



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - COMUNE DI CANAZEI



Variante 2018 al P.R.G. del Comune di Canazei
Variante puntuale 26.11
Parte Idraulica-Nivologico-Valanghiva

Studio di compatibilità idraulica

COMM.	DOC.	REV.	DESCRIZIONE	EMESSO	CONTR.	APPR.	DATA
082	R1	0	Prima emissione	A.V.	A.V.	A.V.	AGOSTO 2022

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	OGGETTO	3
3	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	4
4	VARIANTE PRG 2018 - VARIANTE PUNTUALE 26.11	6
5	CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ	8
6	RIO IDR003_A1010300120010010003 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	13
	6.1 Descrizione del corso d'acqua	13
	6.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale	14
	6.3 Modellazione idrologica	15
	6.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003	15
	6.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN	17
	6.3.3 Analisi idrologica	19
	6.4 Analisi idraulica	26
	6.5 Conclusioni	27
7	RIO IDR003_A1010300110020020001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	29
	7.1 Descrizione del corso d'acqua	29
	7.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale	30
	7.3 Modellazione idrologica	30
	7.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001	31
	7.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN	33
	7.3.3 Analisi idrologica	34
	7.4 Analisi idraulica	36
	7.5 Conclusioni	37
8	RIO IDR003_A101A100120010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	39
	8.1 Descrizione del corso d'acqua	39
	8.2 Analisi storica eventi alluvionali	42
	8.3 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale	43
	8.4 Modellazione idrologica	43
	8.4.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001	43
	8.4.2 Geolitologia, uso del suolo e CN	45
	8.4.3 Analisi idrologica	46
	8.5 Analisi idraulica	49
	8.6 Conclusioni	51
9	RIO IDR003_A101A100130010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	53
	9.1 Descrizione del corso d'acqua	53
	9.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale	53
	9.3 Modellazione idrologica	54
	9.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001	54
	9.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN	56
	9.3.3 Analisi idrologica	57
	9.4 Analisi idraulica	59
	9.5 Conclusioni	60

10	RIO CERNADOI - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	62
10.1	Descrizione del corso d'acqua.....	62
10.2	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale.....	66
10.3	Modellazione idrologica	66
10.3.1	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio Cernadoi	66
10.3.2	Geolitologia, uso del suolo e CN.....	68
10.3.3	Analisi idrologica.....	69
10.4	Analisi idraulica.....	71
10.5	Conclusioni	72
11	RIO IDR003_A101A100190010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ.....	73
11.1	Descrizione del corso d'acqua.....	73
11.2	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale.....	74
11.3	Modellazione idrologica	74
11.3.1	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001	74
11.3.2	Geolitologia, uso del suolo e CN	76
11.3.3	Analisi idrologica.....	77
11.4	Analisi idraulica.....	80
11.5	Conclusioni	81
12	RIO IDR003_A101A100180020020001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	83
12.1	Descrizione del corso d'acqua.....	83
12.2	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale.....	84
12.3	Modellazione idrologica	84
12.3.1	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001	84
12.3.2	Geolitologia, uso del suolo e CN.....	86
12.3.3	Analisi idrologica.....	87
12.4	Analisi idraulica.....	89
12.5	Conclusioni	91
13	RIO IDR003_A101A100220010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	93
13.1	Descrizione del corso d'acqua.....	93
13.2	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale.....	94
13.3	Modellazione idrologica	94
13.3.1	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001	95
13.3.2	Geolitologia, uso del suolo e CN.....	96
13.3.3	Analisi idrologica.....	97
13.4	Analisi idraulica.....	100
13.5	Conclusioni	101
14	RIO IDR003_A101A100230010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	102
14.1	Descrizione del corso d'acqua.....	102
14.2	Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale.....	102
14.3	Modellazione idrologica	103
14.3.1	Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001	104
14.3.2	Geolitologia, uso del suolo e CN.....	105
14.3.3	Analisi idrologica.....	106
14.4	Analisi idraulica.....	108
14.5	Conclusioni	109
15	ANALISI VALANGHIVA: LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	111

16	DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO	113
16.1	Geomorfologia	113
16.2	Analisi siti valanghivi	114
1.1.1.	A10103V010 "La Lasta"	116
1.1.2.	A101A1V001 "Toel Lench"	118
1.1.3.	A101A1V002 "Arsei"	122
1.1.4.	A101A1V003 "Vallaccia - Spiz de Forcella"	124
1.1.5.	A101A1V004 "Ruises"	127
17	CONSIDERAZIONI FINALI	131
17.1	Aspetti idraulici	131
17.2	Aspetti valanghivi	131
18	RIFERIMENTI NORMATIVI	133

1 PREMESSA

Il Comune di Canazei con decreto del Commissario ad acta Dott. Arch. Sergio Nicolini n. 2 d.d. 02.12.2021 ha adottato una variante al proprio PRG al fine di aggiornare lo strumento urbanistico con interventi puntuali di riordino urbano, inserire nuove previsioni insediative in risposta ad esigenze abitative di prima casa, e infine allo scopo di adeguare e modificare diverse aree sciabili presenti sul territorio con l'individuazione di alcuni ampliamenti volti a migliorarne la fruibilità e a realizzare nuovi collegamenti.

La variante in esame è denominata "Variante 2018" in quanto ripropone in gran parte i contenuti della variante al PRG di Canazei precedentemente adottata con deliberazione consiliare n. 24 del 30 luglio 2019 e in via definitiva con deliberazione consiliare n. 13 del 22 maggio 2020 e successivamente annullata con Decreto del Commissario ad Acta n. 01 di data 21 aprile 2021.

La modifica allo strumento urbanistico è stata poi sottoposta all'iter previsto per i piani regolatori dagli artt. 39 e ss. della L.P. 15/2015.

Nell'ambito di tale procedura è stato acquisito il parere della Conferenza di pianificazione della Provincia Autonoma di Trento, la quale con verbale di data 28.03.2022, ricevuto al protocollo comunale in data 13.04.2022 (termine da cui decorre la scadenza di cui all'art. 37 co. 8 della L.P. 15/2015) ha chiesto al Comune di Canazei alcune integrazioni da produrre con la seconda adozione dello strumento urbanistico.

Con riferimento alla variante puntuale 26.11 (Area Ciampac - Campo scuola), relativa alla modifica della perimetrazione delle aree sciabili al fine di realizzare un quadro di sviluppo organico nei possibili collegamenti tra le diverse zone sciistiche, il parere riporta quanto riassunto di seguito:

- ✓ Il Servizio Urbanistica e Tutela del Paesaggio ha evidenziato che le nuove previsioni urbanistiche legate all'aumento delle aree sciabili presenti sul territorio di Canazei intercettano aree a penali elevata, media e da approfondire della Carta di sintesi della pericolosità. I fenomeni che le determinano sono generalmente di origine geologica, torrentizia e nivologica e possono prevedibilmente ripercuotersi in maniera negativa sulle diverse attività umane, ammesse nel demanio sciabile, condizionando di fatto l'uso del territorio. L'adozione delle varie porzioni in aumento del demanio sciabile di Canazei è ammissibile solamente se l'intervento prospettato, correlato alla singola variante, possa ritenersi compatibile al fenomeno atteso per via della predisposizione di opere difensive e/o misure di sicurezza.

Si ravvisa la mancanza degli studi di compatibilità che dimostrino, almeno in via preliminare ed in relazione all'analisi della situazione locale, la reale fattibilità delle opere ed interventi prospettati.

- ✓ Sotto il profilo di specifica competenza, il Servizio Bacini montani specifica che, in base alla normativa della CSP, non sono ammesse varianti urbanistiche che determinino un aggravio rispetto alla situazione vigente in aree a penali P4, P3 e APP, a meno che non siano supportate da studio di compatibilità redatto ai sensi della normativa di riferimento in fase di pianificazione. Qualora, invece, le destinazioni urbanistiche di progetto siano migliorative o equiparabili rispetto a quelle in vigore e ricadano in aree a penali della CSP, eventuali interventi, dovranno essere supportati da studio di compatibilità redatto in fase progettuale.

Tali studi devono valutare per tutte le opere che interferiscono con aree a penali della CSP almeno la fattibilità degli interventi previsti in relazione alle penali individuate e dettare, quanto meno in linea di massima, gli elementi,

le condizioni, le eventuali opere e misure di mitigazione che il progetto esecutivo dovrà poi recepire, definire e dettagliare al fine di rendere compatibile l'intervento previsto.

Tale variante intercetta inoltre la rete idrografica, che va salvaguardata: ai sensi dell'art.29 delle N.d.A. del PGUAP è vietata la copertura dei tratti a cielo aperto.

- ✓ Sotto il profilo di specifica competenza, il Servizio Geologico rileva che le aree interessate intercettano diverse criticità dal punto di vista geologico ed altrettante aree a penalità media P3 ed elevata P4 della Carta di Sintesi della Pericolosità. Sulla base della normativa vigente, questa variante, incrementando il carico antropico ed aumentando, di conseguenza, l'esposizione al pericolo nelle aree a penalità suddetta, richiedono degli elementi di valutazione in fase pianificatoria. Pertanto, anche in questa fase è necessario che siano predisposti degli studi di compatibilità e degli approfondimenti che escludano eventuali criticità geologiche, in funzione dell'intervento che si intende proporre, ai fini per quanto possibile anche di una eventuale fase progettuale.

Il Servizio Geologico, inoltre, segnala la necessità di considerare l'interferenza delle diverse varianti con la Carta delle Risorse Idriche del PUP, al fine della tutela delle sorgenti idriche e delle acque ad uso potabile, secondo la normativa vigente.

2 OGGETTO

Oggetto della presente è lo studio di compatibilità idraulica relativa alla Variante puntuale 26.11 Area Ciampac - Campo scuola del P.R.G. del Comune di Canazei.

Nello specifico, lo studio di compatibilità ha lo scopo di indagare le pericolosità idraulica e valanghiva del versante montuoso compreso tra la "scuola sci" e gli impianti del "Ciampac".

Come descritto nel capitolo 5, in base alle indicazioni della Carta di Sintesi della Pericolosità della PAT gli interventi in progetto interessano 8 aree con penalità legata a fenomeni alluvionali torrentizi e 3 aree con penalità valanghiva.

Si precisa che la zona oggetto di indagine comprende anche delle aree nelle quali si riscontrano penalità di natura geolitologica, il cui studio - svolto dal dott. geol. Luigi Frassinella - non è compreso nella presente.

3 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

La variante puntuale 26.11 è riferita all'Area Ciampac - Campo scuola e prevede l'ampliamento dell'area sciabile al fine di realizzare i seguenti interventi:

- ✓ un **impianto a fune** con stazione di partenza in località Ciasates e stazione di arrivo ai piedi della Crepa de Solèlbres, in corrispondenza della strada forestale esistente. L'impianto, con portata di 2'200 p/h, sarà utilizzato sia nella stagione invernale - a servizio delle nuove piste da sci e da slittino in progetto - sia in quella estiva, come punto di partenza per escursioni a piedi o in mountain bike;
- ✓ una **pista blu** presso il campo scuola sul versante rivolto a nord a monte delle abitazioni della località Soraperra. La pista, avrà una lunghezza totale di 1'150 m ed un dislivello complessivo pari a 210 m, con pendenza media che si attesta sul 18 %. Le pendenze della zona iniziale saranno prossime al 25 % con punte locali - per tratti molto ridotti - del 30 %; nella zona di arrivo invece le pendenze si riducono, approssimandosi al 6 %. La nuova pista collegherà la zona del campo scuola al resto delle aree sciabili di Canazei, permettendo di raggiungere le zone del Ciampac, del Belvedere o del Col Rodella con gli sci ai piedi;
- ✓ uno **skiweg Canazei-Ciampac**, che partirà da quota 1'656 m s.l.m. a monte di località Soraperra, in corrispondenza dell'arrivo del nuovo impianto di risalita e dell'inizio della nuova pista da sci, e raggiungerà la partenza degli impianti del Ciampac a quota 1'496 m s.l.m., sviluppandosi per circa 1'830 m con una pendenza media del 9 %;
- ✓ **altri skiweg**, sfruttando in gran parte il sedime delle strade forestali esistenti - aggiustate ed allargate ove necessario - per creare collegamenti tra la zona del Ciampac e la zona del Campo scuola;
- ✓ un **ascensore inclinato** lungo il pendio a prato presente subito a monte della piazza di Alba, per permettere agli sciatori di raggiungere la partenza degli impianti con gli sci ai piedi;
- ✓ aree a **parcheggio e verde pubblico**, una presso l'area a parco giochi sita in destra dell'Antermont ed una in sostituzione del campeggio esistente (qualora almeno una parte di esso venga spostata in altra area);
- ✓ una **pista da slittino** sfruttando l'attuale sedime della strada forestale che da quota 1'656 m s.l.m. porta fino a quota 1'446 m s.l.m., presso la piana del campo scuola; attraverso limitati movimenti terra si potrà uniformare la larghezza della strada ad un valore prossimo ai 3 m e sistemare gli avvallamenti esistenti, ottenendo una pista con lunghezza totale di 1'885 m e pendenza media dell'11 %;
- ✓ un percorso tipo **zip-Line**; si tratta di un impianto a fune costituito da un cavo d'acciaio sospeso tra due punti con quote differenti al quale ci si aggancia per una veloce discesa che regala la sensazione del volo libero. I punti di aggancio del cavo d'acciaio sono costituiti da elementi arborei adulti.

Per maggiore chiarezza si riporta di seguito la localizzazione su ortofoto degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11 e l'indicazione dei corsi d'acqua interferenti.

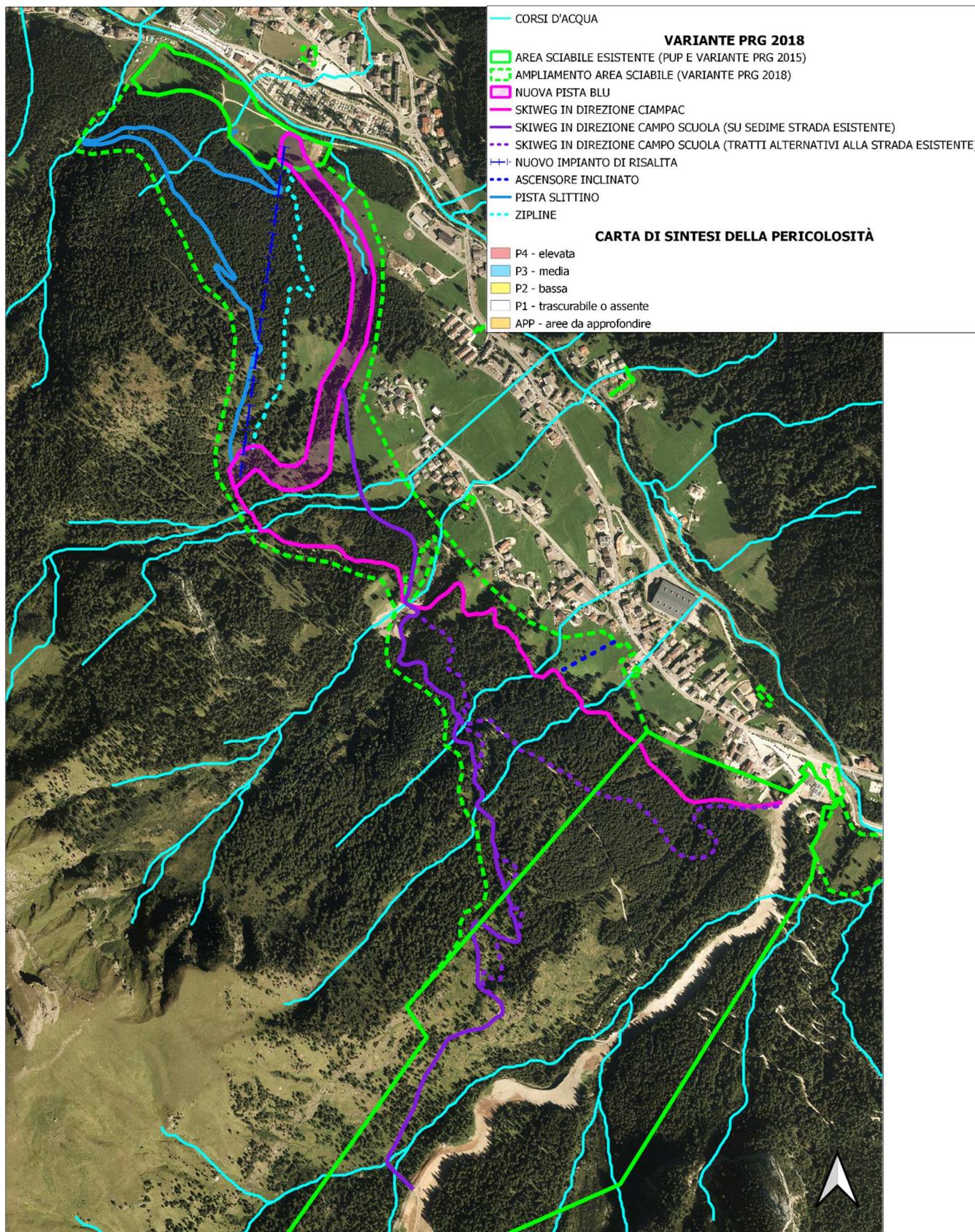


Figura 3.1: localizzazione su ortofoto degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11

4 VARIANTE PRG 2018 - VARIANTE PUNTUALE 26.11

Si riporta di seguito un estratto della Variante al PRG 2018 del Comune di Canazei con l'indicazione della nuova area sciabile (tratteggio verde) in cui sono previsti gli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11 Area Ciampac - Campo scuola.

Come desumibile dall'immagine, la maggior parte delle aree interessate dalle opere in progetto ricade all'interno di aree destinate ad attività agro-silvo-pastorali e più precisamente in aree a bosco (E4) ed a pascolo (E5).

Per quanto riguarda l'incidenza della variante sulla destinazione urbanistica di aree di proprietà pubblica gravate da uso civico, si faccia riferimento a quanto indicato nella "Relazione usi civici", parte integrante della documentazione relativa alla Variante 2018, nella quale vengono individuate le particelle interessate, la titolarità e la percentuale di estensione della stessa ricadente all'interno del perimetro della variante proposta rispetto alla superficie totale della particella in esame.

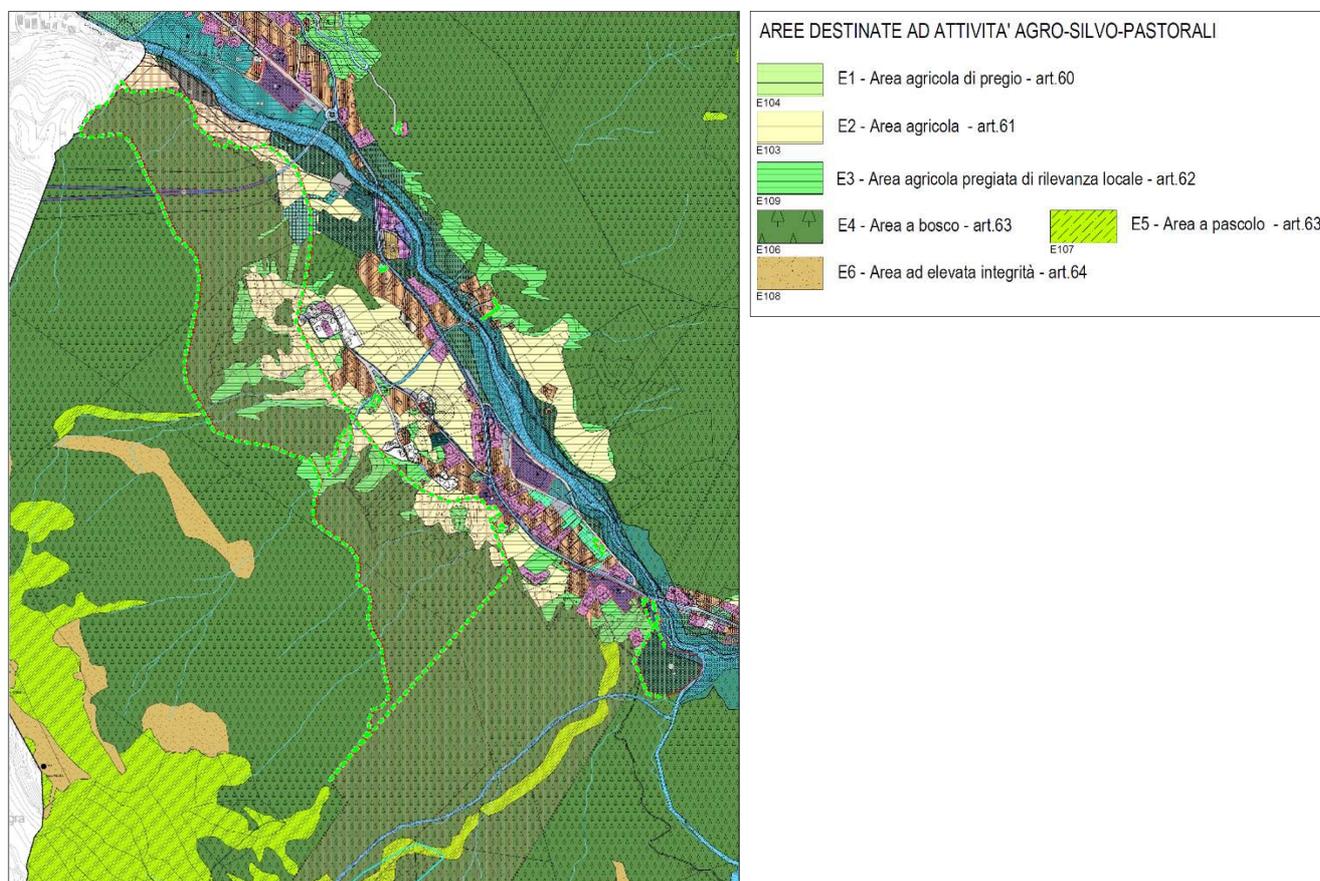


Figura 4.1: Variante PRG 2018 e localizzazione degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11 - Estratto tavola RA.05.1 CAMPO SCUOLA-CIAMAPC

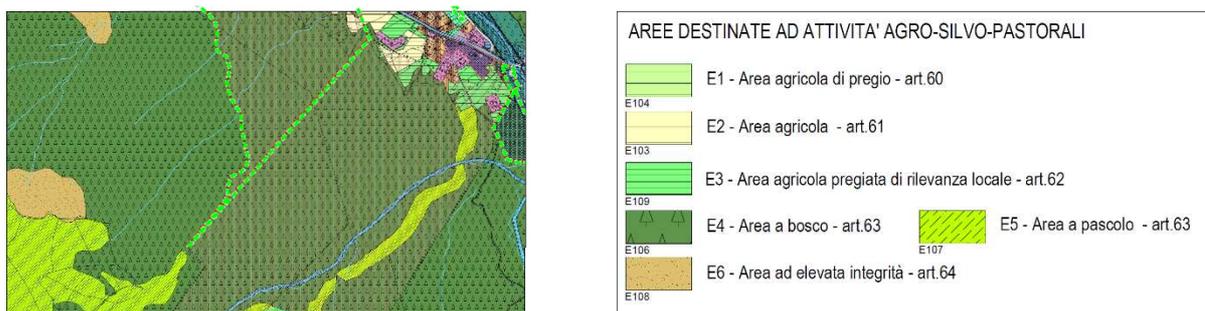


Figura 4.2: Variante PRG 2018 e localizzazione degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11 - Estratto tavola RA.05.2 CIAMAPC

5 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

Per analizzare ed approfondire le penalità ai fini dell'uso del suolo che caratterizzano le aree in esame, si riporta di seguito l'estratto della Carta di Sintesi della Pericolosità, approvata dalla Giunta Provinciale in data 04.09.2020 e vigente sull'intero territorio provinciale.

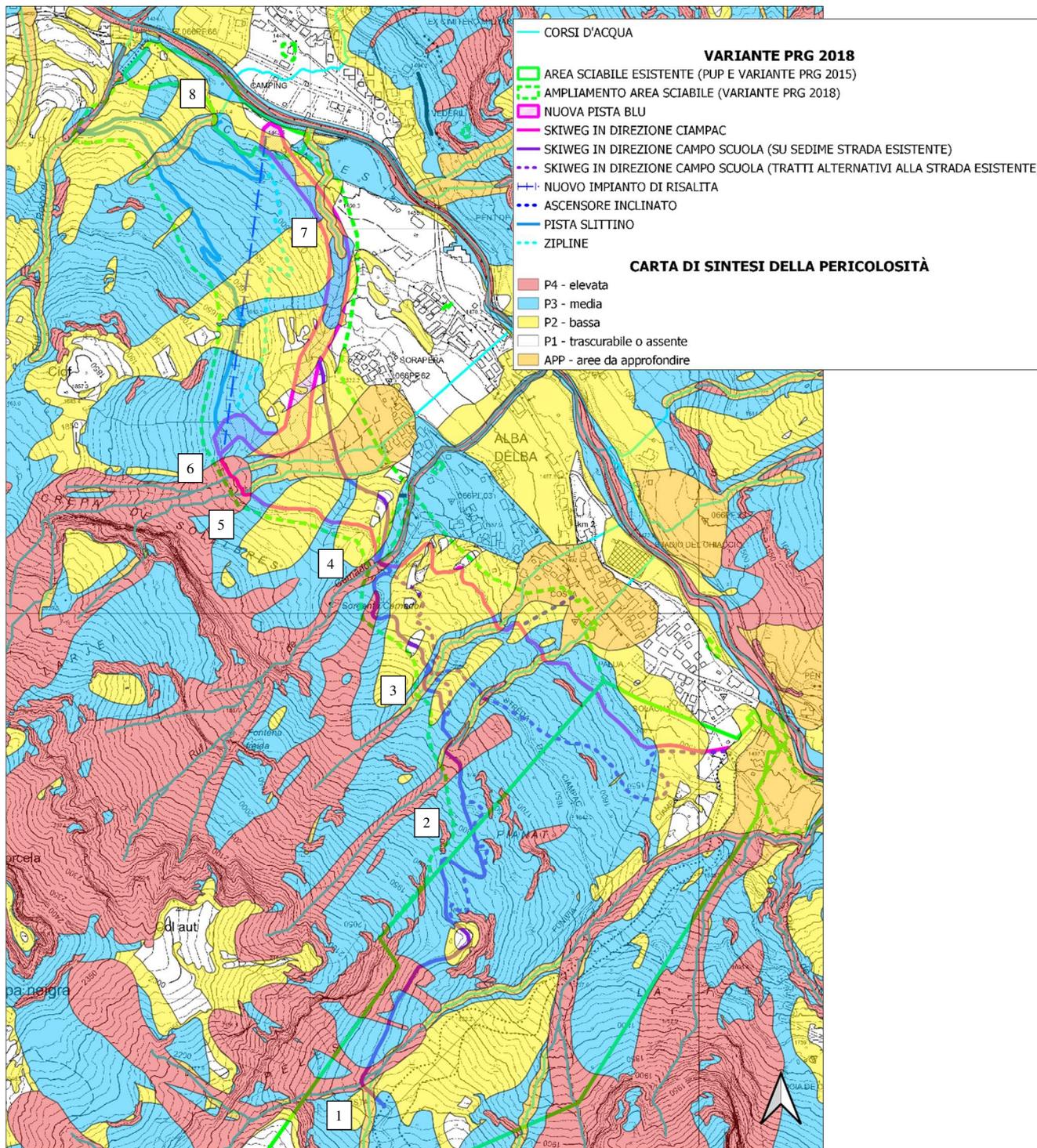


Figura 5.1: CSP con localizzazione degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11

In base alle indicazioni della Carta di Sintesi della Pericolosità le aree interessate dagli interventi si collocano all'interno di aree caratterizzate dalle penalità riassunte in per ciascun punto indicato in Figura 5.1. Si precisa che le indicazioni fanno riferimento esclusivamente ai punti in cui gli interventi intersecano il reticolo idrografico. Le penalità esterne a tali aree sono affrontate separatamente, in relazioni specialistiche dedicate.

N°	Reticolo idrografico		Corso d'acqua	Penalità	V. 26.11
1.	Id	IDR003_A1010300120010010003	affluente sinistro del rio Ciampac	CSP : APP CSP Torrentizia : APP CSP Crolli : P2 CSP Litogeomorfologica : P1	skiweg
	Particella demaniale	NO			
	Copertura	non coperto			
	Tipo deflusso	non assegnato			
	Pensile	non assegnato			
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	IDR001_530				
1.	Id	IDR003_A1010300110020020001	affluente sinistro del rio Ciampac	CSP : P4 CSP Torrentizia : APP CSP Valanghiva : P4 CSP Crolli : P4 CSP Litogeomorfologica : P1	skiweg
	Particella demaniale	NO			
	Copertura	non coperto			
	Tipo deflusso	non assegnato			
	Pensile	non assegnato			
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
2.	Id	IDR003_A101A100120010010001	-	CSP : P4/APP CSP Torrentizia : APP CSP Crolli : P4/P3 CSP Litogeomorfologica : P2/P1 CSP Incendi boschivi : P1	2 skiweg + variante pista Ciampac
	Particella demaniale	NO			
	Copertura	non coperto			
	Tipo deflusso	non assegnato			
	Pensile	non assegnato			
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
3.	Id	IDR003_A101A100130010010001	-	CSP : APP CSP Torrentizia : APP CSP Crolli : P3 CSP Litogeomorfologica : P2/P1 CSP Incendi boschivi : P1	2 skiweg + variante pista Ciampac
	Particella demaniale	NO			
	Copertura	non coperto			
	Tipo deflusso	non assegnato			
	Pensile	non assegnato			
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
4.	Id	IDR003_A101A100110010010001	Rio Cernadoi	CSP : P4 CSP Torrentizia : P4 CSP Crolli : P3 CSP Valanghiva : P4	2 skiweg
	Particella demaniale	NO			
	Copertura	non coperto			
	Tipo deflusso	non assegnato			

N°	Reticolo idrografico		Corso d'acqua	Penalità	V. 26.11
	Pensile	non assegnato		CSP Litogeomorfologica : P1	
	Origine	non assegnato		CSP Incendi boschivi : P1	
	Tipo tratto	reale			
	Cod. Acqua Pubblica	IDR001_527			
5.	Id	IDR003_A101A100190010010001	-	CSP : P4/APP	2 skiweg
	Particella demaniale	NO		CSP Torrentizia : APP	
	Copertura	non coperto		CSP Crolli : P2/P4	
	Tipo deflusso	temporaneo		CSP Valanghiva : P4	
	Pensile	non assegnato		CSP Litogeomorfologica : P1/P2	
	Origine	non assegnato		CSP Incendi boschivi : P1	
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
6.	Id	IDR003_A101A100180020020001	-	CSP : P4/APP	2 skiweg
	Particella demaniale	NO		CSP Torrentizia : APP	
	Copertura	non coperto		CSP Crolli : P2/P3	
	Tipo deflusso	temporaneo		CSP Valanghiva : P4	
	Pensile	non assegnato		CSP Litogeomorfologica : P1	
	Origine	non assegnato		CSP Incendi boschivi : P1	
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
7.	Id	IDR003_A101A100220010010001	-	CSP : APP	nuova pista blu
	Particella demaniale	NO		CSP Torrentizia : APP	
	Copertura	non coperto		CSP Crolli : P2/P3	
	Tipo deflusso	non assegnato		CSP Litogeomorfologica : P1	
	Pensile	non assegnato			
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				
8.	Id	IDR003_A101A100230010010001	-	CSP : APP	nuova pista blu
	Particella demaniale	NO		CSP Torrentizia : APP	
	Copertura	non coperto		CSP Crolli : P3	
	Tipo deflusso	non assegnato		CSP Litogeomorfologica : P1	
	Pensile	non assegnato		CSP Incendi boschivi : P1	
	Origine	non assegnato			
	Tipo tratto	reale			
Cod. Acqua Pubblica	-				

Tabella 5.1: penalità individuate dalla Carta di Sintesi della Pericolosità ed interventi interferenti

Per una migliore comprensione delle penalità analizzate all'interno del presente studio si riportano di seguito gli estratti delle Carte della Penalità legate a fenomeni torrentizi e valanghivi.

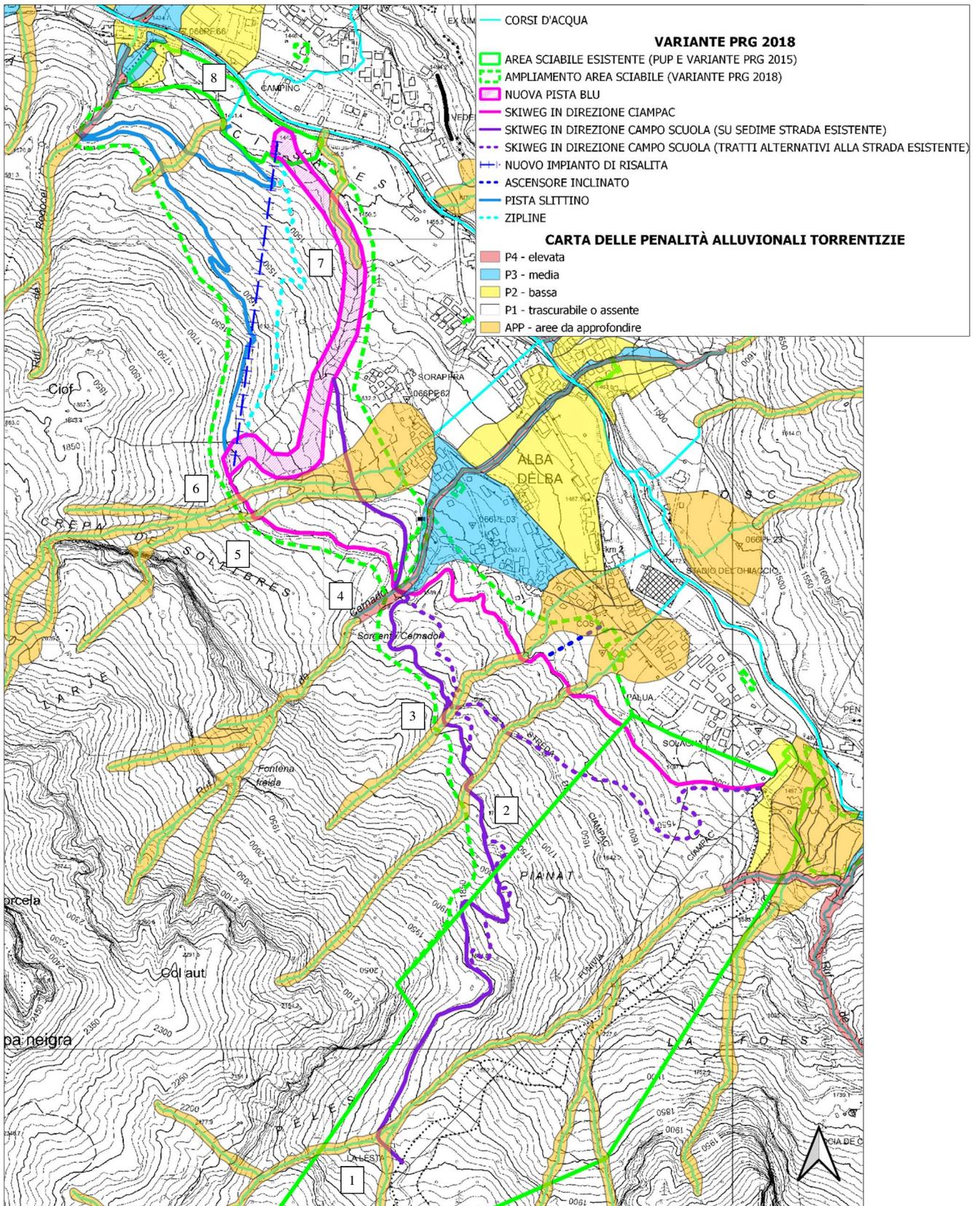


Figura 5.2: Carta delle penalità alluvionali torrentizie con localizzazione degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11

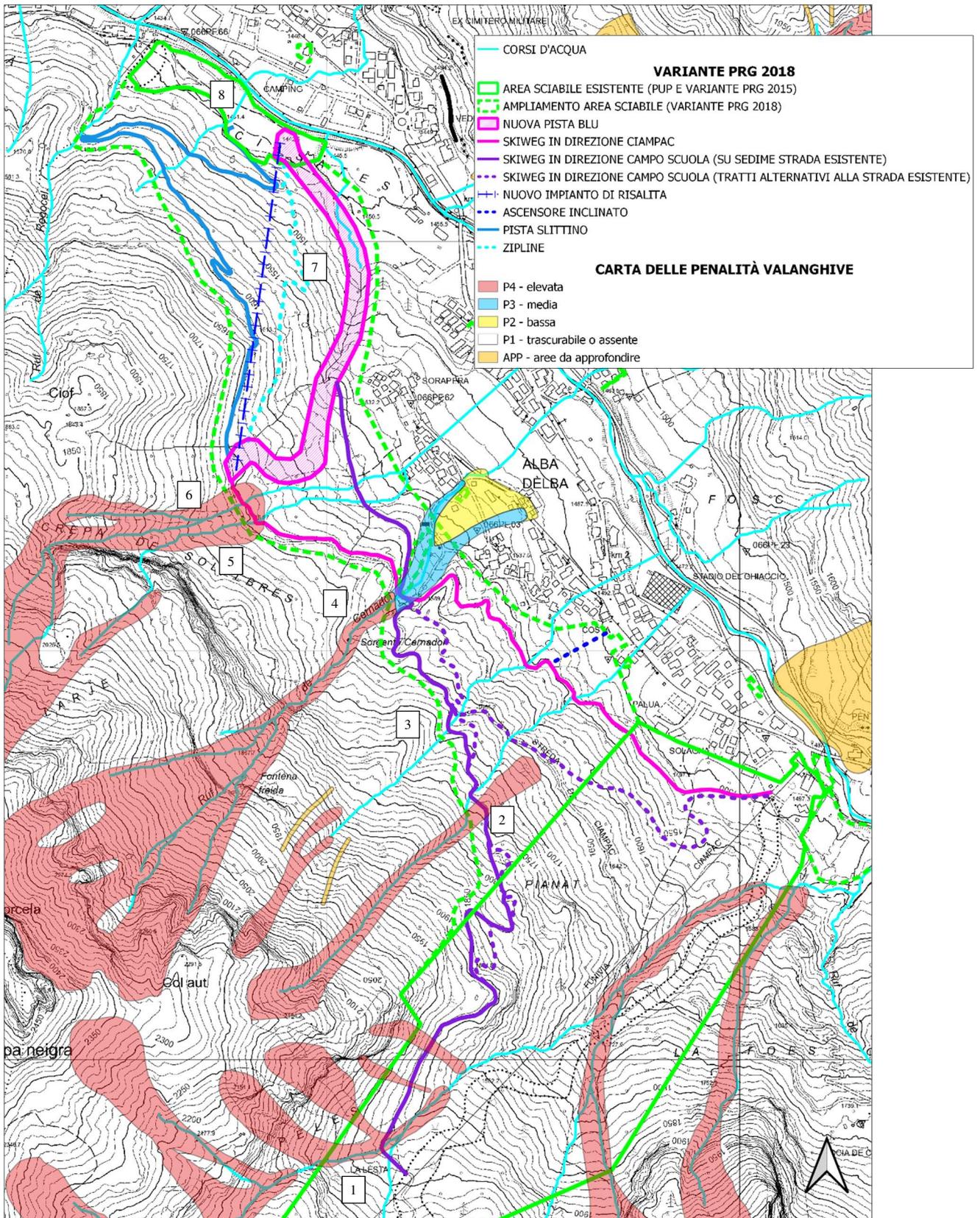


Figura 5.3: Carta delle penali valanghiva con localizzazione degli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11

6 RIO IDR003_A1010300120010010003 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

6.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A1010300120010010003, nasce sul pendio sito tra il monte L'Aut e la Crepa neira, ad una quota di circa 2'300 m s.l.m., in un compluvio ubicato a nord delle opere paravalanghe presenti sul versante orientale.



