI:

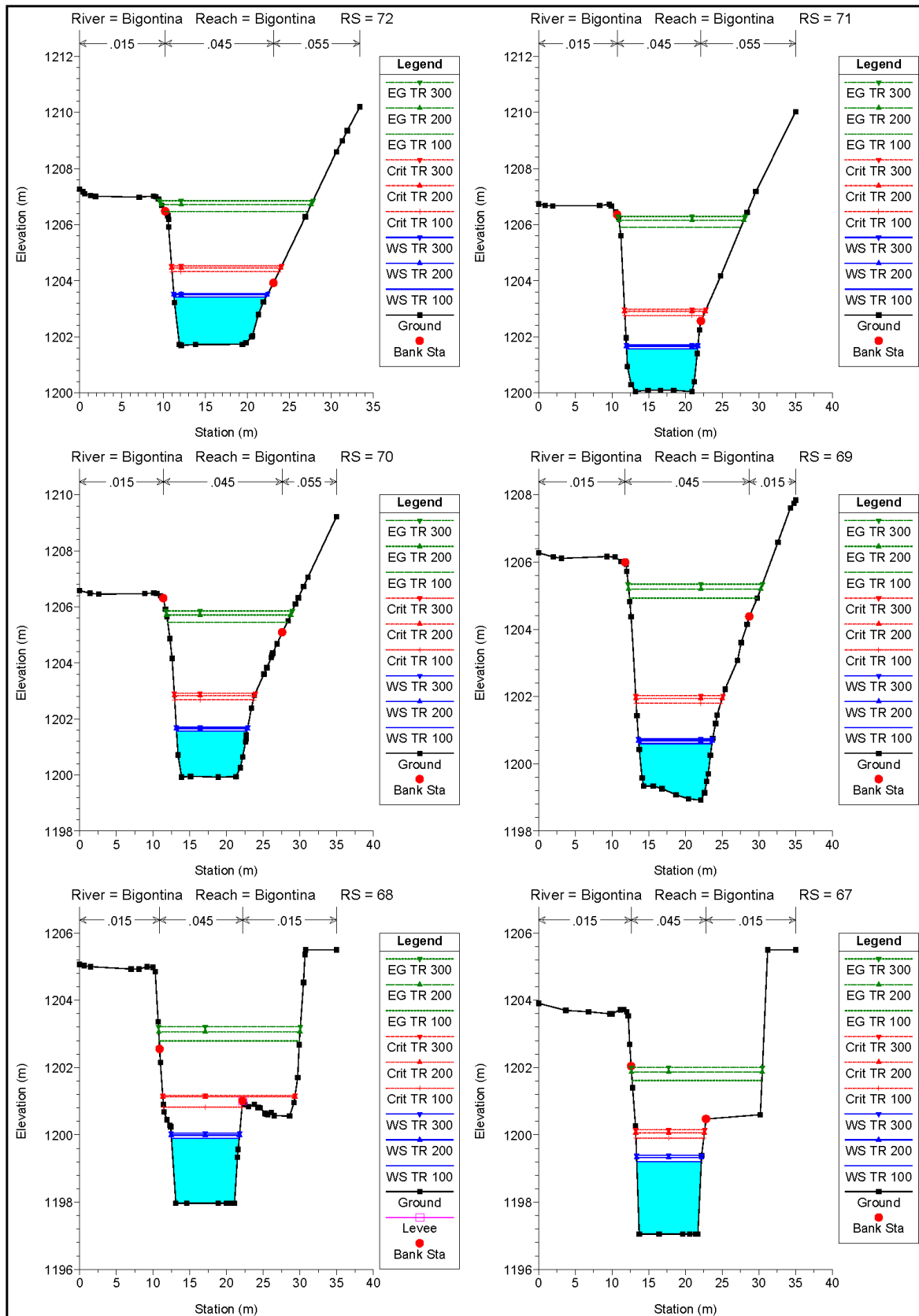
Sezioni



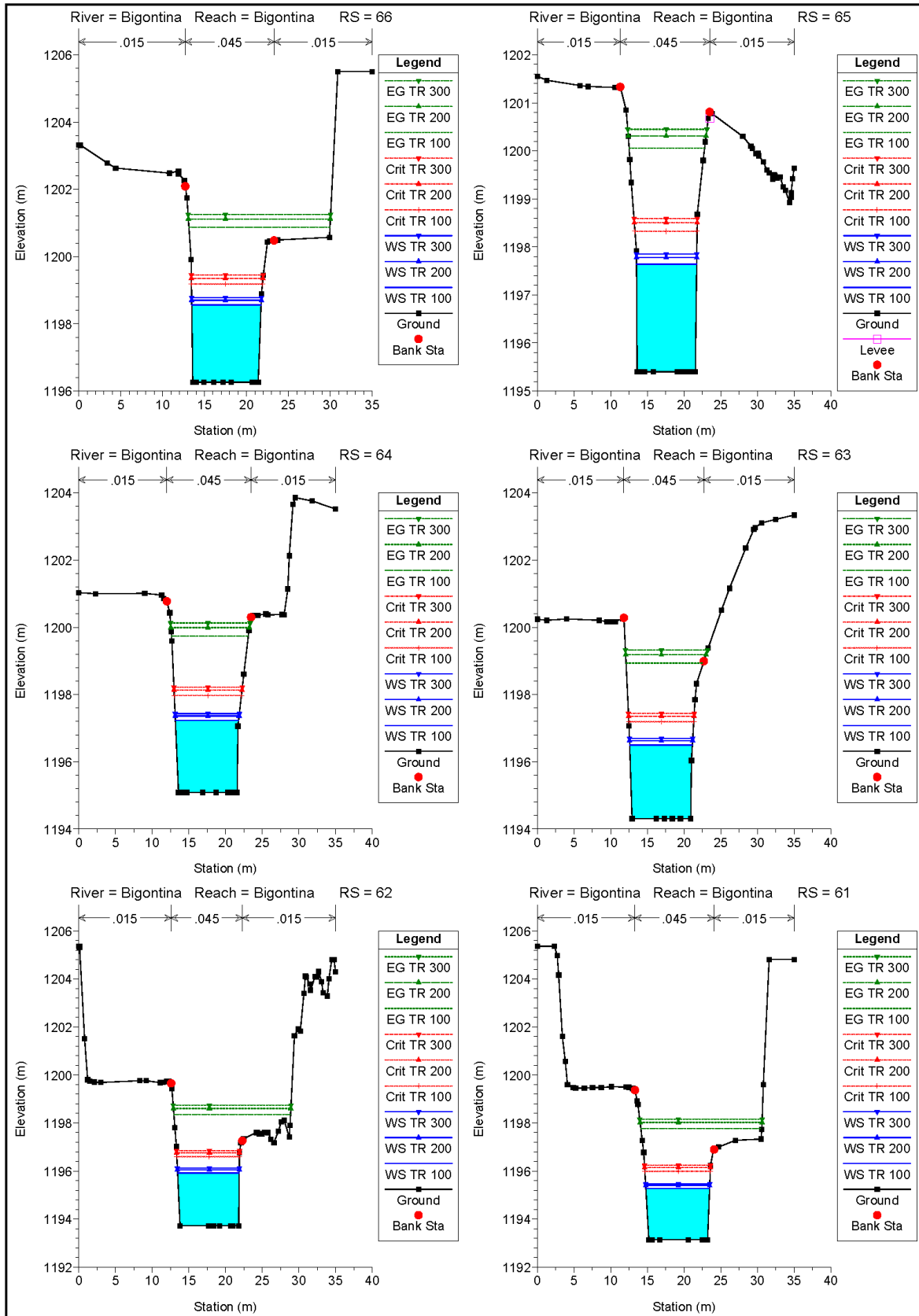
PROGETTAZIONE ATI:



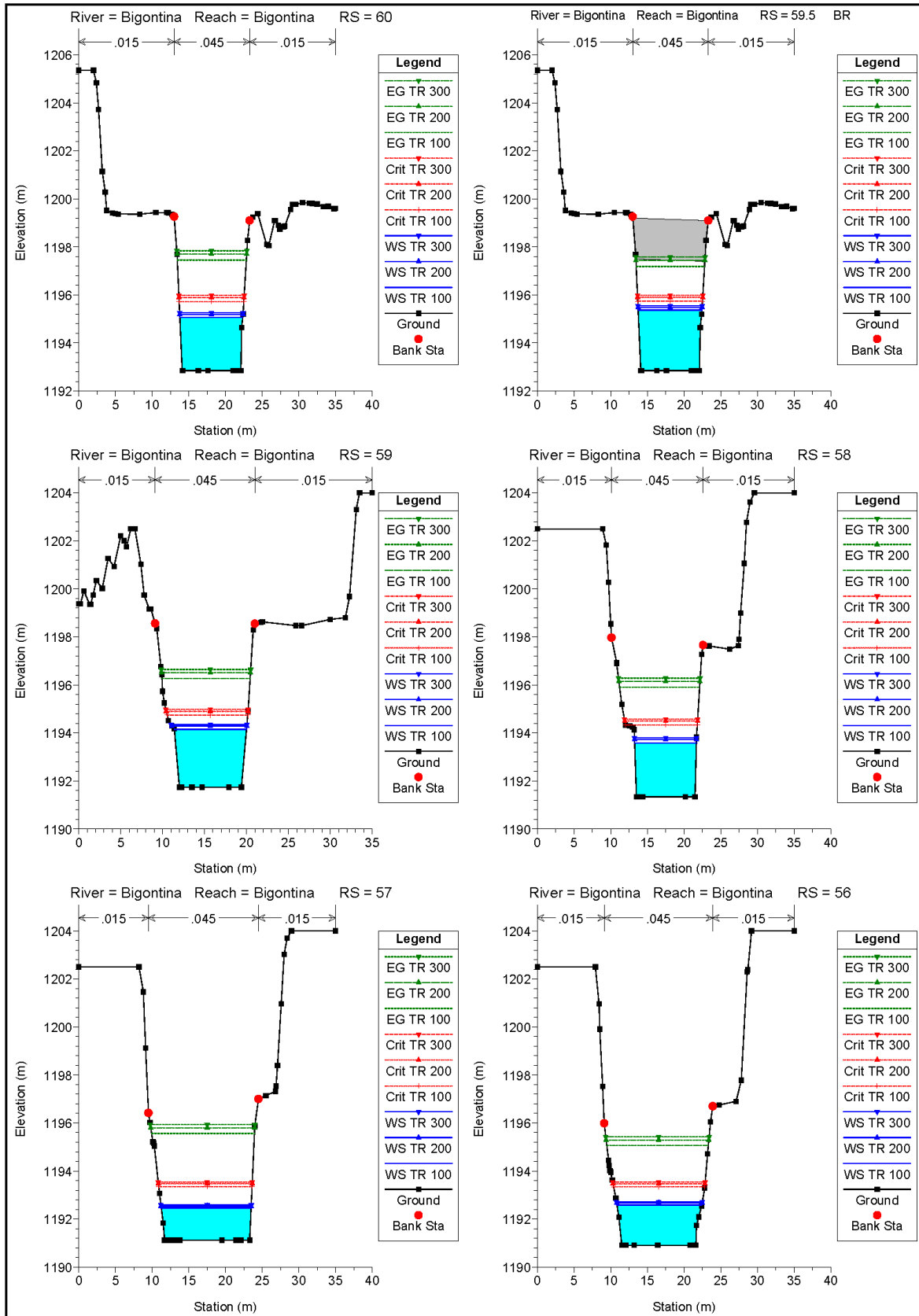
PROGETTAZIONE ATI:



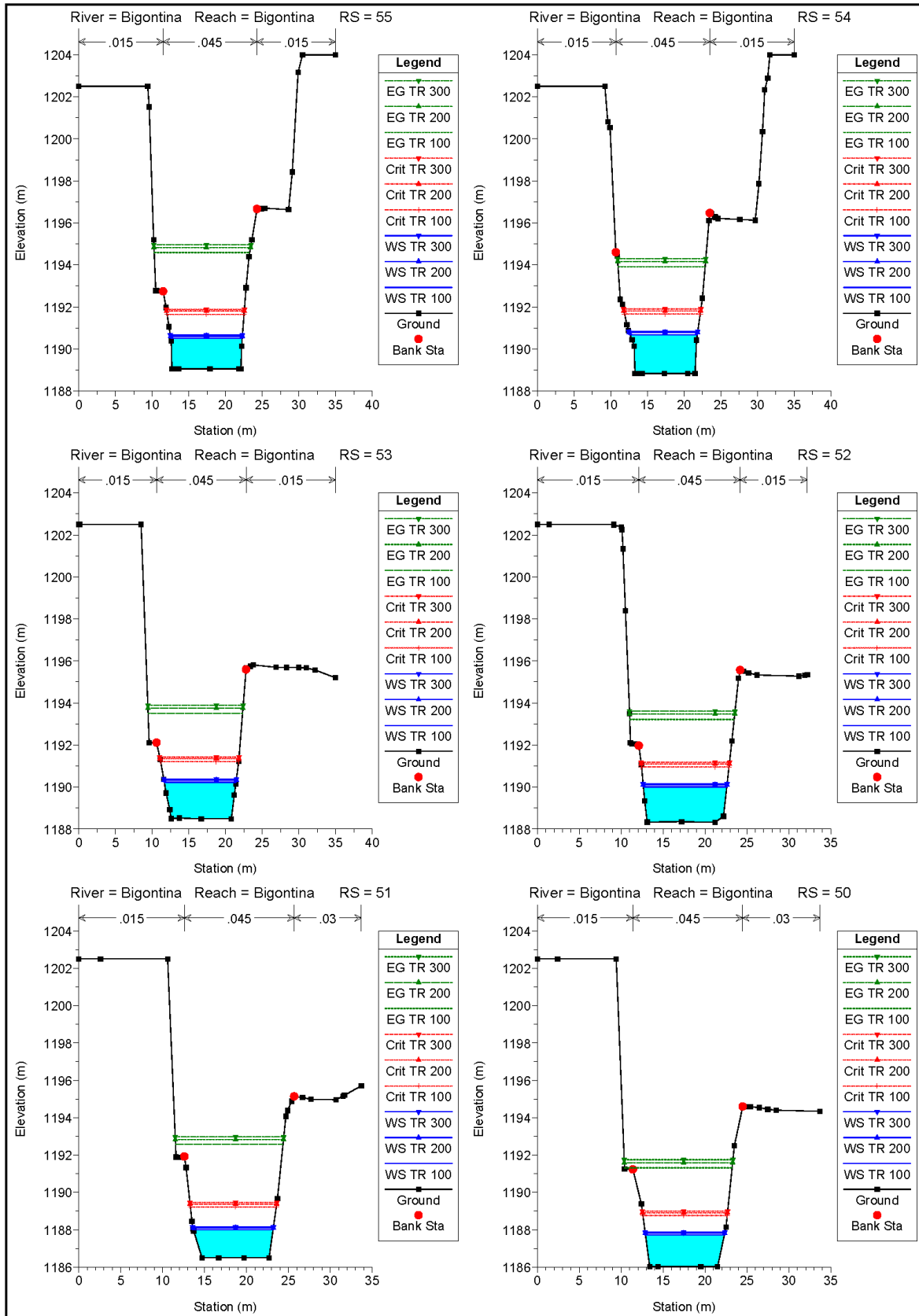
PROGETTAZIONE ATI:



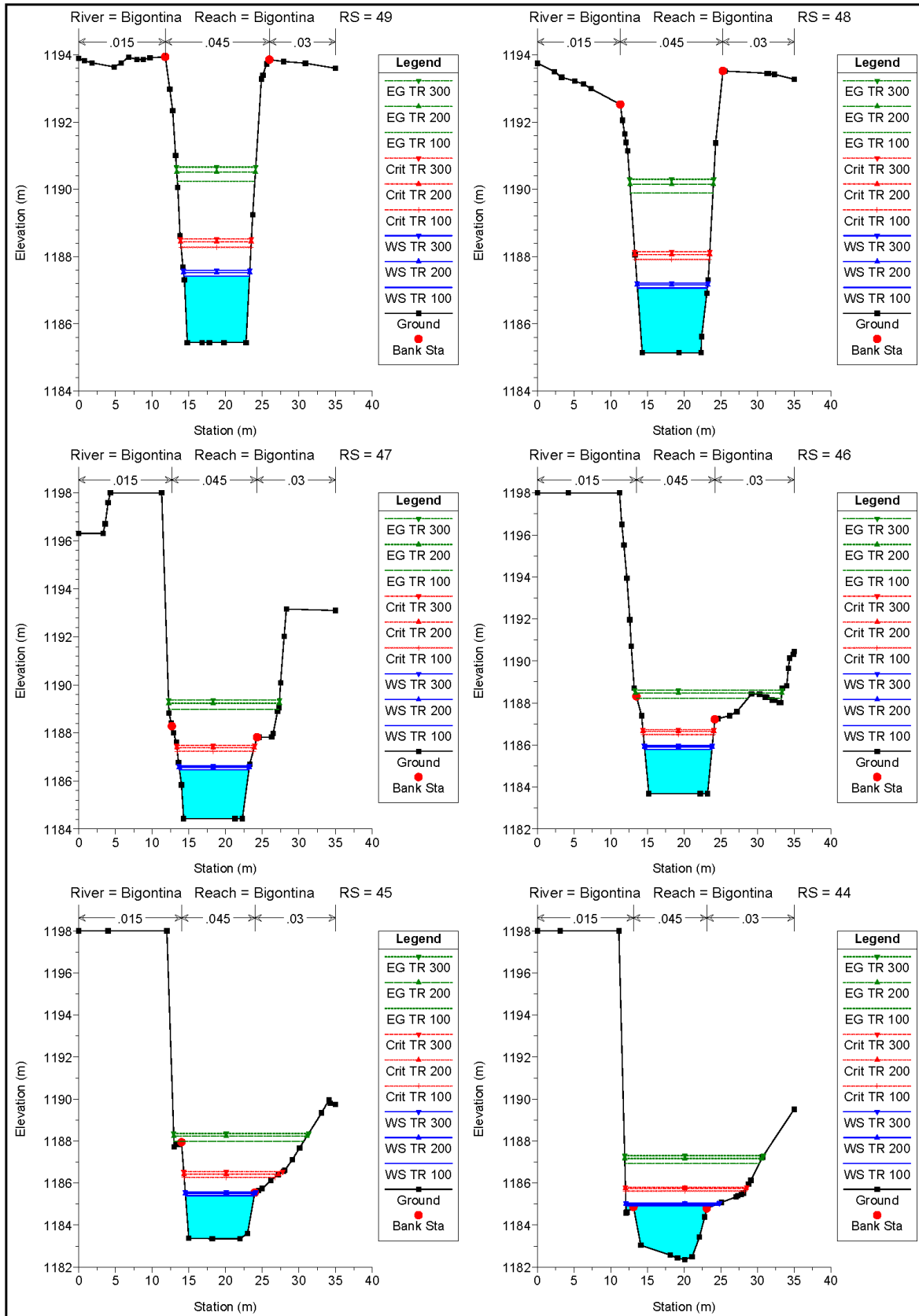
PROGETTAZIONE ATI:



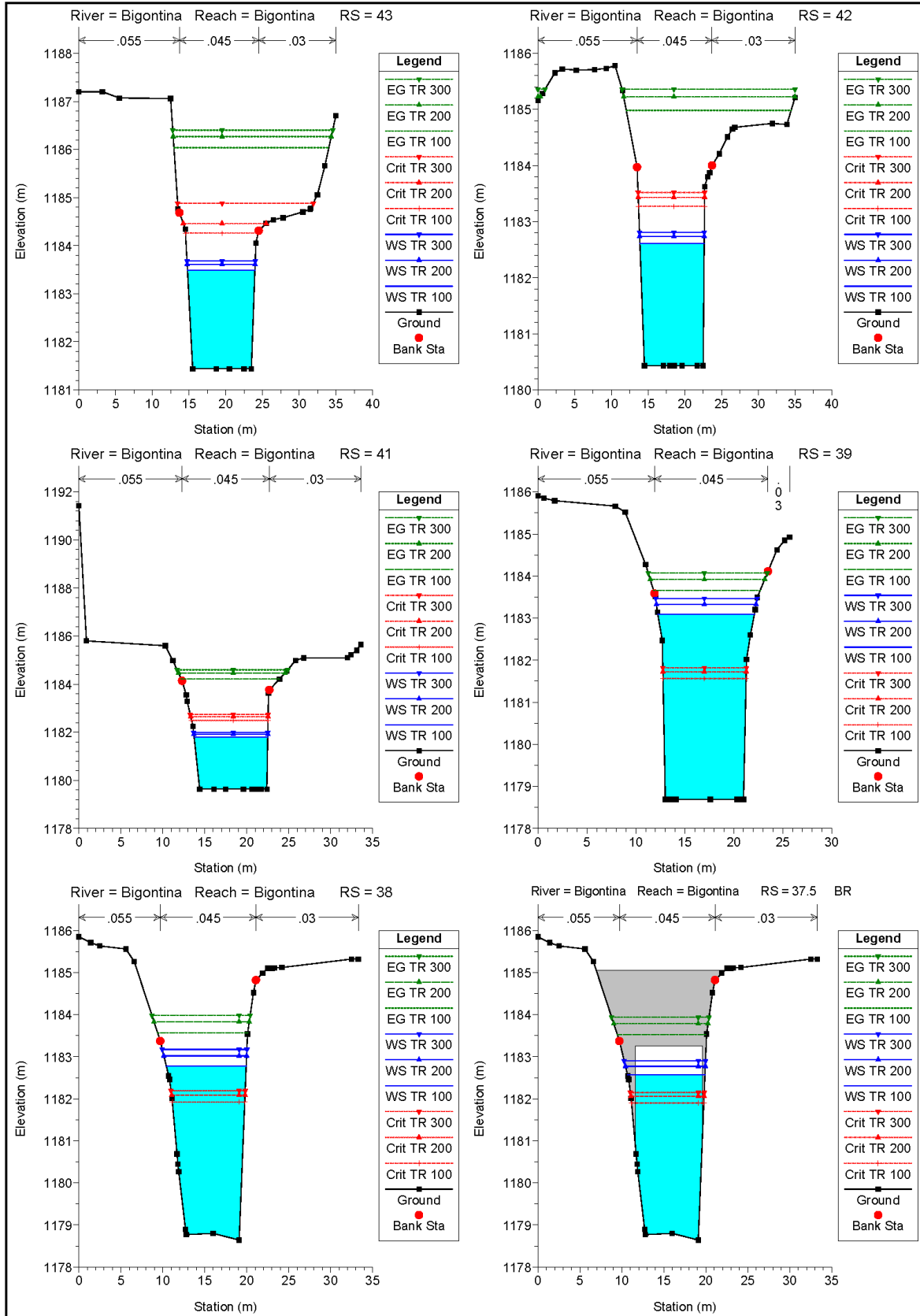
PROGETTAZIONE ATI:



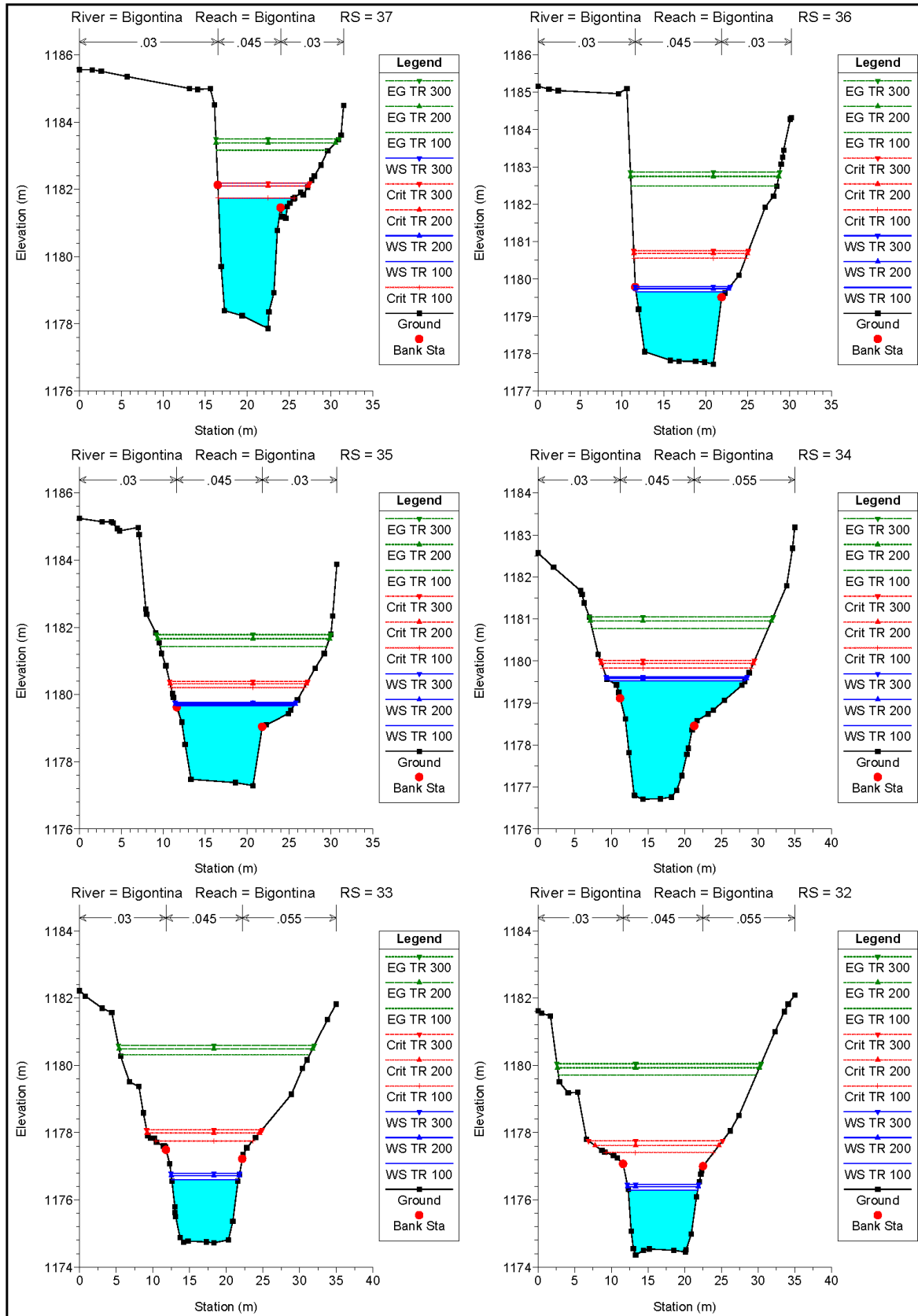
PROGETTAZIONE ATI:



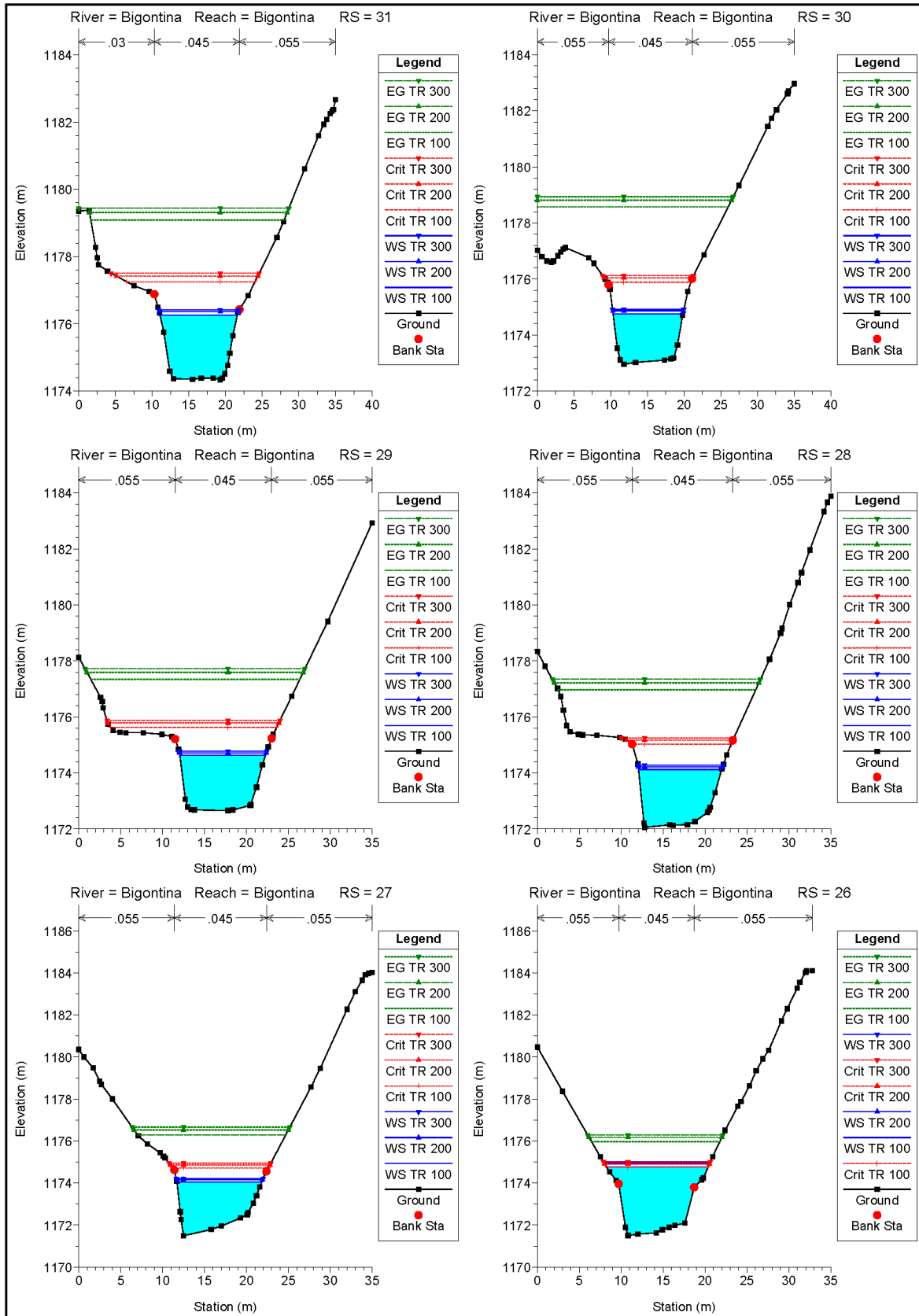
PROGETTAZIONE ATI:



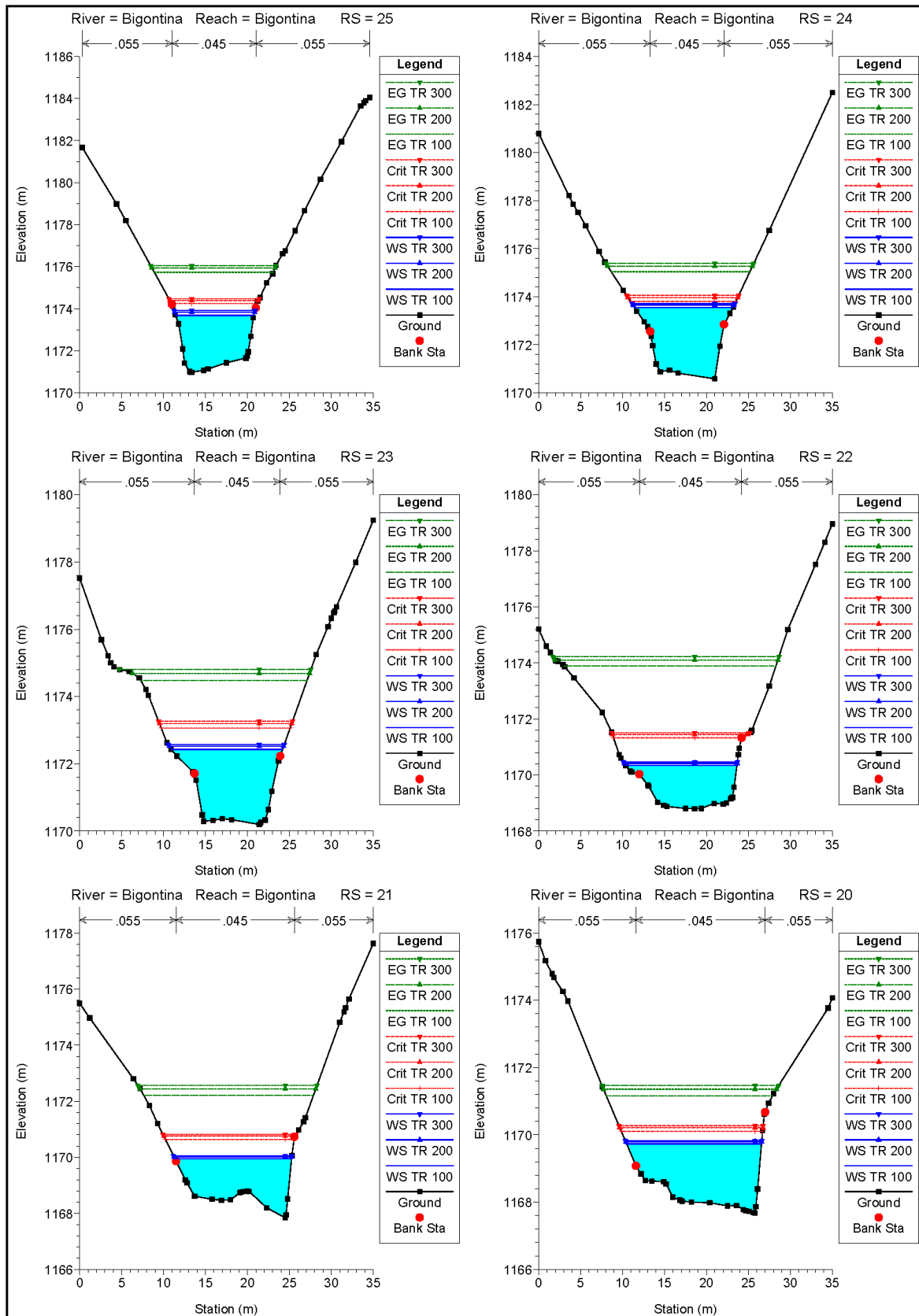
PROGETTAZIONE ATI:



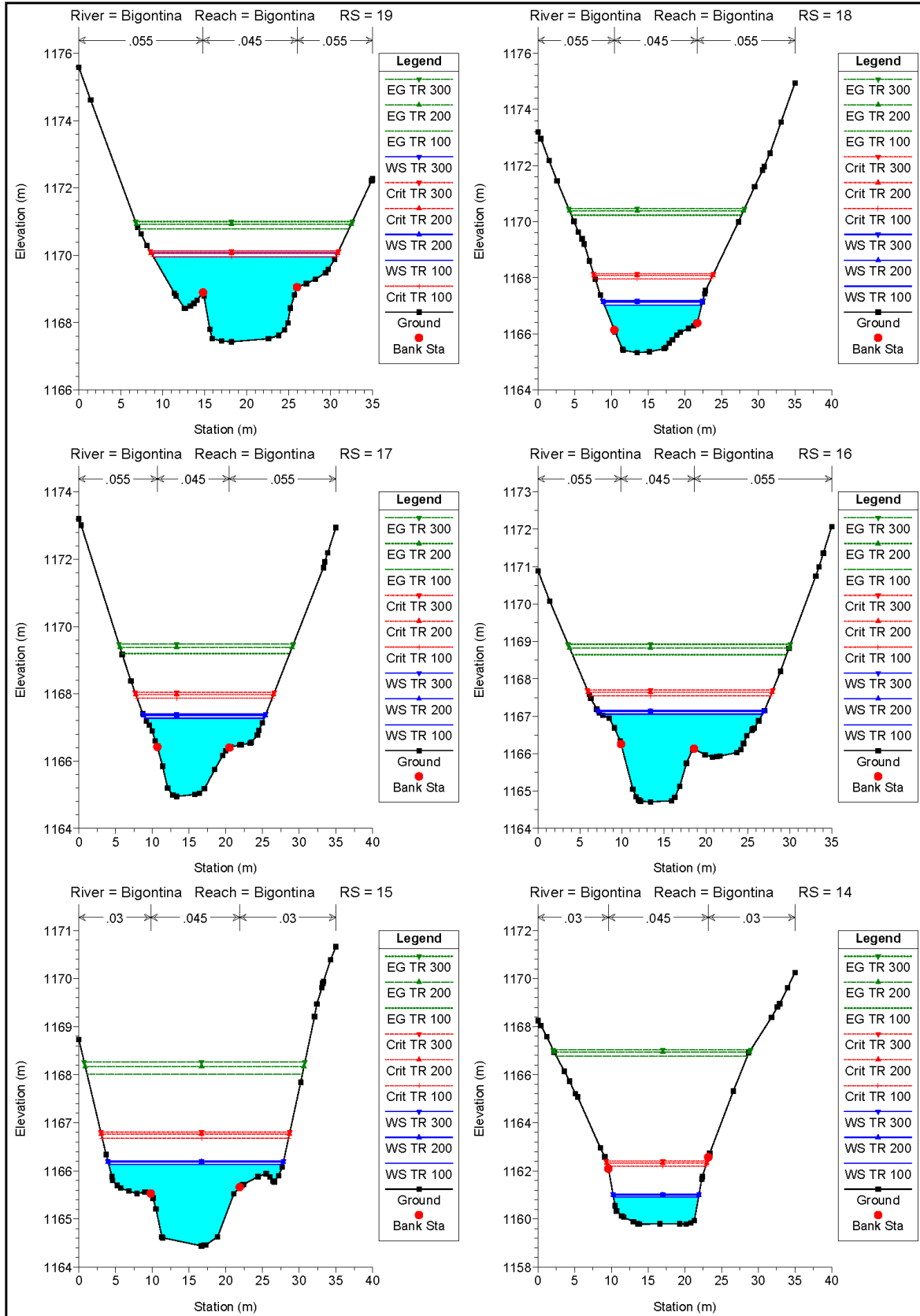
PROGETTAZIONE ATI:



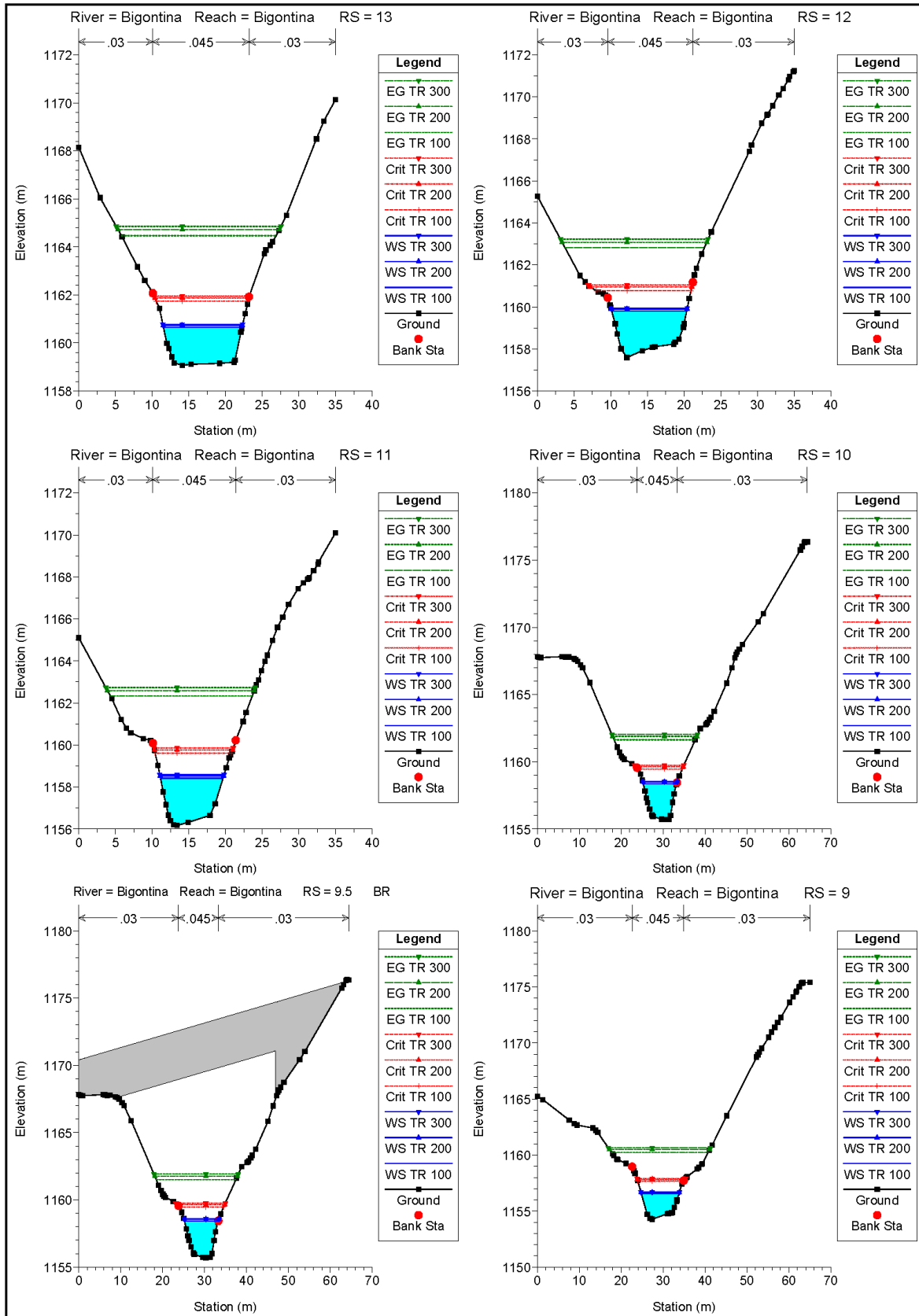
PROGETTAZIONE ATI:



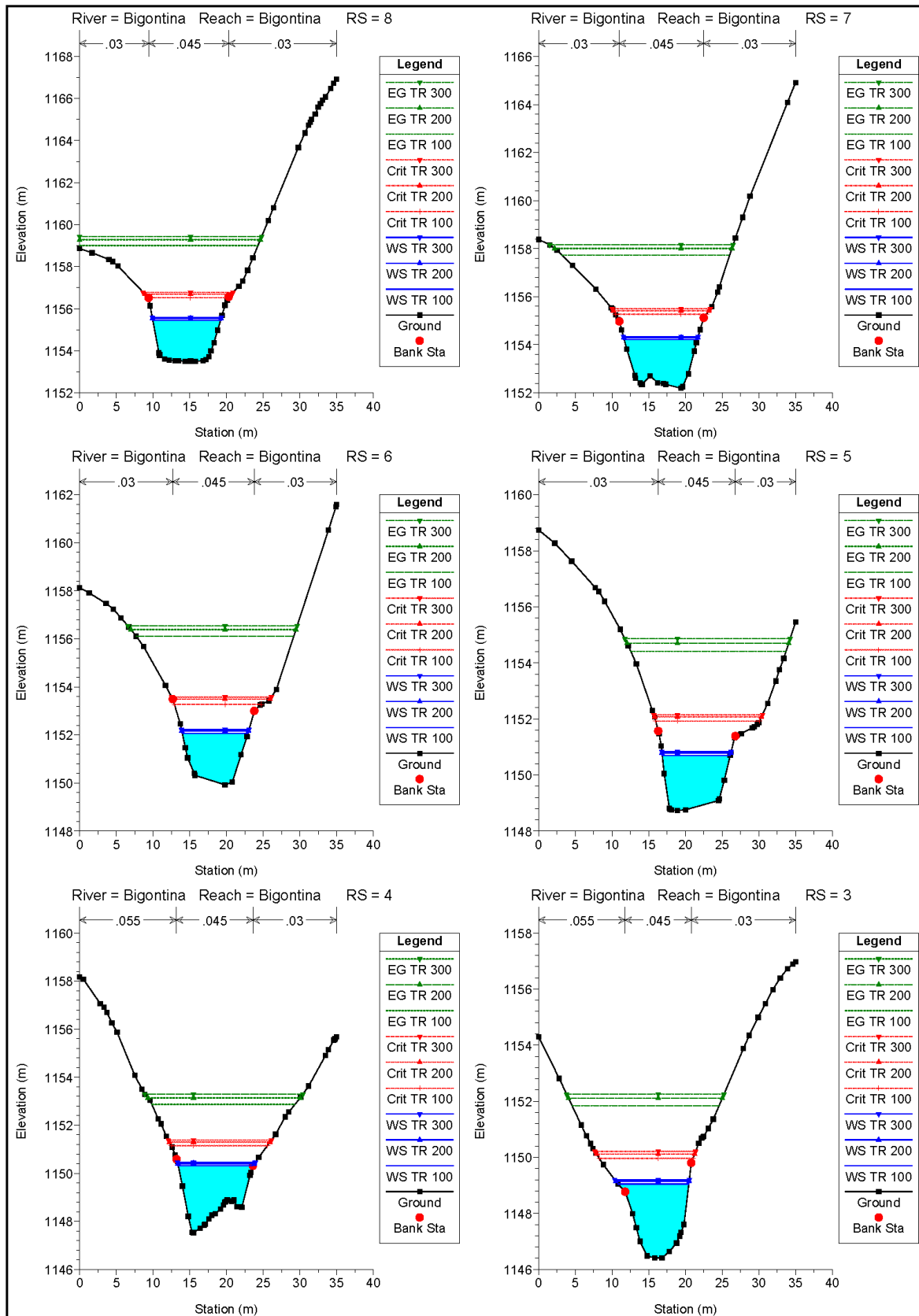
PROGETTAZIONE ATI:



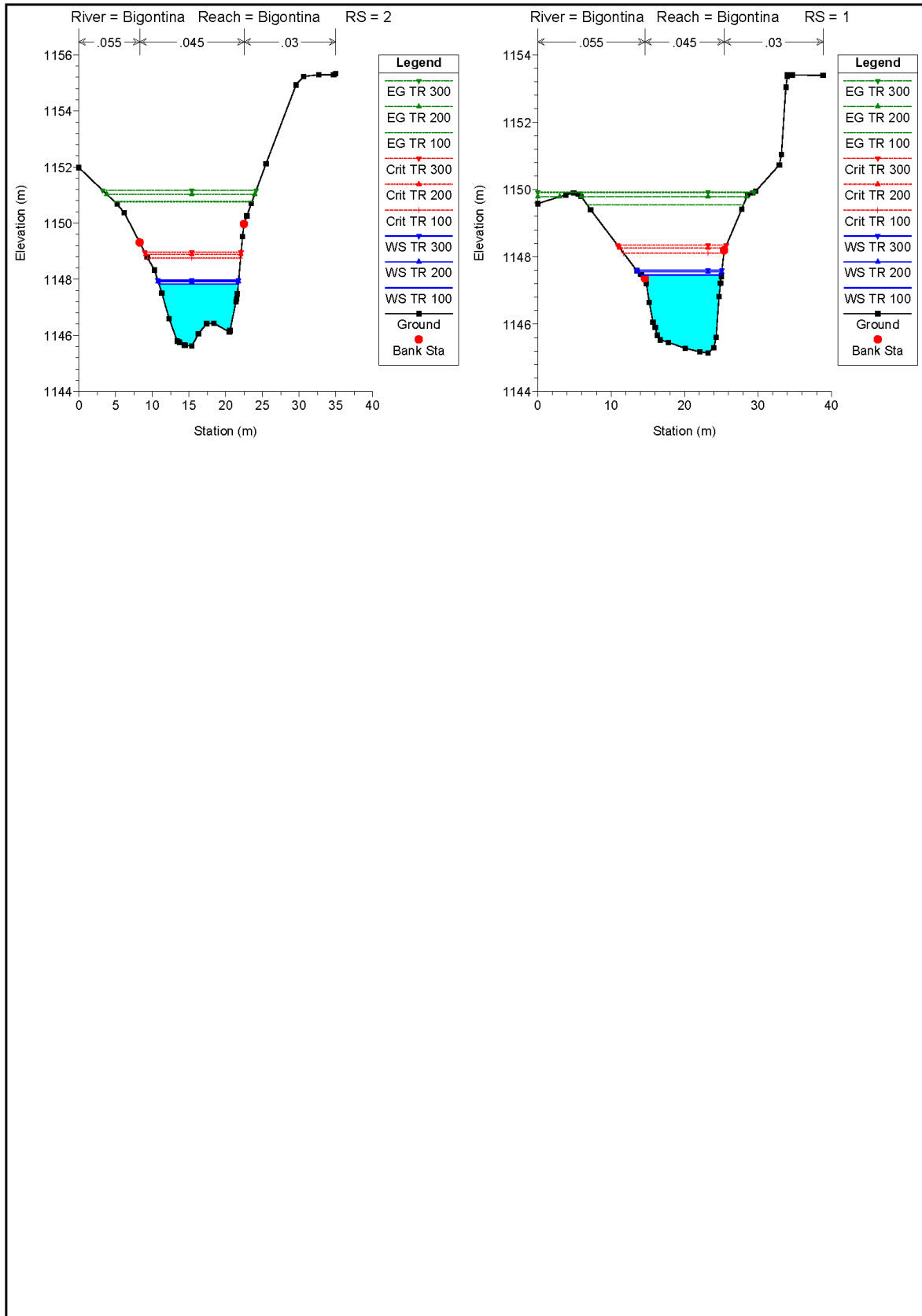
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

Tabulati di calcolo

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Bigontina Reach: Bigontina												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	84	TR 100	124.52	1209.52	1212.46	1212.46	1213.58	0.020586	4.68	26.60	12.28	1.00
Bigontina	84	TR 200	135.27	1209.52	1212.61	1212.61	1213.77	0.019705	4.76	28.52	13.17	0.99
Bigontina	84	TR 300	141.48	1209.52	1212.73	1212.73	1213.97	0.018527	4.74	30.10	14.34	0.96
Bigontina	83	TR 100	124.52	1207.70	1209.74	1210.81	1213.26	0.082894	8.32	14.97	8.47	2.00
Bigontina	83	TR 200	135.27	1207.70	1209.88	1210.99	1213.45	0.088032	8.37	16.16	8.55	1.94
Bigontina	83	TR 300	141.48	1207.70	1209.96	1211.09	1213.55	0.085464	8.40	16.94	8.59	1.92
Bigontina	82	TR 100	124.52	1207.65	1209.54	1210.62	1213.00	0.094207	8.23	15.13	8.74	2.00
Bigontina	82	TR 200	135.27	1207.65	1209.67	1210.80	1213.21	0.090388	8.33	16.24	8.82	1.96
Bigontina	82	TR 300	141.48	1207.65	1209.74	1210.90	1213.32	0.088365	8.38	16.89	8.87	1.94
Bigontina	81	TR 100	124.52	1207.11	1208.93	1210.10	1212.80	0.108980	8.71	14.29	8.59	2.16
Bigontina	81	TR 200	135.27	1207.11	1209.05	1210.29	1213.01	0.104499	8.81	15.35	8.67	2.11
Bigontina	81	TR 300	141.48	1207.11	1209.12	1210.38	1213.13	0.102256	8.87	15.96	8.72	2.09
Bigontina	80	TR 100	124.52	1206.23	1208.27	1209.18	1211.13	0.071683	7.50	16.61	9.38	1.80
Bigontina	80	TR 200	135.27	1206.23	1208.37	1209.34	1211.39	0.071646	7.69	17.59	9.46	1.80
Bigontina	80	TR 300	141.48	1206.23	1208.43	1209.44	1211.53	0.071655	7.80	18.14	9.51	1.80
Bigontina	79	TR 100	124.52	1205.61	1207.92	1208.43	1209.77	0.040694	6.02	20.98	10.99	1.39
Bigontina	79	TR 200	135.27	1205.61	1208.01	1208.57	1210.00	0.042128	6.24	21.67	11.02	1.42
Bigontina	79	TR 300	141.48	1205.61	1208.06	1208.85	1210.13	0.042932	6.37	22.22	11.10	1.44
Bigontina	78	TR 100	124.52	1204.82	1206.92	1207.58	1209.06	0.050481	6.48	19.22	10.64	1.54
Bigontina	78	TR 200	135.27	1204.82	1207.03	1207.73	1209.28	0.050764	6.64	20.36	10.86	1.55
Bigontina	78	TR 300	141.48	1204.82	1207.09	1207.80	1209.40	0.051047	6.74	20.99	10.99	1.56
Bigontina	77	TR 100	124.52	1203.77	1205.87	1206.80	1208.88	0.077998	7.88	16.21	9.64	1.89
Bigontina	77	TR 200	135.27	1203.77	1205.99	1206.95	1209.10	0.078129	7.81	17.31	9.76	1.87
Bigontina	77	TR 300	141.48	1203.77	1206.05	1207.03	1209.22	0.078245	7.89	17.94	9.84	1.87
Bigontina	76	TR 100	124.52	1203.64	1206.15	1206.80	1207.95	0.039193	5.94	20.97	10.55	1.33
Bigontina	76	TR 200	135.27	1203.64	1206.25	1206.75	1208.17	0.039671	6.14	22.05	10.82	1.35
Bigontina	76	TR 300	141.48	1203.64	1206.31	1206.94	1208.30	0.039906	6.25	22.69	10.99	1.36
Bigontina	75	TR 100	124.52	1203.38	1205.63	1206.22	1207.56	0.039907	6.18	20.85	12.09	1.39
Bigontina	75	TR 200	135.27	1203.38	1205.72	1206.36	1207.78	0.040526	6.39	21.82	12.46	1.41
Bigontina	75	TR 300	141.48	1203.38	1205.78	1206.43	1207.91	0.040778	6.50	22.51	12.79	1.42
Bigontina	74	TR 100	124.52	1201.99	1203.82	1204.84	1207.18	0.093043	8.13	15.32	9.48	2.04
Bigontina	74	TR 200	135.27	1201.99	1203.93	1204.99	1207.41	0.090426	8.26	16.37	9.56	2.02
Bigontina	74	TR 300	141.48	1201.99	1203.99	1205.09	1207.53	0.089179	8.34	16.97	9.62	2.01
Bigontina	73	TR 100	124.52	1201.83	1203.71	1204.65	1206.80	0.084147	7.79	15.98	9.99	1.97
Bigontina	73	TR 200	135.27	1201.83	1203.81	1204.80	1207.04	0.083136	7.96	16.99	10.12	1.96
Bigontina	73	TR 300	141.48	1201.83	1203.86	1204.89	1207.17	0.082581	8.05	17.57	10.19	1.96
Bigontina	72	TR 100	124.52	1201.69	1203.41	1204.33	1206.47	0.089631	7.75	16.07	10.95	2.04
Bigontina	72	TR 200	135.27	1201.69	1203.50	1204.46	1206.71	0.089634	7.94	17.03	11.13	2.05
Bigontina	72	TR 300	141.48	1201.69	1203.55	1204.53	1206.85	0.088812	8.06	17.56	11.22	2.06
Bigontina	71	TR 100	124.52	1200.04	1201.57	1202.76	1205.90	0.138564	9.22	13.50	9.68	2.49
Bigontina	71	TR 200	135.27	1200.04	1201.66	1202.91	1206.15	0.135485	9.39	14.41	9.73	2.46
Bigontina	71	TR 300	141.48	1200.04	1201.71	1202.98	1206.29	0.133509	9.48	14.93	9.76	2.45
Bigontina	70	TR 100	124.52	1199.93	1201.57	1202.69	1206.45	0.115741	8.73	14.26	9.60	2.29
Bigontina	70	TR 200	135.27	1199.93	1201.66	1202.83	1206.71	0.113786	8.91	15.18	9.69	2.27
Bigontina	70	TR 300	141.48	1199.93	1201.71	1202.92	1206.86	0.112859	9.01	15.70	9.74	2.27
Bigontina	69	TR 100	124.52	1198.92	1200.60	1201.80	1204.93	0.138612	9.21	13.52	9.96	2.52
Bigontina	69	TR 200	135.27	1198.92	1200.69	1201.95	1205.19	0.136728	9.40	14.40	10.04	2.51
Bigontina	69	TR 300	141.48	1198.92	1200.74	1202.03	1205.34	0.135291	9.50	14.99	10.08	2.50
Bigontina	68	TR 100	124.52	1197.97	1199.89	1200.82	1202.79	0.075649	7.54	16.51	9.23	1.80
Bigontina	68	TR 200	135.27	1197.97	1199.99	1201.13	1203.06	0.076302	7.76	17.42	9.30	1.81
Bigontina	68	TR 300	141.48	1197.97	1200.05	1201.17	1203.22	0.076653	7.89	17.94	9.34	1.82
Bigontina	67	TR 100	124.52	1197.05	1199.21	1199.90	1201.62	0.057587	6.87	18.12	8.80	1.53
Bigontina	67	TR 200	135.27	1197.05	1199.33	1200.06	1201.87	0.057946	7.06	19.15	8.84	1.53
Bigontina	67	TR 300	141.48	1197.05	1199.38	1200.15	1202.01	0.058152	7.17	19.74	8.87	1.53
Bigontina	66	TR 100	124.52	1196.26	1198.56	1199.19	1200.87	0.054075	6.73	19.49	8.28	1.44
Bigontina	66	TR 200	135.27	1196.26	1198.70	1199.35	1201.12	0.053672	6.88	19.85	8.30	1.43
Bigontina	66	TR 300	141.48	1196.26	1198.78	1199.45	1201.25	0.053447	6.96	20.32	8.32	1.42
Bigontina	65	TR 100	124.52	1195.40	1197.64	1198.33	1200.06	0.058234	6.89	18.08	8.20	1.48

