



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

COMUNE DI CAVALESE

PIANO REGOLATORE GENERALE

22.2 VAR_2018 – VERIFICA DEL PERICOLO E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
PER LE AREE OGGETTO DELLA VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI
CAVALESE INTERESSATE DAI PERICOLI IDRAULICI DEL RIO VAL DELLA RODA
E RIO ARIZZOL

VARIANTE GENERALE 2018

[adozione definitiva]

COMUNE DI CAVALESE

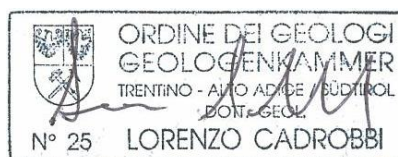
“Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio, Ufficio per la
Pianificazione Urbanistica e il Paesaggio

VERIFICA DEL PERICOLO E DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA PER LE AREE OGGETTO DELLA VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI CAVALESE INTERESSATE DAI PERICOLI IDRAULICI DEL RIO VAL DELLA RODA E RIO ARIZZOL

L'INGEGNERE



IL GEOLOGO



FEBBRAIO 2020

“Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio “GEOLOGIA APPLICATA” (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)

INDICE

1	PREMESSA	3
2	VERIFICA DEL PERICOLO IDRAULICO	6
2.1	VALUTAZIONE DEL PERICOLO IDRAULICO PER IL RIO VAL DELLA RODA.....	6
2.1.1	<i>Inquadramento del bacino</i>	6
2.1.2	<i>Analisi geomorfometrica del bacino.....</i>	8
2.1.3	<i>Analisi delle sistemazioni esistenti</i>	15
2.1.4	<i>Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti</i>	18
2.1.5	<i>Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati</i>	19
2.1.6	<i>Analisi idrologica</i>	22
2.1.7	<i>Stima dell'apporto solido e definizione del processo idraulico da simulare</i>	26
2.1.8	<i>Modellazioni idrauliche</i>	28
2.1.9	<i>Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica</i>	51
2.1.10	<i>Zonazione definitiva del pericolo idraulico</i>	56
2.2	VALUTAZIONE DEL PERICOLO IDRAULICO PER IL RIO ARIZZOL ED IL SUO AFFLUENTE DESTRO.....	58
2.2.1	<i>Inquadramento del bacino</i>	58
2.2.2	<i>Analisi geomorfometrica del bacino.....</i>	60
2.2.3	<i>Analisi delle sistemazioni esistenti</i>	67
2.2.4	<i>Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti</i>	70
2.2.5	<i>Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati</i>	71
2.2.6	<i>Analisi idrologica</i>	73
2.2.7	<i>Stima dell'apporto solido e definizione del processo idraulico da simulare</i>	77
2.2.8	<i>Modellazioni idrauliche</i>	78
2.2.9	<i>Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica</i>	102
2.2.10	<i>Zonazione definitiva del pericolo idraulico</i>	106
3	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	109
3.1	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA RISPETTO AI PERICOLI IDRAULICI DEL RIO VAL DELLA RODA.....	109
3.1.1	<i>Valutazione dei massimi effetti prevedibili</i>	112
3.1.2	<i>Valutazione della vulnerabilità e dei massimi effetti prevedibili rispetto alla variante di progetto</i> <i>113</i>	
3.1.3	<i>Valutazione delle misure di sicurezza necessarie</i>	115
3.1.4	<i>Conclusioni</i>	118
3.2	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA RISPETTO AI PERICOLI IDRAULICI DEL RIO ARIZZOL E DELL'AFFLUENTE DESTRO DEL RIO ARIZZOL.....	119
3.2.1	<i>Valutazione dei massimi effetti prevedibili</i>	122
3.2.2	<i>Valutazione della vulnerabilità e dei massimi effetti prevedibili rispetto alla variante di progetto</i> <i>124</i>	
3.2.3	<i>Valutazione delle misure di sicurezza necessarie</i>	125
3.2.4	<i>Conclusioni</i>	126
4	SOFTWARE UTILIZZATI	127
5	ELENCO DEI DATI; DELLE CARTE TEMATICHE E DEGLI ELABORATI SIGNIFICATIVI CONSULTATI.....	128
6	BIBLIOGRAFIA.....	129

1 PREMESSA

Su incarico e per conto del Comune di Cavalese, in occasione dell'elaborazione del nuovo PRG, viene redatta la presente verifica del pericolo e di compatibilità idraulica relativa alle particelle interessate dalla variante del PRG che si trovano nelle aree di conoide del rio Val della Roda e del rio Arizzol che sono zone interessate da potenziale pericolosità idrogeologica. Nel presente studio si procederà dunque alla valutazione del pericolo idraulico nelle aree di interesse ed alla definizione di misure di mitigazione atte a garantire la sicurezza e la compatibilità della proposta di variante rispetto ai pericoli idraulici insistenti sulle aree. La Figura 1 mostra l'inquadramento delle aree di interesse ed oggetto della variante al PRG rispetto al reticolo idrografico. In Tabella 1 sono elencate le aree di interesse con le relative informazioni sulle destinazioni di uso del suolo secondo il PRG vigente e secondo la variante di progetto per le aree di interesse.

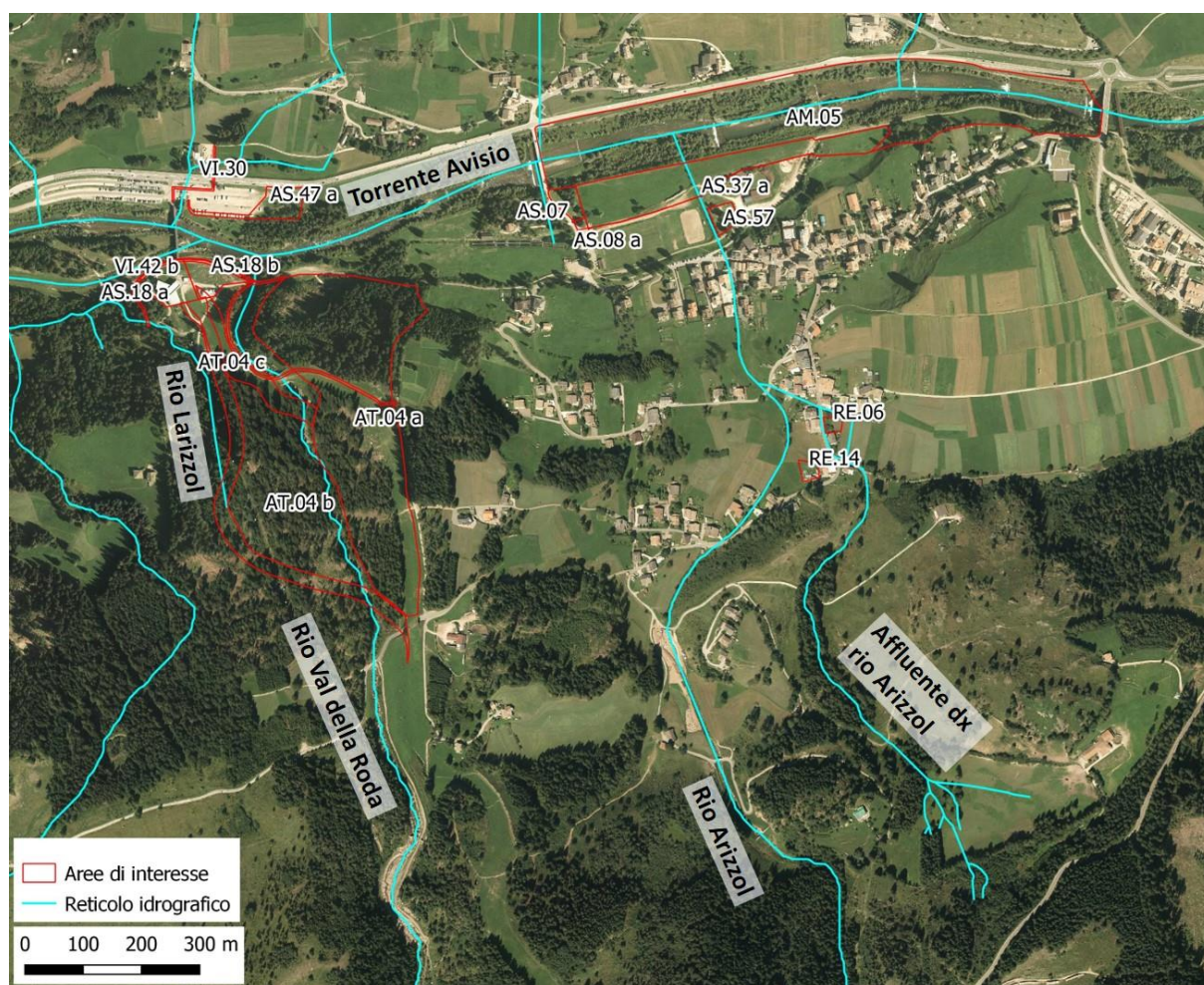


Figura 1: Inquadramento generale delle aree di interesse. In rosso sono evidenziate le aree oggetto della variante al PRG del Comune di Cavalese.

Finalità particella	Particella	Oggetto e motivazione della va- riazione	PRG destinazione vigente	PRG destinazione di variante
Residenziale	RE.14			
	RE.06			
Viabilità e mobilità	VI.30			
	VI.42b			
	VI.13 a			
Atterzza- ture turis- tiche	AT.04 a	Individuazione area per la realizzazio- ne di un campeggio	Area sciabile PUP, bosco	Area per campeggio
	AT.04 b	Spostamento della pista da sci	Bosco	Pascolo pista da sci discesa
	AT.04 c	Variazione il percorso della pista e conseguente variazione della destina- zione d'uso di fondo	Pascolo	Pascolo
Attrezza- ture e servizi	AS.47.a			
	AS.07	Inserimento area a verde di progetto e la realizzazione di un edificio da adibi- re a bicicli/sede delle rete delle riser- ve/punto di promozione e vendita di prodotti tipici locali	PRA 8 area di prote- zione fluviale	Verde pubblico di progetto
	AS.08 a			
	AS.37 a	Aggiornamento cartografia: ridefinizio- ne dell'area definita nel PRA 8 e inse- rimento di area sportiva esistente	PRA 8 area di prote- zione fluviale	Area sportiva di progetto S7
	AS 18 a	Modifica della perimetrazione dell'area servizi presso la stazione di fondoval- le, ridefinizione dei servizi offerti nell'a- rea in oggetto	Attrezzatura civile amministrativa pa- scolo bosco	Sportiva all'aperto
	AS 18 b	Modifica della perimetrazione dell'area servizi, ridefinizione dei servizi offerti nell'area in oggetto, richiesta di spo- stamento di attrezzatura X38 edificio n.46 a trasformazione controllata in aggregato		
	AS.57	Aggiornamento cartografico, ridefini- zione area sportiva S7 con inserimen- to di area a verde pubblico esistente	Area sportiva all'aperto S7	Verde pubblico esis- tente

Tabella 1: Indicazione dell'uso della destinazione di uso del suolo secondo il PRG vigente e secondo la variante di progetto per le aree di interesse per il presente studio.

Il potenziale pericolo naturale per le zone interessate dalla modifica del PUC, come si può osservare in Figura 1, è rappresentato dalla presenza del rio Val della Roda, dal rio Arizzol e dal suo affluente destro. Alcune particelle oggetto del progetto di variante al PUC nell'area del conoide del rio Val della Roda potrebbero inoltre essere interessate da fenomeni di alluvionamento torrentizio rio Larizzol. Viste le modeste dimensioni del bacino idrografico (Area = 0.14 km²) e la sovrapposizione delle potenziali aree di alluvionamento con quelle del rio Val della Roda caratterizzato da eventi di piena molto più intensi, nel presente studio per il rio Larizzol si sono verificate le direzioni di deflusso di eventi di piena e se i deflussi di esondazione potrebbero raggiungere le aree di interesse o meno.

In Figura 2 è rappresentata la classificazione della pericolosità per le aree di interesse riportata nella Carta della Pericolosità adottata in via preliminare nel luglio 2019. Dall'immagine si può osservare che l'area relativa al conoide del rio Val della Roda è classificata come zona a pericolosità potenziale (HP), mentre il conoide del rio Arizzol presenta già una zonazione della pericolosità con il ramo dell'affluente destro classificato come zona a pericolosità potenziale (HP).

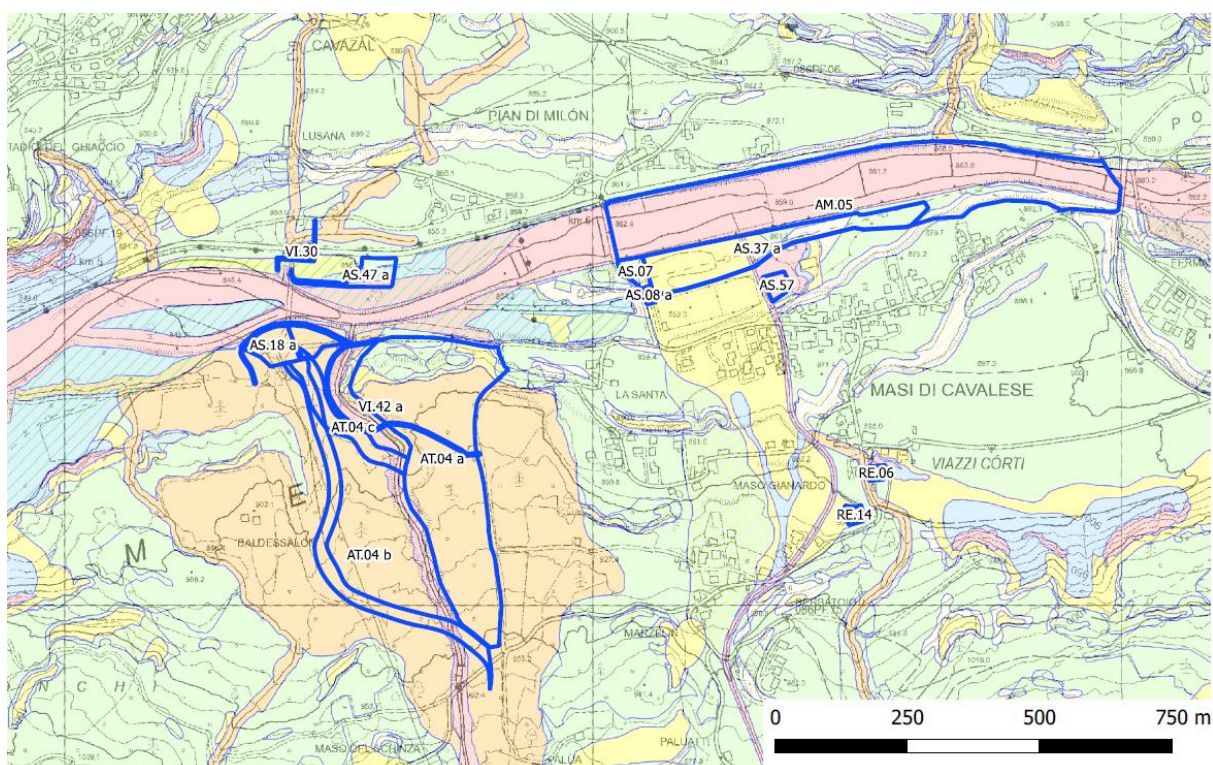


Figura 2: Estratto della Carta della Pericolosità con evidenziate le aree di interesse

Nel presente lavoro si procederà dunque alla verifica del pericolo idraulico e di compatibilità idraulica rispetto ai fenomeni torrentizi del rio Val della Roda, del rio Arizzol e del suo affluente destro.

2 VERIFICA DEL PERICOLO IDRAULICO

2.1 Valutazione del pericolo idraulico per il rio Val della Roda

2.1.1 Inquadramento del bacino

Il bacino idrografico del rio Val della Roda (Figura 3) si estende lungo il versante situato in sinistra idrografica della Val di Fiemme, all'altezza dell'abitato di Cavalese.



Figura 3: Rio Val della Roda – Delimitazione del bacino idrografico su ortofoto 2015.

La testata del bacino ha forma triangolare con vertice rappresentato dalla cima Cimon del To de la Tràpola (2399 m slmm) ed è definita sui due lati dallo sviluppo di ripide creste che terminano verso nordest con il Paion del Carmis (2229 m slmm), e verso nordovest con la Corda del To de la Trappola. Il bacino idrografico chiuso all'apice dell'ampio conoide presenta

una superficie di 5.92 Km² e si estende dalla quota minima di 999 m slmm alla quota massima di 2399 m slmm. Il torrente ha una lunghezza di circa 6.5 Km e scorre in direzione nord-sud fino alla confluenza con il torrente Avisio che si verifica alla quota di 850 m slmm. In Figura 3 è riportata la delimitazione del bacino idrografico del rio Val della Roda che è stato estratto all'apice del conoide in coordinate 5127536 m (Nord) 690816 (Est). Le figure successive riportano la caratterizzazione geologica e la carta di uso del suolo del bacino.

Dal punto di vista geologico (Figura 4) il bacino del corso d'acqua è caratterizzato da depositi sciolti derivanti da processi glaciali e postglaciali. Tali depositi hanno modesto spessore nella parte alta del bacino e risultano più profondi nella porzione di valle. Il bedrock è caratterizzato da formazioni di natura vulcanica (Formazione di Ora e Formazione di Regana). Maggiori informazioni riguardo alla caratterizzazione geologica e geomorfologica del bacino del rio Val della Roda sono riportate nell'allegata relazione *“Analisi geomorfologica e stima dei volumi detritici mobilizzabili dal rio Val della Roda, Comune di Cavalesse”* redatta dallo Studio Associato Geologia Applicata.

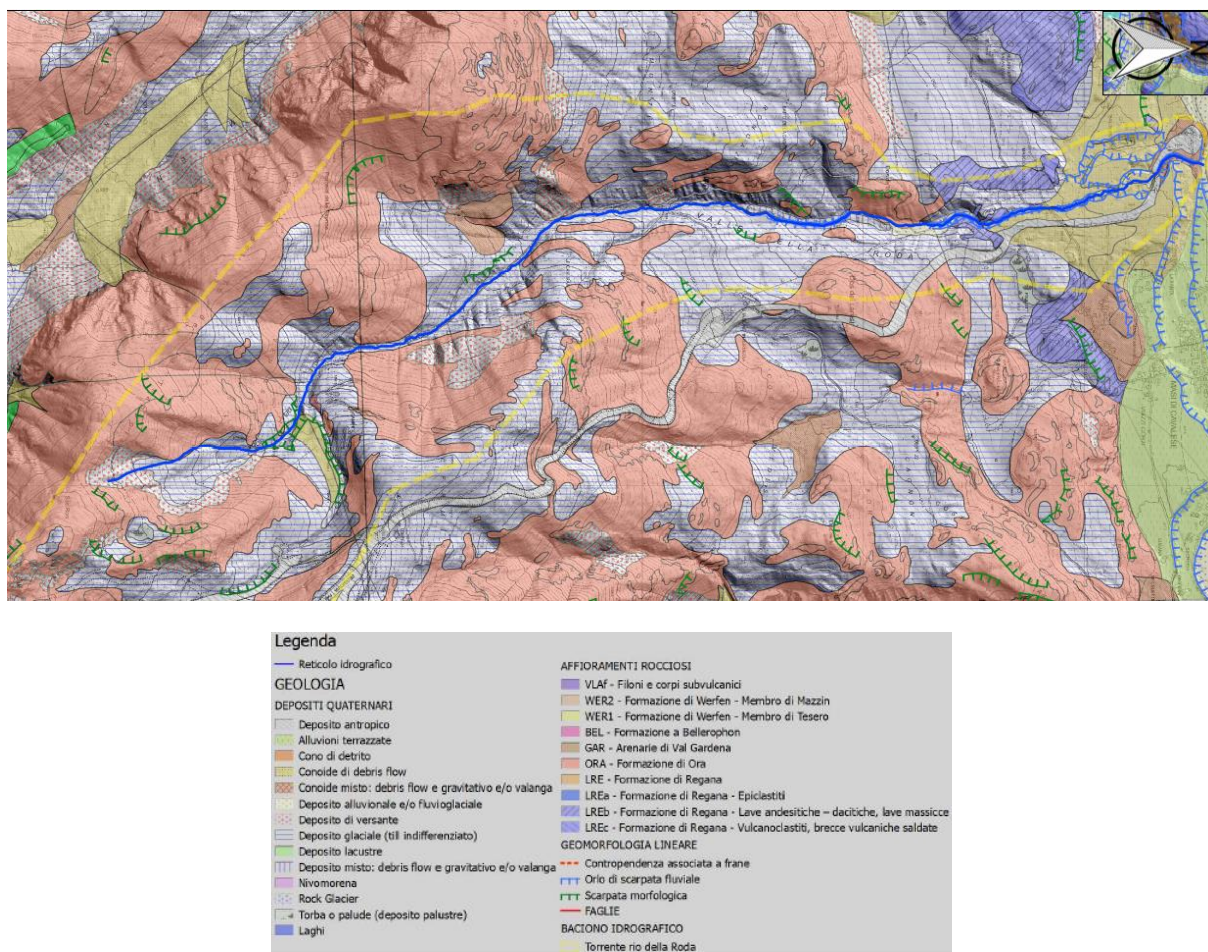


Figura 4: Carta geologica con evidenziato il bacino idrografico del rio Val della Roda.

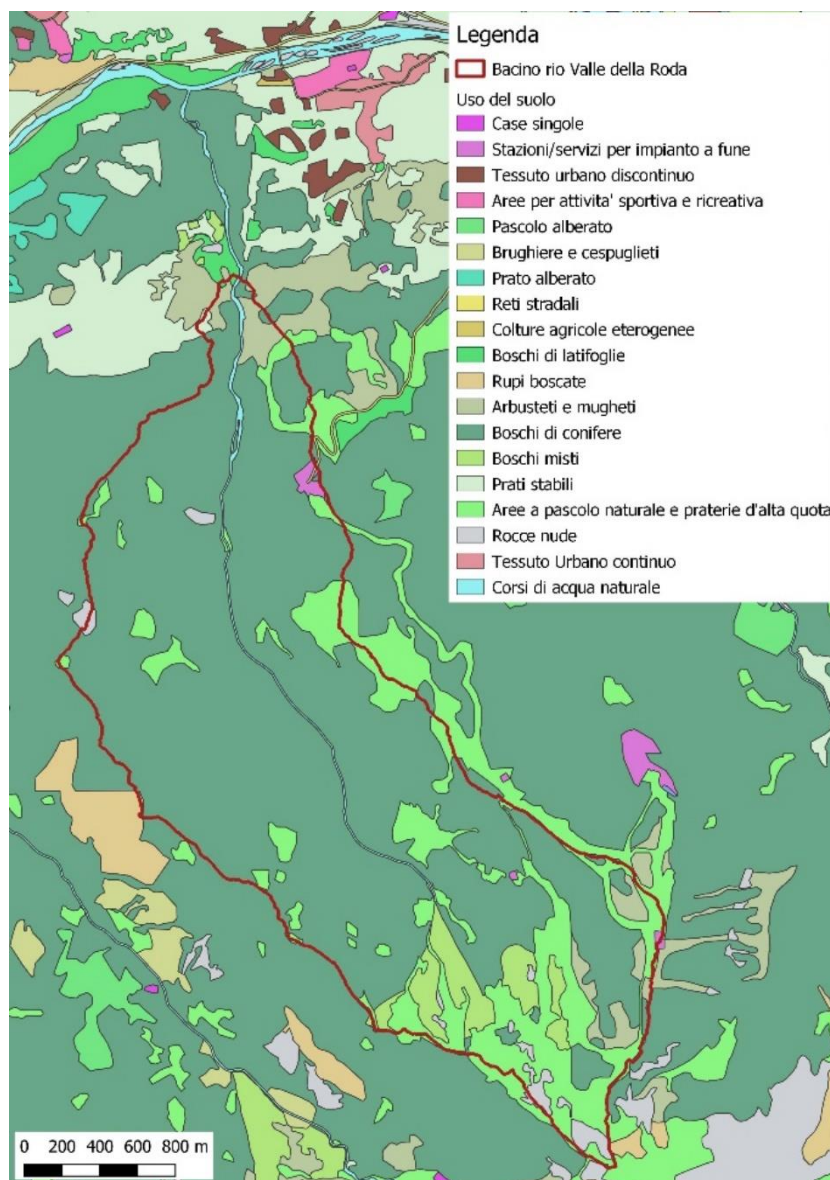


Figura 5: Carta di uso del suolo con evidenziato il bacino idrografico del rio Val della Roda.

Dalla carta di uso del suolo si osserva che il bacino idrografico del rio Val della Roda è principalmente coperto da boschi di conifere. Nella parte alta del bacino ed in alcune aree sparse situate alle quote medie si trovano aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota e zone di boschi misti. L'area del conoide è anch'essa principalmente coperta da boschi di conifere all'interno dei quali si trovano talvolta aree con prati stabili e boschi di latifoglie. Nella parte alta del bacino ed in una fascia situata all'apice del conoide si trovano arbusteti e mugheti.

2.1.2 Analisi geomorfometrica del bacino

L'analisi geomorfometrica del bacino, che è stata effettuata con l'utilizzo di metodologie di analisi GIS, mostra che il bacino ha una forma allungata ed è caratterizzato da una pendenza media dei versanti di 27°. Dalla mappa delle pendenze (figura 10) si può osservare che i versanti del bacino idrografico hanno mediamente pendenze comprese tra 30° e 40°. Osser-

vando le aree adiacenti al corso d'acqua si può notare che nella parte mediana il corso d'acqua scorre tra versanti con pendenze di circa 40°. In questo tratto, dalla carta delle pendenze si osserva anche che in sponda destra i versanti presentano le morfologie caratteristiche di fenomeni erosivi. Queste morfologie sono riconoscibili anche nella carta del modello digitale del terreno (DTM) riportata in Figura 7. Da questa carta si osserva chiaramente l'asta principale del corso d'acqua che ha marcatamente inciso la Valle della Roda. La valle è stata riempita di materiale solido sedimentato nel corso degli eventi di piena del corso d'acqua. Nel corso di questi eventi il materiale solido viene mobilitato dalla corrente e riposizionato in punti diversi. Questo può determinare di volta in volta lo spostamento dell'alveo bagnato del torrente e può favorire l'esondazione del corso d'acqua se i depositi di materiale solido si verificano in sezioni poco incise o già riempite di materiale. Situazioni di questo tipo sono state osservate nel corso del sopralluogo effettuato così come fenomeni erosivi che hanno gradualmente ad intaccare le sponde del rio Valle della Roda. L'elevata energia del corso d'acqua è testimoniata anche dall'ampio conoide che si trova al piede del bacino e dall'forme morfologiche che lo caratterizzano. Dal DTM si osserva infatti che nella parte più bassa del conoide si trova un'ampia area incisa adiacente all'asta principale del corso d'acqua. Una morfologia simile si riscontra anche a sinistra dell'alveo principale ed è riconducibile ad un paleoalveo del rio Valle della Roda, a dimostrazione dell'elevata dinamicità ed energia del corso d'acqua.

Caratteristiche morfometriche	Valore		
Area del bacino [km²]	5.92		
Perimetro del bacino [km]	17.57		
Indice di compattezza Cf [-]	2.02		
Quota (min., media, max.) [m s.l.m.]	999	1672	2399
Pendenze (min., media, max.) [°]	0	27	80
Area della conoide (km²)	0.6		
Pendenza media della conoide (°)	8		
Indice di Melton	0.57		

Tabella 2: Rio Val della Roda – Caratteristiche generali del torrente e del bacino di alimentazione.

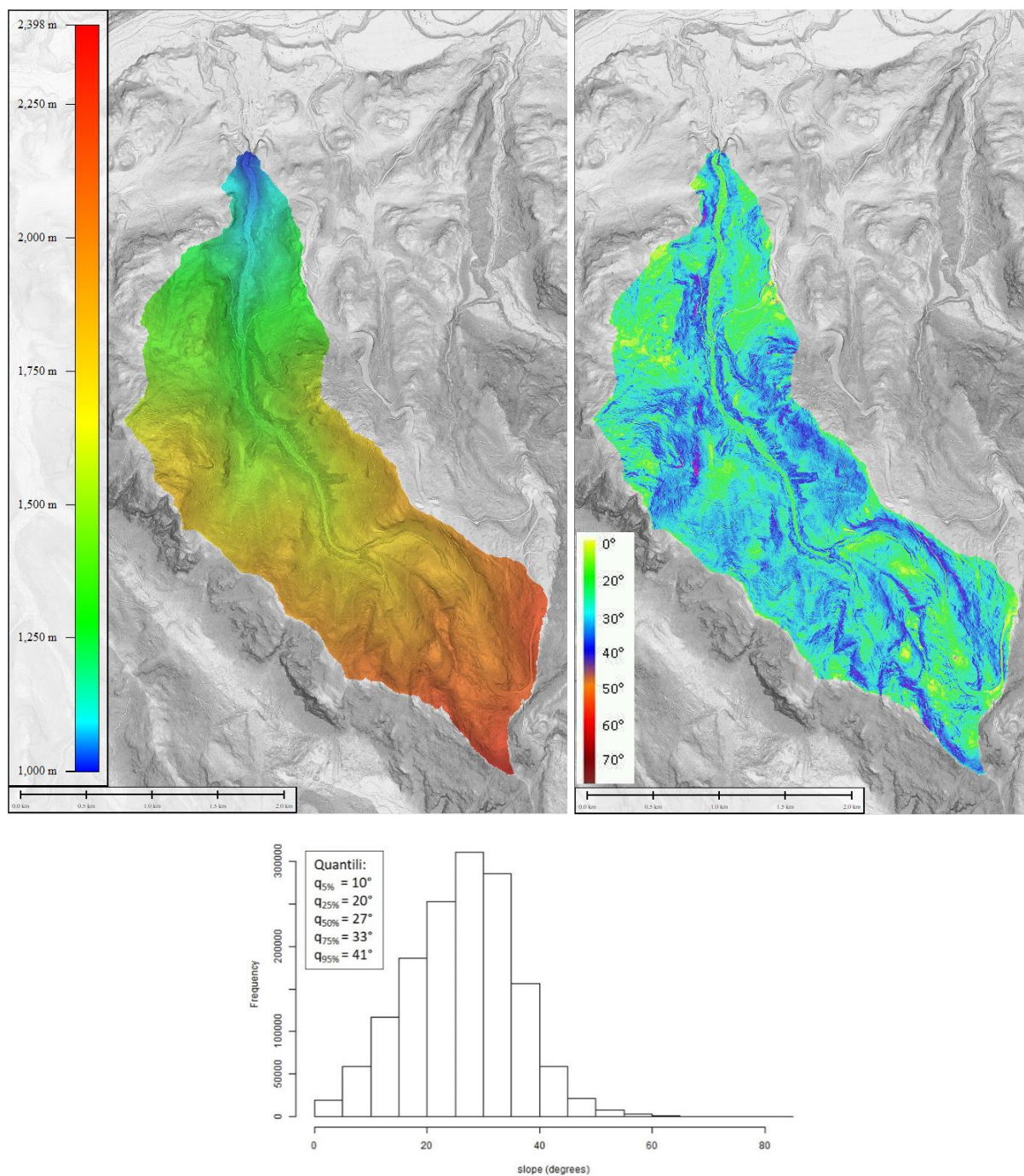


Figura 6: Rio Val della Roda – In alto: a sinistra, altimetria del bacino idrografico; a destra, mappa delle pendenze (°). In basso: frequenza dei valori di pendenza del bacino idrografico.

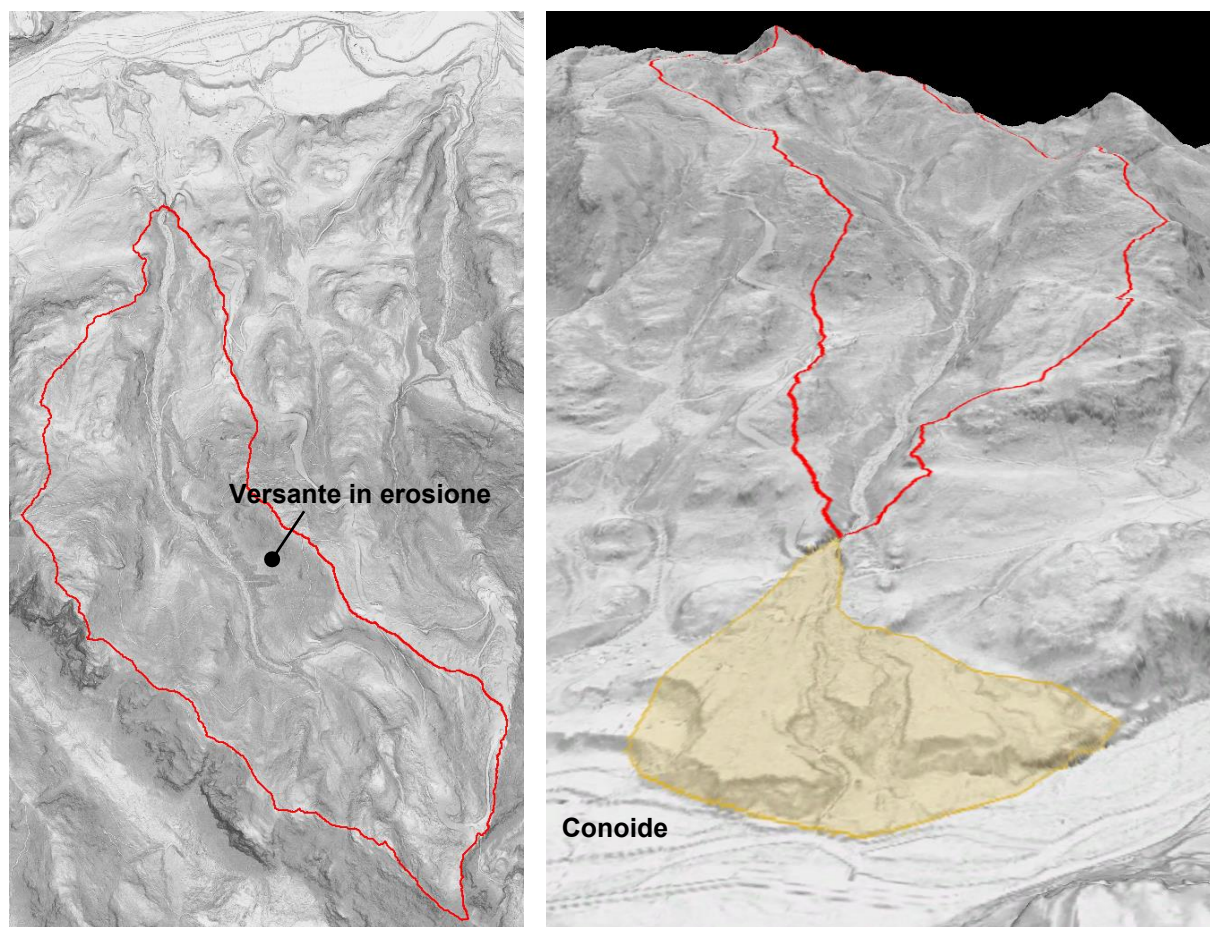


Figura 7: Rio Val della Roda – Estratto della carta del DTM con evidenziato il bacino idrografico e l'area del conoide.

La curva ipsografica riportata in Figura 8 fornisce un'indicazione circa lo stato di maturità del bacino. Essa rappresenta la percentuale di area al di sopra di una data quota entro un bacino. Il valore così ricavato viene rapportato all'area totale del bacino, in modo tale da ottenere una quantità normalizzata e quindi confrontabile.

L'età del bacino viene definita in base alla forma della curva ipsografica:

- Convessità implica paesaggio giovane;
- Linearità implica paesaggio maturo;
- Concavità implica paesaggio senescente.

Una classificazione su basi quantitative si ottiene dividendo l'integrale della funzione ipsografica, calcolato numericamente, per l'area del triangolo ricavato congiungendo l'intercetta della curva con l'asse delle ascisse con l'intercetta della curva con l'asse delle ordinate. Indicando tale valore con a , si ottiene la seguente classificazione:

- $a > 1.2$: paesaggio giovane (elevata attività erosiva);
- $a = 0.8 - 1.2$ paesaggio maturo (media attività erosiva);

- $a < 0.8$ paesaggio senescente (modesta attività erosiva).

La forma della curva ipsografica per il bacino del rio Val della Roda indica che il bacino si trova in una condizione di paesaggio maturo, definito da una media attività erosiva. Il valore del coefficiente di maturità a assume il valore di 0.96.

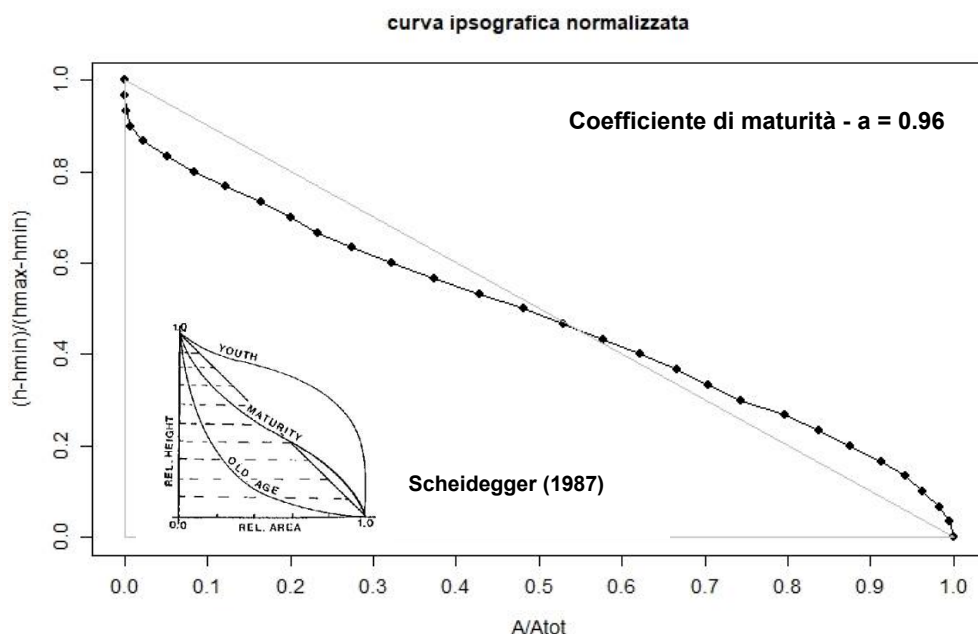


Figura 8: Rio Val della Roda – Curva ipsografica del bacino idrografico.

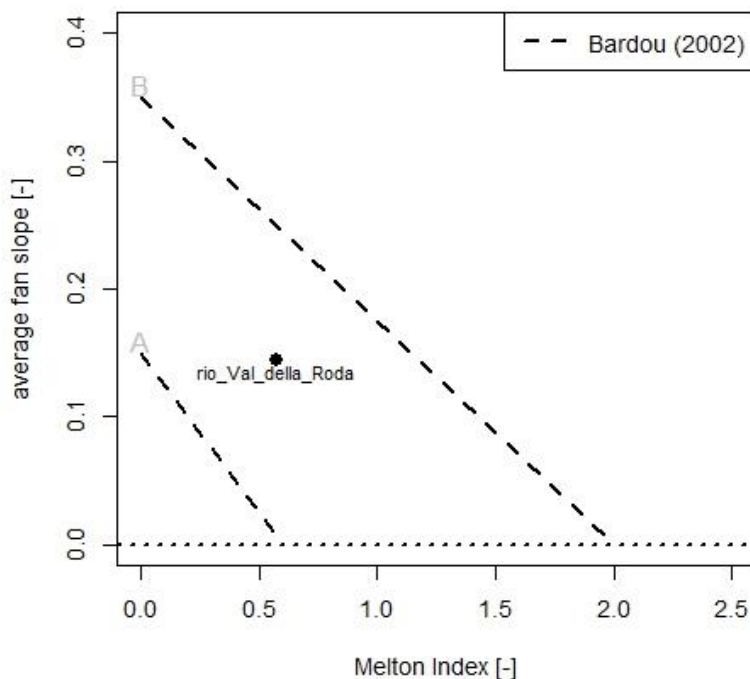


Figura 9: Rio Val della Roda – Relazione tra la pendenza media della conoide di deiezione e l'indice di Melton (Melton, 1965). In figura sono anche riportate le linee soglia (proposte da Bardou, 2002) per la classificazione dei processi di propagazione idraulica. La linea soglia A separa i processi di deflusso di acqua chiara o con trasposto di sedimento dai deflussi iperconcentrati, la linea soglia B separa i deflussi iperconcentrati dai processi di colata detritica.

La propensione morfologica delle aste torrentizie all'innescò e propagazione di colate detritiche è stata valutata applicando la metodologia proposta da Cavalli e Marchi (2006). Tale metodo consente di valutare se, in presenza di sedimento disponibile ad essere mobilitato, possano presentarsi le condizioni per l'innescò e la propagazione di colate detritiche durante eventi di pioggia estremi. Il metodo assume che l'innescò delle colate dipenda dal superamento di alcuni valori soglia relativi all'area contribuyente e ai valori di pendenza locale lungo le aste torrentizie. Secondo l'approccio di Cavalli e Marchi (2006), le zone caratteristiche di una colata detritica sono le seguenti:

- zone di innescò: sono le zone del reticolo idrografico in cui viene superato un valore di soglia determinato attraverso la relazione $S = 0.32 \cdot A^{0.2}$, in cui S è la pendenza locale (m/m), e A è l'area contribuyente espressa in km². Tale relazione è stata derivata empiricamente da Zimmermann et al. (1997) a partire da diversi eventi di colata in Svizzera. Essa è applicabile per valori di pendenza locale inferiore a 38°, e valori di area contribuyente minore di 10 km²;
- zone di rallentamento: sono le zone del reticolo in cui la pendenza locale è compresa tra i 3° e gli 8°;
- zone di arresto: sono le zone del reticolo in cui la pendenza locale è minore di 3°;
- zone di propagazione: sono le zone del reticolo che non ricadono nelle tre precedenti.

Tale metodo è applicabile per valori di area contribuyente non superiore ai 10 km² (per bacini di estensione maggiore si assume che sia scarsa la probabilità che si verifichi una colata, data la predominanza dell'apporto liquido rispetto a quello solido). Si assume, inoltre, che per valori di pendenza locale maggiori di 38° (valore prossimo all'angolo di attrito interno caratteristico dei materiali detritici spesso presenti nelle zone d'inizio delle colate detritiche in ambito alpino) la quantità di materiale detritico mobilizzabile sia modesta o trascurabile (i.e., piccoli spessori di suolo o substrato roccioso affiorante).

In Figura 10 è riportato il risultato della classificazione del microreticolo idrografico effettuata applicando il metodo di Marchi e Cavalli. Dalla carta si può osservare che condizioni morfologiche che possono favorire l'innescò di colate detritiche si trovano in vari punti distribuiti lungo l'asta principale del corso d'acqua. Tali punti sono più numerosi nel tratto più a monte del rio Valle della Roda e si presentano comunque sempre intervallati da punti di rallentamento e propagazione. Nel tratto compreso tra l'attraversamento della strada che porta alla stazione intermedia del Cermis e la briglia filtrante si trovano molti punti con condizioni morfologiche che favoriscono il rallentamento e l'arresto di fenomeni di colata detritica. Il fatto che in questo tratto si verificano fenomeni deposizionali è stato osservato anche nel corso del

sopraluogo e si riscontra dalle morfologie del terreno visibili dal DTM. Per quanto riguarda le ramificazioni secondarie si osserva che solo alcune presentano potenziali punti di innesco di colate detritiche. È da notare come punti di innesco si trovano sull'asta che scende dalla sponda destra, nella parte centrale del bacino, dal versante dove dal DTM si riconoscono segni di fenomeni erosivi che disgregano il materiale roccioso e lo rendono disponibile ad essere preso in carico dai deflussi in caso di eventi intensi.

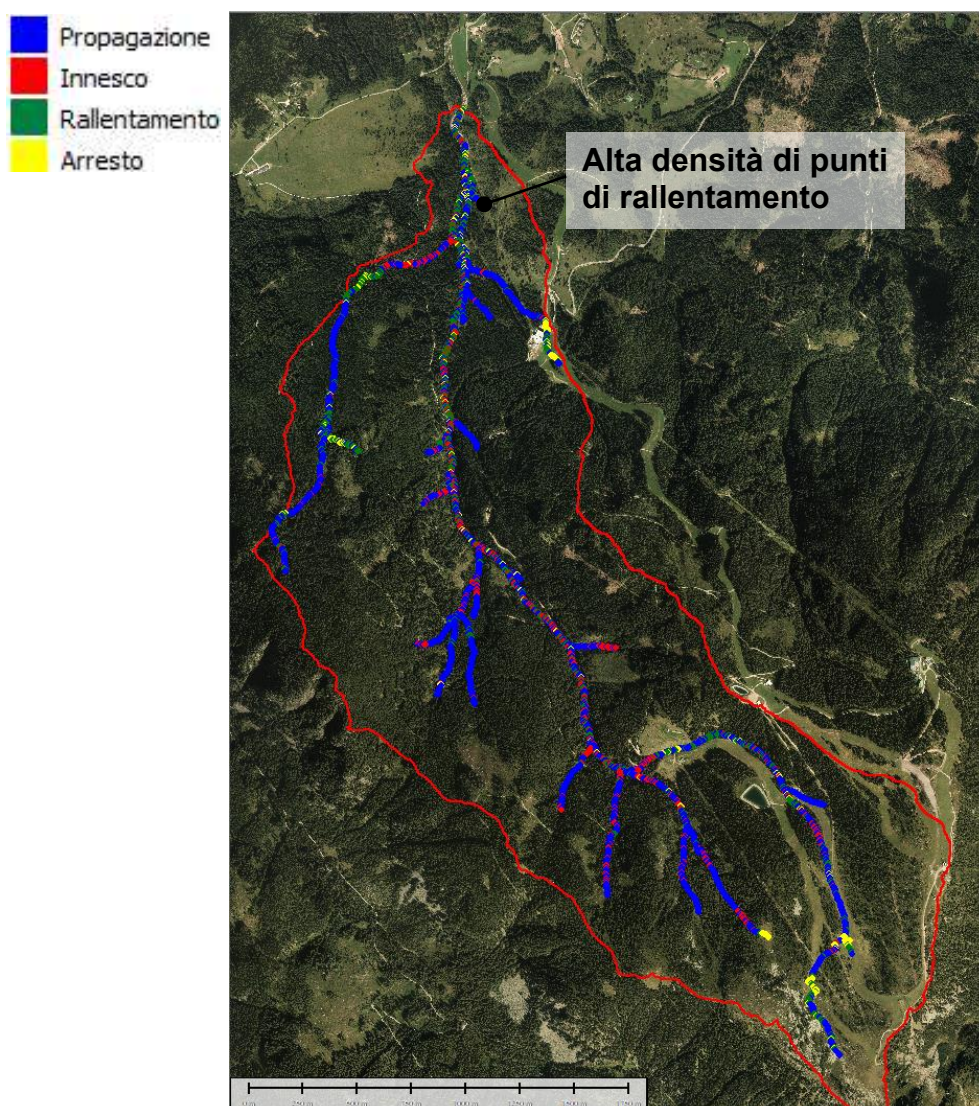
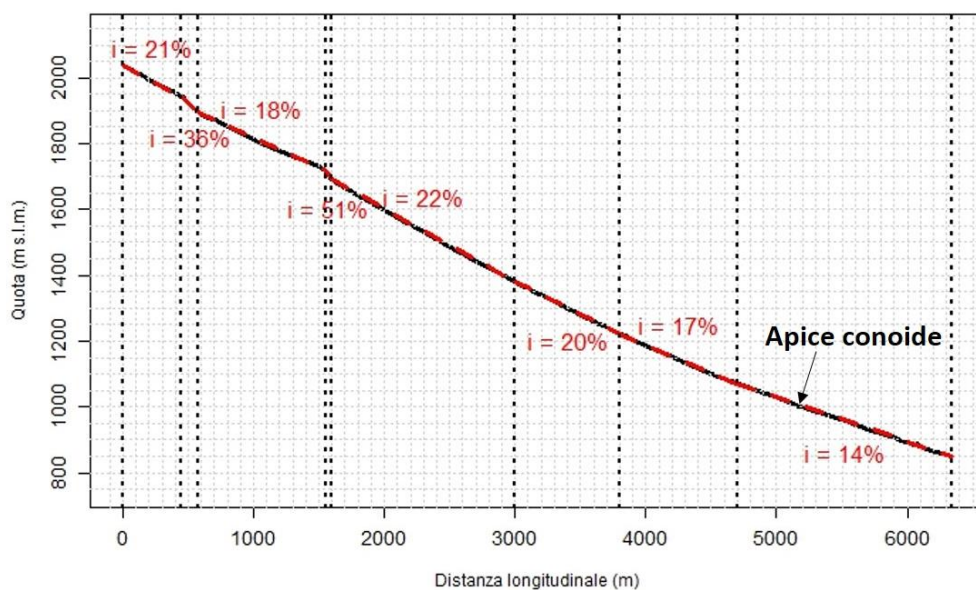


Figura 10: Rio Val della Roda – Mappa della classificazione del microreticolo idrografico.

In Figura 11 viene riportato il profilo longitudinale dell'asta principale del rio Valle della Roda e le sue principali caratteristiche morfometriche. La pendenza media del corso d'acqua si attesta sul 19%. Nella parte alta del bacino le pendenze sono comprese tra 18% e 22%. Scendendo verso valle le pendenze si riducono gradualmente fino ad arrivare ad una pendenza media del 14% che caratterizza la zona del conoide.



Caratteristiche morfometriche	Valore
Lunghezza dell'asta principale [m]	6340
Dislivello [m]	1190
Pendenza media [%]	19

Figura 11: Rio Val della Roda – Profilo longitudinale e caratteristiche morfometriche dell'asta principale del torrente.

Le diverse analisi morfometriche effettuate in questo paragrafo hanno chiarito alcuni aspetti rispetto alla produzione di sedimento all'interno del bacino ed al tipo di fenomeni che si possono verificare lungo il rio Valle della Roda. In particolare emerge che:

- le maggiori quantità di materiale solido che può venire mobilitato negli eventi di piena si trovano principalmente nell'alveo del corso d'acqua. Lungo i versanti si trovano poi dei settori in erosione che possono apportare ulteriore materiale solido al torrente.
- il rio Valle della Roda è un corso d'acqua che presenta elevata energia e dinamicità per quanto riguarda i meccanismi di trasporto, mobilitazione e deposito dei sedimenti. Questo è testimoniato dall'ampio conoide edificato al piede del bacino idrografico. Le dimensioni del bacino idrografico, così come il valore dell'indice di Melton portano però a ritenere i fenomeni che si possono verificare lungo l'asta principale del rio Valle della Roda sono di trasporto solido iperconcentrato più che di colata detritica.

2.1.3 Analisi delle sistemazioni esistenti

Il tratto del rio Val della Roda compreso tra il settore subito a monte dell'apice del conoide e la confluenza con il torrente Avisio è stato sistemato con una serie di briglie di consolidamen-

to. All'apice del conoide, nel punto in cui i versanti rocciosi che delimitano la Valle della Roda formano un restringimento per l'alveo del torrente, è stata realizzata nel 2010 una briglia di trattenuta. In occasione dei lavori del 2010 è stato sistemato il tratto compreso tra la briglia filtrante e l'attraversamento della strada che collega Masi di Cavalese alla Malga Salanzada. Le briglie di consolidamento a monte della briglia filtrante sono state realizzate nel 2012. Quattro briglie di consolidamento si trovano anche nel tratto più a monte, in corrispondenza dell'attraversamento della strada che porta alla stazione intermedia della funivia del Cermis.

Lungo il corso d'acqua si trovano 3 attraversamenti principali:

- Ponte della strada che porta alla stazione intermedia della funivia del Cermis
- Ponte in cemento armato della strada che collega Masi di Cavalese con Malga Salanzada;
- Ponte in cemento armato della ciclabile delle Valli di Fiemme e Fassa.

Nel settore di monte del corso d'acqua si trovano poi alcuni attraversamenti di strade forestali, mentre nel tratto di valle si trovano degli attraversamenti della pista da sci.

Nelle figure seguenti sono riportate la localizzazione delle opere di sistemazione idraulica presenti lungo il corso d'acqua ed alcune immagini delle opere stesse.

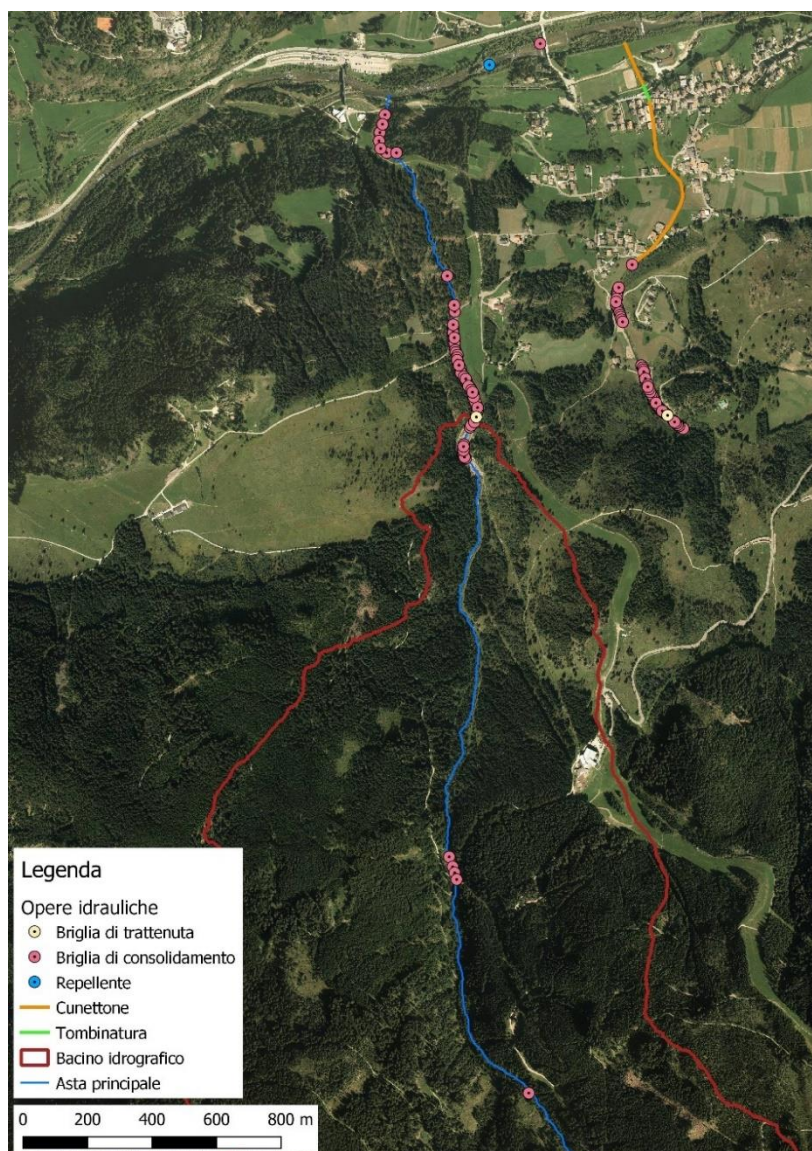


Figura 12: Rio Val della Roda – Localizzazione delle opere idrauliche.