Figura 6.1: tratto iniziale del rio, sul versante orientale tra il monte L'Aut e la Crepa neira (freccia gialla)

Scorre per circa 170 m in direzione ovest-est e, raggiunta la zona pianeggiante del Ciampac (2'200 m s.l.m.), il suo corso diventa effimero per i successivi 350 m, nella zona occupata dalle piste da sci e dai rifugi presenti sul pianoro. Si infila quindi in una vallecola boscata in prossimità dell'arrivo della cabinovia Alba-Ciampac, scorrendo in direzione nord per circa 70 m, sottopassa la strada forestale che conduce ad Alba attraverso una tubazione in calcestruzzo con diametro di 1 m e si unisce quindi dopo 70 m al rio IDR003_A1010300110020020001 in località La Lèsta.



Figura 6.2: attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 (tubo in calcestruzzo - ϕ 1000 mm) - Vista da monte (a sinistra) e da valle (a destra)

A valle della confluenza il corso d'acqua prosegue per circa 690 m, fino ad immettersi in sinistra orografica del rio Ciampac, affluente sinistro del rio Contrin.

Nel tratto in esame, in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale, il corso d'acqua scorre all'interno di una pecceta e presenta un alveo debolmente inciso, soprattutto nel tratto a valle della tubazione in calcestruzzo.

La sezione è in terreno naturale, con larghezza del fondo pari a 1-1.5 m e sponde poco definite; il materiale solido presente sul fondo ha dimensioni media dell'ordine dei 10-20 cm.



Figura 6.3: vista verso monte (sinistra) e verso valle (destra) del rio in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale.

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte (il substrato roccioso in alcune zone è subaffiorante e lo strato di terreno superficiale è modesto), ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante 26.11 con le caratteristiche del versante e del compluvio.

Si precisa che il rio in esame si trova all'interno dell'area sciabile esistente e non in quella in ampliamento oggetto della variante; tuttavia, dal momento che alcune opere in progetto interessano il corso d'acqua, si è ritenuto opportuno analizzarlo comunque per evidenziare possibili problematiche legate all'interferenza

6.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

6.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto.

6.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio identificato dal codice PAT IDR003_A1010300120010010003 (Cod. Acqua Pubblica IDR001_530) chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba: tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.295 km².

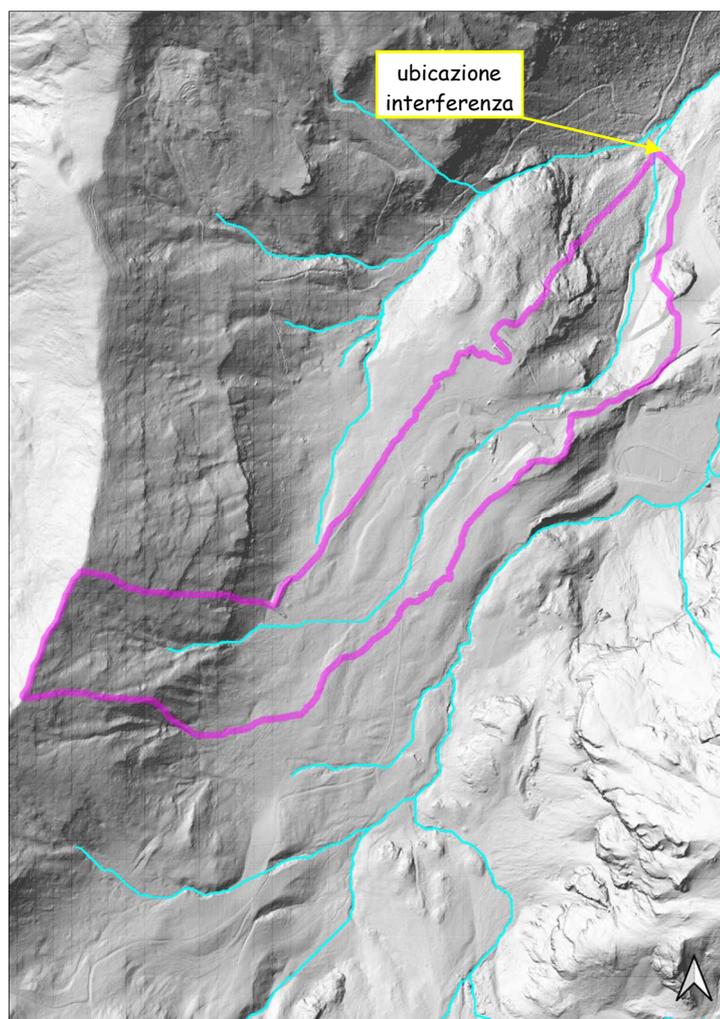


Figura 6.4: bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione dell'interferenza

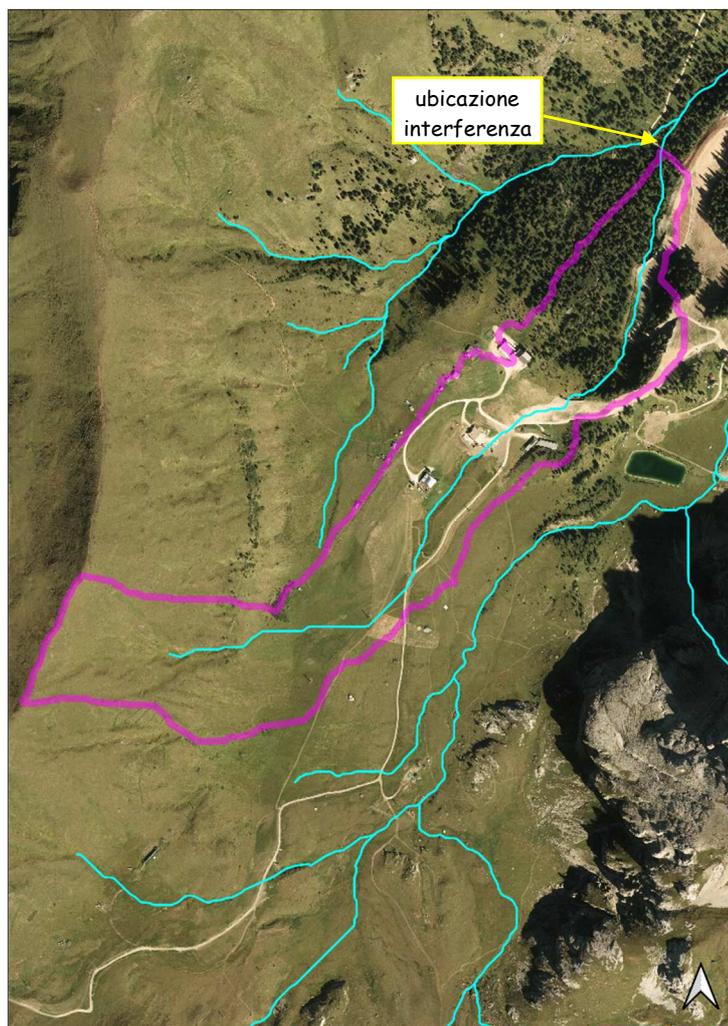


Figura 6.5: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione dell'interferenza

Si riportano di seguito in Tabella 6.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 6.6 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'149.68
Coordinata N sezione di chiusura	5'147'763.24
Area Bacino [km²]	0.295
Altitudine media [m s.l.m.]	2'188.23
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'928.90
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'459.10
Pendenza media del bacino [°]	40.81

Tabella 6.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m.

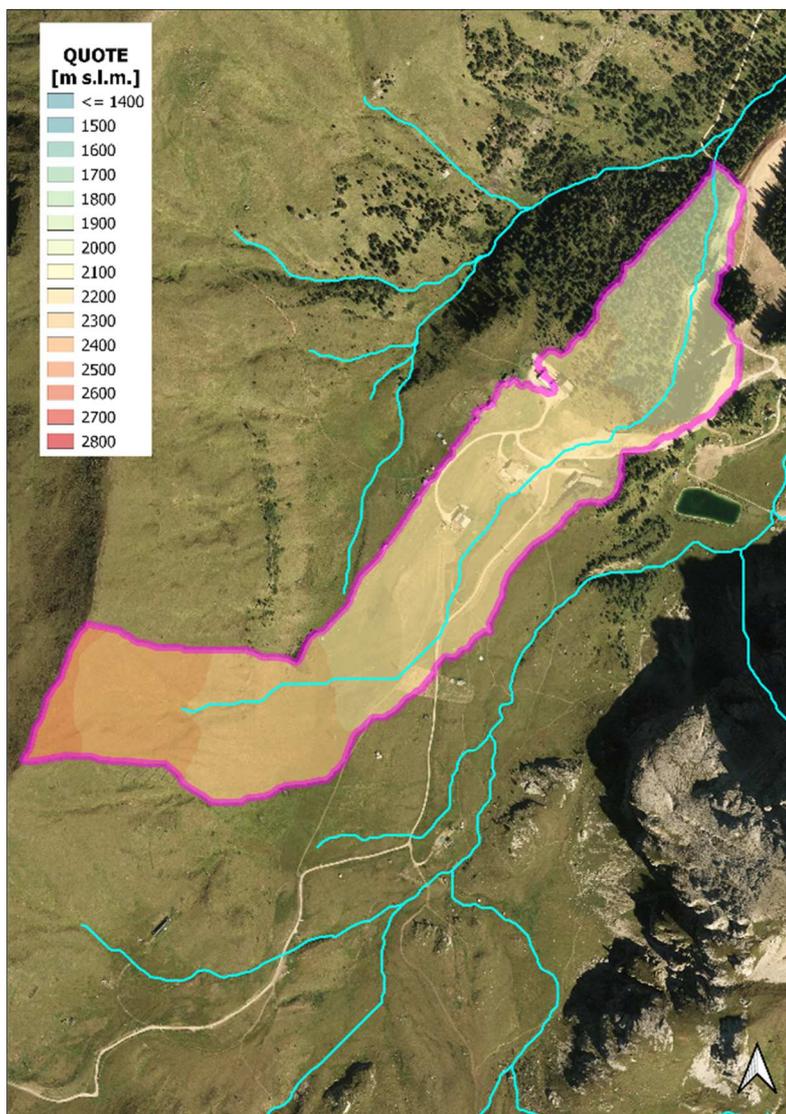


Figura 6.6: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

6.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Le carte della litologia e dell'uso del suolo del bacino idrografico permettono di definire la capacità drenante del sistema suolo-soprassuolo e di procedere contestualmente alla determinazione dello ietogramma efficace ai fini del deflusso superficiale.

La suddivisione delle piogge viene effettuata attraverso il metodo SCS valutando il valore del parametro Curve Number (CN), indicatore dell'attitudine del complesso suolo-soprassuolo a produrre deflusso superficiale.

La carta dell'uso del suolo permette di caratterizzare la capacità di deflusso del soprassuolo, mentre la carta della permeabilità è rappresentativa del substrato geolitologico, che è dotato di una permeabilità primaria, collegata alle caratteristiche intrinseche della roccia, e di una permeabilità secondaria, rappresentativa dello stato di fratturazione.

Le caratteristiche di permeabilità vengono sintetizzate in un unico indice che deriva dalla riclassificazione della carta geolitologica in quattro gruppi idrologici:

- A. *Permeabilità alta*, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi, conducibilità idraulica alta (rocce calcaree fossilifere organogene molto fratturate, depositi alluvionali, falde e coni di detrito, tufi incoerenti, cenere);
- B. *Permeabilità medio-alta*, suoli con moderata infiltrabilità se saturi, tessitura medio grossolana, conducibilità idraulica media (morene, coltri eluviali e colluviali, sabbie conglomerati e sabbioni cementati, rocce in genere molto fratturate);
- C. *Permeabilità medio-bassa*, suoli con bassa infiltrabilità se saturi, tessitura medio fine, conducibilità idraulica bassa (rocce sedimentarie compatte, rocce dolomitiche compatte, rocce calcaree compatte, rocce fratturate);
- D. *Permeabilità bassa*, alta capacità di deflusso, suoli con ridottissima infiltrabilità se saturi, suoli ricchi di argilla rigonfiante, conducibilità idraulica estremamente bassa (rocce eruttive intrusive e magmatiche, rocce argillose, rocce metamorfiche).

Si riporta di seguito Figura 6.7 in la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300120010010003 esaminato nell'analisi idrologica.

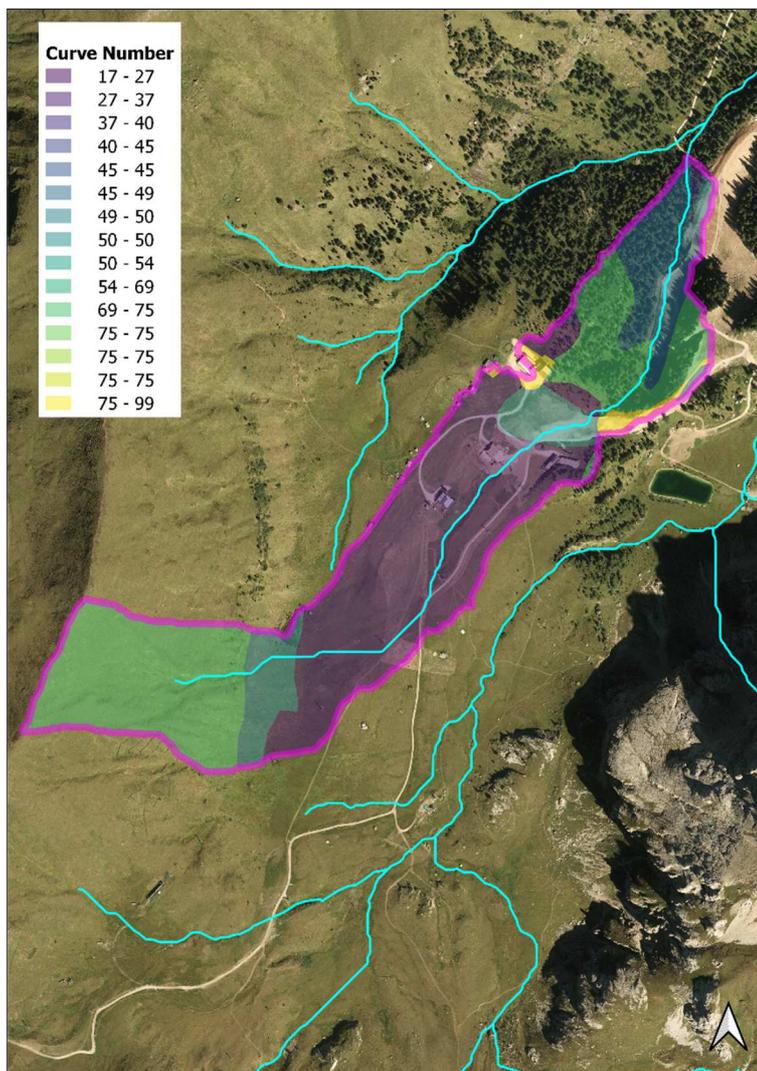


Figura 6.7: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

I valori del parametro CN associati all'uso del suolo ed alla classe di permeabilità sono riassunti in Tabella 6.2.

		CN			
		A	B	C	D
USO DEL SUOLO	CLASSE DI PERMEABILITÀ				
	Fustaia densa di conifere	18	27	40	50
	Fustaia rada di conifere	23	32	50	55
	Ceduo scadente	35	45	58	68
	Lariceti, cembrete e larici-cembrete	40	48	63	75
	Pascoli nudi o arborati	37	50	68	75
	Prati e colture agrarie	41	47	65	76
	Improduttivo nudo	45	55	70	80
	Aree urbanizzate	80	85	90	95
	Rupi boscate	40	50	65	75
	Arbusteti e mughete	38	45	60	70
	Bosco di latifoglie	25	36	50	55
	Pinete di Pino silvestre e/o Pino nero	38	49	64	73
	Piste da sci	50	65	75	80
	Zone incendiate	70	75	80	88
	Laghi e corsi d'acqua	99	99	99	99
Paludi e zone umide	90	90	90	90	
Ghiacciai	95	95	95	95	

Tabella 6.2: parametro CN in funzione dell'uso del suolo e della permeabilità

6.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A1010300120010010003 in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba.

6.3.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Si riportano di seguito alcune indicazioni presenti nel manuale d'uso.

Il modello adottato propone un'applicazione distribuita dell'approccio geomorfologico combinando le equazioni del Soil Conservation Service per il calcolo della pioggia efficace, il metodo cinematico per la propagazione del deflusso superficiale alla sezione di chiusura ed un serbatoio lineare per la simulazione del deflusso di base. Si tratta di un approccio consolidato nella letteratura tecnica e nella pratica operativa, le cui potenzialità nei settori della pianificazione territoriale e della progettazione di interventi di difesa idraulica sono note. È tuttavia opportuno evidenziarne alcuni limiti applicativi allo scopo di non incorrere in errate interpretazioni dei risultati forniti dallo strumento stesso. Lo schema modellistico adottato è di tipo semplificato ed è indirizzato a cogliere in modo concettuale i processi ritenuti più importanti nel determinare la risposta idrologica di piena di un bacino idrografico montano. Si ritiene che una superficie di 200-250 km² costituisca il limite superiore per l'applicazione del modello: su bacini di dimensioni maggiori, infatti, potrebbero diventare importanti fattori non previsti dallo schema modellistico quali la

distribuzione non uniforme della precipitazione o la necessità di ricorrere ad una simulazione più raffinata dei meccanismi di propagazione lungo la rete idrografica.

Nei limiti di estensione territoriale indicati, risultati soddisfacenti possono essere ottenuti solo avendo a disposizione i seguenti livelli informativi:

- ✓ il modello digitale del terreno per definire le direzioni di deflusso, l'area contribuente, il reticolo idrografico;
- ✓ la carta del CN;
- ✓ i parametri cinematici della propagazione dell'onda di piena ossia la velocità media sul versante e nel canale;
- ✓ i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica.

È evidente che la qualità di tali livelli informativi costituisce un presupposto in grado di influenzare direttamente i risultati della simulazione idrologica. Un elevato standard qualitativo dei dati di input è conseguibile con idonee procedure di validazione, ma esso tuttavia non garantisce da solo la validità dei risultati della simulazione stessa. A tale obiettivo si può pervenire solo attraverso una fase di taratura e validazione dei parametri del modello da condurre sulla base di riscontri di natura oggettiva principalmente costituiti da registrazioni idrometriche di eventi di piena realmente accaduti. Tale fase non può che essere messa in atto dagli utenti con specifico riferimento all'area di indagine ed utilizzando preferibilmente i quantili derivati da procedure di regionalizzazione statistica dell'informazione idrometrica. Di qualche aiuto può risultare anche la simulazione di alcuni singoli eventi di piena registrati utilizzando una delle opzioni previste dal modello. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, peraltro, è opportuno ricordare che lo schema modellistico non prevede meccanismi dinamici di "moisture accounting" e di conseguenza non è in grado di simulare in modo adeguato eventi di lunga durata con più massimi di precipitazione distanziati nel tempo.

6.3.3.2 Dati di input

Si descrivono di seguito i dati di input utilizzati per le simulazioni effettuate nel caso in esame.

Il **modello digitale del terreno** (DTM) è costituito da un raster ottenuto dal rilievo Lidar disponibile sul WEBGIS della PAT ed effettuato nel 2014 (aggiornato con voli 2018), caratterizzato da una risoluzione di 0.5 m.

Per alcuni dei bacini analizzati di seguito, il DTM è stato ricampionato a risoluzione 1 o 2 m per rendere meno pesanti le successive elaborazioni all'interno del programma e quindi "depittato" con un algoritmo presente in Adb-ToolBox al fine di eliminare le aree concave.

Terminate queste operazioni preliminari, è stato possibile creare gli altri raster necessari per il modello afflussi-deflussi: la carta delle aree cumulate (denominata UPSLOPE) e quella delle direzioni (denominata FLOWDIR).

La **carta del Curve Number** è ottenuta rasterizzando, con la stessa risoluzione del DTM di riferimento, la cartografia provinciale in formato shapefile della geologia e dell'uso del suolo; il file da utilizzare in Adb-ToolBox è stato denominato CN.

La scelta dei **parametri cinematici** (nel software indicati come "parametri avanzati") è stata guidata dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento. Il modello richiede anche altri due parametri che rivestono un peso importante nella definizione dell'idrogramma di progetto per bacini di notevole estensione: "Area Reduction Factor - ARF" e "parametro geomorfologico C".

La variabilità spazio-temporale della precipitazione a scala di bacino è considerata attraverso il coefficiente di riduzione dell'area (Area Reduction Factor - ARF). In mancanza di informazioni specifiche derivate da approfondimenti a scala locale, si fa riferimento alla funzione di riduzione dei nubifragi ricavata da Moisello e Papiri (1986). In tale relazione

empirica il fattore di riduzione (inteso come rapporto tra l'altezza di pioggia media, relativa ad una data area A , e l'altezza di pioggia puntuale rappresentativa del bacino) risulta dipendente sia dall'area A sia dalla durata della precipitazione d , secondo la relazione:

$$ARF = 1 - \exp(-2.472 \cdot A^{-0.242} \cdot d^{0.6 - \exp(-0.643 \cdot A^{0.235})})$$

Dove l'area è espressa in km^2 , la durata in ore, e con $5 \leq A \leq 800 \text{ km}^2$ e $15' \leq d \leq 12 \text{ h}$.

Il Fattore geomorfologico C è un fattore di riduzione delle precipitazioni per grandi bacini; tale riduzione può inglobare sia fenomeni quali l'effetto di laminazione dell'onda di piena sia aspetti morfologici quali la presenza di aree al di sopra di una certa quota (zero termico) che - a causa della bassa temperatura - non contribuiscono come le altre al deflusso superficiale. Le precipitazioni sono quindi moltiplicate per un fattore (x_{att}), dipendente dalla sola area del bacino A e applicato solo se l'area supera la soglia A_{th} :

$$x_{att} = 1 - C \cdot (A - A_{th})$$

Dove C è un parametro che assume valori normalmente compresi tra 0.0008 e 0.0013.

Per gli altri parametri per i quali non esistono in letteratura indicazioni specifiche, si sono mantenuti i valori di default suggeriti dal software.

I parametri scelti per il bacino imbrifero in esame, riportati in Tabella 6.3, sono in linea con quanto suggerito dalla calibrazione dei parametri cinematici del modello afflussi-deflussi effettuata dalla Provincia Autonoma di Trento. Per quanto riguarda le condizioni di umidità del terreno antecedenti l'inizio dell'evento, si è scelta la classe AMC III, indicativa di condizioni molto umide (AMC, Antecedent Moisture Condition). Con riferimento alla forma dello ietogramma, si è scelto quella triangolare, che tende a massimizzare il valore di picco della piena.

Velocità caratteristica di versante (min - max)	0.025 - 0.05 m/s
Velocità caratteristica di reticolo	2.0 m/s
Valore di soglia per l'area drenata (min - max)	0.00 - 0.01 km^2
Forma dello ietogramma	Triangolare
Classe AMC	III
Step output dell'idrogramma	5 min

Tabella 6.3: parametri cinematici utilizzati per l'analisi idrologica del bacino imbrifero in esame

I valori delle curve di possibilità pluviometrica sono quelli forniti dalla Provincia Autonoma di Trento - Dipartimento Protezione Civile e Infrastrutture - Servizio Prevenzione Rischi - Ufficio Previsioni e Pianificazione: si tratta di tre file raster (a_1 , n , CV) che descrivono la distribuzione spaziale di ciascuno dei tre parametri sulla superficie del bacino imbrifero esaminato. Il modello scala-invariante utilizzato è quello di Gumbel e la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica è descritta dalla seguente equazione:

$$h_T(d) = a_1 \cdot \left(1 - \frac{CV \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot (\varepsilon + y_T) \right) \cdot d^n \quad \text{con} \quad y_T = \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right)$$

Il termine $h_T(d)$ rappresenta il valore di precipitazione caratterizzato da un tempo di ritorno T per una durata di pioggia d , mentre n , CV ed a_1 sono parametri stimati come descritto di seguito ed ε è il numero di Eulero (pari a 0.5772157).

I valori di n , CV ed a_1 sono stati stimati sulla base dei dati delle altezze di pioggia massime annuali di durata compresa nell'intervallo 1-24 ore.

I parametri n ed a_1 sono determinati tramite regressione lineare dei logaritmi delle medie campionarie delle altezze di pioggia massime annuali relative alle diverse durate rispetto ai logaritmi delle corrispondenti durate.

Il valore del coefficiente di variazione globale CV è calcolato come media dei quadrati dei coefficienti di variazione calcolati per i massimi annuali relativi alle durate comprese fra 1 e 24 ore.

Per quanto riguarda gli scrosci, l'esponente di scala n si può ritenere costante sull'intero territorio trentino, con valore pari a 0.366.

Le procedure di analisi sono state applicate sulla base dei valori massimi annuali di precipitazione di breve durata registrati tra il 1923 ed il 2009 in 62 stazioni pluviografiche ubicate nel territorio provinciale. Dette 62 stazioni sono quelle caratterizzate da numerosità campionaria almeno pari a 15 anni per tutte le durate comprese nell'intervallo 1h-24h. Per quanto riguarda il problema di estrapolazione spaziale delle linee segnalatrici, al fine di rendere più affidabile tale valutazione nelle zone "di bordo" prossime ai confini amministrativi provinciali sono stati utilizzati dati di precipitazione massima annuale relativi a diverse stazioni ubicate in province limitrofe (Brescia, Bolzano, Belluno e Vicenza).

I valori di pioggia di progetto utilizzati per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica sono indicati in Tabella 6.4.

Tempo [h]	Tr [anni]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
0.25	13.3	17.1	19.6	22.0	23.3	25.1	27.4	29.7	31.0
0.50	17.1	22.0	25.2	28.3	30.1	32.3	35.3	38.3	40.0
0.75	19.9	25.5	29.3	32.8	34.9	37.5	40.9	44.4	46.4
1.00	22.1	28.4	32.5	36.5	38.8	41.6	45.5	49.3	51.6
2.00	29.0	37.2	42.7	47.9	50.9	54.7	59.7	64.8	67.7
3.00	34.0	43.7	50.1	56.2	59.7	64.1	70.0	76.0	79.4
4.00	38.1	48.9	56.0	62.9	66.8	71.8	78.4	85.0	88.9
5.00	41.6	53.4	61.2	68.7	73.0	78.3	85.6	92.8	97.1
6.00	44.7	57.3	65.7	73.8	78.4	84.2	92.0	99.7	104.3
7.00	47.5	60.9	69.8	78.4	83.3	89.4	97.7	106.0	110.8
8.00	50.0	64.2	73.6	82.6	87.8	94.2	103.0	111.7	116.7
9.00	52.4	67.2	77.1	86.5	91.9	98.7	107.8	117.0	122.3
10.00	54.6	70.1	80.3	90.2	95.8	102.9	112.4	121.9	127.4
11.00	56.7	72.8	83.4	93.6	99.5	106.8	116.7	126.6	132.3
12.00	58.7	75.3	86.3	96.9	102.9	110.5	120.8	131.0	136.9
13.00	60.5	77.7	89.1	99.9	106.2	114.0	124.6	135.1	141.3
14.00	62.3	80.0	91.7	102.9	109.4	117.4	128.3	139.1	145.5
15.00	64.0	82.2	94.2	105.7	112.4	120.6	131.8	143.0	149.5
16.00	65.7	84.3	96.6	108.4	115.2	123.7	135.2	146.6	153.3
17.00	67.3	86.3	99.0	111.1	118.0	126.7	138.5	150.2	157.0
18.00	68.8	88.3	101.2	113.6	120.7	129.6	141.6	153.6	160.6
19.00	70.3	90.2	103.4	116.0	123.3	132.4	144.6	156.9	164.0

Tempo [h]	Tr [anni]								
	2	5	10	20	30	50	100	200	300
20.00	71.7	92.0	105.5	118.4	125.8	135.1	147.6	160.1	167.3
21.00	73.1	93.8	107.5	120.7	128.2	137.7	150.5	163.2	170.6
22.00	74.5	95.5	109.5	122.9	130.6	140.2	153.2	166.2	173.7
23.00	75.8	97.2	111.4	125.1	132.9	142.7	155.9	169.1	176.8
24.00	77.0	98.9	113.3	127.2	135.1	145.1	158.6	172.0	179.8

Tabella 6.4: altezza di pioggia [mm] per vari tempi di ritorno per il bacino in esame

A partire da tali valori di altezza di pioggia si ricavano le curve di possibilità pluviometrica rappresentate in Figura 6.8; la curva di riferimento per la definizione della portata di progetto è quella con tempo di ritorno pari a 200 anni, caratterizzata dai valori di a ed n indicati in Tabella 6.5.

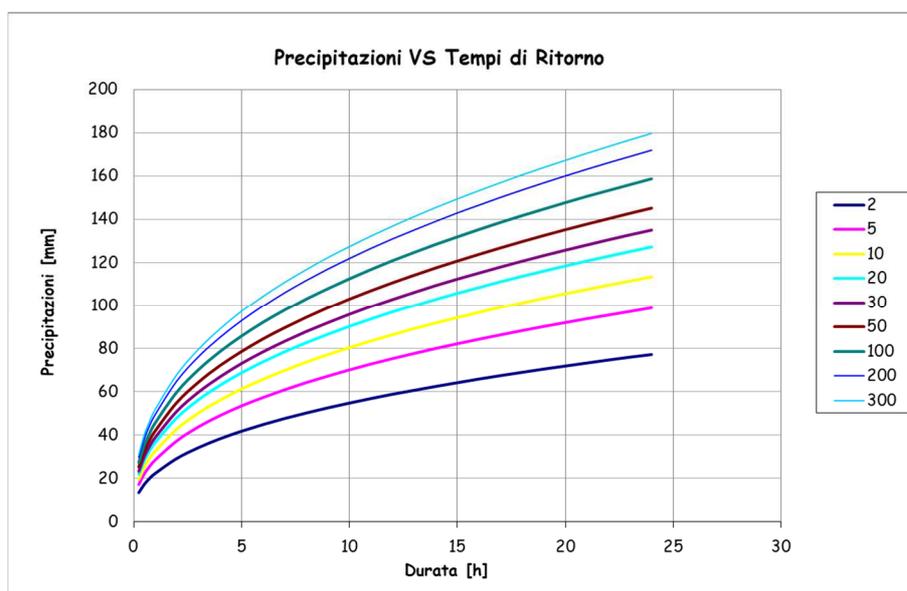


Figura 6.8: curve di possibilità pluviometrica per il bacino imbrifero in esame

Tempo di ritorno [anni]	a	$n (<1h)$	$n (>1h)$
200	49.326	0.366	0.393

Tabella 6.5: valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni per il bacino in esame

6.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 1.52 m³/s.**

Il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m. ha una superficie di 0.295 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

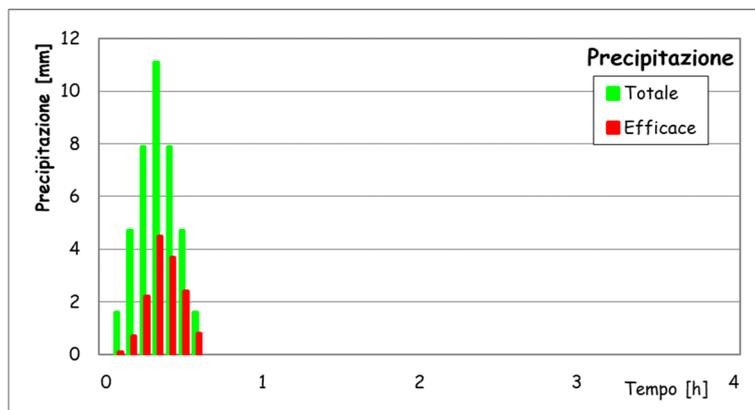


Figura 6.9: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

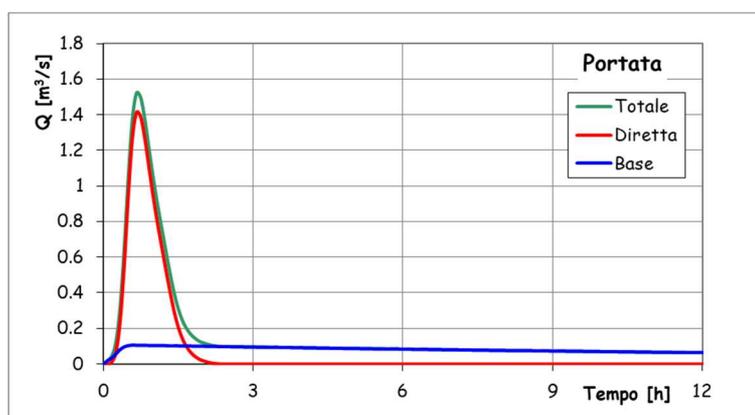


Figura 6.10: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

6.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante.