PROGETTAZIONE ATI:

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Bigontina Reach: Bigontina (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	65	TR 200	135.27	1195.40	1197.78	1198.50	1200.31	0.057986	7.05	19.19	8.22	1.47
Bigontina	65	TR 300	141.48	1195.40	1197.86	1198.59	1200.45	0.057763	7.13	19.83	8.23	1.47
Bigontina	64	TR 100	124.52	1195.09	1197.24	1197.97	1199.74	0.061248	7.01	17.78	8.62	1.56
Bigontina	64	TR 200	135.27	1195.09	1197.36	1198.13	1199.99	0.061244	7.18	18.84	8.71	1.56
Bigontina	64	TR 300	141.48	1195.09	1197.43	1198.22	1200.13	0.061190	7.27	19.45	8.76	1.56
Bigontina	63	TR 100	124.52	1194.31	1196.50	1197.19	1198.93	0.058914	6.91	18.02	8.54	1.52
Bigontina	63	TR 200	135.27	1194.31	1196.63	1197.35	1199.18	0.058850	7.08	19.10	8.60	1.52
Bigontina	63	TR 300	141.48	1194.31	1196.70	1197.44	1199.32	0.058780	7.18	19.72	8.63	1.52
Bigontina	62	TR 100	124.52	1193.72	1195.91	1196.60	1198.36	0.059105	6.92	17.99	8.40	1.51
Bigontina	62	TR 200	135.27	1193.72	1196.04	1196.76	1198.61	0.059964	7.09	19.08	8.43	1.50
Bigontina	62	TR 300	141.48	1193.72	1196.12	1196.85	1198.75	0.059874	7.18	19.70	8.44	1.50
Bigontina	61	TR 100	124.52	1193.14	1195.27	1195.99	1197.77	0.060980	7.01	17.77	8.69	1.56
Bigontina	61	TR 200	135.27	1193.14	1195.39	1196.15	1198.02	0.060966	7.19	18.83	8.72	1.56
Bigontina	61	TR 300	141.48	1193.14	1195.46	1196.24	1198.16	0.060954	7.28	19.43	8.75	1.56
Bigontina	60	TR 100	124.52	1192.85	1195.06	1195.73	1197.45	0.057495	6.85	18.18	8.57	1.50
Bigontina	60	TR 200	135.27	1192.85	1195.18	1195.89	1197.70	0.057531	7.02	19.26	8.63	1.50
Bigontina	60	TR 300	141.48	1192.85	1195.26	1195.98	1197.94	0.057531	7.12	19.87	8.66	1.50
Bigontina	59.5		Bridge									
Bigontina	59	TR 100	124.52	1191.74	1194.15	1194.75	1196.27	0.046450	6.44	19.32	8.61	1.37
Bigontina	59	TR 200	135.27	1191.74	1194.29	1194.91	1196.51	0.047051	6.59	20.53	8.93	1.39
Bigontina	59	TR 300	141.48	1191.74	1194.36	1194.99	1196.64	0.047652	6.69	21.15	9.07	1.40
Bigontina	58	TR 100	124.52	1191.34	1193.58	1194.34	1195.91	0.055230	6.76	18.42	8.42	1.46
Bigontina	58	TR 200	135.27	1191.34	1193.73	1194.50	1196.15	0.054357	6.89	19.63	8.45	1.44
Bigontina	58	TR 300	141.48	1191.34	1193.80	1194.58	1196.29	0.054152	6.97	20.29	8.46	1.44
Bigontina	57	TR 100	124.52	1191.12	1192.46	1193.35	1195.57	0.107278	7.80	15.96	12.25	2.18
Bigontina	57	TR 200	135.27	1191.12	1192.54	1193.48	1195.80	0.105735	8.00	16.92	12.29	2.18
Bigontina	57	TR 300	141.48	1191.12	1192.58	1193.55	1195.93	0.105123	8.11	17.45	12.32	2.17
Bigontina	56	TR 100	124.52	1190.91	1192.59	1193.34	1195.06	0.069982	6.96	17.88	11.57	1.79
Bigontina	56	TR 200	135.27	1190.91	1192.67	1193.47	1195.29	0.070140	7.17	18.87	11.66	1.80
Bigontina	56	TR 300	141.48	1190.91	1192.72	1193.54	1195.43	0.070411	7.28	19.43	11.71	1.81
Bigontina	55	TR 100	124.52	1189.05	1190.51	1191.65	1194.59	0.138196	8.95	13.92	9.73	2.39
Bigontina	55	TR 200	135.27	1189.05	1190.61	1191.80	1194.83	0.133820	9.10	14.87	9.80	2.36
Bigontina	55	TR 300	141.48	1189.05	1190.66	1191.88	1194.96	0.131867	9.18	15.40	9.83	2.34
Bigontina	54	TR 100	124.52	1188.83	1190.68	1191.66	1193.92	0.092335	7.97	15.62	9.17	1.95
Bigontina	54	TR 200	135.27	1188.83	1190.78	1191.82	1194.16	0.091288	8.14	16.62	9.34	1.96
Bigontina	54	TR 300	141.48	1188.83	1190.84	1191.90	1194.30	0.090818	8.23	17.18	9.43	1.95
Bigontina	53	TR 100	124.52	1188.49	1190.23	1191.21	1193.51	0.092527	8.02	15.53	9.77	2.03
Bigontina	53	TR 200	135.27	1188.49	1190.32	1191.36	1193.75	0.091373	8.20	16.49	9.85	2.02
Bigontina	53	TR 300	141.48	1188.49	1190.38	1191.43	1193.89	0.090818	8.30	17.04	9.89	2.02
Bigontina	52	TR 100	124.52	1188.32	1190.00	1190.96	1193.22	0.092667	7.94	15.67	9.94	2.02
Bigontina	52	TR 200	135.27	1188.32	1190.10	1191.10	1193.47	0.091837	8.14	16.62	9.99	2.01
Bigontina	52	TR 300	141.48	1188.32	1190.15	1191.18	1193.62	0.091409	8.24	17.16	10.02	2.01
Bigontina	51	TR 100	124.52	1186.50	1188.00	1189.22	1192.57	0.150267	9.47	13.15	9.54	2.57
Bigontina	51	TR 200	135.27	1186.50	1188.09	1189.37	1192.83	0.146390	9.64	14.03	9.62	2.55
Bigontina	51	TR 300	141.48	1186.50	1188.15	1189.46	1192.98	0.144267	9.74	14.53	9.65	2.53
Bigontina	50	TR 100	124.52	1186.02	1187.71	1188.76	1191.31	0.104670	8.40	14.83	9.40	2.14
Bigontina	50	TR 200	135.27	1186.02	1187.81	1188.91	1191.59	0.104260	8.61	15.70	9.48	2.14
Bigontina	50	TR 300	141.48	1186.02	1187.86	1188.99	1191.75	0.104047	8.73	16.20	9.52	2.14
Bigontina	49	TR 100	124.52	1185.44	1187.42	1188.28	1190.24	0.072366	7.43	16.75	8.93	1.73
Bigontina	49	TR 200	135.27	1185.44	1187.53	1188.44	1190.51	0.073061	7.65	17.68	9.01	1.74
Bigontina	49	TR 300	141.48	1185.44	1187.59	1188.53	1190.66	0.073435	7.77	18.21	9.05	1.75
Bigontina	48	TR 100	124.52	1185.14	1187.06	1187.91	1189.89	0.073307	7.44	16.73	9.54	1.79
Bigontina	48	TR 200	135.27	1185.14	1187.16	1188.06	1190.15	0.073883	7.66	17.66	9.62	1.80
Bigontina	48	TR 300	141.48	1185.14	1187.21	1188.14	1190.30	0.074275	7.78	18.18	9.66	1.81
Bigontina	47	TR 100	124.52	1184.43	1186.47	1187.24	1188.99	0.061826	7.03	17.72	9.47	1.64
Bigontina	47	TR 200	135.27	1184.43	1186.57	1187.39	1189.24	0.062339	7.23	18.71	9.56	1.65
Bigontina	47	TR 300	141.48	1184.43	1186.63	1187.48	1189.38	0.062960	7.34	19.27	9.61	1.66