Figura 13: Rio Val della Roda – a sinistra: briglia filtrante e briglie di consolidamento; a destra briglie di consolidamento presenti a valle dell’attraversamento della strada che porta a Malga Salanzada.



Figura 14: Rio Val della Roda – a sinistra: attraversamento della pista ciclabile delle Valli di Fiemme e Fassa; a destra: briglie di consolidamento presenti a monte dell’attraversamento della pista ciclabile.



Figura 15: Rio Val della Roda – Vista del tratto a monte dell’attraversamento della strada che porta a Malga Salanzada dopo i lavori di sistemazione idraulica nel giugno 2011 (fonte: Google Street View).

2.1.4 Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti

Dalla consultazione dell'*Archivio Storico online degli Eventi Calamitosi della Provincia Autonoma di Trento (Progetto ARCA)* non sono emerse informazioni riguardo ad eventi passati che hanno interessato il rio Val della Roda. Probabilmente in occasione degli eventi alluvionali che hanno interessato la Val di Fiemme nel novembre del 1966 si sono verificati eventi di piena anche sul rio val della Roda, ma non si hanno informazioni su danni od effetti degli eventi.

L'ultimo evento di piena noto è avvenuto nell'ottobre 2018 con la tempesta Vaia. In questo evento il rio Valle della Roda ha movimentato importanti volumi di materiale depositandolo

poi nel tratto a monte della briglia filtrante ed in diversi punti lungo le zone di sponda, nelle zone in cui il corso d'acqua è fuoriuscito dall'alveo inciso espandendosi nelle aree adiacenti. Le immagini seguenti riferiscono delle dinamiche del corso d'acqua in occasione della piena del 2018.



Figura 16: Rio Val della Roda – Immagini che riferiscono dell'evento di piena dell'ottobre 2018 (fonte: Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento).

2.1.5 Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati

In data 23 dicembre 2019 è stato effettuato un sopralluogo congiunto con lo Studio Associato Geologia Applicata per valutare le principali dinamiche geomorfologiche del torrente ed effettuare una stima del materiale mobilizzabile presente in alveo o nelle immediate vicinanze. Le immagini riportate nella figura successiva riferiscono dello stato di attività del torrente e della disponibilità di materiale solido erodibile o ri-mobilizzabile.



Figura 17: Rio Val della Roda – Localizzazione delle immagini del sopralluogo riportate nelle figure successive.



Figura 18: Rio Val della Roda – Immagini al punto 1: In questo tratto l'alveo del rio Val della Roda si presenta quasi completamente riempito di materiale detritico che si è depositato a seguito dell'ultimo evento di piena verificatosi nell'ottobre 2018 con la tempesta Vaia. In questo settore il corso d'acqua è esondato anche in sponda destra depositando massi e detriti anche nelle aree di sponda in aree boscate.

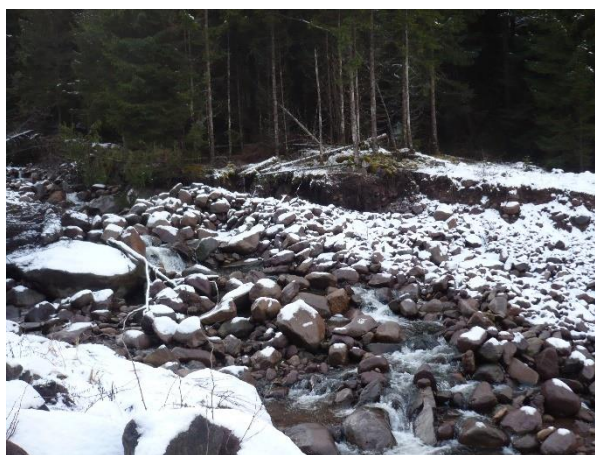


Figura 19: Rio Val della Roda – Immagini al punto 2: Anche nel tratto in corrispondenza della curva a monte della briglia filtrante si sono osservati importanti depositi di materiale solido. In questo tratto si rilevano anche zone di erosione spondale localizzate. In alcuni punti l'energia della corrente ha anche divelto alcuni massi relativi alle protezioni spondali.



Figura 20: Rio Val della Roda – Immagini al punto 3: Il tratto compreso tra la curva e la briglia filtrante presenta depositi di materiale solido in alveo, ma di modesta entità.

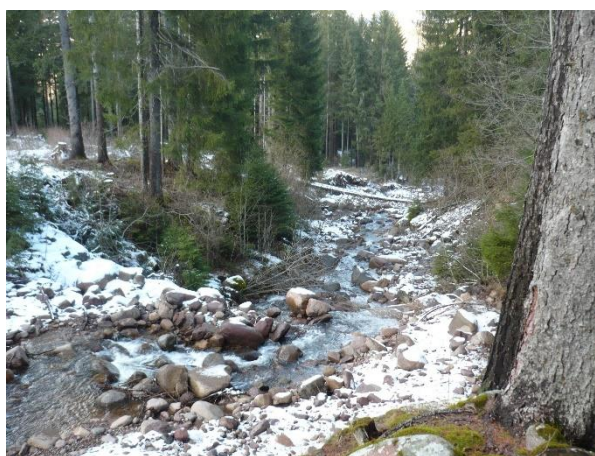
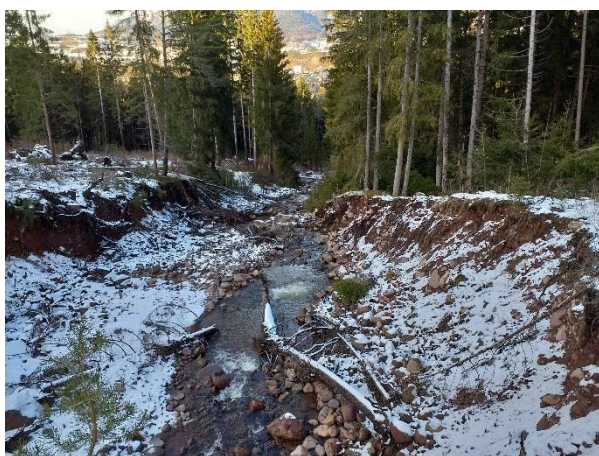


Figura 21: Rio Val della Roda – Immagini al punto 4: Il tratto a valle dell'attraversamento della strada che da Masi di Cavalese porta a Malga Salanzada si presenta in erosione ed è caratterizzato da importanti fenomeni di erosione spondale.



Figura 22: Rio Val della Roda – Immagini al punto 5: Nell’ultimo tratto del corso d’acqua si riconoscono ancora delle zone di deposito di materiale solido in alveo.

Dai sopralluoghi è emerso che il rio Val della Roda presenta un’elevata dinamicità per quanto riguarda i processi di movimentazione e riarrangiamento del materiale solido. In particolare, il tratto a monte della briglia filtrante è caratterizzato principalmente da dinamiche di deposito del materiale detritico e di riarrangiamento di questo in alveo. L’alveo, soprattutto nel settore più a monte del tratto si presenta riempito di materiale solido grossolano. Le dinamiche di deposito del materiale solido diminuiscono procedendo verso valle. Nel settore a monte della briglia filtrante si riconoscono delle zone spondali in erosione. Tali dinamiche erosive si presentano poi molto più intense ed accentuate nel tratto a valle dell’attraversamento della strada che collega Masi di Cavalese a Malga Salanzada.

2.1.6 Analisi idrologica

Gli idrogrammi liquidi per il rio Val della Roda sono stati stimati attraverso l’applicazione del modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi Peakflow (Rigon et al., 2011), partendo dalle informazioni contenute nelle carte regionalizzate delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) fornite dalla Provincia Autonoma di Trento. Utilizzando il software AdB Toolbox, come indicato nel documento “Supporto alla Modellazione Idrologica” pubblicato dal Servizio Bacini Montani della PAT, sono stati stimati i parametri a ed n per il bacino di interesse da utilizzare poi nel modello idrologico Peakflow. Una breve descrizione del modello Peakflow è riportata al Paragrafo 2.1.5.1.

Gli idrogrammi liquidi per il rio Val della Roda sono stati valutati ponendo la sezione di chiusura in corrispondenza della briglia filtrante situata all’apice del conoide.

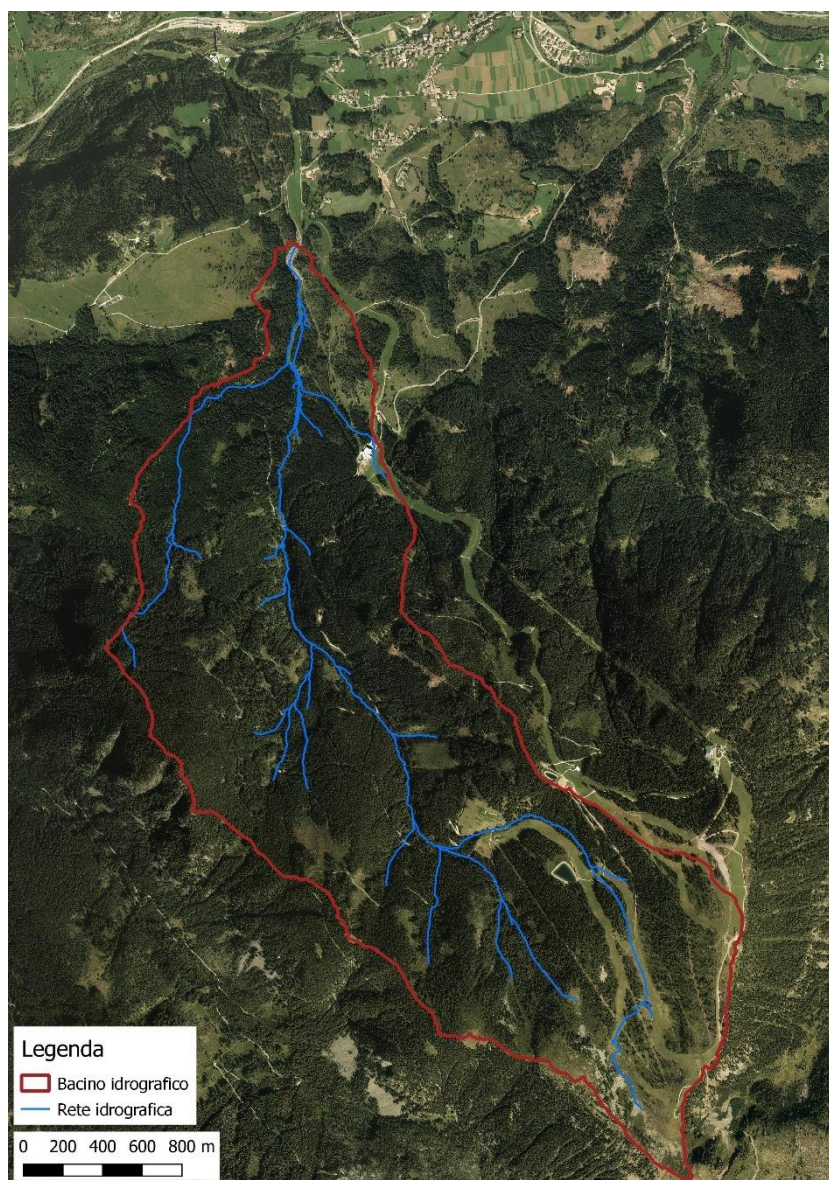


Figura 23: Rio Val della Roda – Bacino idrografico e reticolo idrografico estratto.

2.1.6.1 Descrizione sintetica del modello idrologico

Il modello Peakflow (Rigon et al., 2011) è un modello a fondamento geomorfologico che stabilisce il percorso dei flussi idrici attraverso la definizione delle direzioni di drenaggio estratte dal modello digitale del terreno. Il modello permette di calcolare l'idrogramma di piena per la portata liquida aggregando i deflussi idrici superficiali (i.e., che defluiscono al di sopra della superficie del terreno) e sub-superficiali (i.e., che defluiscono al di sotto della superficie topografica). L'ipotesi di base consiste nell'affermare che le aree sature (i.e., le aree dove lo spessore di suolo è completamente saturo di acqua) contribuiscono al deflusso superficiale, mentre quelle insature contribuiscono al deflusso sub-superficiale (generalmente più lento e quindi meno rilevante in termini di portate al colmo di piena). La trattazione geomorfologica consente di differenziare, punto per punto nel bacino, sia il tipo di deflusso (superficiale vs

sub-superficiale) che il tempo necessario alla particella d'acqua per raggiungere la sezione di uscita e contribuire all'idrogramma di piena. Tale approccio è implementato attraverso il calcolo della funzione di ampiezza, ovvero la distribuzione dei tempi di residenza del bacino considerato (Rinaldo et al., 2011). Tale funzione viene ricavata riscalande le distanze di ogni punto del bacino rispetto alla sezione di chiusura differenziando le zone di versante dalle zone di canale, in modo da considerare il diverso tempo di risposta dei diversi siti. Il calcolo delle distanze riscalate viene effettuato applicando la seguente formula:

$$x = x_{\text{canali}} + x_{\text{versanti}} \cdot r$$

$$r = \frac{v_{\text{canali}}}{v_{\text{versanti}}}$$

dove x rappresenta la distanza ri-scalata calcolata attraverso la definizione del rapporto di celerità r .

La differenziazione del tempo di risposta delle diverse zone del bacino viene effettuata assegnando diversi valori del parametro r alle zone sature (dove l'acqua ruscella superficialmente) ed a quelle insature (dove l'acqua defluisce all'interno del mezzo poroso). Generalmente tale parametro viene posto pari a 10 - 40 nelle zone sature e pari a 100 - 500 nelle zone insature.

I parametri di input necessari per il calcolo di un idrogramma di piena nella sezione di chiusura del bacino sono quindi:

- percentuale di saturazione del bacino (per bacini montani generalmente compresa tra 25% - 45% per eventi meteorici estremi con tempi di ritorno mediamente elevati);
- rapporto di celerità r_{sat} per le zone sature per il calcolo della funzione d'ampiezza del deflusso superficiale;
- rapporto di celerità r_{unsat} per le zone insature per il calcolo della funzione d'ampiezza del deflusso sub-superficiale;
- velocità dell'acqua nei canali e lungo i versanti (m/s);
- parametro di diffusione idrodinamica (m²/s);
- parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica: a ed n .

2.1.6.2 Parametri di input e risultati dell'analisi idrologica

In Tabella 3 sono riportati i valori assegnati ai parametri di input utilizzati nelle modellazioni idrologiche effettuate con il modello Peakflow per l'analisi idrologica del rio Val della Roda, mentre in Tabella 4 sono invece riportati i parametri relativi alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno stimati con il software AdB Toolbox.

Parametri Peakflow	Valore
% di saturazione	30, 35, 40
Velocità nel canale v_c [m/s]	2.0
Coeff. diffusione idrodinamica [m ² /s]	500
$rsat$ [-]	10
$runsat$ [-]	100

Tabella 3: Rio Val della Roda – Parametri di input utilizzati nel modello Peakflow.

Tempo di ritorno T_R (anni)									Durata di pioggia d (h)	
2	5	10	20	30	50	100	200	300	<1	>1
a_T									n	
18.30	23.87	27.56	31.09	33.13	35.67	39.10	42.52	44.52	0.366	0.381

Tabella 4: Rio Val della Roda – Parametri delle LSPP per i diversi tempi di ritorno per precipitazioni di durata superiore ed inferiore ad 1 ora stimati con il software AdB Toolbox.

In Figura 24 sono riportati gli idrogrammi liquidi calcolati con il modello Peakflow, per il bacino del rio Val della Roda. Gli idrogrammi sono stati calcolati utilizzando valori della percentuale di pre-saturazione del bacino pari al 30% (T_R30), 35% (T_R100) e 40% (T_R200) della complessiva area contribuyente.

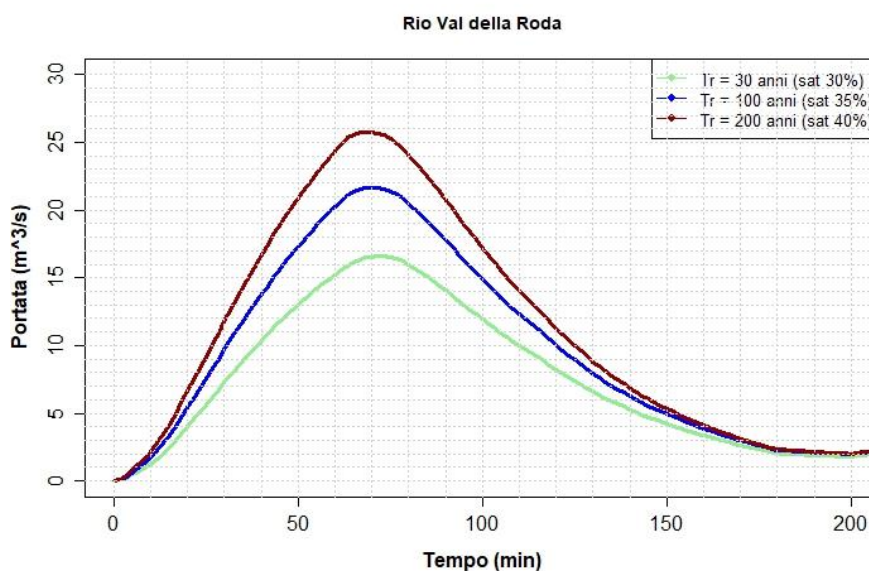


Figura 24: Rio Val della Roda – Idrogrammi di portata liquida per i tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni.

In Tabella 5 sono sintetizzate le caratteristiche principali degli idrogrammi, con indicazione della portata massima Q_{max} , portata massima specifica Q_{max}/A , volume liquido nell'onda di

piena V_{piena} , intensità e durata critica della precipitazione (I_{crit} , d_{crit} - i.e., valori che massimizzano il picco di piena) e rapporto tra il volume della piena ed il volume di pioggia r_v .

Simbolo	Unità	sat = 30%			sat = 35%			sat = 40%		
		30	100	200	30	100	200	30	100	200
Q_{max}	m ³ /s	16.59	19.58	21.29	18.34	21.64	23.53	20.08	23.7	25.77
Q_{max}/A	m ³ /km ² •s	2.8	3.31	3.6	3.1	3.66	3.98	3.39	4	4.35
V_{piena}	m ³	93137	109934	119543	100263	118346	128690	107514	126905	137997
I_{crit}	mm/h	32	37	41	32	38	41	32	38	41
d_{crit}	h	1.08	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.04	1.04	1.04
$V_{pioggia}$	m ³	201759	238148	258964	200264	236383	257044	199358	235313	255881
r_v	-	0.46	0.46	0.46	0.5	0.5	0.5	0.54	0.54	0.54

Tabella 5: Rio Val della Roda – Parametri riassuntivi delle simulazioni idrologiche.

2.1.7 Stima dell'apporto solido e definizione del processo idraulico da simulare

I volumi di sedimento disponibile e mobilizzabile da un evento meteorico intenso all'interno del bacino del rio Val della Roda sono stati stimati dallo Studio Associato Geologia Applicata seguendo le indicazioni di Spreafico et al. (1996). Si riportano di seguito i principali risultati della valutazione del volume mobilizzabile. Per maggiori informazioni riguardo a questi aspetti si rimanda all'allegata relazione *“Analisi geomorfologica e stima dei volumi detritici mobilizzabili dal rio Val della Roda, Comune di Cavalese”*.

Stima dei volumi totali mobilizzabili (considerando l'attivazione simultanea di tutte le sorgenti di sedimento)					
Nome tratto	Volume alveo (mc)	Volume sponde (mc)	Apporti laterali (mc)	Volume totale tratto (mc)	Apporto detritico per tratto (mc/m)
Tratto T01c	1250	40	5	1295	1.2
Tratto T02c	2075	690	0	2765	2
Tratto T03c	356	70	0	426	1.4
Tratto T04b	8150	1480	1000	10630	5.2
Tratto T05a	15450	370	1100	16920	11
Tratto T06b	8600	1200	0	10000	9.5
TOTALE				50590	

Tabella 6: Rio Val della Roda – Stima del volume di materiale solido disponibile ad essere mobilitato dalla corrente.

In particolare, in figura 31 è riportata la suddivisione in tratti omogenei del reticolo idrografico del rio Val della Roda, mentre in tabella 6 viene riportata la stima del volume di sedimento disponibile V_{sed}^d e dell'apporto detritico per ogni tratto omogeneo. Il volume totale mobilizzabile dalle dinamiche riconoscibili su base geomorfologica è quindi stato valutato intorno ai 50500 mc.

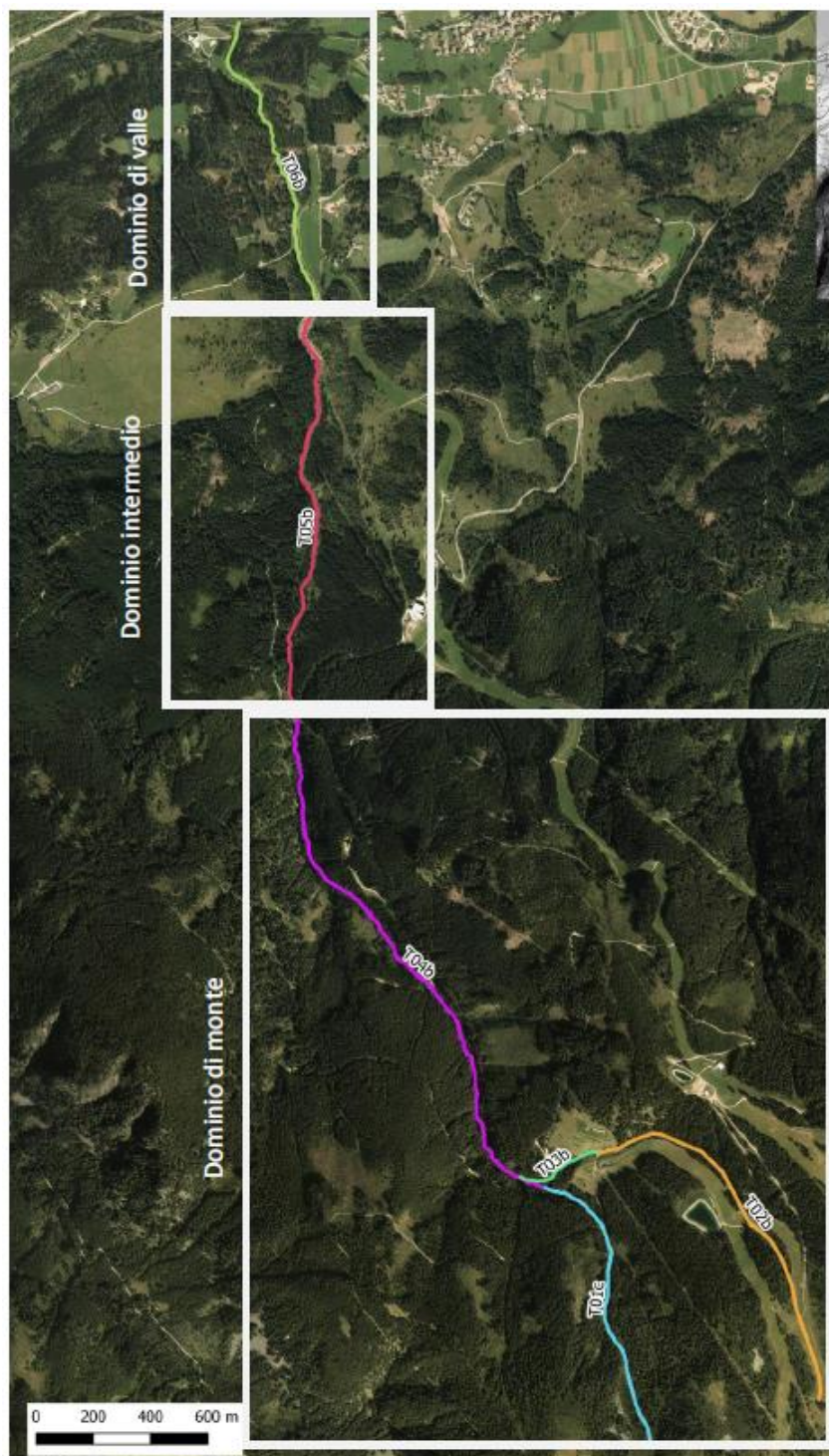


Figura 25: Rio Val della Roda – Suddivisione dell'alveo principale in tratti omogenei ed ortofoto (2015).

2.1.8 Modellazioni idrauliche

2.1.8.1 Definizione degli scenari

L'analisi idraulica del rio Val della Roda è stata effettuata considerando il processo prevalente di **colata detritica**. Le simulazioni sono state condotte utilizzando due diversi domini di calcolo:

- Tratto di monte chiuso in corrispondenza della briglia filtrante;
- Area del conoide – tratto compreso tra la briglia filtrante e la confluenza con il torrente Avisio.

La modellazione del tratto di monte è stata effettuata per valutare l'effetto di laminazione della briglia filtrante situata all'apice del conoide. La modellazione di questo primo tratto è stata condotta mediante modellazioni idrauliche bi-dimensionali a fondo mobile effettuate con il software TRENT2D^{DF}. Mediante queste modellazioni si è potuta stimare l'entità dei depositi di materiale solido che si verificano nel tratto a monte della briglia filtrante e gli idrogrammi in uscita dalla briglia filtrante. Le modellazioni idrauliche per questo tratto sono state condotte per eventi con tempi di ritorno di $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

I sedimentogrammi ottenuti in output dalle modellazioni idrauliche del tratto di monte sono stati poi assegnati in input al modello di valle che analizza l'area del conoide del rio Val della Roda. Questo secondo tratto è stato modellato sia con il modello a fondo mobile TRENT2D^{DF} che con il modello a fondo fisso Flo-2D. Questo è stato fatto in modo da:

- identificare con il modello a fondo mobile le zone caratterizzate da depositi di materiale solido ed individuare le sezioni critiche in cui si può verificare l'esondazione del corso d'acqua a seguito della riduzione del franco idraulico per la presenza dei depositi;
- stimare con il modello a fondo fisso l'entità dei tiranti e delle velocità nelle zone fuori alveo interessate dalle esondazioni, in cui è poco probabile che si verifichino erosioni della superficie del terreno.

Le modellazioni idrauliche per questo tratto sono state condotte con entrambi i modelli di calcolo per eventi con tempi di ritorno di $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

In Figura 26 è illustrata la schematizzazione dei domini di calcolo utilizzati nelle modellazioni idrauliche, mentre nel paragrafo successivo si riporta una descrizione sintetica dei modelli idraulici utilizzati.

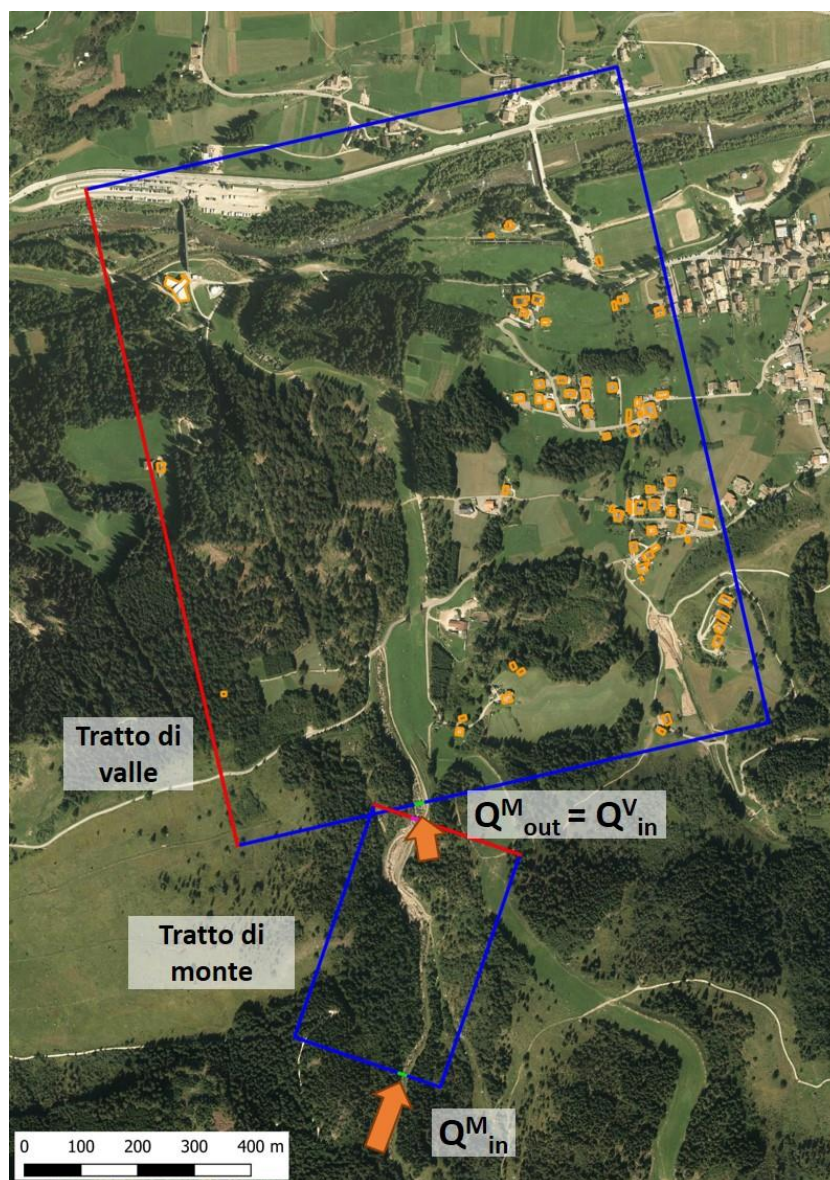


Figura 26: Rio Val della Roda - Schematizzazione dei domini computazionali utilizzati nelle modellazioni idrauliche.

2.1.8.2 Descrizione sintetica dei modelli idraulici

TRENT2D^{DF}

Il modello TRENT2D^{DF} è il codice di calcolo che permette la simulazione di colate di detriti con reologia di tipo granulo-inerziale su fondo mobile. Questo codice è incluso nel modello bidimensionale TRENT2D che permette la simulazione della propagazione delle colate di detriti con reologia di tipo granulo-inerziale, e processi di trasporto solido su alveo a fondo mobile. Il modello matematico che sta alla base del codice TRENT2D si fonda sull'ipotesi di base che il comportamento della colata sia quello di una mistura bifasica di sedimenti e acqua in cui non vi sia sfasamento tra le velocità della fase liquida e della fase solida, né in termini direzionali né in termini di modulo del vettore velocità media sulla verticale. Il modello

considera in maniera del tutto accoppiata la dinamica della mistura con quella dell'evoluzione morfologica del fondo alveo. Per approfondimenti, si rimanda a Armanini et al. (2009); Rosatti e Fraccarollo (2006); Rosatti et al. (2008).

TRENT2D include due diversi modelli numerici: il modello TRENT2D^{DF} che permette la simulazione di colate di detriti con reologia di tipo granulo-inerziale su fondo mobile, ed il modello TRENT2D^{TS} che, invece, permette la simulazione di fenomeni di trasporto solido. I due modelli utilizzano le medesime equazioni di base (conservazione della massa totale, conservazione della massa solida e conservazione della quantità di moto) e lo schema numerico di risoluzione, ma differiscono in merito alle leggi di chiusura reologiche, che descrivono la capacità di trasporto e le tensioni tangenziali al fondo in funzione della concentrazione volumetrica della frazione solida.

Le relazioni che esprimono lo sforzo tangenziale al fondo in TRENT2D^{DF} sono quelle di Bagnold integrate sulla profondità, modificate da Takahashi sulla base di dati sperimentali. La relazione di chiusura utilizzata si fonda sull'assunzione che la concentrazione dei sedimenti sia pari alla concentrazione che avrebbe una colata in condizioni di moto uniforme con velocità e profondità pari ai valori istantanei. La relazione che viene usata nel modello deriva dalla formula sperimentale proposta da Takahashi ricavata nell'ipotesi che il valore istantaneo dello sforzo al fondo sia molto maggiore dello sforzo critico:

$$c = c_b \cdot \beta \cdot \frac{|u|^2}{g \cdot h}$$

dove β è un parametro di trasporto adimensionale, g è l'accelerazione di gravità, h è il tirante idraulico e $|u|$ è il modulo della componente del vettore velocità. La stima di β viene effettuata nell'ipotesi di moto uniforme attraverso la seguente relazione:

$$\beta = \frac{c}{c_b} \cdot \frac{K_t \cdot \lambda^2}{(c \cdot \Delta + 1) \cdot i_f \cdot Y^2}$$

dove K_t è un parametro che dipende dalle caratteristiche del materiale in sito (densità della frazione solida e angolo di attrito dinamico), λ è un parametro che dipende dai valori di concentrazione di materiale solido della mistura acqua-sedimenti, i_f è la pendenza locale. Come condizione al contorno in ingresso, cioè dove il flusso entra nel dominio computazionale, si assume che il moto sia uniforme e unidimensionale. Le condizioni al contorno di valle (lati di uscita del dominio computazionale) sono imposte uguagliando i flussi uscenti a quelli valutati nella cella subito a monte. In tal modo viene simulato un flusso in uscita da una cella con posizione di fondo fissata nel tempo (fondo inerodibile).

Le condizioni di monte per le diverse simulazioni numeriche (i.e., la condizione al contorno nella sezione di ingresso nel dominio di calcolo), sono rappresentate dagli idrogrammi solido-liquido valutati come descritto nei precedenti capitoli. Le condizioni sul contorno di valle (i lati

in uscita dal dominio computazionale) sono imposte uguagliando i flussi in uscita dalla generica cella con quelli valutati nella cella subito a monte. In tal modo si simula una condizione di libero deflusso per gli apporti idrici proveniente da monte.

Di seguito si riporta una lista dei dati di input, che variano a seconda del modulo utilizzato, che si devono utilizzare nel running delle simulazioni idrauliche per il dominio computazionale:

- Idrogramma di mistura (fase liquida e solida);
- DEM (modello digitale del terreno) generalmente campionato ad 1 m o a 0.5 m;
- Angolo di attrito dinamico del materiale solido $\phi_d = 38^\circ - 39^\circ$;
- Densità relativa $\Delta = 1.65$;
- Parametro di trasporto β ;
- Parametro di sommergenza $Y = 15 - 25$.

FLO-2D

Il modello FLO-2D (O'Brien, 2003) è un modello bidimensionale in grado di simulare la propagazione dell'onda di piena liquida e di colate detritiche tenendo conto delle possibili interazioni con opere idrauliche (ponti, argini e tombini) ed i vari impedimenti al libero deflusso idrico presenti nelle aree antropizzate (per esempio gli edifici). Il modello FLO-2D risolve l'equazione dei momenti in forma completa (termine cinematico più termine diffusivo) in uno schema numerico alle differenze finite. I risultati di output del modello consistono in mappe di tirante idrico e velocità in ogni punto del dominio di calcolo.

Le simulazioni idrauliche possono essere effettuate o in condizioni completamente bi-dimensionali, o in condizioni bi-dimensionali nella floodplain e monodimensionali nel canale.

Le equazioni di governo sono i bilanci di conservazione della massa e della quantità di moto:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hv_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hv_y)}{\partial y} = i$$

$$S_{fx} = S_{0x} - \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{v_x}{g} \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{v_y}{g} \frac{\partial v_x}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial v_x}{\partial t}$$

$$S_{fy} = S_{0y} - \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{v_x}{g} \frac{\partial v_y}{\partial x} + \frac{v_y}{g} \frac{\partial v_y}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial v_y}{\partial t}$$

dove h è il tirante idrico, v_x e v_y sono le velocità medie lungo le direzioni x e y , t è il tempo, S_{fx} e S_{fy} rappresentano le perdite di carico unitario e S_{0x} e S_{0y} sono la pendenza del fondo in direzione x e y .

Il software utilizza come mesh di calcolo una griglia strutturata a maglie quadrate, e lo schema numerico è alle differenze finite. La natura esplicita dello schema di risoluzione richiede che vengano rispettate le condizioni di stabilità di Courant-Friedrich-Lewy (Jin & Fread, 1997):

$$\Delta t \leq C \frac{\Delta x}{v + c}$$

Dove C è il numero di Courant, Δx è la dimensione della maglia di calcolo, v è la velocità media del moto e c è la celerità d'onda. Per maggiori specifiche relative al modello numerico si rimanda alla consultazione del manuale tecnico.

Per ulteriori specifiche sull'equazioni del modello e lo schema numerico si rimanda a O'Brien (1993, 1999, 2003, 2009).

La modellazione idraulica richiede la definizione dei seguenti parametri di input al modello:

- Geometria delle aste fluviali (sezioni trasversali e profili longitudinali);
- Modello digitale del terreno per la caratterizzazione altimetrica delle possibili zone di esondazione;
- Idrogramma di piena per la portata liquida (acqua) e per la componente solida (detrito, sedimento). A seconda del tipo di processo da simulare (i.e., deflusso di acqua chiara, alluvionamento torrentizio, colata detritica), può essere necessario definire i parametri che identificano la reologia della miscela acqua-sedimento, i diametri caratteristici della frazione solida, lo spessore di materiale erodibile lungo il letto dell'alveo;
- Valori delle scabrezze, per la valutazione delle resistenze al moto dentro e fuori le aste fluviali, che vengono assegnati in funzione del tipo di copertura del suolo e dello stato dei canali;
- Scale di deflusso, leggi di stramazzo ecc., per la caratterizzazione idraulica di ponti, luci, stramazzi e tombini.

2.1.8.3 Tratto di monte

Dominio di calcolo

Le modellazioni idrauliche del tratto chiuso in corrispondenza della briglia filtrante sono state effettuate con il software TRENT2D^{DF} considerando il processo prevalente di **colata detritica**.

Le modellazioni sono state condotte a fondo mobile ed il dominio di calcolo utilizzato per le modellazioni idrauliche è riportato in Figura 27. Il DTM originario a 1.0 m è stato ricampionato a 0.5 m. Il DTM originale è stato inoltre modificato inserendo la briglia filtrante realizzata dal Servizio Bacini Montani all'apice del conoide. In Figura 28 è riportato il confronto tra il DTM originale ed il DTM modificato in corrispondenza della briglia filtrante. Le aperture della briglia filtrante sono state chiuse per metà della loro altezza per poter simulare una possibile ostruzione della parte bassa della briglia dovuta al deposito di materiale vegetale e/o massi di grosse dimensioni che il modello altrimenti non sarebbe in grado di rappresentare.

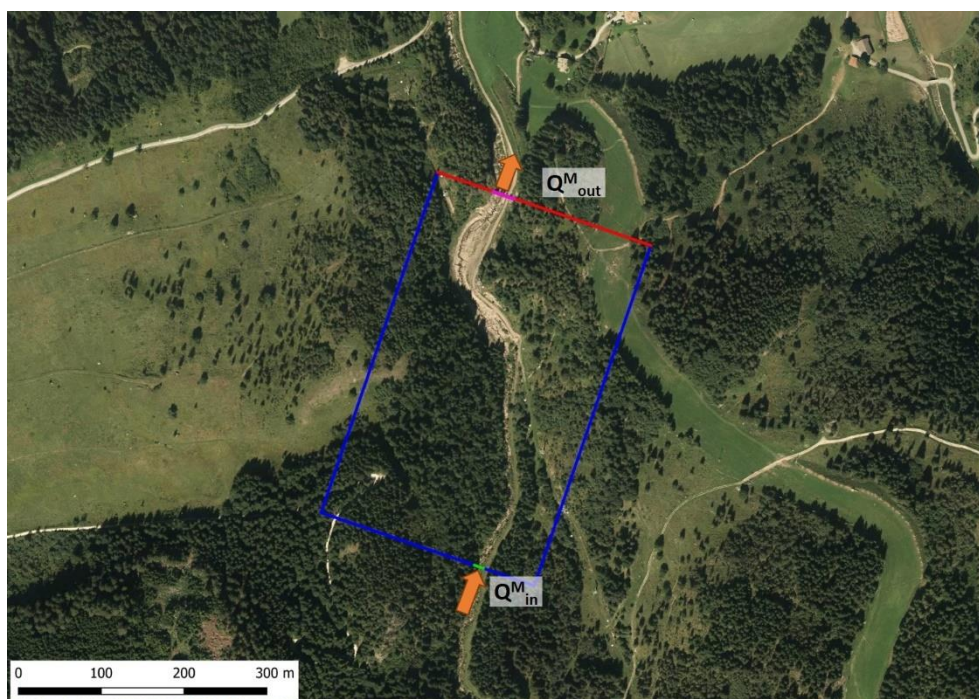


Figura 27: Rio Val della Roda – Dominio di calcolo utilizzato per le simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} – tratto briglia filtrante.

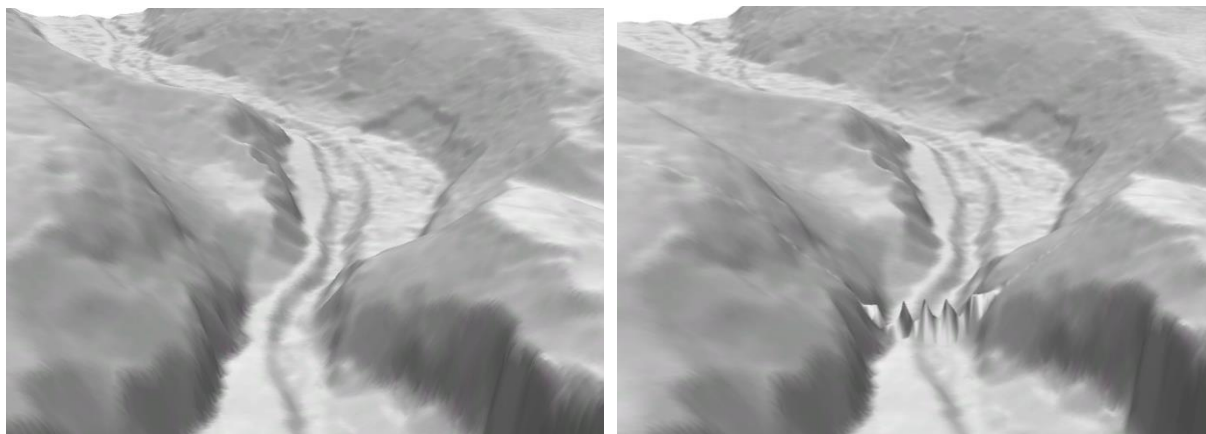


Figura 28: Rio Val della Roda – Confronto tra il modello digitale del terreno (DTM) originale (a destra) e modificato (a sinistra) con l'inserimento della briglia filtrante.

Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche

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

Gli idrogrammi di portata di mistura da assegnare come condizione di monte per le modellazioni idrauliche sono stati valutati applicando un fattore di amplificazione F_b agli idrogrammi di portata liquida calcolati alla sezione di chiusura del bacino. Tali idrogrammi di portata liquida, riportati in Figura 24, sono stati stimati considerando i valori di pre-saturazione del bacino pari a 30% (T_{R30}), 35% (T_{R100}) e 40% (T_{R200}). In questo modo si è scelto di collegare il tempo di ritorno dell'evento analizzato con il tempo di ritorno dell'evento di pioggia (su basi statistiche – LSPP) e con il grado di saturazione del bacino. Si suppone, in sostanza, che l'incremento del tempo di ritorno dell'onda di piena dipenda anche da un maggiore grado di saturazione del bacino idrografico.

Il fattore di amplificazione F_b è stato invece valutato facendo riferimento alle condizioni di equilibrio che si instaurano al passaggio degli idrogrammi di piena lungo il tratto del rio Val della Roda in cui si trova la sezione di ingresso del dominio di calcolo e caratterizzato da una pendenza media di 0.15. Dal sedimentogramma così stimato sono stati quindi calcolati i volumi di sedimenti che il corso d'acqua potrebbe trasportare in condizioni di equilibrio e sono stati confrontati con i volumi di materiale solido disponibile. Nel caso specifico i volumi stimati all'equilibrio per gli eventi con $TR = 100$ e $TR = 200$ anni sono superiori rispetto ai volumi di materiale solido disponibile. Si è quindi stimato il sedimentogramma da assegnare come

condizione al contorno delle modellazioni idrauliche per questi due eventi sulla base delle concentrazioni che si instaurano dato il volume solido disponibile ad essere mobilitato riportato in Tabella 6, mentre per l'evento con TR= 30 anni si sono utilizzati i valori relativi alle condizioni di equilibrio. In Figura 29 sono riportati i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni. In Tabella 7 sono riportati i dati di sintesi degli idrogrammi della mistura: c è la concentrazione della mistura, V_s è il volume del materiale solido al netto della porosità, V_{sed} è il volume del materiale solido considerando le porosità e V_M è il volume della mistura mentre la Tabella 8 riporta i parametri di input utilizzati nelle simulazioni numeriche.

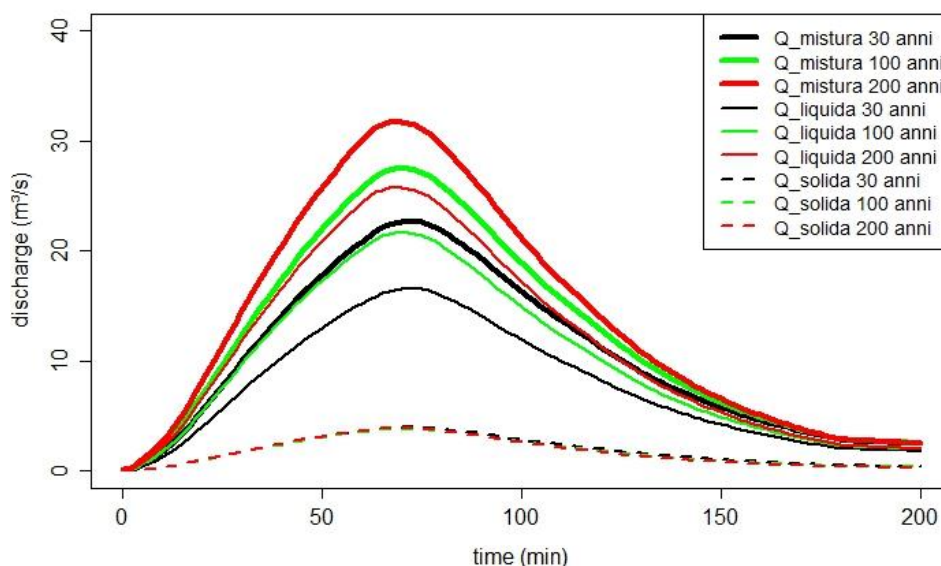


Figura 29: Rio Val della Roda – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di monte

Rio Val della Roda (Area = 5.92 km ²)										
	Condizioni di equilibrio (i _F 0.15)				Condizioni di non equilibrio (dati i volumi)				Q_{max} (liquida) (m ³ /s)	Q_{max} (mistura) (m ³ /s)
	c (-)	F_b [-]	V_{sed} (m ³)	V_s (m ³)	c (-)	F_b [-]	V_{sed} (m ³)	V_s (m ³)		
	$c = V_s/V_M$	$F_b = 1/(1 - c/C_b)$			$c = V_s/V_M$	$F_b = 1/(1 - c/C_b)$				
TR30	0.17	1.37	34300	22300	-	-	-	-	16.6	22.7
TR100	0.17	1.37	43600	28300	0.14	1.27	32100	20800	21.6	27.5
TR200	0.17	1.37	50800	33000	0.12	1.23	32100	20800	25.8	31.8

Tabella 7: Rio Val della Roda – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto di monte.

Parametro di input	Valore	Descrizione
C_b	0.65	Concentrazione di massimo impaccamento
i_F	0.13	Pendenza nella sezione di ingresso
Δ	1.65	Densità relativa dei sedimenti
φ_d	34°	Angolo di attrito dinamico del materiale solido
β	0.107 (TR30) 0.059 (TR100) 0.044 (TR200)	Parametro di trasporto
Y	20	Parametro di sommergezza

Tabella 8: Rio Val della Roda – Parametri di input utilizzati nelle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto di monte.

Risultati delle simulazioni idrauliche

In Figura 30, Figura 31, Figura 32 sono riportate le mappe dei tiranti massimi, delle velocità massime e dei depositi massimi risultanti dalle modellazioni idrauliche effettuate per i tre tempi di ritorno considerati per l'analisi del tratto di monte chiuso in corrispondenza della briglia filtrante. In Figura 33 ed in Tabella 9 è invece riportato il confronto degli andamenti degli idrogrammi di mistura e di materiale solido ed i loro principali parametri all'ingresso e all'uscita della piazza di deposito. Dai risultati si può osservare che per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni l'altezza dei depositi di materiale solido raggiunge un valore massimo di circa 4.2 m. Il bacino di deposito, per questo evento, trattiene circa 10000 m³ di terreno e riduce di 1.1 m³/s il valore di picco dell'idrogramma solido dell'evento.

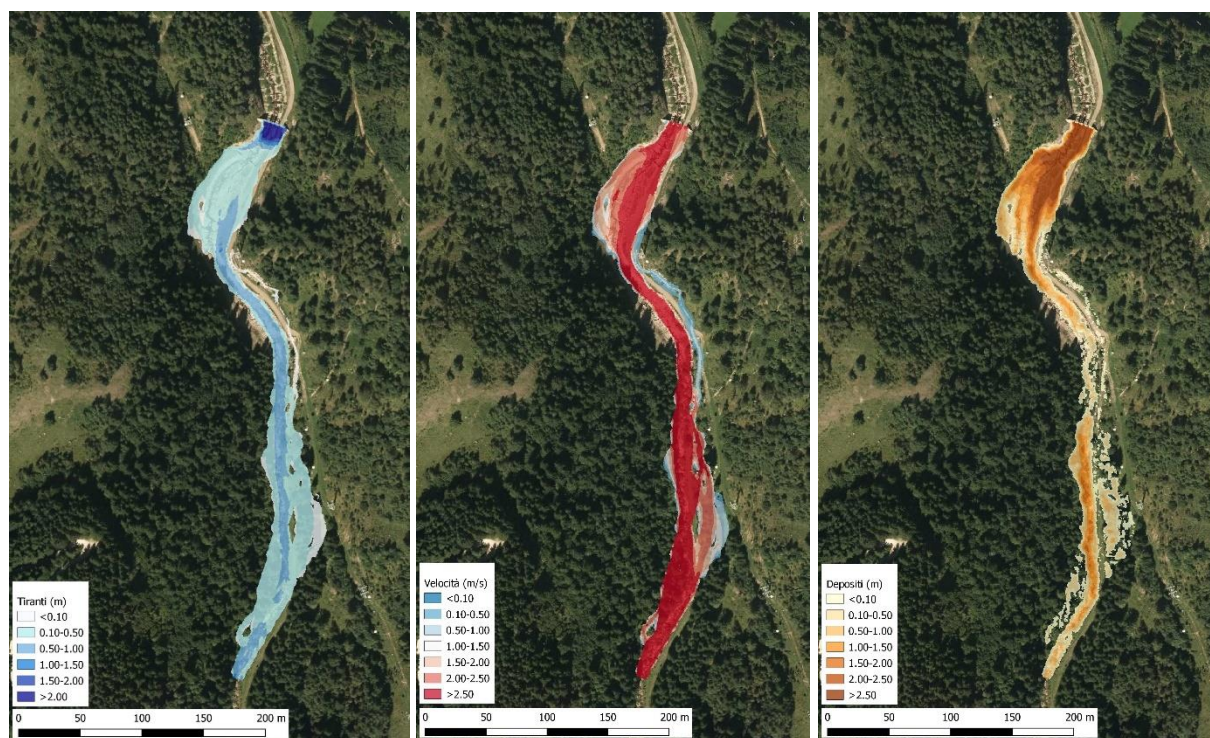


Figura 30: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra), velocità massime (al centro) e depositi massimi (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni – tratto di monte.

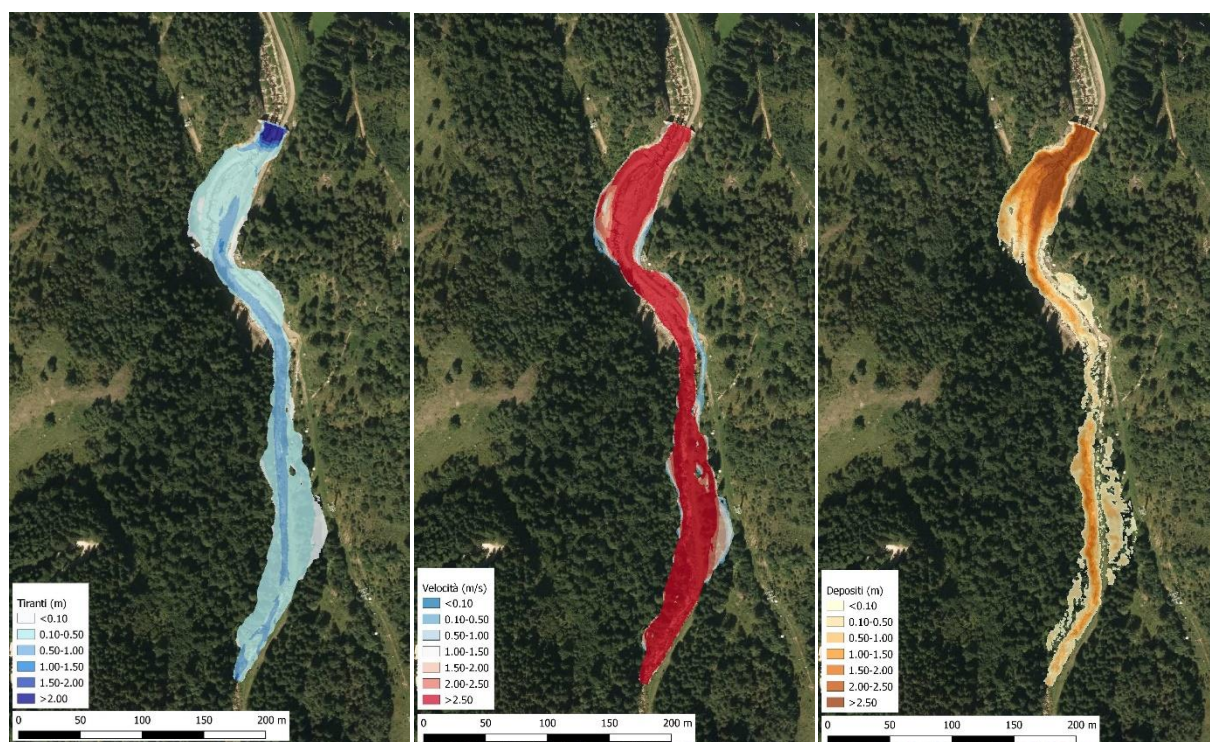


Figura 31: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra), velocità massime (al centro) e depositi massimi (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni – tratto di monte.