L'andamento altimetrico di un bacino è indicativo del suo grado di evoluzione e può essere descritto tramite la curva ipsografica, che si ottiene riportando in un diagramma cartesiano i punti le cui ordinate e ascisse rappresentano rispettivamente la quota h_j e la superficie parziale del bacino A_j posta al di sopra della quota considerata.

La curva ipsografica può essere rappresentata anche in un diagramma adimensionale che riporta in ordinata la quota h_j rapportata al valore massimo h_{max} ed in ascissa la superficie A_j posta a quota maggiore o eguale a h_j rapportata all'intero bacino A e in questo caso è denominata ipsometrica (Figura 6.11).

La forma di tale curva dà delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino; la curva a) rappresenta lo stadio giovanile (bacino in fase di erosione), la curva b) lo stadio di maturità (bacino in condizioni di equilibrio) e la curva c) lo stadio di senilità (fase monadnocks, caratterizzata dalla presenza di colline isolate che costituiscono i resti dell'originaria superficie soggetta all'erosione del rilievo).

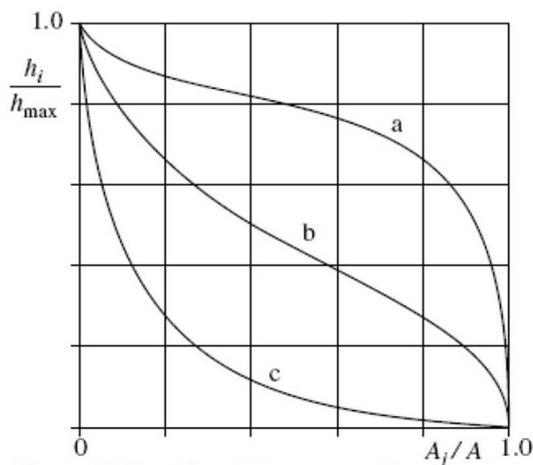


Figura 6.11: differenti forme della curva ipsometrica di un bacino idrografico

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

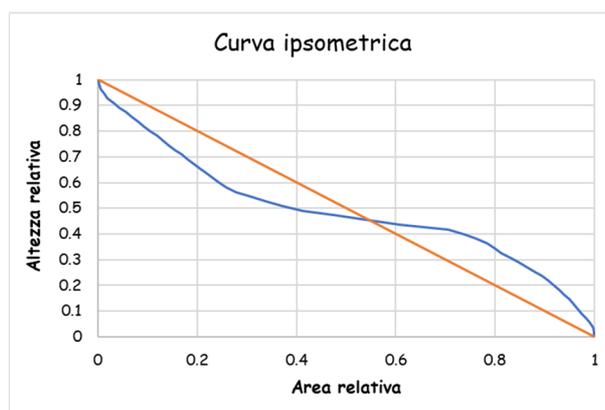


Figura 6.12: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'928.90 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze rappresentative del rio in esame nel tratto immediatamente a monte dell'interferenza sono pari a circa il 34 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 45 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.829 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata dell'83 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 2.78 m³/s.

6.4 Analisi idraulica

Al fine di verificare la capacità di smaltimento della portata di progetto in corrispondenza dell'attraversamento in esame si è sviluppata una verifica idraulica a moto uniforme della tubazione in calcestruzzo presente, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler. Per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la stessa del tratto in esame, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nella verifica è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulla strada forestale.

Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONE CLS	
$Q_{200} =$	2.78 m ³ /s
$i_F =$	0.34 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$D =$	1.0 m
$y_0 =$	0.84 m
$g.r. =$	84 %

Tabella 6.6: principali risultati del dimensionamento idraulico per l'attraversamento esaminato

La verifica idraulica effettuata con riferimento alla portata di progetto (2.78 m³/s) mostra che la tubazione è in grado di smaltirla, sebbene il suo grado di riempimento risulti superiore (84 %) a quello fissato come accettabile (70 %).

La tubazione risulta invece ampiamente dimensionata per smaltire la sola portata liquida con tempo di ritorno 200 anni (1.52 m³/s - $k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

Si precisa che il volume di materiale solido utilizzato è probabilmente sovrastimato: nella parte alta del bacino infatti la tipologia della copertura presente porta ad escludere la presenza di un quantitativo significativo di materiale solido disponibile. Inoltre dal momento che il corso del rio, raggiunta la zona pianeggiante del Ciampac (2'200 m s.l.m.), diventa effimero per un tratto di circa 350 m, è presumibile che un eventuale - ancorché improbabile - fenomeno di trasporto solido originato lungo il tratto iniziale del rio si fermerebbe in quest'area, senza raggiungere il tratto successivo, che scorre all'interno della vallecola boscata in prossimità dell'arrivo della cabinovia Alba-Ciampac.

A tutti gli effetti il bacino imbrifero che potrebbe realmente contribuire alla formazione della portata solida nel tratto di interesse è quello sito a valle della zona pianeggiante del Ciampac, la cui superficie risulta considerevolmente ridotta (di oltre 2/3 rispetto all'area complessiva); ne consegue che anche il volume di materiale solido trasportato dalla corrente e, quindi, la portata di progetto, potrebbero risultare inferiori.

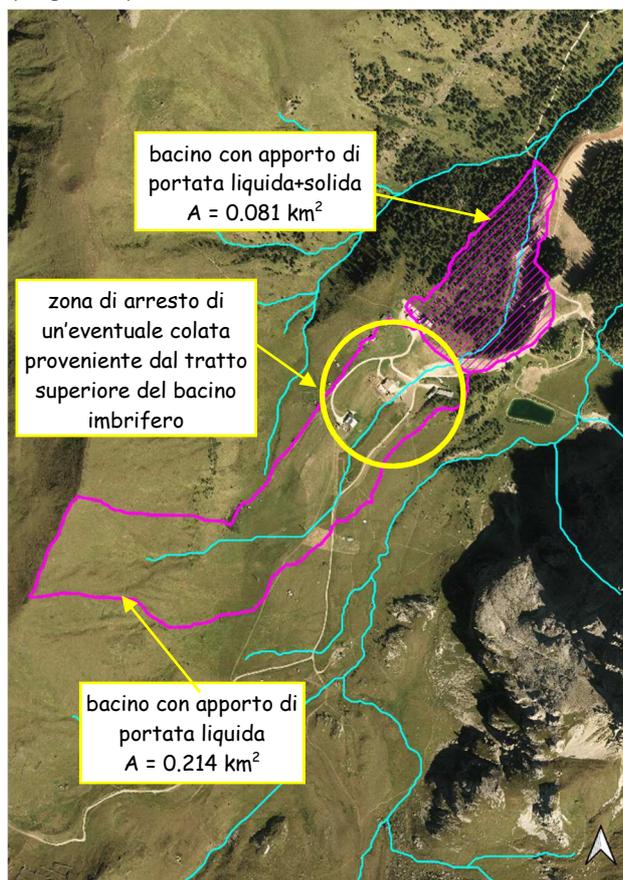


Figura 6.13: individuazione del bacino imbrifero effettivamente contribuente ad un potenziale fenomeno di trasporto solido

6.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, la verifica idraulica effettuata con riferimento alla portata di progetto ($2.78 \text{ m}^3/\text{s}$) mostra che la tubazione è in grado di smaltirla, sebbene il suo grado di riempimento risulti superiore (84 %) a quello massimo fissato (70 %).

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco della tubazione, per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;

- ✓ dal momento che la tubazione esistente permette comunque il passaggio della portata di progetto con un certo margine di sicurezza, **non si ritiene necessario sostituirla** con una con diametro maggiore per garantire un grado di riempimento pari al 70 %. Nella definizione dei parametri della verifica idraulica si sono inoltre effettuate scelte molto cautelative: il valore della portata utilizzata per la verifica della tubazione è infatti presumibilmente sovrastimata rispetto all'effettivo apporto di materiale solido proveniente del versante (si vedano le considerazioni riportate nel paragrafo § 6.4) ed il valore di scabrezza adottato ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) è quello tipico dei fenomeni di colata;
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico delle scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

7 RIO IDR003_A1010300110020020001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

7.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A1010300110020020001, nasce sul lato settentrionale del pianoro del Ciampac, ad una quota di circa 1'850 m s.l.m.. Da qui scorre in direzione nord-est per circa 350 m, fino ad imboccare - sempre nella medesima direzione - la linea di massima pendenza della vallecola boscata sita tra le località Pèles e La Lèsta, sottopassando dopo circa 1 km la strada forestale che conduce ad Alba attraverso una tubazione metallica con diametro pari a 60 cm e si unisce quindi dopo 60 m al rio IDR003_A1010300120010010003 in località La Lèsta.



Figura 7.1: attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 (tubo metallico - ϕ 600 mm) - Vista da monte

A valle della confluenza il corso d'acqua prosegue per circa 690 m, fino ad immettersi in sinistra orografica del rio Ciampac, affluente sinistro del rio Contrin.

Nel tratto in esame, in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale, il corso d'acqua scorre all'interno di una pecceta e presenta un alveo debolmente inciso.

La sezione è in terreno naturale, con larghezza del fondo pari a 1-1.5 m e sponde poco definite; il materiale solido presente sul fondo ha dimensioni media dell'ordine dei 5-15 cm.

Ai lati del rio la vegetazione - piuttosto fitta - è quella tipicamente presente lungo le sponde dei corsi d'acqua montani.

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale.

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte (il substrato roccioso in alcune zone è subaffiorante e lo strato di terreno superficiale è modesto), ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

Si precisa che il rio in esame - come quello analizzato al capitolo precedente (6) - si trova all'interno dell'area sciabile esistente e non in quella in ampliamento oggetto della variante; tuttavia, dal momento che alcune opere in progetto interessano il corso d'acqua, si è ritenuto opportuno analizzarlo comunque per evidenziare possibili problematiche legate all'interferenza.



Figura 7.2: vista verso monte (sinistra) e verso valle (destra) del rio in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale

7.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

7.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto. Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

7.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio identificato dal codice PAT IDR003_A1010300110020020001, chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba: tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.694 km².

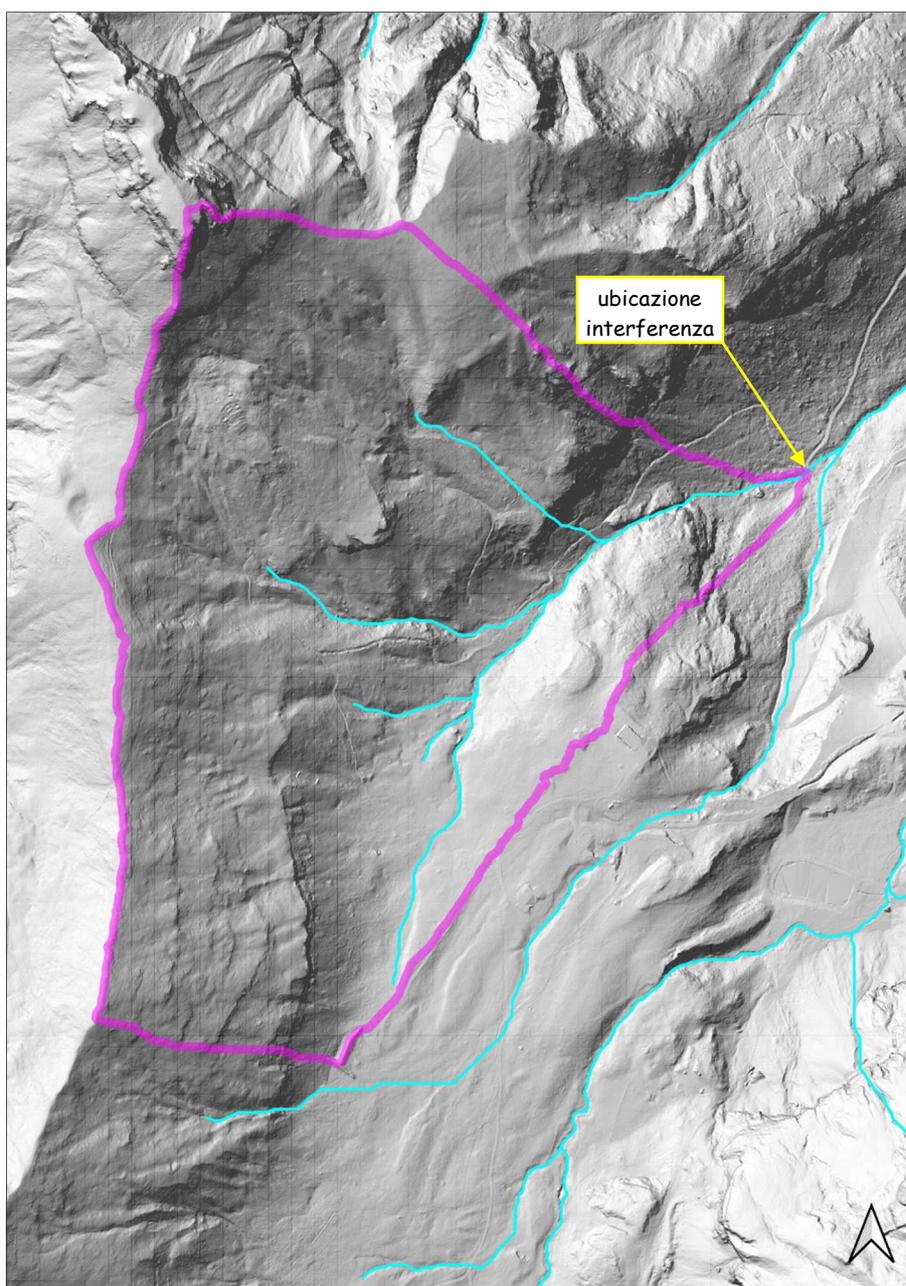


Figura 7.3: bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001 chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione dell'interferenza

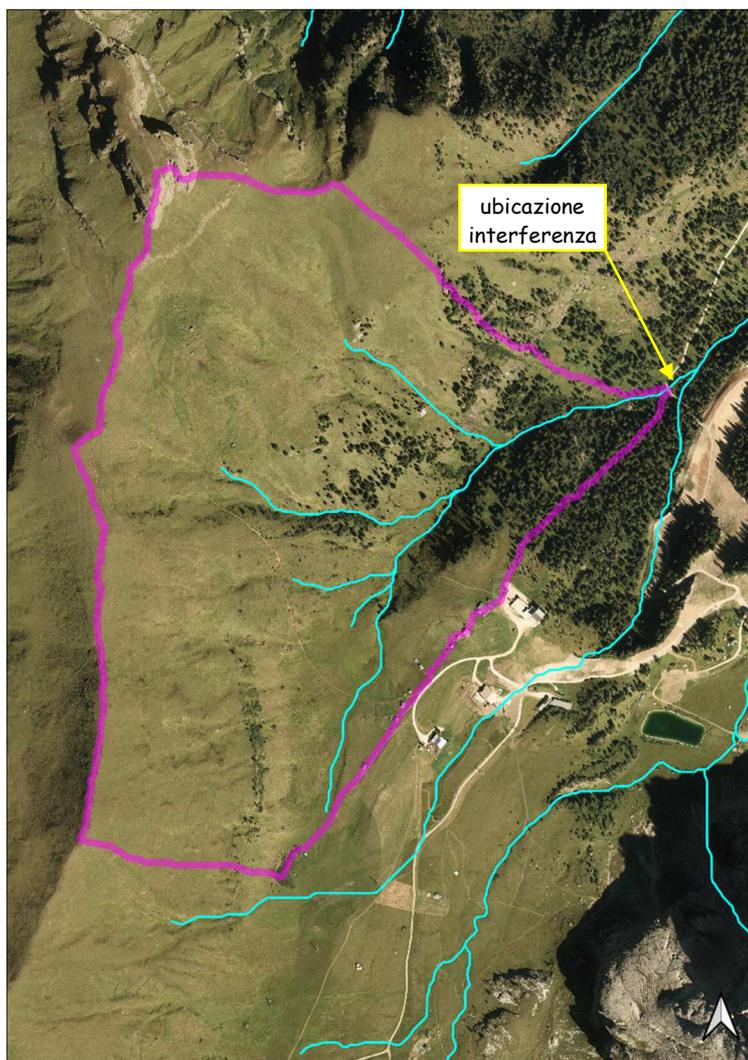


Figura 7.4: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione dell'interferenza

Si riportano di seguito in Tabella 7.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 7.5 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'133.293
Coordinata N sezione di chiusura	5'147'785.645
Area Bacino [km ²]	0.694
Altitudine media [m s.l.m.]	2'229.20
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'925.27
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'535.02
Pendenza media del bacino [°]	58.75

Tabella 7.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001 chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m.

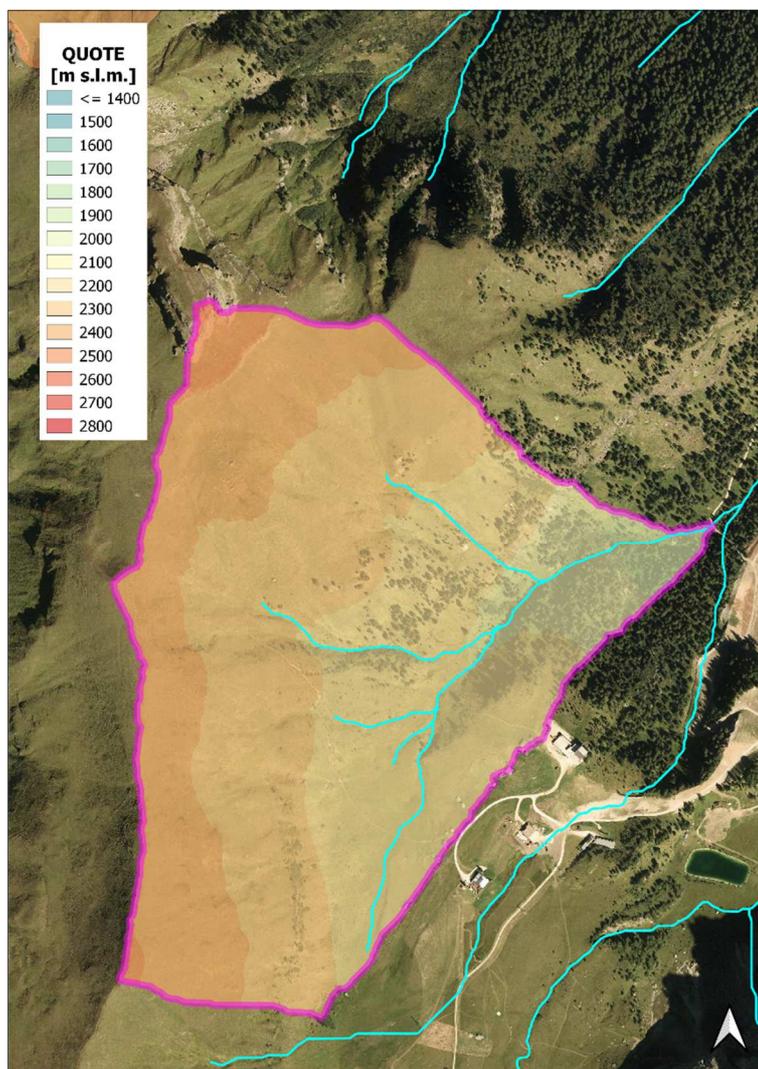


Figura 7.5: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

7.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito Figura 7.6 in la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A1010300110020020001 esaminato nell'analisi idrologica.

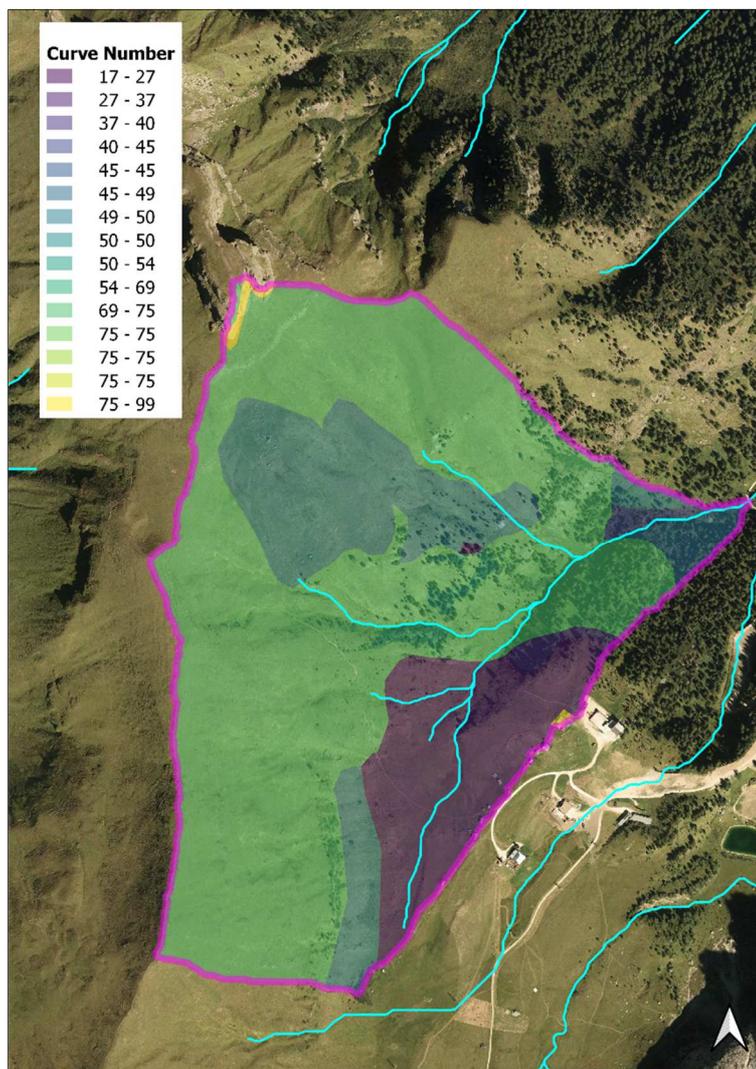


Figura 7.6: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

7.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A1010300110020020001 in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba.

7.3.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

7.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

7.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 3.52 m³/s**.

Il bacino del rio IDR003_A1010300110020020001 chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m. ha una superficie di 0.694 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

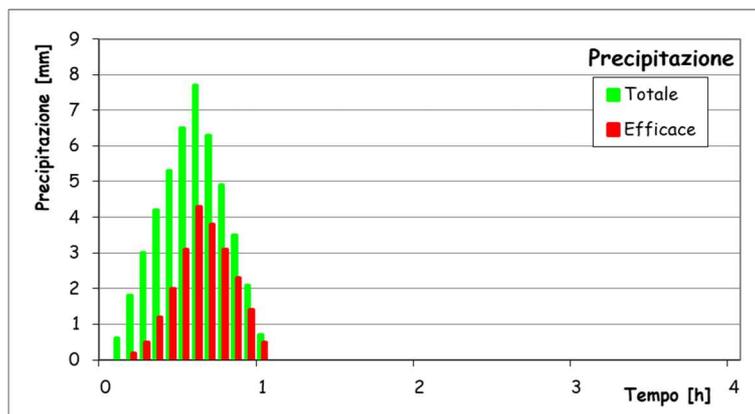


Figura 7.7: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

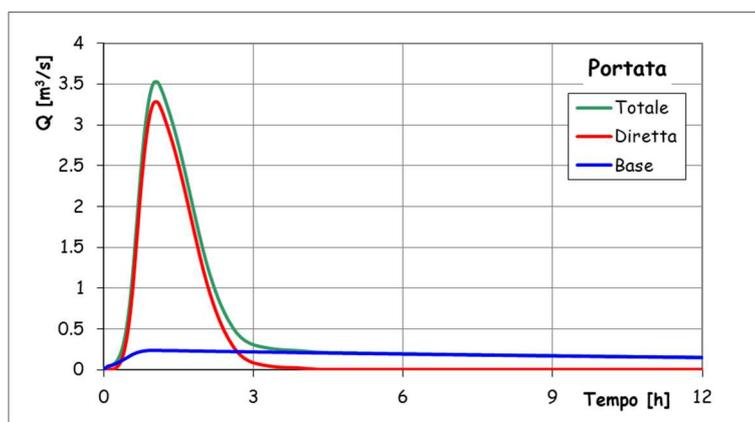


Figura 7.8: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A1010300110020020001 chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

7.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

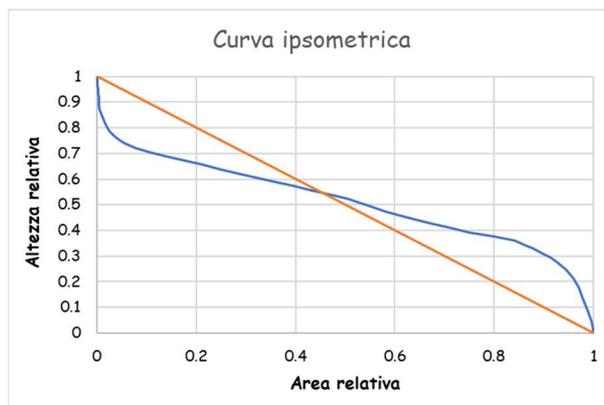


Figura 7.9: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300110020020001 chiuso a quota 1'925.27 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze rappresentative del rio in esame nel tratto immediatamente a monte dell'interferenza sono pari a circa il 25 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 27 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.361 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 36 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 4.42 m³/s.

7.4 Analisi idraulica

Al fine di verificare la capacità di smaltimento della portata di progetto in corrispondenza dell'attraversamento in esame si è sviluppata una verifica idraulica a moto uniforme della tubazione in calcestruzzo presente, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler. Per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la stessa del tratto in esame, mentre

per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nella verifica è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulla strada forestale.

Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONE METALLO	
$Q_{200} =$	4.42 m^3/s
$i_F =$	0.25 m/m
$k_s =$	15 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
$D =$	0.6 m
$y_0 =$	0.6 m
$g.r. =$	100 %

Tabella 7.2: principali risultati del dimensionamento idraulico per l'attraversamento esaminato

La verifica idraulica effettuata con riferimento alla portata di progetto ($4.42 \text{ m}^3/\text{s}$) mostra che **la tubazione non è in grado di smaltirla**.

Essa risulta dimensionata per garantire il passaggio della sola portata liquida con tempo di ritorno 200 anni ($3.25 \text{ m}^3/\text{s}$ - $k_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), sebbene con un grado di riempimento pari all'80 %.

7.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, la verifica idraulica effettuata con riferimento alla portata di progetto ($4.42 \text{ m}^3/\text{s}$) mostra che **la tubazione non è in grado di smaltirla**.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ **sostituire la tubazione esistente con una di diametro $D = 1'400 \text{ mm}$ in metallo o materiale plastico per garantire il passaggio della portata di progetto con un grado di riempimento pari al 70 %**. In alternativa alla tubazione, è possibile utilizzare uno **scatolare con capacità di deflusso equivalente**, per agevolare il raccordo tra il manufatto ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento;
- ✓ curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco della tubazione (o dello scatolare), per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;

- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico delle scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

8 RIO IDR003_A101A100120010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

8.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A101A100120010010001, nasce sul versante orientale del monte Col Aut, ad una quota di circa 2'155 m s.l.m.. Da qui scorre in direzione nord-est verso il fondovalle, attraversando - dopo circa 700 m - la strada forestale che conduce ad Alba all'interno di uno scatolare in c.a. a sezione rettangolare di recente realizzazione con dimensioni interne 2.50 x 2.00 m. Circa 10 m a valle dell'attraversamento si trova un salto di fondo (Figura 8.1, immagine a destra).



Figura 8.1: attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 (scatolare in c.a. - 2.50 x 2.00m) - Vista da monte (a sinistra) e da valle (a destra)

In questo tratto, per circa 100 m a monte e 50 a valle dell'attraversamento, il corso d'acqua è stato oggetto di interventi di sistemazione idraulico-forestale: la sezione - a forma trapezoidale - è rivestita con una scogliera di massi cementati, con larghezza del fondo di 2.50 m, altezza pari a 3 m e sponde con inclinazione di circa 60 °.

Mentre il tratto sistemato scorre fra una piccola radura a prato, a monte ed a valle della sistemazione il corso d'acqua si snoda all'interno di una pecceta: la sezione è in terreno naturale, con fondo e sponde piuttosto incise (Figura 8.2).

Per circa 170 m a valle della strada il corso d'acqua scorre all'interno di un bosco di abeti rossi fino ad intersecare - sormontandola, senza alcuna opera idraulica di attraversamento - la strada forestale Streda de Ciampac (Figura 8.3); a monte della strada forestale la sezione del rio risulta poco incisa, mentre a valle il fondo si approfondisce e le sponde si fanno più ripide. La sezione è in terreno naturale e sul fondo in alcuni tratti si può osservare un substrato roccioso subaffiorante.

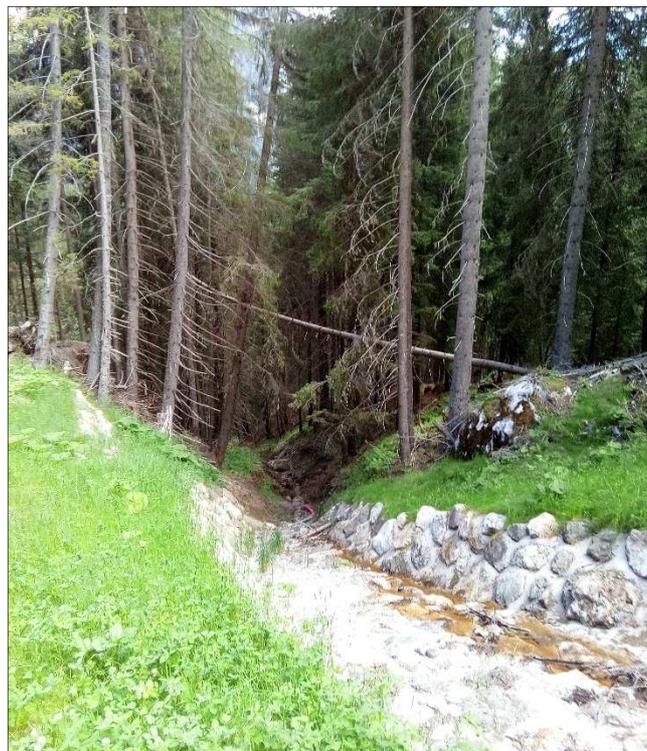


Figura 8.2: tratto sistemato in corrispondenza della strada forestale che conduce ad Alba - Vista da monte (a sinistra) e da valle (a destra)

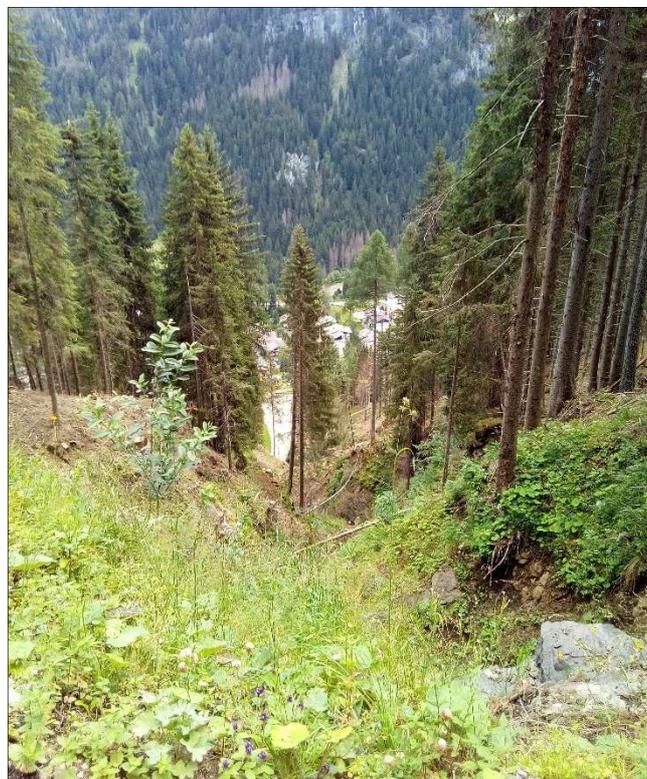


Figura 8.3: attraversamento della strada forestale Streda de Ciampac, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 (sormonto della strada) - Vista da monte (a sinistra) e da valle (a destra)

Circa 240 m a valle della strada forestale Streda de Ciampac, su un tratto in curva prima che il rio esca dal bosco che sovrasta la località Costa, sono stati realizzati un cunettone ed una piazza di deposito in massi cementati al termine del quale, dopo 370 m, il rio confluisce - teoricamente - in sinistra orografica del torrente Avisio, a sud dello Stadio del ghiaccio: non vi è infatti traccia del punto di confluenza ed il webgis della PAT relativo al reticolo idrografico definisce fittizio il tracciato di quest'ultimo tratto.



Figura 8.4: cunettone e piazza di deposito in massi cementati a monte della località Costa

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale; ciononostante - come si evince dalle immagini riportate di seguito - il rio presenta una certa disponibilità di materiale solido nei tratti a monte delle interferenze. Dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che lungo il tracciato - nei tratti non sistemati - si possono ancora riconoscere i segni dell'evento di colata verificatosi nel corso della tempesta Vaia dell'ottobre 2018.



Figura 8.5: vista dall'alto del versante lungo cui scorre il rio a monte (sinistra) ed a valle (destra) del tratto sistemato

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

8.2 Analisi storica eventi alluvionali

L'analisi storica degli eventi alluvionali del rio in esame è stata ricavata dalla relazione relativa ai "Lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza della zona a monte degli edifici pp.ed. 665, 703 e 960 nella frazione di Alba, in loc. Palua, nel CC di Canazei. Interventi di regimazione di Palua Alta - Verbale 6" redatta dall'ing. Rudi Bertagnolli dello Studio IN.GE.NA nel marzo 2019.

Si riporta di seguito uno stralcio del paragrafo "Dati storici, analisi dei pericoli noti e dei dissesti" contenuto nello studio.

« Il 29 ottobre 2018, dalle ore 19:00 alle ore 22:00, in Località Palua e precisamente nella zona a monte degli edifici pp.ed. 665, 703, 960 nella frazione di Alba, nella parte terminale del Rio Toèl Lench si sono verificati dei fenomeni di colate detritiche con 2500 a 3000 m³, causando solo danni a cose e non a persone.

La colata ha raggiunto e riempito con materiale i piani seminterrato e rialzato degli edifici pp.ed. 703 e 960, causando ingenti danni agli immobili sopra indicati e in parte hanno danneggiato l'edificio p.ed. 665.

La colata detritica ha poi superato la sede della strada statale n. 641 del Passo Fedai, raggiungendo e danneggiando i sottostanti edifici contraddistinti dalle pp.ed. 486/1, 629, 891 e 957, con parziale entrata di materiale all'interno dei piani interrati; successivamente la colata detritica è arrivata fino al piazzale - lati sud est dell'edificio comunale stadio del ghiaccio "Gianmario Scola", con entrata di materiale ed acqua in alcuni locali dell'immobile e con intasamento e riempimento della rete delle acque bianche nei pressi dello stadio del ghiaccio.

Le immagini riportate di seguito si riferiscono dell'evento avvenuto all'interno del bacino del rio nell'ottobre 2018.»



Figura 8.6: immagini relative all'evento dell'ottobre 2018 sul rio IDR003_A101A100120010010001



Figura 8.7: immagini relative all'evento dell'ottobre 2018 sul rio IDR003_A101A100120010010001 a monte del centro abitato

8.3 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

In seguito all'evento di colata detritica del 2018 sono stati realizzati lungo il corso d'acqua le seguenti opere di sistemazione, sulla scorta delle indicazioni contenute nello studio relativo ai lavori di somma urgenza sopra citato:

- ✓ una cunetta a monte in corrispondenza della strada forestale (circa 1'740 m s.l.m.) con sezione trapezoidale;
- ✓ una cunetta a valle (con ulteriore funzionamento come opera paravalanghe) in corrispondenza della strada forestale (circa 1'740 m s.l.m.);
- ✓ una piazza di deposito con volume di invaso di circa 11'000 m³, capace di contenere eventi valanghivi e debrisflow.

8.4 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto. Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

8.4.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001

Gli interventi previsti dalla variante al PRG interferiscono con il corso d'acqua identificato dal codice PAT IDR003_A101A100120010010001 in 3 differenti punti: in corrispondenza della strada forestale che conduce ad Alba, e della Streda de Ciampac e - verso il fondovalle - all'uscita della zona a bosco, poco a monte della piazza di deposito realizzata a difesa dell'abitato di Costa. La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio chiuso in corrispondenza dell'interferenza posta alla quota inferiore (1'534.85 m s.l.m.): tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.146 km².