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Bigontina Reach: Bigontina (Continued)												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	46	TR 100	124.52	1183.69	1185.79	1186.50	1188.23	0.068804	6.92	17.99	9.16	1.68
Bigontina	46	TR 200	135.27	1183.69	1185.90	1186.65	1188.47	0.068748	7.10	19.05	9.22	1.68
Bigontina	46	TR 300	141.48	1183.69	1185.97	1186.74	1188.61	0.068745	7.20	19.66	9.26	1.58
Bigontina	45	TR 100	124.52	1183.35	1185.39	1186.27	1187.98	0.063138	7.13	17.47	9.37	1.67
Bigontina	45	TR 200	135.27	1183.35	1185.51	1186.42	1188.23	0.063024	7.30	18.52	9.45	1.67
Bigontina	45	TR 300	141.48	1183.35	1185.57	1186.54	1188.36	0.062784	7.40	19.11	9.62	1.67
Bigontina	44	TR 100	124.52	1182.36	1184.92	1185.62	1186.93	0.042249	6.29	19.94	11.95	1.43
Bigontina	44	TR 200	135.27	1182.36	1185.00	1185.74	1187.17	0.043465	6.54	20.88	12.48	1.46
Bigontina	44	TR 300	141.48	1182.36	1185.04	1185.81	1187.30	0.044203	6.69	21.40	12.77	1.48
Bigontina	43	TR 100	124.52	1181.44	1183.49	1184.26	1186.04	0.062404	7.06	17.63	9.18	1.63
Bigontina	43	TR 200	135.27	1181.44	1183.61	1184.46	1186.27	0.061638	7.22	18.74	9.25	1.62
Bigontina	43	TR 300	141.48	1181.44	1183.68	1184.88	1186.40	0.061414	7.31	19.36	9.29	1.62
Bigontina	42	TR 100	124.52	1180.43	1182.61	1183.27	1184.98	0.056629	6.82	18.25	8.75	1.61
Bigontina	42	TR 200	135.27	1180.43	1182.74	1183.43	1185.22	0.056302	6.98	19.37	8.80	1.50
Bigontina	42	TR 300	141.48	1180.43	1182.81	1183.52	1185.36	0.056150	7.07	20.01	8.82	1.50
Bigontina	41	TR 100	124.52	1179.64	1181.79	1182.49	1184.22	0.058406	6.90	18.06	8.77	1.53
Bigontina	41	TR 200	135.27	1179.64	1181.92	1182.65	1184.46	0.058178	7.06	19.15	8.81	1.53
Bigontina	41	TR 300	141.48	1179.64	1181.99	1182.74	1184.60	0.058061	7.15	19.78	8.84	1.53
Bigontina	39	TR 100	124.52	1178.69	1183.09	1181.56	1183.66	0.008041	3.33	37.35	9.87	0.55
Bigontina	39	TR 200	135.27	1178.69	1183.33	1181.73	1183.92	0.008086	3.41	39.69	10.19	0.55
Bigontina	39	TR 300	141.48	1178.69	1183.47	1181.82	1184.07	0.008036	3.44	41.16	10.36	0.55
Bigontina	38	TR 100	124.52	1178.64	1182.78	1181.92	1183.57	0.011902	3.94	31.58	9.53	0.69
Bigontina	38	TR 200	135.27	1178.64	1183.02	1182.08	1183.83	0.011667	3.99	33.94	9.87	0.69
Bigontina	38	TR 300	141.48	1178.64	1183.17	1182.19	1183.98	0.011384	3.99	35.47	10.09	0.68
Bigontina	37.5	Bridge										
Bigontina	37	TR 100	124.52	1177.86	1181.74	1181.74	1183.16	0.025340	5.30	23.78	9.08	0.96
Bigontina	37	TR 200	135.27	1177.86	1182.10	1182.10	1183.38	0.020838	5.07	27.37	10.76	0.87
Bigontina	37	TR 300	141.48	1177.86	1182.19	1182.19	1183.50	0.020609	5.13	28.39	11.01	0.87
Bigontina	36	TR 100	124.52	1177.72	1179.65	1180.55	1182.49	0.074095	7.47	16.71	10.72	1.87
Bigontina	36	TR 200	135.27	1177.72	1179.74	1180.68	1182.74	0.073801	7.68	17.69	11.10	1.87
Bigontina	36	TR 300	141.48	1177.72	1179.80	1180.75	1182.86	0.072533	7.76	18.33	11.33	1.87
Bigontina	35	TR 100	124.52	1177.29	1179.67	1180.21	1181.43	0.037046	5.95	21.55	14.03	1.35
Bigontina	35	TR 200	135.27	1177.29	1179.73	1180.32	1181.66	0.039359	6.25	22.32	14.25	1.40
Bigontina	35	TR 300	141.48	1177.29	1179.76	1180.39	1181.78	0.040258	6.40	22.84	14.39	1.42
Bigontina	34	TR 100	124.52	1176.71	1179.53	1179.83	1180.77	0.020769	5.06	27.25	18.45	1.06
Bigontina	34	TR 200	135.27	1176.71	1179.59	1179.94	1180.95	0.022124	5.31	28.39	19.06	1.10
Bigontina	34	TR 300	141.48	1176.71	1179.62	1180.01	1181.06	0.022874	5.45	29.04	19.22	1.12
Bigontina	33	TR 100	124.52	1174.72	1176.60	1177.75	1180.31	0.101079	8.54	14.59	9.07	2.15
Bigontina	33	TR 200	135.27	1174.72	1176.72	1177.99	1180.49	0.096512	8.60	15.73	9.28	2.11
Bigontina	33	TR 300	141.48	1174.72	1176.79	1178.08	1180.60	0.094106	8.64	16.38	9.38	2.09
Bigontina	32	TR 100	124.52	1174.36	1176.28	1177.41	1179.72	0.095033	8.21	15.17	9.46	2.07
Bigontina	32	TR 200	135.27	1174.36	1176.39	1177.62	1179.93	0.092292	8.33	16.25	9.64	2.05
Bigontina	32	TR 300	141.48	1174.36	1176.46	1177.76	1180.05	0.090928	8.39	16.86	9.76	2.04
Bigontina	31	TR 100	124.52	1174.34	1176.26	1177.25	1179.09	0.073593	7.44	16.73	10.55	1.89
Bigontina	31	TR 200	135.27	1174.34	1176.36	1177.42	1179.31	0.073425	7.61	17.77	10.79	1.89
Bigontina	31	TR 300	141.48	1174.34	1176.41	1177.51	1179.44	0.073836	7.70	18.36	10.99	1.90
Bigontina	30	TR 100	124.52	1172.95	1174.75	1175.88	1178.58	0.109930	8.66	14.37	9.52	2.25
Bigontina	30	TR 200	135.27	1172.95	1174.85	1176.04	1178.81	0.107102	8.81	15.36	9.65	2.23
Bigontina	30	TR 300	141.48	1172.95	1174.91	1176.12	1178.94	0.105590	8.89	15.92	9.73	2.22
Bigontina	29	TR 100	124.52	1172.66	1174.63	1175.63	1177.35	0.068489	7.30	17.06	10.22	1.80
Bigontina	29	TR 200	135.27	1172.66	1174.72	1175.79	1177.59	0.068920	7.50	18.04	10.36	1.81
Bigontina	29	TR 300	141.48	1172.66	1174.78	1175.87	1177.73	0.069129	7.61	18.60	10.45	1.82
Bigontina	28	TR 100	124.52	1172.06	1174.12	1175.03	1176.97	0.073231	7.47	16.66	9.91	1.84
Bigontina	28	TR 200	135.27	1172.06	1174.22	1175.17	1177.22	0.073286	7.66	17.65	10.05	1.85
Bigontina	28	TR 300	141.48	1172.06	1174.28	1175.25	1177.35	0.073284	7.76	18.22	10.14	1.85
Bigontina	27	TR 100	124.52	1171.49	1174.05	1174.72	1176.29	0.062563	6.62	18.82	10.13	1.65
Bigontina	27	TR 200	135.27	1171.49	1174.15	1174.86	1176.53	0.063435	6.82	19.83	10.28	1.57
Bigontina	27	TR 300	141.48	1171.49	1174.21	1174.95	1176.66	0.053860	6.93	20.42	10.37	1.58

PROGETTAZIONE ATI:

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Bigontina Reach: Bigontina (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	26	TR 100	124.52	1171.50	1174.76	1174.76	1175.97	0.017576	4.91	26.47	12.10	0.94
Bigontina	26	TR 200	135.27	1171.50	1174.92	1174.92	1176.17	0.017039	5.02	28.41	12.51	0.94
Bigontina	26	TR 300	141.48	1171.50	1175.00	1175.00	1176.29	0.016799	5.08	29.50	12.74	0.93
Bigontina	25	TR 100	124.52	1170.98	1173.69	1174.24	1175.73	0.043600	6.33	19.66	9.35	1.39
Bigontina	25	TR 200	135.27	1170.98	1173.83	1174.39	1175.94	0.042527	6.42	21.06	9.55	1.38
Bigontina	25	TR 300	141.48	1170.98	1173.92	1174.48	1176.05	0.041938	6.47	21.86	9.67	1.37
Bigontina	24	TR 100	124.52	1170.58	1173.55	1173.80	1175.04	0.023566	5.45	23.79	11.75	1.09
Bigontina	24	TR 200	135.27	1170.58	1173.65	1173.97	1175.27	0.024423	5.68	24.93	12.06	1.11
Bigontina	24	TR 300	141.48	1170.58	1173.70	1174.06	1175.39	0.024769	5.81	25.62	12.24	1.13
Bigontina	23	TR 100	124.52	1170.20	1172.43	1173.06	1174.48	0.043014	6.39	20.24	13.28	1.49
Bigontina	23	TR 200	135.27	1170.20	1172.52	1173.20	1174.69	0.042853	6.58	21.49	13.64	1.50
Bigontina	23	TR 300	141.48	1170.20	1172.57	1173.27	1174.81	0.042816	6.69	22.19	13.84	1.50
Bigontina	22	TR 100	124.52	1168.80	1170.34	1171.33	1173.89	0.114962	8.37	15.13	13.25	2.37
Bigontina	22	TR 200	135.27	1168.80	1170.42	1171.44	1174.11	0.111485	8.54	16.18	13.46	2.35
Bigontina	22	TR 300	141.48	1168.80	1170.46	1171.51	1174.23	0.109725	8.64	16.77	13.58	2.34
Bigontina	21	TR 100	124.52	1167.84	1169.95	1170.64	1172.21	0.071442	6.66	18.69	13.91	1.83
Bigontina	21	TR 200	135.27	1167.84	1170.01	1170.75	1172.44	0.072349	6.90	19.62	14.04	1.85
Bigontina	21	TR 300	141.48	1167.84	1170.05	1170.81	1172.57	0.072815	7.03	20.14	14.11	1.86
Bigontina	20	TR 100	124.52	1167.67	1169.73	1170.11	1171.16	0.036142	5.30	23.74	16.08	1.36
Bigontina	20	TR 200	135.27	1167.67	1169.79	1170.22	1171.36	0.037969	5.56	24.66	16.19	1.40
Bigontina	20	TR 300	141.48	1167.67	1169.82	1170.28	1171.47	0.038966	5.69	25.18	16.26	1.42
Bigontina	19	TR 100	124.52	1167.43	1169.96	1169.96	1170.78	0.014087	4.26	34.08	21.77	0.90
Bigontina	19	TR 200	135.27	1167.43	1170.06	1170.06	1170.92	0.013906	4.36	36.42	22.22	0.90
Bigontina	19	TR 300	141.48	1167.43	1170.12	1170.12	1171.00	0.013909	4.42	37.75	22.47	0.90
Bigontina	18	TR 100	124.52	1165.33	1167.02	1167.96	1170.23	0.089452	8.00	16.11	13.25	2.19
Bigontina	18	TR 200	135.27	1165.33	1167.12	1168.08	1170.38	0.082881	8.07	17.43	13.49	2.14
Bigontina	18	TR 300	141.48	1165.33	1167.18	1168.15	1170.46	0.079501	8.10	18.20	13.63	2.11
Bigontina	17	TR 100	124.52	1164.95	1167.28	1167.87	1169.20	0.039270	6.34	21.91	16.24	1.49
Bigontina	17	TR 200	135.27	1164.95	1167.36	1167.98	1169.38	0.039162	6.52	23.31	16.59	1.50
Bigontina	17	TR 300	141.48	1164.95	1167.41	1168.05	1169.48	0.039075	6.62	24.10	16.79	1.50
Bigontina	16	TR 100	124.52	1164.71	1167.06	1167.55	1168.65	0.033900	6.00	24.82	19.26	1.37
Bigontina	16	TR 200	135.27	1164.71	1167.13	1167.65	1168.83	0.034985	6.23	26.12	19.74	1.40
Bigontina	16	TR 300	141.48	1164.71	1167.16	1167.70	1168.93	0.035621	6.36	26.83	19.94	1.42
Bigontina	15	TR 100	124.52	1164.44	1166.14	1166.68	1168.01	0.055957	6.31	21.14	23.73	1.72
Bigontina	15	TR 200	135.27	1164.44	1166.18	1166.76	1168.17	0.057050	6.51	22.22	23.87	1.75
Bigontina	15	TR 300	141.48	1164.44	1166.21	1166.81	1168.27	0.057878	6.63	22.82	23.95	1.77
Bigontina	14	TR 100	124.52	1159.78	1160.92	1162.20	1166.77	0.256849	10.71	11.62	11.59	3.42
Bigontina	14	TR 200	135.27	1159.78	1161.00	1162.33	1166.94	0.240644	10.80	12.53	11.68	3.33
Bigontina	14	TR 300	141.48	1159.78	1161.04	1162.41	1167.04	0.232553	10.85	13.05	11.73	3.28
Bigontina	13	TR 100	124.52	1159.07	1160.65	1161.74	1164.47	0.120342	8.66	14.38	10.70	2.38
Bigontina	13	TR 200	135.27	1159.07	1160.73	1161.88	1164.72	0.118468	8.84	15.29	10.82	2.38
Bigontina	13	TR 300	141.48	1159.07	1160.78	1161.95	1164.86	0.117256	8.94	15.82	10.90	2.37
Bigontina	12	TR 100	124.52	1157.59	1159.81	1160.78	1162.82	0.080383	7.69	16.20	10.23	1.95
Bigontina	12	TR 200	135.27	1157.59	1159.90	1160.85	1163.08	0.080752	7.90	17.12	10.35	1.96
Bigontina	12	TR 300	141.48	1157.59	1159.95	1161.05	1163.23	0.080856	8.01	17.65	10.42	1.97
Bigontina	11	TR 100	124.52	1156.17	1158.42	1159.81	1162.33	0.102637	8.76	14.22	8.52	2.16
Bigontina	11	TR 200	135.27	1156.17	1158.53	1159.77	1162.59	0.101377	8.93	15.15	8.67	2.16
Bigontina	11	TR 300	141.48	1156.17	1158.59	1159.86	1162.73	0.100646	9.02	15.69	8.76	2.15
Bigontina	10	TR 100	124.52	1155.70	1158.36	1159.46	1161.63	0.076569	8.01	15.55	7.94	1.83
Bigontina	10	TR 200	135.27	1155.70	1158.49	1159.64	1161.90	0.076065	8.18	16.54	8.17	1.83
Bigontina	10	TR 300	141.48	1155.70	1158.56	1159.74	1162.04	0.075271	8.27	17.11	8.30	1.83
Bigontina	9.5		Bridge									
Bigontina	9	TR 100	124.52	1154.27	1156.55	1157.67	1160.22	0.096249	8.48	14.68	8.98	2.12
Bigontina	9	TR 200	135.27	1154.27	1156.65	1157.83	1160.49	0.095960	8.68	15.59	9.13	2.12
Bigontina	9	TR 300	141.48	1154.27	1156.71	1157.91	1160.65	0.095888	8.79	16.10	9.22	2.12
Bigontina	8	TR 100	124.52	1153.50	1155.44	1156.52	1159.01	0.094881	8.37	14.89	9.21	2.10
Bigontina	8	TR 200	135.27	1153.50	1155.54	1156.69	1159.28	0.094867	8.57	15.78	9.35	2.11

PROGETTAZIONE ATI:

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Bigontina Reach: Bigontina (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bigontina	8	TR 300	141.48	1153.50	1155.59	1156.79	1159.44	0.094801	8.69	16.29	9.42	2.11
Bigontina	7	TR 100	124.52	1152.19	1154.21	1155.27	1157.73	0.099483	8.31	14.99	9.96	2.16
Bigontina	7	TR 200	135.27	1152.19	1154.30	1155.42	1158.01	0.099869	8.53	15.86	10.11	2.18
Bigontina	7	TR 300	141.48	1152.19	1154.35	1155.50	1158.16	0.100053	8.65	16.35	10.20	2.18
Bigontina	6	TR 100	124.52	1149.93	1152.07	1153.27	1156.11	0.110050	8.90	13.99	8.94	2.27
Bigontina	6	TR 200	135.27	1149.93	1152.17	1153.49	1156.39	0.109449	9.10	14.87	9.10	2.27
Bigontina	6	TR 300	141.48	1149.93	1152.22	1153.58	1156.54	0.109147	9.21	15.37	9.19	2.27
Bigontina	5	TR 100	124.52	1148.74	1150.70	1151.93	1154.42	0.102913	8.54	14.57	9.26	2.17
Bigontina	5	TR 200	135.27	1148.74	1150.79	1152.08	1154.71	0.103022	8.76	15.44	9.38	2.18
Bigontina	5	TR 300	141.48	1148.74	1150.84	1152.15	1154.86	0.103051	8.88	15.93	9.45	2.19
Bigontina	4	TR 100	124.52	1147.53	1150.32	1151.15	1152.87	0.065838	7.07	17.62	10.20	1.72
Bigontina	4	TR 200	135.27	1147.53	1150.40	1151.30	1153.14	0.067162	7.33	18.47	10.45	1.74
Bigontina	4	TR 300	141.48	1147.53	1150.45	1151.39	1153.30	0.068038	7.48	18.94	10.58	1.76
Bigontina	3	TR 100	124.52	1146.41	1149.05	1149.96	1151.84	0.060634	7.41	16.92	9.64	1.70
Bigontina	3	TR 200	135.27	1146.41	1149.15	1150.11	1152.11	0.060782	7.62	17.94	9.99	1.71
Bigontina	3	TR 300	141.48	1146.41	1149.21	1150.21	1152.26	0.060920	7.75	18.52	10.18	1.71
Bigontina	2	TR 100	124.52	1145.62	1147.83	1148.76	1150.77	0.082486	7.59	16.41	10.82	1.97
Bigontina	2	TR 200	135.27	1145.62	1147.92	1148.89	1151.03	0.083351	7.82	17.31	10.95	1.98
Bigontina	2	TR 300	141.48	1145.62	1147.96	1148.96	1151.18	0.083650	7.94	17.83	11.02	1.99
Bigontina	1	TR 100	124.52	1145.14	1147.46	1148.11	1149.55	0.046319	6.39	19.50	10.86	1.49
Bigontina	1	TR 200	135.27	1145.14	1147.56	1148.26	1149.79	0.047013	6.61	20.52	11.38	1.51
Bigontina	1	TR 300	141.48	1145.14	1147.61	1148.35	1149.92	0.047357	6.74	21.12	11.66	1.52

PROGETTAZIONE ATI:

7 ALLEGATO 4: MODELLO IDRAULICO PONTE SUL RIO

Planimetria delle sezioni di calcolo

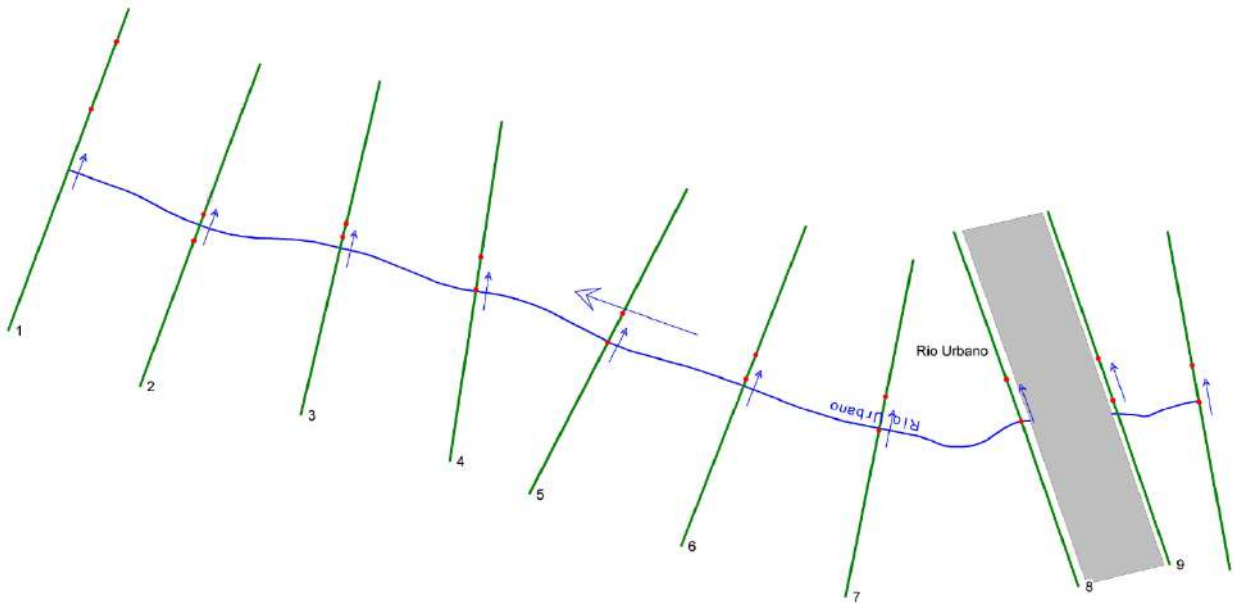


Figura 4-1 – Planimetria delle sezioni di calcolo – schermata HEC-RAS

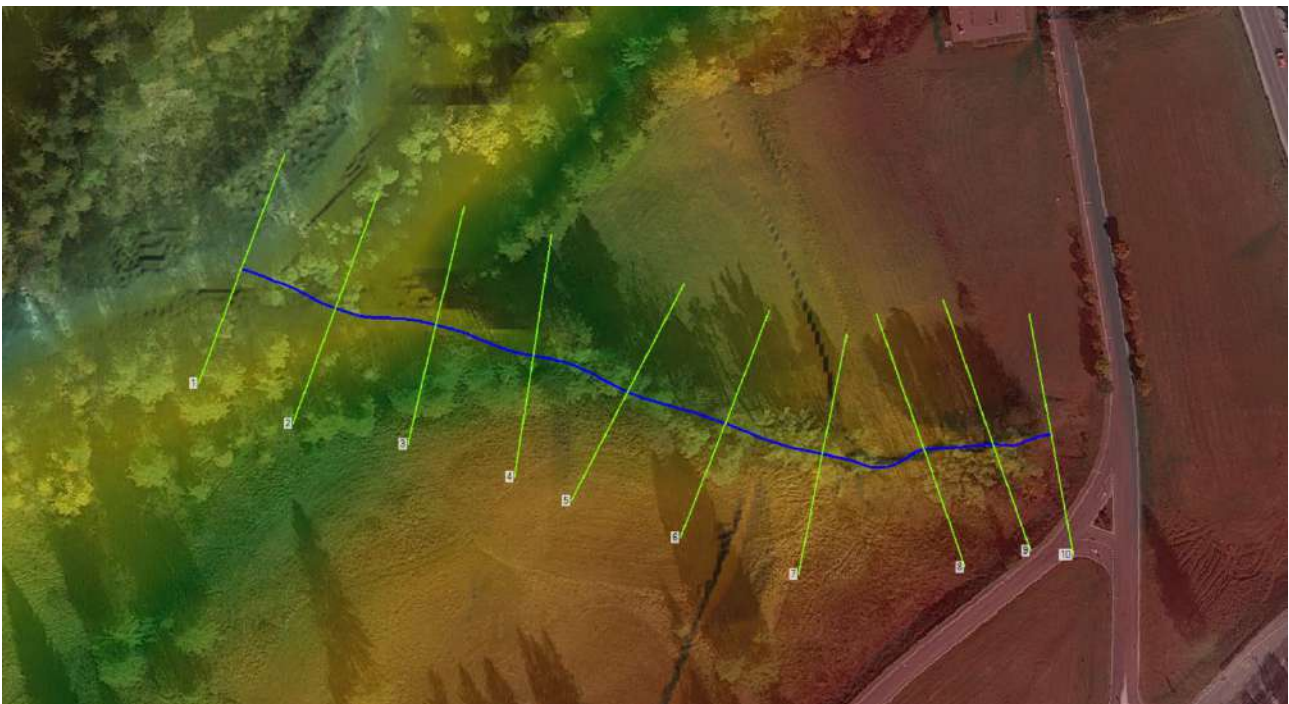
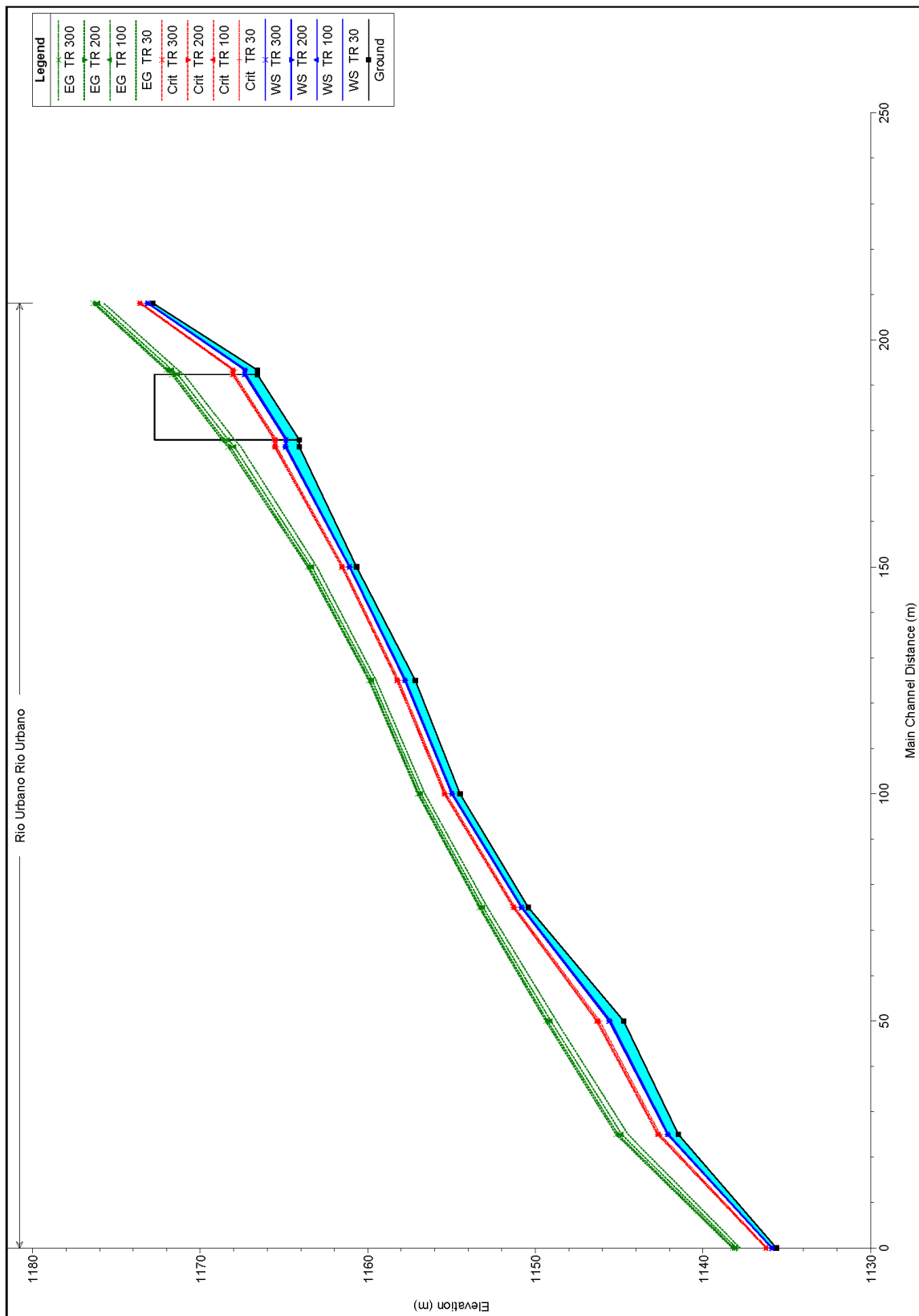


Figura 4-1 – Planimetria delle sezioni di calcolo su DTM Lidar – schermata HEC-RAS