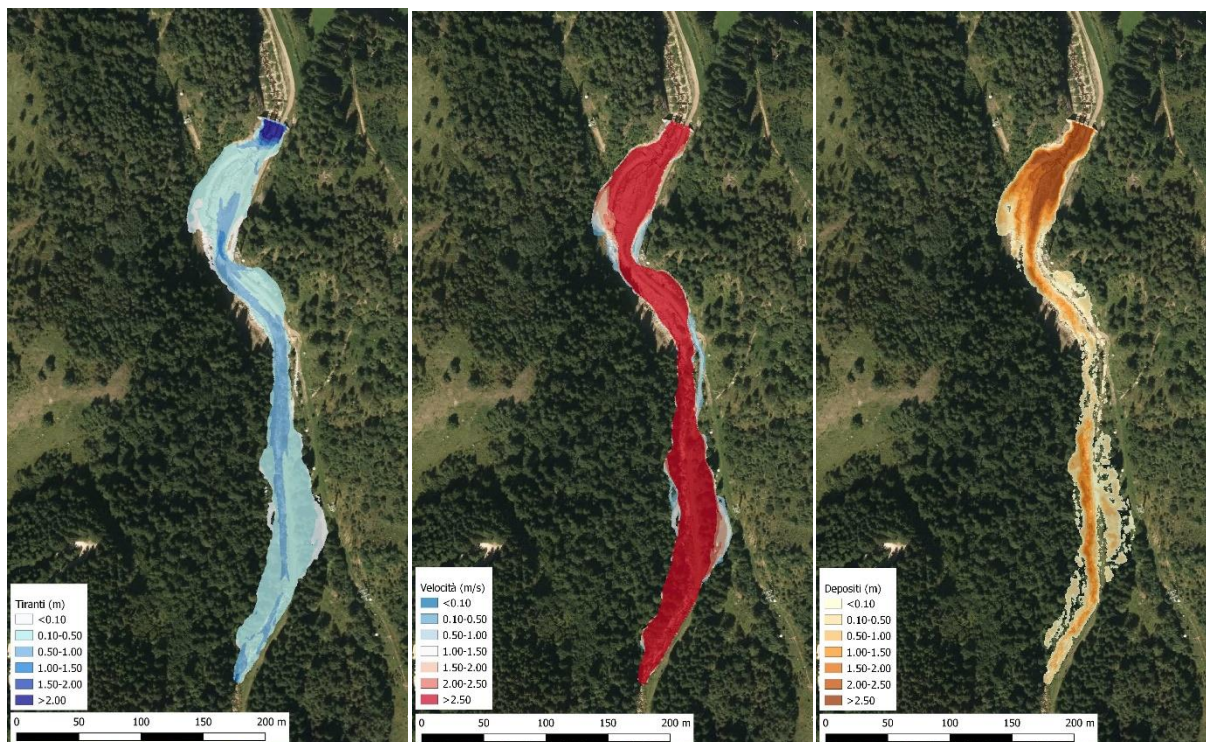


Figura 32: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra), velocità massime (al centro) e depositi massimi (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni – tratto di monte.

Parametro	Input	Output
Portata di picco della mistura (m ³ /s)	31.8	30.1
Tempo di picco della mistura (s)	4100	4300
Portata di picco del solido (m ³ /s)	3.9	2.8
Tempo di picco del solido (s)	4100	4450
Volume mistura (m ³)	167200	157500
Volume solido – V _s (m ³)	20500	14600
Volume terreno eroso – V _{sed} (m ³)	1650	
Volume terreno depositato – V _{sed} (m ³)	10600	

Tabella 9: Rio Val della Roda – Confronto tra i parametri di input ed i parametri di output della modellazione del tratto della piazza di deposito per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

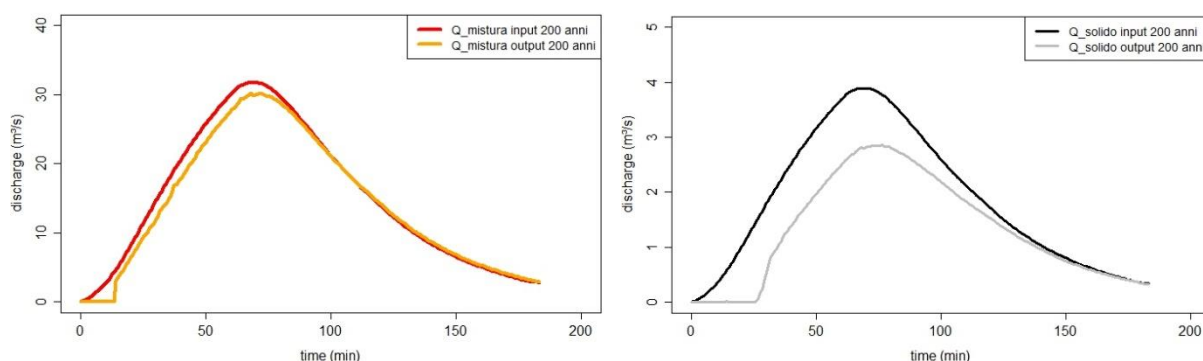


Figura 33: Rio Val della Roda – Idrogrammi della mistura (a sinistra) e del materiale solido (a destr) per l’evento con tempo di ritorno di 200 anni, in ingresso ed in uscita dalla piazza di deposito.

2.1.8.4 Tratto di valle

Dominio di calcolo

Le modellazioni idrauliche del tratto di valle, compreso tra la briglia filtrante e la confluenza con il torrente Avisio, sono state effettuate sia con il software a fondo mobile TRENT2D^{DF} che con il software a fondo fisso FLO2D considerando il processo prevalente di **colata detritica**.

I domini di calcolo utilizzati per le modellazioni idrauliche sono riportati in Figura 34 e Figura 36. Il DTM originario a 1.0 m è stato ricampionato ad 1 m. Per il modello TRENT2D^{DF} il DTM originale è stato inoltre modificato inserendo l’ingombro degli edifici ed aprendo le sezioni in corrispondenza dell’attraversamento della pista da sci. Nel DTM è stato inoltre aperto il tratto della strada che da Masi di Cavalese porta a Malga Salanzada in corrispondenza dell’attraversamento della pista da sci, in quanto nelle modellazioni idrauliche si è visto che flussi di esondazione vanno a divagare lungo la strada passando attraverso la galleria. Il DTM utilizzato nella modellazione con FLO2D è uguale a quello utilizzato nel modello TRENT2D^{DF} ad eccezione dell’attraversamento della pista di sci situato poco a monte della stazione di fondovalle della funivia del Cermis, in quanto dai risultati della modellazione a fondo mobile si è visto che questo, così come il bacino di deposito situato subito a monte, viene completamente riempito di materiale solido già per eventi di piena con $T_R = 30$ anni. In Figura 35 è mostrato il DTM modificato utilizzato nelle modellazioni idrauliche.

La matrice del calcolo per la modellazione effettuata con il software FLO2D è stata creata assegnando una dimensione delle celle pari a 2 m, in modo da avere un buon compromesso tra una sufficiente risoluzione del modello ed i tempi computazionali. I valori dei coefficienti di scabrezza sono stati assegnati in funzione della tipologia di uso del suolo: bosco ($k_{st} = 4 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), arbusteti e mugheti ($k_{st} = 8 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), prati stabili ($k_{st} = 12.5 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), rocce nude ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), insediamenti abitativi e reti stradali ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), corsi d’acqua ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$).

¹). In Figura 36, a destra, è riportata la mappa dei valori di scabrezza (espressi in termini di coefficiente di Manning ($n = 1/k_{st}$) utilizzata come dato di input per le modellazioni idrauliche.

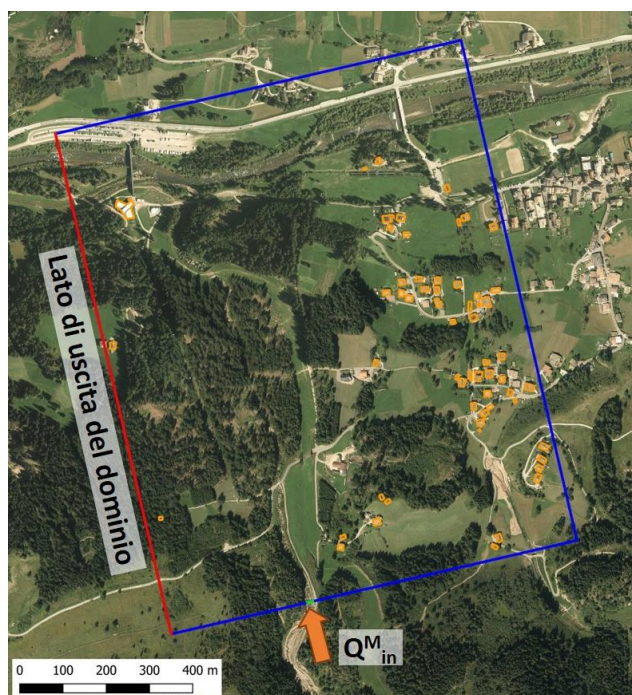


Figura 34: Rio Val della Roda – Dominio di calcolo utilizzato per le simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} – tratto di valle.



Figura 35: Rio Val della Roda – DTM modificato utilizzato nelle simulazioni idrauliche del tratto di valle con il modello TRENT2D^{DF}. Nella modellazione con FLO2D si è mantenuto ostruito l'attraversamento più a valle situato poco a monte della stazione di fondovalle della funivia del Cermis.

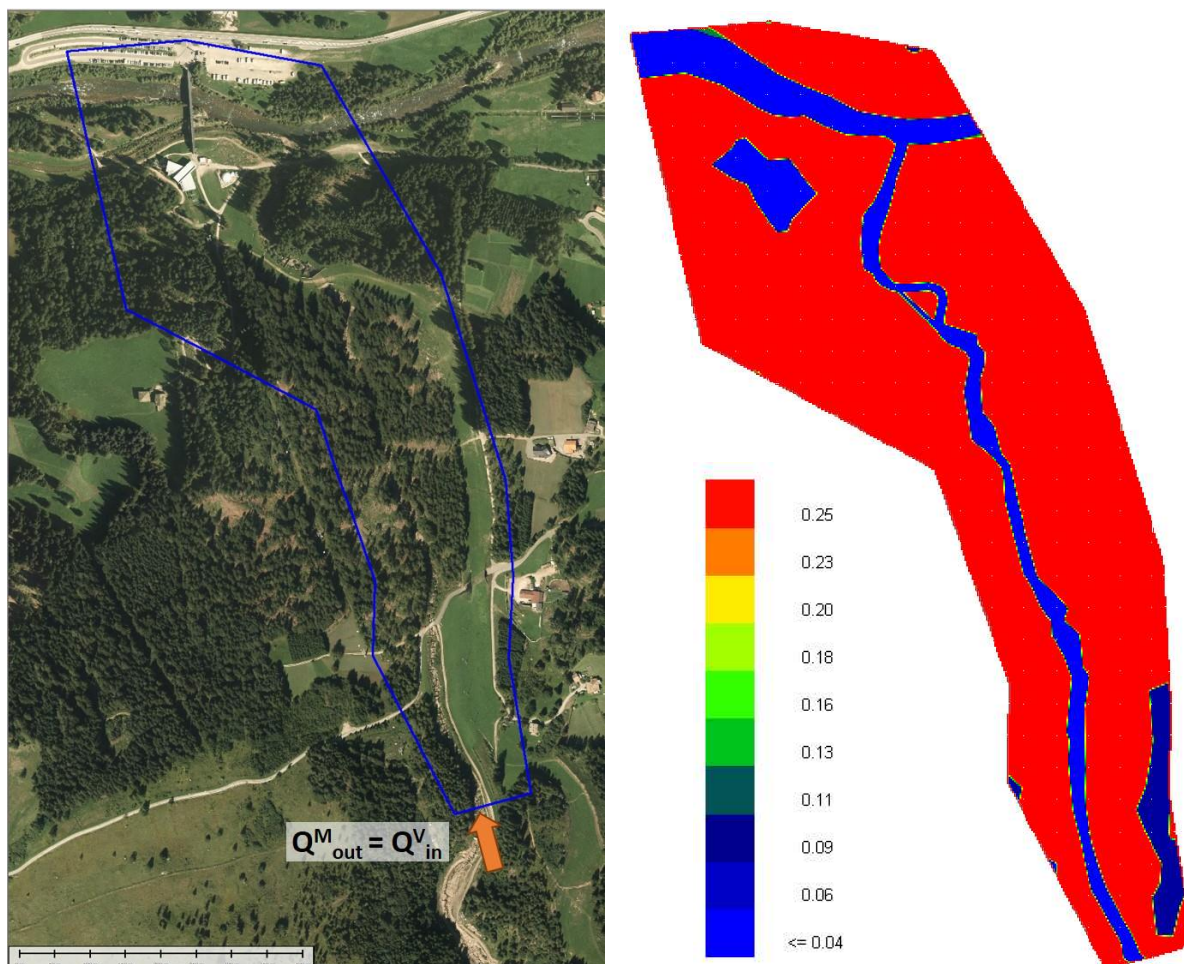


Figura 36: Rio Val della Roda – Dominio di calcolo (a sinistra) e mappa delle scabrezze (a destra) utilizzati per le simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO2D – tratto di valle.
Valori delle scabrezze espressi in termini di coefficiente di Manning n ($s/m^{1/3}$).

Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche

Le assunzioni considerate nella stima delle condizioni di monte e delle condizioni di valle sono le stesse descritte nella sezione *Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche* del paragrafo 2.1.8.3 e sono rispettivamente la condizione di moto uniforme nella sezione di ingresso e la condizione di libero deflusso nella sezione di valle.

Rio Val della Roda (Area = 5.92 km ²)						
	c (-) $c = V_s/V_M$	F_b [-] $F_b = 1/(1 - c/c_b)$	V_{sed} (m ³)	V_s (m ³)	Q_{max} (liquida) (m ³ /s)	Q_{max} (mistura) (m ³ /s)
T _{R30}	0.15	-	23500	15300	16.6	21.3
T _{R100}	0.11	-	22400	14500	21.6	25.7
T _{R200}	0.10	-	21300	13800	25.8	30.2

Tabella 10: Rio Val della Roda – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle.

Per quanto riguarda i sedimentogrammi assegnati in ingresso nelle modellazioni idrauliche, sono stati utilizzati i sedimentogrammi risultanti in output dalle modellazioni idrauliche del tratto di monte, chiuso in corrispondenza della briglia filtrante. I dati di sintesi degli idrogrammi della mistura utilizzati sono riportati in Tabella 10, mentre la Figura 37 riporta i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni.

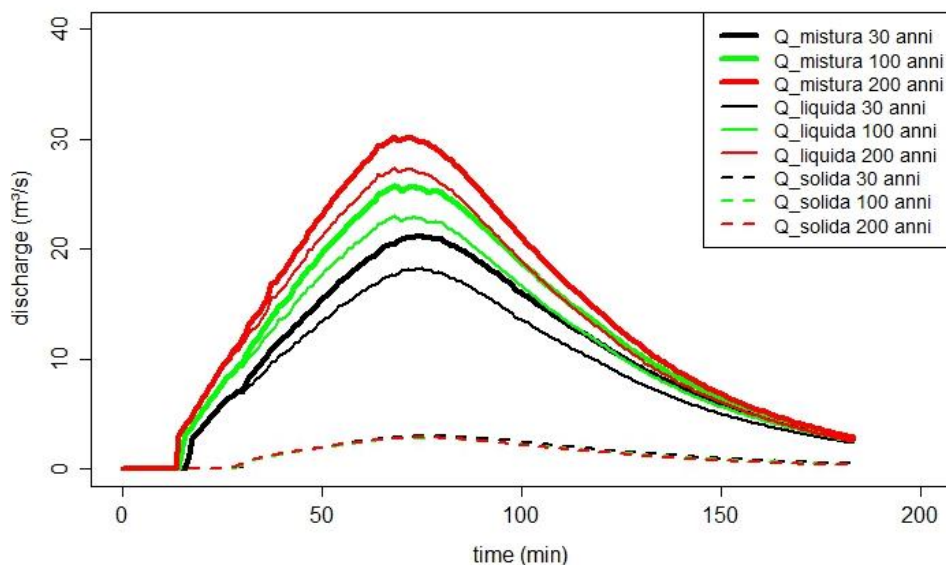


Figura 37: Rio Val della Roda – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle.

Parametro di input	Valore	Descrizione
cb	0.65	Concentrazione di massimo impaccamento
iF	0.13	Pendenza nella sezione di ingresso
Δ	1.65	Densità relativa dei sedimenti
φ_d	34°	Angolo di attrito dinamico del materiale solido
β	0.073 (TR30) 0.038 (TR100) 0.028 (TR200)	Parametro di trasporto
Y	20	Parametro di sommergenza

Tabella 11: Rio Val della Roda – Parametri di input utilizzati nelle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto di valle.

Risultati delle simulazioni idrauliche - Modello Trent2D^{DF}

In Figura 38, Figura 39 ed in Figura 40 sono riportate le mappe dei tiranti massimi, delle velocità massime e dei depositi massimi risultanti dalla modellazione idraulica del tratto di valle del rio Val della Roda effettuate con il modello TRENT2D^{DF} nei tre tempi di ritorno considerati. Dai risultati si può osservare che già con eventi con tempo di ritorno di 30 anni in corrispondenza del restringimento determinato dall'attraversamento della pista di sci poco a monte della stazione di fondovalle della funivia del Cermis si verificano importanti depositi di materiale solido che ostruiscono l'attraversamento e riempiono la parte più a valle del piccolo bacino di deposito. Questo determina la fuoriuscita dei deflussi che scendendo lungo la pista raggiungono la stazione di partenza della funivia e le aree adiacenti ad essa. I risultati di questo modello non permettono di stimare i tiranti che si verificano nelle aree alluvionate in questa zona, in quanto il modello erodendo la superficie del terreno in corrispondenza delle linee di massima pendenza individua un nuovo alveo che riporta la gran parte della portata nell'alveo principale del rio Val della Roda. Le intensità del fenomeno alluvionale per questa zona vengono quindi stimate dai risultati della modellazione idraulica effettuata con il software FLO2D che sono riportati nel paragrafo successivo.

Dai risultati emerge inoltre che, a seguito dei fenomeni di deposito che si realizzano nel tratto subito a valle della briglia filtrante, per eventi con $T_R \geq 100$ anni si verifica una divagazione dei deflussi in sponda destra lungo la stradina forestale per poi discendere lungo la strada che da Masi di Cavalese porta a Malga Salanzada. A valle del sottopassaggio alla pista da sci il flusso si dirige poi verso il fondovalle andando ad interessare alcune abitazioni di Masi di Cavalese. Si suppone che le concentrazioni di questi deflussi siano piuttosto basse, in quanto ci si aspetta che la maggior parte del materiale solido venga depositato in alveo. Ci si aspetta pertanto che in questo settore il fenomeno di esondazione sia più riconducibile ad un fenomeno di alluvionamento torrentizio. Le intensità del fenomeno alluvionale risultano comunque molto basse con tiranti inferiori a 5 - 10 cm.

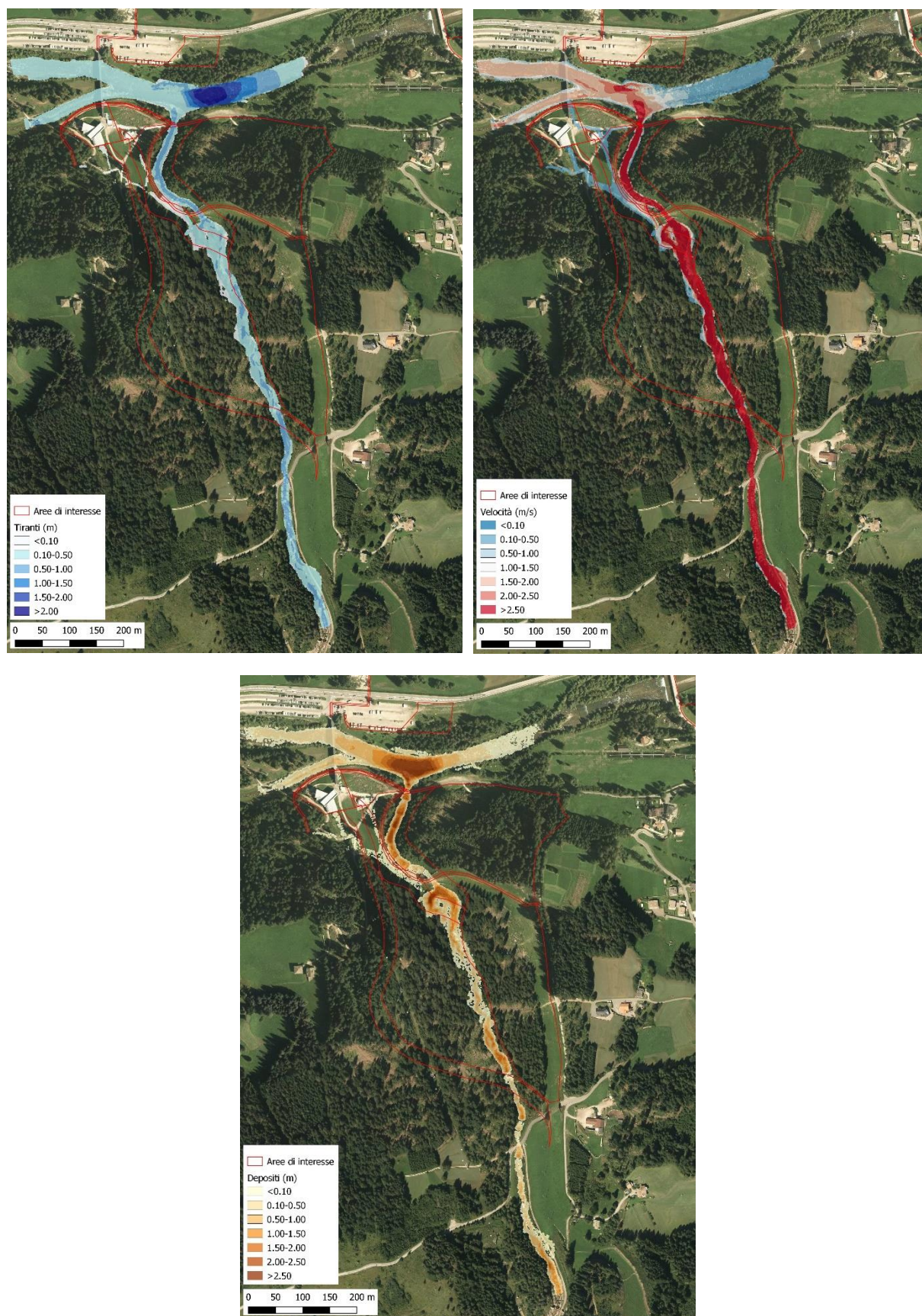


Figura 38: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l’evento con tempo di ritorno di 30 anni – tratto di valle.

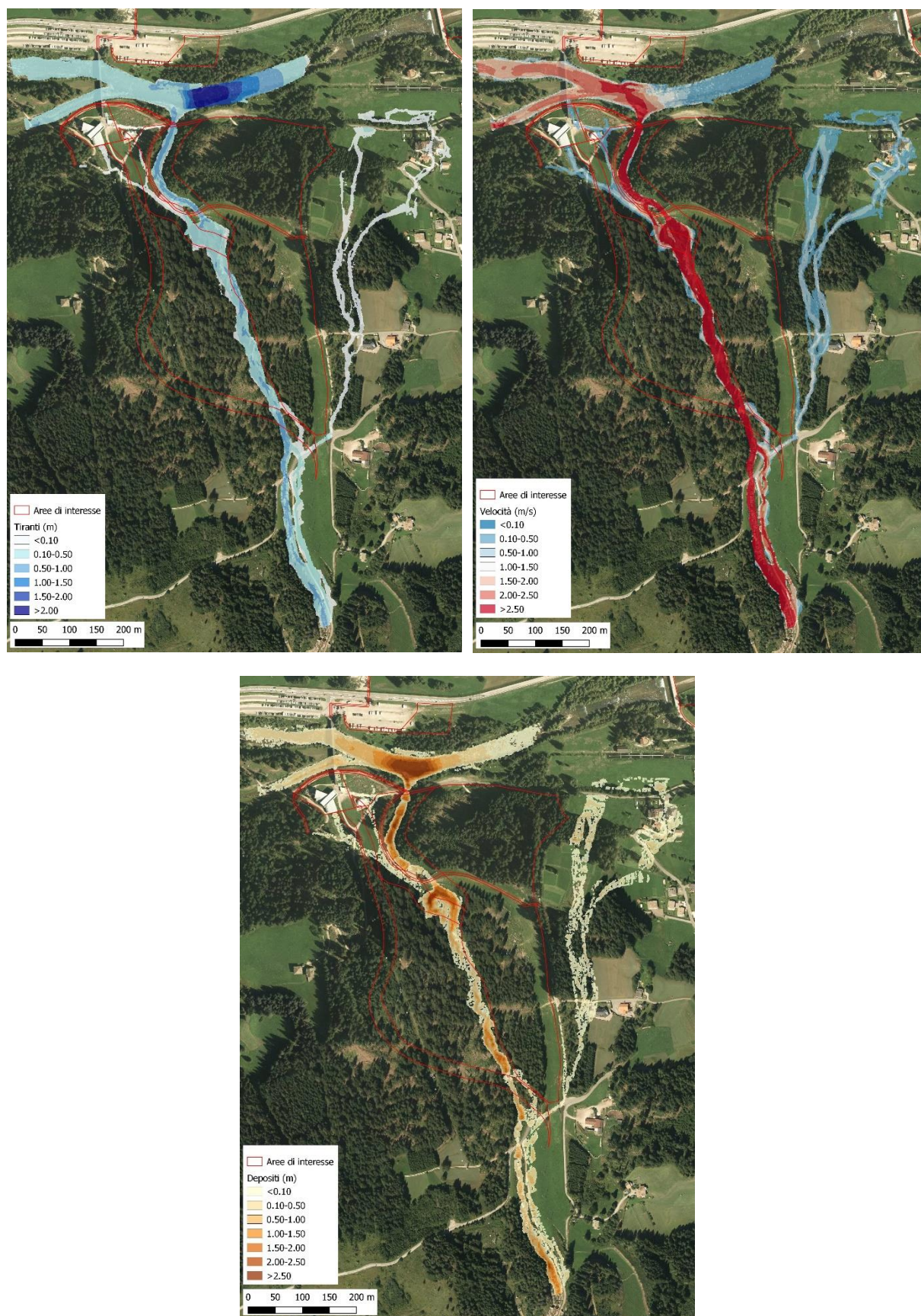


Figura 39: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni – tratto di valle.

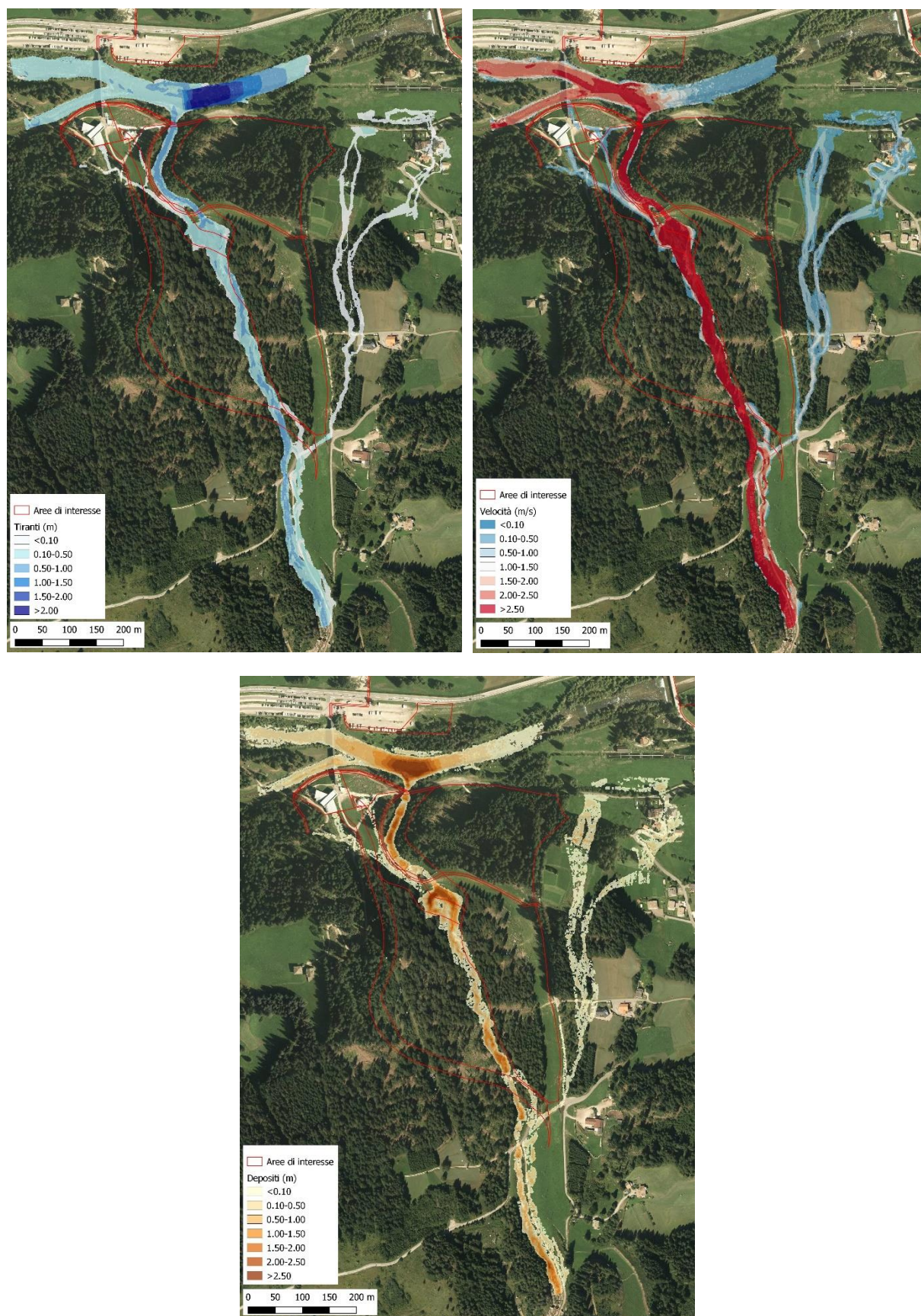


Figura 40: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni – tratto di valle.

Risultati delle simulazioni idrauliche - Modello FLO2D

In Figura 41, Figura 42 ed in Figura 43 sono riportate le mappe dei tiranti massimi e delle velocità massime risultanti dalla modellazione idraulica effettuata con il modello FLO2D per il tratto di valle nei tre tempi di ritorno considerati. Dai risultati si può osservare che in corrispondenza del bacino di deposito situato subito a monte dell'ultimo attraversamento della pista da sci, che risulta ostruito per il deposito di materiale solido, il livello della mistura raggiunge la sommità della sponda sinistra del bacino di deposito, per cui i flussi iniziano a divagare nelle zone fuori alveo dirigendosi verso la stazione di fondovalle della funivia del Cermis e le aree adiacenti. Nelle aree alluvionate i tiranti massimi sono compresi tra 10 cm e 35 cm, mentre le velocità sono inferiori a 0.50 m/s. Il modello individua una zona di stagnazione dei deflussi con innalzamento delle quote dei tiranti in corrispondenza del lato sud della stazione della funivia del Cermis. Questo è determinato dal fatto che i deflussi sono bloccati nelle direzioni est ed ovest dall'approfondimento del terreno che si trova in corrispondenza della partenza della funivia ed in direzione nord dall'edificio della stazione della funivia, che è rappresentata nel modello da celle impermeabili al deflusso. Nella realtà i tiranti in questo punto saranno inferiori rispetto a quanto mostrato dal modello, in quanto l'edificio non è completamente impermeabile ai deflussi, soprattutto nel settore in cui si ha la partenza della funivia.

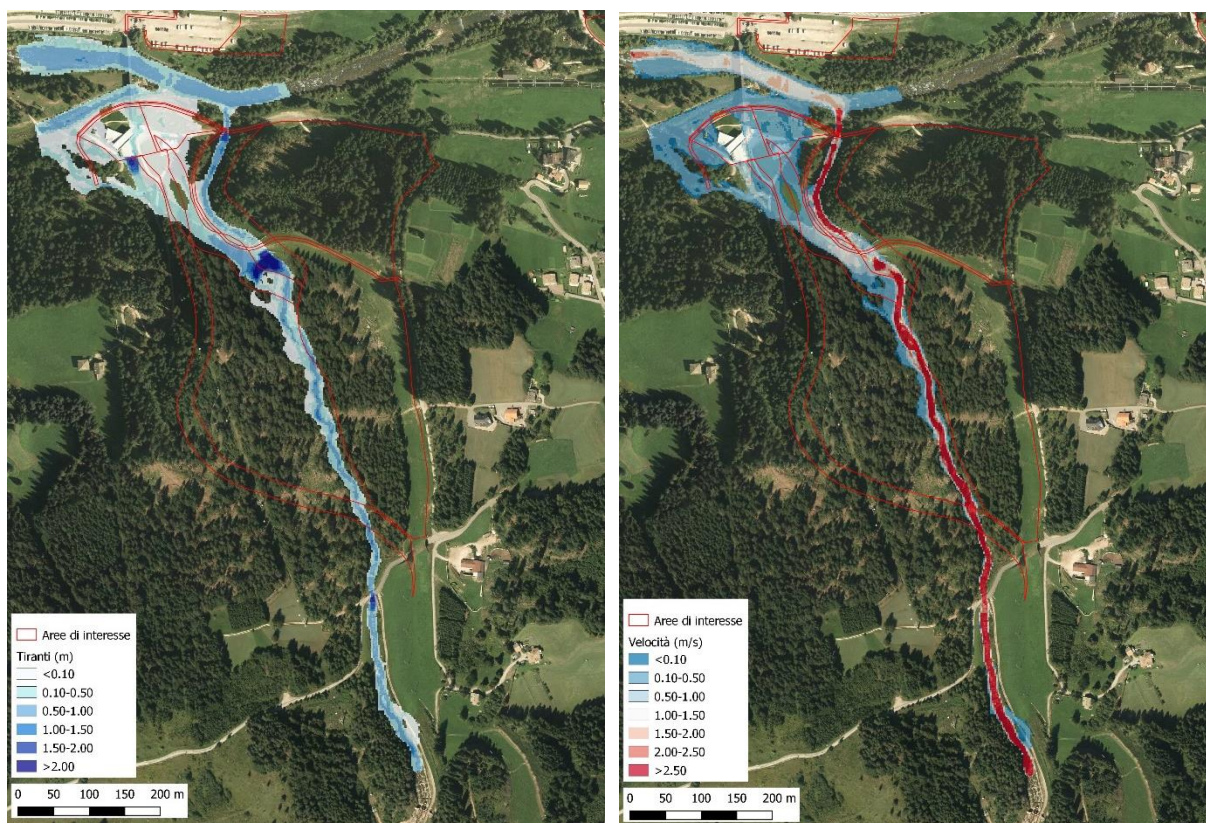


Figura 41: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni – tratto di valle.

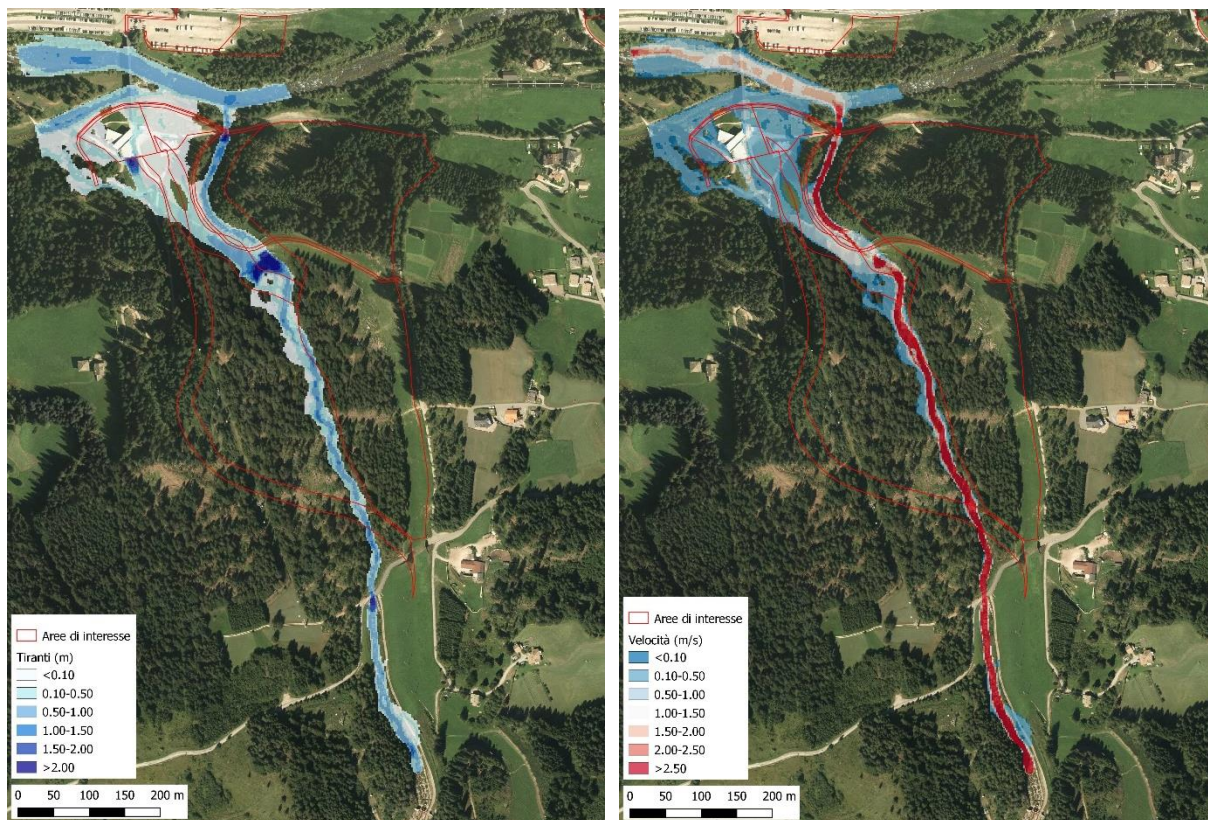


Figura 42: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni – tratto di valle.

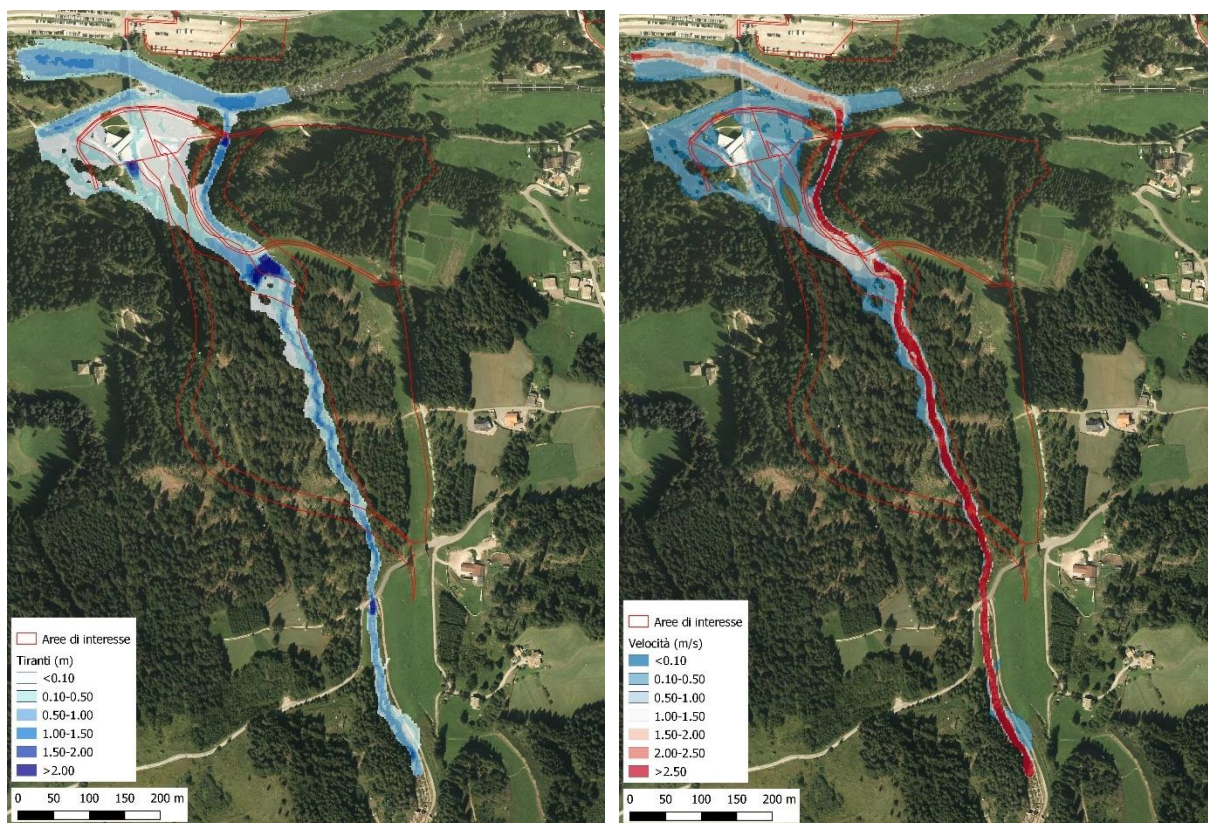


Figura 43: Rio Val della Roda – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni – tratto di valle.

2.1.8.5 Rio Larizzol – modellazione idraulica speditiva

Dall'analisi cartografica del DTM e della rete idrografica è stato osservato che eventuali fenomeni di piena del rio Larizzol (corso d'acqua situato in sinistra idrografica del torrente Avisio, subito a valle del rio Val della Roda) potrebbero raggiungere la stazione di partenza della funivia del Cermis e le particelle oggetto della variante al PRG di Cavalese. Per questo corso d'acqua è stata pertanto condotta una modellazione speditiva al fine di comprendere quali possano essere le reali direttrici di deflusso e quali aree all'interno del conoide potrebbero venire interessate da fenomeni idraulici innescati lungo il rio Larizzol. Il modello è stato implementato mediante il software a fondo fisso FLO-2D.

Le simulazioni numeriche sono state effettuate utilizzando il dominio di calcolo riportato in Figura 45, a sinistra. Il DTM originario a 1 m è stato ricampionato ad 1.5 m. L'immagine a destra in Figura 45 rappresenta la carta delle scabrezze utilizzate nella modellazione idraulica.

La modellazione idraulica è stata effettuata assegnando in input l'idrogramma di portata liquida relativo ad un evento con tempo di ritorno di 200 anni. Tale idrogramma (Figura 44) è stato stimato applicando il modello Peakflow al bacino sotteso all'asta del torrente.

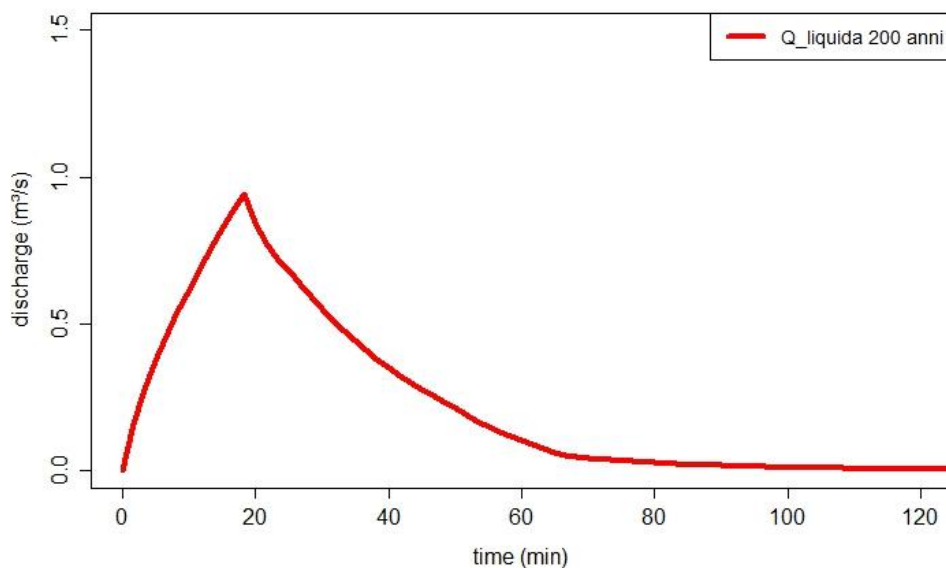


Figura 44: Rio Larizzol – Idrogramma di portata liquida stimato per il rio Larizzol per un evento con tempo di ritorno di 200 anni.

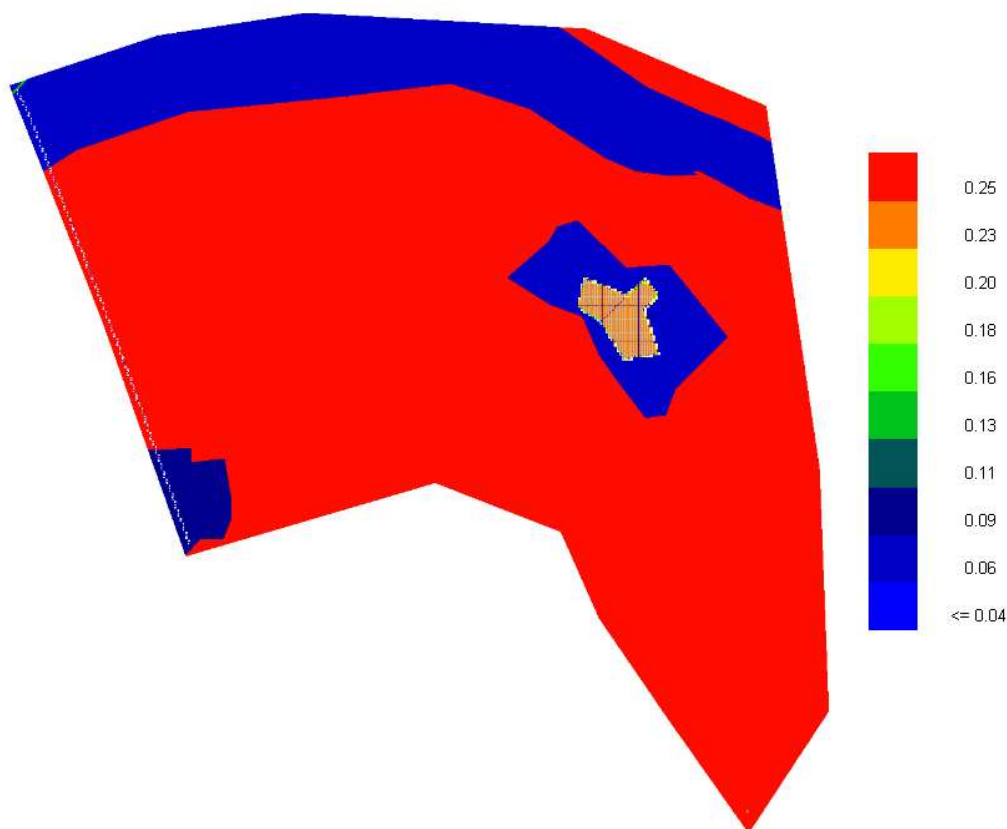


Figura 45: Rio Larizzol – Dominio di calcolo (in alto) e mappa delle scabrezze (in basso) utilizzati per le simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO2D. Valori delle scabrezze espressi in termini di coefficiente di Manning n ($\text{s/m}^{1/3}$).

Nella figura seguente sono riportati i risultati ottenuti dalla modellazione idraulica speditiva del rio Larizzol. Dalle immagini si può osservare che nel caso considerato di un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni, nel punto in cui la rete idrografica del corso d'acqua, che non si presenta ben incisa, interseca il settore morfologicamente più depresso, dove si trovano i piloni della funivia del Cermis, i deflussi si incalano all'interno di questo "corridoio" e si dirigono verso la stazione di partenza della funivia del Cermis, raggiungendola. Dal momento che l'edificio della stazione della funivia è stato inserito nel modello rendendo le celle del dominio impermeabili, dal modello risulta che i flussi vengono bloccati presso la parete sud della stazione della funivia, dove si verifica un significativo incremento del tirante. Questo non si realizza nella realtà in quanto in quel settore la stazione della funivia è aperta per far transitare le cabine in arrivo e in partenza. Il modello mostra ad ogni modo che eventi idrogeologici generati dal rio Larizzol possono andare ad interesse le particelle oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese.

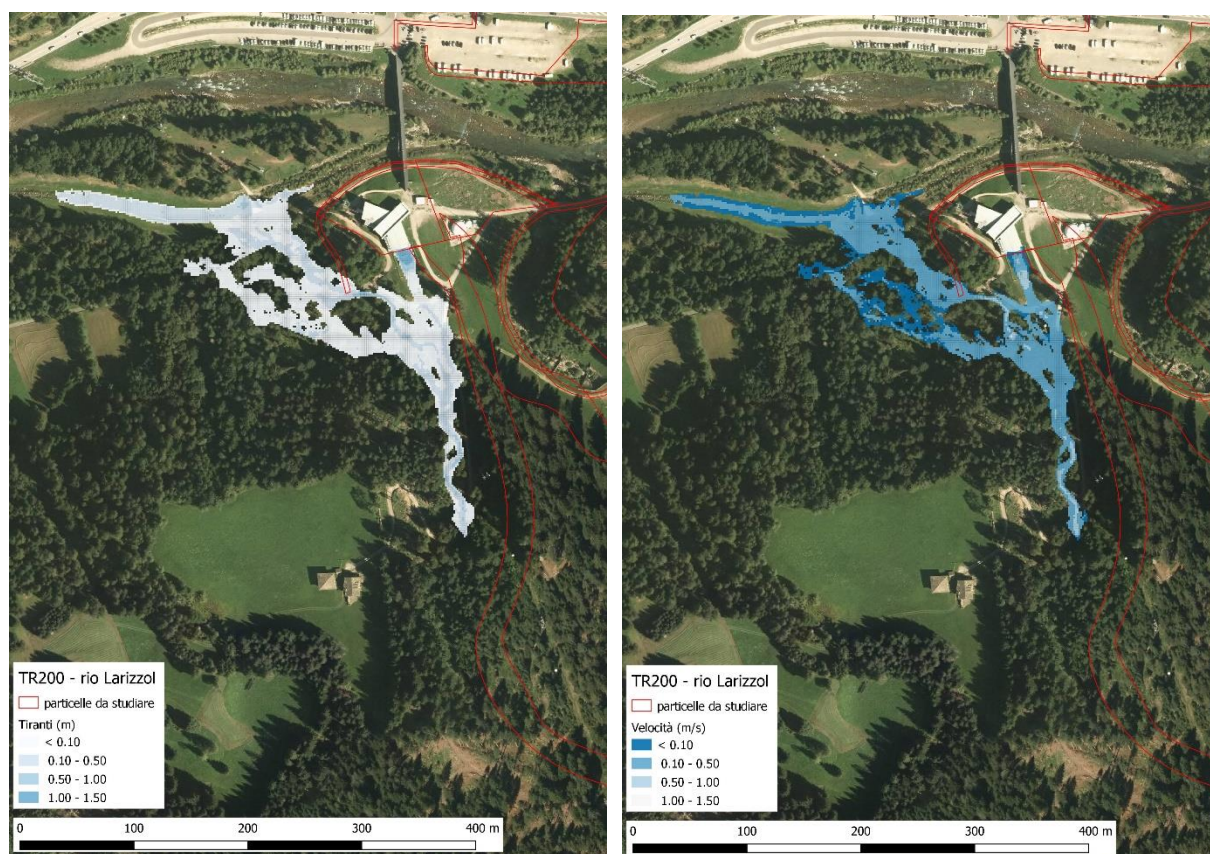


Figura 46: Rio Larizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

2.1.9 Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica

Nel presente paragrafo sono definiti i livelli di pericolosità del fenomeno idraulico in funzione dei livelli di intensità e probabilità che caratterizzano il fenomeno studiato. La pericolosità è intesa come la probabilità che in un certo punto del territorio si verifichi un evento di una data

intensità (I) entro un assegnato tempo di ritorno (T_R). I criteri adottati per la definizione della pericolosità (H) sono contenuti nella Delibera 19 luglio 2019, n. 1066 “Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)”.

Le direttive per la redazione delle carte della pericolosità stabiliscono tre livelli di intensità (Bassa, Media, ed Elevata). L’assegnazione del livello di intensità del fenomeno idrogeologico è effettuata attenendosi ai criteri riportati in Tabella 12 (inondazione da piena) e Tabella 13 (colate detritiche). Per fenomeni di inondazione da piena il livello di intensità dipende dai valori assunti dal tirante idraulico h , e dalla pressione idrodinamica $v \cdot h$ data dal prodotto tra il tirante idraulico e la velocità del deflusso nel generico punto analizzato. Per fenomeni di colata detritica il livello di intensità dipende dai valori assunti dal tirante del deflusso detritico h , dalla velocità del deflusso – v e dallo spessore del deposito - M nel generico punto analizzato.