Dal punto di vista delle considerazioni relative alla pericolosità idraulica, tale scelta si rivela conservativa per i tre attraversamenti posti più a monte.

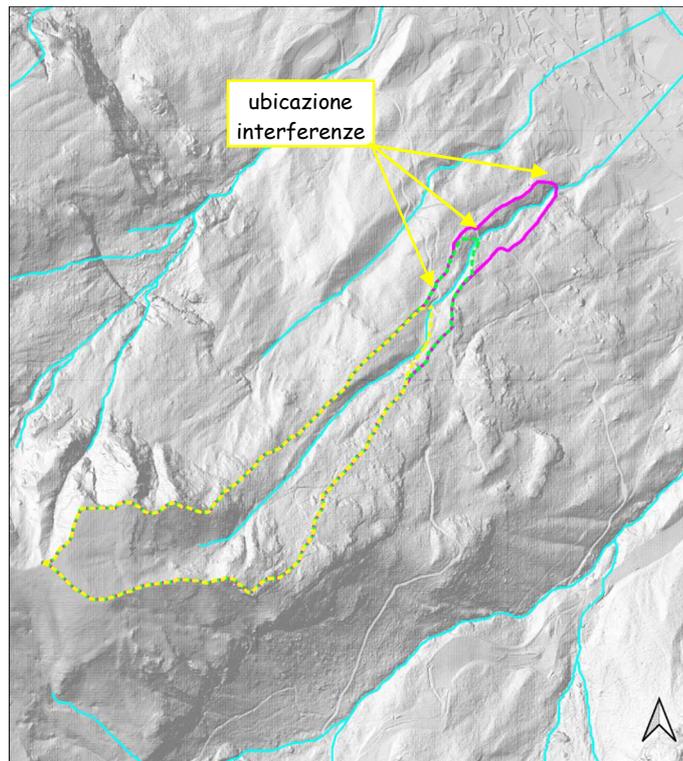


Figura 8.8: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001 chiuso a quota 1'534.85 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione delle interferenze

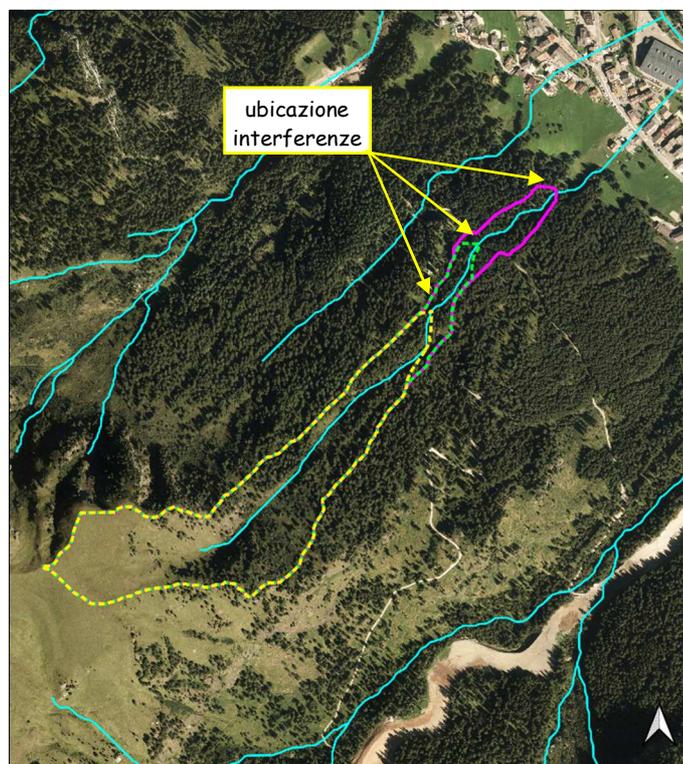


Figura 8.9: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione delle interferenze

Si riportano di seguito in Tabella 8.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 8.10 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'597.023
Coordinata N sezione di chiusura	5'148'884.177
Area Bacino [km ²]	0.146
Altitudine media [m s.l.m.]	2'027.52
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'534.85
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'324.89
Pendenza media del bacino [°]	74.27

Tabella 8.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001 chiuso a quota 1'534.85 m s.l.m.

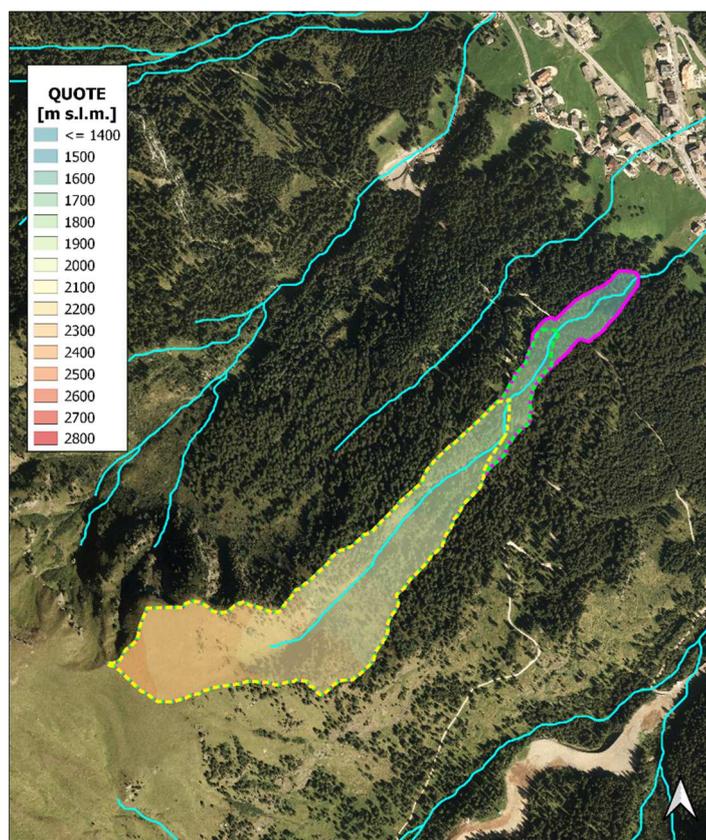


Figura 8.10: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

8.4.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 8.11 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100120010010001 esaminato nell'analisi idrologica.

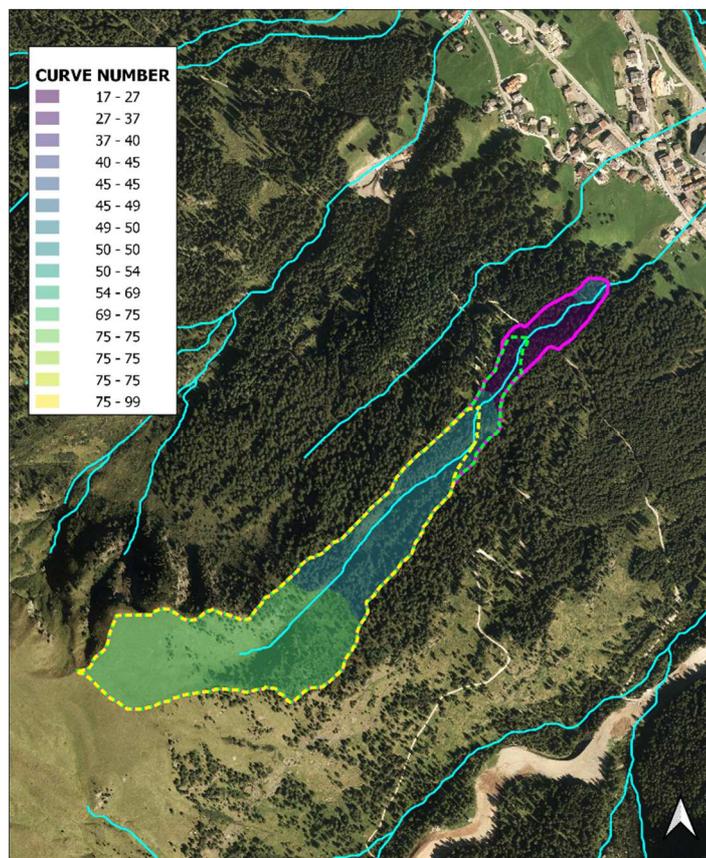


Figura 8.11: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

8.4.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A101A100120010010001 verso il fondovalle, in corrispondenza dell'interferenza ubicata alla quota inferiore.

8.4.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

8.4.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

8.4.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con T_r 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 0.94 m³/s.**

Il bacino del rio IDR003_A101A100120010010001 chiuso a quota 1'534.85 m s.l.m. ha una superficie di 0.146 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

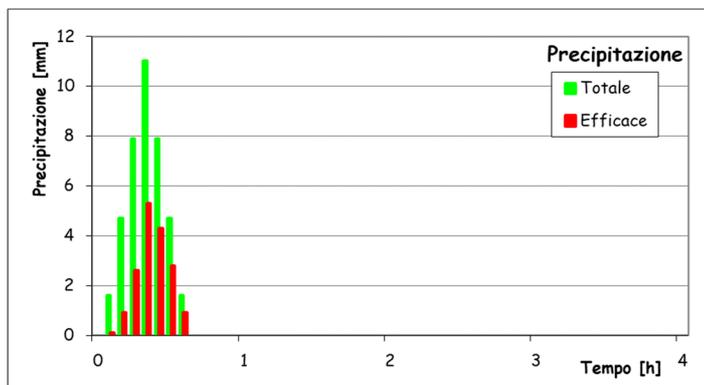


Figura 8.12: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

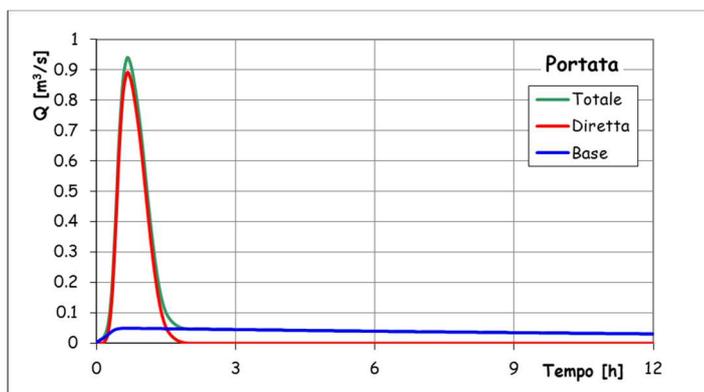


Figura 8.13: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A101A100120010010001 chiuso a quota 1'534.85 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

8.4.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame presenta una certa disponibilità di materiale solido nei tratti a monte delle interferenze.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio si trova in una condizione di paesaggio giovane, definita da una elevata attività erosiva.

Le condizioni morfologiche che possono favorire l'innesco ed il trasporto di colate detritiche si trovano lungo l'asta principale del torrente, nel tratto che si estende dalla sommità del bacino all'apice del conoide.

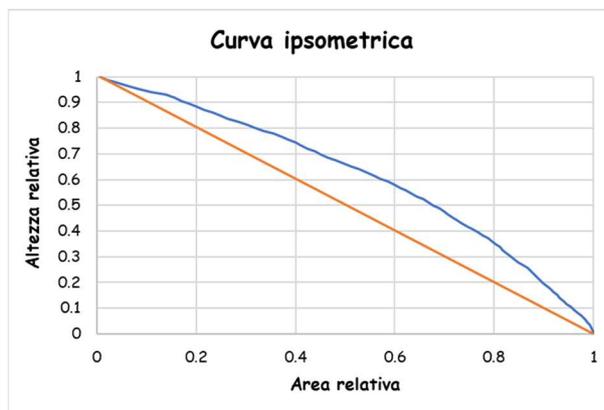


Figura 8.14: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua possano essere piuttosto intensi.

In tale studio non verranno tuttavia considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dei 4 punti di interferenza sono pari a circa il 49 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno all'80 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 4.789 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 379 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 4.50 m³/s.

Tale portata è in linea con il valore di progetto (4.47 m³/s) utilizzato nella relazione relativa ai "Lavori di somma urgenza per la messa in sicurezza della zona a monte degli edifici pp.ed. 665, 703 e 960 nella frazione di Alba, in loc. Palua, nel CC di Canazei. Interventi di regimazione di Palua Alta - Verbale 6" redatta dall'ing. Rudi Bertagnoli dello Studio IN.GE.NA nel marzo 2019, base di partenza per il dimensionamento delle opere di sistemazione realizzate lungo il corso d'acqua dopo la tempesta Vaia.

8.5 Analisi idraulica

Per quanto riguarda il dimensionamento delle opere di sistemazione realizzate dopo la tempesta Vaia, si è fatto in parte riferimento ai risultati illustrati nella relazione citata al paragrafo precedente, di cui si riportano di seguito alcuni estratti:

«I risultati della verifica della cunetta nella parte media del bacino ha evidenziato che la sezione dell'opera prevista e la sua integrazione nel terreno esistente risultano sufficienti a far transitare la portata liquida e solida della mistura per la zona sistemata. Si sviluppano tiranti attorno 1 m che scorrono con 2.5 m/s a 3 m/s, depositi nel canale sistemato rimangono sotto i 20 cm.»

In questo tratto - lungo la strada forestale che conduce ad Alba - si trova la prima delle tre interferenze in esame, che risulta in grado di smaltire la portata di progetto.

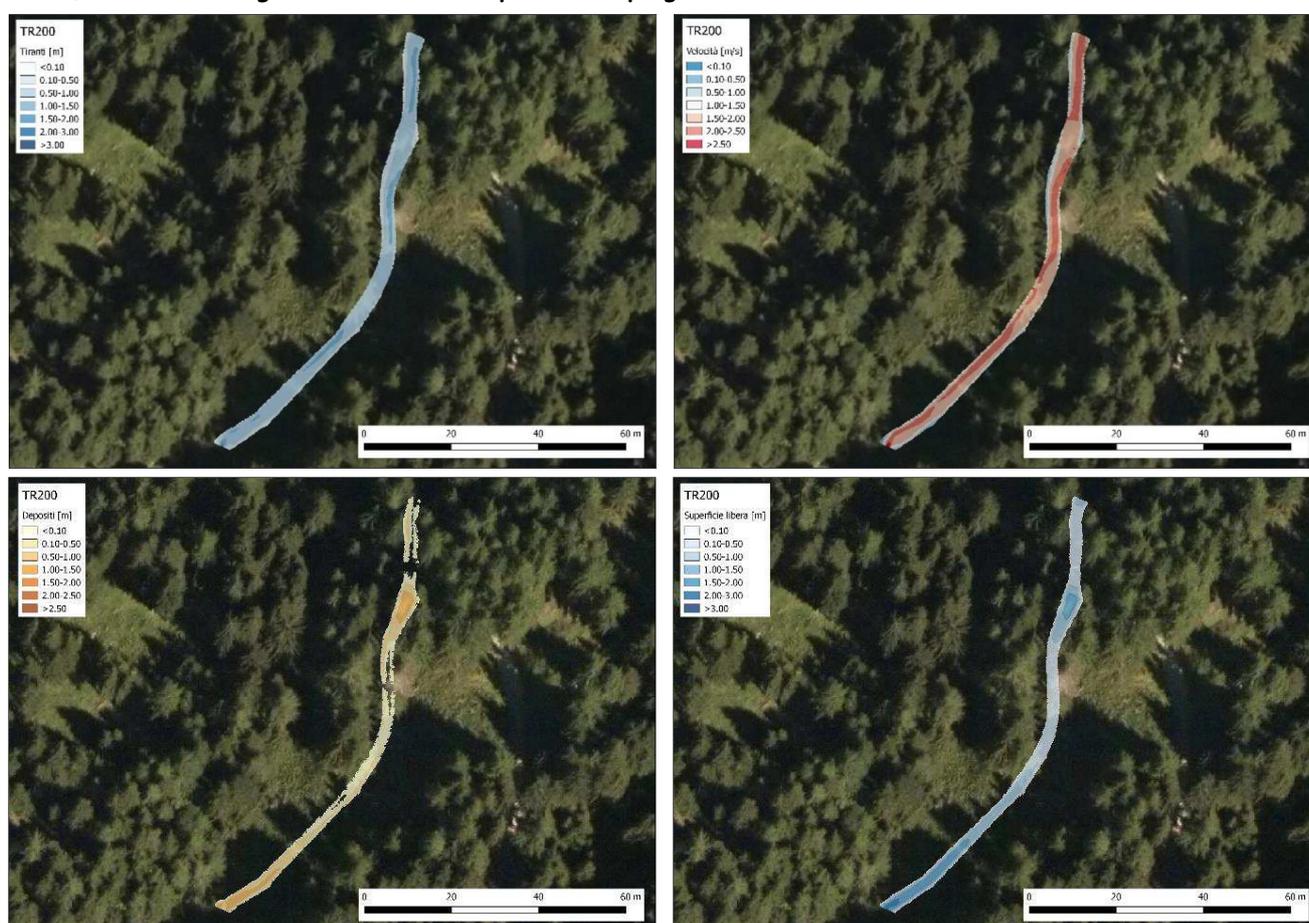


Figura 8.15: risultati dello scenario 1 (tempo di ritorno di 200 anni) - estratto dalla Relazione di somma urgenza

«I risultati della verifica della cunetta nella parte bassa del bacino ha evidenziato che la sezione dell'opera prevista e la sua integrazione nel terreno esistente risultano sufficienti a far transitare la portata liquida e solida della mistura per la zona sistemata fino alla vasca di deposito. Grazie alla sezione larga, che è stata progettata per fungere anche come opera paravalanghe, i tiranti che si sviluppano raggiungono 60 cm e all'imbocco nella vasca di deposito circa 1 m. A causa della sezione larga e le velocità basse si verificano depositi fino a 80 cm.»



In questo tratto - all'uscita della zona a bosco, poco a monte del cunettone e della piazza di deposito realizzati a difesa dell'abitato di Costa - si trova l'ultima interferenza in esame, che garantisce quindi il passaggio della portata di progetto.

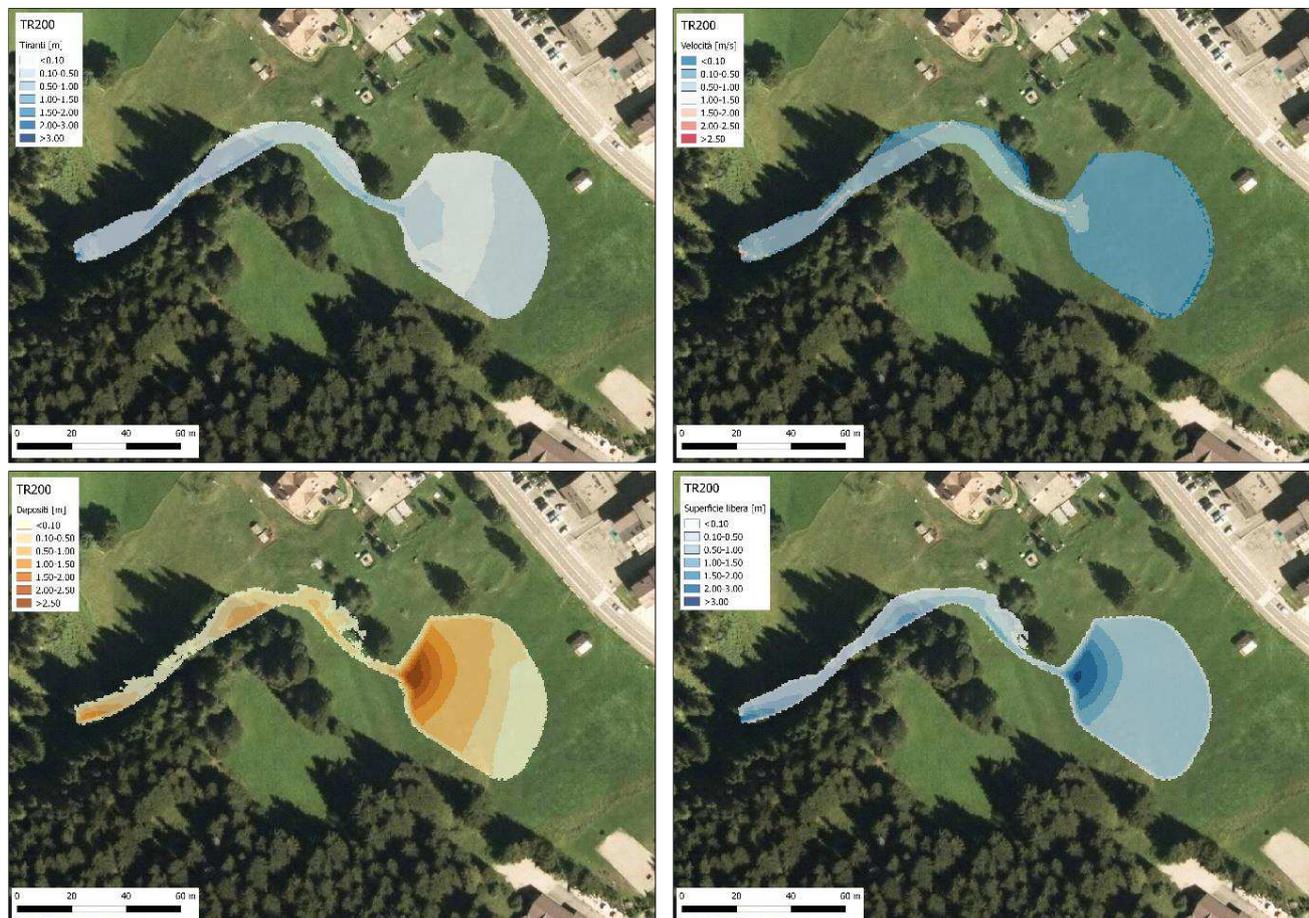


Figura 8.16: risultati dello scenario 1 (tempo di ritorno di 200 anni) - estratto dalla Relazione di somma urgenza

Si rimanda al succitato documento per ulteriori dettagli ed approfondimenti.

Dal momento che non sono presenti manufatti di attraversamento in corrispondenza dell'interferenza con la Streda de Ciampac, si procede di seguito al dimensionamento di un guado per il passaggio della portata di progetto, realizzato tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale.

Il guado avrà una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle infrastrutture interferite (o delle eventuali opere in progetto).

La corda molle sarà realizzata mediante massi cementati e la posa di una rete elettrosaldata di maglia 20x20 cm con barre $\phi 8$ mm, per uno spessore minimo di calcestruzzo di 35 cm e presenterà un profilo di raccordo con il terreno attuale con una pendenza massima del 20 %.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

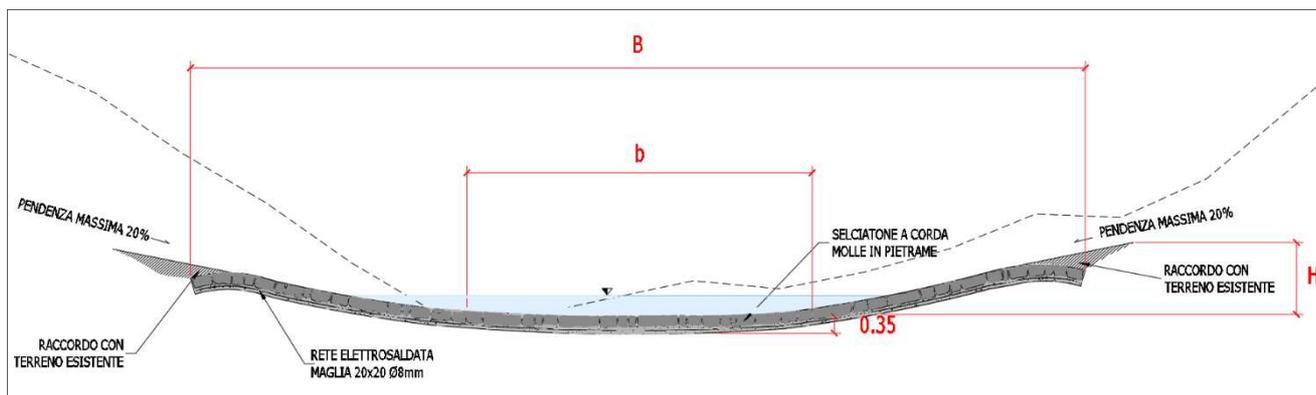


Figura 8.17: sezione tipologica del guado

I risultati del dimensionamento sono riportati di seguito in Tabella 8.2: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

GUADO	
$Q_{200} =$	3.50 m ³ /s
$i_F =$	0.03 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$b =$	3.0 m
$B =$	13.0 m
$H =$	1.0 m
$i_{sponde} =$	20 %
$y_0 =$	0.5 m
franco =	0.5 m

Tabella 8.2: dimensionamento idraulico del guado nel punto di interferenza tra il rio e la Streda de Ciampac

Si osserva che il tirante che si verifica all'interno della sezione tipologica è stato calcolato, cautelativamente, considerando una pendenza trasversale del guado pari al 3 %, di gran lunga inferiore alle pendenze medie dei tratti del rio analizzati, che si attestano sul 50 %.

8.6 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, le verifiche idrauliche delle interferenze con la strada forestale che conduce ad Alba e nel tratto a monte dell'abitato di Alba garantiscono il passaggio della portata di progetto.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
 - prevedere la realizzazione di **1 guado** realizzato tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata nel punto di interferenza con al Streda de Ciampac. Il guado avrà

una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle strade interferite (o delle eventuali opere in progetto); una sezione con base minore $b = 3.0$ m, base maggiore $B = 13.0$ m ed altezza di 1.0 m garantisce il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

- ✓ dal momento che allo stato attuale non è presente un attraversamento del rio in corrispondenza dell'interferenza a monte dell'abitato di Alba, in fase di progettazione delle opere previste dalla variante sarà necessario realizzare un idoneo attraversamento, tramite un ponte che garantisca il passaggio della portata solida di progetto e che tenga conto anche dei fenomeni valanghivi a cui l'area è potenzialmente soggetta;
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico di tali scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

9 RIO IDR003_A101A100130010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

9.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice IDR003_A101A100130010010001, nasce sul versante orientale del monte Col Aut, ad una quota di circa 1'875 m s.l.m.. Da qui attraversa il bosco di abeti rossi presente sul versante, scorrendo in direzione nord-est verso il fondovalle ed intersecando la strada forestale che conduce ad Alba dopo circa 390 m e - 40 m più a valle - la strada forestale Streda de Ciampac. Dopo circa 200 m esce dal bosco, prosegue per altri 450 m e confluisce - teoricamente - in sinistra orografica del torrente Avisio, a nord dello Stadio del ghiaccio: non vi è infatti traccia del punto di confluenza ed il webgis della PAT relativo al reticolo idrografico definisce fittizio il tracciato di quest'ultimo tratto; probabilmente, arrivate su un terreno più pianeggiante, le acque convogliate si spagliano sui prati a monte di Alba.

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale: si tratta di un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, è quasi impercettibile.



Figura 9.1: attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 - Vista verso monte

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte, ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

9.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

9.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto. Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

9.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001

Gli interventi previsti dalla variante al PRG interferiscono con il corso d'acqua identificato dal codice PAT IDR003_A101A100130010010001 in 4 differenti punti: in corrispondenza della strada forestale che conduce ad Alba, a monte ed a valle della Streda de Ciampac e, verso il fondovalle, all'uscita della zona a bosco, poco a monte dell'abitato di Costa.

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio chiuso in corrispondenza dell'interferenza posta alla quota inferiore (1'555.68 m s.l.m.): tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.163 km².

Dal punto di vista delle considerazioni relative alla pericolosità idraulica, tale scelta si rivela conservativa per i tre attraversamenti posti più a monte.

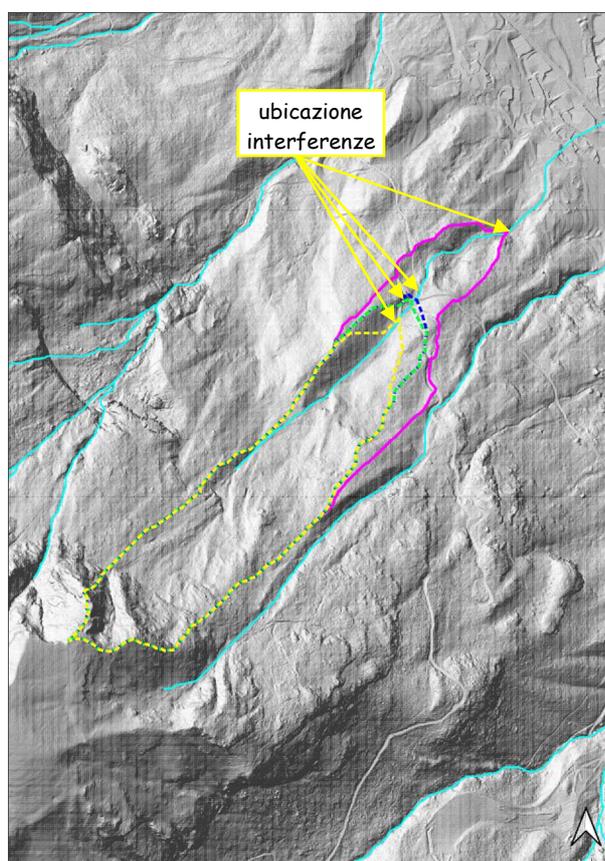


Figura 9.2: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione delle interferenze

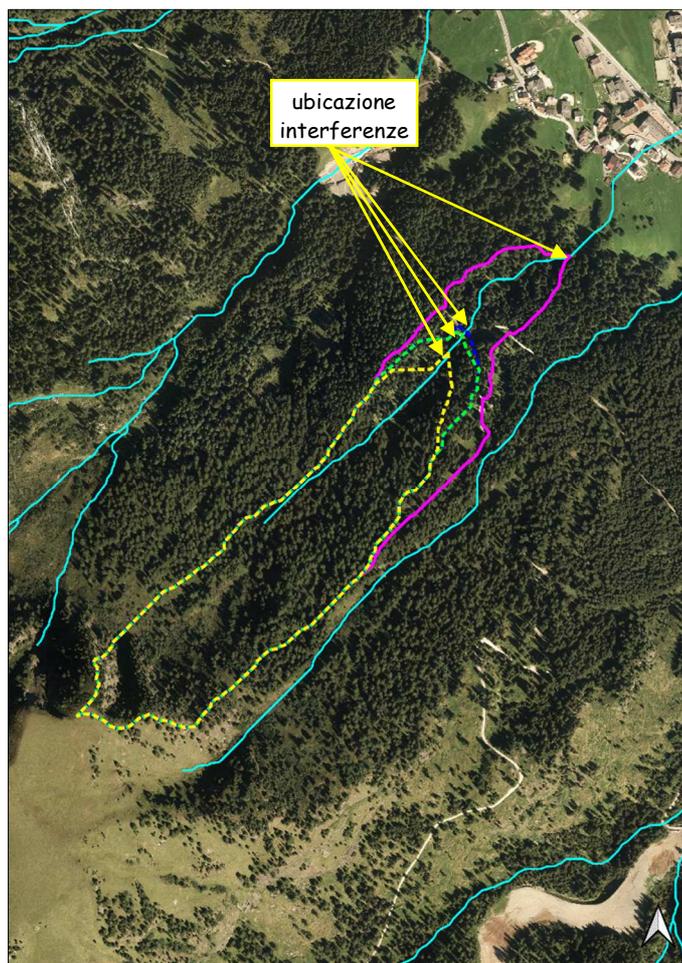


Figura 9.3: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione delle interferenze

Si riportano di seguito in Tabella 9.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 9.4 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'483.651
Coordinata N sezione di chiusura	5'148'962.651
Area Bacino [km ²]	0.163
Altitudine media [m s.l.m.]	1'858.94
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'555.68
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'269.37
Pendenza media del bacino [°]	83.28

Tabella 9.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m.

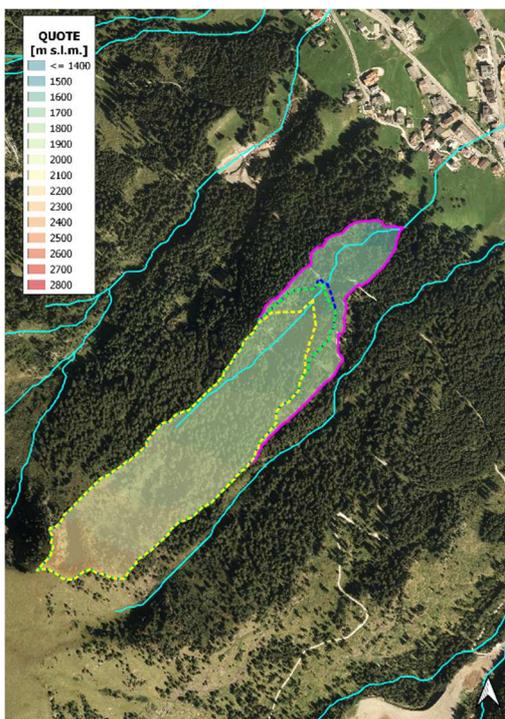


Figura 9.4: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

9.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 9.5 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100130010010001 esaminato nell'analisi idrologica.

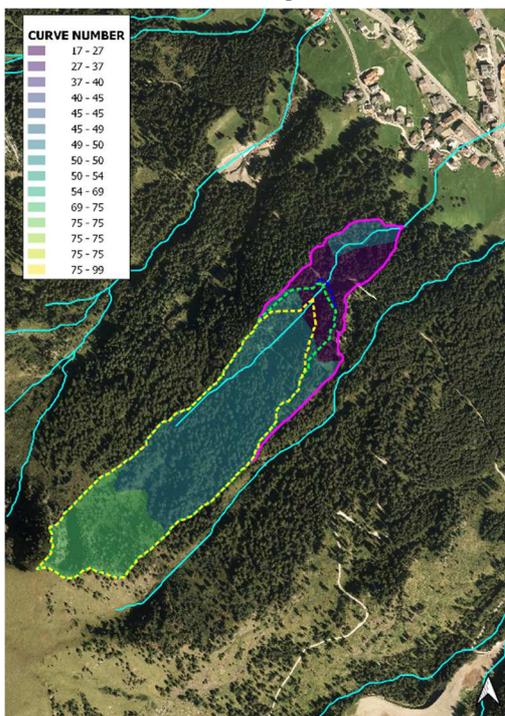


Figura 9.5: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

9.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A101A100130010010001 verso il fondovalle, in corrispondenza dell'interferenza ubicata alla quota inferiore.

9.3.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

9.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

9.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a $0.87 \text{ m}^3/\text{s}$** . Il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m. ha una superficie di 0.163 km^2 . Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

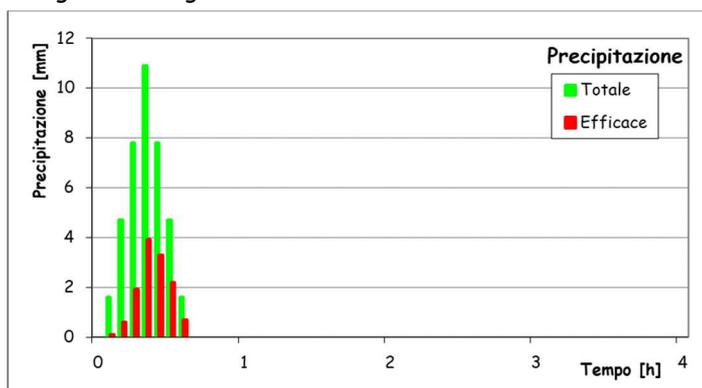


Figura 9.6: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

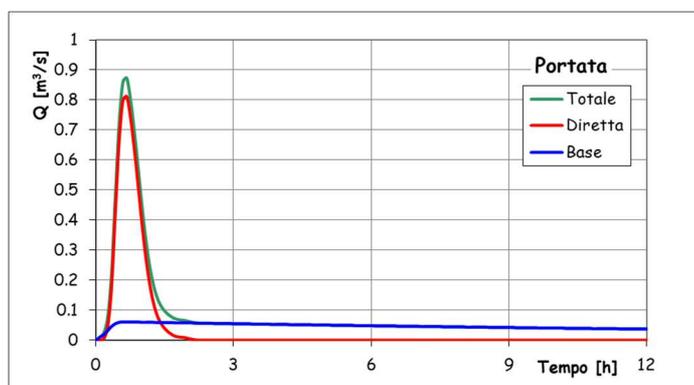


Figura 9.7: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

9.3.3.4 Idrogramma solido

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante. Inoltre il tracciato del compluvio è quasi impercettibile sia a monte sia a valle della strada forestale.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

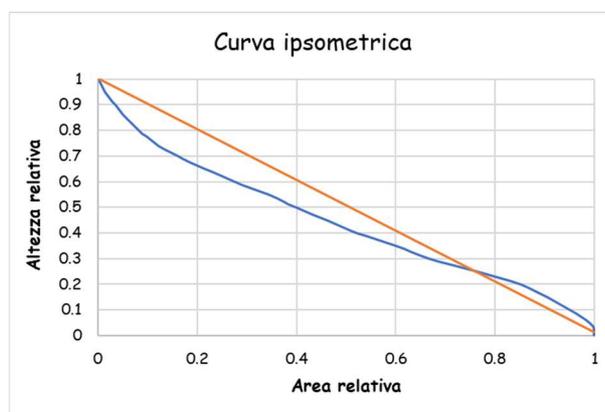


Figura 9.8: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'555.68 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dei 4 punti di interferenza sono pari a circa il 36 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 50 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 2 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 100 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 1.74 m³/s.