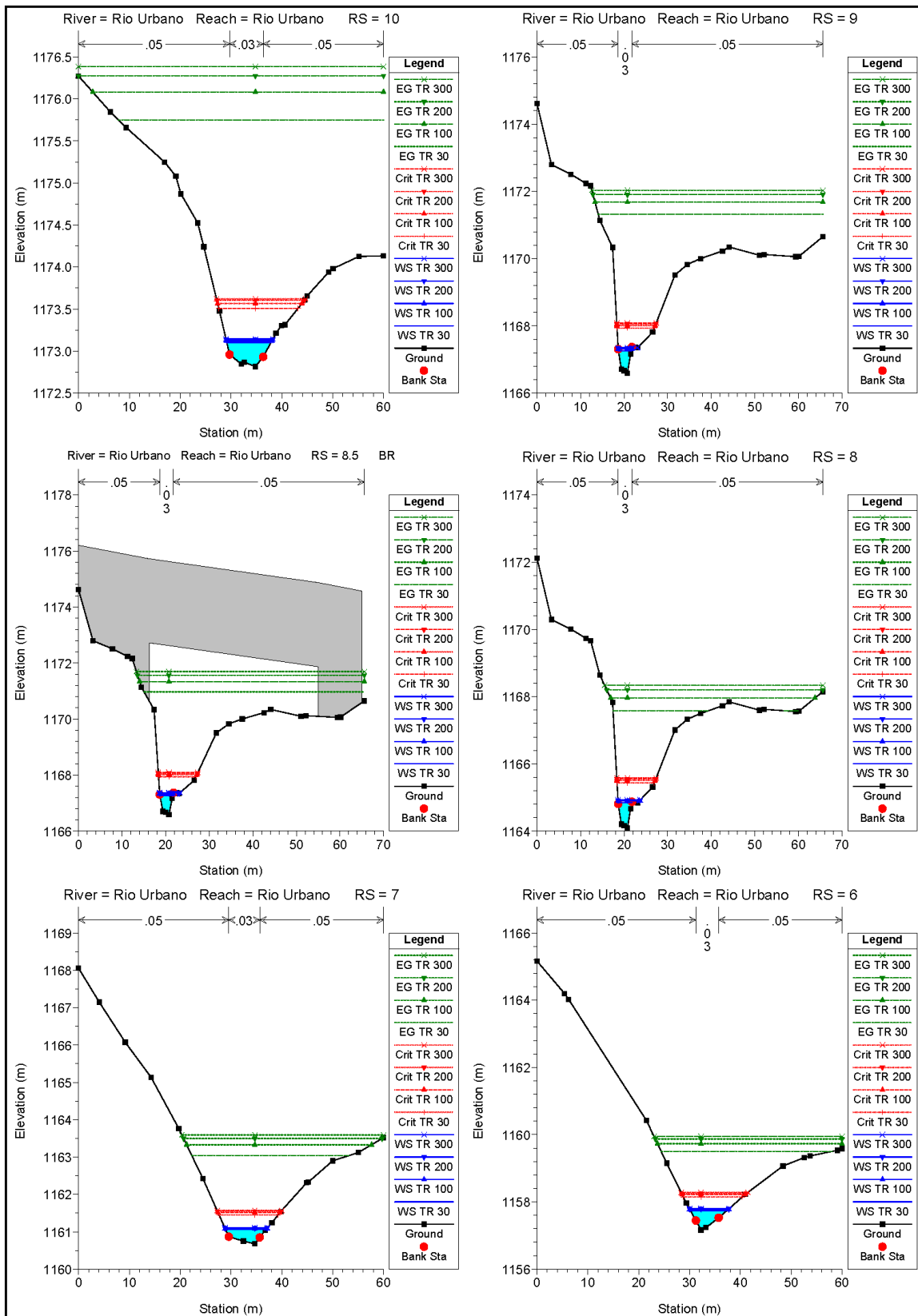
PROGETTAZIONE ATI:

Profilo

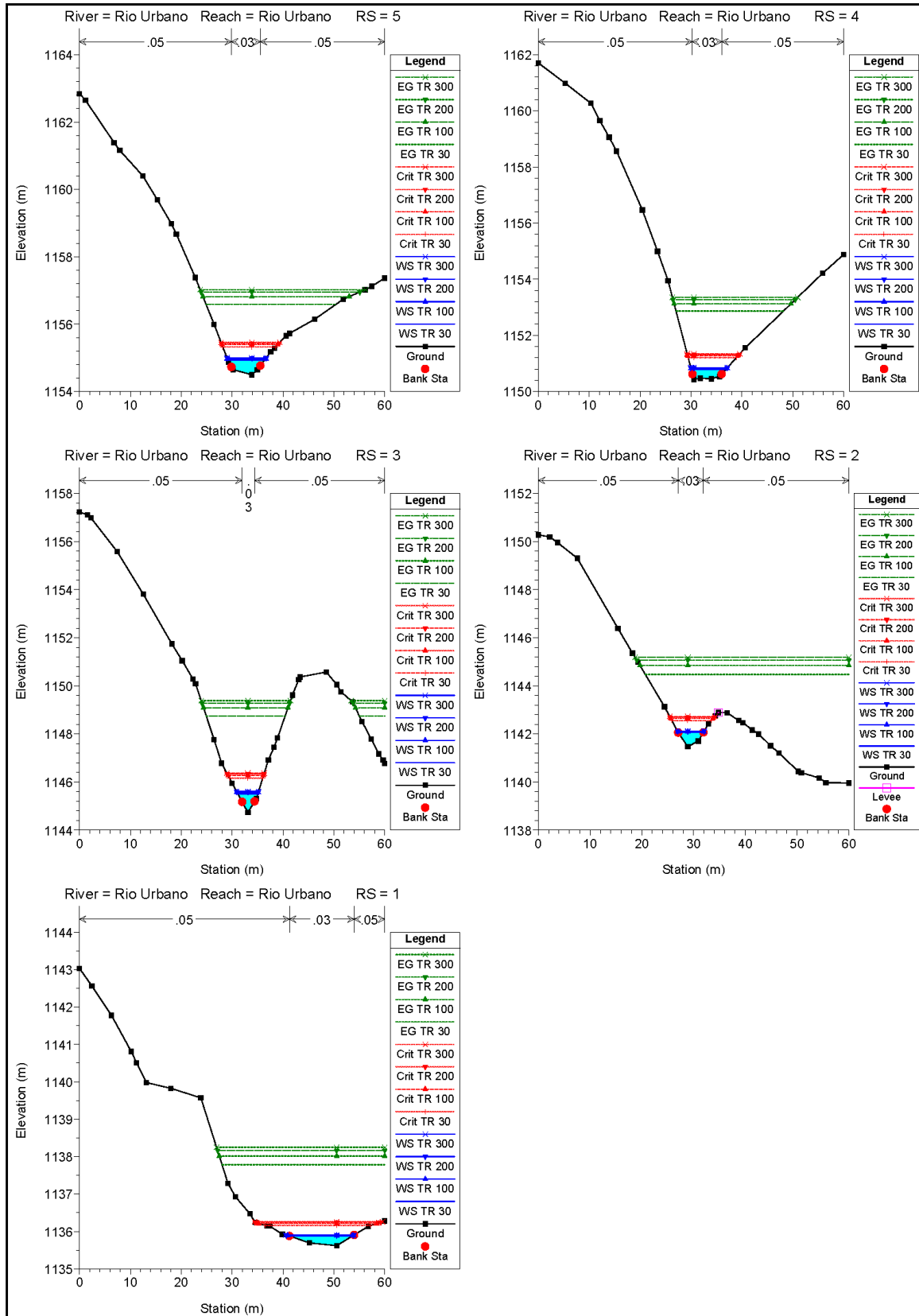


PROGETTAZIONE ATI:

Sezioni trasversali



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

Tabelle

HEC-RAS Plan: Plan 10 River: Rio Urbano Reach: Rio Urbano

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Rio Urbano	10	TR 30	11.60	1172.82	1173.10	1173.61	1175.75	0.337411	7.32	1.71	8.72	4.84
Rio Urbano	10	TR 100	13.50	1172.82	1173.12	1173.57	1176.08	0.337871	7.76	1.90	8.99	4.92
Rio Urbano	10	TR 200	14.67	1172.82	1173.14	1173.61	1176.28	0.337420	8.00	2.01	9.15	4.95
Rio Urbano	10	TR 300	15.34	1172.82	1173.14	1173.62	1176.39	0.337575	8.14	2.07	9.23	4.98
Rio Urbano	9	TR 30	11.60	1166.59	1167.25	1167.94	1171.32	0.254592	8.93	1.30	2.93	4.28
Rio Urbano	9	TR 100	13.50	1166.59	1167.31	1168.01	1171.68	0.251770	9.26	1.46	3.07	4.29
Rio Urbano	9	TR 200	14.67	1166.59	1167.34	1168.06	1171.91	0.247918	9.47	1.55	3.13	4.29
Rio Urbano	9	TR 300	15.34	1166.59	1167.35	1168.08	1172.03	0.245824	9.58	1.60	3.37	4.29
Rio Urbano	8.5	Bridge										
Rio Urbano	8	TR 30	11.60	1164.09	1164.85	1165.44	1167.58	0.145023	7.32	1.58	3.19	3.29
Rio Urbano	8	TR 100	13.50	1164.09	1164.89	1165.51	1167.96	0.146868	7.76	1.78	4.85	3.36
Rio Urbano	8	TR 200	14.67	1164.09	1164.92	1165.56	1168.20	0.149161	8.05	1.90	5.04	3.41
Rio Urbano	8	TR 300	15.34	1164.09	1164.93	1165.58	1168.34	0.150519	8.21	1.97	5.14	3.43
Rio Urbano	7	TR 30	11.60	1160.68	1161.06	1161.45	1163.04	0.184760	6.32	1.97	7.90	3.72
Rio Urbano	7	TR 100	13.50	1160.68	1161.08	1161.52	1163.33	0.188706	6.74	2.17	8.14	3.81
Rio Urbano	7	TR 200	14.67	1160.68	1161.10	1161.55	1163.50	0.190416	6.98	2.29	8.29	3.86
Rio Urbano	7	TR 300	15.34	1160.68	1161.11	1161.57	1163.59	0.191183	7.11	2.36	8.37	3.88
Rio Urbano	6	TR 30	11.60	1157.16	1157.74	1158.15	1159.50	0.108293	6.01	2.16	7.10	2.99
Rio Urbano	6	TR 100	13.50	1157.16	1157.77	1158.22	1159.73	0.108633	6.37	2.42	7.50	3.04
Rio Urbano	6	TR 200	14.67	1157.16	1157.79	1158.26	1159.87	0.109002	6.57	2.58	7.72	3.07
Rio Urbano	6	TR 300	15.34	1157.16	1157.80	1158.28	1159.95	0.109253	6.68	2.67	7.85	3.09
Rio Urbano	5	TR 30	11.60	1154.50	1154.94	1155.32	1156.59	0.122696	6.74	2.13	7.27	3.11
Rio Urbano	5	TR 100	13.50	1154.50	1154.97	1155.39	1156.82	0.122620	6.09	2.37	7.51	3.16
Rio Urbano	5	TR 200	14.67	1154.50	1154.99	1155.43	1156.95	0.122659	6.29	2.51	7.64	3.18
Rio Urbano	5	TR 300	15.34	1154.50	1155.00	1155.46	1157.02	0.122561	6.39	2.59	7.72	3.20
Rio Urbano	4	TR 30	11.60	1150.43	1150.79	1151.21	1152.87	0.180028	6.42	1.88	6.84	3.68
Rio Urbano	4	TR 100	13.50	1150.43	1150.82	1151.28	1153.12	0.178563	6.77	2.09	7.04	3.71
Rio Urbano	4	TR 200	14.67	1150.43	1150.84	1151.32	1153.27	0.174685	6.97	2.22	7.15	3.72
Rio Urbano	4	TR 300	15.34	1150.43	1150.85	1151.34	1153.36	0.173807	7.08	2.29	7.21	3.73
Rio Urbano	3	TR 30	11.60	1144.73	1145.51	1146.16	1148.75	0.143320	8.16	1.62	3.94	3.50
Rio Urbano	3	TR 100	13.50	1144.73	1145.57	1146.27	1149.09	0.139740	8.56	1.83	4.15	3.51
Rio Urbano	3	TR 200	14.67	1144.73	1146.80	1146.34	1149.28	0.137787	8.79	1.96	4.28	3.51
Rio Urbano	3	TR 300	15.34	1144.73	1145.62	1146.37	1149.39	0.136793	8.91	2.03	4.34	3.51
Rio Urbano	2	TR 30	11.60	1141.47	1142.06	1142.56	1144.47	0.182382	6.88	1.69	4.86	3.73
Rio Urbano	2	TR 100	13.50	1141.47	1142.09	1142.65	1144.84	0.186159	7.35	1.84	5.02	3.82
Rio Urbano	2	TR 200	14.67	1141.47	1142.11	1142.70	1145.07	0.187682	7.62	1.93	5.12	3.86
Rio Urbano	2	TR 300	15.34	1141.47	1142.12	1142.73	1145.19	0.188373	7.76	1.99	5.17	3.88
Rio Urbano	1	TR 30	11.60	1135.62	1135.87	1136.16	1137.78	0.406361	6.12	1.90	12.25	4.97
Rio Urbano	1	TR 100	13.50	1135.62	1135.89	1136.21	1138.02	0.409597	6.46	2.09	12.87	5.05
Rio Urbano	1	TR 200	14.67	1135.62	1135.90	1136.25	1138.17	0.412886	6.67	2.21	13.24	5.11
Rio Urbano	1	TR 300	15.34	1135.62	1135.90	1136.26	1138.25	0.414848	6.79	2.27	13.44	5.14

Tabella 4.1: tabulati di calcolo

Plan: Plan 10 Rio Urbano Rio Urbano RS: 8.5 Profile: TR 200

E.G. US. (m)	1171.91	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	1167.34	E.G. Elev (m)	1171.57	1168.57
Q Total (m3/s)	14.67	W.S. Elev (m)	1167.36	1164.89
Q Bridge (m3/s)	14.67	Crit W.S. (m)	1168.06	1165.57
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	0.77	0.80
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	9.07	8.32
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	1.62	1.76
Weir Submerg		Froude # Chl	4.06	3.69
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	14.09	13.25
Min El Weir Flow (m)	1170.59	Hydr Depth (m)	0.46	0.37
Min El Prs (m)	1172.72	W.P. Total (m)	4.02	5.36
Delta EG (m)	3.70	Conv. Total (m3/s)	31.3	34.8
Delta WS (m)	2.42	Top Width (m)	3.51	4.82
BR Open Area (m2)	116.79	Frctn Loss (m)	2.84	0.25
BR Open Vel (m/s)	9.07	C & E Loss (m)	0.16	0.12
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	863.40	574.30
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	7835.29	4777.66

Tabella 4.2: tabella sez 8.5 – sezione a monte del Viadotto Rio – Tr 200 anni