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

Tabella 12: Tabella dei valori di soglia e delle intensità dell’evento per inondazione da piena. h = altezza dei tiranti liquidi e/o solidi e v = velocità dei deflussi liquidi e solidi.

intensità	profondità della corrente o del flusso detritico - h (m)		velocità della corrente fuori dall’alveo - v (m / s)		spessore del deposito fuori dall’alveo - M (m)
Elevata	$h > 1$	oppure	$v > 1$	oppure	$M > 1$
Media	$0,5 < h \leq 1$	oppure	$0,5 < v \leq 1$	oppure	$0,5 < M \leq 1$
Bassa	$H \leq 0,5$	oppure	$v \leq 0,5$	oppure	$M \leq 0,5$

Tabella 13: Tabella dei valori di soglia e delle intensità dell’evento per colate. h = altezza dei tiranti liquidi e/o solidi, v = velocità dei deflussi liquidi e solidi, M = spessore del deposito.

Per la definizione della pericolosità, l’intensità è affiancata da un’indicazione di probabilità di accadimento espressa in termini di frequenza temporale con cui i valori soglia possono essere eguagliati o superati. La frequenza di superamento è espressa con riferimento al tempo di ritorno T_R degli eventi. La Delibera n. 1066 propone tre classi di probabilità:

- Elevata (fenomeni caratterizzati da $0 < T_R \leq 30$ anni);

- Media (fenomeni caratterizzati da $30 < T_R \leq 100$ anni);
- Bassa (fenomeni caratterizzati da $100 < T_R \leq 200$ anni).

La Delibera 19 luglio 2019, n. 1066 prevede che la pericolosità (Hazard – H) venga espressa in quattro classi ordinarie quattro straordinarie secondo quanto riportato nella Tabella 14.

	<i>pericolosità</i>	<i>simbolo</i>	<i>campitura</i>
classi ordinarie	elevata	H4	rosso
	media	H3	blu
	bassa	H2	giallo
	trascurabile	H1	verde chiaro
classi straordinarie	residua	HR4	tratteggio rosso a 45°
		HR3	tratteggio blu a 45°
		HR2	tratteggio giallo a 45°
	potenziale	HP	arancione

Tabella 14: Classificazione e campitura della pericolosità.

L'individuazione della pericolosità ordinaria viene quindi effettuata considerando i valori soglia definiti in Tabella 12 e in Tabella 13 e la probabilità di accadimento degli event, anche attraverso l'utilizzo di matrici di interazione come quella riportata in Figura 47. Le classi straordinarie di pericolosità residua vengono utilizzate per scenari che tengono conto dell'indeterminatezza e dei limiti delle metodologie analitiche o dell'azione mitigante di particolari opere di difesa. La classe di pericolosità potenziale individua zone in cui si riconoscono condizioni favorevoli all'insorgenza di eventi dannosi, ma per le quali non è ancora disponibile una classificazione della pericolosità.

Intensità (I)				
elevata	9	8	7	
media	6	5	4	
bassa	3	2	1	
	elevata	media	bassa	Probabilità (P)

Figura 47: Esempio di matrice di interazione per la determinazione della pericolosità.

La Delibera n. 1066 specifica infine che nei casi dubbi fra due classi va fatto riferimento principalmente alla natura degli effetti previsti, che sono sintetizzati in Tabella 15.

Pericolosità (H)	Massimi effetti previsti
Pericolosità Elevata (H4)	- Perdita di vite umane; - Distruzione (spesso immediata) di strutture e infrastrutture; - esposizione delle persone a grave pericolo sia all'interno che all'esterno degli edifici.
Pericolosità Media (H3)	- gravi lesioni o forte disagio per le persone fino alla perdita di vite umane; - danni gravi (senza distruzione) a strutture e infrastrutture; - esposizione delle persone a grave pericolo prevalentemente all'esterno degli edifici.
Pericolosità Bassa (H2)	- lesioni o disagi di modesta entità per le persone con scarsa probabilità di perdita di vite umane; - danni modesti a strutture e infrastrutture senza compromissione prolungata della funzionalità; - assenza di grave pericolo sia all'esterno che all'interno degli edifici.
Pericolosità Trascurabile (H1)	- danni o disagi (sia per le persone che per i beni) privi di particolare rilevanza e facilmente reversibili o assenti.

Tabella 15: Correlazione tra livello di pericolosità e massimi effetti previsti.

In Figura 48 e Figura 49 sono mostrate la carta della pericolosità idraulica ottenute attraverso l'applicazione della matrice di interazione tipo quella di BUWAL (1998) (riportata nella legenda delle figure stesse) ai risultati delle modellazioni numeriche effettuate con i modelli idraulici TRENT2D^{DF} e FLO-2D. Le figure riportano le carte della pericolosità analitica elaborate considerando fenomeni di colata detritica (a sinistra) e fenomeni di alluvionamento torrentizio (a destra).

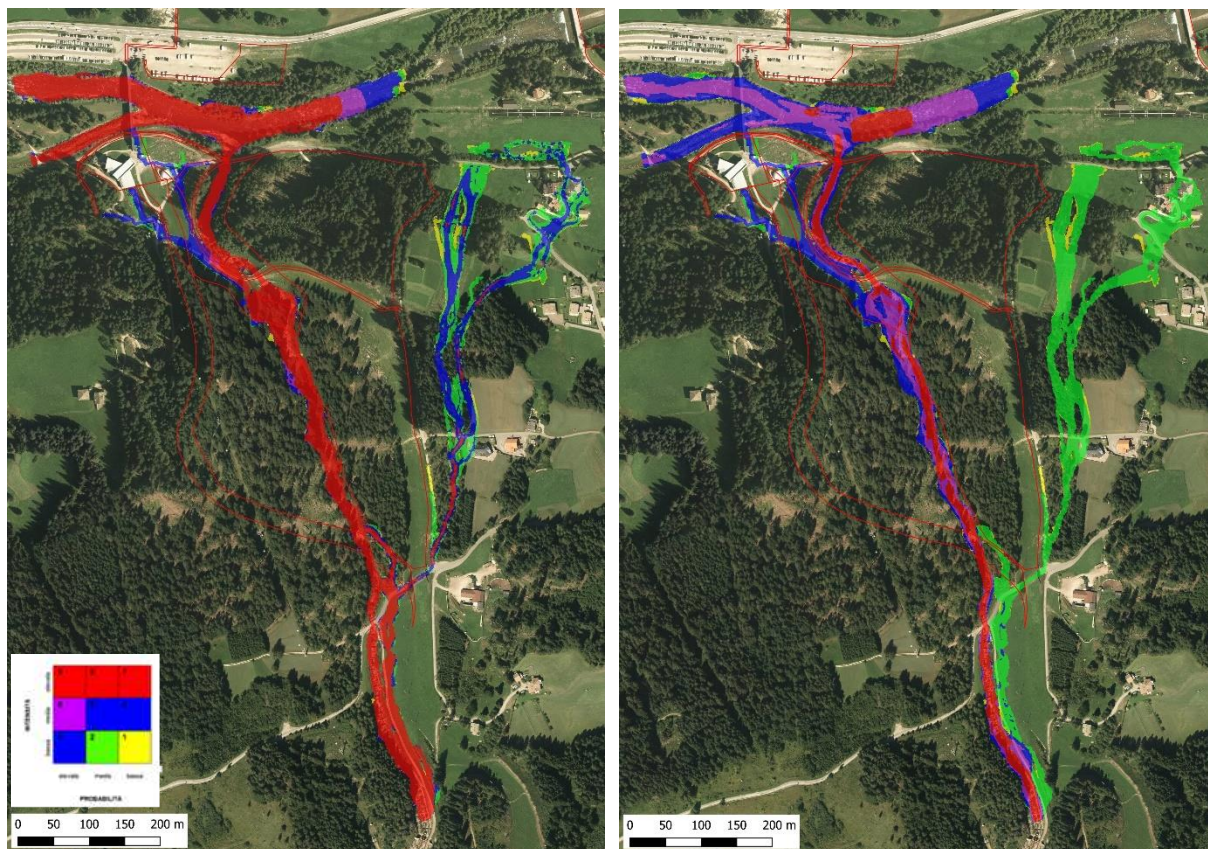


Figura 48: Rio Val della Roda - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF}. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per colate (mappa a sinistra) e considerando i valori soglia per inondazioni da piena (mappa a destra). In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

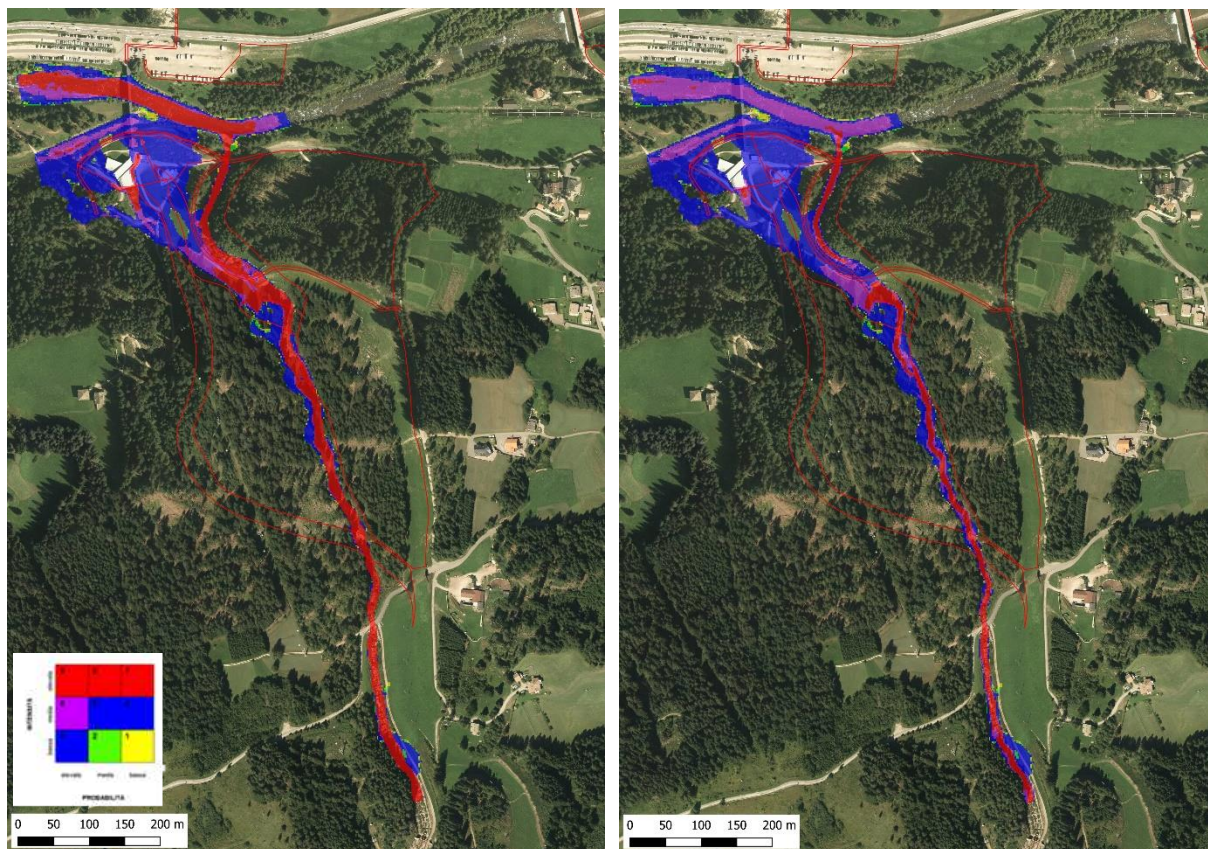


Figura 49: Rio Val della Roda - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO2D. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per colate (mappa a sinistra) e considerando i valori soglia per inondazioni da piena (mappa a destra). In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

2.1.10 Zonazione definitiva del pericolo idraulico

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

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

In figura 9 46 è riportata la zonazione definitiva del pericolo idraulico per il rio Val della Roda, classificata secondo il livello di pericolosità ordinaria (H2 – pericolo basso, H3 – pericolo medio, H4 – pericolo elevato) e secondo i livelli di pericolosità straordinaria (HR2 – pericolo residuo basso, HR3 – pericolo residuo medio, HR4 – pericolo residuo elevato).

Le aree a pericolosità residua inserite nella zonazione della pericolosità sono state definite considerando gli scenari di ostruzione del ponte di attraversamento della strada che collega Masi di Cavalese a Malga Salanzada e lo scenario di dam-break del bacino di innevamento situato in località Prafiori.

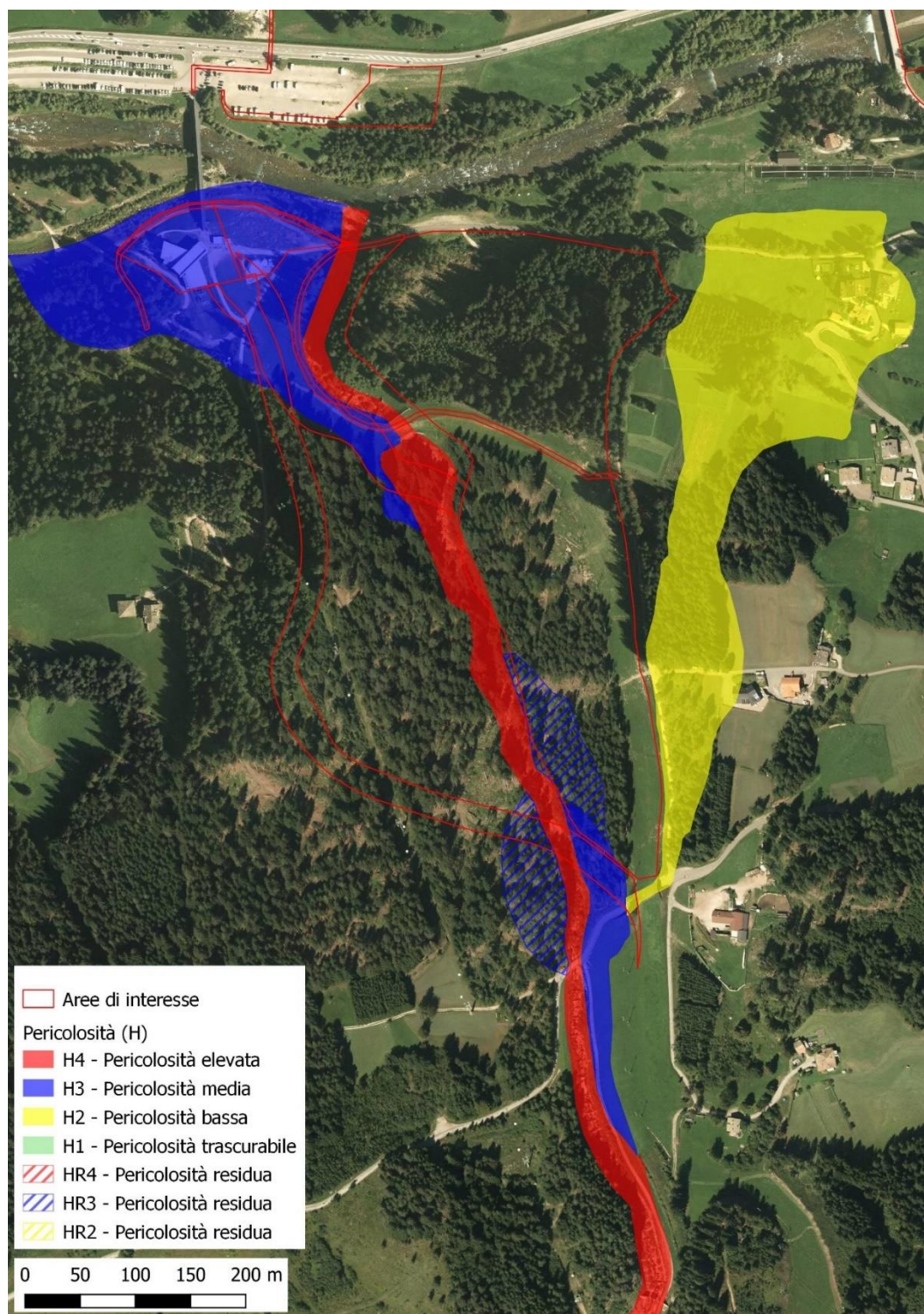


Figura 50: Rio Val della Roda – Zonazione definitiva della pericolosità idrogeologica.

2.2 Valutazione del pericolo idraulico per il rio Arizzol ed il suo affluente destro

2.2.1 Inquadramento del bacino

Il bacino idrografico del rio Arizzol (Figura 51) si estende lungo il versante situato in sinistra idrografica della Val di Fiemme, all'altezza dell'abitato di Masi di Cavalese che attraversa prima di confluire nel torrente Avisio.

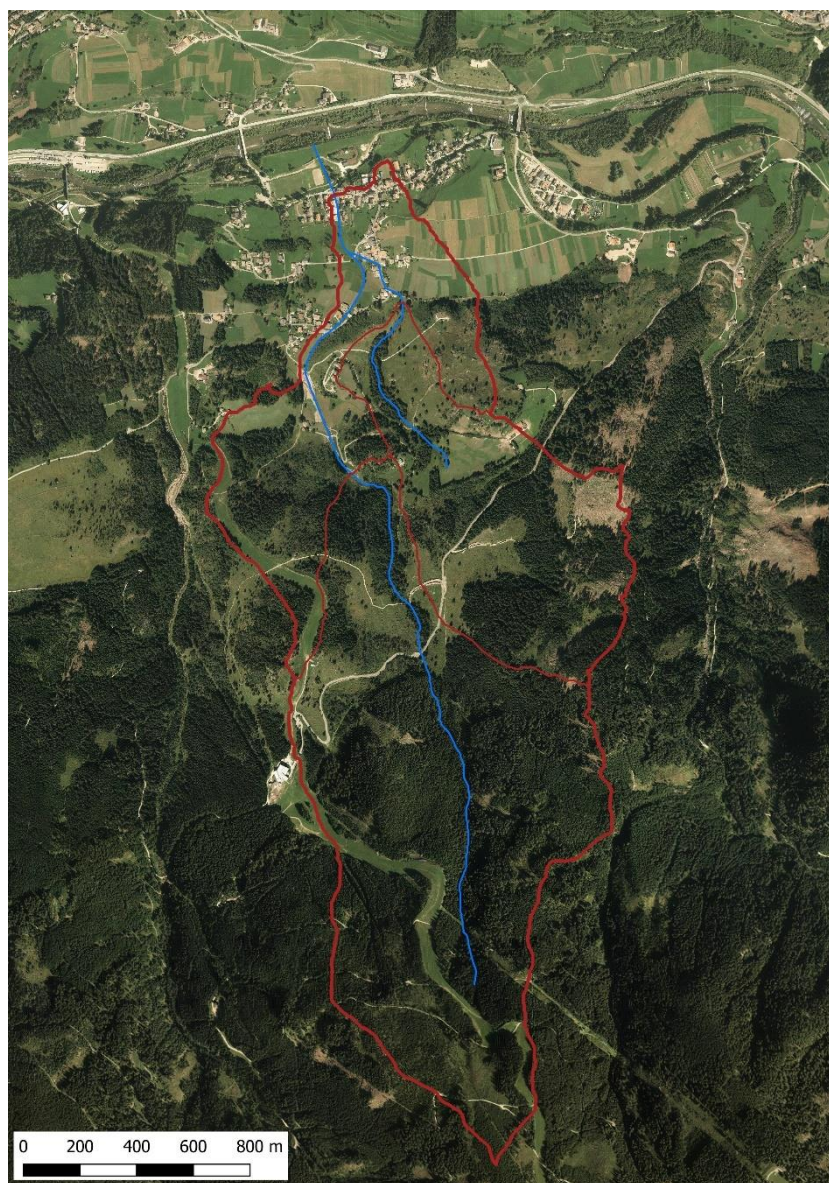


Figura 51: Rio Arizzol – Delimitazione del bacino idrografico e dei due principali sottobacini su ortofoto 2015. In azzurro sono evidenziate le aste principali del corso d'acqua

Il bacino del rio Arizzol si presenta piuttosto allungato ed è composto da due sottobacini: il primo sotteso all'asta principale ed il secondo sotteso all'affluente destro che si immette poco

a monte dell'attraversamento di via Gianarde, dopo un ultimo tratto tombinato e con percorso non ben definito.

La testata del bacino raggiunge la località Cermis ed ha forma a cuspidè nel punto in cui raggiunge la quota massima (1868 m slmm). La massima estensione trasversale del bacino viene raggiunta circa a metà del bacino idrografico, dove lo spartiacque passa per il Dos dei Làresi a ovest e per il Dos de le Laste a est. Il bacino idrografico dell'asta principale chiuso in corrispondenza dell'attraversamento di via Chiesa nell'abitato di Masi di Cavalese presenta una superficie di 2.81 Km² e si estende dalla quota minima di 866 m slmm alla quota massima di 1868 m slmm. Il torrente ha una lunghezza di circa 3.26 Km e scorre in direzione nord-sud fino alla confluenza con il torrente Avisio che si verifica alla quota di 862 m slmm. Il bacino idrografico sotteso all'affluente destro ha una superficie di 0.68 Km² e si estende dalla quota minima di 902 m slmm alla quota massima di 1340 m slmm. In Figura 51 è riportata la delimitazione dei due sottobacini del rio Arizzol che sono stati estratti rispettivamente in coordinate 5127540 m (Nord) 691414 (Est) e 5128141 m (Nord) 691594 (Est). Le figure successive riportano la caratterizzazione geologica e la carta di uso del suolo del bacino del rio Arizzol.

Dal punto di vista geologico (Figura 52) il bacino del corso d'acqua è caratterizzato da depositi sciolti derivanti da processi glaciali e postglaciali. Il bedrock è caratterizzato da formazioni di natura vulcanica (Formazione di Ora e Formazione di Regana). L'affluente destro del rio Arizzol si origina da un'ampia area palustre ed il suo intero corso scorre attraverso depositi detritici e morenici di origine glaciale.

Dalla carta di uso del suolo si osserva che il bacino idrografico del rio Arizzol è principalmente coperto da boschi di conifere. Nella parte alta del bacino ed in alcune aree sparse situate alle quote medie si trovano aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota e zone con arbusteti e mugheti. L'area del conoide e di fondovalle è principalmente coperta da prati stabili. Le aree urbanizzate sono rappresentate sia da tessuto urbano continuo che discontinuo.

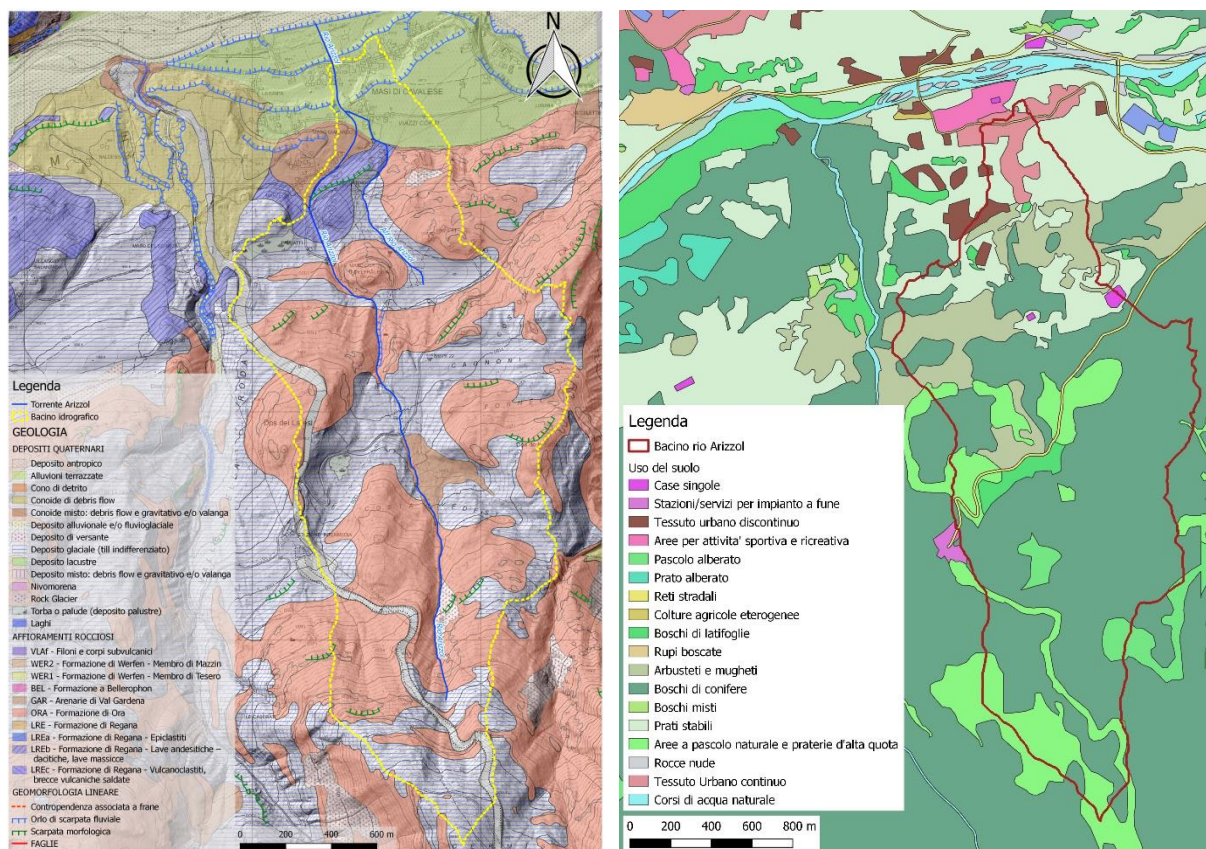


Figura 52: Rio Arizzol – Carta geologica (a sinistra) e carta di uso del suolo (a destra) con evidenziato il bacino idrografico del rio Arizzol.

2.2.2 Analisi geomorfometrica del bacino

L'analisi geomorfometrica del bacino, che è stata effettuata con l'utilizzo di metodologie di analisi GIS, mostra che il bacino ha una forma allungata ed è caratterizzato da una pendenza media dei versanti di 21°. Dalla mappa delle pendenze (Figura 53, a destra) si può osservare che i versanti del bacino idrografico hanno mediamente pendenze comprese tra 20° e 30°. Le zone dove si registrano le maggiori pendenze (40° - 50°) si trovano nella parte alta del bacino idrografico in corrispondenza dei versanti che si affacciano sull'asta principale del rio Arizzol. Dalla carta delle pendenze, così come dalla carta del DTM riportata in Figura 54 non si osservano particolari evidenze di processi erosivi. Dalla carta del DTM si riconosce l'asta principale del corso d'acqua e le morfologie di conoidi detritiche create da eventi passati del corso d'acqua. All'interno del bacino non si riconoscono evidenze morfologiche di settori in erosione.

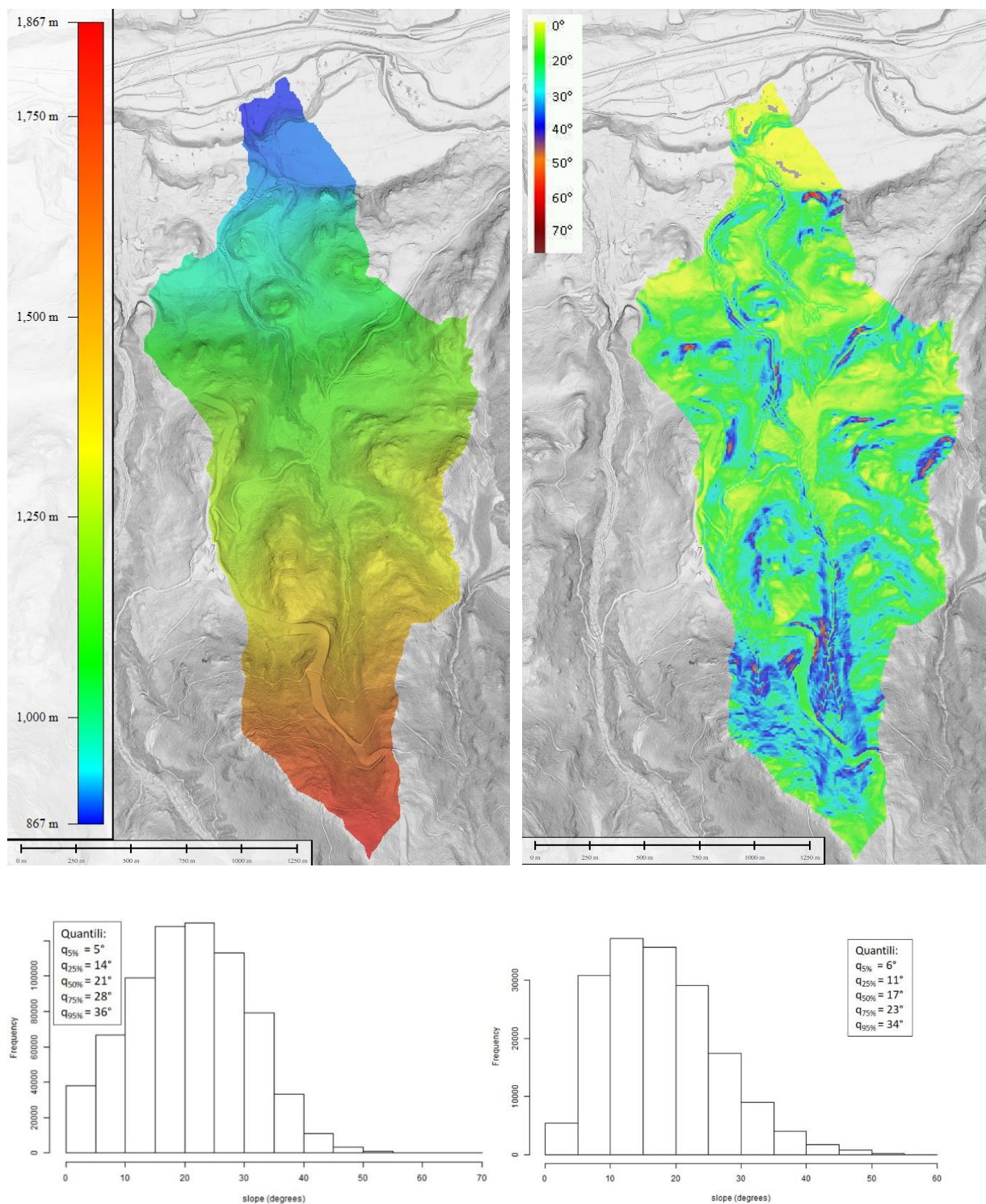


Figura 53: Rio Arizzol – In alto: a sinistra, altimetria del bacino idrografico; a destra, mappa delle pendenze (°). In basso: frequenza dei valori di pendenza del bacino idrografico del rio Arizzol (a sinistra) e del suo affluente destro (a sinistra).

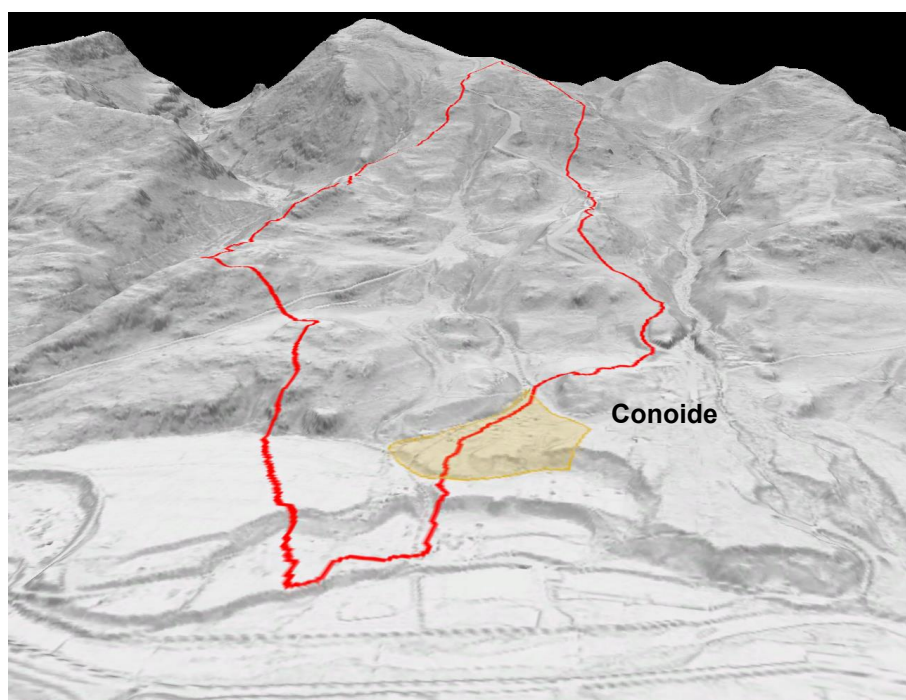
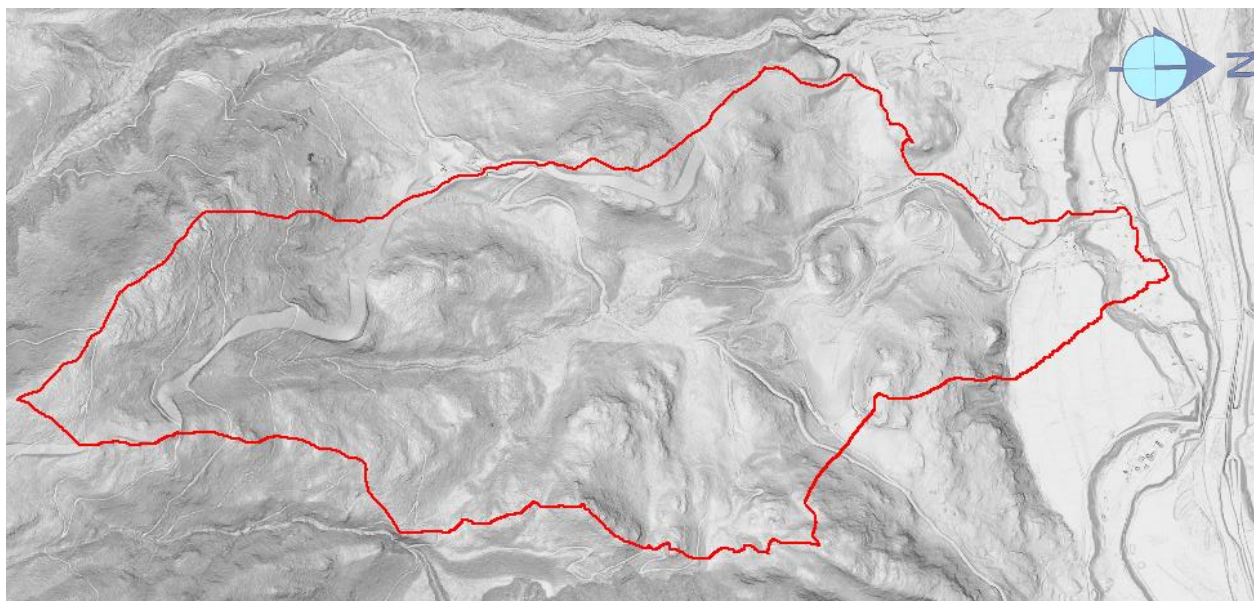


Figura 54: Rio Arizzol – Estratto della carta del DTM con evidenziato il bacino idrografico e l'area del conoide.

Caratteristiche morfometriche	Rio Arizzol			Affluente dx del rio Arizzol		
Area del bacino [km ²]	2.81			0.68		
Perimetro del bacino [km]	11.42			5.19		
Indice di compattezza Cf [-]	1.91			1.76		
Quota (min., media, max.) [m s.l.m.]	866	1232	1868	902	1116	1340
Pendenze (min., media, max.) [°]	0	21	66	0	18	58
Area della conoide (km ²)	0.09			-		
Pendenza media della conoide (°)	7			-		
Indice di Melton	0.60			-		

Tabella 16: Rio Arizzol – Caratteristiche generali del torrente, del bacino di alimentazione principale e di quello dell'affluente destro.

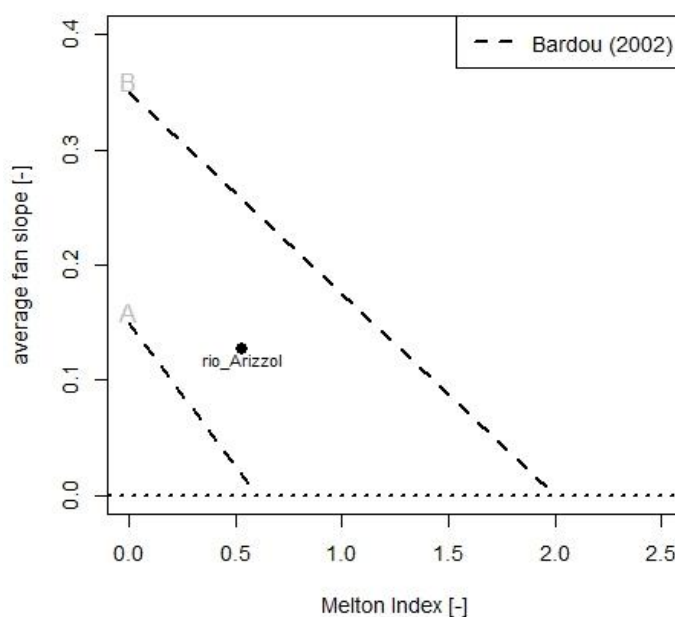


Figura 55: Rio Arizzol – Relazione tra la pendenza media della conoide di deiezione e l'indice di Melton (Melton, 1965). In figura sono anche riportate le linee soglia (proposte da Bardou, 2002) per la classificazione dei processi di propagazione idraulica. La linea soglia A separa i processi di deflusso di acqua chiara o con trasposto di sedimento dai deflussi iperconcentrati, la linea soglia B separa i deflussi iperconcentrati dai processi di colata detritica.

La curva ipsografica riportata in Figura 56 fornisce un'indicazione circa lo stato di maturità del bacino. La forma della curva ipsografica per il bacino del rio Arizzol indica che il bacino si trova in una condizione di paesaggio senescente, definito da una modesta attività erosiva. Il valore del coefficiente di maturità assume il valore di 0.73. Il bacino dell'affluente destro si trova invece in una condizione di paesaggio maturo caratterizzato da una media attività erosiva. Il valore del coefficiente di maturità assume valore di 0.98.

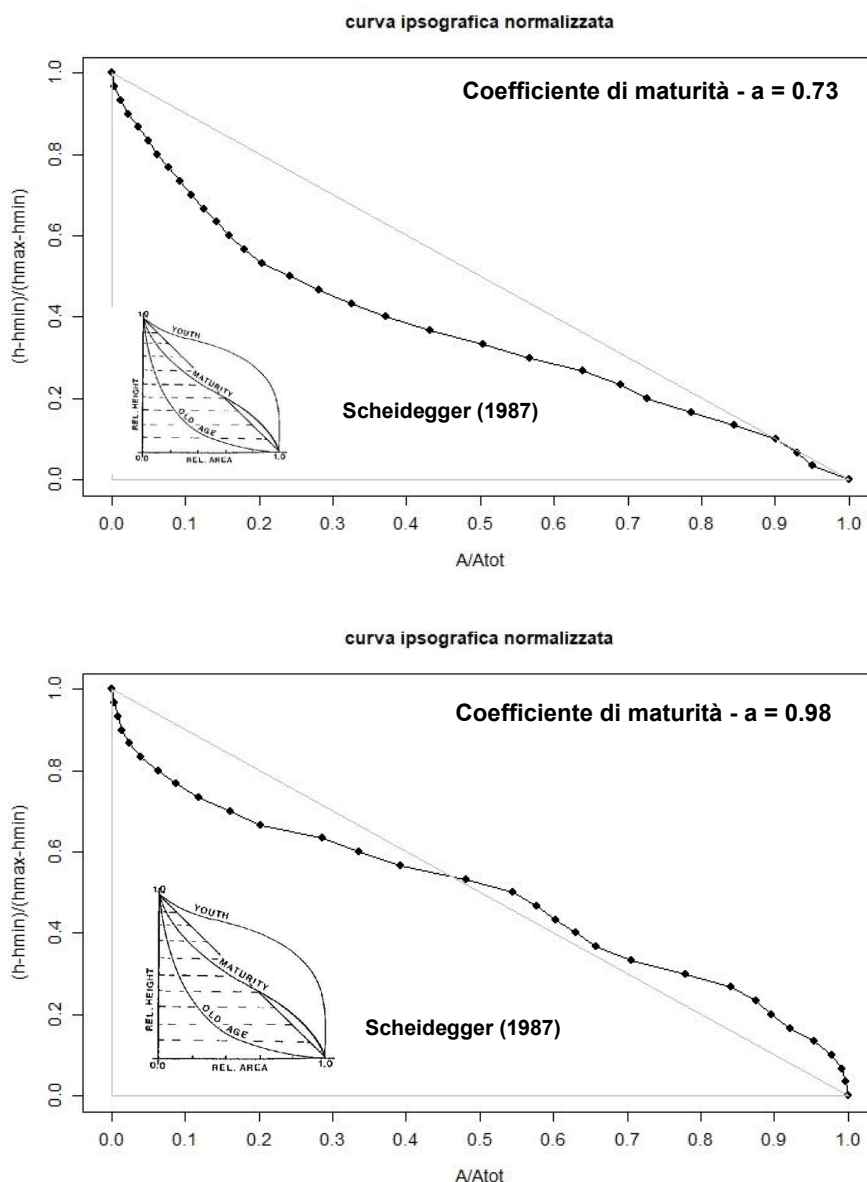


Figura 56: Rio Arizzol – Curva ipsografica del bacino idrografico del bacino principale (in alto) e del sottobacino dell'affluente destro (in basso).

Anche per il rio Arizzol è stata valutata la propensione morfologica delle aste torrentizie all'innescò e propagazione di colate detritiche, che è stata valutata applicando la metodologia proposta da Cavalli e Marchi (2006) descritta al paragrafo 2.1.2. In Figura 57 è riportato il risultato della classificazione del microreticolo idrografico effettuata applicando il metodo di Marchi e Cavalli. Dalla carta si può osservare che condizioni morfologiche che possono favorire l'innescò di colate detritiche si trovano solamente nei tratti sommitali delle aste che drenano i deflussi nell'asta principale del rio Arizzol. Nei tratti più a valle prevalgono invece condizioni di propagazione dei fenomeni di colata detritica, intervallati talvolta da tratti con caratteristiche morfologiche che favoriscono il rallentamento e l'arresto. Lungo il ramo

dell'affluente destro invece non si trovano punti di potenziale innesco di fenomeni di colata detritica.

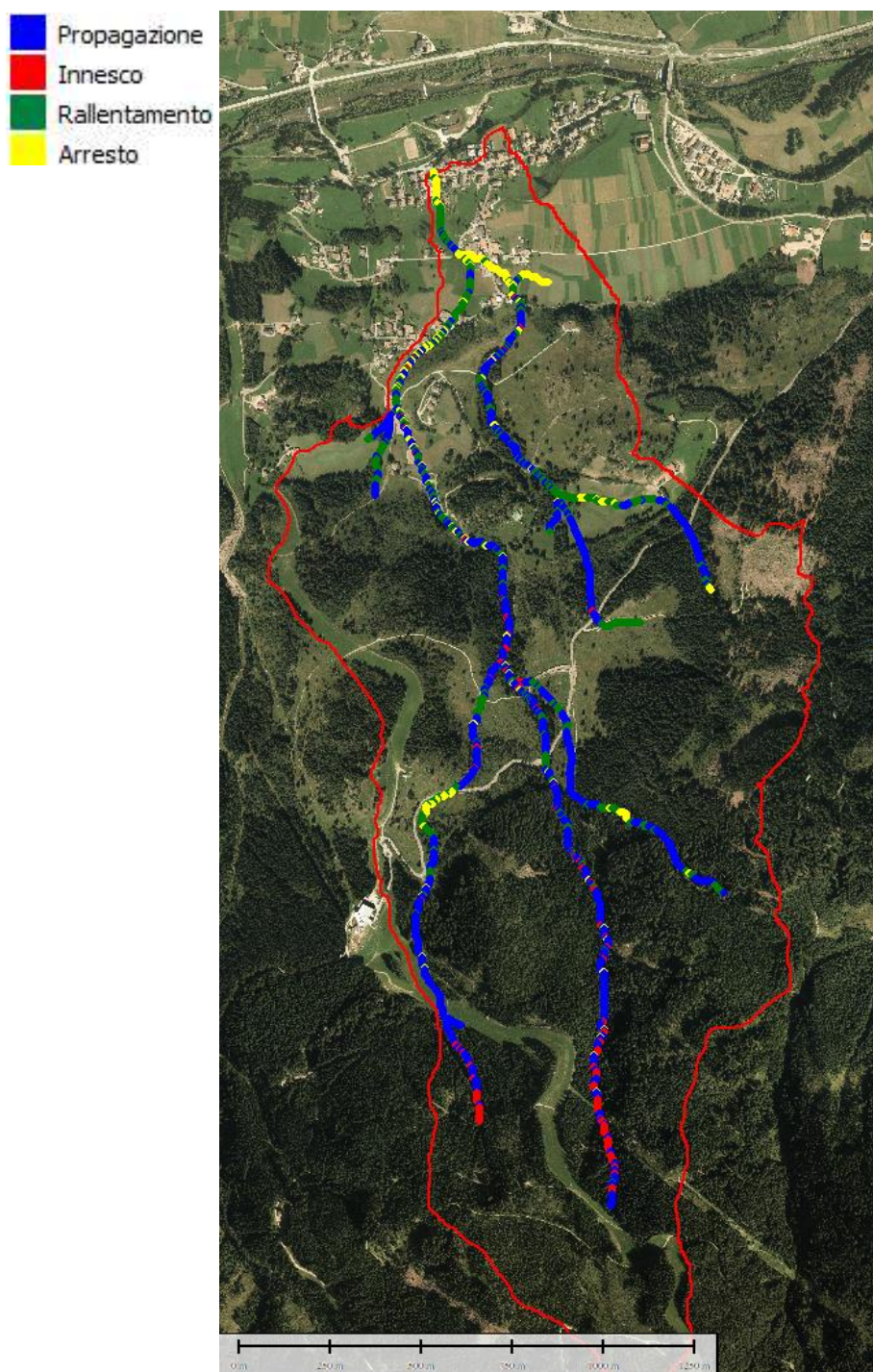
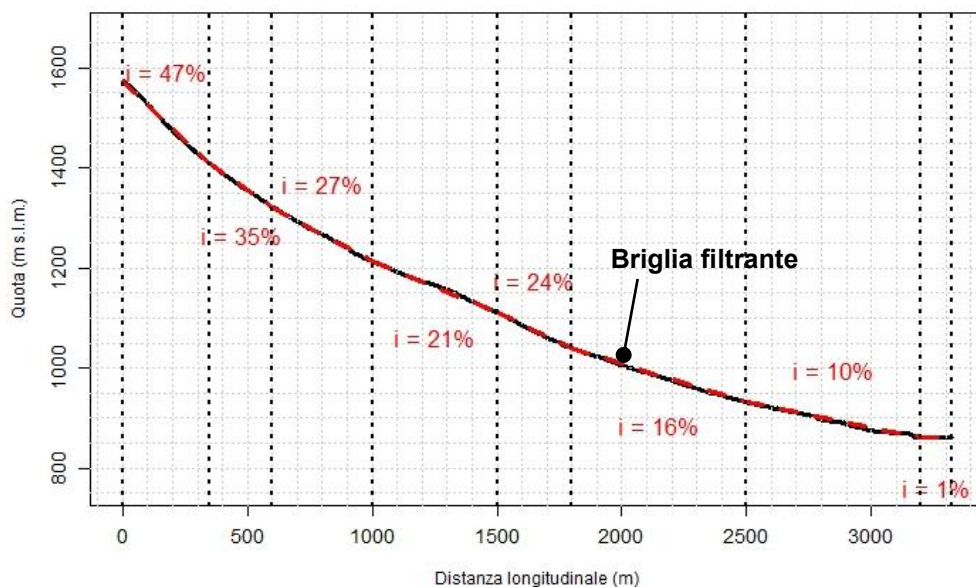


Figura 57: Rio Arizzol – Mappa della classificazione del microreticolo idrografico.

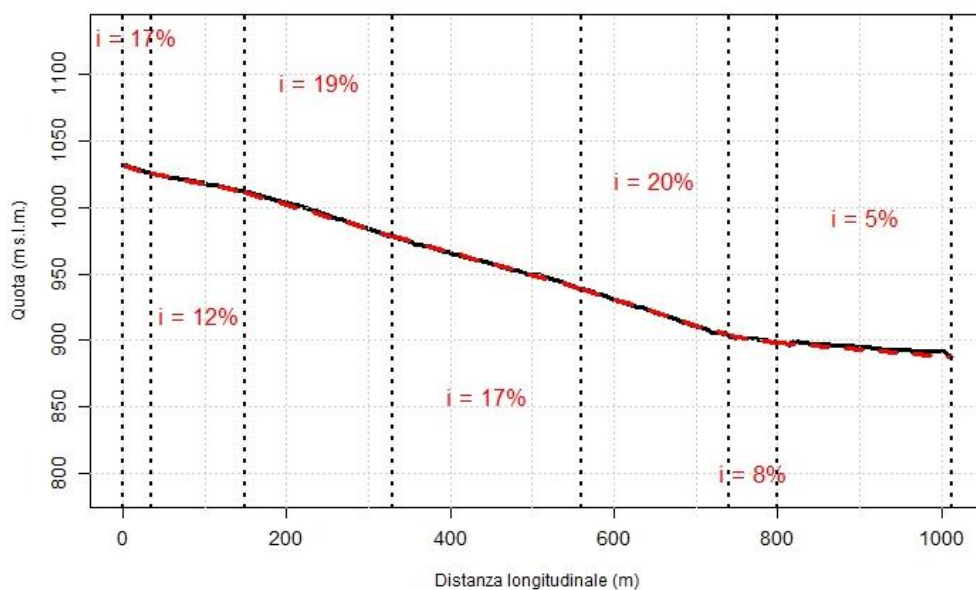
In Figura 58 viene riportato il profilo longitudinale dell'asta principale del rio Arizzol e del suo affluente destro e le loro principali caratteristiche morfometriche. La pendenza media del corso d'acqua si attesta sul 21%. Nella parte alta del bacino le pendenze sono comprese tra 35% e 47%. Scendendo verso valle le pendenze si riducono gradualmente fino ad arrivare a pendenze medie dell'ordine del 20% nel settore centrale del corso d'acqua e pendenze del

10%-15% nella zona del conoide. L'affluente destro del rio Arizzol ha pendenze più ridotte rispetto all'asta principale con un valore medio del 14%.

Rio Arizzol



Affluente destro rio Arizzol



Caratteristiche morfometriche	Rio Arizzol	Affluente destro
Lunghezza dell'asta principale [m]	3323	1013
Dislivello [m]	713	144
Pendenza media [%]	21	14

Figura 58: Rio Arizzol – Profilo longitudinale e caratteristiche morfometriche dell'asta principale del torrente (in alto) e dell'asta dell'affluente destro (in basso).

2.2.3 Analisi delle sistemazioni esistenti

L'asta principale del rio Arizzol è stata sistemata con la realizzazione di una serie di briglie di consolidamento nel tratto compreso tra quota 1025 m s.l.m. e la quota 935 m s.l.m. circa, a monte del tombotto di attraversamento di via Pizzoni. Alla quota 1005 m s.l.m. è stata inoltre realizzata una briglia filtrante per la trattenuta del materiale solido trasportato dalla corrente. Tali interventi sono stati realizzati negli anni 2010 - 2011.

L'alveo del corso d'acqua nel tratto di valle che attraversa il centro abitato di Masi di Cavalese è invece stato sistemato alla fine degli anni '60, in seguito dell'alluvione del 1966, con la realizzazione di un cunettone in cemento armato. Il cunettone inizia poco a monte del tombotto di attraversamento di via Pizzoni, è caratterizzato da sezione trapezia con una serie di salti di fondo. Le grandezze geometriche del cunettone si mantengono costanti per quasi tutto il tracciato e sono: larghezza al fondo di 1.25 m, larghezza in sommità di 1.75 m, altezza della sezione compresa tra 1.30 e 1.80 m.

Lungo il corso d'acqua si trovano diversi attraversamenti principali:

- Ponte della strada che porta a Maso Coa o del Frachela;
- Ponte della strada che attraversa il corso d'acqua a valle del bacino di deposito con pettine per la trattenuta del materiale vegetale;
- Tombotto per l'attraversamento di via Pizzoni;
- Attraversamenti per l'accesso alle abitazioni di via Pizzoni;
- Ponte in cemento armato per l'attraversamento di via Gianarde;
- Tratto tombinato che attraversa via Chiesa.

Nelle figure seguenti sono riportate la localizzazione delle opere di sistemazione idraulica presenti lungo il corso d'acqua ed alcune immagini delle opere stesse.