9.4 Analisi idraulica

Dal momento che non sono presenti manufatti di attraversamento nei 4 punti interferenti con le opere previste dalla variante, si procede di seguito al dimensionamento di una tubazione per smaltire la portata di progetto.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la media del tratto compreso fra i 4 attraversamenti, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nel dimensionamento è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulle strade forestali e sul fondovalle.

Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONI	
$Q_{200} =$	1.74 m ³ /s
$i_F =$	0.36 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$D =$	0.9 m
$y_0 =$	0.62 m
$g.r. =$	69 %

Tabella 9.2: principali risultati del dimensionamento idraulico per i 4 attraversamenti esaminati

La tipologia del materiale costituente le tubazioni è indifferente: il valore di scabrezza in condizioni ordinarie garantisce il deflusso della portata liquida di progetto con tempo di ritorno 200 anni (0.82 m³/s) con grado di riempimento pari al 21 % nel caso di tubi in calcestruzzo ($k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) ed al 18 % nel caso di tubazioni metalliche o in materiale plastico ($k_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Le tubazioni possono essere sostituite da **scatolari con capacità di deflusso equivalente**, per agevolare il raccordo tra il manufatto ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento.

In alternativa alla posa delle tubazioni (o scatolari), si potrà prevedere la realizzazione di 4 guadi realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata.

I guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle infrastrutture interferite (o delle eventuali opere in progetto).

La corda molle sarà realizzata mediante massi cementati e la posa di una rete elettrosaldata di maglia 20x20 cm con barre $\phi 8$ mm, per uno spessore minimo di calcestruzzo di 35 cm e presenterà un profilo di raccordo con il terreno attuale con una pendenza massima del 20 %.

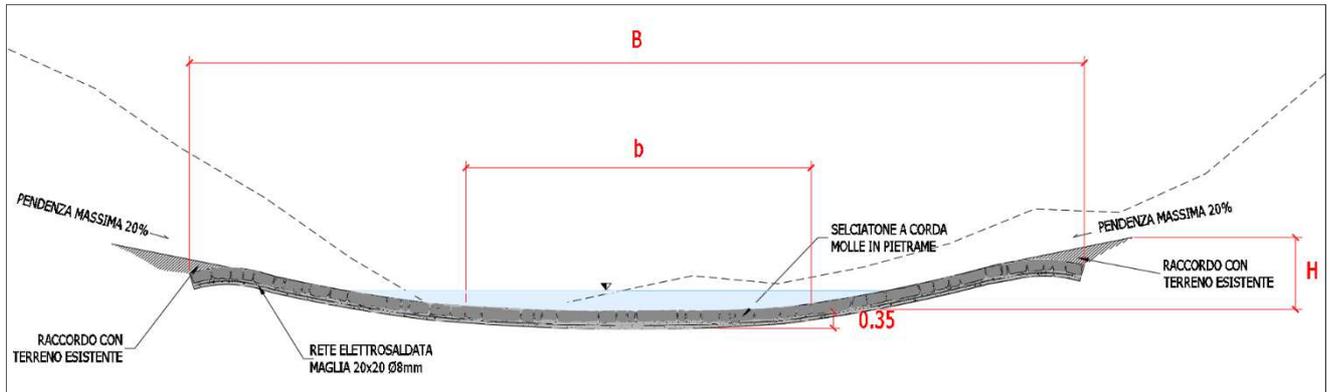


Figura 9.9: sezione tipologica dei guadi

Il dimensionamento idraulico dei guadi è riportato di seguito in Tabella 9.3: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

GUADI	
$Q_{200} =$	1.74 m ³ /s
$i_F =$	0.03 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$b =$	2.0 m
$B =$	11.0 m
$H =$	0.9 m
$i_{sponde} =$	20 %
$y_0 =$	0.4 m
franco =	0.5 m

Tabella 9.3: dimensionamento idraulico dei guadi nei punti di interferenza con il rio

Si osserva che il tirante che si verifica all'interno della sezione tipologica è stato calcolato, cautelativamente, considerando una pendenza trasversale del guado pari al 3 %, di gran lunga inferiore alle pendenze medie dei tratti del rio analizzati, che si attestano sul 36 %.

9.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, non esistono opere idrauliche lungo il corso d'acqua, il cui tracciato è quasi impercettibile sia a monte sia a valle dei punti di interferenza con le opere previste dalla variante.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ **IPOTESI 1:**

- posare **4 tubazioni** con diametro minimo $D = 900$ mm in calcestruzzo, metallo o materiale plastico in corrispondenza dei 4 attraversamenti per garantire il passaggio della portata di progetto con un grado di riempimento pari al 69 %. In alternativa alle tubazioni, è possibile utilizzare degli scatolari con capacità di deflusso equivalente, per agevolare il raccordo tra i manufatti ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento;
- curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco delle tubazioni (o degli scatolari), per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;
- ✓ **IPOTESI 2:**
 - in alternativa alla posa di tubazioni o scatolari, si potrà prevedere la realizzazione di **4 guadi** realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata;
 - i guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle strade interferite (o delle eventuali opere in progetto);
 - una sezione con base minore $b = 2.0$ m, base maggiore $B = 11.0$ m ed altezza di 90 cm garantisce il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.
- ✓ **in considerazione della natura del corso d'acqua, un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, è quasi impercettibile, si ritiene più ragionevole adottare la soluzione contenuta nell'IPOTESI 2;**
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico di tali scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

10 RIO CERNADOI - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

10.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio Cernadoi (Codice Acqua Pubblica IDR001_527), identificato dal codice PAT IDR003_A101A100110010010001, nasce sul versante orientale tra il monte Col Aut e lo Spiz de Soforcela, ad una quota di circa 2'175 m s.l.m.. Da qui scorre in direzione nord-est verso il fondovalle, raccogliendo i contributi di altri compluvi presenti sul versante ed attraversa - dopo circa 1'100 m - la strada forestale che conduce ad Alba. L'attraversamento avviene per mezzo di un ponte con spalle in c.a. ed impalcato in legno.



Figura 10.1: attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba, in corrispondenza degli interventi previsti dalla variante 26.11 (ponte con impalcato in legno) - Vista da valle

In questo tratto, per circa 100 m a monte e 50 a valle dell'attraversamento, il corso d'acqua è stato oggetto di interventi di sistemazione idraulico-forestale: la sezione - a forma trapezoidale - è rivestita con una scogliera di massi cementati, con larghezza minima del fondo di 3.50 m, altezza pari a 3 m e sponde con inclinazione di circa 60 °.

Circa 30 m a monte del ponte si trova una briglia filtrante (Figura 8.1, immagine a sinistra) presidiata da una piazza di deposito con capacità di 3'000 m³.

Tali opere sono state progettate e realizzate dal Servizio Bacini Montani nel 2013, nell'ambito di una serie di interventi per il consolidamento dell'alveo del rio Cernadoi nel tratto a monte dell'abitato di Alba.



Figura 10.2: vista dall'alto del tratto sistemato del rio Cernadoi in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale

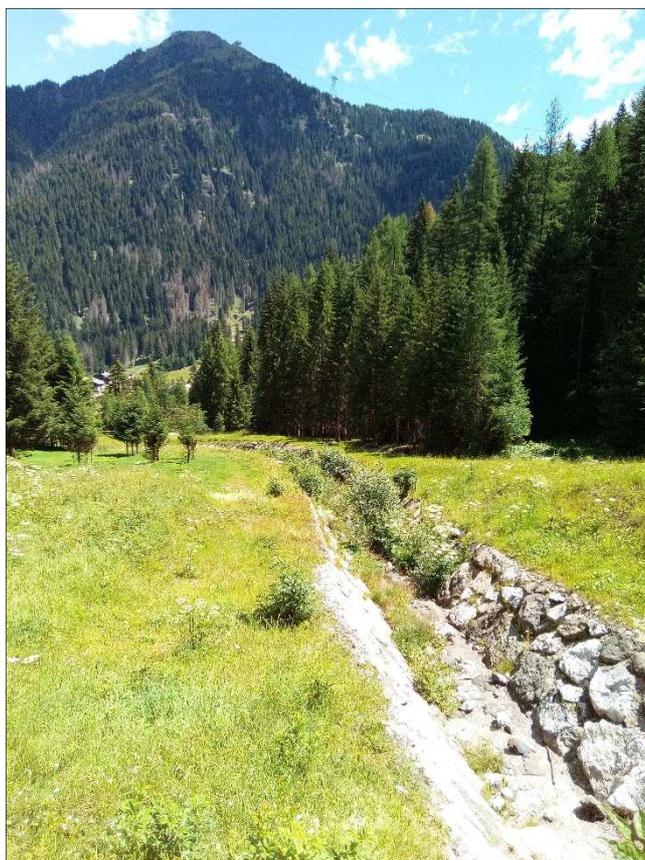
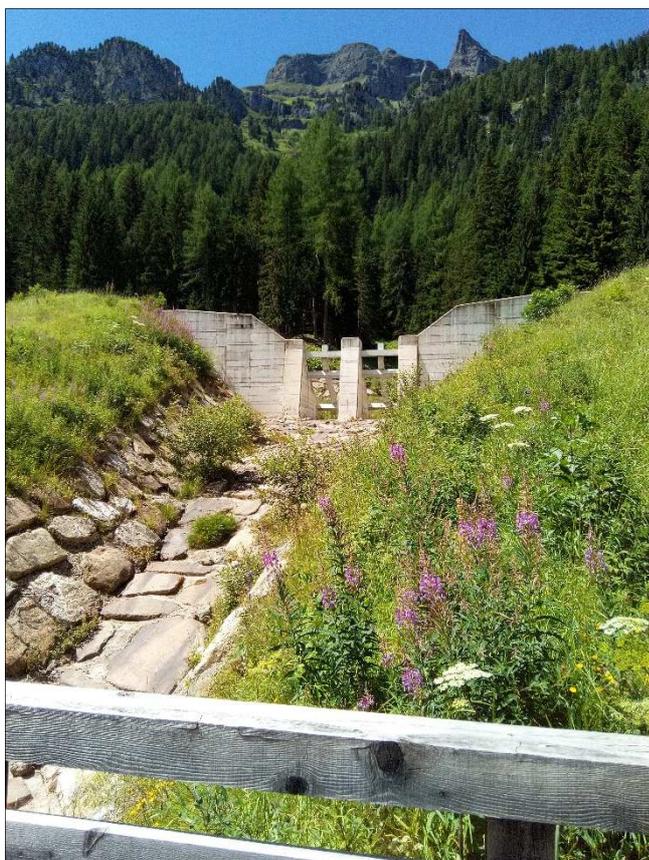


Figura 10.3: vista verso monte (sinistra) e verso valle (destra) del rio Cernadoi in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale

A monte della sistemazione il corso d'acqua scorre prevalentemente circondato del bosco di abeti presente sul versante, mentre a valle si snoda in una radura a prato, attraversa l'abitato di Alba fino a raggiungere, dopo circa 730 m dal ponte in legno, la sponda sinistra del torrente Avisio.



Figura 10.4: vista dall'alto del versante lungo cui scorre il rio a monte (sinistra) ed a valle (destra) della briglia filtrante

Nel tratto a monte della sistemazione ed in parte di quello di valle la sezione del rio è in terreno naturale, con fondo e sponde piuttosto incise, mentre in corrispondenza del centro abitato il rio Cernadoi scorre all'interno di scatolari in calcestruzzo per attraversare le infrastrutture interferenti; nel corso del 2018 anche il tratto finale del rio è stato oggetto di sistemazioni idrauliche.

Per la descrizione delle caratteristiche geologiche e litologiche del bacino del rio Cernadoi si è fatto riferimento ai contenuti dello "Studio di pericolosità su conoidi della Provincia Autonoma di Trento: Rio Cernadoi (Alba di Canazei)" redatto dal prof. Vincenzo D'Agostino e dal dott. for. Matteo Cesca nell'ambito della consulenza tecnico-scientifica nella redazione della carta del pericolo da fenomeni torrentizi svolta nel dicembre 2008. Si riporta di seguito un estratto del capitolo relativo a tali aspetti.

« L'analisi geologica del bacino del rio Cernadoi si basa principalmente sulla "Carta di Sintesi Geologica" ed. maggio 1990, ottenuta dalla sovrapposizione automatica di 4 carte tematiche: carta geolitologica, carta dei dissesti, carta dell'uso del suolo e carta clinometrica; inoltre utilizza l'elaborato geologico predisposto in occasione della stesura del nuovo piano regolatore di Canazei, ed. 1994 (redatto dallo Studio di geologia applicata dr. Cadrobbi e Di Nobile), facendo riferimento per i dettagli alla "Carta geologica" scala 1:10.000 Tav. 1b, "Carta di sintesi geologica" 1:10.000 Tav. 1c e "Carta idrogeologica" 1:10.000 tav. 1e.

La componente geologica di base appare generalmente complessa, in quanto vi è un intercalarsi ripetuto di rocce di origine sedimentaria e vulcanica in un'età che spazia dal Permiano superiore al Cretaceo inferiore. La componente sedimentaria è data in prevalenza da calcari assai differenziati tra loro sia per origine che per età anagrafica, mentre le rocce di origine vulcanica sono costituite per lo più da colate di lava e brecce con struttura coetanea di colore scuro. Talvolta la differenziazione tra i due litotipi può risultare difficile per un'alternanza ritmica anche su profili ridotti tra i due tipi. I diversi tipi litologici presenti nel bacino in esame seguono una successione altimetrica a partire dal fondovalle.

Nel fondovalle, a formare il conoide troviamo i depositi alluvionali. Tutto l'abitato di Alba di Canazei poggia, infatti, su di un ampio conoide alluvionale a matrice ghiaiosa-sabbiosa formatasi dal trasporto del rio Cernadoi sino allo sbocco nell'Avisio. Presenta per lo più una granulometria da media a fine nel fondovalle, formata da esondazioni assai antiche,

come indica la presenza costante nel corso dei secoli dell'agglomerato urbano e dei coltivi a prato circostanti. La loro profondità è variabile, comunque non superiore agli 8-10 m. Presenta in ogni caso una buona permeabilità con una facile erodibilità data la componente sabbiosalimosa del fondovalle. L'analisi geologica di dettaglio evidenzia oltre al conoide del rio Cernadoi, a monte di Alba, anche due linee di accumulo minori, poste sul suo lato sinistro, in corrispondenza di due vallecicole poco incise che si dipartono dalle pendici superiori del Monte Ciof. Nel complesso dal punto di vista geologicogeotecnico sono delle aree sicure sia per la buona permeabilità che per la pendenza moderata.

Al di sopra dei depositi alluvionali, nella parte superiore dell'abitato di Alba (loc. Costa) e nei prati soprastanti, ma anche in parte del bosco sino a quota 1600-1700 m s.l.m. troviamo ampi depositi a carattere detritico, con notevoli dimensioni dei loro componenti che possono raggiungere anche alcuni metri. Sono dati da antiche frane dovute a crolli delle pareti rocciose soprastanti (Crepa de Solebres) di matrice calcareo-dolomitica messi in posto in epoca postglaciale. Consistenza superficiale consolidata dall'antica copertura boschiva presente, con isolati fenomeni franosi solo in corrispondenza dell'alveo del rio.

Salendo ancora di altitudine, nella stretta fascia affiorante, data dalla Crepa de Solebres, che forma la parete che suddivide il pendio inferiore a depositi di frana dai percorsi superiori del "Pian de Bronzavoles" troviamo il tipo litologico dei rosso ammonitici. La formazione è costituita da calcari nodulosi di colore scuro, molto stratificati. Elemento fondamentale è la ricca associazione di fossili dati da ammoniti e lamellibranchi. In genere lo spessore in questa zona è di 10-20 m. In affioramenti di non elevata potenza solo tra il rosso ammonitico della Crepa de Solebres e in alcuni tratti più in alto, verso l'ossatura terminale verso la Crepa Neigra, troviamo invece l'elemento che caratterizza il paesaggio circostante: la dolomia. Essa è rappresentata da dolomie cristalline e calcari dolomitici di colore biancastro, per lo più stratificati in banchi di qualche metro, in genere assai compatti, la cui disgiunzione è data ad opera di azioni meccaniche più che da erosioni.

Tutta la parte medio-superiore del bacino caratterizzata dalle formazioni dei boschi in quota, dalle superfici a cespuglieti nani e dagli alti pascoli sino a quota 2300 m s.l.m., troviamo brecce di esplosione frammiste ad elementi calcarei.

Questo tipo litologico è quello che caratterizza maggiormente la parte superiore del bacino. Trattasi di litosuoli assai variegati, a formazione caotico eterogeneo (agglomerati ladinici) che si contraddistinguono per la natura estremamente eterogenea dei ciottoli, immersi in una matrice bruno nerastra di origine vulcanica.

I ciottoli possono essere sia a composizione calcareo-dolomitica, che tufacea o porfirica. La forma e le dimensioni dei ciottoli sono variabili da pochi millimetri a parecchi metri. La loro distribuzione non segue nessuna regola (assenza assoluta di gradazioni granulometriche ed estrema variabilità di proporzioni tra elementi e matrice da punto a punto).

La loro facile erodibilità accanto ad una dimensione talvolta piccola, può creare l'innesco di fenomeni franosi, come pure di colate detritiche, che specie se temporaneamente ostacolate, possono creare poi l'innesco di fenomeni di una certa rilevanza.

Accanto a questo tipo litologico nella parte superiore del bacino attorno a quota 2200-2300 m s.l.m. troviamo le lave dacitiche e latitiche. Sono lave di colore generalmente bruno scuro a composizione dacitica latitica che si presentano spesso sottoforma di tipici cuscini. Queste strutture a forma ellissoidica, spesso raggiata e dalle dimensioni variabili da alcuni centimetri ad alcuni metri sono riconoscibili in tutta la colata oppure solo in corrispondenza del fronte. Intercalate alle lave vi possono essere colate dalla fessurazione irregolare o vagamente colonnare o strutture semiglobulari.

Infine, presente solo in un limitato bacino affiorante nella zona superiore, che va poi a formare la cresta terminale della "Crepa Neigra", troviamo il conglomerato della Marmolada. Si tratta di depositi costituiti da matrice arenaceosiltosa, in netta prevalenza di origine vulcanica, inglobante ciottoli lavici subarrotondati. I ciottoli hanno dimensioni variabili tra il decimetro ed il metro e presentano solitamente una selezione granulometrica.

Il colore dei ciottoli, come pure della matrice è scuro, generalmente da nero a violaceo, che giustifica l'etimologia della cima circostante.»

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

10.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Come descritto in precedenza, nel corso degli anni lungo il corso d'acqua sono stati realizzati alcuni interventi di sistemazione idraulico-forestale:

- ✓ una briglia filtrante in c.a. a monte del ponte sulla strada forestale che conduce ad Alba;
- ✓ una piazza di deposito con capacità di circa 3'000 m³ a monte della briglia; il bacino è delimitato da scogliere e da una soglia in massi cementati;
- ✓ una cunetta in massi legati e cementati a valle della briglia;
- ✓ ponti e scatolari in corrispondenza degli attraversamenti stradali per adeguare la sezione di deflusso;
- ✓ rettifica dell'alveo, svassi ed utilizzo del materiale movimentato durante i lavori per la riprofilatura dell'alveo e la sistemazione delle sponde.
- ✓ sezione trapezoidale in massi cementati a monte ed a valle del ponte sulla strada forestale che conduce ad Alba;
- ✓ sezione trapezoidale in lastre di pietra lungo via di Molin, poco a monte dell'immissione nel torrente Avisio.

Molti di questi interventi si trovano nel tratto interessato dall'interferenza con le opere previste dalla variante in esame.

10.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto.

Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

10.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio Cernadoi

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio Cernadoi, chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba: tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.481 km².

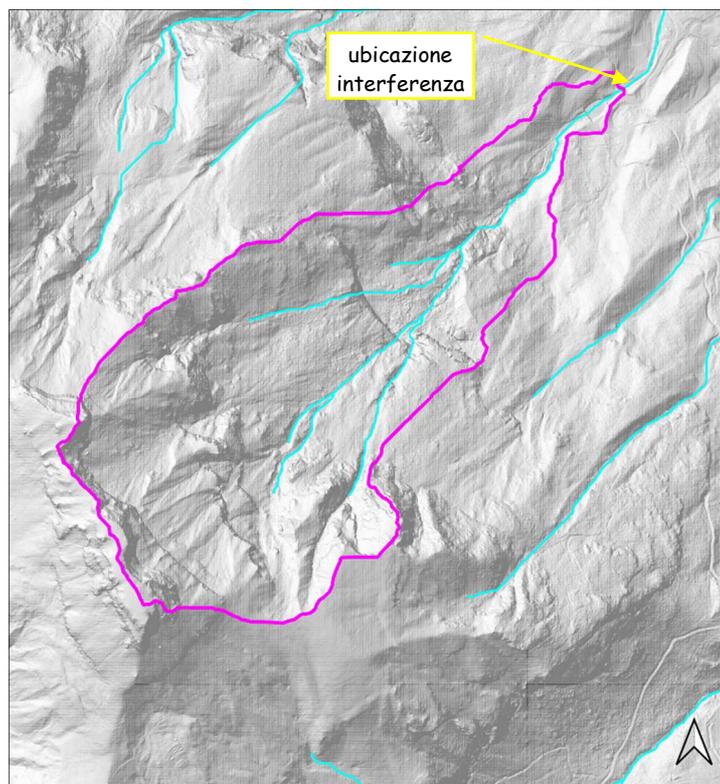


Figura 10.5: bacino imbrifero del rio Cernadoi chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione dell'interferenza

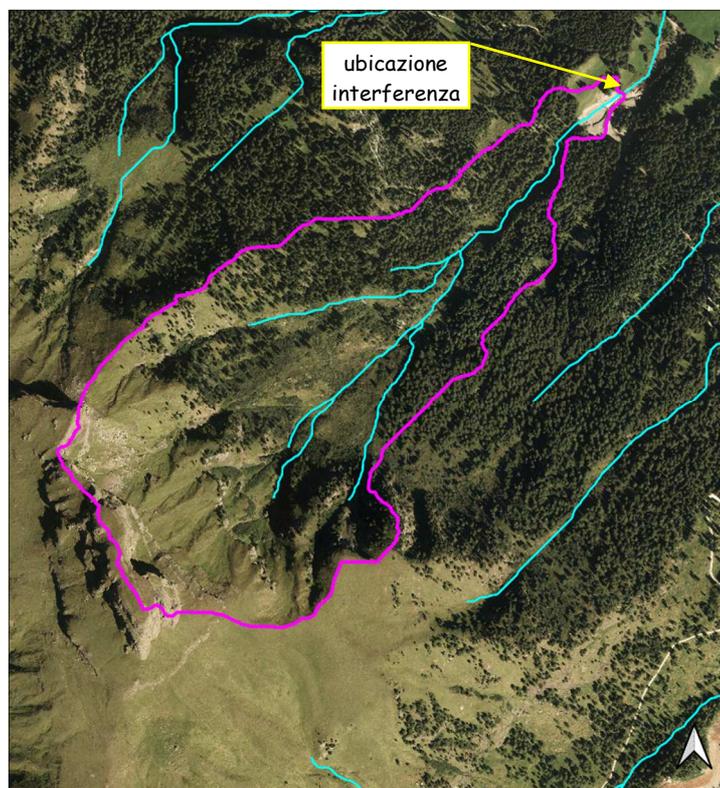


Figura 10.6: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione dell'interferenza

Si riportano di seguito in Tabella 10.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio Cernadoi utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 10.7 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'182.775
Coordinata N sezione di chiusura	5'149'133.584
Area Bacino [km²]	0.481
Altitudine media [m s.l.m.]	2'085.69
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'594.19
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'535.46
Pendenza media del bacino [°]	99.72

Tabella 10.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio Cernadoi chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m.

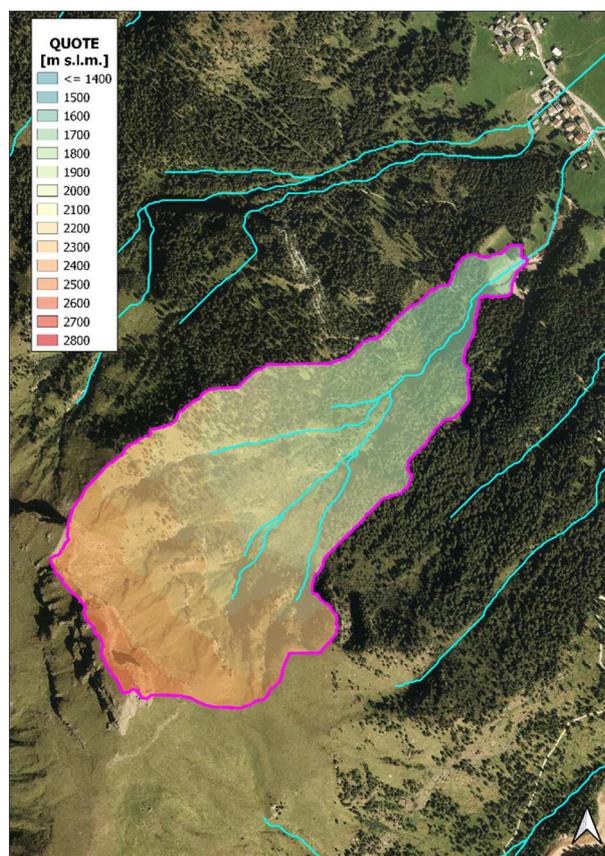


Figura 10.7: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

10.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 10.8 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio Cernadoi esaminato nell'analisi idrologica.

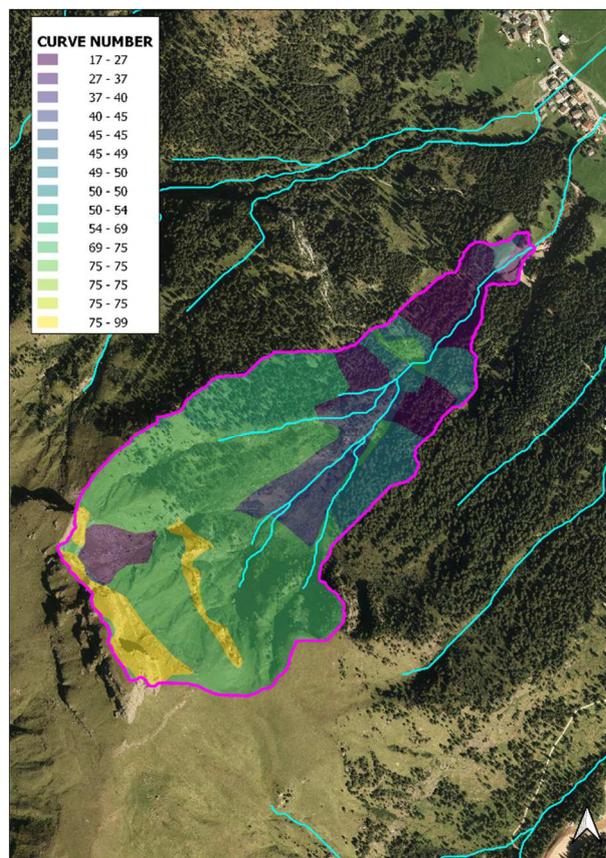


Figura 10.8: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

10.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio Cernadoi in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba.

10.3.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

10.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

10.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con T_r 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 2.55 m³/s.**

Il bacino del rio Cernadoi chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m. ha una superficie di 0.481 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

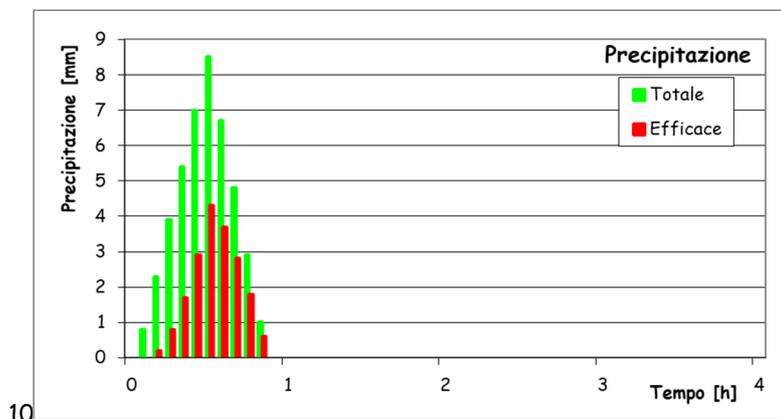


Figura 10.9: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

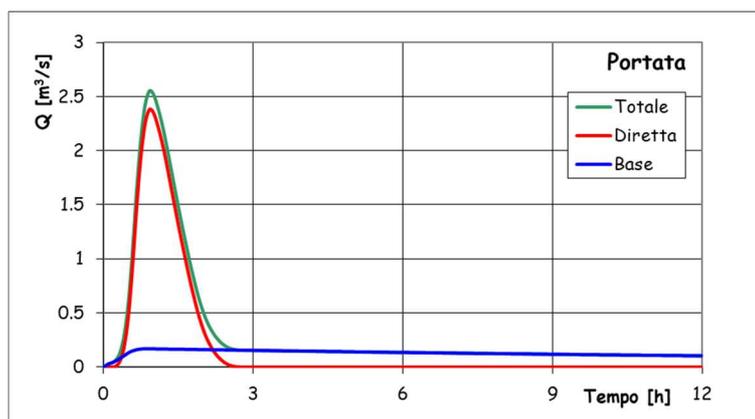


Figura 10.10: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio Cernadoi chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

10.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame è stato oggetto opere di sistemazione nel tratto immediatamente a monte dell'interferenza: in particolare, la presenza di una briglia a fessura presidiata da una piazza di deposito fa presupporre che un eventuale fenomeno di colata o trasporto solido generatosi dal versante verrà - se non arrestato completamente - comunque ridotto in maniera significativa.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

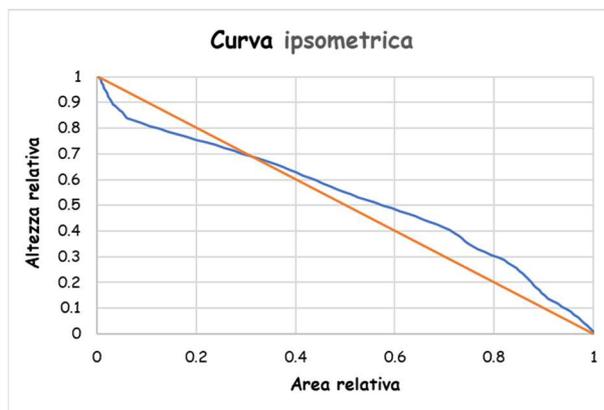


Figura 10.11: curva ipsometrica per il bacino del rio Cernadoi chiuso a quota 1'594.19 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dell'interferenza sono pari a circa il 20 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 19 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.235 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 24 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 3.15 m³/s.

10.4 Analisi idraulica

Al fine di verificare la capacità di smaltimento della portata di progetto in corrispondenza dell'attraversamento in esame si è sviluppata una verifica idraulica a moto uniforme della sezione in corrispondenza del ponte sulla strada forestale che conduce ad Alba, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler.

Per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la stessa del tratto in esame, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo

($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata. Si riporta di seguito in Tabella 10.2 la verifica idraulica della sezione in corrispondenza del ponte sul rio Cernadoi, interessato dalle opere previste dalla variante in esame: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore, H la sua profondità ed y_0 il tirante.

SEZIONE TRAPEZOIDALE	
$Q_{200} =$	3.15 m^3/s
$i_F =$	0.20 m/m
$k_s =$	15 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
$b =$	3.50 m
$B =$	7.00 m
$H =$	3.00 m
$i_{\text{sponde}} =$	60 °
$y_0 =$	0.31 m
franco =	2.70 m

Tabella 10.2: dimensionamento idraulico della sezione in corrispondenza del ponte sulla strada forestale

La sezione del ponte esistente garantisce il passaggio della portata di progetto con ampio margine di sicurezza.

10.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree con penalità P4 per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, la verifica idraulica effettuata con riferimento alla portata di progetto ($3.15 \text{ m}^3/\text{s}$) mostra che la sezione del ponte esistente garantisce il passaggio della portata di progetto con ampio margine di sicurezza.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico delle scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

11 RIO IDR003_A101A100190010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

11.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A101A100190010010001, nasce ad una quota di circa 2'015 m s.l.m. in località Larjei, nel bosco di abeti rossi che copre le pendici orientali dello Spiz de Soforcela. Da qui scorre per circa 590 m in direzione nord-est verso il fondovalle tra boschi e qualche piccola radura prativa, scendendo lungo la linea di massima pendenza dei picchi rocciosi che sovrastano la Crepa de Solèbres, fino ad intersecare - sormontandola, senza alcuna opera idraulica di attraversamento - la strada forestale che conduce ad Alba.

A valle della strada forestale prosegue quindi verso il fondovalle, unendosi dopo circa 490 m al rio IDR003_A101A100180020020001, che gli scorre parallelamente a nord lungo quasi tutto il percorso, distante 30 m in linea d'aria.

A valle della confluenza il corso d'acqua prosegue per circa 460 m, attraversa le località Sorapera ed Alba fino ad immettersi - teoricamente - in sinistra orografica del torrente Avisio: non vi è infatti traccia del punto di confluenza ed il webgis della PAT relativo al reticolo idrografico definisce fittizio il tracciato di quest'ultimo tratto; probabilmente, arrivate su un terreno più pianeggiante, le acque convogliate si spagliano sui prati a monte della località Sorapera.

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale: si tratta di un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso.



Figura 11.1: vista verso monte (sinistra) e verso valle (destra) del rio IDR003_A101A100190010010001 in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte (il substrato roccioso in alcune zone è subaffiorante e lo strato di terreno superficiale è modesto), ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

11.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

11.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto. Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

11.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001

Gli interventi previsti dalla variante al PRG interferiscono con il corso d'acqua identificato dal codice PAT IDR003_A101A100190010010001 in 2 differenti punti: in corrispondenza della strada forestale che conduce ad Alba, e sul fondovalle, all'uscita della zona a bosco, poco a monte dell'abitato di Sorapera.

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio chiuso in corrispondenza dell'interferenza posta alla quota inferiore (1'565.52 m s.l.m.): tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.235 km².

Dal punto di vista delle considerazioni relative alla pericolosità idraulica, tale scelta si rivela conservativa per l'attraversamento posto più a monte.

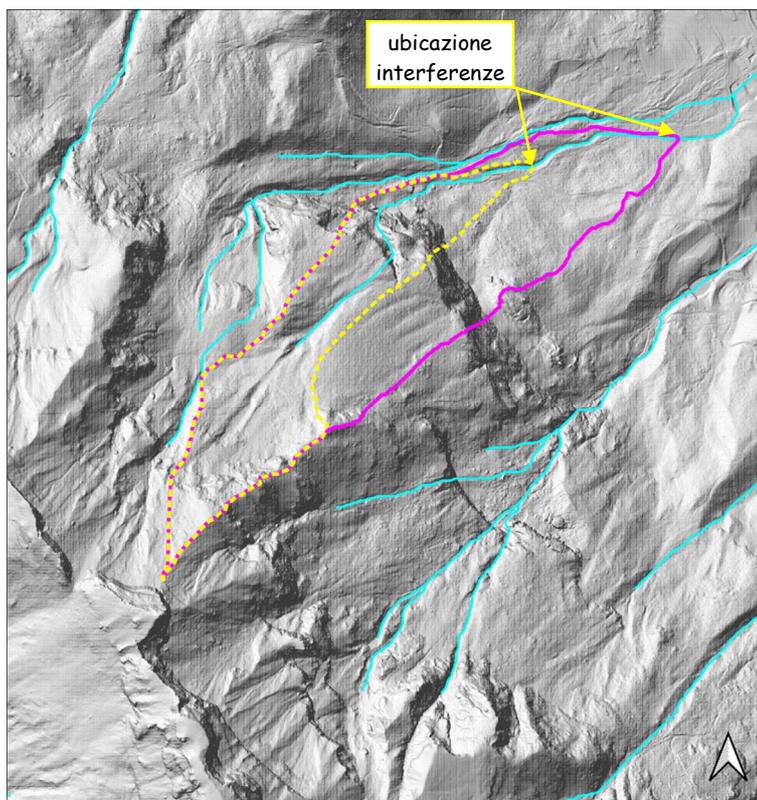


Figura 11.2: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001 chiuso a quota 1'565.52 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione delle interferenze

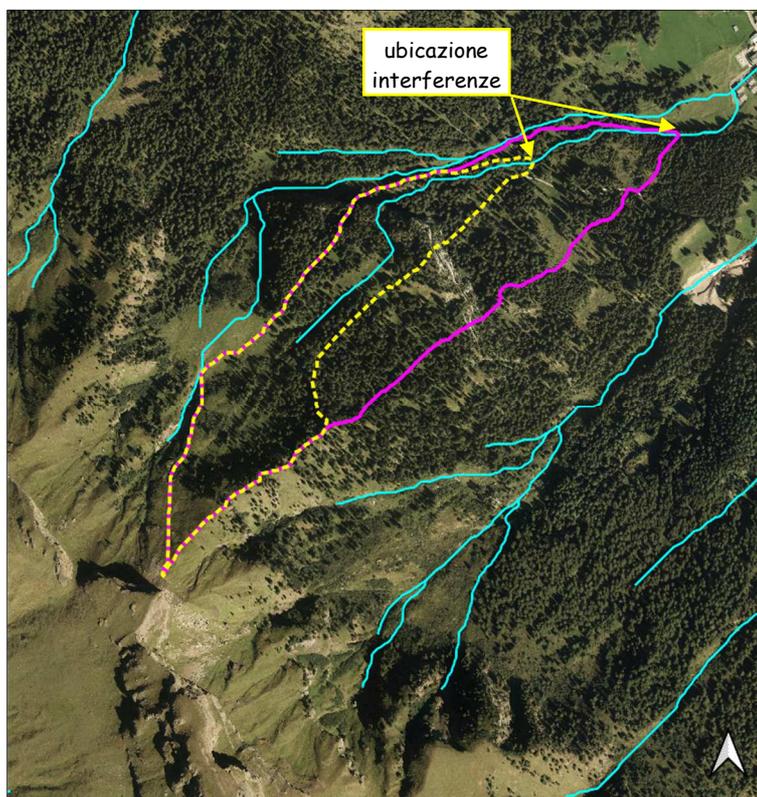


Figura 11.3: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione delle interferenze

Si riportano di seguito in Tabella 11.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 11.4 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713°091.195
Coordinata N sezione di chiusura	5°149'357.81
Area Bacino [km ²]	0,235
Altitudine media [m s.l.m.]	1'895.28
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'565.52
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'357.54
Pendenza media del bacino [°]	81.78

Tabella 11.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001 chiuso a quota 1'565.52 m s.l.m.

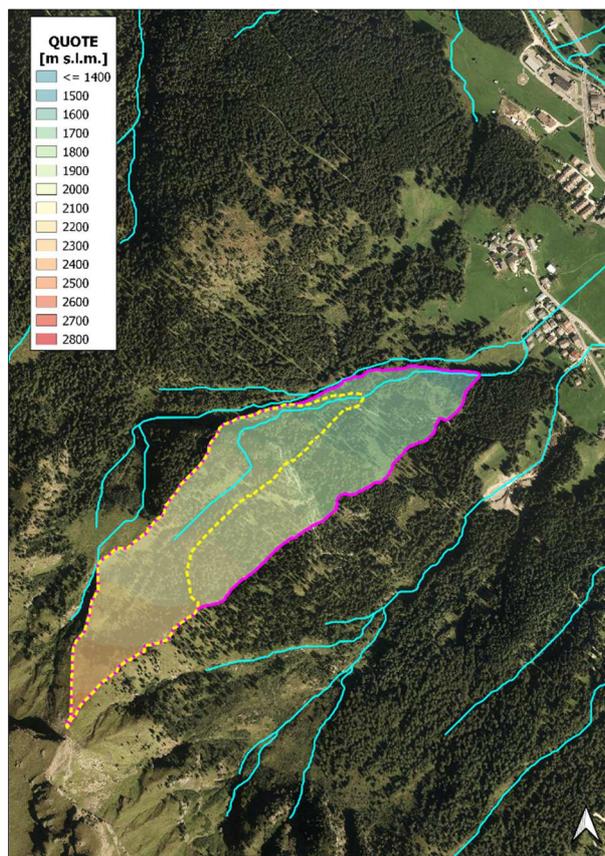


Figura 11.4: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

11.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 11.5 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100190010010001 esaminato nell'analisi idrologica.

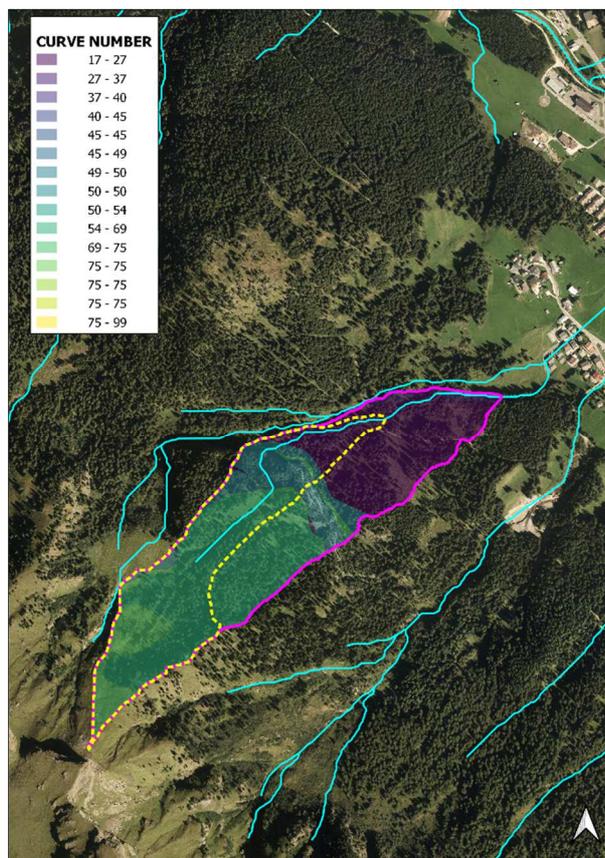


Figura 11.5: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

11.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A101A100190010010001 sul fondovalle, all'uscita della zona a bosco, poco a monte dell'abitato di Sorapera.

11.3.3.1 Modello geomorfologico AdB-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

11.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

11.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con T_r 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 1.11 m³/s**.

Il bacino del rio PAT IDR003_A101A100190010010001 chiuso a quota 1'565.52 m s.l.m. ha una superficie di 0.235 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

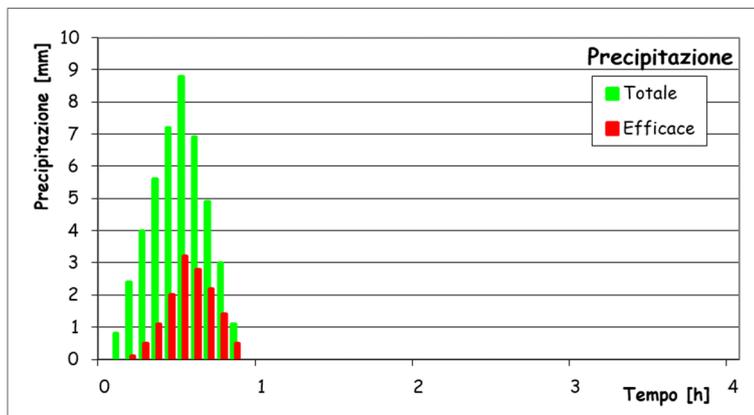


Figura 11.6: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

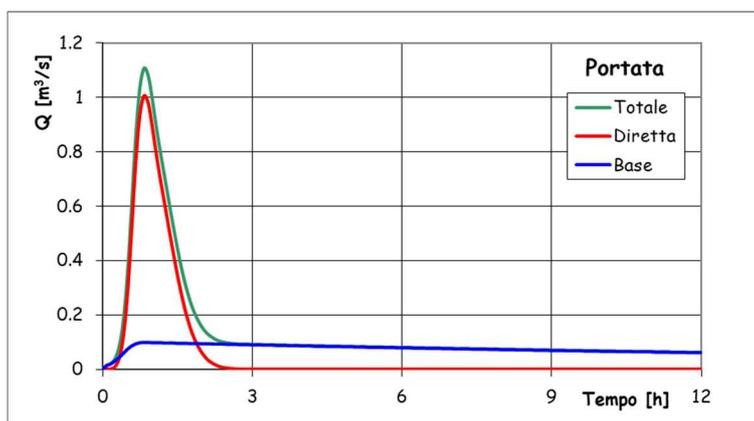


Figura 11.7: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio PAT IDR003_A101A100190010010001 chiuso a quota 1'565.52 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

11.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante.

Si tratta di un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame si trova in uno stadio di maturità (in condizioni di equilibrio), tendente presumibilmente ad uno di senilità, caratterizzato dalla presenza di colline isolate che costituiscono i resti dell'originaria superficie soggetta all'erosione del rilievo.

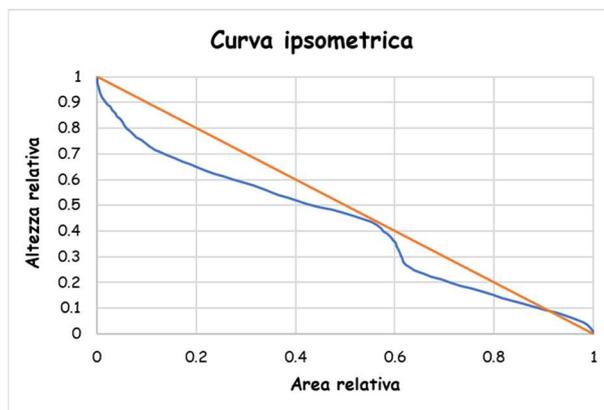


Figura 11.8: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dei 2 punti di interferenza sono pari a circa il 29 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 43 %. Si precisa che il bacino caratterizzato dalle pendenze maggiori è quello relativo all'attraversamento ubicato più a monte: esso ha una superficie di 0.120 km², pari a circa la metà dell'intero bacino imbrifero considerato per il calcolo della portata di progetto (0.235 km²) ed una pendenza del 35 % nel tratto a monte dell'interferenza. Il tratto relativo all'interferenza posta più a valle è invece caratterizzato da una pendenza media inferiore (22 %). A favore di sicurezza, nella definizione della portata solida, si è scelto di effettuare una media delle 2 pendenze e dimensionare le opere con un unico valore di portata.

A partire dal valore di C_v , è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.84 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 84 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 1.77 m³/s.

11.4 Analisi idraulica

Dal momento che non sono presenti manufatti di attraversamento nei 2 punti interferenti con le opere previste dalla variante, si procede di seguito al dimensionamento di una tubazione per smaltire la portata di progetto.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la media del tratto compreso fra i 2 attraversamenti, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nel dimensionamento è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulle strade forestali e sul fondovalle. Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONI	
$Q_{200} =$	1.77 m^3/s
$i_F =$	0.29 m/m
$k_s =$	15 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
$D =$	1.0 m
$y_0 =$	0.62 m
$g.r. =$	62 %

Tabella 11.2: principali risultati del dimensionamento idraulico per i 2 attraversamenti esaminati

La tipologia del materiale costituente le tubazioni è indifferente: il valore di scabrezza in condizioni ordinarie garantisce il deflusso della portata liquida di progetto con tempo di ritorno 200 anni ($1.11 \text{ m}^3/\text{s}$) con grado di riempimento pari al 22 % nel caso di tubi in calcestruzzo ($k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) ed al 19 % nel caso di tubazioni metalliche o in materiale plastico ($k_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Le tubazioni possono essere sostituite da **scatolari con capacità di deflusso equivalente**, per agevolare il raccordo tra il manufatto ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento.

In alternativa alla posa delle tubazioni (o scatolari), si potrà prevedere la realizzazione di 2 guadi realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata.

I guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle infrastrutture interferite (o delle eventuali opere in progetto).

La corda molle sarà realizzata mediante massi cementati e la posa di una rete elettrosaldata di maglia 20x20 cm con barre $\phi 8$ mm, per uno spessore minimo di calcestruzzo di 35 cm e presenterà un profilo di raccordo con il terreno attuale con una pendenza massima del 20 %.

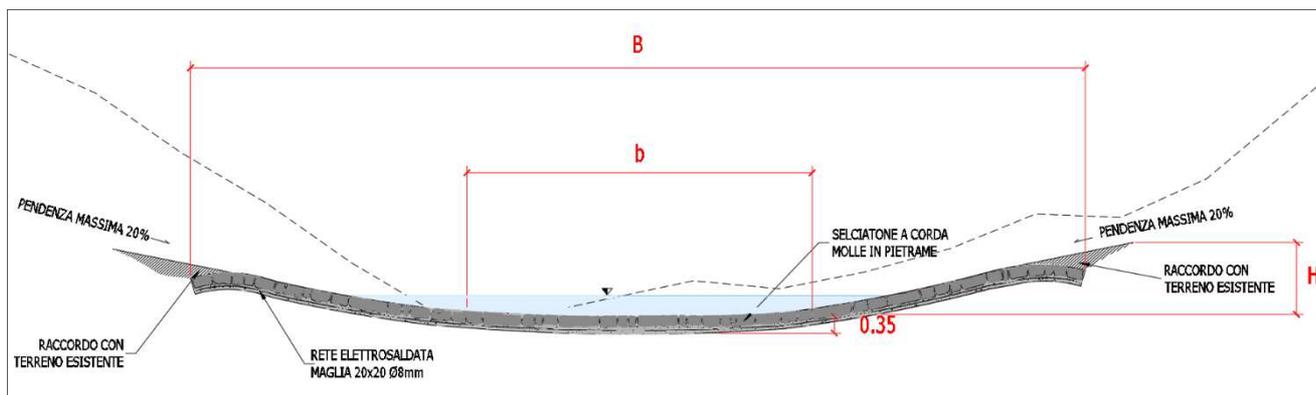


Figura 11.9: sezione tipologica dei guadi

Il dimensionamento idraulico dei guadi è riportato di seguito in Tabella 11.3: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

GUADI	
$Q_{200} =$	1.77 m ³ /s
$i_F =$	0.03 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$b =$	2.0 m
$B =$	11.0 m
$H =$	0.9 m
$i_{sponde} =$	20 %
$y_0 =$	0.41 m
franco =	0.49 m

Tabella 11.3: dimensionamento idraulico dei guadi nei punti di interferenza con il rio

Si osserva che il tirante che si verifica all'interno della sezione tipologica è stato calcolato, cautelativamente, considerando una pendenza trasversale del guado pari al 3 %, di gran lunga inferiore alle pendenze medie dei tratti del rio analizzati, che si attestano sul 29 %.

11.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, non esistono opere idrauliche lungo il corso d'acqua, il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ **IPOTESI 1:**

- posare **2 tubazioni** con diametro minimo $D = 1'000$ mm in calcestruzzo, metallo o materiale plastico in corrispondenza dei 2 attraversamenti per garantire il passaggio della portata di progetto con un grado di riempimento pari al 62 %. In alternativa alle tubazioni, è possibile utilizzare degli scatolari con capacità di deflusso equivalente, per agevolare il raccordo tra i manufatti ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento;
- curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco delle tubazioni (o degli scatolari), per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;
- ✓ **IPOTESI 2:**
 - in alternativa alla posa di tubazioni o scatolari, si potrà prevedere la realizzazione di **2 guadi** realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata;
 - i guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle strade interferite (o delle eventuali opere in progetto);
 - una sezione con base minore $b = 2.0$ m, base maggiore $B = 11.0$ m ed altezza di 90 cm garantisce il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.
- ✓ **in considerazione della natura del corso d'acqua, un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso, si ritiene più ragionevole adottare la soluzione proposta contenuta nell'IPOTESI 2;**
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico di tali scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

12 RIO IDR003_A101A100180020020001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

12.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A101A100180020020001, nasce ad una quota di circa 2'170 m s.l.m. sopra la località Larjei, sul versante orientale dello Spiz de Soforcele. Da qui scorre per circa 990 m in direzione nord-est verso il fondovalle tra boschi e qualche piccola radura prativa, gira attorno ai picchi rocciosi che sovrastano la Crepa de Solèbres, fino ad intersecare - sormontandola, senza alcuna opera idraulica di attraversamento - la strada forestale che conduce ad Alba.

A valle della strada forestale prosegue quindi verso il fondovalle, unendosi dopo circa 440 m al rio PAT IDR003_A101A100190010010001, che gli scorre parallelamente a sud lungo quasi tutto il percorso, distante 30 m in linea d'aria.

A valle della confluenza il corso d'acqua prosegue per circa 460 m, attraversa le località Sorapera ed Alba fino ad immettersi - teoricamente - in sinistra orografica del torrente Avisio: non vi è infatti traccia del punto di confluenza ed il webgis della PAT relativo al reticolo idrografico definisce fittizio il tracciato di quest'ultimo tratto; probabilmente, arrivate su un terreno più pianeggiante, le acque convogliate si spagliano sui prati a monte della località Sorapera.

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale: si tratta di un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, è quasi impercettibile sia a monte sia a valle della strada forestale.



Figura 12.1: vista verso monte (sinistra) e verso valle (destra) del rio IDR003_A101A100180020020001 in corrispondenza dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte (il substrato roccioso in alcune zone è

subaffiorante e lo strato di terreno superficiale è modesto), ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.



Figura 12.2: vista dall'alto del versante a monte dell'attraversamento della strada forestale che conduce ad Alba

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

12.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

12.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto.

Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

12.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001

Gli interventi previsti dalla variante al PRG interferiscono con il corso d'acqua identificato dal codice PAT IDR003_A101A100180020020001 in 2 differenti punti: in corrispondenza della strada forestale che conduce ad Alba, e sul fondovalle, all'uscita della zona a bosco, poco a monte dell'abitato di Sorapera. La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio chiuso in corrispondenza dell'interferenza posta alla quota inferiore (1'580.43 m s.l.m.): tale bacino presenta una superficie totale pari a 0,287 km². Dal punto di vista delle considerazioni relative alla pericolosità idraulica, tale scelta si rivela conservativa per l'attraversamento posto più a monte.

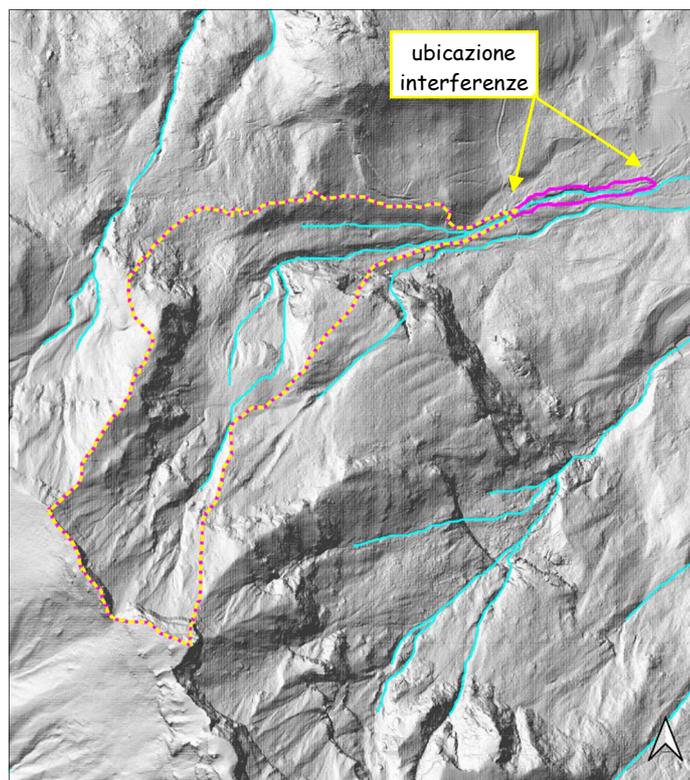


Figura 12.3: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione delle interferenze

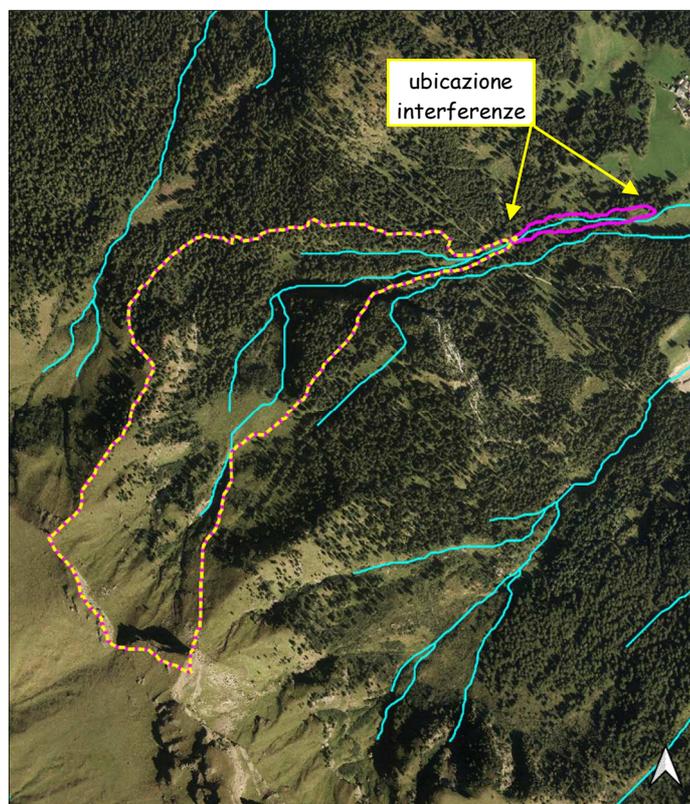


Figura 12.4: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione delle interferenze

Si riportano di seguito in Tabella 12.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 12.5 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'011.095
Coordinata N sezione di chiusura	5'149'417.51
Area Bacino [km²]	0.287
Altitudine media [m s.l.m.]	2'067.33
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'580.43
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'487.02
Pendenza media del bacino [°]	93.72

Tabella 12.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m.

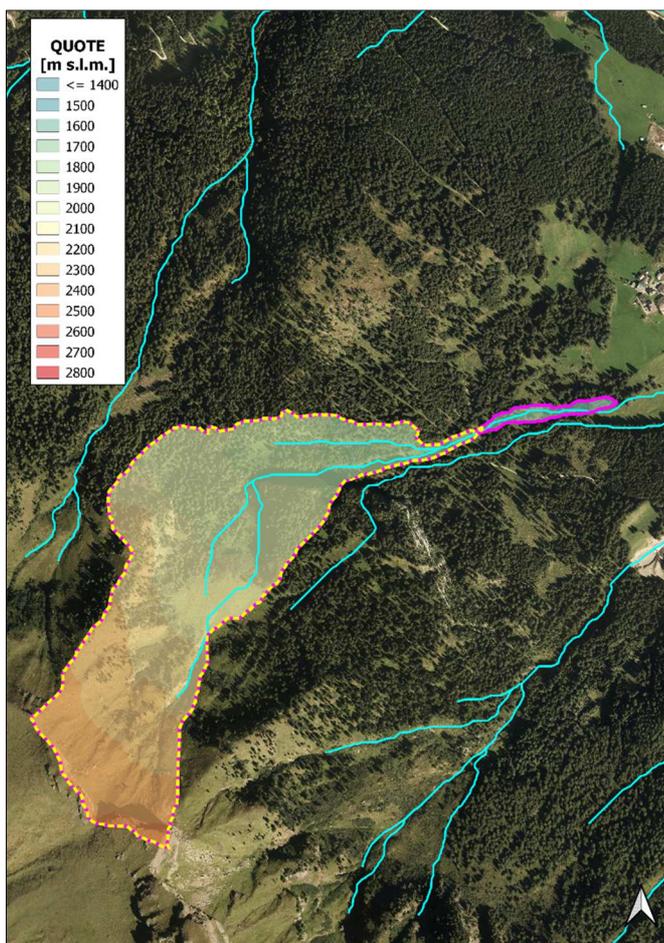


Figura 12.5: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

12.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito Figura 12.6 in la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100180020020001 esaminato nell'analisi idrologica.

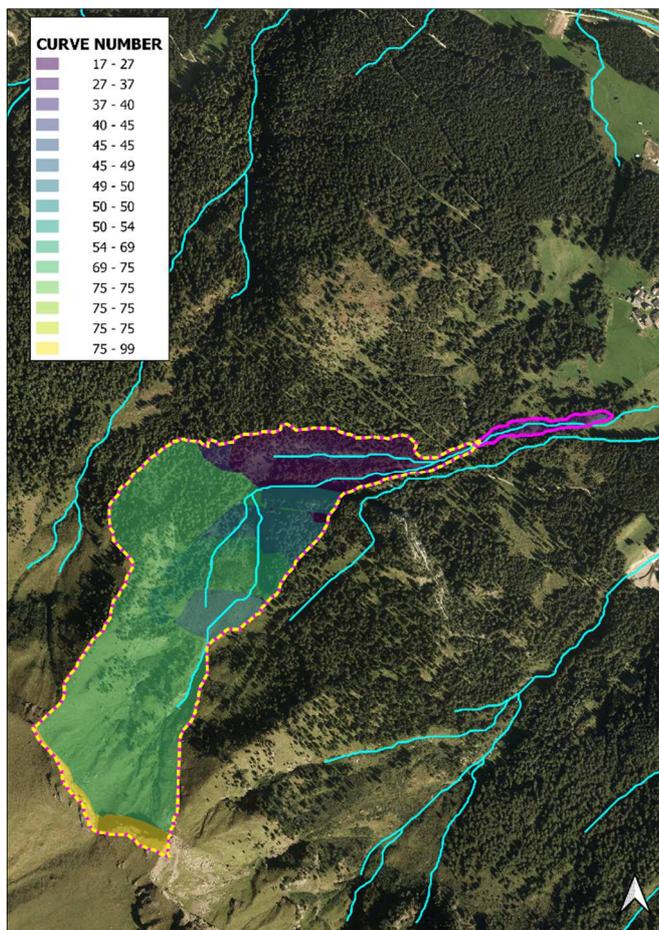


Figura 12.6: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

12.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A101A100180020020001 sul fondovalle, all'uscita della zona a bosco, poco a monte dell'abitato di Sorapera.

12.3.3.1 Modello geomorfologico Adb-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato Adb-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

12.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

12.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 1.80 m³/s.**

Il bacino del rio IDR003_A101A100180020020001 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m. ha una superficie di 0.287 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

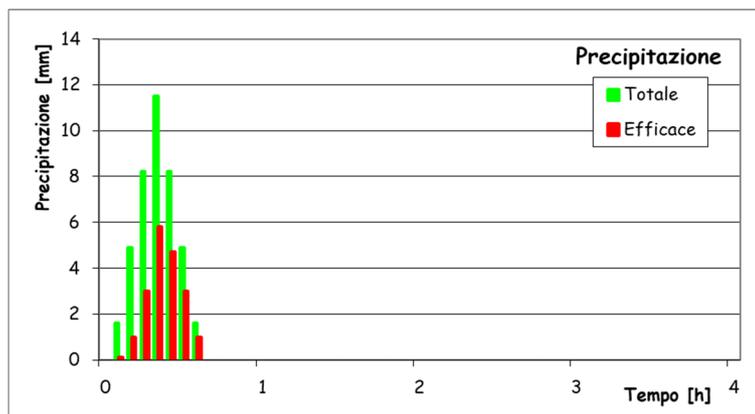


Figura 12.7: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

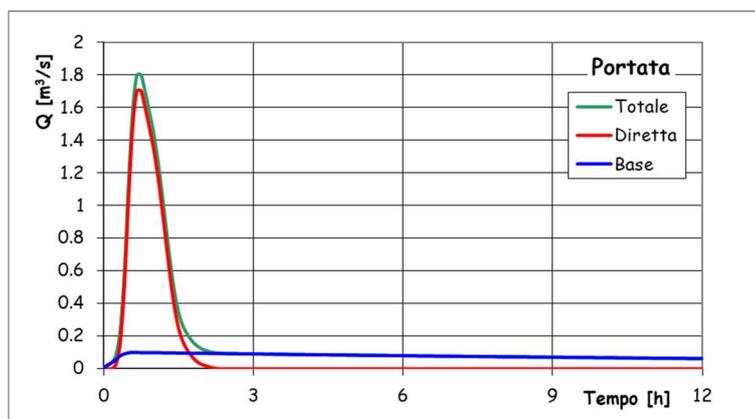


Figura 12.8: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

12.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante. Si tratta di un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, è quasi impercettibile sia a monte sia a valle della strada forestale.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

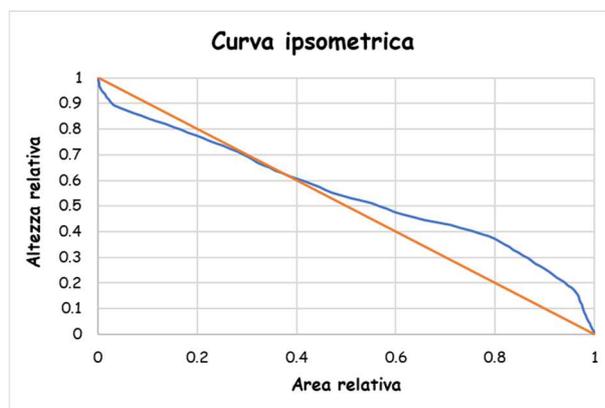


Figura 12.9: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'580.43 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche. È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dei 2 punti di interferenza sono pari a circa il 22 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 27 %.

A partire dal valore di C_v , è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.42 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 42 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 2.30 m³/s.

12.4 Analisi idraulica

Dal momento che non sono presenti manufatti di attraversamento nei 2 punti interferenti con le opere previste dalla variante, si procede di seguito al dimensionamento di una tubazione per smaltire la portata di progetto.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la media del tratto compreso fra i 2 attraversamenti, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nel dimensionamento è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulle strade forestali e sul fondovalle. Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONI	
$Q_{200} =$	$2.30 \text{ m}^3/\text{s}$
$i_F =$	0.22 m/m
$k_s =$	$15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
$D =$	1.1 m
$y_0 =$	0.75 m
$g.r.=$	69%

Tabella 12.2: principali risultati del dimensionamento idraulico per i 2 attraversamenti esaminati

La tipologia del materiale costituente le tubazioni è indifferente: il valore di scabrezza in condizioni ordinarie garantisce il deflusso della portata liquida di progetto con tempo di ritorno 200 anni ($1.80 \text{ m}^3/\text{s}$) con grado di riempimento pari al 27 % nel caso di tubi in calcestruzzo ($k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) ed al 23 % nel caso di tubazioni metalliche o in materiale plastico ($k_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Le tubazioni possono essere sostituite da **scatolari con capacità di deflusso equivalente**, per agevolare il raccordo tra il manufatto ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento.

In alternativa alla posa delle tubazioni (o scatolari), si potrà prevedere la realizzazione di 2 guadi realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata.

I guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle infrastrutture interferite (o delle eventuali opere in progetto).

La corda molle sarà realizzata mediante massi cementati e la posa di una rete elettrosaldata di maglia $20 \times 20 \text{ cm}$ con barre $\phi 8 \text{ mm}$, per uno spessore minimo di calcestruzzo di 35 cm e presenterà un profilo di raccordo con il terreno attuale con una pendenza massima del 20 %.

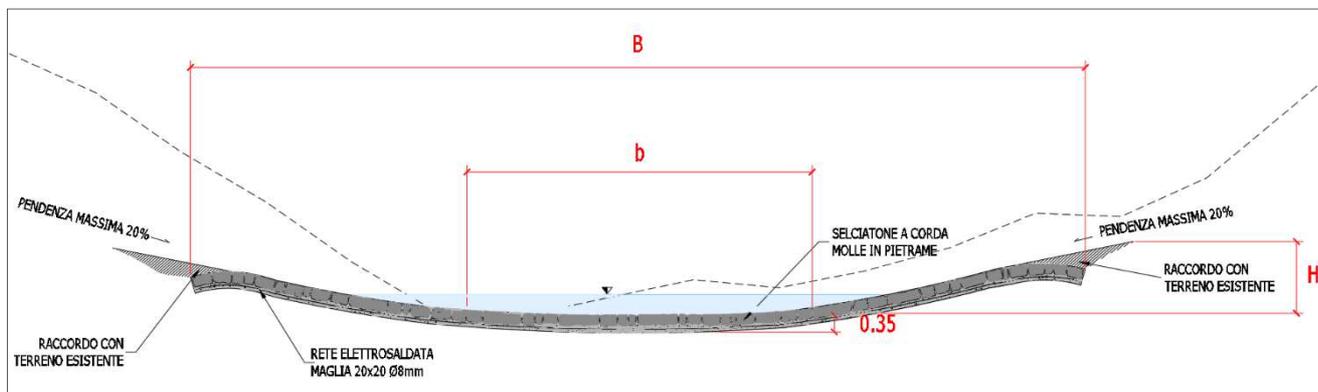


Figura 12.10: sezione tipologica dei guadi

Il dimensionamento idraulico dei guadi è riportato di seguito in Tabella 11.3: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

GUADI	
$Q_{200} =$	2.30 m ³ /s
$i_F =$	0.03 m/m
$k_s =$	15 m ^{1/3} /s
$b =$	2.0 m
$B =$	11.0 m
$H =$	0.9 m
$i_{sponde} =$	20 %
$y_0 =$	0.46 m
franco =	0.44 m

Tabella 12.3: dimensionamento idraulico dei guadi nei punti di interferenza con il rio

Si osserva che il tirante che si verifica all'interno della sezione tipologica è stato calcolato, cautelativamente, considerando una pendenza trasversale del guado pari al 3 %, di gran lunga inferiore alle pendenze medie dei tratti del rio analizzati, che si attestano sul 22 %.

12.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, non esistono opere idrauliche lungo il corso d'acqua, il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ **IPOTESI 1:**
 - posare **2 tubazioni** con diametro minimo $D = 1'000$ mm in calcestruzzo, metallo o materiale plastico in corrispondenza dei 2 attraversamenti per garantire il passaggio della portata di progetto con un grado di riempimento pari al 62 %. In alternativa alle tubazioni, è possibile utilizzare degli scatolari con capacità di deflusso equivalente, per agevolare il raccordo tra i manufatti ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento;
 - curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco delle tubazioni (o degli scatolari), per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;
- ✓ **IPOTESI 2:**
 - in alternativa alla posa di tubazione o scatolari, si potrà prevedere la realizzazione di **2 guadi** realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata;

- i guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle strade interferite (o delle eventuali opere in progetto);
- una sezione con base minore $b = 2.0$ m, base maggiore $B = 11.0$ m ed altezza di 90 cm garantisce il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.
- ✓ **in considerazione della natura del corso d'acqua, un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso, si ritiene più ragionevole adottare la soluzione proposta contenuta nell'IPOTESI 2;**
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico di tali scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

13 RIO IDR003_A101A100220010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

13.1 Descrizione del corso d'acqua

Osservando la carta tecnica provinciale e le ortofoto della zona, il rio in esame, identificato dal codice PAT IDR003_A101A100220010010001, ha origine da un compluvio che discende dal versante sudorientale del monte Ciof, ad una quota di circa 1'830 m s.l.m..

Tuttavia, in base alle indicazioni del webgis della PAT relativo al reticolo idrografico, il rio nasce 1 km più a valle, ad una quota di circa 1'460 m s.l.m. sui prati a monte della località Ciasates. Da qui scorre con pendenza minima per circa 390 m in direzione nord in una zona umida ai margini del bosco, attraversa una pecceta presente sul fondovalle e sottopassa (in un tratto coperto) la strada che costeggia la sponda sinistra del torrente Avisio, nel quale si immette all'altezza del Camping presente in sponda destra.