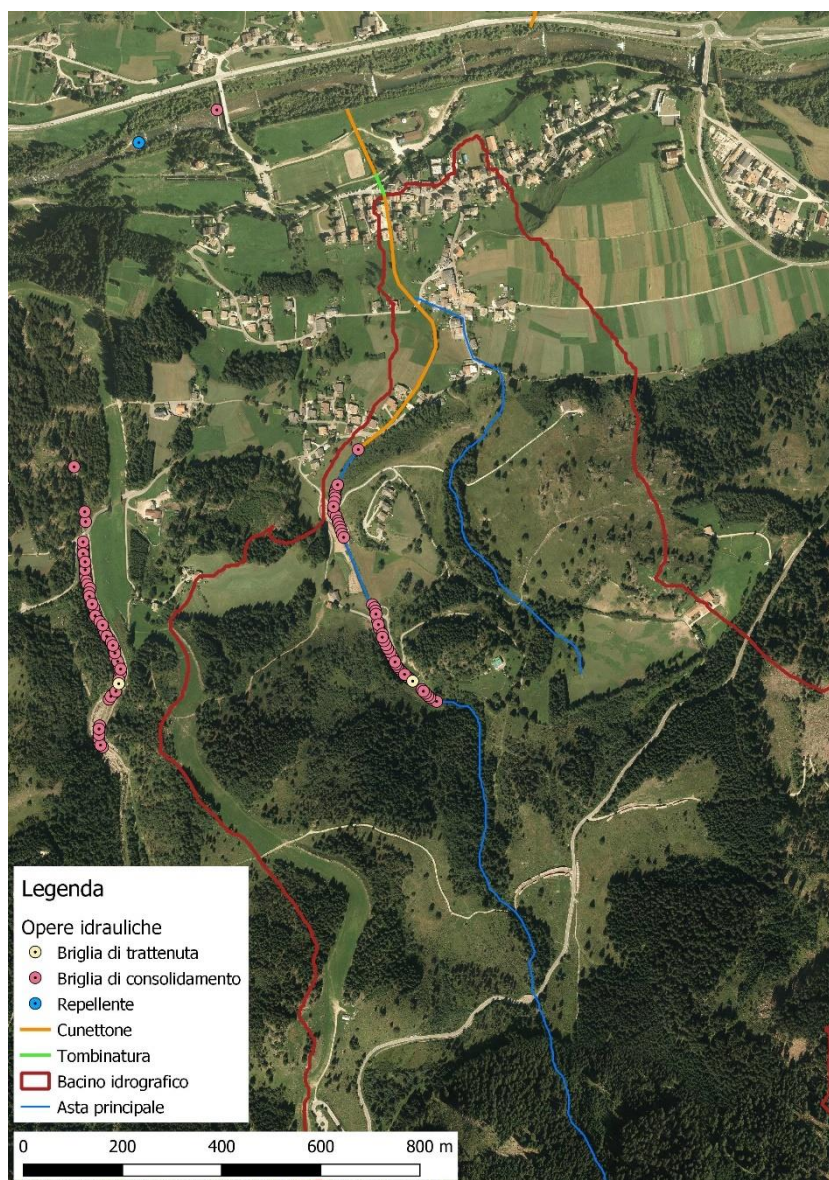


Figura 59: Rio Arizzol – Localizzazione delle opere idrauliche.



Figura 60: Rio Arizzol – a sinistra: briglia filtrante e briglie di consolidamento; a destra briglie di consolidamento presenti a valle della briglia filtrante.



Figura 61: Rio Arizzol – a sinistra: piazza di deposito con pettine; a destra: tratto iniziale del cunettone in cemento armato e tombotto di attraversamento di via Pizzoni.



Figura 62: Rio Arizzol – A sinistra: cunettone e tombotto di attraversamento di via Pizzoni. A destra: cunettone e attraversamento per l'accesso alle abitazioni di via Pizzoni.



Figura 63: Rio Arizzol – A sinistra: cunettone e ponte in cemento armato per l'attraversamento di via Gianarde. A destra: cunettone nel tratto che attraversa il centro abitato di Masi di Cavalese e termina con l'attraversamento di via Chiesa.



Figura 64: Rio Arizzol – A sinistra: cunettone e inizio del tratto tombinato per l'attraversamento di via chiesa. A destra: canaletta prefabbricata che fa defluire le acque del rio Arizzol nell'ultimo tratto prima della confluenza con il torrente Avisio. Il corso d'acqua in questo tratto è pensile.

2.2.4 Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti

Nell'alluvione del novembre del 1966 il rio Arizzol ha creato gravi danni soprattutto nella parte alta, all'apice del conoide, nella quale sono stati effettuati gli interventi più recenti di sistemazione idraulica. Dalle perizie dell'epoca si evince che la parte superiore del conoide è stata interessata da fenomeni di colata detritica che hanno determinati depositi di materiale solido anche dell'ordine di 2 m in corrispondenza delle aree delimitate verso valle da via Pizzoni.

L'ultimo evento di piena è avvenuto nell'ottobre 2018 con la tempesta Vaia. In questo evento il rio Arizzol ha causato l'alluvionamento di tutta la piana situata sul fondovalle. Il fenomeno di esondazione è accaduto in quanto si è verificata l'ostruzione dell'attraversamento di via Chiesa. Questo ha determinato un innalzamento dei tiranti nel tratto di cunettone a monte dell'attraversamento. Il materiale solido depositato poi alla fine del tratto tombinato di attraversamento e le ridotte dimensioni della canaletta dell'ultimo tratto del corso d'acqua hanno poi determinato l'esondazione del corso d'acqua nel tratto terminale. A seguito dell'esondazione si è verificato l'allagamento e l'inghiottimento di tutta la zona sportiva in sinistra idrografica, fino alle vasche di allevamento delle trote, ed in destra idrografica del parco giochi e degli edifici situati nell'area. Le immagini seguenti riferiscono delle dinamiche del corso d'acqua in occasione della piena del 2018.



Figura 65: Rio Arizzol – Immagini che riferiscono dell’evento di piena dell’ottobre 2018 (fonte: Servizio Bacini Montani della Provincia Autonoma di Trento).

2.2.5 Sopralluoghi e rilievi topografici effettuati

In data 23 dicembre 2019 è stato effettuato un sopralluogo congiunto con lo Studio Associato Geologia Applicata per valutare le principali dinamiche geomorfologiche del torrente. Le immagini riportate nella figura successiva riferiscono dello stato di attività del torrente e della disponibilità di materiale solido erodibile o ri-mobilizzabile.

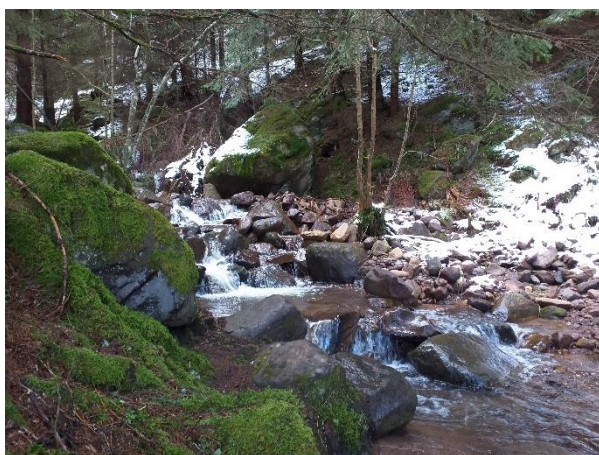


Figura 66: Rio Arizzol – A sinistra: vista del tratto a monte della briglia filtrante alla quota di circa 1100 m s.l.m.. Questo tratto mantiene caratteristiche naturali e vede la presenza di detrito grossolano in alveo e nelle aree adiacenti A destra: vista del tratto a valle della briglia filtrante.



Figura 67: Rio Arizzol – a sinistra: vista del corso d'acqua nel punto di attacco del cunettone in cemento armato; a destra: vista del cunettone nel tratto a monte di via Gianarde.



Figura 68: Rio Arizzol – a sinistra: vista del del cunettone in cemento armato nel tratto che attraversa il centro abitato di Masi di Cavalese, a monte dell'attraversamento di via Chiesa; a destra: vista del tratto terminale della cunetta prefabbricata.



Figura 69: Rio Arizzol – Vista della zona paludosa dalla quale si origina l’affluente destro del rio Arizzol; a destra: tratto dell’affluente destro a monte della vasca di sedimentazione situata in località Viazzi Corti.



Figura 70: Rio Arizzol – A sinistra: vista della vasca di sedimentazione; a destra: lieve incisione che fa defluire le acque dell’affluente destro fino alla tubazione che convoglia le acque nel corso principale a seguito di un percorso non bene definito.

2.2.6 Analisi idrologica

Gli idrogrammi liquidi per il rio Arizzol e per il suo affluente destro sono stati stimati attraverso l'applicazione del modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi Peakflow (Rigon et al., 2011), partendo dalle informazioni contenute nelle carte regionalizzate delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) fornite dalla Provincia Autonoma di Trento. Utilizzando il software AdB Toolbox, come indicato nel documento “Supporto alla Modellazione Idrologica” pubblicato dal Servizio Bacini Montani della PAT, sono stati stimati i parametri a ed n per il bacino di interesse da utilizzare poi nel modello idrologico Peakflow. delle Una breve descrizione del modello Peakflow è riportata al Paragrafo 2.1.6.1. Gli idrogrammi liquidi per il rio Arizzol sono stati valutati ponendo la sezione di chiusura in corrispondenza

della briglia filtrante, mentre per l'affluente la sezione di chiusura è stata posta in corrispondenza della vasca di sedimentazione.

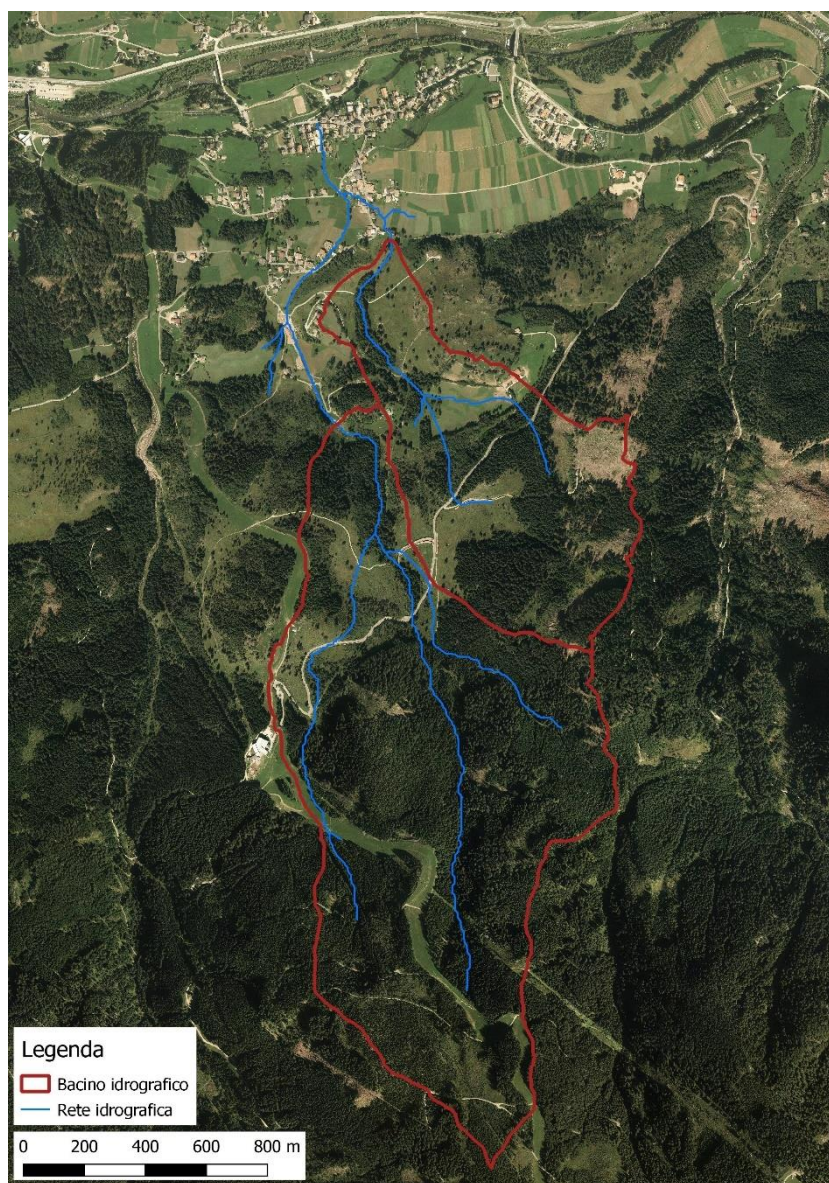


Figura 71: Rio Arizzol – Bacino idrografico e reticolo idrografico estratti per il corso d’acqua principale e per l’affluente destro.

2.2.6.1 Parametri di input e risultati dell’analisi idrologica

In Tabella 17 sono riportati i valori assegnati ai parametri di input utilizzati nelle modellazioni idrologiche effettuate con il modello Peakflow per l’analisi idrologica del rio Arizzol e per il suo affluente destro, mentre in Tabella 18 sono invece riportati i parametri relativi alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno stimati con il software AdB Toolbox.

Parametri Peakflow	Rio Arizzol	Affluente destro rio Arizzol
% di saturazione	30, 35, 40	30, 35, 40
Velocità nel canale v_c [m/s]	2.0	2.0
Coeff. diffusione idrodinamica [m ² /s]	500	500
r_{sat} [-]	10	10
r_{unsat} [-]	100	100

Tabella 17: Rio Arizzol – Parametri di input utilizzati nel modello Peakflow per il corso d’acqua principale e per l’affluente destro.

	Tempo di ritorno T_R (anni)									Durata di pioggia d (h)	
	2	5	10	20	30	50	100	200	300	<1	>1
	$a\tau$									n	
Rio Arizzol	18.20	23.77	27.45	30.98	33.01	35.55	38.98	42.39	44.39	0.366	0.373
Affluente destro	18.14	23.67	27.34	30.86	32.88	35.41	38.82	42.22	44.20	0.366	0.367

Tabella 18: Rio Arizzol – Parametri delle LSPP per i diversi tempi di ritorno per precipitazioni di durata superiore ed inferiore ad 1 ora stimati con il software AdB Toolbox per il corso d’acqua principale e per il suo affluente destro.

In Figura 72 sono riportati gli idrogrammi liquidi calcolati con il modello Peakflow, per il bacino del rio Arizzol ed il suo affluente destro. Gli idrogrammi sono stati calcolati utilizzando valori della percentuale di pre-saturazione del bacino pari al 30% (T_{R30}), 35% (T_{R100}) e 40% (T_{R200}) della complessiva area contribuyente.

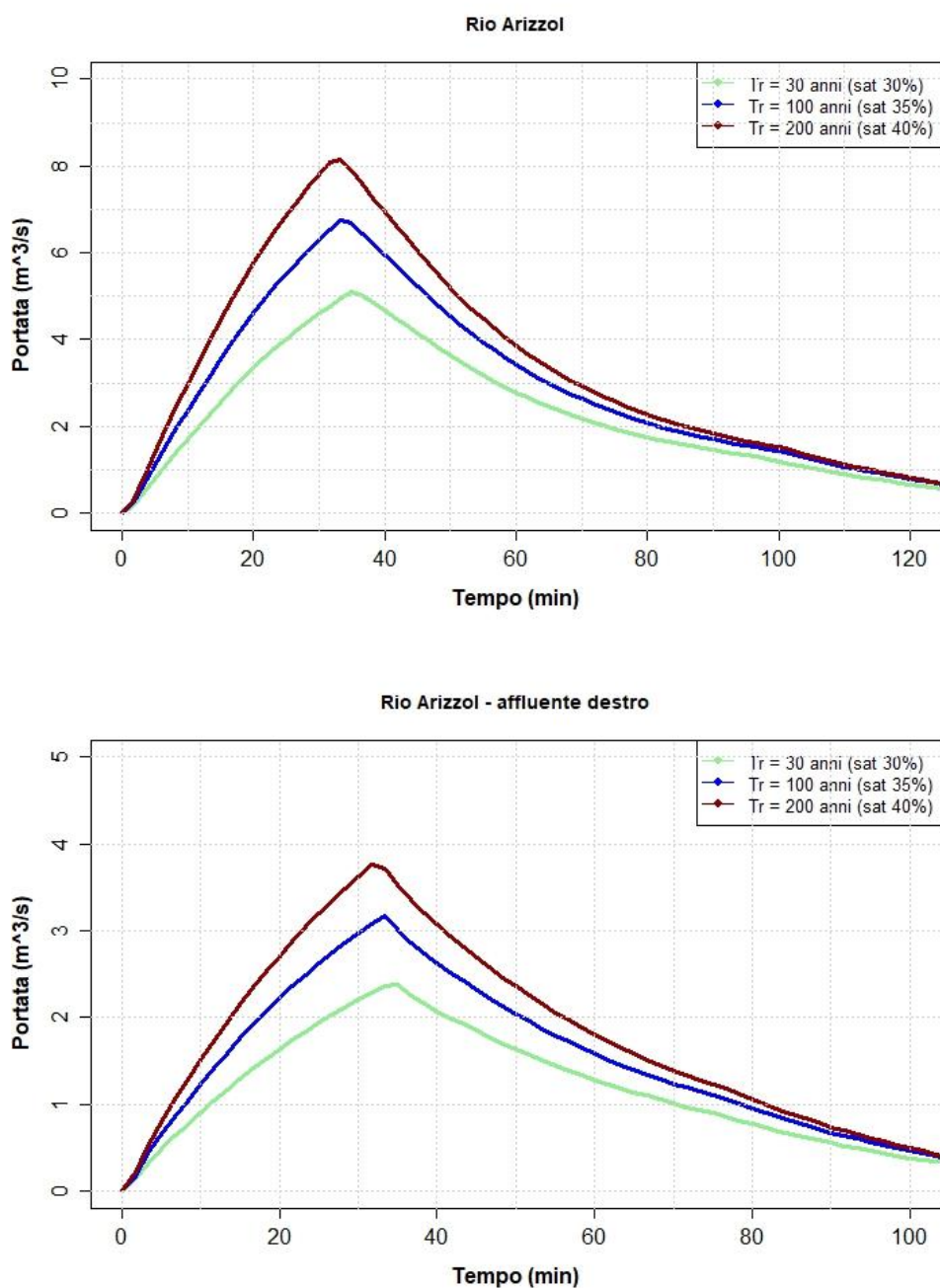


Figura 72: Rio Arizzol – Idrogrammi di portata liquida per i tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni per l'asta principale (in alto) e per l'affluente destro (in basso).

In Tabella 19 ed in Tabella 20 sono sintetizzate le caratteristiche principali degli idrogrammi stimati per l'asta principale e per l'affluente destro del rio Arizzol, con indicazione della portata massima Q_{max} , portata massima specifica Q_{max}/A , volume liquido nell'onda di piena V_{piena} , intensità e durata critica della precipitazione (I_{crit} , d_{crit} - i.e., valori che massimizzano il picco di piena) e rapporto tra il volume della piena ed il volume di pioggia r_V .

Simbolo	Unità	sat = 30%	sat = 35%	sat = 40%
---------	-------	-----------	-----------	-----------

		30	100	200	30	100	200	30	100	200
Q _{max}	m³/s	5.11	6.03	6.56	5.71	6.74	7.33	6.35	7.5	8.16
Q _{max} /A	m³/km²•s	1.82	2.15	2.33	2.03	2.4	2.61	2.26	2.67	2.9
V _{piena}	m³	17294	20420	22208	18717	22100	24035	20086	23716	25792
I _{crit}	mm/h	47	55	60	48	57	62	49	58	63
d _{crit}	h	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53
V _{pioggia}	m³	75423	89053	96851	74307	87736	95418	73277	86519	94095
r _v	-	0.23	0.23	0.23	0.25	0.25	0.25	0.27	0.27	0.27

Tabella 19: Rio Arizzol – Parametri riassuntivi delle simulazioni idrologiche dell’asta principale.

Simbolo	Unità	sat = 30%			sat = 35%			sat = 40%		
		30	100	200	30	100	200	30	100	200
Q _{max}	m³/s	2.38	2.81	3.05	2.68	3.17	3.44	2.93	3.45	3.76
Q _{max} /A	m³/km²•s	3.47	4.1	4.46	3.92	4.62	5.03	4.27	5.04	5.48
V _{piena}	m³	7491	8844	9619	8144	9615	10457	8766	10349	11255
I _{crit}	mm/h	47	56	61	48	57	62	49	58	63
d _{crit}	h	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53
V _{pioggia}	m³	18272	21572	23461	18025	21281	23145	17869	21097	22944
r _v	-	0.41	0.41	0.41	0.45	0.45	0.45	0.49	0.49	0.49

Tabella 20: Rio Arizzol – Parametri riassuntivi delle simulazioni idrologiche dell’affluente destro.

2.2.7 Stima dell’apporto solido e definizione del processo idraulico da simulare

Per quanto riguarda i volumi di sedimento disponibile e mobilizzabile da un evento meteorico intenso all’interno del bacino del rio Arizzol si è fatto riferimento alla stima del sedimento disponibile riportata nel documento *“Consulenza relativa all’applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità – rio Arizzol”* redatta nel gennaio 2011 dal Dott. For. Diego Sonda. In tale documento la quantità di materiale solido disponibile ad essere movimentato è stata valutata applicando il metodo di Hungr alla rete idrografica. Dalla stima effettuata dal Dott. Sonda sono risultati circa 14000 m³ di materiale solido disponibile all’interno del bacino del rio Arizzol (Tabella 21).

Bacino	Descrizione	Codice	Tipo Hungri	Apporto unitario	Lunghezza	Volume segmento	tratto
ARIZZOL	<i>Tratto superiore: dalla testata del bacino fino a quota 1280 (apice conoide mediano)</i>	01-1	A	4.0	23.61	94	8541
		01-2	B	7.0	124.58	872	
		02-1	B	9.0	76.62	690	
		02-2	B	8.0	107.36	859	
		03-1	B	10.0	106.90	1069	
		03-2	C	12.0	413.08	4957	
	<i>Conoide mediano: da quota 1280 (apice conoide) a quota 1130 (strada forestale)</i>	04-1	A	3.0	699.37	2098	2098
	<i>Da quota 1130 (strada forestale) alla briglia filtrante (quota 1010)</i>	05-1	A	4.0	123.50	494	2774
		06-1	A	0.5	124.02	62	
		06-2	A	0.4	109.96	44	
		06-3	A	2.0	123.27	247	
		07-1	A	5.0	283.74	1419	
		07-2	A	3.0	169.48	508	
	<i>Conoide: dalla briglia filtrante all'imbocco del cunettone</i>	08-1	A	0.5	529.23	265	265
	<i>Conoide: dall'imbocco del cunettone alla confluenza con il torrente Avisio</i>	09-1	A	0.0	795.84	0	0
	<i>Affluente destro</i>	10-1	A	0.5	632.13	316	316
		11-1	A	0.0	329.33	0	
	Totale bacino						13993

Tabella 21: Rio Arizzol – Tabella riepilogativa del volume di sedimento ritenuto mobilizzabile applicando il metodo geomorfico di Hungri (fonte: “Consulenza relativa all'applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità – rio Arizzol”, Dott. For. Diego Sonda.

2.2.8 Modellazioni idrauliche

2.2.8.1 Definizione degli scenari

L'analisi idraulica del rio Arizzol è stata effettuata considerando il processo prevalente di **colata detritica** per il tratto di monte che termina in corrispondenza del tombotto per l'attraversamento di via Pizzoni. Le modellazioni di questo tratto sono state condotte mediante modellazioni idrauliche bi-dimensionali a fondo mobile effettuate con il software TRENT2D^{DF}.

Per quanto riguarda la briglia filtrante, i risultati della modellazione sono stati utilizzati per valutare l'effetto di laminazione della briglia filtrante. I sedimentogrammi ottenuti in output dalle modellazioni idrauliche di questo tratto sono stati poi assegnati in input al modello che analizza il tratto compreso tra la briglia filtrante ed il tombotto di attraversamento di via Pizzoni.

Per il tratto a valle, che è stato modellato con il modello a fondo fisso FLO-2D sono stati considerati due diversi scenari:

- Scenario di colata detritica in cui si prevede l'ostruzione del tombotto di attraversamento di via Pizzoni;
- Scenario di trasporto solido ordinario per cui si considera il tombotto di attraversamento di via Pizzoni libero.

Le modellazioni idrauliche dell'affluente destro del rio Arizzol sono state condotte considerando il processo prevalente di alluvionamento torrentizio. Le modellazioni per questo tratto sono state condotte utilizzando il modello idraulico a fondo fisso FLO-2D utilizzato per la modellazione dell'asta principale del rio Arizzol, ma assegnando in input l'idrogramma stimato per l'affluente di destra.

Le modellazioni idrauliche per tutti i tratti e per tutti gli scenari sono state condotte per eventi con tempi di ritorno di $T_R = 30, 100$ e 200 anni.

In Figura 73 è illustrata la schematizzazione dei domini di calcolo utilizzati nelle modellazioni idrauliche, mentre nel paragrafo successivo si riporta una descrizione sintetica dei modelli idraulici utilizzati.

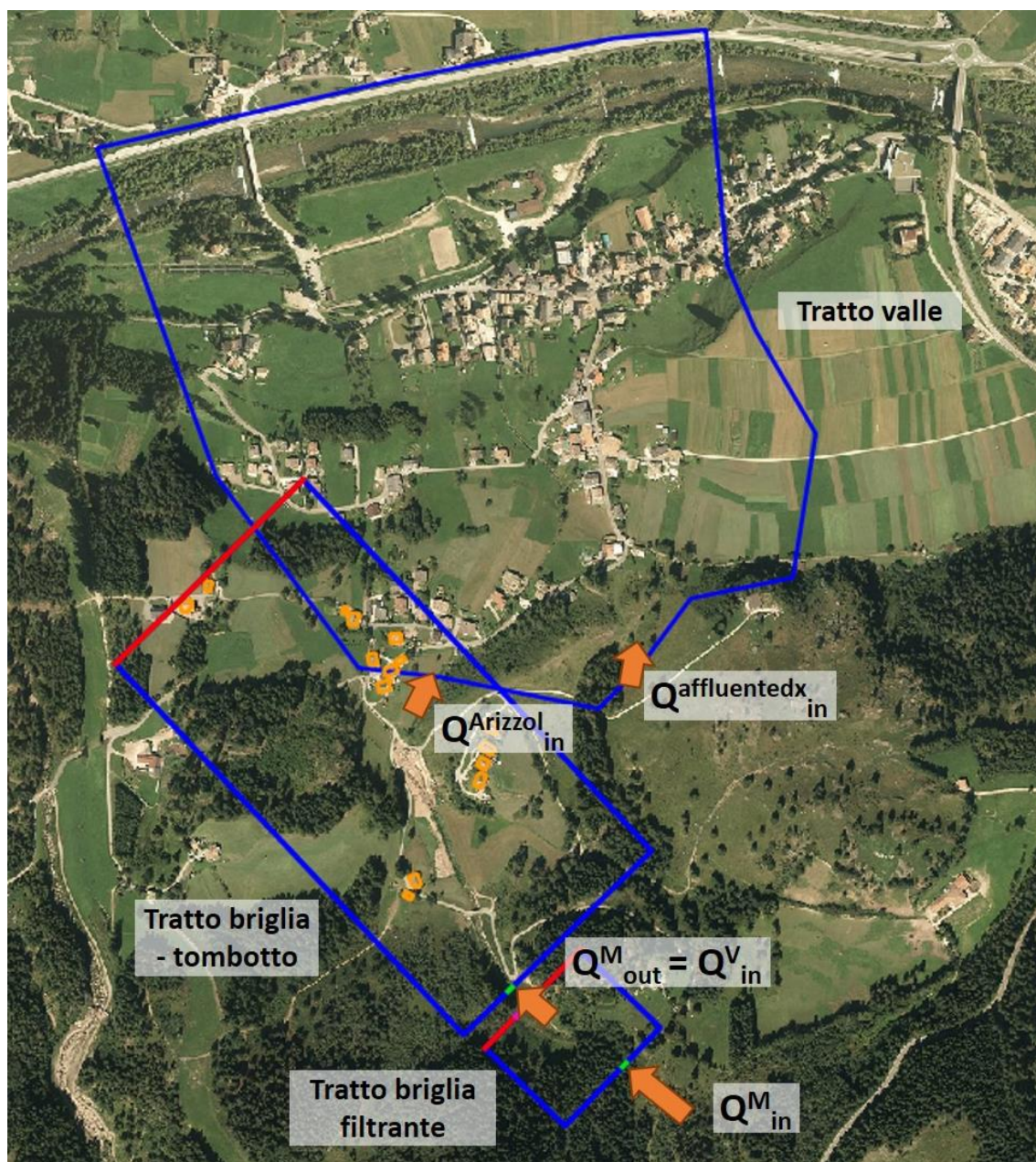


Figura 73: Rio Arizzol – Schematizzazione dei domini computazionali utilizzati nelle modellazioni idrauliche.

2.2.8.2 Tratto briglia filtrante e tratto briglia - tombotto

Dominio di calcolo

Le modellazioni idrauliche di questi due tratti sono state effettuate con il software TRENT2D^{DF} considerando il processo prevalente di **colata detritica**.

Le modellazioni sono state condotte a fondo mobile ed i domini di calcolo utilizzati per le modellazioni idrauliche sono riportati in Figura 74. Il DTM originario a 1.0 m è stato ricampionato a 1.0 m. Il DTM originale è stato inoltre modificato inserendo la briglia filtrante (nel dominio del tratto della briglia filtrante) e la piazza di deposito (nel dominio del tratto briglia - tombotto).

to) realizzate dal Servizio Bacini Montani. In Figura 75 è riportato il confronto tra il DTM originale ed il DTM modificato. Le aperture della briglia filtrante sono state chiuse per metà della loro altezza per poter simulare una possibile ostruzione della parte bassa della briglia dovuta al deposito di materiale vegetale e/o massi di grosse dimensioni che il modello altrimenti non sarebbe in grado di rappresentare. L'attraversamento della strada comunale situato a valle della briglia filtrante è stato considerato aperto nella modellazione.

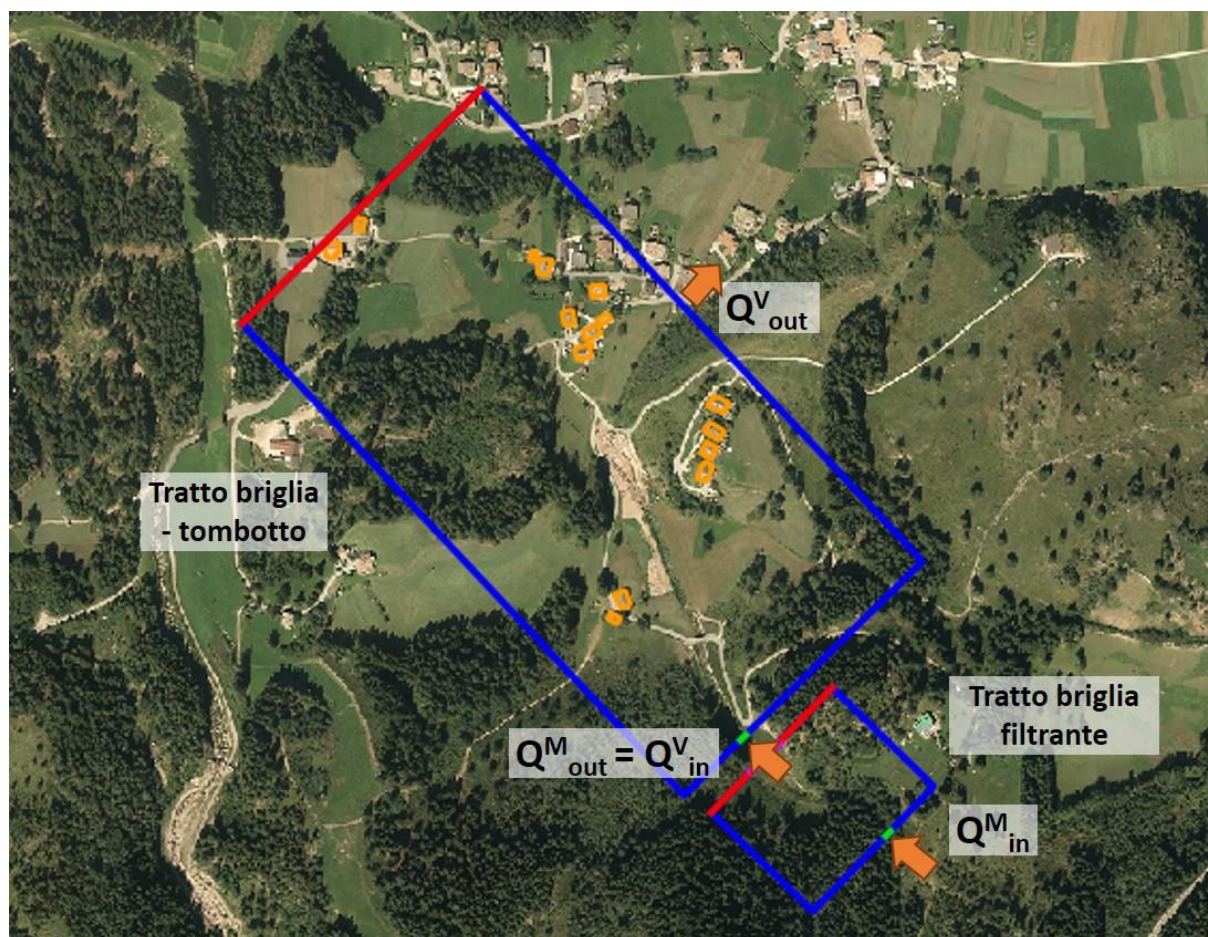


Figura 74: Rio Arizzol – Domini di calcolo utilizzati per le simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} – tratto briglia filtrante e tratto briglia-tombotto.

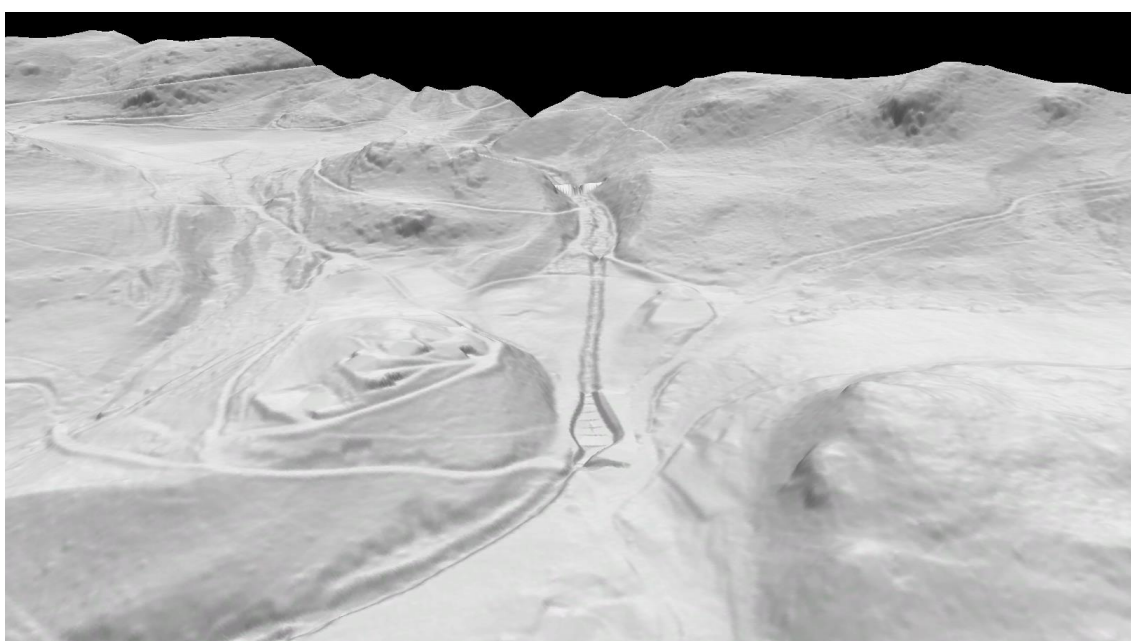
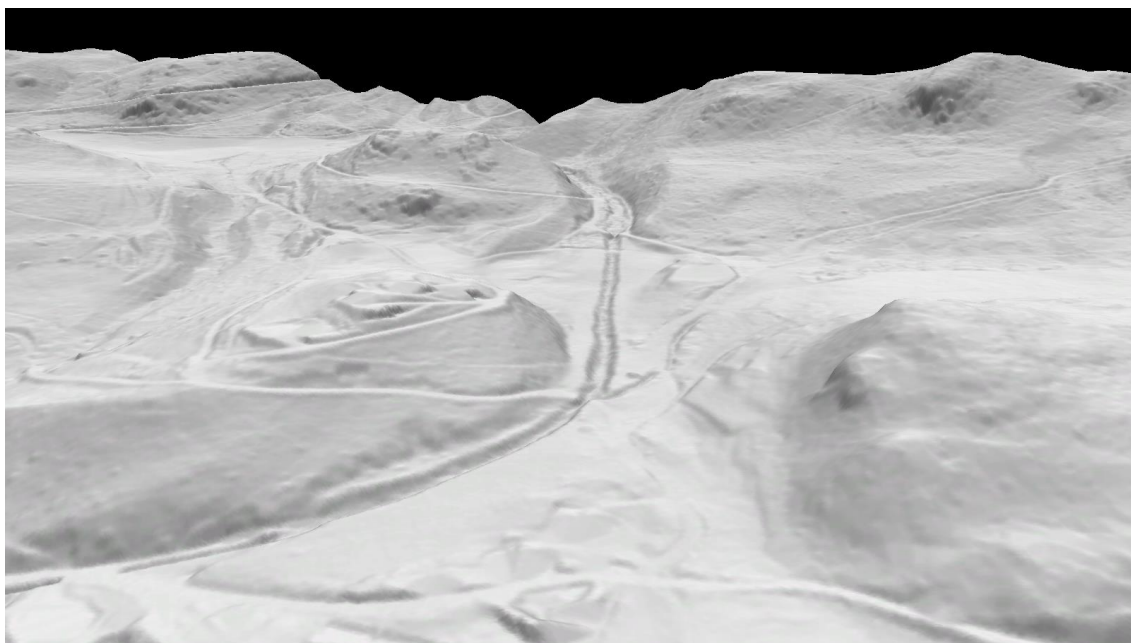


Figura 75: Rio Arizzol – Confronto tra il modello digitale del terreno (DTM) originale (in alto) e modificato (in basso) con l'inserimento della briglia filtrante e la piazza di deposito.

Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche

Le assunzioni considerate nella stima delle condizioni di monte e delle condizioni di valle sono le stesse descritte nella sezione *Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche* del paragrafo 2.1.8.3 e sono rispettivamente la condizione di moto uniforme nella sezione di ingresso e la condizione di libero deflusso nella sezione di valle.

Gli idrogrammi di portata di mistura da assegnare come condizione di monte per le modellazioni idrauliche del tratto briglia filtrante sono stati valutati applicando un fattore di amplificazione F_b agli idrogrammi di portata liquida calcolati alla sezione di chiusura del bacino. Tali

idrogrammi di portata liquida, riportati in Figura 72 sono stati stimati considerando i valori di pre-saturazione del bacino pari a 30% (T_{R30}), 35% (T_{R100}) e 40% (T_{R200}). In questo modo si è scelto di collegare il tempo di ritorno dell'evento analizzato con il tempo di ritorno dell'evento di pioggia (su basi statistiche – LSPP) e con il grado di saturazione del bacino. Si suppone, in sostanza, che l'incremento del tempo di ritorno dell'onda di piena dipenda anche da un maggiore grado di saturazione del bacino idrografico.

Il fattore di amplificazione F_b è stato invece valutato facendo riferimento alle condizioni di equilibrio che si instaurano al passaggio degli idrogrammi di piena lungo il tratto del rio Arizzol in cui si trova la sezione di ingresso del dominio di calcolo e caratterizzato da una pendenza media di 0.18. Dal sedimentogramma così stimato sono stati quindi calcolati i volumi di sedimenti che il corso d'acqua potrebbe trasportare in condizioni di equilibrio e sono stati confrontati con i volumi di materiale solido disponibile. In Figura 76 sono riportati i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni. In Tabella 22 sono riportati i dati di sintesi degli idrogrammi della mistura: c è la concentrazione della mistura, V_s è il volume del materiale solido al netto della porosità, V_{sed} è il volume del materiale solido considerando le porosità e V_M è il volume della mistura mentre la Tabella 23 riporta i parametri di input utilizzati nelle simulazioni numeriche.

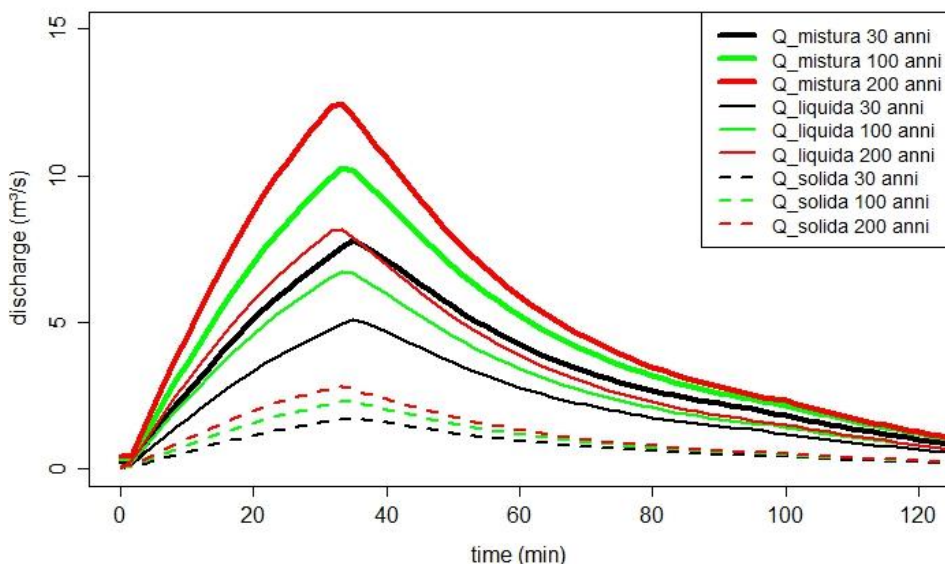


Figura 76: Rio Arizzol – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto briglia filtrante.

	Condizioni di equilibrio (if 0.18)				Q_{max} (liquida) (m ³ /s)	Q_{max} (mistura) (m ³ /s)
	c (-) $c = V_s/V_M$	F_b [-] $F_b = 1/(1 - c/c_b)$	V_{sed} (m ³)	V_s (m ³)		
T _R 30	0.22	1.53	9300	6000	5.1	7.8
T _R 100	0.22	1.53	11900	7700	6.7	10.3
T _R 200	0.22	1.53	13800	9000	8.2	12.4

Tabella 22: Rio Arizzol – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto briglia filtrante.

Parametro di input	Valore	Descrizione
C_b	0.65	Concentrazione di massimo impaccamento
i_F	0.18	Pendenza nella sezione di ingresso
Δ	1.65	Densità relativa dei sedimenti
φ_d	34°	Angolo di attrito dinamico del materiale solido
β	0.189 (TR30, TR100, TR200)	Parametro di trasporto
Υ	20	Parametro di sommergenza

Tabella 23: Rio Arizzol – Parametri di input utilizzati nelle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto briglia filtrante.

I sedimentogrammi risultanti in output dalla modellazione idraulica del tratto briglia filtrante sono stati assegnati in ingresso nelle modellazioni idrauliche del tratto successivo (tratto briglia – tombotto). I dati di sintesi degli idrogrammi della mistura utilizzati sono riportati in Tabella 25, mentre la Figura 77 riporta i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni.

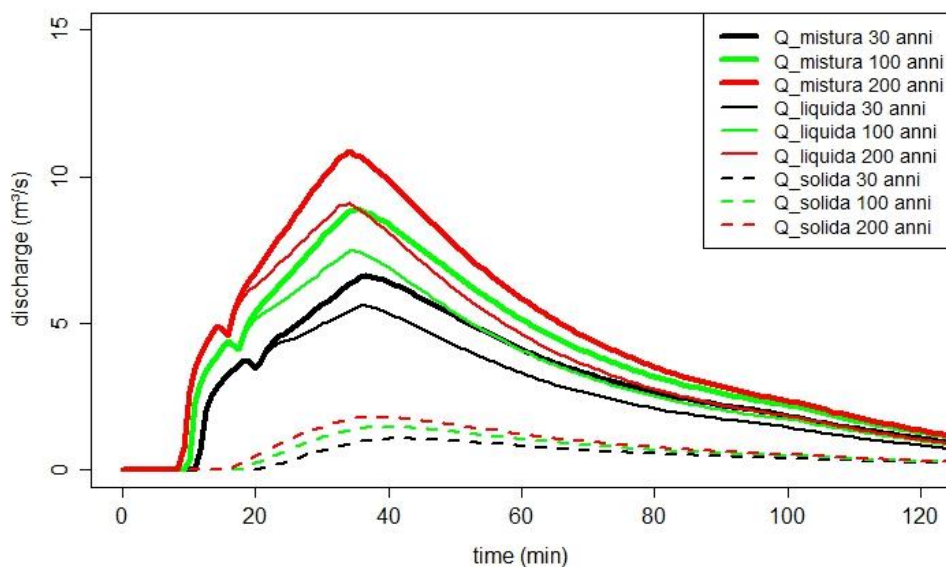


Figura 77: Rio Arizzol – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto briglia-tombotto.

Parametro di input	Valore	Descrizione
C_b	0.65	Concentrazione di massimo impaccamento
i_F	0.15	Pendenza nella sezione di ingresso
Δ	1.65	Densità relativa dei sedimenti
φ_d	34°	Angolo di attrito dinamico del materiale solido
β	0.104 (TR30) 0.118 (TR100) 0.127 (TR200)	Parametro di trasporto
Y	20	Parametro di sommergenza

Tabella 24: Rio Arizzol – Parametri di input utilizzati nelle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto briglia-tombotto.

	$c \text{ (-)}$ $c = V_s/V_M$	$F_b \text{ [-]}$ $F_b = 1/(1 - c/c_b)$	$V_{sed} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_s \text{ (m}^3\text{)}$	$Q_{max} \text{ (liquida)}$ $\text{(m}^3\text{/s)}$	$Q_{max} \text{ (mistura)}$ $\text{(m}^3\text{/s)}$
T _R 30	0.17	-	5800	3800	5.1	6.6
T _R 100	0.18	-	7800	5100	6.7	8.9
T _R 200	0.19	-	9400	6100	8.2	10.9

Tabella 25: Rio Arizzol – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per il tratto briglia-tombotto.

Risultati delle simulazioni idrauliche

In Figura 79, Figura 80 ed in Figura 81 sono riportate le mappe dei tiranti massimi, delle velocità massime e dei depositi massimi risultanti dalle modellazioni idrauliche effettuate per i tre tempi di ritorno considerati per l'analisi del trattio briglia filtrante e del tratto briglia filtrante – tombotto. In Figura 78 ed in Tabella 26 è invece riportato il confronto degli andamenti degli idrogrammi di mistura e di materiale solido ed i loro principali parametri all'ingresso e all'uscita della piazza di deposito. Dai risultati si può osservare che per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni l'altezza dei depositi di materiale solido raggiunge un valore massimo di circa 5 m. Il bacino di deposito, per questo evento, trattiene circa 9000 m³ di terreno e riduce di 1 m³/s il valore di picco dell'idrogramma solido dell'evento. Si può inoltre osservare che il tratto analizzato è verificato in tutti e tre i tempi di ritorno considerati (30, 100 e 200 anni) nel caso di evento di colata detritica. L'alveo e la piazza di deposito riescono pertanto a contenere l'intero fronte degli eventi di colata detritica considerati.

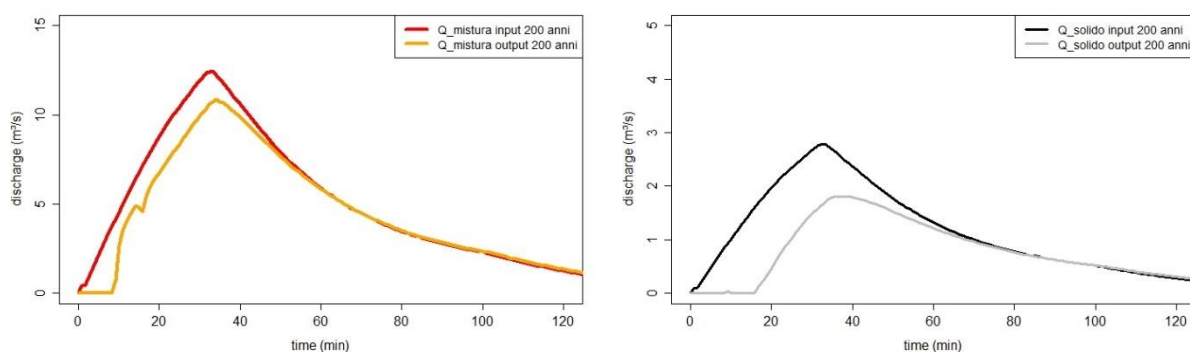


Figura 78: Rio Arizzol – Idrogrammi della mistura (a sinistra) e del materiale solido (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni, in ingresso ed in uscita dalla piazza di deposito.

Parametro	Input	Output
Portata di picco della mistura (m^3/s)	12.4	10.9
Tempo di picco della mistura (s)	2000	2050
Portata di picco del solido (m^3/s)	2.8	1.8
Tempo di picco del solido (s)	2000	2250
Volume mistura (m^3)	40050	35600
Volume solido – V_s (m^3)	9000	6150
Volume terreno eroso – V_{sed} (m^3)	25	
Volume terreno depositato – V_{sed} (m^3)	4350	

Tabella 26: Rio Arizzol – Confronto tra i parametri di input ed i parametri di output della modellazione del tratto della piazza di deposito per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

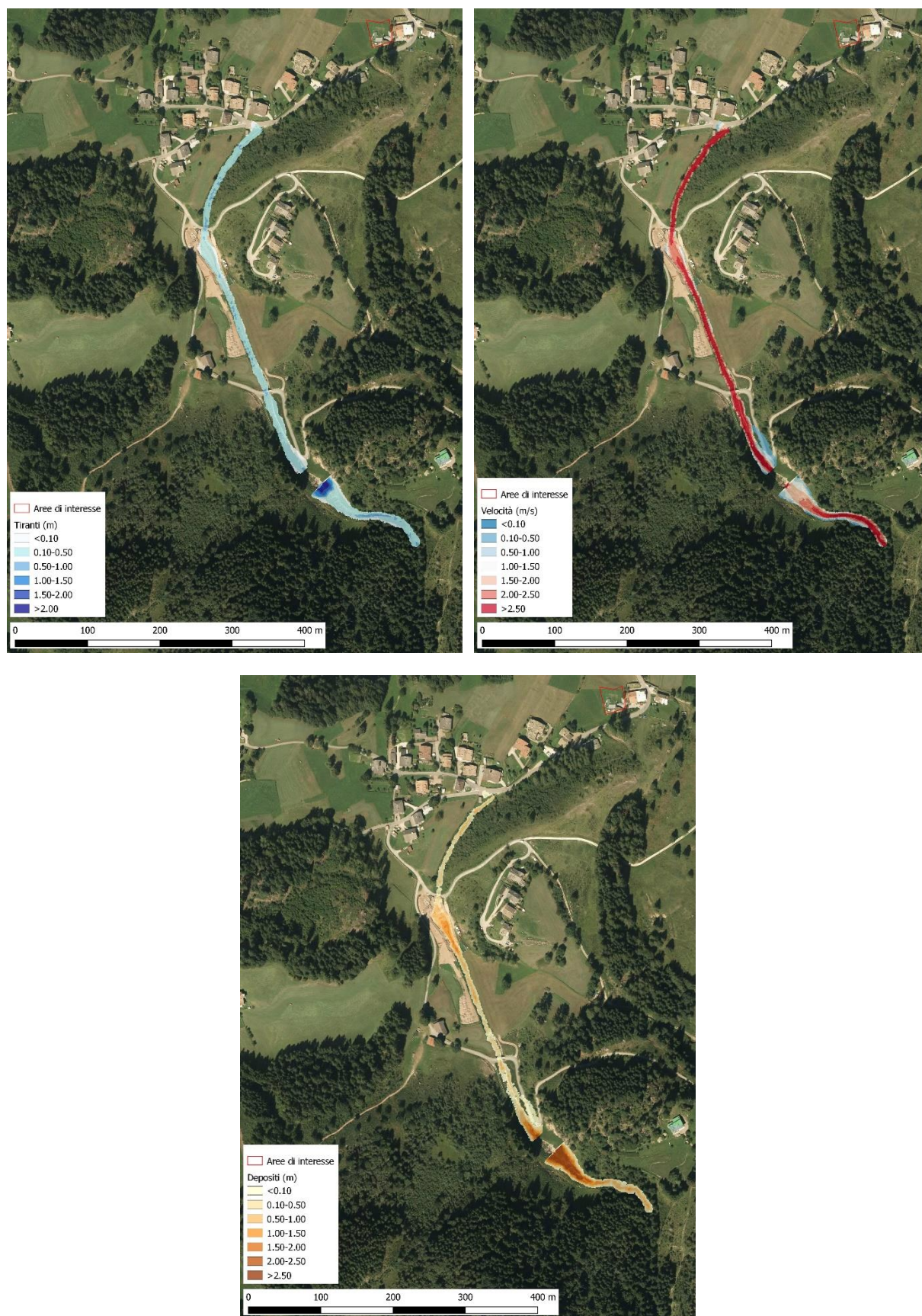


Figura 79: Rio Arizzol – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l’evento con tempo di ritorno di 30 anni – tratto briglia filtrante e tratto briglia-tombotto.