Nel tratto iniziale la sezione del rio - con larghezza complessiva di poco superiore al metro - presenta fondo e sponde poco incise in terreno naturale (Figura 13.1, immagine a sinistra).

Nel tratto a monte dell'immissione dell'Avisio la sezione si allarga notevolmente, allagando la pecceta; in questo punto le acque del rio sono sostanzialmente ferme (Figura 13.1, immagine a destra).



Figura 13.1: tratto iniziale (sinistra) e finale (destra) del rio IDR003_A101A100220010010001 lungo il tracciato della nuova pista da sci prevista dalla variante puntuale 26.11



Figura 13.2: zona umida ai margini del bosco creata dal rio IDR003_A101A100220010010001

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte (lo strato di terreno superficiale è modesto), ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

13.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

13.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

A tal fine verrà utilizzato l'applicativo GIS AdB-ToolBox, realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo; una funzionalità specifica del programma (Estensione AI) contiene un modello afflussi-deflussi per la realizzazione di analisi idrologiche ed il conseguente calcolo dell'idrogramma di progetto. Per la descrizione del modello utilizzato si rimanda a quanto riportato nel § 6.3.3.1.

13.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001, chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m., in corrispondenza del tracciato della nuova pista da sci che arriva all'area del campo Scuola: tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.304 km².

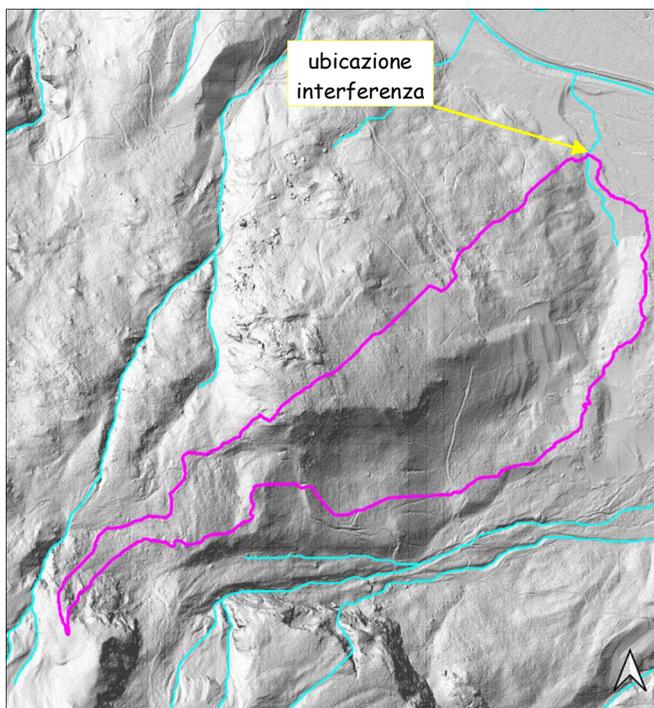


Figura 13.3: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001 chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione dell'interferenza

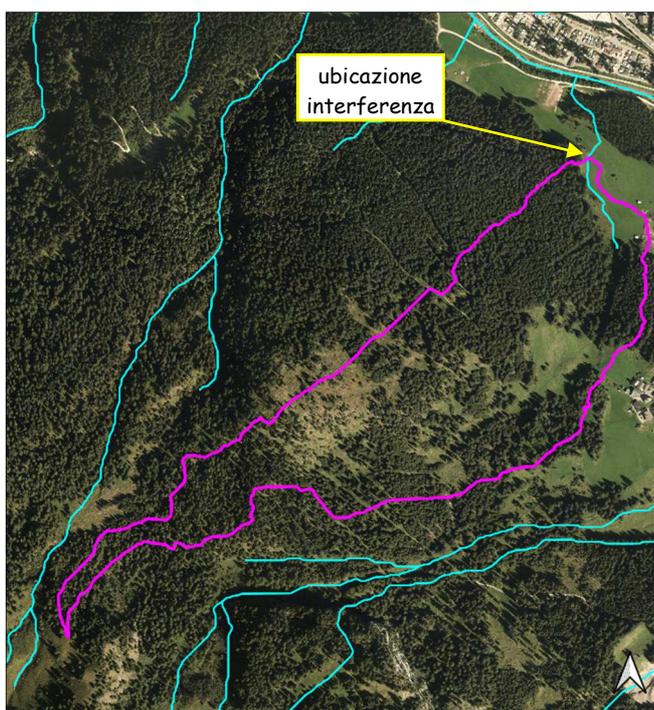


Figura 13.4: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione dell'interferenza

Si riportano di seguito in Tabella 13.1 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 13.5 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	713'025.056
Coordinata N sezione di chiusura	5'150'106.972
Area Bacino [km²]	0.304
Altitudine media [m s.l.m.]	1'661.72
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'451.32
Altitudine massima [m s.l.m.]	2'112.38
Pendenza media del bacino [°]	55.27

Tabella 13.1: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001 chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m.

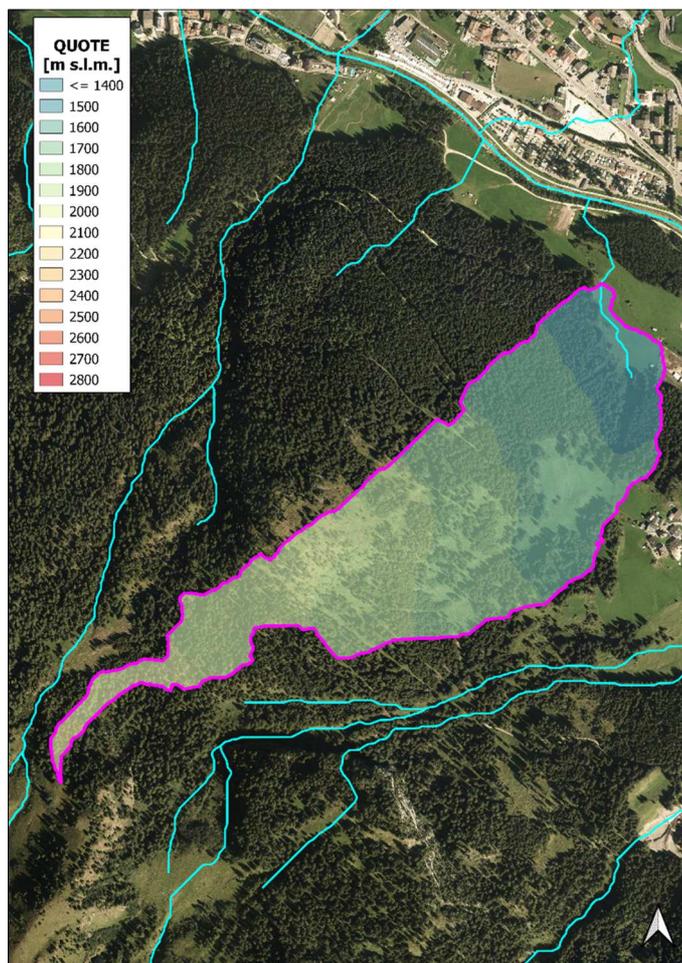


Figura 13.5: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

13.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 13.6 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100220010010001 esaminato nell'analisi idrologica.

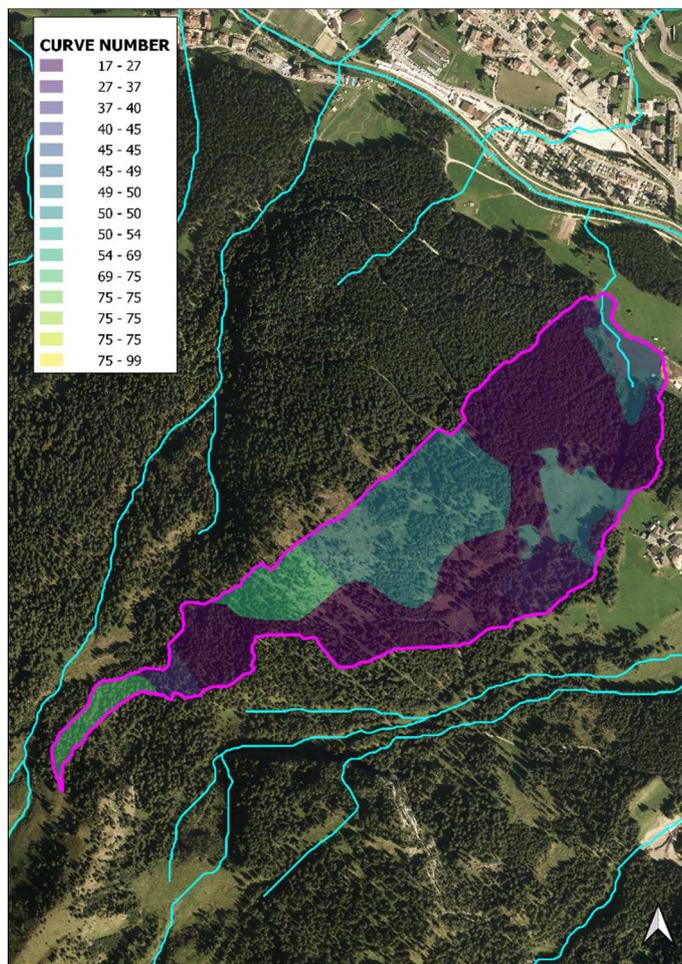


Figura 13.6: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

13.3.3 Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha per obiettivo la definizione dell'onda di piena di progetto riferita al tempo di ritorno di 200 anni. Come detto in precedenza, nell'analisi idrologica si è fatto riferimento ad un bacino chiuso lungo il rio IDR003_A101A100220010010001 in corrispondenza del tracciato della nuova pista da sci che arriva al Campo Scuola.

13.3.3.1 Modello geomorfologico Adb-ToolBox

Il calcolo della portata al colmo è stato effettuato per mezzo di un modello afflussi-deflussi denominato Adb-ToolBox realizzato a cura del Ministero dell'Ambiente. L'estensione Analisi Idrologiche, compresa nel software, consente il calcolo delle portate di progetto su specifiche sezioni della rete idrografica. Per ulteriori dettagli relativi al modello utilizzato si rimanda al § 6.3.3.1.

13.3.3.2 Dati di input

I dati di input - parametri cinematici per l'analisi idrologica del bacino imbrifero, altezze di pioggia, valori di a e n della curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno di 200 anni - sono gli stessi per tutti i bacini presi in esame nel presente studio e sono riportati nel § 6.3.3.2, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

13.3.3.3 Idrogramma liquido

Il codice AdB-ToolBox ha permesso di valutare l'idrogramma liquido di piena con Tr 200 anni per il bacino esaminato e di stimare la **portata di picco pari a 1.02 m³/s**.

Il bacino del rio IDR003_A101A100220010010001 chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m. ha una superficie di 0.304 km².

Lo ietogramma di progetto e l'idrogramma di piena per il bacino imbrifero analizzato sono riportati nelle figure che seguono.

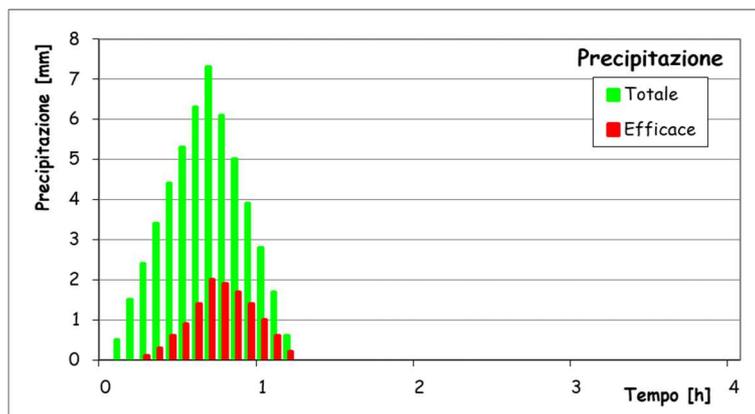


Figura 13.7: Tr 200 - Ietogramma di progetto utilizzato per la determinazione dell'idrogramma di piena per il bacino imbrifero in esame

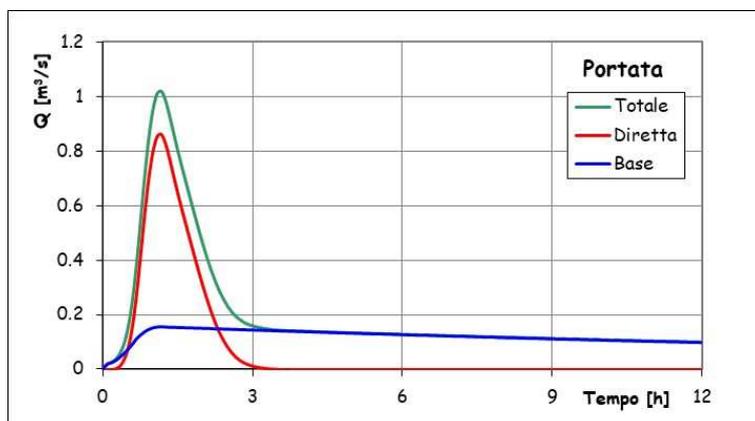


Figura 13.8: Tr 200 - Idrogramma di piena per il bacino per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m.; Q_{base} indica il deflusso profondo, $Q_{diretta}$ quello superficiale, Q_{totale} quello totale, somma dei precedenti

Preme precisare che il grafico sopra riportato fa riferimento all'idrogramma liquido, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

13.3.3.4 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, il tracciato rio è visibile solamente nel suo tratto finale, quando giunge nei prati di località Ciasates per poi immettersi in sinistra orografica del torrente Avisio. Qui il corso d'acqua presenta una pendenza ridotta e la corrente al suo interno ha una velocità prossima allo zero.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto inoltre constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale presente all'interno del bacino è mediamente modesto.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

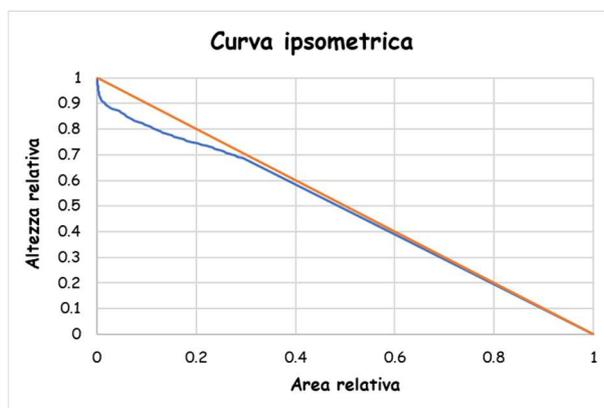


Figura 13.9: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A1010300120010010003 chiuso a quota 1'451.32 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze del rio in corrispondenza dell'interferenza con le opere previste dalla variante sono ridotte (3 %), non è pensabile che in questo tratto si possano innescare delle colate detritiche: è probabile che un eventuale fenomeno di questo tipo proveniente dalla parte superiore del bacino si disperda parzialmente nei compluvi posti più a monte e si esaurisca in questa zona, trovando un'area di arresto e spagliandosi sui prati qui presenti.

Assumendo una pendenza media del tratto a monte dell'interferenza pari al 10 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 6 %.

A partire dal valore di C_v , è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.064 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 6 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 1.09 m³/s: in questo caso non si tratta di fenomeni di colata detritica, ma di trasporto solido intenso.

13.4 Analisi idraulica

La variante puntuale 26.11 prevede nell'area in esame la realizzazione di una nuova pista con arrivo nel pianoro in cui scorre il rio.

Dal momento che nel corso della realizzazione delle opere la conformazione morfologica della zona verrà rimodellata, è probabile che il tracciato del rio venga spostato sul lato destro della stessa, al piede della rampa.

Si potrebbe sfruttare la canaletta di raccolta dei drenaggi della pista posta abitualmente al piede della rampa per convogliare le acque del rio nel tratto interferente, fino a ricongiungersi con il tracciato naturale non interferito, come schematizzato nella figura riportata di seguito.

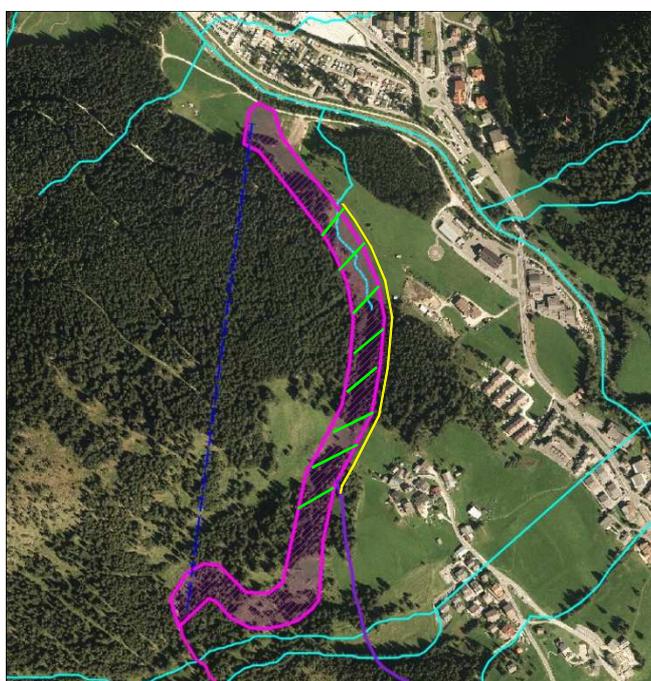


Figura 13.10: possibile deviazione del tracciato del rio interferente con la nuova pista da sci

Si procede di seguito al dimensionamento della canaletta a sezione trapezoidale per smaltire la portata di progetto.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per la definizione della pendenza della canaletta - in massi sciolti - si è utilizzata la media del tratto interferente con il tracciato della nuova pista, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore pari a quello della scabrezza della canaletta ($k_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

I principali dati utilizzati per il dimensionamento sono riassunti di seguito in Tabella 13.2: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.10 m.

CANALETTA	
$Q_{200} =$	$1.09 \text{ m}^3/\text{s}$
$i_F =$	0.03 m/m

$k_s =$	30 $m^{1/3}/s$
$b =$	1.0 m
$B =$	2.0 m
$H =$	0.5 m
$i_{sponde} =$	45 °
$\gamma_0 =$	0.38 m
franco =	0.12 m

Tabella 13.2: dimensionamento idraulico dei guadi nei punti di interferenza con il rio

13.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, durante non esistono opere idrauliche lungo il corso d'acqua, il cui tracciato è visibile solamente nel suo tratto finale, quando giunge nei prati di località Ciasates.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ non coprire né intubare il corso d'acqua;
- ✓ progettare con cura le opere di drenaggio della pista;
- ✓ sfruttare la canaletta di raccolta dei drenaggi della pista posta al piede della rampa per convogliare le acque del rio nel tratto interferente, fino a ricongiungersi con il tracciato naturale non interferito. La canaletta - realizzata in massi sciolti ed a sezione trapezoidale - avrà le seguenti dimensioni minime: base minore pari ad 1.0 m, altezza 0.5 m, sponde inclinate a 45° e base maggiore di 2.0 m;
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

14 RIO IDR003_A101A100230010010001 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

14.1 Descrizione del corso d'acqua

Il rio in esame, identificato dal codice IDR003_A101A100230010010001, nasce alle pendici del versante settentrionale del monte Ciof, ad una quota di circa 1'565 m s.l.m.. Da qui attraversa il bosco di abeti rossi presente sul versante, scorrendo in direzione nord-est verso il fondovalle ed intersecando la strada forestale che conduce ad Alba una prima volta dopo circa 85 m ed una seconda volta 80 m più a valle. Da qui, dopo circa 110 m esce dal bosco, prosegue per altri 115 m e confluisce - teoricamente - in sinistra orografica del torrente Avisio, a sud del camping: non vi è infatti traccia del punto di confluenza ed il webgis della PAT relativo al reticolo idrografico definisce fittizio il tracciato di quest'ultimo tratto; probabilmente, arrivate su un terreno più pianeggiante, le acque convogliate si spagliano sui prati del pianoro del Ciasates. In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale: si tratta di un compluvio il cui tracciato, nella parte che scorre all'interno del bosco, alterna tratti più incisi a zone nelle quali la sezione è poco definita sia a monte sia a valle della strada forestale.



Figura 14.1: tratto del corso d'acqua fra i due attraversamenti della strada forestale che conduce ad Alba - Vista verso monte

Per quanto riguarda i possibili fenomeni di alluvionamento derivanti dal rio, dai sopralluoghi in situ si è potuto constatare che esso non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte, ma che può essere interessato da fenomeni di alluvionamento torrentizio, soprattutto nel periodo autunnale nel corso di eventi prolungati di pioggia, quando il terreno è saturo.

Si riporta di seguito l'analisi idrologico-idraulica sviluppata al fine di verificare la compatibilità della variante in esame con le caratteristiche del versante e del compluvio.

14.2 Analisi degli interventi di sistemazione idraulico-forestale

Lungo il corso d'acqua non si riscontra la presenza di interventi di sistemazione idraulico-forestale.

14.3 Modellazione idrologica

La modellazione idrologica riportata di seguito ha per obiettivo la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni, come previsto dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche-PGUAP.

Come mostrato nei paragrafi che seguono, il bacino in esame presenta una superficie pari a 0.060 km²: tale valore è inferiore al limite minimo (0.1 km²) per il corretto funzionamento del modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox utilizzato per le altre analisi idrologiche effettuate all'interno del presente studio.

Per questo, per ottenere il valore della portata liquida di progetto per il bacino in esame si è fatto riferimento ai risultati della modellazione svolta per il rio IDR003_A101A100220010010001 (S 13.3.3), adiacente al bacino del corso d'acqua in esame, a sud dello stesso: la portata - pari a 0.20 m³/s - è stata ricavata attraverso una semplice proporzione tra le superfici dei due bacini considerati.

	Area [km ²]	Portata [m ³ /s]
Bacino di riferimento	0.304	1.02
Bacino in esame	0.059	0.20

Tabella 14.1: definizione della portata liquida del bacino in esame a partire dai risultati dell'analisi idrologica del rio IDR003_A101A100220010010001

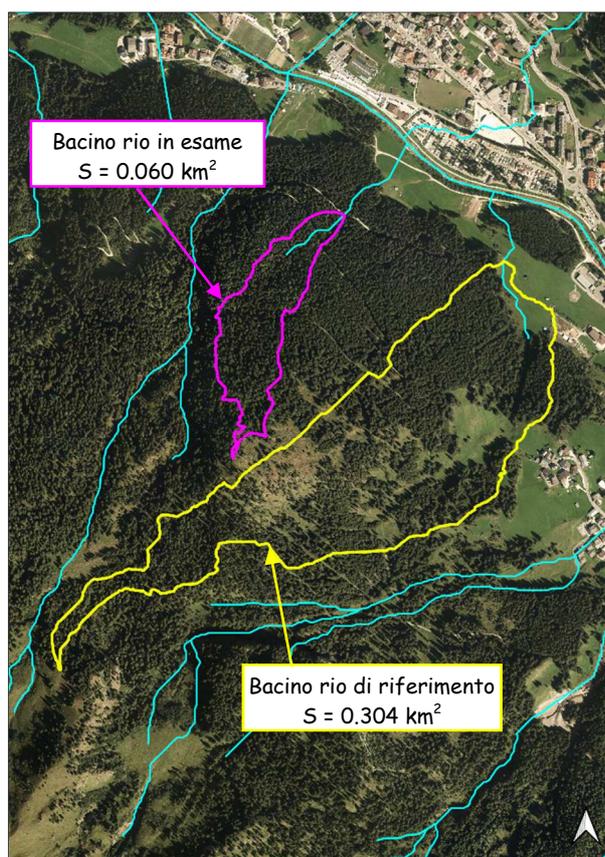


Figura 14.2: bacini imbriferi del rio in esame (IDR003_A101A100230010010001) chiuso a quota 1'501.19 m s.l.m. e del rio IDR003_A101A100220010010001 utilizzato come riferimento per il calcolo della portata di progetto

14.3.1 Caratteristiche principali del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001

Gli interventi previsti dalla variante al PRG interferiscono con il corso d'acqua identificato dal codice PAT IDR003_A101A100230010010001 in 2 differenti punti lungo la strada forestale che conduce ad Alba.

La modellazione idrologica fa riferimento al bacino imbrifero del rio chiuso in corrispondenza dell'interferenza posta alla quota inferiore (1'501.19 m s.l.m.): tale bacino presenta una superficie totale pari a 0.060 km². Dal punto di vista delle considerazioni relative alla pericolosità idraulica, tale scelta si rivela conservativa per l'attraversamento posto più a monte.

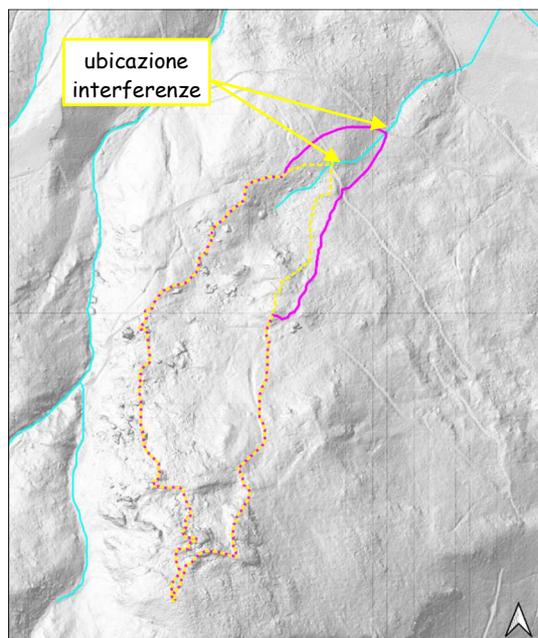


Figura 14.3: bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001 chiuso a quota 1'501.19 m s.l.m. su carta del Soleggiamento PAT con ubicazione delle interferenze

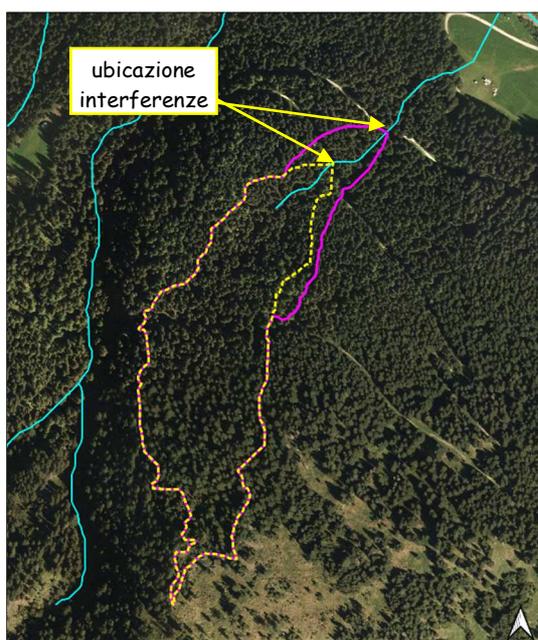


Figura 14.4: ortofoto con individuazione del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica ed ubicazione delle interferenze

Si riportano di seguito in Tabella 14.2 le principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001 utilizzato per le analisi idrologiche ed in Figura 14.5 l'andamento altimetrico dello stesso.

Coordinata E sezione di chiusura	712'669.290
Coordinata N sezione di chiusura	5'150'212.947
Area Bacino [km²]	0.059
Altitudine media [m s.l.m.]	1'657.18
Altitudine minima [m s.l.m.]	1'501.19
Altitudine massima [m s.l.m.]	1'852.99
Pendenza media del bacino [°]	31.32

Tabella 14.2: principali caratteristiche morfometriche del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001 chiuso a quota 1'501.19 m s.l.m.

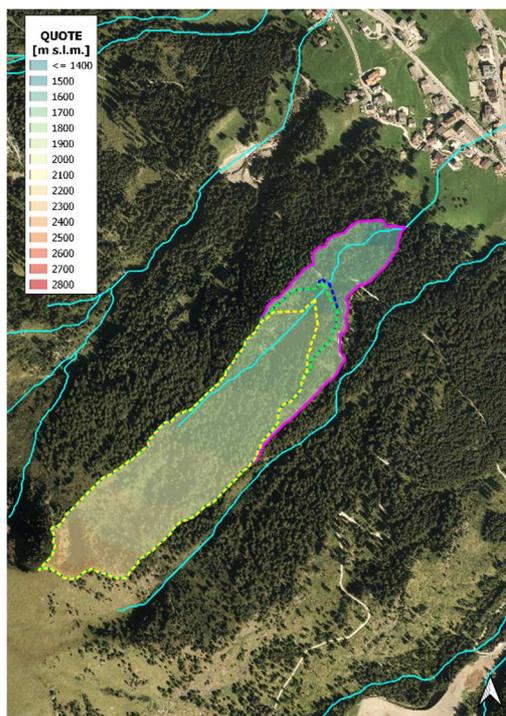


Figura 14.5: andamento altimetrico del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

14.3.2 Geolitologia, uso del suolo e CN

Per le generalità relative a geolitologia ed uso del suolo si faccia riferimento a quanto riportato nel § 6.3.2.

Si riporta di seguito in Figura 14.6 la carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero del rio IDR003_A101A100230010010001 esaminato nell'analisi idrologica.

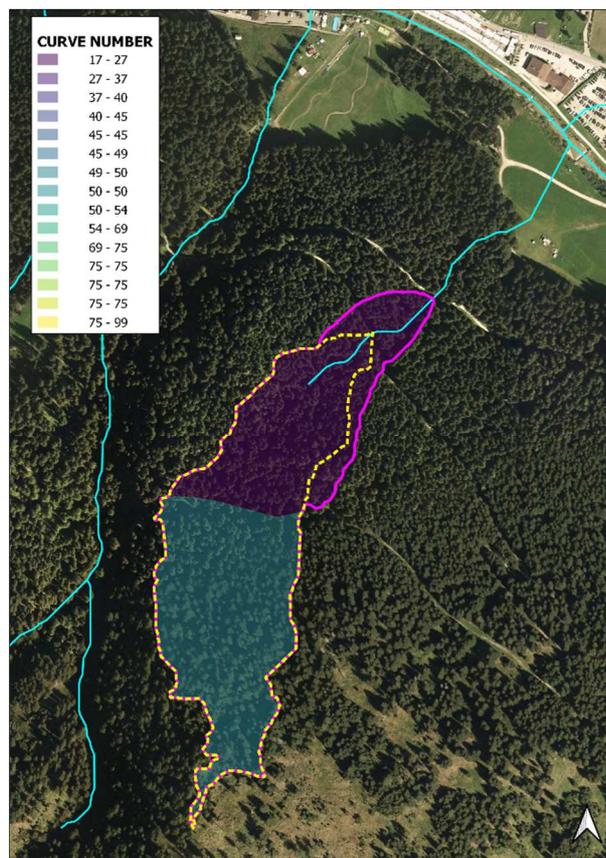


Figura 14.6: carta del Curve Number per le aree del bacino imbrifero esaminato nell'analisi idrologica

14.3.3 Analisi idrologica

Come detto in precedenza, non è stato possibile eseguire l'analisi idrologica per la determinazione dell'idrogramma di piena di progetto per il bacino in esame per un tempo di ritorno di 200 anni attraverso il modello afflussi-deflussi denominato AdB-ToolBox, perché il bacino presenta una superficie inferiore al limite minimo (0.1 km^2) per il corretto funzionamento dello stesso.

Per questo, per ottenere il valore della portata liquida di progetto per il bacino in esame si è fatto riferimento ai risultati della modellazione svolta per il rio IDR003_A101A100220010010001 (§ 13.3.3), adiacente al bacino del corso d'acqua in esame, a sud dello stesso: la portata è stata ricavata attraverso una semplice proporzione tra le superfici dei due bacini considerati.

14.3.3.1 Idrogramma liquido

La portata di picco stimata per il bacino in esame è pari a **$0.20 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Tale valore fa riferimento alla portata liquida, cioè non comprendente l'eventuale presenza di trasporto solido: la definizione di questi aspetti è riportata nel paragrafo che segue.

14.3.3.2 Idrogramma liquido-solido o di colata

Come detto in precedenza, nel corso dei sopralluoghi effettuati si è potuto constatare che il rio in esame non presenta una considerevole disponibilità di materiale solido a monte: lo strato di terreno superficiale è mediamente modesto ed in alcune zone il substrato roccioso è subaffiorante.

In condizioni ordinarie il rio non è interessato da deflusso idrico superficiale: si tratta di un compluvio il cui tracciato, nella parte che scorre all'interno del bosco, alterna tratti più incisi a zone nelle quali la sezione è poco definita sia a monte sia a valle della strada forestale.

Confrontando l'andamento della curva ipsometrica del bacino con quelle di riferimento riportate in Figura 6.11 per avere delle indicazioni circa il grado di evoluzione del bacino si può osservare che il bacino del rio in esame presenta una condizione di paesaggio maturo ed è quindi in equilibrio.

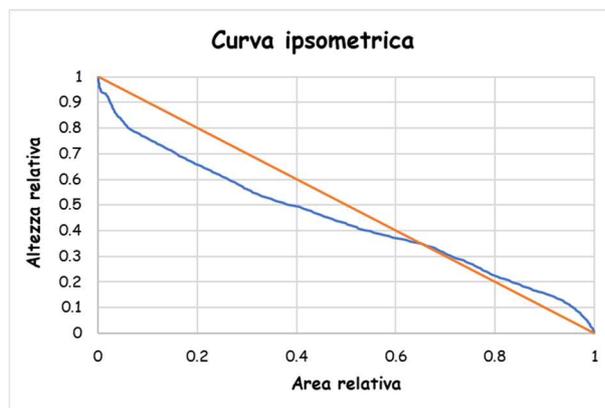


Figura 14.7: curva ipsometrica per il bacino del rio IDR003_A101A100230010010001 chiuso a quota 1'501.19 m s.l.m.

A partire da tali considerazioni, ci si attende che eventuali fenomeni legati alla presenza di trasporto solido lungo il corso d'acqua non saranno particolarmente intensi.

In tale studio non verranno dunque considerate le dinamiche a fondo mobile del tratto d'alveo, ma solamente il trasporto solido come un'aliquota aggiuntiva della portata liquida di progetto: nella successiva modellazione idrodinamica si considererà quindi una portata di piena maggiore di quella stimata con le analisi idrologiche.

È possibile effettuare una stima cautelativa del trasporto solido che può interessare il tratto in esame con l'analisi descritta di seguito.

La concentrazione in volume (C_v) dei sedimenti trasportati può essere stimata in prima approssimazione tramite la seguente relazione, che lega tale parametro alla sola pendenza (i) del corso d'acqua:

$$C_v \cong 2.5 \cdot i^{1.6}$$

Dal momento che le pendenze medie rappresentative del rio in esame in corrispondenza dei 4 punti di interferenza sono pari a circa il 31 %, la concentrazione in volume di sedimenti C_v durante le fasi più intense dell'evento si aggira attorno al 32 %.

A partire da tale dato, è necessario definire il fattore di concentrazione f_b , che rappresenta il coefficiente per il quale moltiplicare la portata liquida ottenuta dall'analisi idrologica per definire la portata totale di progetto (liquida+solida). Esso si valuta tramite la seguente relazione:

$$f_b = \frac{1}{1 - C_v}$$

Nel caso in esame, con il valore di C_v sopra riportato, risulta un valore di f_b pari a 1.53 e quindi la massima portata liquida del rio va incrementata del 53 %.

Il valore della portata al colmo di progetto tenendo conto del trasporto solido è quindi pari a 0.34 m³/s.

14.4 Analisi idraulica

Dal momento che non sono presenti manufatti di attraversamento nei 2 punti interferenti con le opere previste dalla variante, si procede di seguito al dimensionamento di una tubazione per smaltire la portata di progetto.

Il dimensionamento è stato condotto a moto uniforme, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler; per la definizione della pendenza della tubazione si è utilizzata la stessa utilizzata per il calcolo della portata, mentre per quanto riguarda la scabrezza - in considerazione dell'entità del trasporto solido stimato - si è assunto un valore cautelativo ($k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), tipico dei fenomeni di colata.

Per quanto riguarda il franco idraulico, nel dimensionamento è stato fissato un grado di riempimento massimo pari al 70 %, al fine di evitare possibili fenomeni di ostruzione dello stesso, con conseguente esondazione della portata sulle strade forestali e sul fondovalle.

Si riportano di seguito i principali risultati dei dimensionamenti idraulici effettuati.