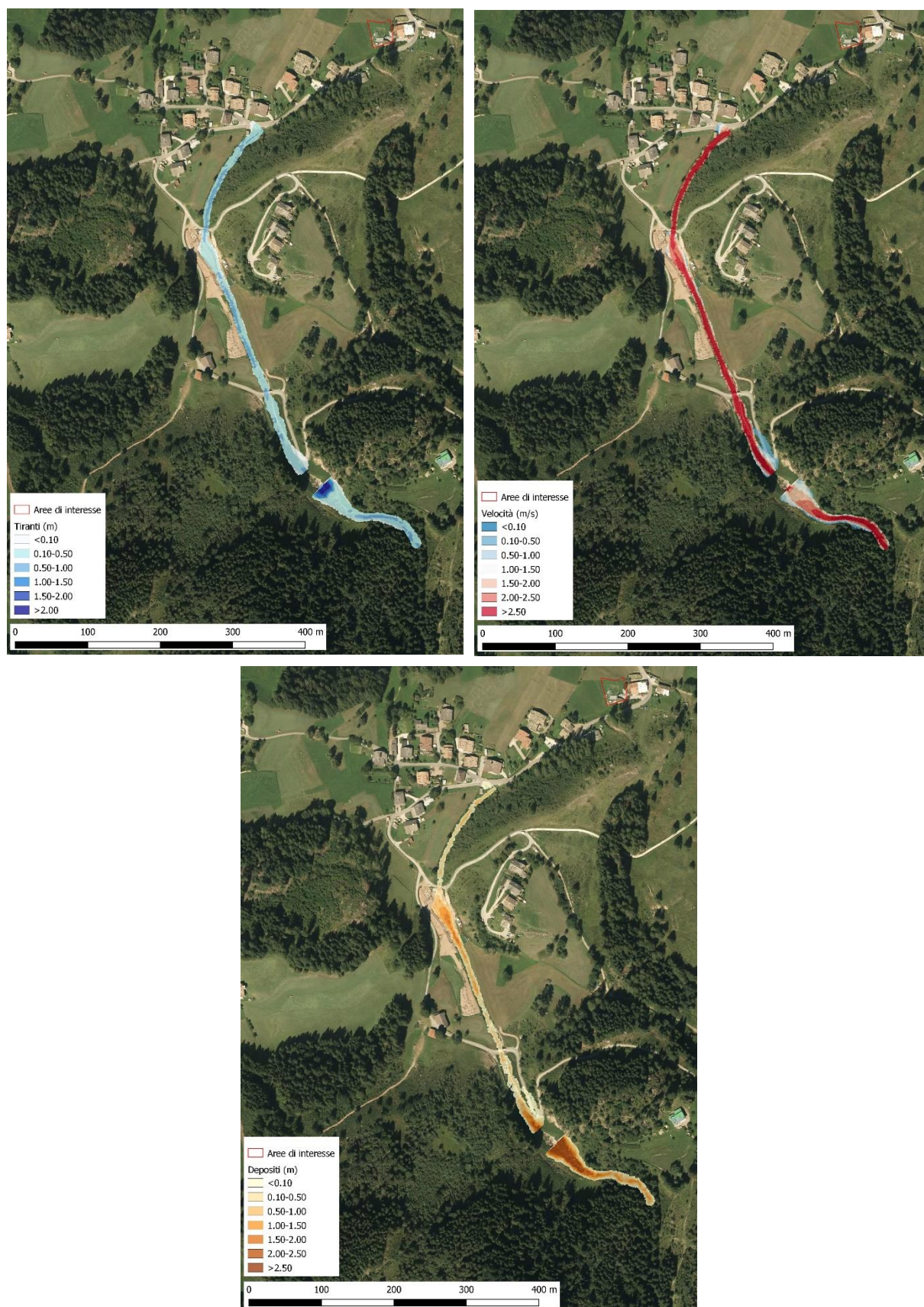


Figura 80: Rio Arizzol – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni – tratto briglia filtrante e tratto briglia-tombotto.

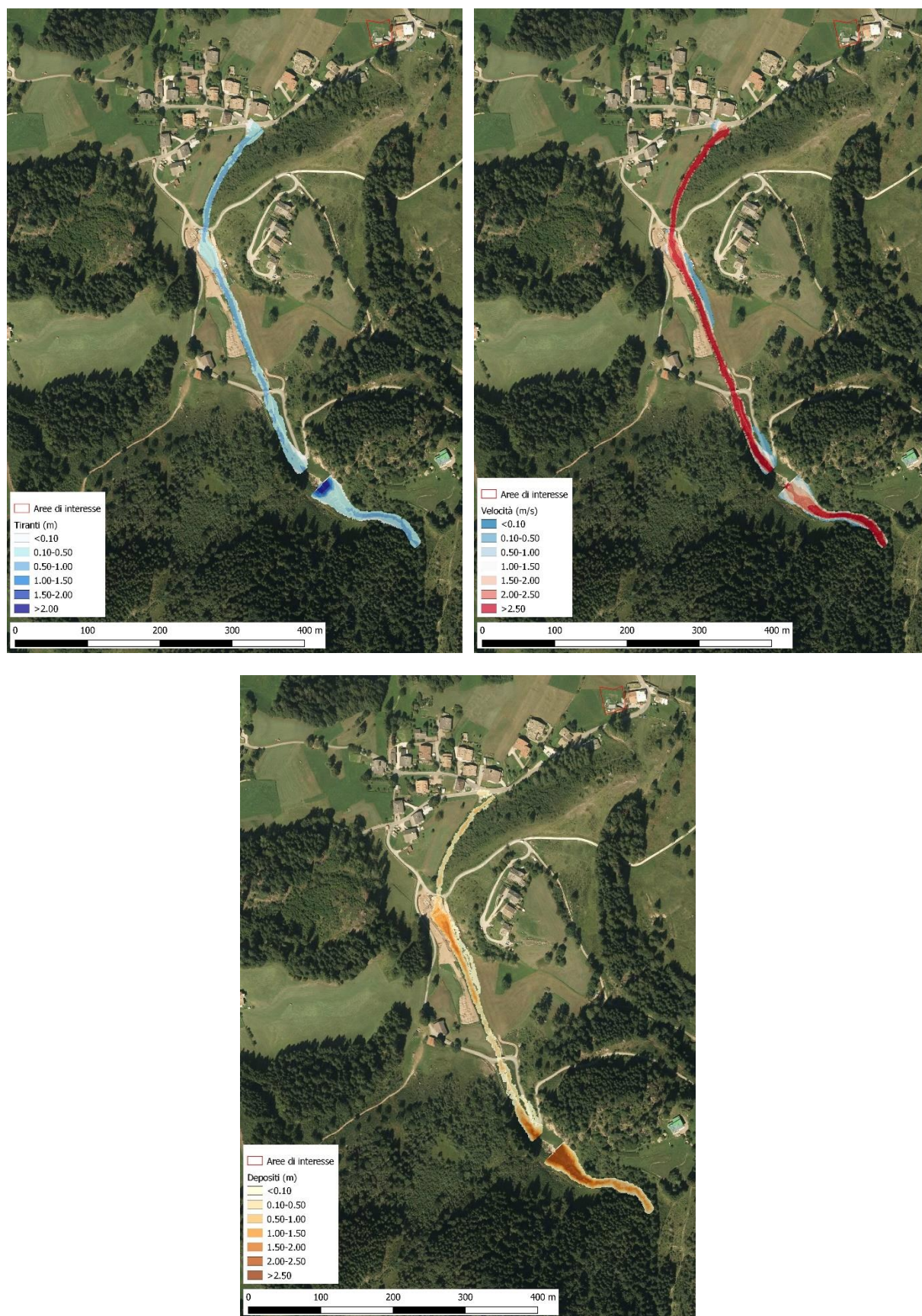


Figura 81: Rio Arizzol – Tiranti massimi (in alto a sinistra), velocità massime (in alto a destra) e depositi massimi (in basso) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni – tratto briglia filtrante e tratto briglia-tombotto.

2.2.8.3 Tratto di valle

Le modellazioni idrauliche del tratto di valle, compreso tra il tombotto di attraversamento di via Pizzoni e la confluenza con il torrente Avisio, sono state effettuate con il software a fondo fisso FLO2D considerando due diversi scenari:

- Scenario di **colata detritica** in cui il tombotto di attraversamento di via Pizzoni viene considerato ostruito;
- Scenario di **trasporto solido ordinario** in cui il tombotto di attraversamento di via Pizzoni viene considerato ostruito.

Dominio di calcolo

Il dominio di calcolo utilizzato per le modellazioni idrauliche é riportato in Figura 82. La matrice del calcolo per la modellazione effettuata con il software FLO2D è stata creata assegnando una dimensione delle celle pari a 2 m, in modo da avere un buon compromesso tra una sufficiente risoluzione del modello ed i tempi computazionali. I valori dei coefficienti di scabrezza sono stati assegnati in funzione della tipologia di uso del suolo: bosco ($k_{st} = 4 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), arbusteti e mugheti ($k_{st} = 8 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), prati stabili ($k_{st} = 12.5 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), rocce nude ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), insediamenti abitativi e reti stradali ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$), corsi d'acqua ($k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$). In Figura 82 in basso, è riportata la mappa dei valori di scabrezza (espressi in termini di coefficiente di Manning ($n = 1/k_{st}$) utilizzata come dato di input per le modellazioni idrauliche.

Nel modello di calcolo la geometria del cunettone è stata inserita come canale assegnando le caratteristiche geometriche e le scabrezze dei diversi tratti. Le caratteristiche dei principali attraversamenti sono state inserite nel modello come opere idrauliche alle quali sono state imposte le relative scale di deflusso. Il tombotto di attraversamento di via Pizzoni è stato considerato ostruito nella modellazione dello scenario di colata detritica.

Al cunettone è stata assegnata scabrezza pari a $k_{st} = 40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ nel tratto compreso tra il tombotto di attraversamento di via Pizzoni e l'attraversamento di via Chiesa, e scabrezza di $k_{st} = 60 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ nell'ultimo tratto della canaletta compreso tra l'attraversamento di via Chiesa e la confluenza con il torrente Avisio.

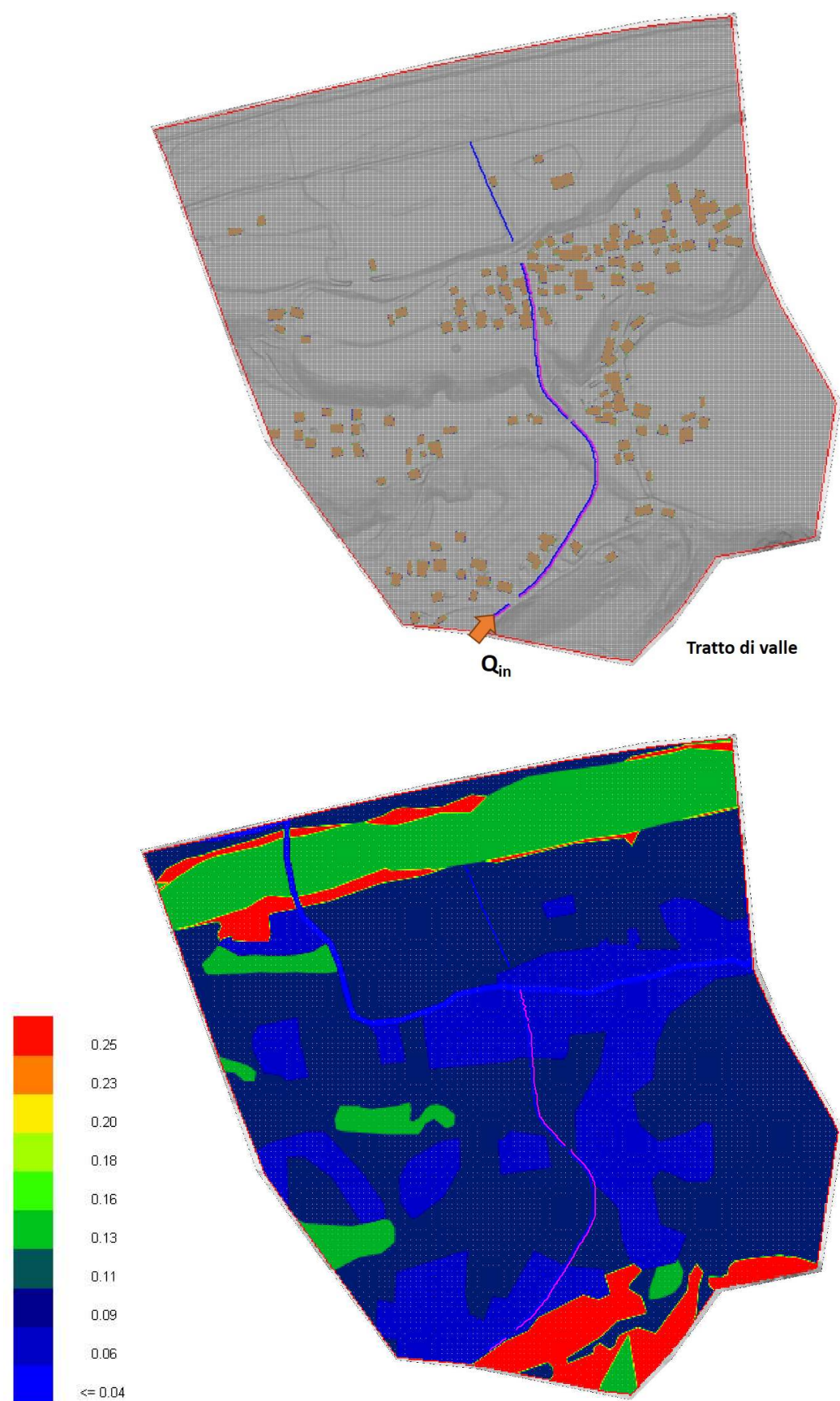


Figura 82: Rio Arizzol – Dominio di calcolo (in alto) e mappa delle scabrezze (in basso) utilizzati per le simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO2D – tratto di valle. Valori delle scabrezze espressi in termini di coefficiente di Manning n ($s/m^{1/3}$).

Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche

Le assunzioni considerate nella stima delle condizioni di monte e delle condizioni di valle sono le stesse descritte nella sezione *Condizioni al contorno e parametri di input per le modellazioni idrauliche* del paragrafo 2.1.8.3 e sono rispettivamente la condizione di moto uniforme nella sezione di ingresso e la condizione di libero deflusso nella sezione di valle.

Per quanto riguarda i sedimentogrammi assegnati in ingresso nelle modellazioni idrauliche:

- nello scenario **colata detritica** sono stati utilizzati i sedimentogrammi risultanti in output dalle modellazioni idrauliche del tratto briglia filtrante - tombotto. I dati di sintesi degli idrogrammi della mistura utilizzati in questo scenario sono riportati in Tabella 27, mentre la Figura 83 riporta i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni.
- nello scenario **trasporto solido ordinario** sono stati utilizzati i sedimentogrammi calcolati applicando le formule di trasporto solido ordinario agli idrogrammi liquidi stimati con l'analisi idrologica. In questo scenario si assume infatti che tutta la portata transita attraverso la briglia filtrante. I dati di sintesi degli idrogrammi della mistura utilizzati in questo scenario sono riportati in Tabella 28, mentre la Figura 84 riporta i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni.

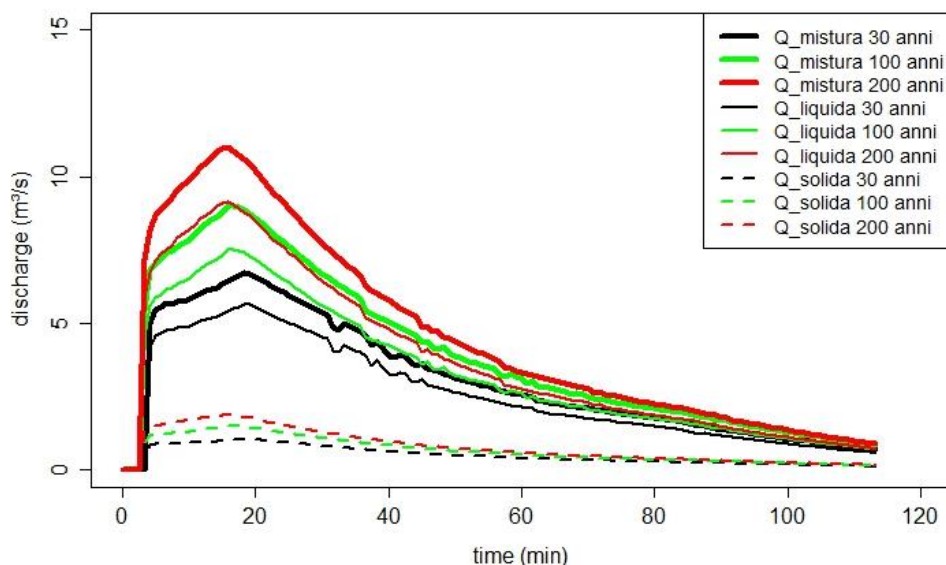


Figura 83: Rio Arizzol – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle nello scenario di colata detritica.

	V_{sed} (m^3)	$V_s(m^3)$	Q_{max} (liquida) (m^3/s)	Q_{max} (mistura) (m^3/s)
T _R 30	5150	3350	5.1	6.7
T _R 100	6846	4450	6.7	9.0
T _R 200	8150	5300	8.2	11.0

Tabella 27: Rio Arizzol – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle nello scenario di colata detritica.

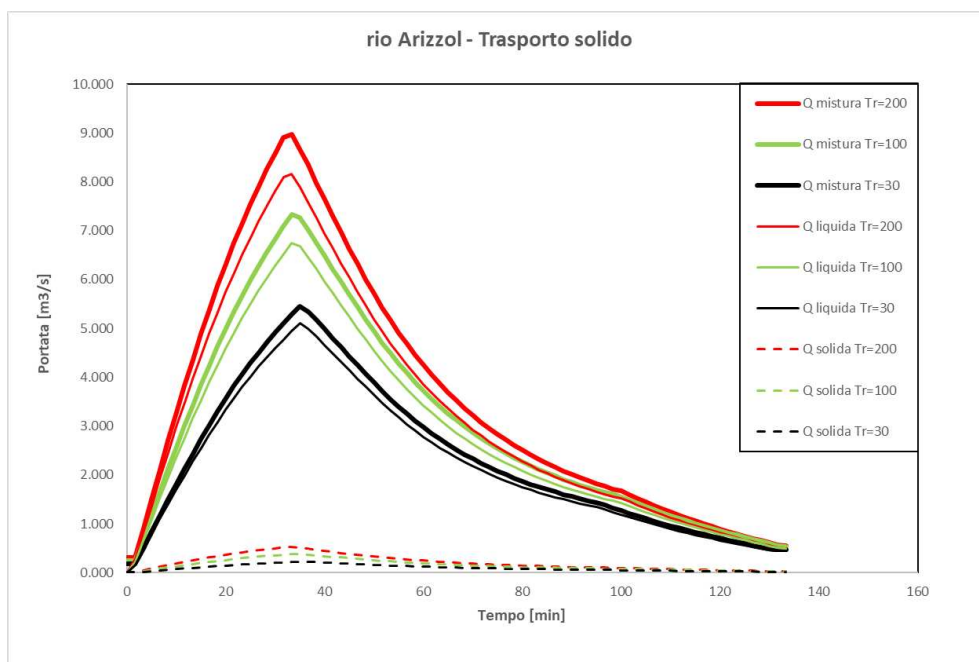


Figura 84: Rio Arizzol – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle nello scenario di trasporto solido ordinario.

	c (-) $c = V_s/V_M$	F_b [-] $F_b = 1/(1 - c/c_b)$	V_{sed} (m^3)	$V_s(m^3)$	Q_{max} (liquida) (m^3/s)	Q_{max} (mistura) (m^3/s)
T _R 30	0.04	1.07	1200	800	5.1	5.5
T _R 100	0.05	1.09	2000	1300	6.7	7.3
T _R 200	0.06	1.10	2600	1700	8.2	9.0

Tabella 28: Rio Arizzol – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche del tratto di valle nello scenario di trasporto solido ordinario.

Risultati delle simulazioni idrauliche – scenario colata detritica

In Figura 85, Figura 86 ed in Figura 87 sono riportate le mappe dei tiranti massimi e delle velocità massime risultanti dalla modellazione idraulica del tratto di valle del rio Arizzol effettuate con il modello FLO-2D nei tre tempi di ritorno considerati per lo scenario di colata detritica. Dai risultati si può osservare che in tutti e tre i tempi di ritorno considerati l'ostruzione del tombotto determina la divagazione dei deflussi sia indestra che in sinistra idrografica nella parte alta dell'abitato di Masi di Cavalese. Nella parte bassa si verifica l'esondazione del corso d'acqua nel tratto subito a monte delle abitazioni di via Chiesa, amonte del punto in cui si verifica l'innalzamento dei muri di sponda. Tutta l'area di fondovalle risulta infine allagata in tutti e tre i tempi di ritorno considerati in quanto la canaletta nella quale scorre il rio Arizzol nel tratto compreso tra l'attraversamento di via Chiesa e la confluenza con il torrente Avisio non è sufficiente a far defluire tutta la portata e si trova in posizione pensile.

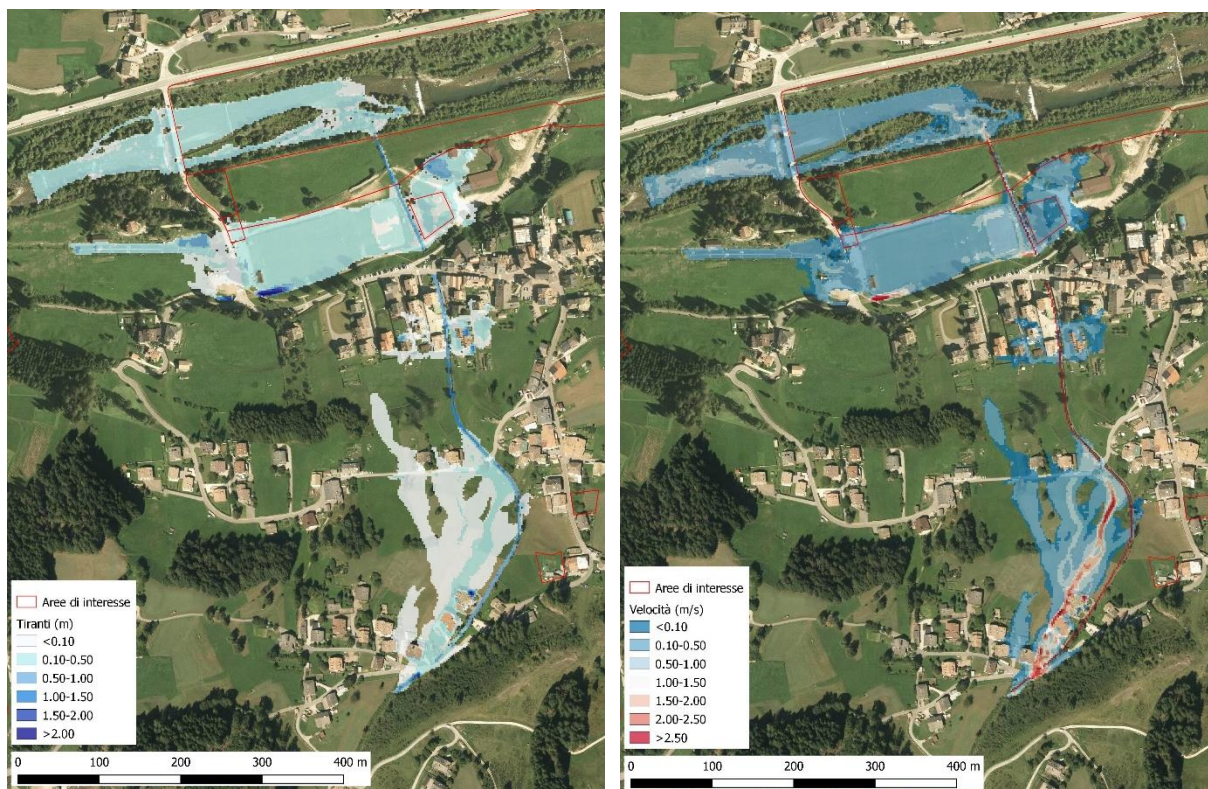


Figura 85: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni – scenario colata detritica.

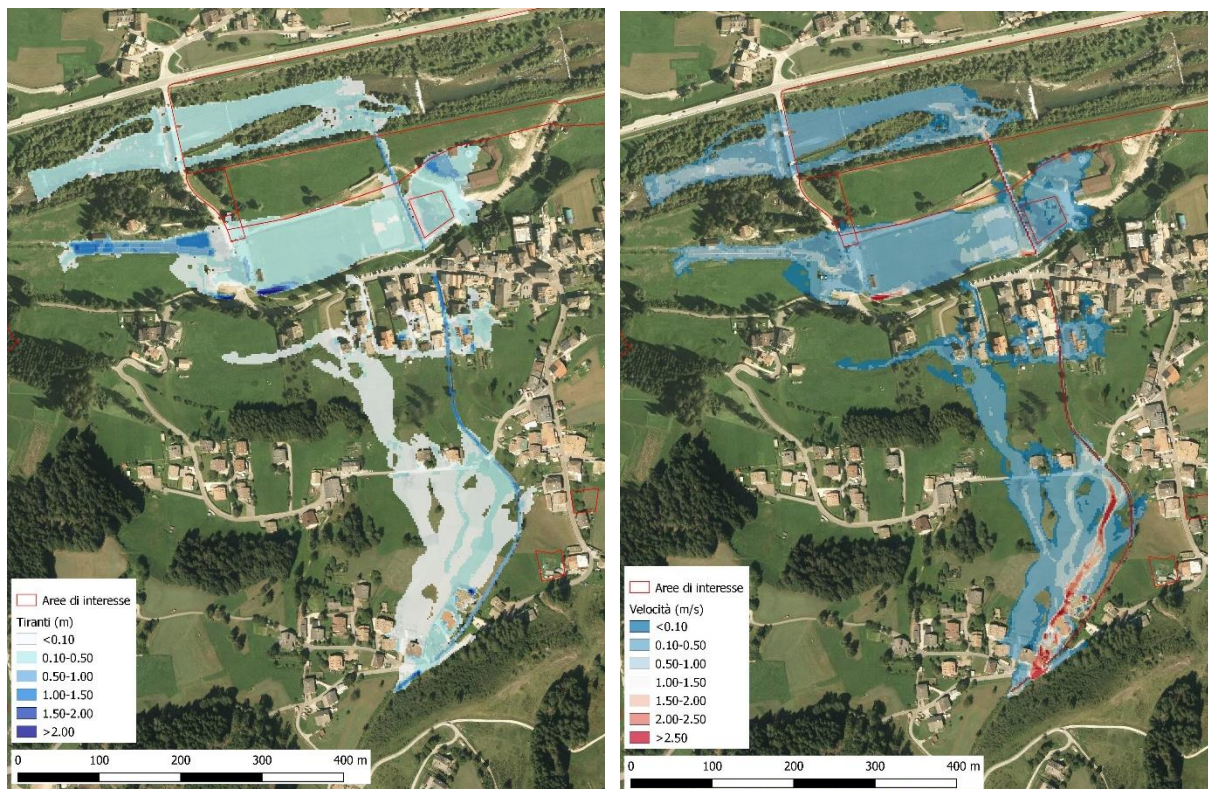


Figura 86: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni – scenario colata detritica.

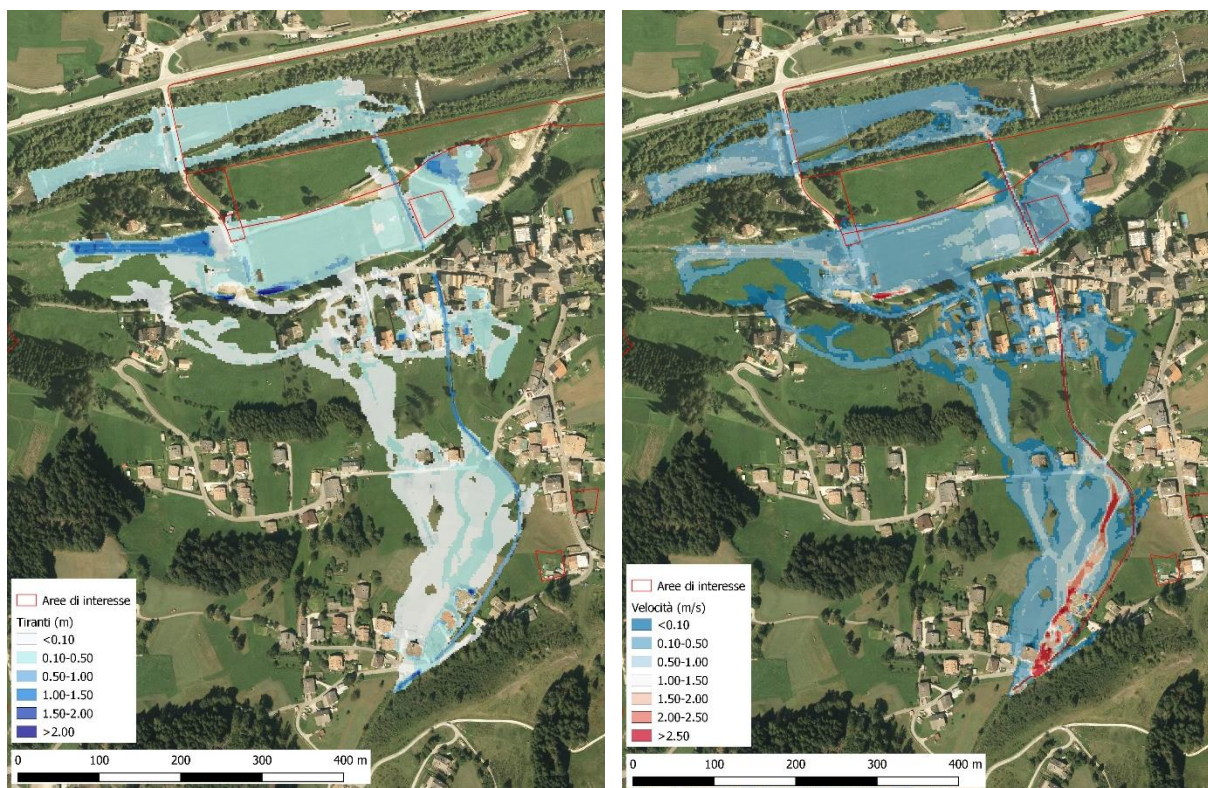


Figura 87: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni – scenario colata detritica.

Risultati delle simulazioni idrauliche – scenario trasporto solido ordinario

In Figura 88, Figura 89 ed in Figura 90 sono riportate le mappe dei tiranti massimi e delle velocità massime risultanti dalla modellazione idraulica del tratto di valle del rio Arizzol effettuate con il modello FLO-2D nei tre tempi di ritorno considerati per lo scenario di trasporto solido ordinario. I risultati mostrano che il rio Arizzol presenta delle criticità anche nel caso di eventi di trasporto solido ordinario. In particolare emerge che il tombotto in corrispondenza dell'attraversamento di via Pizzoni e le sezioni del cunettone subito a monte di esso non sono sufficienti a far defluire la portata già per un evento con tempo di ritorno di 30 anni. Più avale si riscontrano poi le stesse problematiche emerse nello scenario precedente, ovvero l'allagamento delle zone edificate a monte dell'innalzamento del muro di sponda che porta a via Chiesa e l'allagamento di tutta la piana di fondovalle a causa dell'inadeguatezza delle dimensioni della canaletta prefabbricata.

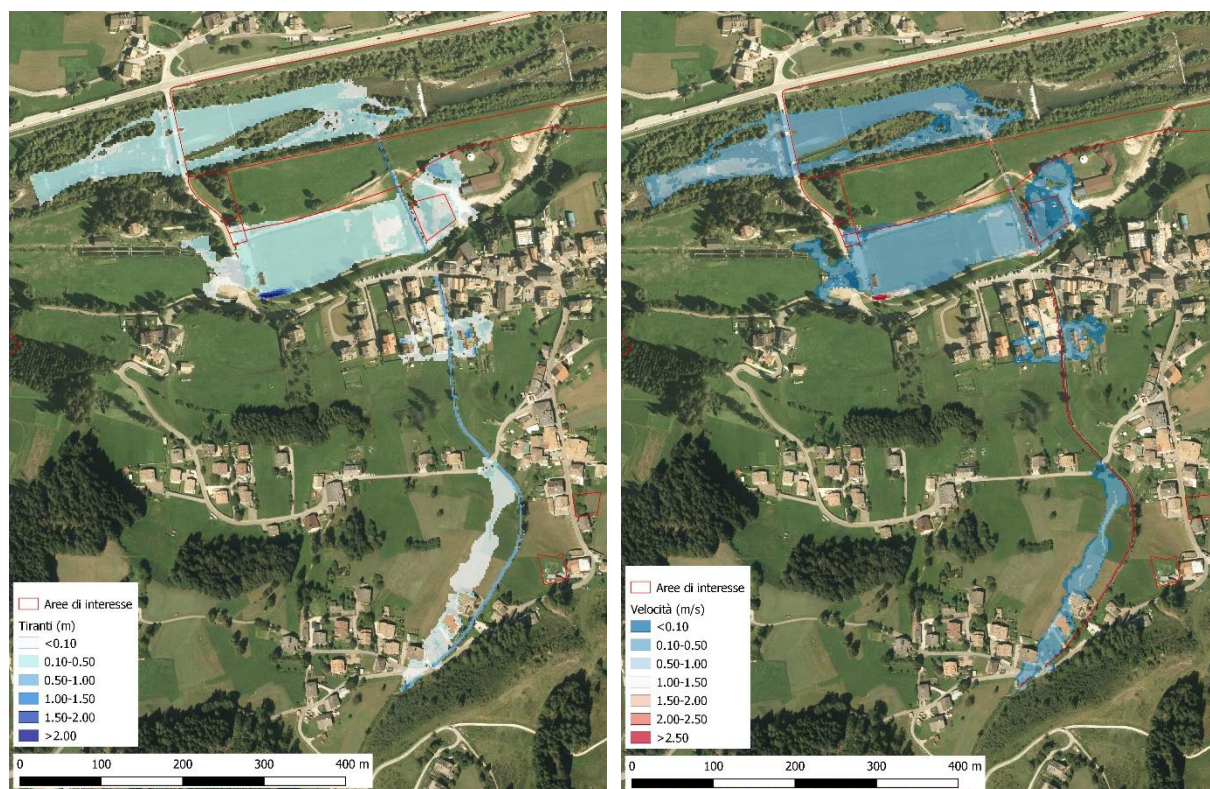
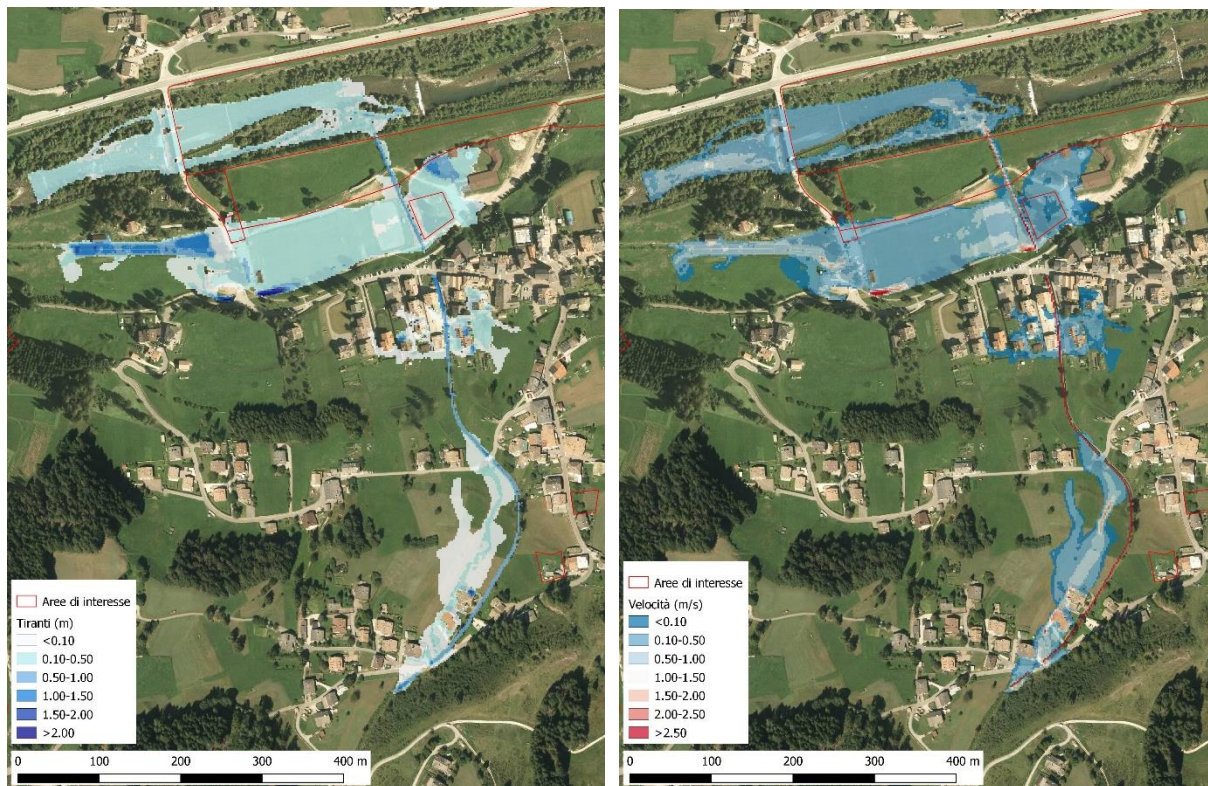
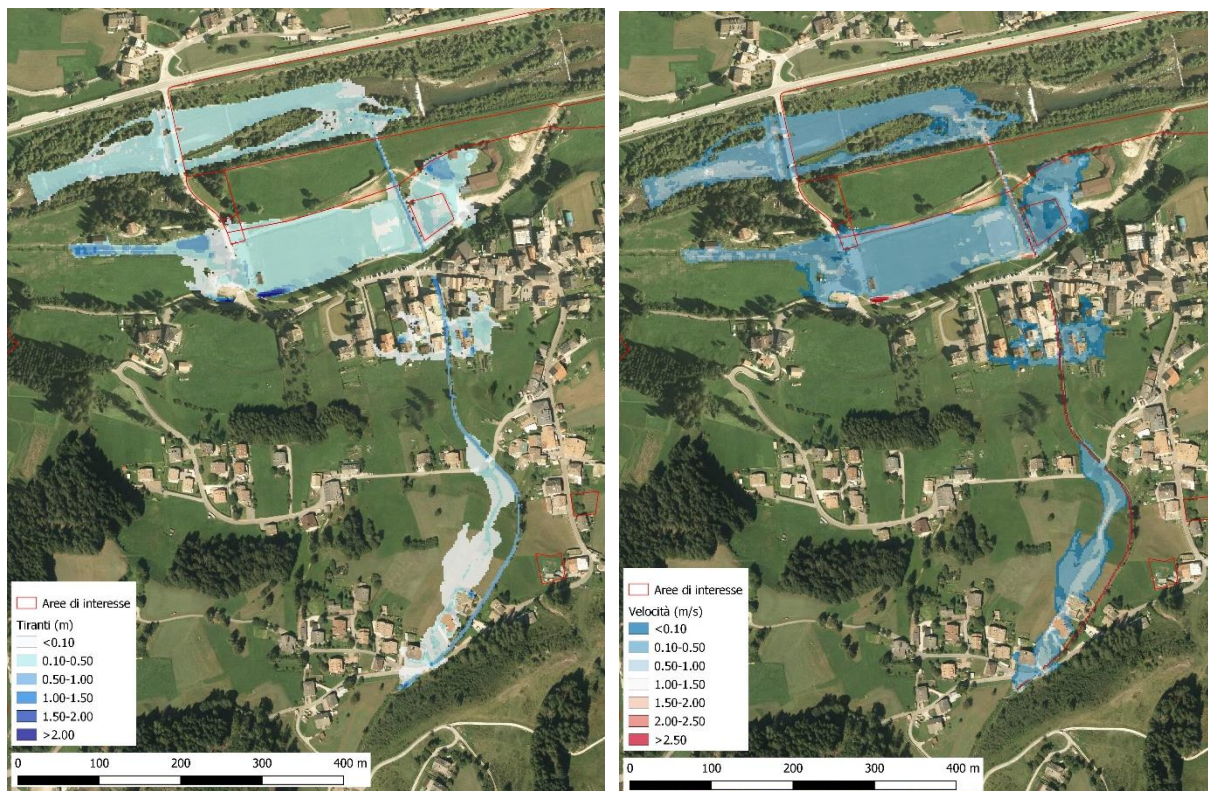


Figura 88: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni – scenario trasporto solido ordinario.



2.2.8.4 Affluente destro

Le modellazioni idrauliche dell'affluente destro del rio Arizzol sono state effettuate con il software a fondo fisso FLO2D considerando il processo di alluvionamento torrentizio con trasporto solido ordinario.

Il dominio di calcolo utilizzato nelle modellazioni idrauliche è lo stesso nelle modellazioni del tratto di valle e mostrato in Figura 82.

Come condizione al contorno al modello è stato assegnato in ingresso il sedimentogramma calcolato a partire dall'idrogramma calcolato con l'analisi idrologica al quale è stato applicato un fattore di amplificazione F_b . Tale fattore di amplificazione è stato stimato applicando le formule per il calcolo del trasporto solido ordinario all'idrogramma liquido e vincolando il volume di sedimento trasporto parti al volume di sedimento disponibile ad essere mobilitato lungo il corso d'acqua e pari a 380 m³. I dati di sintesi degli idrogrammi della mistura utilizzati in questo scenario sono riportati in Tabella 29, mentre la Figura 91 riporta i grafici del sedimentogramma e dell'idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle simulazioni idrauliche per gli eventi TR = 30, 100 e 200 anni.

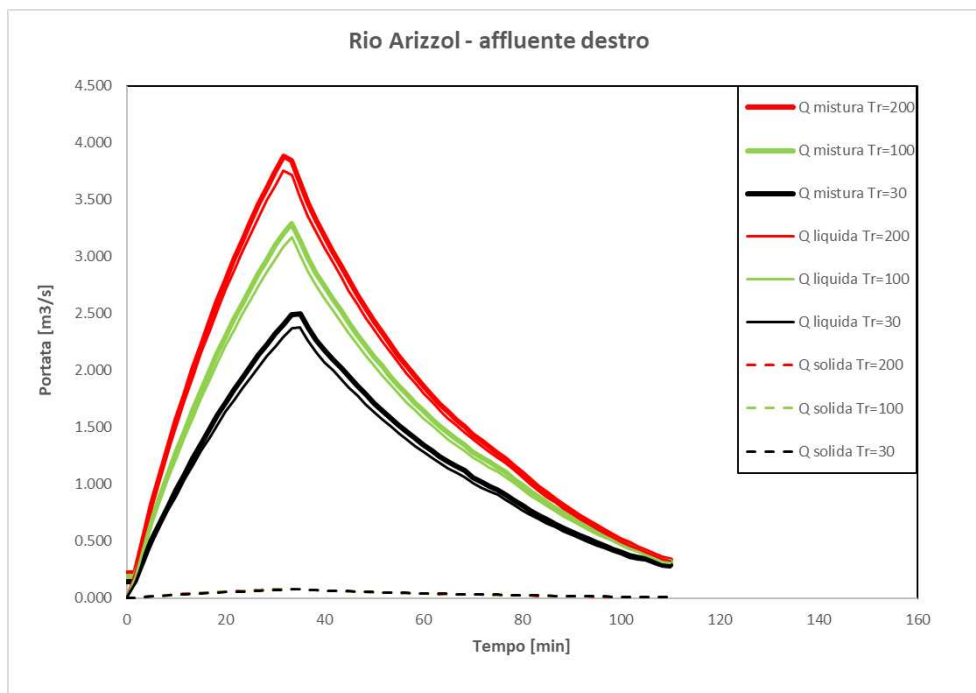


Figura 91: Rio Arizzol – Grafici del sedimentogramma e idrogramma della mistura solido-liquida utilizzati nelle modellazioni idrauliche dell'affluente destro.

	$c \text{ (-)}$ $c = V_s/V_M$	$F_b \text{ [-]}$ $F_b = 1/(1 - c/c_b)$	$V_{sed} \text{ (m}^3\text{)}$	$V_s \text{ (m}^3\text{)}$	$Q_{max} \text{ (liquida)}$ $\text{(m}^3\text{/s)}$	$Q_{max} \text{ (mistura)}$ $\text{(m}^3\text{/s)}$
T _R 30	0.03	1.05	380	247	2.4	2.5
T _R 100	0.02	1.04	380	247	3.2	3.3
T _R 200	0.02	1.03	380	247	3.8	3.9

Tabella 29: Rio Arizzol – Dati di sintesi degli idrogrammi e dei sedimentogrammi utilizzati nelle modellazioni idrauliche dell'affluente destro.

Risultati delle simulazioni idrauliche

In Figura 92, Figura 93 ed in Figura 94 sono riportate le mappe dei tiranti massimi e delle velocità massime risultanti dalla modellazione idraulica dell'affluente destro del rio Arizzol effettuate con il modello FLO-2D nei tre tempi di ritorno considerati. Dai risultati si osserva che tutta la zona prativa a valle della vasca di sedimentazione viene allagata, in quanto non vi è un alveo inciso in grado di far defluire le portate di piena. La viabilità e gli edifici, che si trovano in posizione rialzata, rappresentano infine un ostacolo ai deflussi e portano un innalzamento dei tiranti in corrispondenza della particella oggetto di analisi, in corrispondenza dell'incrocio tra via Viazzi Longhi e via Pizzoni. In questo punto si verificano anche le massime velocità di deflusso, in quanto nel momento in cui la superficie libera dell'acqua raggiunge il livello della strada ed inizia a tracimare, si verifica un fenomeno di richiamo della corrente con incremento delle velocità della corrente.

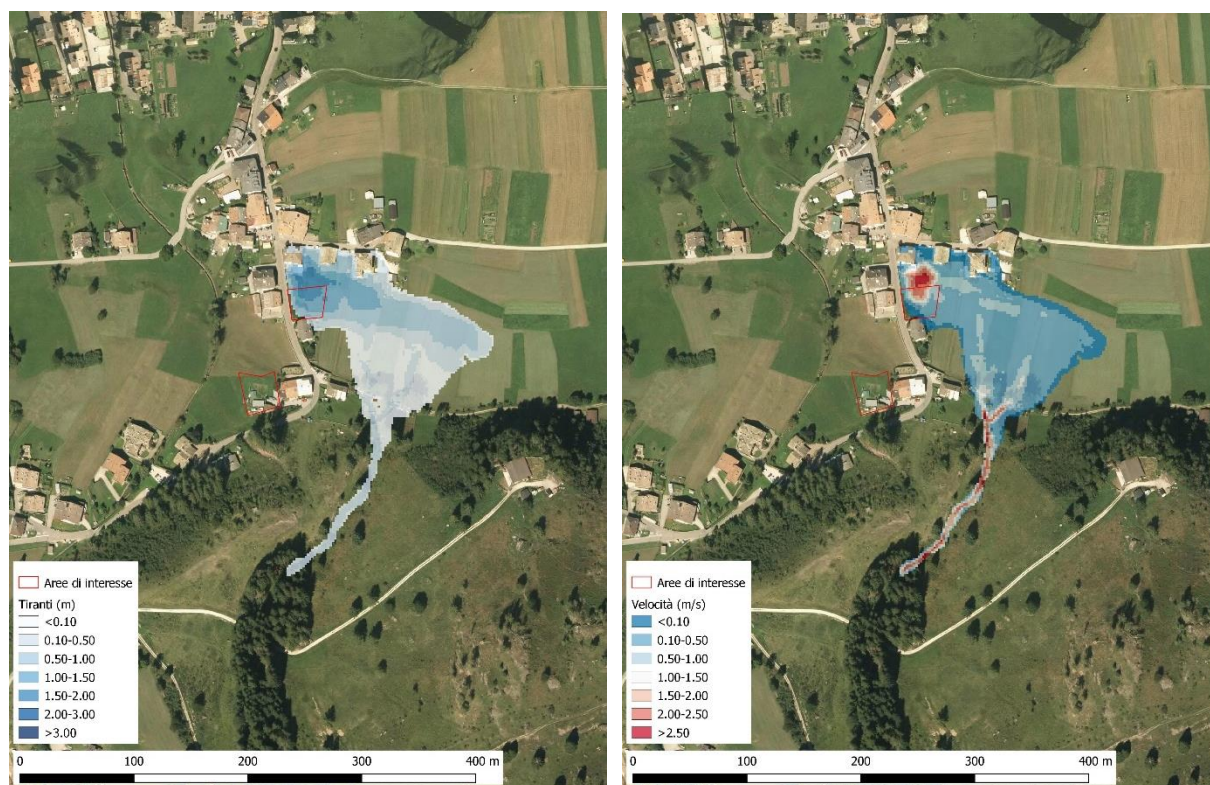


Figura 92: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 30 anni per l'affluente destro del rio Arizzol.

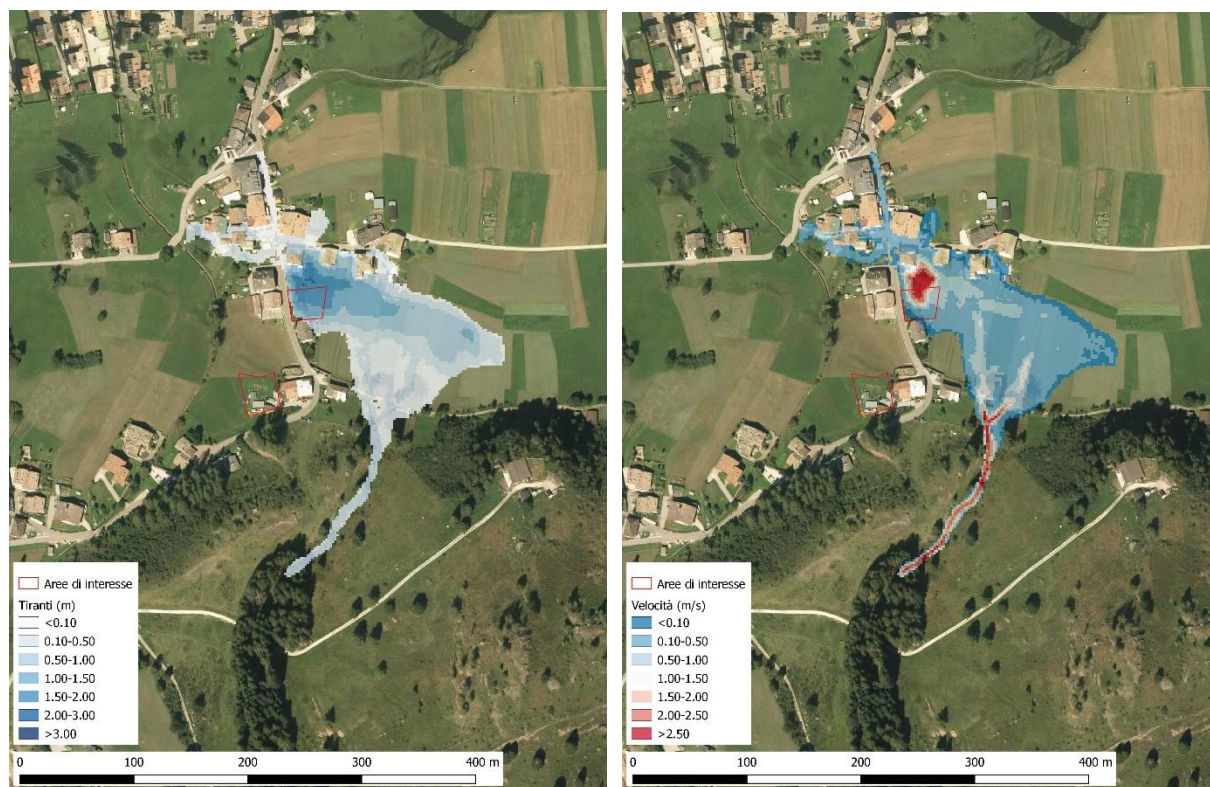


Figura 93: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni per l'affluente destro del rio Arizzol.

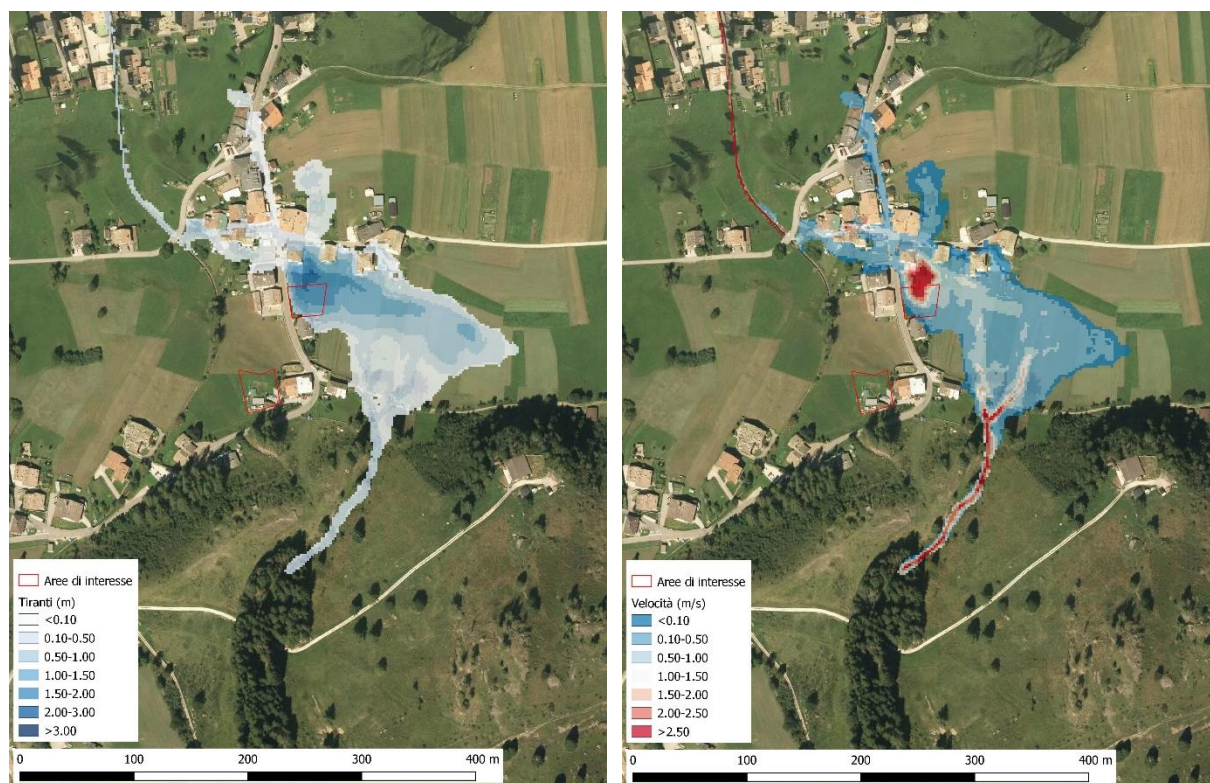


Figura 94: Rio Arizzol – Tiranti massimi (a sinistra) e velocità massime (a destra) per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni per l'affluente destro del rio Arizzol.

2.2.9 Valutazione del pericolo per fenomeni di natura idraulica

Nel presente paragrafo sono definiti i livelli di pericolosità del fenomeno idraulico in funzione dei livelli di intensità e probabilità che caratterizzano i fenomeni studiati per il rio Arizzol ed il suo affluente destro. Le informazioni riguardanti la modalità di classificazione della pericolosità per i fenomeni di natura idraulica, eseguita secondo i criteri contenuti nella Delibera 19 luglio 2019, n. 1066 "Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)", sono descritti al Paragrafo 2.1.9.

In Figura 95, Figura 96 e Figura 97 sono mostrate la carta della pericolosità idraulica ottenute attraverso l'applicazione della matrice di interazione tipo quella di BUWAL (1998) (riportata nella legenda delle figure stesse) ai risultati delle modellazioni numeriche effettuate con i modelli idraulici TRENT2D^{DF} e FLO-2D nei diversi scenari considerati. Le figure riportano le carte della pericolosità analitica elaborate considerando fenomeni di colata detritica (a sinistra) e fenomeni di alluvionamento torrentizio (a destra).

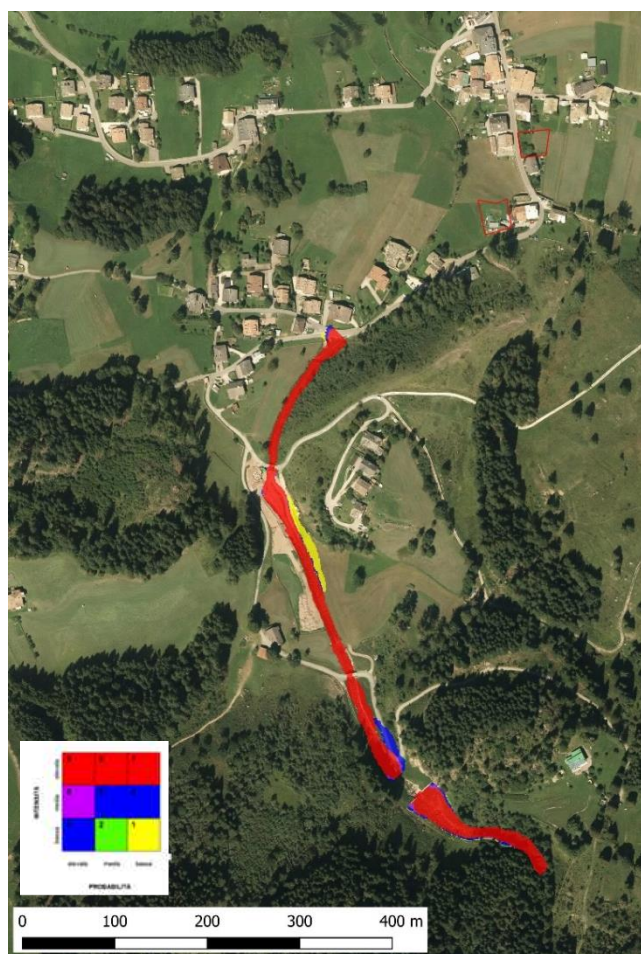


Figura 95: Rio Arizzol - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software TRENT2D^{DF} per le aree a monte del tombotto di attraversamento di via Pizzoni. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per colate. In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

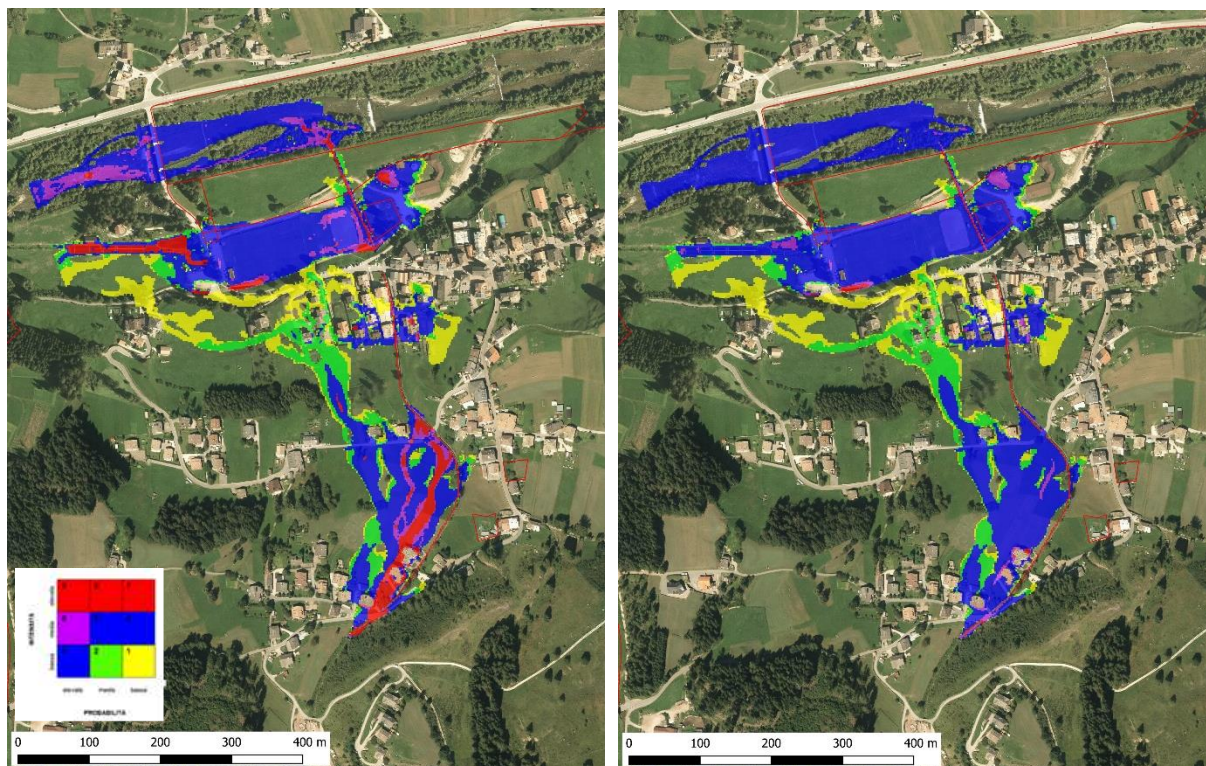


Figura 96: Rio Arizzol - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO-2D per le modellazioni di valle effettuate per lo scenario di colata detritica. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per colate (mappa a sinistra) e considerando i valori soglia per inondazioni da piena (mappa a destra). In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

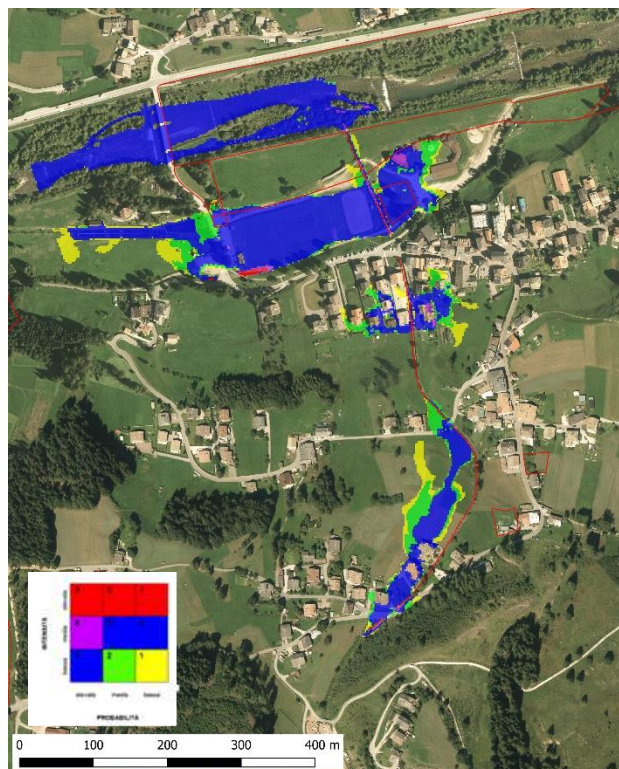


Figura 97: Rio Arizzol - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO-2D per le modellazioni di valle effettuate per lo scenario di trasporto solido ordinario. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per inondazioni da piena. In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

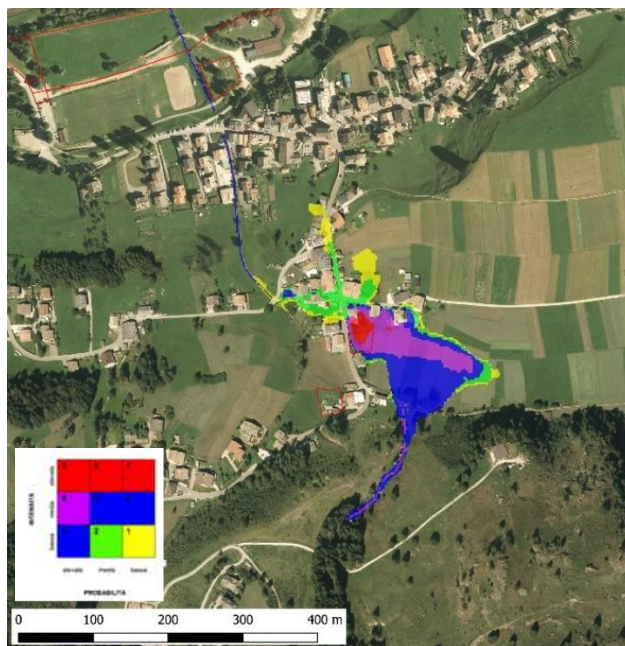


Figura 98: Rio Arizzol - Carta “analitica” del pericolo idraulico derivante dall’applicazione della matrice di Buwal sui risultati delle simulazioni idrauliche effettuate con il software FLO-2D per l’affluente destro del rio Arizzol. Alle classi dubbie (indice 2 e 6) sono stati assegnati rispettivamente colore verde e viola. Classificazione considerando i valori soglia per colate (mappa a sinistra) e considerando i valori soglia per inondazioni da piena (mappa a destra). In rosso sono evidenziate le aree di interesse.

2.2.10 Zonazione definitiva del pericolo idraulico

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

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

In Figura 99 ed in Figura 100 sono riportate rispettivamente la zonazione definitiva del pericolo idraulico per il rio Arizzol e per il suo affluente destro, classificate secondo il livello di pericolosità ordinaria (H2 – pericolo basso, H3 – pericolo medio, H4 – pericolo elevato) e secondo i livelli di pericolosità straordinaria (HR2 – pericolo residuo basso, HR3 – pericolo residuo medio, HR4 – pericolo residuo elevato).

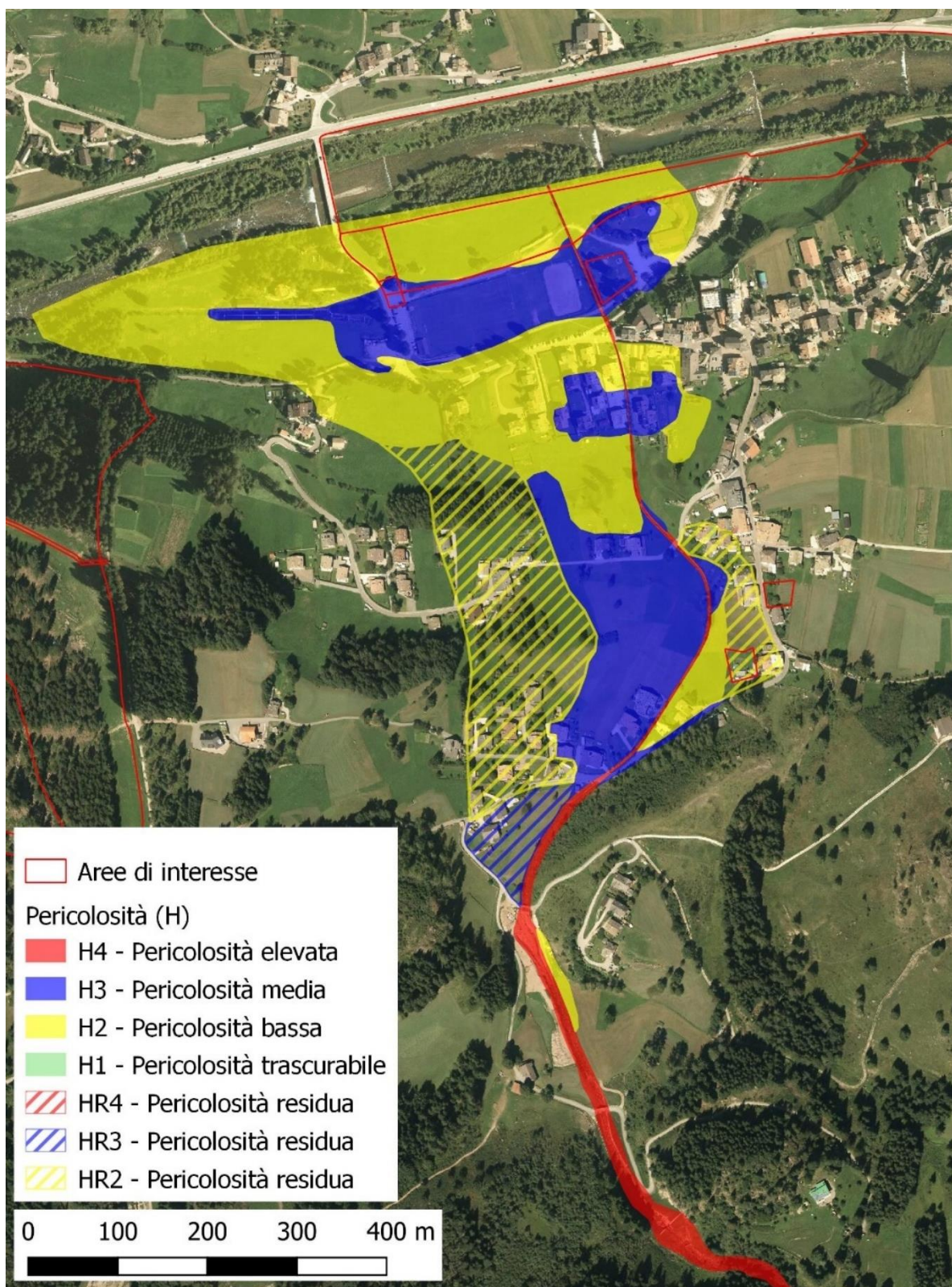


Figura 99: Rio Arizzol – Zonazione definitiva della pericolosità idrogeologica relativa al corso d'acqua principale.

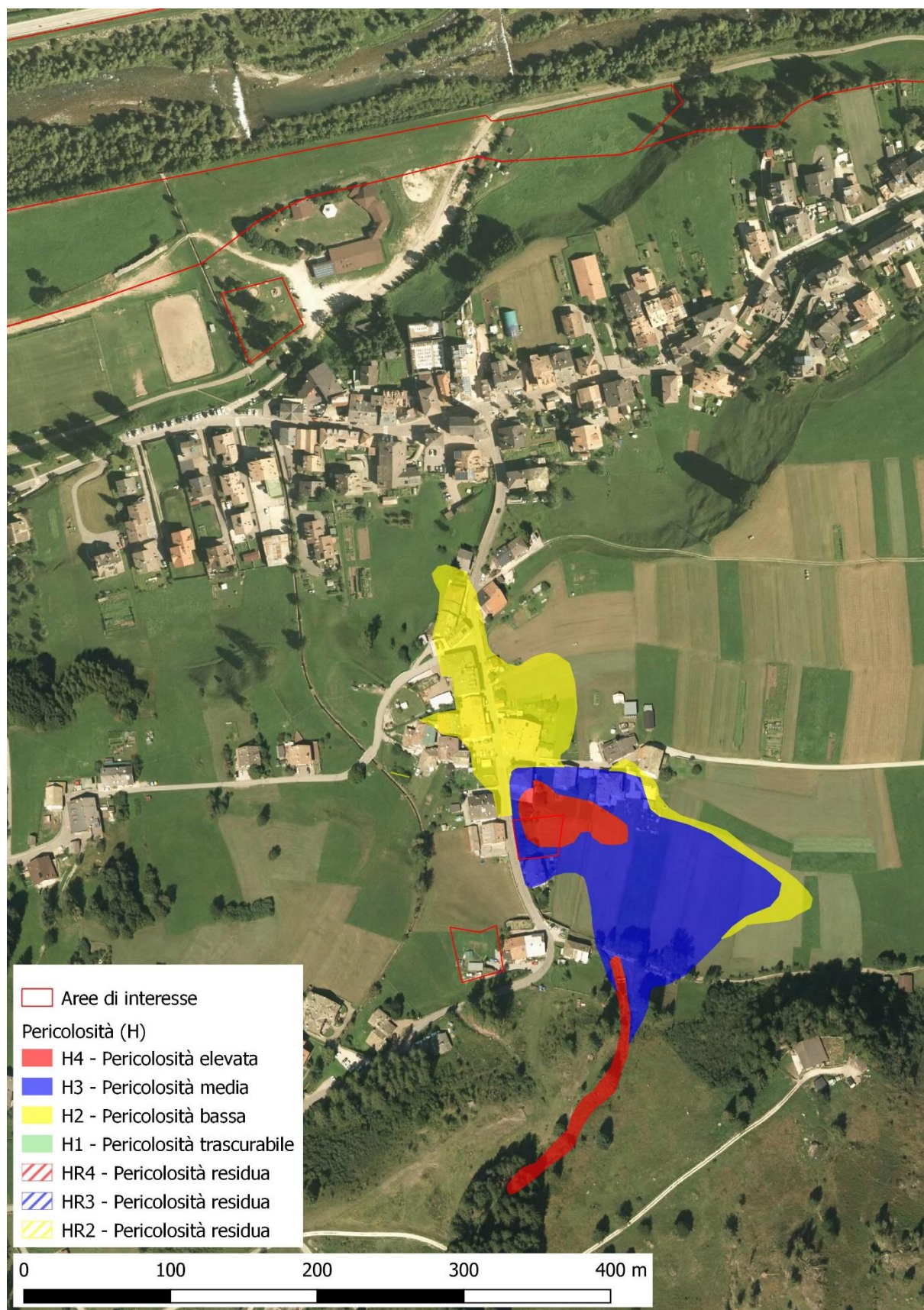


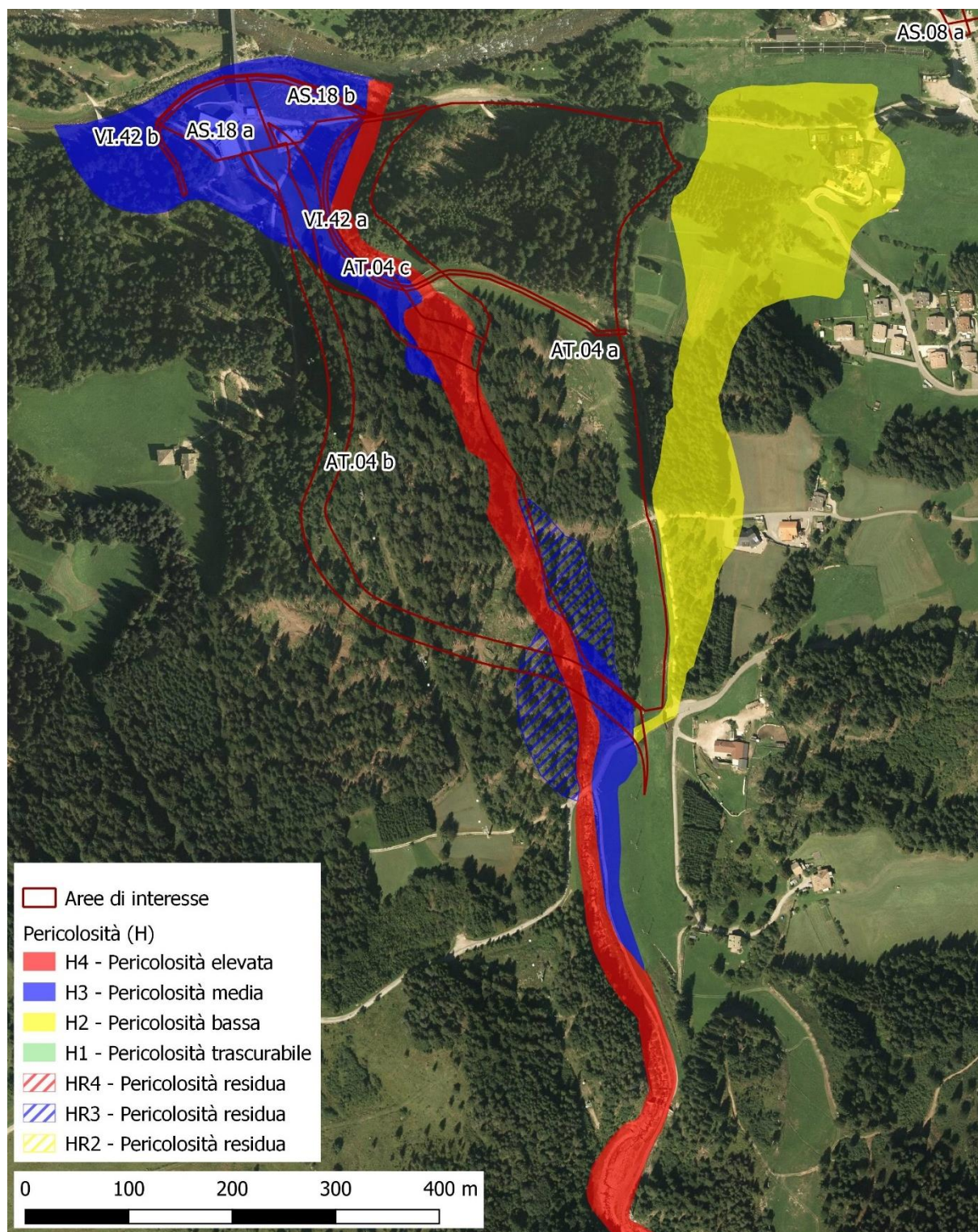
Figura 100: Rio Arizzol – Zonazione definitiva della pericolosità idrogeologica relativa all'affluente destro.

3 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

La verifica del pericolo idraulico riportata nei precedenti Capitoli del presente Documento ha permesso di: identificare le aree interessate dai fenomeni idrogeologici determinati dal rio Val della Roda e dal rio Arizzol e di definire la classificazione della pericolosità per le zone fuori alveo interessate da tali fenomeni. Dalle immagini della zonazione definitiva della pericolosità idraulica riportate per il rio Val della Roda al Paragrafo 2.1.10 (Figura 50) e per il rio Arizzol al Paragrafo 2.2.10 (Figura 99 e Figura 100) si osserva che alcune delle particelle interessate dalla Variante al PRG del Comune di Cavalese ricadono in zone di pericolosità idraulica. In questo capitolo si procederà dunque a definire la compatibilità delle varianti proposte rispetto alla pericolosità idraulica individuata nella presente verifica del pericolo. Nel presente Documento vengono riportate le indicazioni generali rispetto alla compatibilità delle particelle oggetto di variante nei confronti dei pericoli idraulici e vengono date indicazioni sulle misure di mitigazione da adottare per garantire la compatibilità idraulica. La descrizione più specifica rispetto alla compatibilità idrogeologica di ogni singola particella oggetto della variante al PRG è riportata nel Documento *“22.1 VAR_2018 - Valutazione di conformità idrogeologica ai vincoli urbanistici delle particelle della variante al PRG”* redatta dallo studio Geologia Applicata.

3.1 Verifica di compatibilità idraulica rispetto ai pericoli idraulici del rio Val della Roda

Nel presente capitolo verrà analizzata la compatibilità idraulica della variante al PRG del comune di Cavalese rispetto ai pericoli idraulici individuati per il rio Val della Roda. In Figura 101 è riportata la Carta definitiva della pericolosità definita nei capitoli precedenti con sovrapposte le particelle oggetto della variante del PRG. In Tabella 30 sono invece riportate le principali informazioni delle particelle oggetto della variante urbanistica e la loro classificazione rispetto ai pericoli idraulici del rio Val della Roda. Nei paragrafi successivi si procederà dunque all'analisi dei potenziali effetti dei pericoli idraulici sulle particelle di interesse, all'individuazione degli elementi vulnerabili e alla definizione delle misure di sicurezza che garantiscano la compatibilità idraulica rispetto all'uso del suolo programmato.



**Figura 101: Rio Val della Roda – Calssificazione della pericolosità idraulica per le particelle
 oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese.**

Particella	PRG destinazione vigente	PRG destinazione di variante	Oggetto e motivo della variazione	Pericolosità
VI.42 a	Area sciabile	Viabilità secondaria		- H4 in corrispondenza degli attraversamenti del corso d'acqua; - H3 nel tratto in sinistra idrografica compreso tra i due attraversamenti.
VI.42 b	Area ricreativa	Area ricreativa		H3
AT.04 a	Area sciabile PUP, bosco	Area per campeggio	Individuazione area per la realizzazione di un campeggio	- H4 in una piccola area a ridosso dell'alveo; - H3 in una piccola area nella parte più a monte della particella; - HR3 nel settore a ridosso del l'alveo nella parte medio alta della particella.
AT.04 b	Bosco	Pascolo; pista da sci discesa	Spostamento della pista da sci	- H4: in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua; - H3: in una piccola area nella parte più a monte della particella e nel settore di fondovalle; - H2: in una piccola area a ridosso del sovrappasso della pista sulla strada che collega Masi a Malga Salanzada; - HR3: nel settore a ridosso del l'alveo a valle dell'attraversamento previsto.
AT.04 c	Pascolo	Pascolo.	Variazione del percorso della pista e conseguente variazione della destinazione d'uso del suolo	- H4: in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua; - H3: nella rimanente parte della particella.
AS.18 a	Attrezzatura civile, amministrativa, pascolo, bosco.	Sportiva all'aperto	Modifica della perimetrazione dell'area servizi presso la stazione di fondovalle, ridefinizione dei servizi offerti nell'area in oggetto	H3
AS.18 b	Attrezzatura civile, amministrativa, pascolo, bosco.	Sportiva all'aperto	Modifica della perimetrazione dell'area servizi, ridefinizione dei servizi offerti nell'area di oggetto, richiesta di spostamento di attrezzatura X38 edificio n. 46 a trasformazione controllata in aggregato.	H3

Tabella 30: Individuazione della pericolosità per le particelle oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese e interessate dai pericoli idraulici del rio Val della Roda

3.1.1 Valutazione dei massimi effetti prevedibili

Per definire la compatibilità della variante urbanistica rispetto ai pericoli idraulici identificati e classificati nella carta delle zone di pericolo è quindi necessario valutare i massimi effetti previsti cui le aree sono esposte. In tal senso si fa riferimento alle indicazioni contenute nella Delibera 19 luglio 2019, n. 1066 “Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)” e sintetizzate nella Tabella 15 del presente Documento.

Per quanto riguarda le particelle oggetto della Variante al PRG del comune di Cavalese e interessate dai fenomeni idrogeologici del rio Val della Roda, facendo riferimento alle condizioni di uso del suolo attuale, si osserva che:

- Le **zone a Pericolosità Elevata H4** ricadono in zone d’alveo o zone spondali adiacenti al corso d’acqua. L’interferenza del fenomeno di colata detritica del rio Val della Roda può determinare effetti gravi con la distruzione di strutture e infrastrutture ed esporre le persone a grave pericolo solamente in corrispondenza dell’attraversamento della pista da sci situato poco a monte della stazione di partenza della funivia del Cermis.
- Le **zone a Pericolosità Media H3** che:
 1. intersecano la parte alta della particella AT.04 b sono determinate dai deflussi che divagando lungo la strada che collega Masi di Cavalese a Malga Salanzada rientrano poi nell’alveo principale del corso d’acqua. Ci si aspetta che le concentrazioni di materiale solido di questi deflussi siano inferiori a quelle di una colata detritica. Le interazioni di questi deflussi con le zone che attualmente hanno utilizzo a bosco non vanno a determinare gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
 2. Intersecano le particelle situate nella zona di fondovalle in sinistra idrografica del rio Val della Roda (AT.04 b, AT.04 c, AS.18 a, AS.18 b, VI.42 a e VI.42 b) sono determinate dai deflussi di esondazione del rio Val della Roda che fuoriesce in sponda sinistra in corrispondenza del bacino di deposito (situato subito a monte dell’attraversamento della pista da sci) a seguito della deposizione del materiale solido all’interno del bacino ed il conseguente riempimento di esso. In questo settore i parametri idraulici dei deflussi di esondazione raggiungono i valori massimi a ridosso della sponda sinistra del bacino di sedimentazione, nella parte alta della particella AT.04 c, con tiranti massimi di circa 1 m e volcità di 1.2 m/s nel caso di evento con $T_R = 200$ anni. Queste condizioni determinerebbero danni gravi a strutture e infrastrutture ed esporrebbero le persone a grave pericolo all’esterno

degli edifici. Allo stato attuale questo settore ha un utilizzo come pista da sci. Si suppone però che nella stagione invernale, in cui si verifica l'utilizzo della pista da sci, ci sia scarsa probabilità dell'accadimento di eventi di piena e/o colata detritica del corso d'acqua. Si considera pertanto che tali deflussi non vanno a determinare gravi effetti.

La restante parte di queste particelle è caratterizzata da basse intensità dei fenomeni di esondazione del rio Val della Roda. In questa area i tiranti idraulici raggiungono al massimo valori di 0.35 m e le velocità massime sono inferiori ad 1 m/s. L'interazione di questi deflussi con le strutture e infrastrutture può determinare danni modesti senza compromissione delle funzionalità e non si ritiene possa determinare situazioni di grave pericolo alle persone.

- Le **zone a Pericolosità Residua HR3** intersecano una zona a ridosso del corso d'acqua nella parte alta della particella AT.04 a ed una zona nella parte alta della particella AT.04 b. Tali zone sono state individuate considerando scenari di pericolosità residua legati all'ostruzione del ponte o all'evento di dam-break del bacino per l'innervamento artificiale situato in località Prafiori. Le interazioni di questi deflussi con le zone che attualmente hanno utilizzo a bosco non vanno a determinare gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.

3.1.2 Valutazione della vulnerabilità e dei massimi effetti prevedibili rispetto alla variante di progetto

Considerando la variante urbanistica del PRG del comune di Cavalese, per le particelle interessate dai pericoli idrogeologici del rio Val della Roda si osserva che:

- Le **zone a Pericolosità Elevata H4** che:
 1. intersecano la parte alta della particella AT.04 b interferiscono con l'attraversamento della nuova pista da sci. L'interferenza del fenomeno di colata detritica del rio Val della Roda può qui determinare effetti gravi con la distruzione di strutture e infrastrutture ed esporre le persone a grave pericolo.
 2. Intersecano la parte alta della particella AT.04 c vedono un decremento della vulnerabilità esposta, in quanto individuano le aree dell'attuale pista da sci che verrà spostata. Con la nuova destinazione di uso del suolo non si prevedono pertanto gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
- Le **zone a Pericolosità Media H3** che:
 1. intersecano la parte alta della particella AT.04 b interferiscono con la nuova pista da sci. Le interazioni di questi deflussi con le zone che vedranno un incremento

nella vulnerabilità potrebbero determinare gravi effetti a strutture e infrastrutture e esporre le persone a grave pericolo all'esterno degli edifici. Si suppone però che nella stagione invernale in cui si ha l'utilizzo della pista da sci ci sia scarsa probabilità dell'accadimento di eventi di piena e/o colata detritica del corso d'acqua.

3. Intersecano le particelle situate nella zona di fondovalle in sinistra idrografica del rio Val della Roda (AT.04 b, AT.04 c, AS.18 a, AS.18 b, VI.42 a e VI.42 b) interferiscono con il tratto terminale della nuova pista da sci, con le strade individuate dalla nuova viabilità e con l'area sportiva all'aperto. Gli elementi vulnerabili in queste particelle sono rappresentati dalla presenza di persone, dalle strutture e dalle infrastrutture e dalla presenza di attrezzature ed impianti con elevato valore economico. Le variabili idrauliche in queste aree hanno intensità piuttosto basse, pertanto si prevede che possano verificarsi danni modesti a strutture e infrastrutture e disagi di modesta entità per le persone. La particella in cui si verificano le maggiori intensità delle variabili idrauliche è la particella AT.04 c che però vede un decremento della vulnerabilità esposta, in quanto individua le aree dell'attuale pista da sci che verrà spostata. Con la nuova destinazione di uso del suolo non si prevedono pertanto gravi effetti in questo settore, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
- **Le zone a Pericolosità Residua HR3** intersecano parte dell'area per campeggio in destra idrografica (particella AT.04 a) ed un breve tratto della nuova pista da sci. Gli elementi vulnerabili in queste particelle sono rappresentati dalla presenza di persone, dalle strutture e dalle infrastrutture e dalla presenza di attrezzature ed impianti con elevato valore economico. Gli effetti che si prevedono nel caso dell'interferenza con l'area per il campeggio possono essere di gravi danni rispetto alle strutture ed infrastrutture e grave pericolo per le persone all'esterno degli edifici. Per il tratto che interseca la nuova pista da sci si verifica un incremento nella vulnerabilità. L'interazione dell'esondazione del rio Val della Roda a seguito dell'ostruzione dell'attraversamento potrebbe determinare gravi effetti a strutture e infrastrutture e esporre le persone a grave pericolo all'esterno degli edifici. Si suppone però che nella stagione invernale in cui si ha l'utilizzo della pista da sci ci sia scarsa probabilità dell'accadimento di eventi di piena e/o colata detritica del corso d'acqua. È da considerare comunque che tali pericolosità derivano da scenari residui e dal punto di vista delle penalità andrebbero a determinare delle penalità P2.

3.1.3 Valutazione delle misure di sicurezza necessarie

Al fine di garantire la compatibilità delle Varianti di progetto sulle particelle interessate dai pericoli idraulici del rio Val della Roda si prescrivono le seguenti misure di sicurezza da adottarsi:

- In caso di modifica degli attraversamenti esistenti e realizzazione di nuovi attraversamenti, il dimensionamento degli stessi dovrà essere realizzato in fase di progetto in modo da garantire il deflusso dell'intera portata considerata ed evitando restringimenti di sezione o riduzioni nella pendenza che potrebbero facilitare il deposito di materiale solido. La realizzazione degli attraversamenti dovrà essere realizzata in modo che questi siano adattabili in caso di eventi di piena ed evitino la possibilità di fenomeni di ostruzione;
- Nell'area adibita a campeggio (AT.04 a), nel settore che ricade in zona di pericolosità HR3, in fase di progetto si dovrà evitare di realizzare strutture o infrastrutture ad elevato carico urbanistico, con elementi ad alta vulnerabilità e danno potenziale e/o che determinino la presenza stabile di persone;
- Nelle aree adibite a nuove pista da sci ricadenti in zone di pericolo, qualora queste venissero utilizzate per altri scopi, al di fuori della stagione invernale, in fase di progetto dovrà venire approfondita la modalità di gestione dei percorsi in caso di condizioni meteorologiche avverse, in modo da evitare la presenza di persone in queste zone;
- In tutta l'area di fondovalle in sinistra idrografica dove si è identificata una zona con pericolosità idraulica H3 (particelle AS.18 a, AS.18 b) gli edifici che verranno realizzati dovranno avere:
 1. altezza delle aperture (finestre, etc.) situata ad almeno 0.80 cm dal piano campagna;
 2. accessi realizzati in modo da impedire l'ingresso delle acque di esondazione all'interno degli edifici, per esempio attraverso l'installazione di porte a tenuta stagna o di protezioni mobili come paratie removibili (esempio in Figura 103).
 3. accessi esterni a locali seminterrati o eventuali bocche di lupo realizzati in modo da impedire l'accesso delle acque di esondazione all'interno degli edifici. Questo può venire realizzato attraverso soluzioni strutturali o sistemi di protezione mobili (alcuni esempi sono riportati in Figura 104).
- Eventuali modifiche nell'edificio della stazione di partenza della funivia del Cermis dovranno essere progettate facendo attenzione a non bloccare completamente i de

flussi provenienti dal “corridoio” depresso in cui si trovano i piloni della funivia, in modo da non determinare delle zone di accumulo dell’acqua in corrispondenza dell’edificio, che potrebbero rappresentare condizioni di grave pericolo per le persone e le strutture presenti.

La particella AT.04 c interessata dallo spostamento della pista da sci vede un decremento nella vulnerabilità e considerando la destinazione di uso del suolo di progetto non si identificano elementi a rischio. Si suggerisce però che eventuali rimodellamenti del terreno effettuati per lo spostamento della pista da sci e la realizzazione della nuova viabilità siano effettuati in modo da riportare e rialzare il terreno in corrispondenza della sponda sinistra del bacino di deposito, in modo da mitigare gli effetti dell’esondazione che si verifica in quel punto.

La modellazione speditiva effettuata per il rio Larizzol e descritta al Paragrafo 2.1.8.5 ha mostrato come eventuali eventi di piena di questo corso d’acqua potrebbero raggiungere le particelle AS.18 a e VI.42 b. Le misure di sicurezza esposte in questo capitolo per il rio Val della Roda garantiscono la compatibilità anche nei confronti degli eventi di alluvionamento del rio Larizzol, viste le portate inferiori che lo caratterizzano.

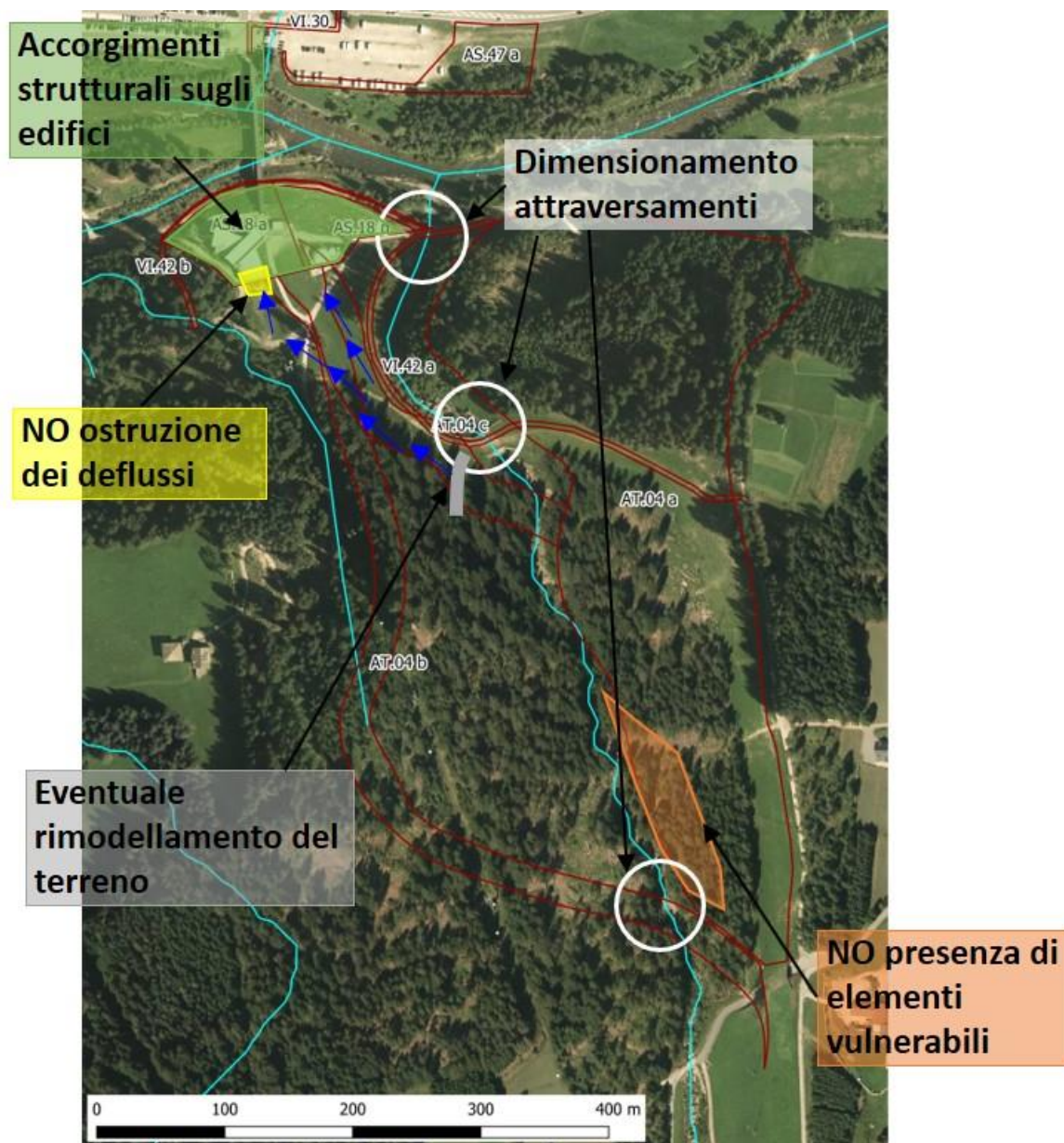


Figura 102: Rio Val della Roda – Schematizzazione delle misure da adottarsi sulle particelle interessate dalla variante al PRG.

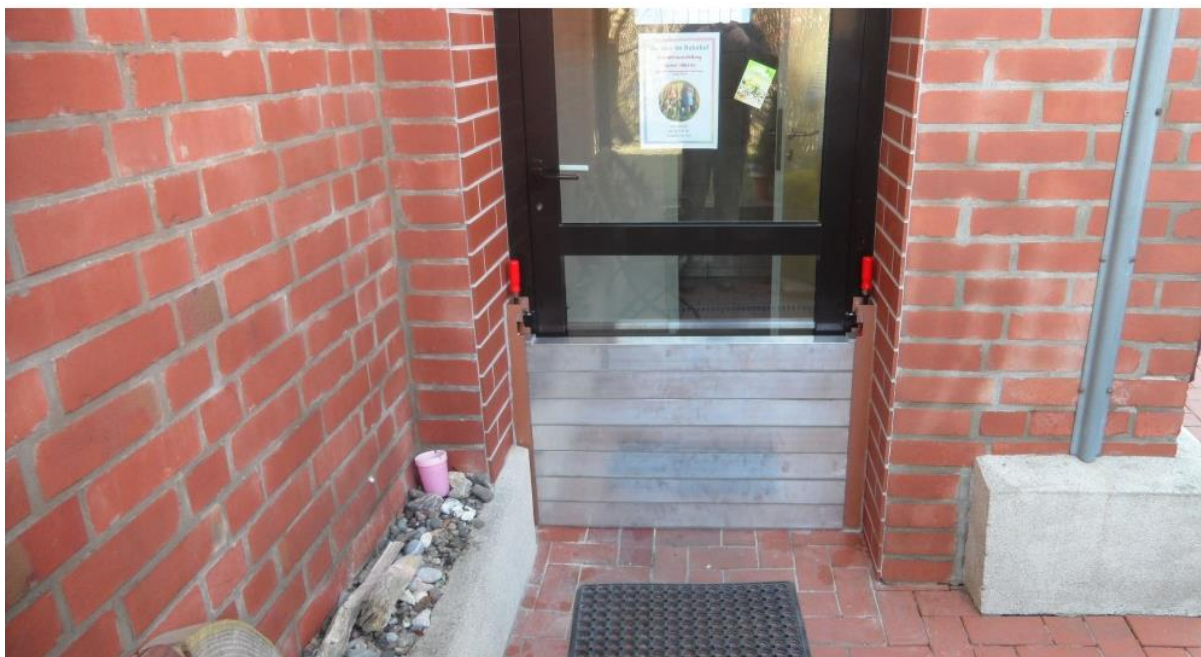


Figura 103: Esempio di protezione mobile dell'accesso di un edificio attraverso l'installazione di paratie removibili.



Figura 104: A sinistra: esempio di realizzazione di bocca di lupo in verticale per impedire l'accesso delle acque di esondazione. A destra: esempio di installazione di paratia rimovibile per la protezione di accessi interrati.

3.1.4 Conclusioni

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile affermare che la variante al PRG del comune di Cavalese è compatibile con la pericolosità idraulica individuata nel presente studio per il rio Val della Roda purchè vengano adottate le misure di sicurezza descritte al Paragrafo 3.1.3.

3.2 Verifica di compatibilità idraulica rispetto ai pericoli idraulici del rio Arizzol e dell'affluente destro del rio Arizzol

Nel presente capitolo verrà analizzata la compatibilità idraulica della variante al PRG del comune di Cavalese rispetto ai pericoli idraulici individuati per il rio Arizzol e per il suo affluente destro. In Figura 105 ed in Figura 106 sono riportate le Carte della pericolosità definite nei capitoli precedenti per il rio Arizzol ed il suo affluente destro con sovrapposte le particelle oggetto della variante del PRG. In Tabella 31 sono invece riportate le principali informazioni delle particelle oggetto della variante urbanistica e la loro classificazione rispetto ai pericoli idraulici del rio Arizzol e del suo affluente destro. Nei paragrafi successivi si procederà dunque all'analisi dei potenziali effetti dei pericoli idraulici sulle particelle di interesse, all'individuazione degli elementi vulnerabili e alla definizione delle misure di sicurezza che garantiscano la compatibilità idraulica rispetto all'uso del suolo programmato.

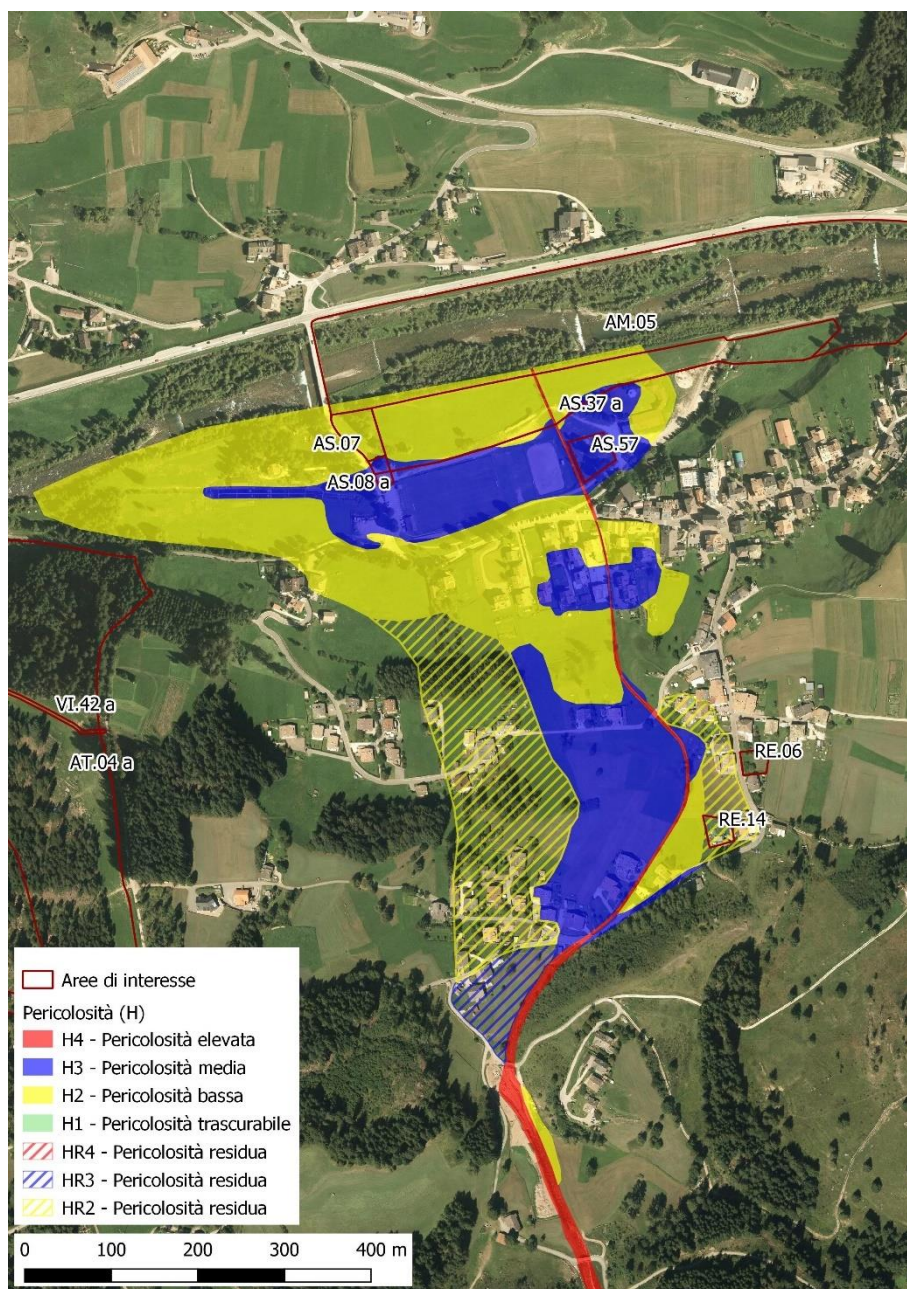


Figura 105: Rio Arizzol – Calssificazione della pericolosità idraulica per le particelle oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese.

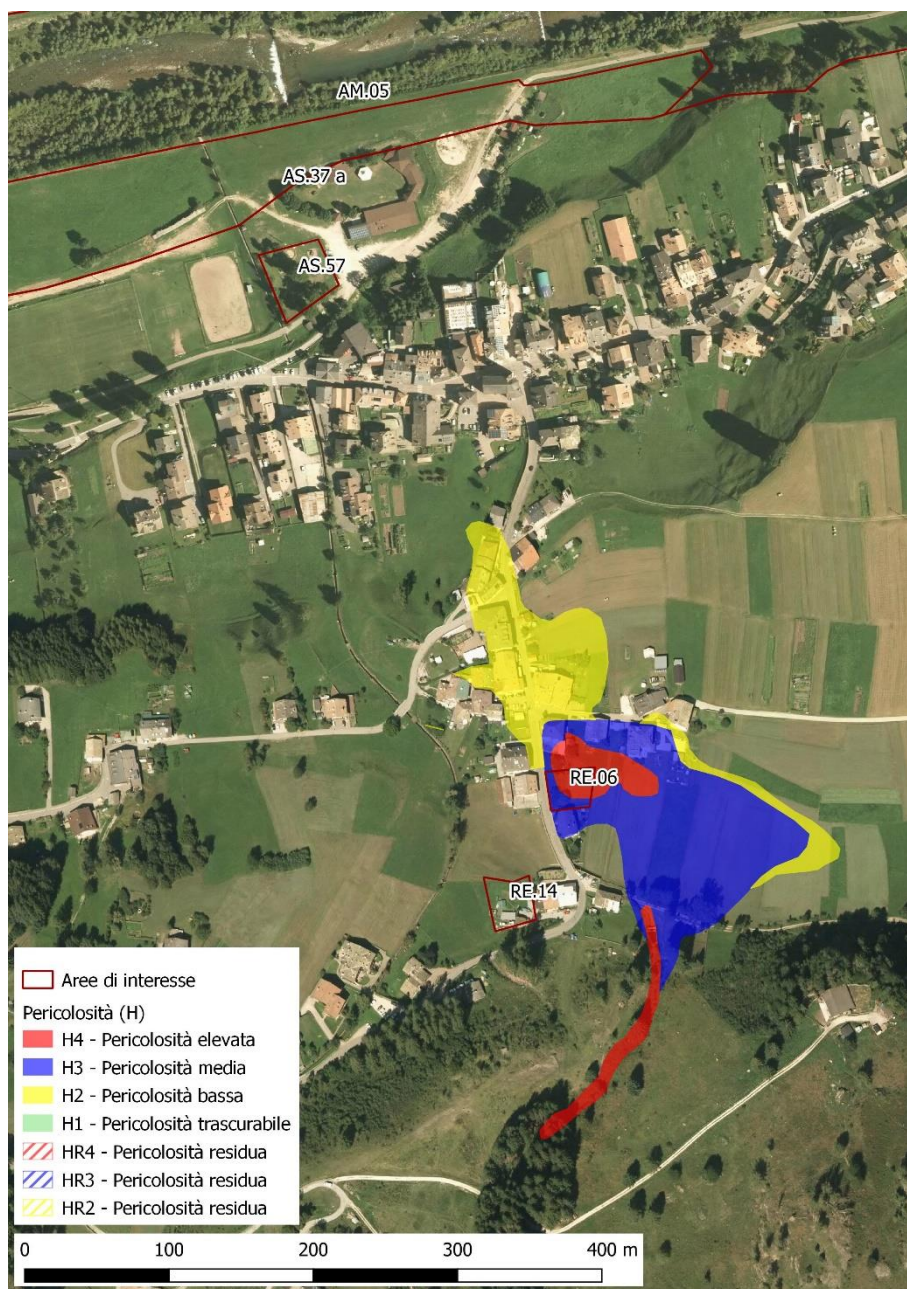


Figura 106: Rio Arizzol – Calssificazione della pericolosità idraulica dell'affluente destro del rio Arizzol per le particelle oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese.

Particella	PRG destinazione vigente	PRG destinazione di variante	Oggetto e motivo della variazione	Pericolosità
RE.06	Area agricola	Area residenziale		- H4 per la maggior parte dell'area; - H3 lungo i lati ovest e sud della particella.
RE.14	Area agricola	Area residenziale		HR2
AS.07	PRA 8 area di protezione fluviale	Verde pubblico di progetto	Inserimento area averde di progetto e la realizzazione di un edificio da adibire a bicigrill/sede della rete delle riserve/punto di promozione evendita di prodotti tipici locali.	H2
AS.08 a	Area ricreativa	Parcheggio		H3
AS.37 a	PRA 8 area di protezione fluviale	Area sportiva di progetto S7	Aggiornamento cartografia: ridefinizione dell'area definita nel PRA 8 e inserimento di area sportiva esistente.	- H3 in un settore lungo il lato sud della particella; - H2 per la restante area della particella.
AS.57	Area sportiva all'aperto S7	Verde pubblico esistente	Aggiornamento cartografico: ridefinizione area sportiva S7 con inserimento di area a verde pubblico esistente	H3

Tabella 31: Individuazione della pericolosità per le particelle oggetto della variante al PRG del comune di Cavalese e interessate dai pericoli idraulici del rio Arizzol e del suo affluente destro.

3.2.1 Valutazione dei massimi effetti prevedibili

Per definire la compatibilità della variante urbanistica rispetto ai pericoli idraulici identificati e classificati nella carta delle zone di pericolo è quindi necessario valutare i massimi effetti previsti cui le aree sono esposte. In tal senso si fa riferimento alle indicazioni contenute nella Delibera 19 luglio 2019, n. 1066 "Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l. p. 1 luglio 2011, n. 9)" e sintetizzate nella Tabella 15 del presente Documento.

Per quanto riguarda le particelle oggetto della Variante al PRG del comune di Cavalese e interessate dai fenomeni idrogeologici del rio Arizzol e del suo affluente destro, facendo riferimento alle condizioni di uso del suolo attuale, si osserva che:

- La **particella RE.06** ricade prevalentemente in zona a Pericolosità Elevata – H4 e Media – H3 per i fenomeni di alluvionamento dell'affluente destro del rio Arizzol. In questo punto si verifica una zona di accumulo d'acqua dal momento che non è presente un alveo sufficientemente inciso da far defluire le portate in arrivo dal corso d'acqua. Per lo scolo delle acque è inoltre presente solo una piccola tubazione. La

strada che è posta ad una quota più alta rappresenta infine un ostacolo per il deflusso delle acque di esondazione. L'elevato valore di pericolosità è determinato anche dal fatto che nell'area si verifica un fenomeno di richiamo della corrente con aumento delle velocità della corrente nel momento in cui la superficie dell'acqua raggiunge la quota della strada ed inizia a tracimare. Considerato l'uso del suolo attuale della particella come zona di verde agricolo non si prevedono gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.

- La **particella RE.14** ricade in zona a Pericolosità Residua – HR2 per i fenomeni di alluvionamento torrentizio del rio Arizzol. La pericolosità in tale zona viene determinata dai deflussi di esondazione che si verificherebbero in caso di ostruzione degli attraversamenti per l'accesso alle abitazioni di via Pizzoni. Si ritiene però che tale scenario abbia una probabilità di accadimento molto bassa. Considerato l'uso del suolo attuale come zona di verde agricolo e le basse intensità del fenomeno idraulico, nell'area non si prevedono gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
- La **particella AS.07** ricade in zona a Pericolosità Bassa – H2 per i fenomeni di alluvionamento torrentizio del rio Arizzol che avvengono con bassa intensità e tempo di ritorno ≥ 200 anni. Considerato l'uso del suolo attuale come area di protezione fluviale e le basse intensità del fenomeno idraulico, nell'area non si prevedono gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
- La **particella AS.08 a** ricade in zona a Pericolosità Media – H3 per i fenomeni di alluvionamento torrentizio del rio Arizzol che avvengono con bassa intensità e tempo di ritorno ≥ 30 anni. Considerato l'uso del suolo attuale come area ricreativa e le basse intensità del fenomeno idraulico (i tiranti massimi sono dell'ordine di 0.40 m per un evento con $T_R = 200$ anni), nell'area si prevedono disagi di modesta entità per le persone e danni modesti a strutture e infrastrutture.
- La **particella AS.37 a** ricade per la maggior parte in zona a Pericolosità Bassa – H2 e per una piccola parte in zona a Pericolosità Media – H3 per i fenomeni di alluvionamento torrentizio del rio Arizzol. Considerato l'uso del suolo attuale come area di protezione fluviale e le basse intensità del fenomeno idraulico, nell'area non si prevedono gravi effetti, in quanto non si riscontrano particolari elementi a rischio.
- La **particella AS.57** ricade in zona a Pericolosità Media – H3 per i fenomeni di alluvionamento torrentizio del rio Arizzol con bassa intensità e tempo di ritorno ≥ 30 anni. Considerato l'uso del suolo del PRG vigente come area sportiva all'aperto e le basse intensità del fenomeno idraulico (i tiranti massimi sono dell'ordine di 0.20 m per un

evento con $T_R = 200$ anni), nell'area si prevedono disagi di modesta entità per le persone e danni modesti a strutture e infrastrutture.

È da notare che la pericolosità idraulica insistente su tutte le particelle situate sul fondovalle (AS.07, AS.08 a, AS.37 a e AS.57) è determinata dalle esondazioni del rio Arizzol che si verificano già per eventi con tempo di ritorno di 30 anni, in quanto la canaletta prefabbricata presente nell'ultimo tratto del corso d'acqua non è sufficiente a far defluire l'intera portata del corso d'acqua. La canaletta si trova inoltre in posizione pensile ed è caratterizzata all'apice, nel punto di passaggio da tratto tombinato a tratto a cielo aperto, da una riduzione di pendenza che favorisce il deposito del materiale solido trasportato dalla corrente.

3.2.2 Valutazione della vulnerabilità e dei massimi effetti prevedibili rispetto alla variante di progetto

Considerando la variante urbanistica del PRG del comune di Cavalese, per le particelle interessate dai pericoli idrogeologici del rio Arizzol e del suo affluente destro si osserva che:

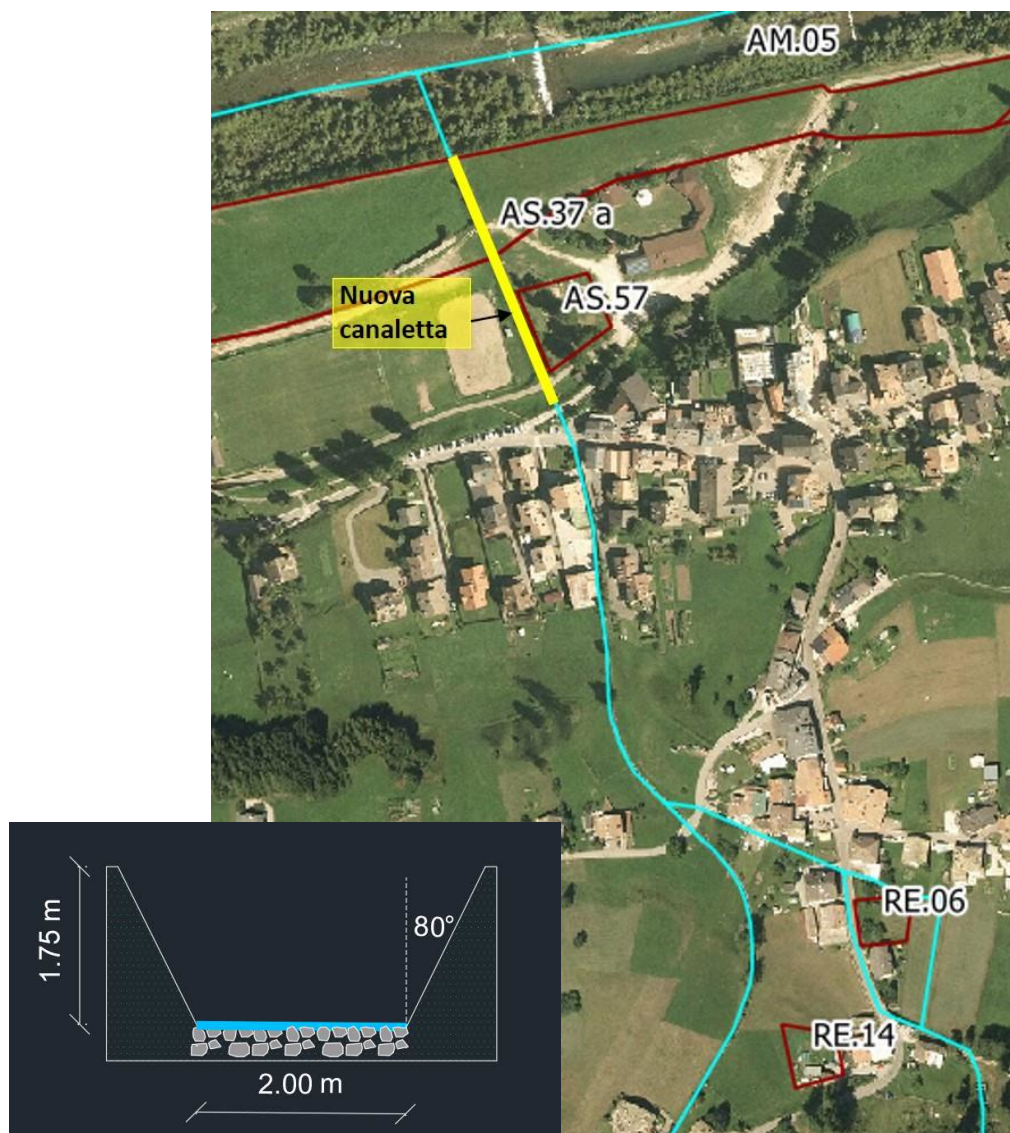
- sulla **particella RE.06**, considerata l'elevata intensità dei fenomeni di alluvionamento (i tiranti massimi sulla particella possono raggiungere 1.8 m e le velocità massime i 2.6 m/s per un evento con tempo di ritorno ≥ 200 anni) e considerato un uso del suolo residenziale della particella si prevedono gravi effetti con esposizione delle persone a grave pericolo sia all'interno che all'esterno degli edifici e danni gravi a strutture ed infrastrutture. La destinazione d'uso del suolo di progetto per questa particella non viene pertanto considerata compatibile rispetto ai pericoli idraulici insistenti sull'area.
- sulla **particella RE.14**, considerata la bassa intensità dei fenomeni di alluvionamento e considerato un uso del suolo residenziale della particella si prevedono disagi di modesta entità per le persone con assenza di condizioni di grave pericolo e danni modesti a strutture e infrastrutture;
- sulla **particella AS.07** considerata la bassa intensità dei fenomeni di alluvionamento e considerato un uso del suolo di verde pubblico di progetto della particella si prevedono disagi di modesta entità per le persone con assenza di condizioni di grave pericolo e danni modesti a strutture e infrastrutture;
- sulla **particella AS.08 a** considerata la bassa intensità dei fenomeni di alluvionamento (i tiranti massimi sono dell'ordine di 0.40 m per un evento con $T_R = 200$ anni) e considerato un uso del suolo della particella a parcheggio si prevedono disagi di modesta entità per le persone con assenza di condizioni di grave pericolo e danni di media entità a beni, strutture e infrastrutture;

- sulla **particella AS.37 a** considerata la bassa intensità dei fenomeni di alluvionamento e considerato un uso del suolo della particella ad area sportiva di progetto S7 si prevedono disagi di modesta entità per le persone con assenza di condizioni di grave pericolo e danni modesti a strutture e infrastrutture;
- sulla **particella AS.57** considerata la bassa intensità dei fenomeni di alluvionamento (i tiranti massimi sono dell'ordine di 0.20 m per un evento con $T_R = 200$ anni) e considerato un uso del suolo della particella ad area di verde pubblico esistente si prevedono disagi di modesta entità per le persone con assenza di condizioni di grave pericolo e danni di media entità a beni, strutture e infrastrutture.

3.2.3 Valutazione delle misure di sicurezza necessarie

Dalle considerazioni esposte nel paragrafo precedente è emerso che:

- le condizioni di pericolosità insistenti sulla particella RE.06 non sono compatibili rispetto all'uso del suolo previsto dalla Variante al PRG del comune di Cavalese;
- le condizioni di pericolosità inistenti sulla particella RE.14 sono compatibili rispetto all'uso del suolo previsto dalla Variante al PRG del comune di Cavalese senza l'adozione di misure di sicurezza;
- per le rimanenti particelle situate nella zona di fondovalle (AS.07, AS.08 a, AS.37 a e AS.57) la compatibilità idraulica viene garantita con la realizzazione di una nuova canaletta con sezione trapezia con larghezza della base inferiore di almeno 2.0 m, altezza della sezione di almeno 1.75 m e pendenza delle sponde non superiore a 80°. La pendenza della canaletta deve essere superiore a 0.5%.



**Figura 107: Rio Arizzol – Schematizzazione delle misure da adottarsi sul rio Arizzol.
 L'immagine a destra mostra la sezione tipo della nuova canaletta da realizzare.**

3.2.4 Conclusioni

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile affermare che:

- la variante al PRG del comune di Cavalese per la particella RE.06 non risulta compatibile rispetto ai pericoli idraulici determinati dall'affluente destro del rio Arizzol;
- la variante al PRG del comune di Cavalese per la particella RE.14 risulta compatibile rispetto ai pericoli idraulici determinati dal rio Arizzol senza la necessità di adottare particolari misure di sicurezza;
- la variante al PRG del comune di Cavalese per le rimanenti particelle analizzate nel presente studio (AS.07, AS.08 a, AS.37 a e AS.57) risulta compatibile rispetto ai pericoli idraulici determinati dal rio Arizzol purchè vengano adottate le misure di sicurezza descritte al Paragrafo 3.2.3.

4 SOFTWARE UTILIZZATI

La Tabella 32 riporta una lista con una breve descrizione dei principali software utilizzati nel presente lavoro.

Ambito	Software	Descrizione
Analisi statistiche	R 3.2.3	Analisi statistiche sui dati di input ed output delle modellazioni
Geomorfologia	Stage – Udig 1.3.2, R 3.2.3, Globalmapper 13	Carte geomorfologiche, curve ipsografiche, classificazione Cavalli e Marchi (2206), indice di Melton
Idrologia	AdB-Toolbox, Peakflow	Analisi idrologiche e definizione idrogramma di piena
Idraulica	TRENT2D ^{DF} , Flo2D 2009.06	Modellazione idraulica 2D nel tratto di monte; modellazione idraulica 2D nel tratto di valle
GIS	QGIS 3.8.0, Globalmapper 13	Analisi dati geografici georeferenziati
Cartografia	ArcMap 10	Produzione carte
Relazioni	Microsoft Word 2016	Redazione relazioni tecniche

Tabella 32: Elenco dei software utilizzati per la presente verifica del pericolo e di compatibilità.

5 ELENCO DEI DATI; DELLE CARTE TEMATICHE E DEGLI ELABORATI SIGNIFICATIVI CONSULTATI

Riferimenti Normativi

- Delibera della Giunta provinciale di Trento 19 luglio 2019, n. 1066 - *“Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità (art. 10, comma 5, l.p. 1 luglio 2011, n.9)”*;
- Delibera della Giunta provinciale di Trento 19 luglio 2019, n. 1078a - *“Disposizioni tecniche per la predisposizione della Carta di Sintesi della Pericolosità (l.p. n. 15/2015, l.p. n. 9/2011)”*.

Carte e dati tematici

- Modello digitale del terreno (DTM a 1 m di risoluzione). Provincia Autonoma di Trento;
- Ortofotocarte del 2015. Provincia Autonoma di Trento;
- Shape vettoriale delle acque pubbliche della Provincia di Trento. Provincia Autonoma di Trento;
- Carta tecnica provinciale (ed. 2017). Provincia Autonoma di Trento;
- Carta dell’uso del suolo reale. Provincia Autonoma di Trento;
- Piano Urbanistico Comunale del comune di Cavalese. Provincia Autonoma di Trento;
- Tavole di progetto della briglia selettiva in cemento armato del rio Val di Roda (Cermis). Ufficio di Zona 3, Servizio Bacini Montani. Provincia Autonoma di Trento;
- Tavole di progetto della briglia selettiva in cemento armato e del bacino di deposito del rio Arizzol. Ufficio di Zona 3, Servizio Bacini Montani. Provincia Autonoma di Trento;
- Analisi geomorfologica e stima dei volumi detritici mobilizzabili dal rio Val della Roda, Comune di Cavalese. Studio Geologia Applicata;
- Relazione tecnica del progetto: “Consulenza relativa all’applicazione delle procedure di individuazione della pericolosità analitica di alcuni conoidi posti in sinistra orografica del Torrente Avisio in Val di Fiemme finalizzata alla redazione della Carta della Pericolosità – rio Arizzol”. Studio di progettazione per l’ambiente e il territorio, Dott. For. Diego Sonda.

6 BIBLIOGRAFIA

- Armanini A., Fraccarollo L., Rosatti G. 2009. Two-dimensional simulation of debris flows in erodible channels. *Computers & Geosciences*. Volume 35, Issue 5, 993-1006.
- Beven K.J., Kirkby M.J. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*. Vol. 24, Iss. 1.
- Cavalli M., Marchi L. 2006. Identificazione preliminare delle aree di pericolo legate a fenomeni torrentizi. Incarico di collaborazione tecnica sui processi torrentizi nell'alto bacino dell'Avisio: Servizio Bacini Montani della provincia autonoma di Trento e Consiglio nazionale delle ricerche IRPI Padova, 76 pp.
- Rigon, R., D'Odorico, P., and Bertoldi, G. 2001. The geomorphic structure of the runoff peak, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 1853-1863, doi:10.5194/hess-15-1853-2011.
- FLO-2D: Reference Manual (v.2009).
- O'BRIEN, J.S. 2003. FLO-2D user manual.
- Melton MA. 1965. The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *Journal of Geology*, 73, 1-38.
- Rinaldo A., Beven K.J., Bertuzzo E., Nicotina L., Davies J., Fiori A., Russo D., Botter J. 2011. Catchment travel time distributions and water flow in soils. *WRR*, 47, W07537, 13 PP., doi:10.1029/2011WR010478.
- Scheidegger A.E. 1987. *Systematic geomorphology*. Springer-Verlag.
- TRENT2D: Manuale d'utilizzo.

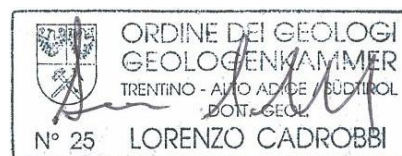
COMUNE DI CAVALESE

**“Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio, Ufficio per la
Pianificazione Urbanistica e il Paesaggio**

**ANALISI GEOMORFOLOGICA E STIMA DEI VOLUMI DETRITICI
MOBILIZZABILI DAL RIO VAL DELLA RODA, COMUNE DI CAVALESE**

REL. 4016-1/20

IL GEOLOGO



LC / LG - GENNAIO 2020

“Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio “GEOLOGIA APPLICATA” (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)





SOMMARIO

SOMMARIO.....	3
1. PREMESSA.....	4
2. ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO DELLA RODA.	5
2.1 Rio della Roda - DESCRIZIONE.....	5
2.2 Rio della Roda – DINAMICHE IN ALVEO.....	8
3. VALUTAZIONE DEL VOLUME MOBILIZZABILE (MAGNITUDO)	10
3.1.1 DOMINIO DI ALTA QUOTA (superiore a 1250 m slmm)	11
3.1.2 DOMINIO INTERMEDIO (da 1250 m s.l.m.m.)	16
3.1.3 DOMINIO DI VALLE (inferiore a 1000 m slmm).....	19
4. CONCLUSIONI	21

DAL RIO VAL DELLA RODA E RIO MICELETTE, VALLE DELLA RODA COMUNE DI CAVALESE

1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Comune di Cavalese, in occasione dell'elaborazione del nuovo PRG, viene redatto il presente elaborato geologico-geomorfologico del bacino idrografico del torrente "Rio Val della Roda", un affluente di sinistra orografica del fiume Avisio. Tale studio risulta essere propedeutico per l'analisi idraulica a cura dello studio In.Ge.Na.di Bolzano.

Il presente studio si prefigura di analizzare le morfologie definendo i processi torrentizi prevalenti e di giungere ad una stima geomorfologica del materiale mobilizzabile presente in alveo o nelle immediate vicinanze.

In Figura 1 si riporta l'immagine tridimensionale del bacino di studio tratta da Google Earth.

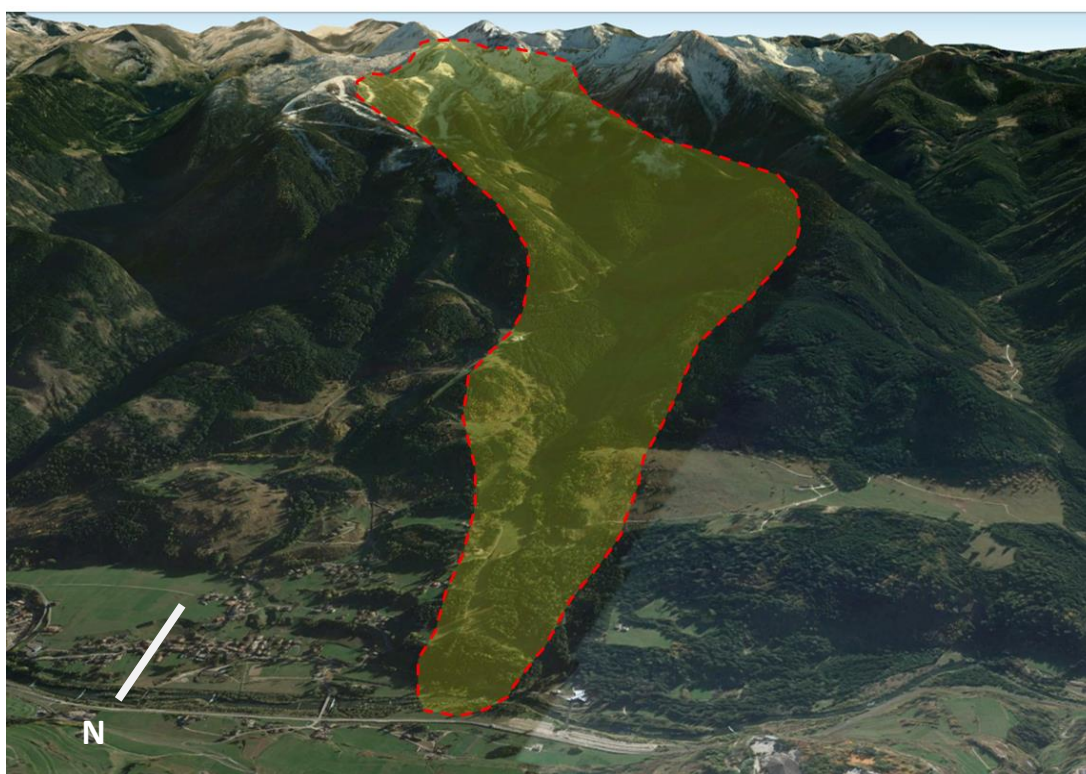


Figura 1 Versante sinistro della valle di Fiemme con indicato il bacino idrografico di studio



2. ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL RIO DELLA RODA.

Il bacino idrografico si sviluppa sul fianco sinistro della val di Fiemme, il contesto geologico è quello presentato in TAVOLA A.

Nei prossimi sottocapitoli si presenteranno separatamente le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino studiato descrivendo inoltre le dinamiche in alveo riconoscibili su base morfologica.

2.1 Rio della Roda - DESCRIZIONE

Il bacino idrografico del Rio della Roda è situato in sinistra idrografica della Val di Fiemme, all'interno del gruppo montuoso dei Lagorai immediatamente a sud rispetto all'abitato di Cavalese (TN).

Il bacino copre un dislivello di circa 1550m, dalla cresta di confine con la Val Moena a sud (Cimon del To de la Tràpola (2399 m slmm) fino alla zona di affluenza al Torrente Avisio, a circa 850 m slmm. Il torrente ha una lunghezza di circa 6.5 km e corre da sud verso nord.

La testata ha forma triangolare con vertice rappresentato dalla cima Cimon del To de la Tràpola ed è definita sui due lati dallo sviluppo di ripide creste che terminano verso nordest con il Paion del Cermis (2229 m slmm), e verso nordovest coincide con la Corda del To de la Trappola.

Il contesto geologico in cui si sviluppa il torrente è riportato in TAVOLA A ed è caratterizzato principalmente da:

- Depositi sciolti a modesto spessore nella parte di monte e più profondi nella porzione di valle tutti appartenenti a processi glaciali e postglaciali.
- Bedrock di natura vulcanica (Formazione di Ora - Lapilli, di colore dal grigio al rosso, massicci, idrotermalizzati, con netta e regolare fessurazione sub verticale, ricchi di fiamme e litici allungati nel senso del flusso piroclastico.; Formazione di Regana - Lave andesitiche-dacitiche, lave massicce oppure vulcanoclastiti, brecce vulcaniche saldate).



Nella parte alta del bacino, a quota superiore a 1000 m slmm, e nelle porzioni centrali dell'asta torrentizia i depositi sono prevalentemente a natura molto grossolana (blocchi decimetrici/metrici a forma sub arrotondata) con abbondante ghiaia e scarsa componente fine.

Nelle porzioni a quota inferiore invece, dove nel tempo il torrente in esame e il torrente Avisio hanno apportato potenti successioni di detriti, si ritrovano abbonanti sabbie e ghiaie con ciottoli di dimensioni decimetriche, limo sabbioso ricco di frazione organica.

Gli affioramenti presenti sulle creste producono importanti quantitativi di materiale detritico che si accumulano ai piedi delle pareti rocciose tramite i processi di crollo s.l.. Le dinamiche che però hanno portato alla produzione dei quantitativi maggiori di detrito risultano comunque quelle glaciali, che hanno interessato più recentemente soprattutto la parte settentrionale del bacino. In tale porzione infatti, a partire da circa 900-1000 m slmm, si trovano le coltri detritiche più spesse di origine fluvio-glaciale incise e terrazzate del Torrente Avisio. Tali accumuli detritici sono incisi in direzione nord/sud da solchi erosivi appartenenti al torrente Rio della Roda.

L'asta torrentizia principale riceve inoltre apporti d'acqua e sedimento da corsi d'acqua secondari di natura principalmente effimera che si sviluppano durante intense precipitazioni e raccolgono le acque provenienti dai più elevati tratti di versante.

A circa 1000 m slmm di quota è stata realizzata una briglia selettiva per impedire ai blocchi più voluminosi di procedere verso valle (Figura 2). La briglia durante gli eventi di piena sta avendo anche funzione di rallentamento della velocità della corrente a monte e permette il deposito del materiale a granulometria più elevata (ciottoli e blocchi) riducendo il carico solido. Infatti immediatamente a monte della briglia per circa 50 m si può osservare un cospicuo deposito di blocchi aventi volumetria massima di circa 0.5 mc. Figura 3



Figura 2 Briglia selettiva a quota 1000 m slmm



Figura 3 greto del torrente a monte della briglia



2.2 Rio della Roda – DINAMICHE IN ALVEO

La campagna di rilevamento svolta sul terreno, unita all'osservazione dei dati disponibili (carta geologica della PAT e acquisizione LIDAR morfologica) ha permesso di caratterizzare in tratti omogenei il tracciato torrentizio individuando n.6 tratti con caratteristiche simili che si sviluppano in **tre macro-zone o domini**. Il limite tra questi dipende dalla pendenza del versante, dalla tipologia di substrato e dalla disponibilità idrica:

- **DOMINIO DI ALTA QUOTA** (superiore a 1250 m slmm), si tratta della porzione sommitale del bacino, caratterizzato da forte pendenza, bedrock subaffiorante e coltri detritiche quasi sempre pedogenizzate di modesto spessore (stimato massimo attorno a 2.5-3 m). Si osservano modesti processi di erosione delle sponde e trasporto.
- **DOMINIO INTERMEDIO**, dove il corso d'acqua si sviluppa in una porzione a modesta pendenza su coltri di sedimento a spessore variabile superiore ai 5 m. Si osservano principalmente **processi di trasporto/accumulo di sedimento**.
- **DOMINIO DI VALLE**, dove storicamente sono prevalsi nel tempo meccanismi deposizionali e formazione del conoide torrentizio legati principalmente a fenomeni di colata detritica e alluvione torrentizia che hanno lasciato sul terreno morfologie dolci e lobi di sedimento. Attualmente il processo in atto ad opera del torrente è **principalmente erosivo**.

Una suddivisione più accurata è stata condotta nel capitolo 3 in cui si valutano le volumetrie di materiale mobilizzabile ed erodibile e le caratteristiche principali per ogni tratto.

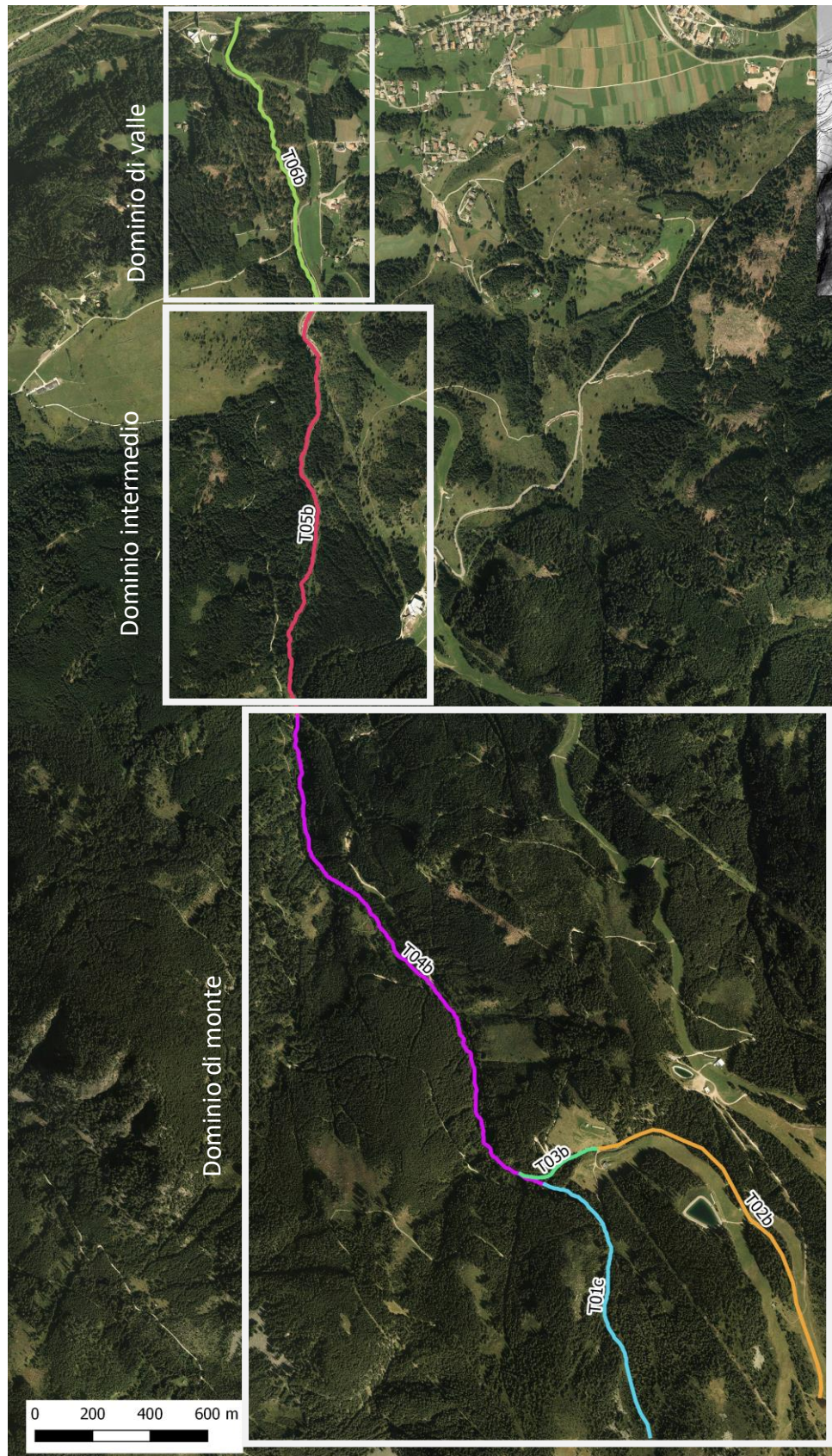


Figura 4 Ortofoto (2015) e suddivisione dell'alveo principale in tratti omogenei



3. VALUTAZIONE DEL VOLUME MOBILIZZABILE (MAGNITUDO)

Oltre al riconoscimento delle dinamiche attive nell'alveo del torrente si è provveduto a calcolare la volumetria del materiale mobilizzabile suddividendo l'analisi in tratti (Figura 4, pagina seguente). Ogni tratto è caratterizzato da un codice alfanumerico con numerazione progressiva e lettera che indica il metodo di classificazione e stima:

- Rilievo di dettaglio lungo l'intero tratto (a),
- Tramite uno o alcuni sopralluoghi in precisi punti del tratto (b)
- Tramite informazioni indirette/panoramiche (c).

Ogni tratto è poi stato caratterizzato in maniera sintetica come geometria, geologia e geomorfologia. A tale proposito si precisa che:

- È presente un'indicazione sulla disponibilità di materiale in alveo, che può essere limitata o illimitata. Si considera limitata nei casi in cui il substrato roccioso (nella maggior parte dei casi inerodibile alla scala d'evento) è affiorante o presente a bassa profondità, quindi raggiungibile dall'erosione. Essa si considera limitata anche nel caso in cui siano presenti dei depositi detritici la cui granulometria sia significativamente superiore alla competenza della mistura acqua-sedimento (classico caso: blocchi e massi da crollo in alveo).
- Il grado di attività è indicativo della "freschezza" delle forme riconosciute, dalla spigolosità alla colonizzazione della vegetazione pioniera, e vuole essere un parametro indicativo della propensione all'attivazione delle dinamiche riconosciute in quel tratto di alveo.

Infine, sempre per ogni tratto, è stato stimato il materiale mobilizzabile, diviso tra quello erodibile in alveo, sulle sponde e proveniente da apporti esterni. La stima dei volumi è avvenuta, in linea di massima, secondo le indicazioni di Spreafico et al. (1996)

3.1.1 DOMINIO DI ALTA QUOTA (superiore a 1250 m slmm)

Segmenti coinvolti:	:	T01c, T02b, T03b, T04b
Quota tratto	:	da 1250 a 2050 m s.l.m.m.
Pendenza media	:	da 19° nel tratto più a monte (T01c) a 12°(T04b)
Profondità del bedrock in alveo	:	da 0 a 2.5 m
Tipologia di sedimento presente	:	ghiaia e ciottoli con blocchi
Apporti laterali	:	frane/ crolli (1-2 mc) ed erosione di sponda possibili

nei tratti in cui la valle è più stretta per effetto
di erosione al piede

Sezione tipo:

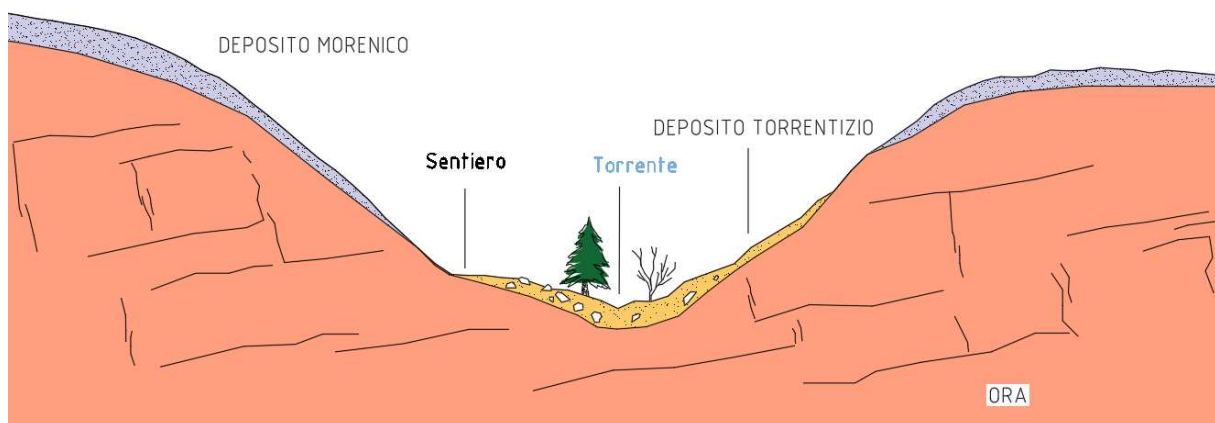


Figura 5 Sezione tipo per la porzione di torrente “dominio di alta quota”

ANALISI DEL TRATTO T01c				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		1047/3		
QUOTA (m s.l.m.m.)		1686÷2056		
GEOLOGIA		Depositi glaciali/bedrock		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		erosione-trasporto-scarso deposito		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		limitata		
GRADO DI ATTIVITA'		basso		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		no		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI extra	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
1250	40	5	1295	1.2

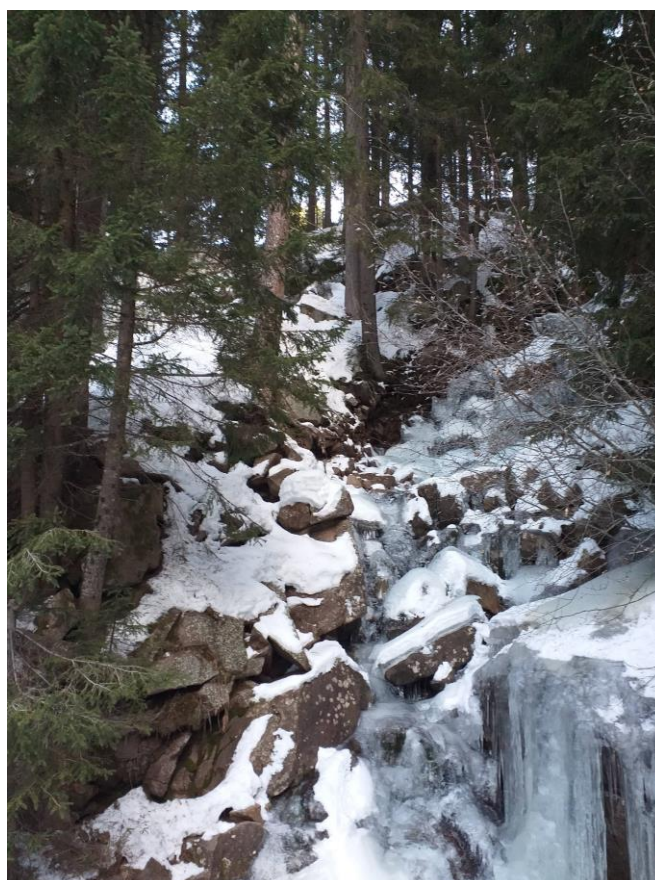


Figura 6 Tratto del torrente nel tratto in cui scorre sul bedrock T01c

ANALISI DEL TRATTO T02b				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		1383/3		
QUOTA (m s.l.m.m.)		1747÷2050		
GEOLOGIA		Depositi glaciali/bedrock		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		Erosione-trasporto		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		Limitata		
GRADO DI ATTIVITA'		Basso		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		No		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI extra	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
2075	690	0	2765	2

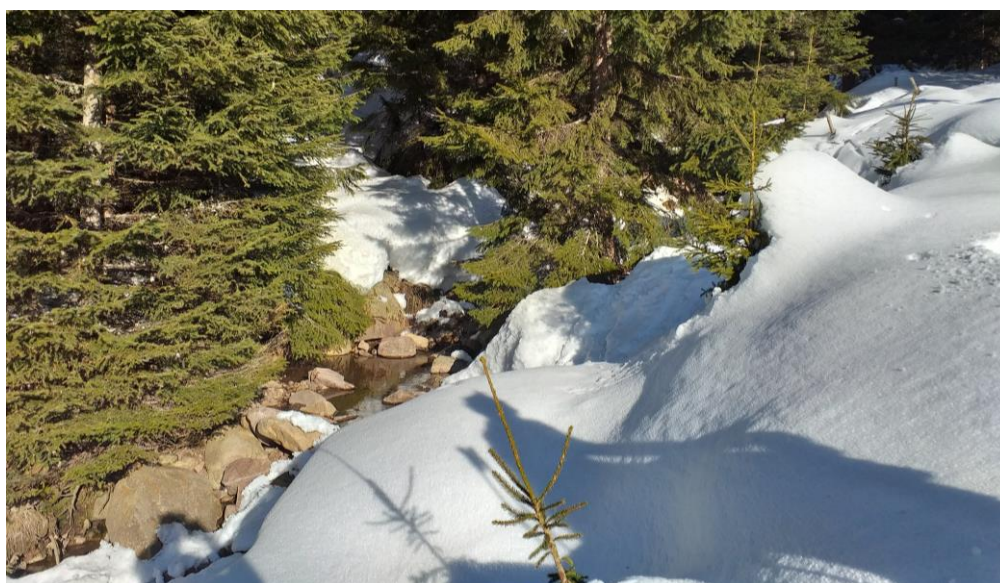


Figura 7 Tratto rappresentativo per T02b

ANALISI DEL TRATTO T03b				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		297/3		
QUOTA (m s.l.m.m.)		1664÷1747		
GEOLOGIA		Bedrock		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		Erosione-trasporto		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		Limitata		
GRADO DI ATTIVITA'		Basso		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		No		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
356	70	0	426	1.4



Figura 8 Tratto rappresentativo per T03b

ANALISI DEL TRATTO T04b				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		2036/5		
QUOTA (m s.l.m.m.)		1250÷1687		
GEOLOGIA		Detrito sciolto di origine torrentizia/erosione di versante		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		Erosione-trasporto		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		Limitata		
GRADO DI ATTIVITA'		Medio		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		No		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
8 150	1 480	1 000	10 630	5.2

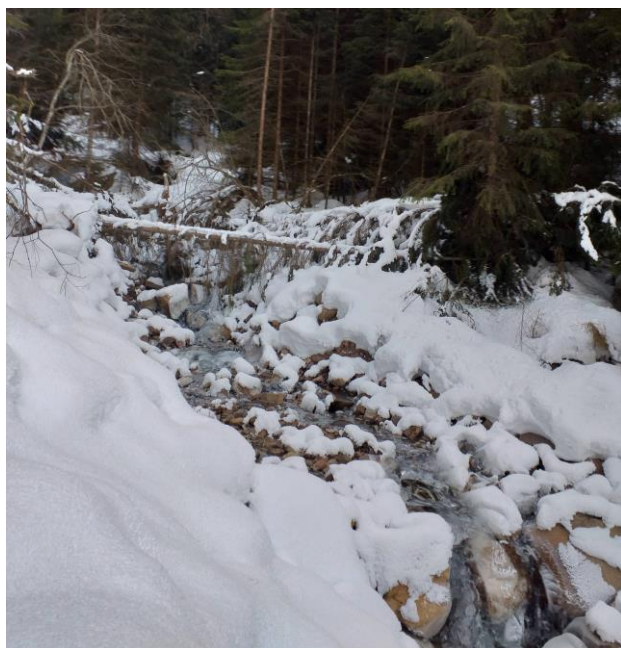


Figura 9 Tratto rappresentativo per T04b (foto di sinistra) con briglia sospesa danneggiata per erosione delle sponde (foto di destra)

3.1.2 DOMINIO INTERMEDIO (da 1250 m s.l.m.m.)

Segmenti coinvolti:	:	T05b
Quota segmento	:	da 1250 a 1000 m slmm
Pendenza media	:	9°
Profondità del bedrock in alveo	:	superiore a 5.0 m
Tipologia di sedimento presente	:	ghiaia e ciottoli con blocchi
Apporti laterali	:	erosione di sponda
Sezione tipo:		

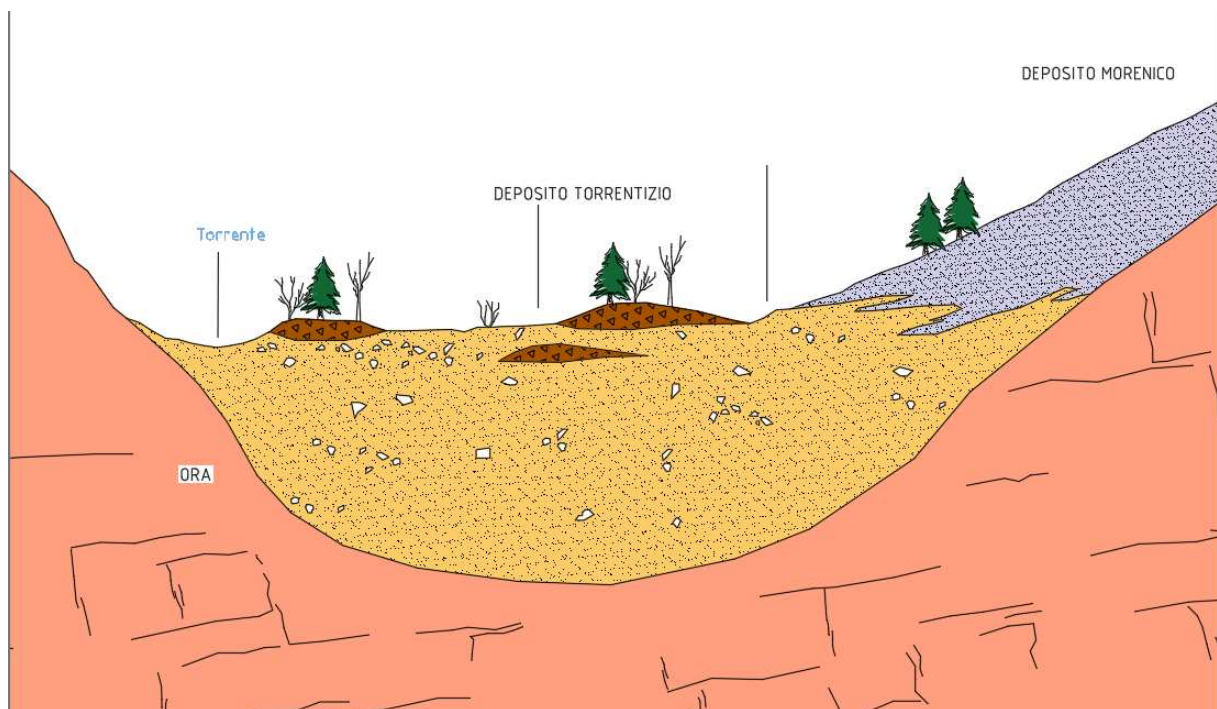


Figura 10 Sezione tipo per la porzione di torrente “dominio intermedio”

ANALISI DEL TRATTO T05b				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		1546/20		
QUOTA (m s.l.m.m.)		1250÷1687		
GEOLOGIA		Depositi morenici e torrentizi		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		Erosione-trasporto- deposito di debris flow		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		Illimitata		
GRADO DI ATTIVITA'		Alto		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		Si		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
15 450	370	1 100	16 920	11



Figura 11 Alveo del torrente nel tratto T05b



Figura 12 Deposito di debris flow in alveo.

3.1.3 DOMINIO DI VALLE (inferiore a 1000 m slmm)

Segmenti coinvolti:	:	T06b
Quota tratto	:	da 849 a 1000 m s.l.m.m.
Pendenza media	:	7.5°
Profondità media del bedrock in alveo	:	superiore a 8 m
Profondità alveo (altezza sponde)	:	da 1 m fino a 5 m
Tipologia di sedimento presente	:	ghiaia e ciottoli con blocchi
Apporti laterali	:	erosione di sponda

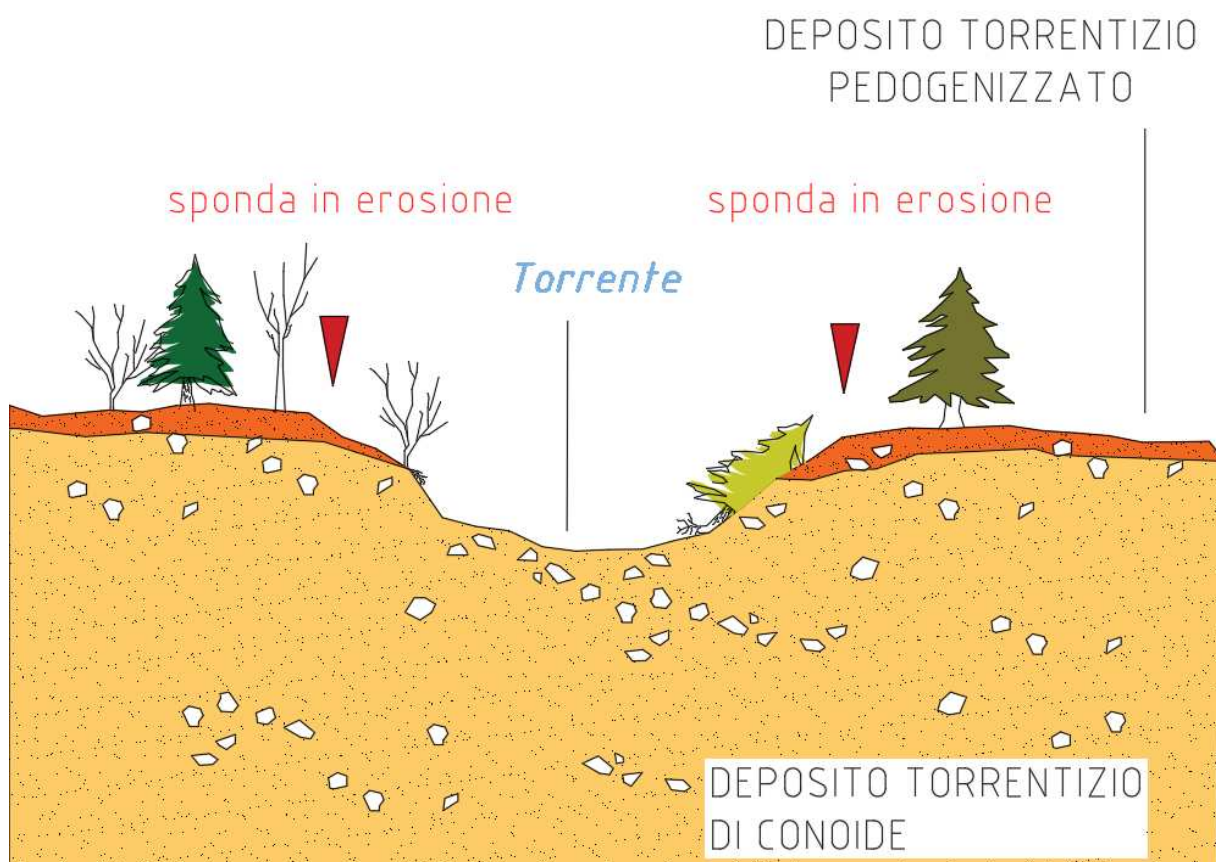


Figura 13 Sezione tipo per il dominio di valle

ANALISI DEL TRATTO T06b				
LUNGHEZZA/LARGHEZZA MEDIA (m)		1148/15		
QUOTA (m s.l.m.m.)		849÷1000		
GEOLOGIA		Conoide alluvionale torrentizio/fluviale		
DINAMICA GEOMORFOLOGICA D'ALVEO		Erosione-trasporto- Incisione dei depositi glaciali di conoide		
DISPONIBILITA' DI MATERIALE		Illimitata		
GRADO DI ATTIVITA'		Medio		
DEPOSITI TORRENTIZI FUORI ALVEO		Sì ma non recenti		
VOLUMI MOBILIZZABILI (m³)				
VOLUME ALVEO	VOLUME SPONDE	APPORTI LATERALI	VOLUME TOTALE TRATTO	m³/m
8 600	1 200	0	10 000	9.5

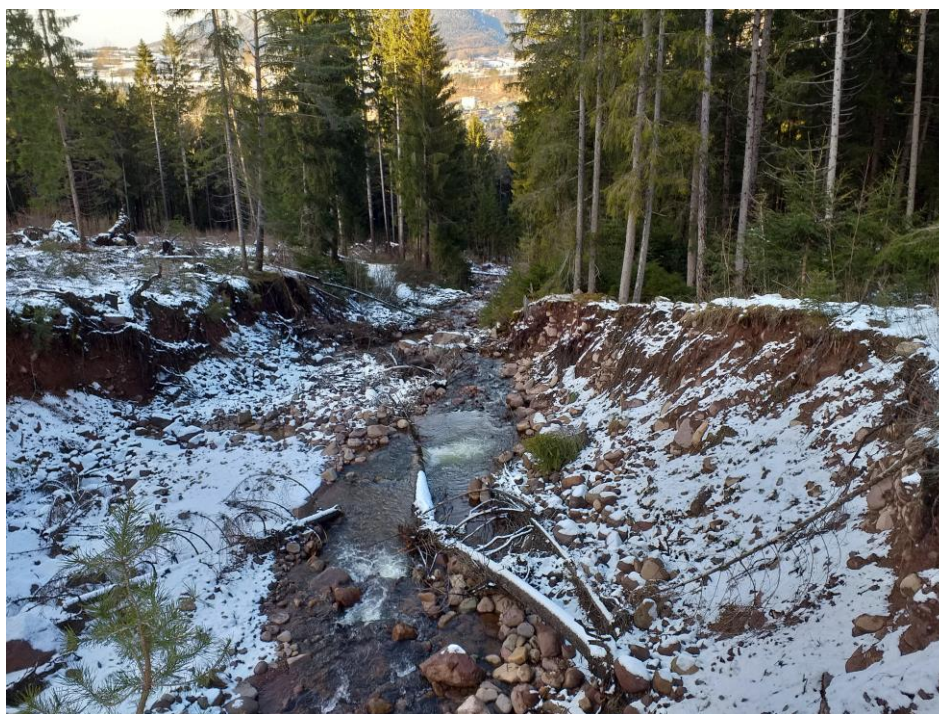


Figura 14 Tratto del corso del torrente Rio della Roda attorno a quota 900 m s.l.m.m. Le sponde sono periodicamente interessate da fenomeni erosivi



4. CONCLUSIONI

Per conto del committente, il Comune di Cavalese, in occasione dell'elaborazione del nuovo PRG, è stato redatto il presente elaborato geologico-geomorfologico del bacino idrografico del torrente "Rio Val della Roda", un affluente di sinistra orografica del fiume Avisio propedeutica per l'analisi idrologica.

L'analisi, basata su rilievi diretti eseguiti lungo l'asta torrentizia, la consultazione della carta geologica della PAT e della consultazione di studi pregressi ha permesso di:

- Suddividere il torrente in segmenti con caratteristiche simili
- Eseguire una stima del materiale mobilizzabile dal torrente utilizzando il metodo di Spreafico et al. (1996) che consente di stimare separatamente la volumetria mobilizzata dal fondo e dalle sponde.

STIMA DEI VOLUMI TOTALI MOBILIZZABILI (considerando l'attivazione simultanea di tutte le sorgenti di sedimento)		
Nome tratto	Volume totale tratto (mc)	Apporto detritico per tratto (mc/m)
TRATTO T01c	1 300	1.2
TRATTO T02c	2 750	2.0
TRATTO T03c	430	1.4
TRATTO T04b	10 650	5.2
TRATTO T05a	16 930	11.0
TRATTO T06b	10 900	9.5
TOTALE	50 590	

In conclusione si può affermare che in prevalenza il torrente si sviluppa su un substrato mobilizzabile a seguito di eventi meteorologici intensi, tali fenomeni hanno forma di debris flow con formazione di accumulo di sedimento a quote superiori a 1000 m slmm. Al di sotto di tale



quota il torrente risulta essere notevolmente incassato nelle antiche coltri detritiche (depositi fluvio glaciali terrazzati dell'Avisio e depositi di debris flow del Rio della Roda stesso) e presenta quindi caratteristiche erosive.

La presenza della briglia selettiva a quota 1000 evita il conferimento a valle dei blocchi più voluminosi che potrebbero ostruire il normale deflusso delle acque presso gli attraversamenti del torrente (ponti carrabili, pedonali e sciabili).

Mezzocorona, gennaio 2020