TUBAZIONI	
$Q_{200} =$	$0.34 \text{ m}^3/\text{s}$
$i_F =$	0.31 m/m
$k_s =$	$15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
$D =$	0.5 m
$y_0 =$	0.35 m
$g.r. =$	70%

Tabella 14.3: principali risultati del dimensionamento idraulico per i 2 attraversamenti esaminati

La tipologia del materiale costituente le tubazioni è indifferente: il valore di scabrezza in condizioni ordinarie garantisce il deflusso della portata liquida di progetto con tempo di ritorno 200 anni ($0.20 \text{ m}^3/\text{s}$) con grado di riempimento pari al 24 % nel caso di tubi in calcestruzzo ($k_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) ed al 20 % nel caso di tubazioni metalliche o in materiale plastico ($k_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Le tubazioni possono essere sostituite da **scatolari con capacità di deflusso equivalente**, per agevolare il raccordo tra il manufatto ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento.

In alternativa alla posa della tubazione, si potrà prevedere la realizzazione di 2 guadi realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata.

I guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle infrastrutture interferite (o delle eventuali opere in progetto).

La corda molle sarà realizzata mediante massi cementati e la posa di una rete elettrosaldata di maglia $20 \times 20 \text{ cm}$ con barre $\phi 8 \text{ mm}$, per uno spessore minimo di calcestruzzo di 35 cm e presenterà un profilo di raccordo con il terreno attuale con una pendenza massima del 20 %.

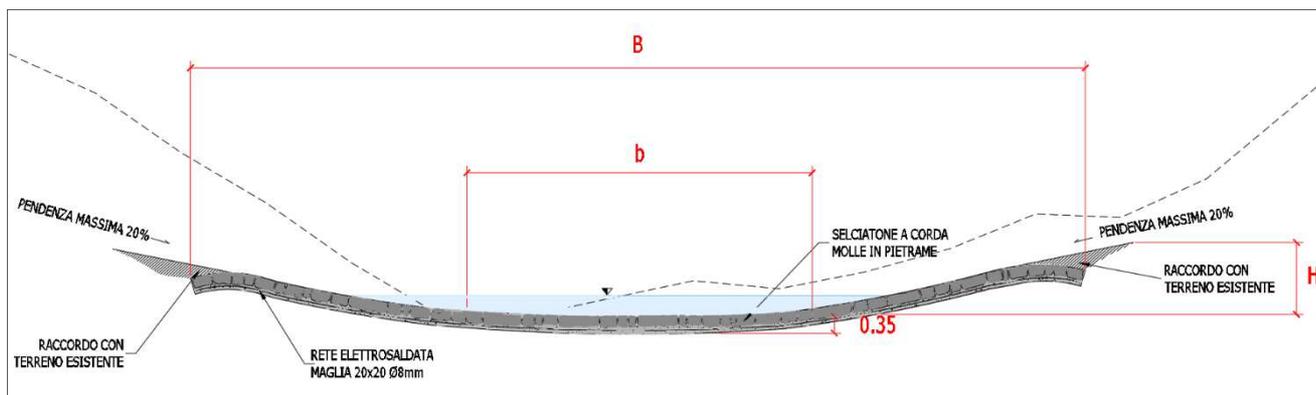


Figura 14.8: sezione tipologica dei guadi

Il dimensionamento idraulico dei guadi è riportato di seguito in Tabella 14.4: b rappresenta la base minore della sezione, B quella maggiore ed H la sua profondità per garantire il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.

GUADI	
Q_{200}	$0.34 \text{ m}^3/\text{s}$
i_F	0.03 m/m
k_s	$15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
b	2.0 m
B	9.0 m
H	0.7 m
i_{sponde}	20 %
y_0	0.17 m
franco	0.53 m

Tabella 14.4: dimensionamento idraulico dei guadi nei punti di interferenza con il rio

Si osserva che il tirante che si verifica all'interno della sezione tipologica è stato calcolato, cautelativamente, considerando una pendenza trasversale del guado pari al 3 %, di gran lunga inferiore alle pendenze medie dei tratti del rio analizzati, che si attestano sul 31 %.

14.5 Conclusioni

In base alle indicazioni della Carta di sintesi della pericolosità, la zona in esame ricade nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico.

Come detto in precedenza, non esistono opere idrauliche lungo il corso d'acqua, il cui tracciato, nella parte che scorre all'interno del bosco, alterna tratti più incisi a zone nelle quali la sezione è poco definita sia a monte sia a valle della strada forestale.

Allo stato attuale, non avendo a disposizione il progetto di dettaglio degli interventi previsti, è possibile fornire soltanto degli indirizzi generali al fine di tutelare un'eventuale nuova opera; in particolare, per le successive fasi di progettazione si prescrive quanto segue:

- ✓ consultare i Servizi della Provincia Autonoma di Trento competenti;
- ✓ **IPOTESI 1:**

- posare **2 tubazioni** con diametro minimo $D = 500$ mm in calcestruzzo, metallo o materiale plastico in corrispondenza dei 2 attraversamenti per garantire il passaggio della portata di progetto con un grado di riempimento pari al 70 %. In alternativa alle tubazioni, è possibile utilizzare degli scatolari con capacità di deflusso equivalente, per agevolare il raccordo tra i manufatti ed il corso d'acqua a monte ed a valle dell'attraversamento;
- curare, durante la realizzazione degli interventi, la sagomatura dei punti di imbocco e sbocco delle tubazioni (o degli scatolari), per limitare le perdite di carico nel tratto, evitando così il rallentamento della corrente e l'innalzamento del pelo libero;
- ✓ **IPOTESI 2:**
 - in alternativa alla posa di tubazioni o scatolari, si potrà prevedere la realizzazione di **2 guadi** realizzati tramite la posa di massi cementati a formare una sezione trapezoidale per il passaggio della portata;
 - i guadi avranno una pendenza trasversale (lungo l'asse del corso d'acqua) minima del 3 % ed una larghezza pari alla dimensione delle strade interferite (o delle eventuali opere in progetto);
 - una sezione con base minore $b = 2.0$ m, base maggiore $B = 9.0$ m ed altezza di 70 cm garantisce il deflusso della piena di progetto, assicurando un franco idraulico di circa 0.50 m.
- ✓ **in considerazione della natura del corso d'acqua, un compluvio il cui tracciato, anche nella parte che scorre all'interno del bosco, si presenta - seppur visibile - non particolarmente inciso, si ritiene più ragionevole adottare la soluzione proposta contenuta nell'IPOTESI 2;**
- ✓ dotare le nuove opere di adeguata cartellonistica per avvisare della possibilità di fenomeni di esondazione del corso d'acqua in concomitanza ad eventi meteorici intensi;
- ✓ vista l'esiguità del bacino in esame ed i brevi tempi di risposta in seguito a fenomeni atmosferici intensi, non si ritiene particolarmente utile la redazione di un piano di gestione del pericolo idraulico; sembra più opportuno invece dotare la strada di una stanga che ne permetta la chiusura per inibire l'accesso agli utenti nel caso di allerte meteo della Protezione Civile o qualora ravvisasse il verificarsi di un evento meteorico intenso ed inatteso. Va individuato un responsabile tra il personale dell'Ente gestore della strada o degli impianti a fune che si faccia carico di tali scelte di chiusura e riapertura della viabilità.

In linea di massima, gli elementi a disposizione e gli esiti delle analisi effettuate permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

15 ANALISI VALANGHIVA: LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi oggetto dello studio di compatibilità valanghiva sono localizzati lungo il versante rivolto a nord/nord-est sopra all'abitato di Alba, nel Comune di Canazei.

Il versante, descritto in maniera più approfondita nel proseguo della trattazione, comprende sette diverse valanghe, mappate nel catasto valanghe della Provincia Autonoma di Trento, ovvero le valanghe (Figura 15.1):

- A10103V010, denominata "La Lasta";
- A10103V011;
- A10103V012;
- A101A1V001, denominata "Toel Lench";
- A101A1V002, denominata "Arsei";
- A101A1V003, denominata "Vallaccia - Spiz de Forcella", valanga analizzata dal dott. geol. Massimiliano Fazzini nella Relazione Tecnica "A101A1V003 Vallaccia - Spiz de Forcella" predisposta nell'ottobre 2006 nell'ambito della redazione della Carta della Pericolosità dei fenomeni valanghivi;
- A101A1V004, denominata "Ruises";

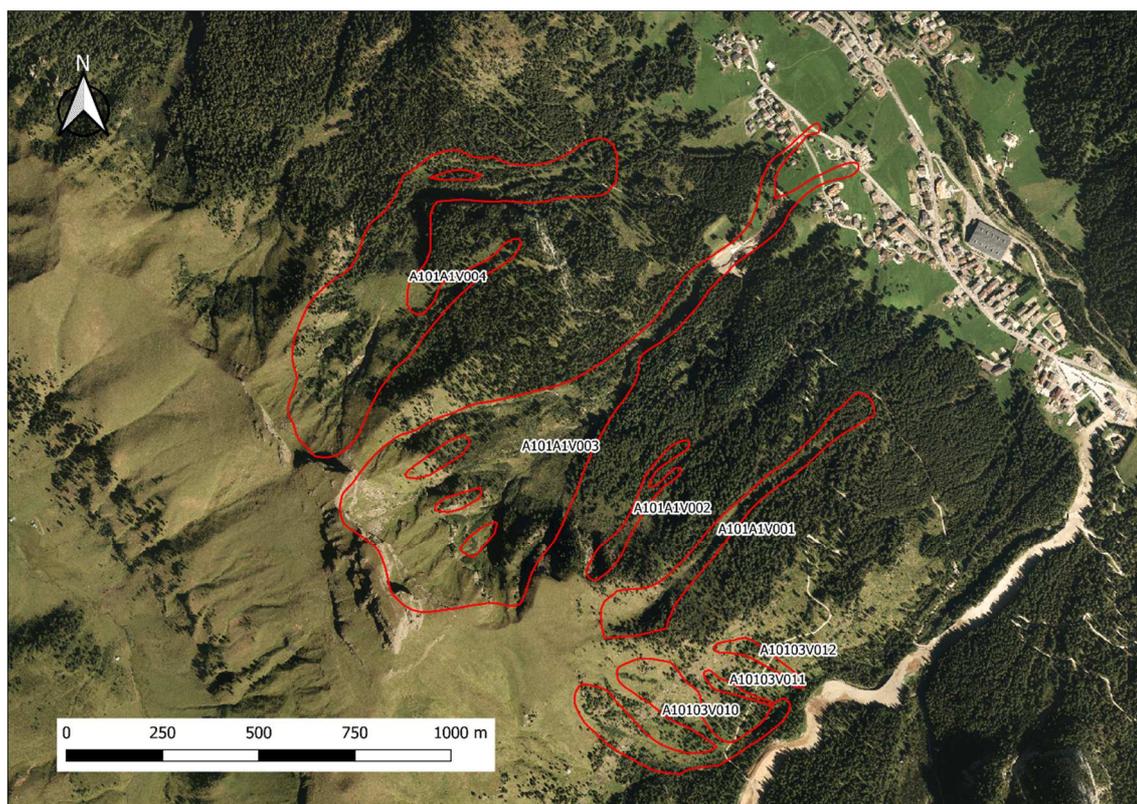


Figura 15.1: ortofoto (2015) dell'area oggetto degli interventi

Le valanghe interessano alcune aree sulle quali insistono le opere previste dalla variante puntuale al PRG di Canazei n. 26.11; la sovrapposizione tra le aree valanghive e la variante al PRG oggetto di studio riportata in Figura 15.2 mostra che

- ✓ il tracciato dello skiweg che porta verso il campo scuola a partire dalla pista Ciampac è interessato dalle valanghe A10103V010, A10103V011, A10103V012, A101A1V001 e A101A1V003;
- ✓ il percorso dello skiweg verso Ciampac interferisce con le valanghe A101A1V003 e A101A1V004;
- ✓ marginalmente, la nuova pista e la variante della pista Ciampac sono interessate rispettivamente dalle valanghe A101A1V004 e A101A1V001.

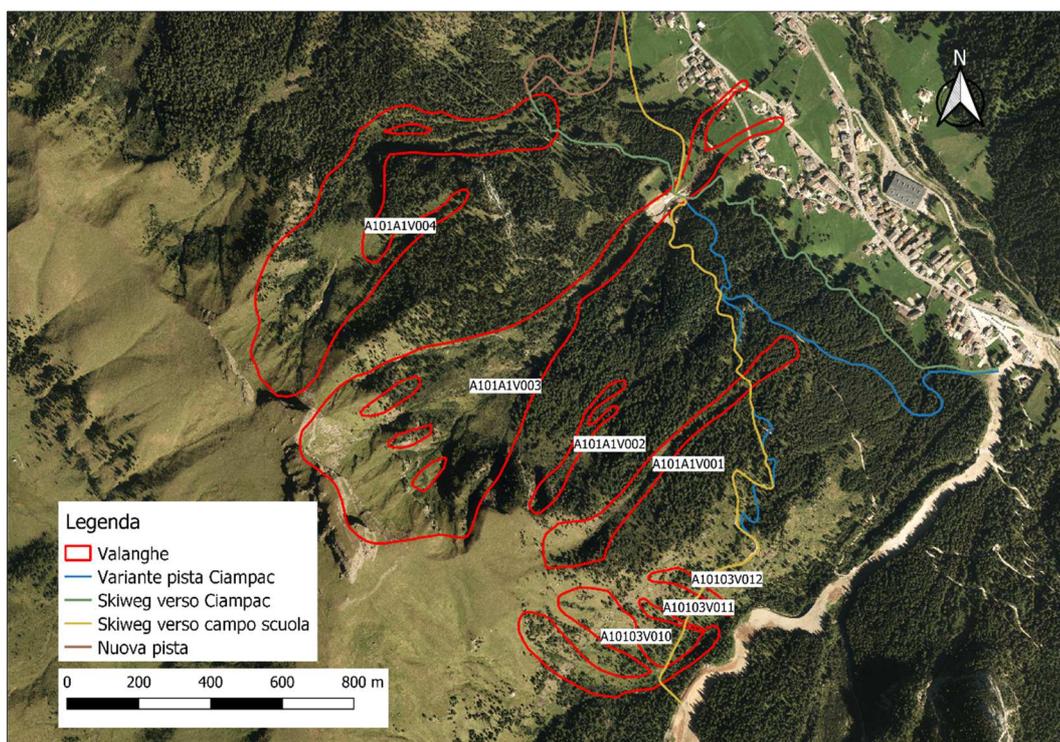


Figura 15.2: sovrapposizione tra aree valanghive ed opere previste dalla variante al PRG, su base ortofoto 2015

16 DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO

16.1 Geomorfologia

La val di Fassa è una tra le più importanti valli delle Dolomiti occidentali e si identifica con l'alta valle del Torrente Avisio. Presenta prevalentemente direzione sud/sud-ovest - nord/nord-est sino all'abitato di Campitello di Fassa, per poi disporsi a monte con un andamento generale est-ovest.

Da un punto di vista altitudinale, la Valle si estende dai 1'184 m s.l.m. di Moena fino ai 2'057 m s.l.m. del Passo Fedaià. È delimitata a nord dal Passo Sella (2'244 m s.l.m.) che la mette in comunicazione con la Val Gardena, dal Passo Pordoi (2'239 m s.l.m.) e dal Passo Fedaià (2'057 m s.l.m.) verso la Val Cordevole.

Ad ovest è raggiungibile tramite il Passo Costalunga (1'745 m s.l.m.), che la fa comunicare con la Val d'Ega verso Bolzano, mentre ad est si apre nel Passo S. Pellegrino (1'907 m s.l.m.), verso la conca di Falcade.

L'intera vallata è attraversata dal torrente Avisio, che nasce dal ghiacciaio della Marmolada e che, durante il suo percorso orientato generalmente in direzione sud-ovest, riceve le acque di numerosi affluenti - rio Duron, rio Antermont, rio S. Nicolo, etc. - provenienti dalle rispettive omonime valli laterali.

Le montagne che circondano la Val di Fassa possono essere raggruppate in sei gruppi montuosi:

- ✓ Il Latemar (2'846 m s.l.m.) nell'estremo settore Sud-Occidentale della Valle, a Ovest di Moena;
- ✓ I Monzoni e la Costabella (2'759 m s.l.m.) - che chiudono a Sud e Sud-Est il bacino - a Oriente di Vigo e fino al Passo San Pellegrino;
- ✓ Il Catinaccio (3'004 m s.l.m.) che si estende per diversi chilometri nel settore Occidentale tra Vigo e Campitello;
- ✓ La Marmolada (3'342 m s.l.m.), maggiore rilievo delle alpi Dolomitiche, nell'estrema porzione Orientale della vallata, immediatamente a sud del Passo Fedaià;
- ✓ Il Sassolungo (3'181 m s.l.m.), nella zona Settentrionale, che domina sui villaggi di Campitello e Canazei;
- ✓ Il Sella e il Pordoi (3'152 m s.l.m.), che chiudono la vallata a Nord-Est.

Nello specifico, le valanghe oggetto di studio interessano alcuni versanti situati in sinistra idrografica del torrente Avisio - immediatamente a valle ed a monte della confluenza del rio Contrin - in corrispondenza degli abitati di Penia, Alba e Soraperra, a 2/3 km a monte dell'abitato di Canazei.

Il limite della vegetazione forestale si pone mediamente intorno ai 2'000-2'100 m s.l.m.; tale limite talvolta è contenuto a quote inferiori per la presenza del pascolo, che tuttavia risulta essere in costante regresso.

Nel caso del settore valanghivo in esame, la fustaia si spinge in pratica fino alla base delle bancate rocciose, a valle di quota 2'100 m, ed è costituita soprattutto da larice; dai 1'700 m fino al fondovalle prevale l'abete rosso.

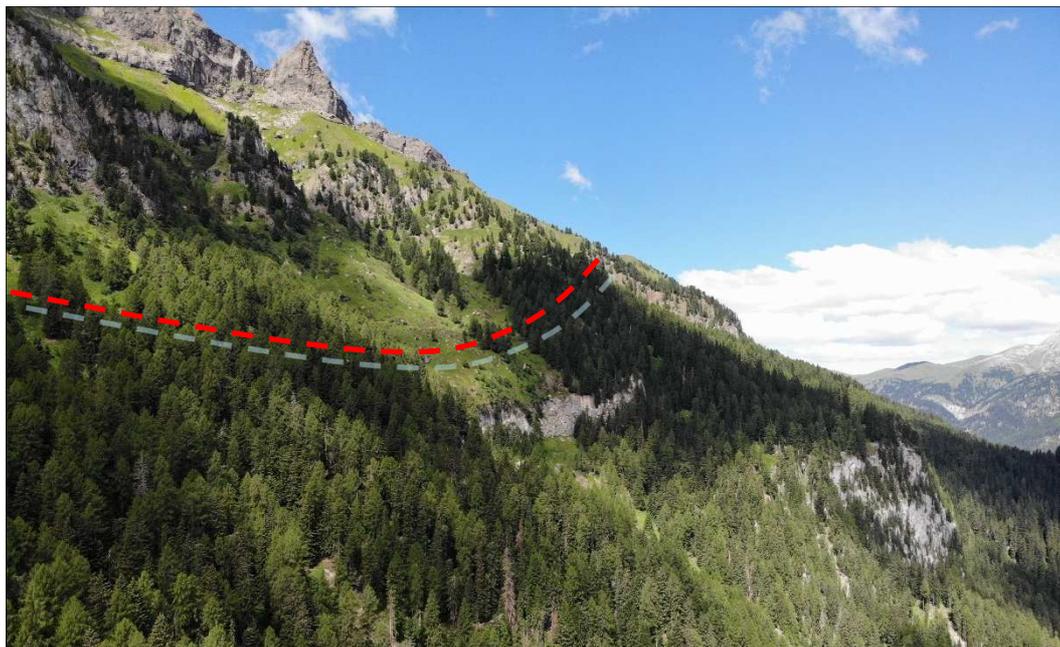


Figura 16.1: limite della vegetazione forestale

16.2 Analisi siti valanghivi

L'area oggetto di studio si rivolge verso nord/nord-est, al di sopra dell'abitato di Alba, delimitato lungo il crinale sommitale dalla presenza della "Crepa negra" (2'535 m s.l.m.) e del poco più basso "Spiz de Soforcela". Il versante si presenta boscato fino alle quote 2'000-2'100 m s.l.m.: da evidenziare tuttavia come siano ben visibili ampie aree caratterizzate da moria di abete rosso, a causa di diversi focolai di bostrico e schianti. Nella parte inferiore, verso il fondovalle, sono in corso notevoli operazioni di esbosco.



Figura 16.2: operazioni di esbosco nel fondovalle

Dalla cresta al fondovalle il versante in esame presenta pendenze sostenute e costanti, che raramente scendono sotto il valore di 30°. L'esposizione è prevalentemente verso nord/nord-est.

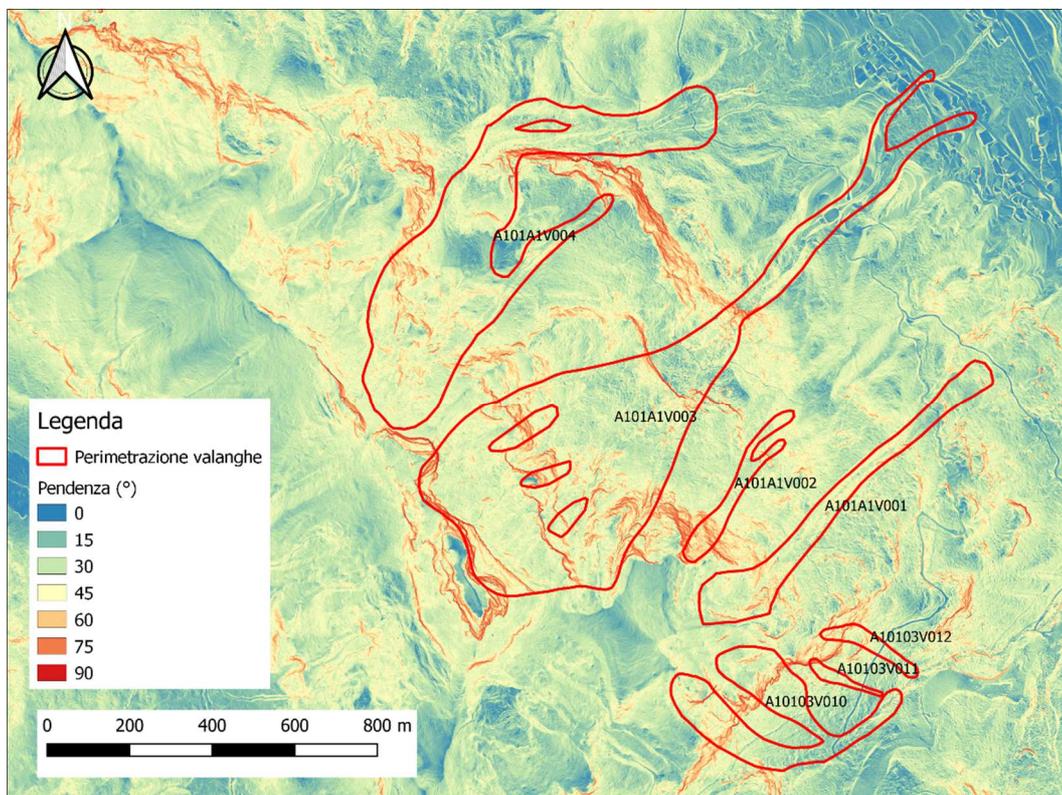


Figura 16.3: carta delle pendenze

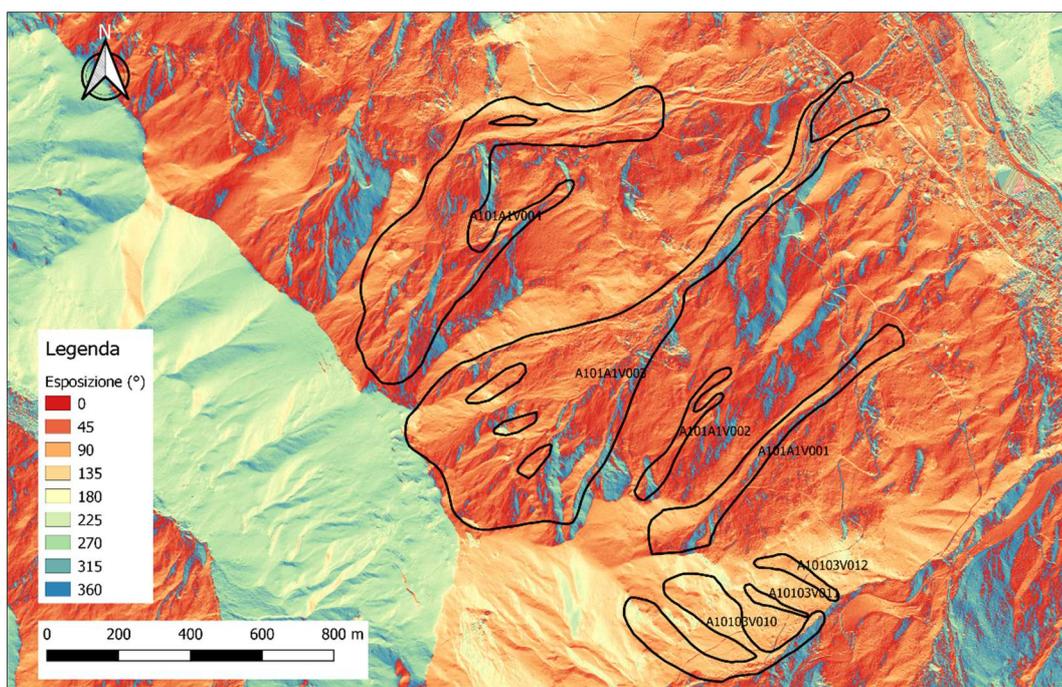


Figura 16.4: carta delle esposizioni

Nel proseguo della trattazione vengono analizzate le singole valanghe mappate nell'area di studio e riportate le analisi storiche delle stesse, ove presenti. L'analisi storica diventa fondamentale per una corretta calibrazione delle modellazioni oltre che per la valutazione della pericolosità di eventuali eventi valanghivi, svolta alla luce e con il supporto di quanto avvenuto in passato.

Non sono presenti dati storici per le valanghe A10103V011 e A10103V012 che pertanto verranno inglobate nell'analisi dell'adiacente A10103V010 "La Lasta".

1.1.1. A10103V010 "La Lasta"

La valanga "La Lasta" e le afferenti valanghe A10103V011 e A10103V012 si staccano dai pendii poco sopra la strada forestale e la pista da sci esistenti.

Dalle schede di rilevamento e perimetrazione dell'inchiesta permanente sulle valanghe risultano tre diversi eventi registrati negli anni 1980, 1985 e 1986. In tutti i casi registrati, seppur con volumi variabili tra i 1'500 e 15'000 m³, l'arresto si è sempre verificato attorno a quota 2'000 m s.l.m., vale a dire poco sopra la strada forestale esistente che si dirama dalla pista da sci.

La vegetazione presente risulta piuttosto rada, non opponendo grande attrito al distacco di masse nevose lungo gli impluvi scarsamente incisi, mentre i canali di scorrimento presentano una discreta vegetazione arbustiva (Figura 16.8).

Dal confronto tra le ortofoto storiche non risultano particolari variazioni, questo anche a causa delle quote elevate: trovandosi al limite della vegetazione arborea risulta difficile l'attecchimento della stessa e una sua espansione.

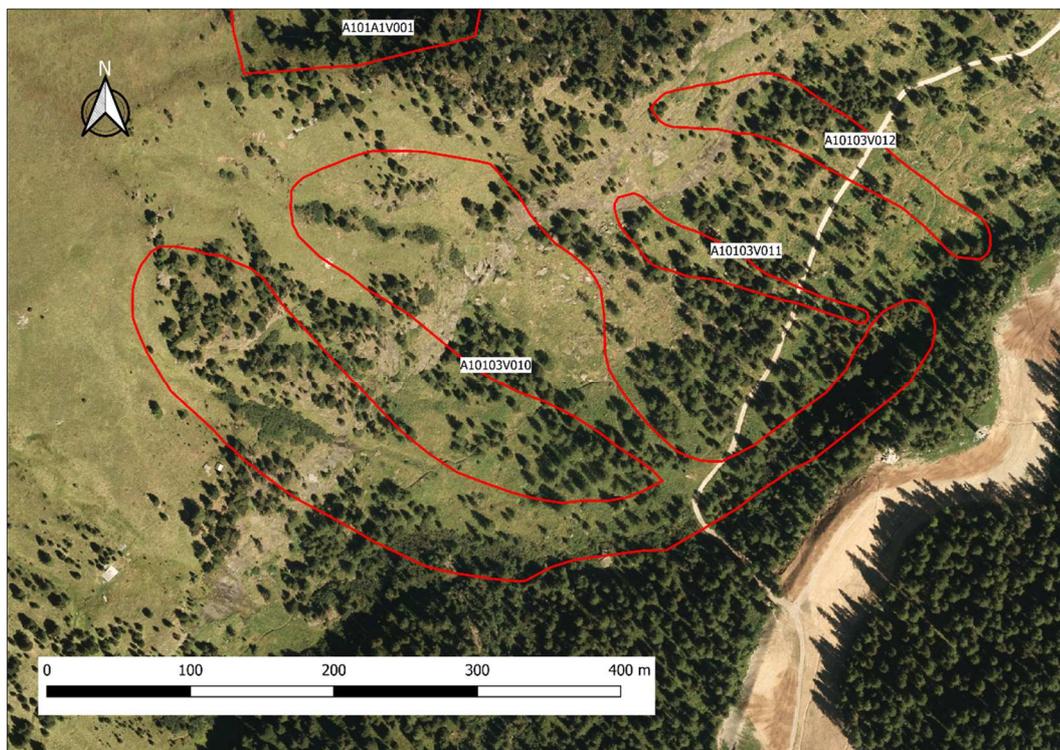


Figura 16.5: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 2015

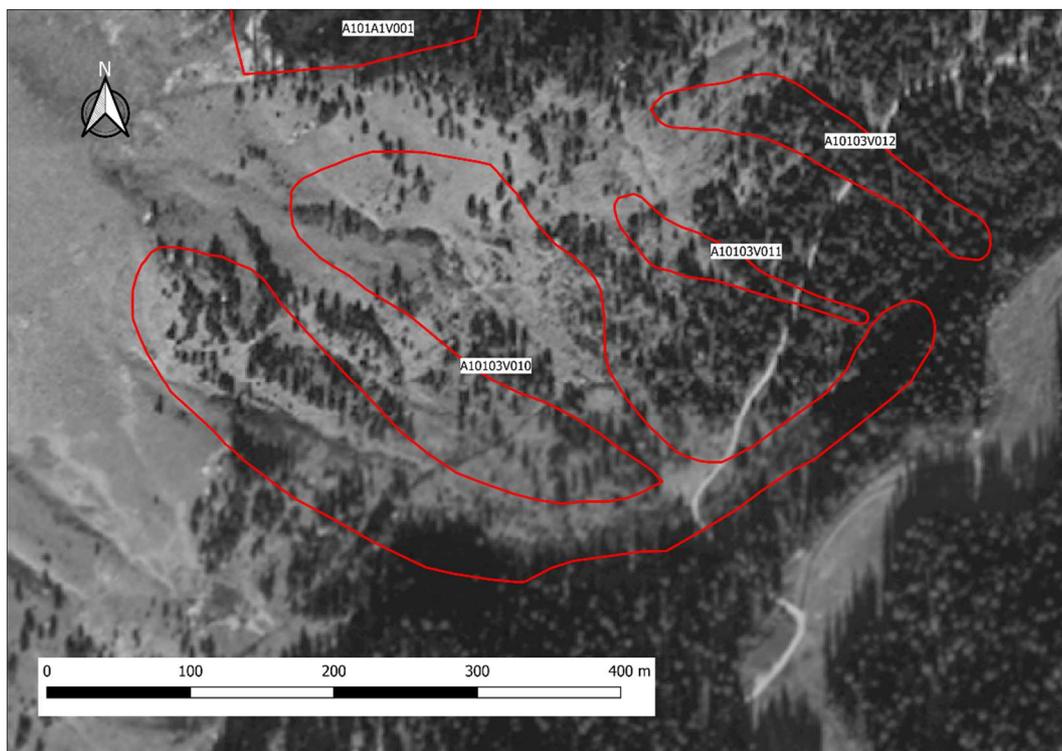


Figura 16.6: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1994

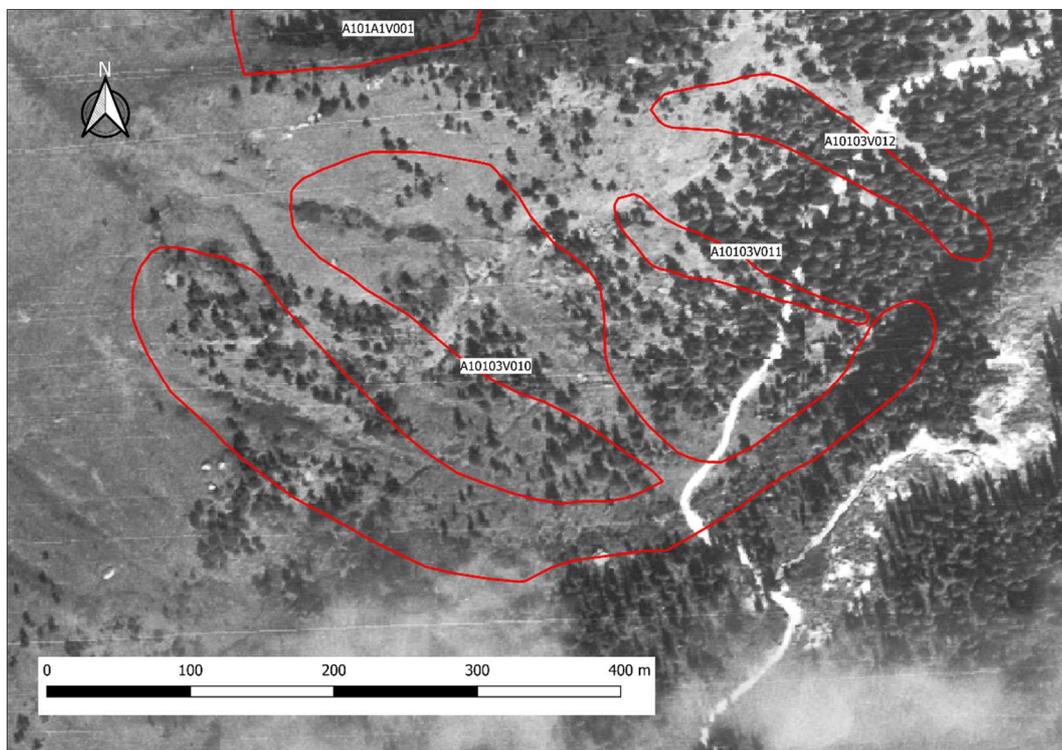


Figura 16.7: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1973



Figura 16.8: immagine dell'area potenzialmente interessata dalla valanga vista dal basso, dalla strada forestale

1.1.2. A101A1V001 "Toel Lench"

La valanga Toel Lench si stacca in prossimità delle creste poco a Sud della Creipa Negra. La valanga si presenta con una limitata superficie utile di distacco, quindi ha un lungo canale di scorrimento ed infine una limitata zona di arresto e accumulo.

Dalle analisi storiche risulta che la valanga Toel Lench è una "Valanga annuale prevalentemente primaverile che normalmente si arresta in prossimità della strada per Ciampac. Nell'inverno 1972-73 il Sig. Verra la ricorda a metà strada fra la detta strada ed il sentiero sottostante, come riportato in cartografia. Per sentito dire, il sig. Verra riferisce che, verso la fine del secolo scorso, detta valanga pare abbia raggiunto la statale, in prossimità dell'attuale cooperativa e macelleria."

I dati storici suggeriscono quindi che la valanga raggiunga spesso (annualmente) la strada forestale per Ciampac, anche e soprattutto a causa dell'elevata pendenza del canale di scorrimento il quale risulta particolarmente inciso da eventi di origine alluvionale. Data la mancanza di evidenze di passaggio di valanghe di importanti dimensioni e considerato il fatto che si osservano elementi (quali una ridotta superficie della possibile area di distacco, schianti di alberi, area di arresto modesta) che suggeriscono il passaggio di valanghe di piccole dimensioni, si potrebbe supporre che gli eventi invernali siano adducibili a più semplici scivolamenti.

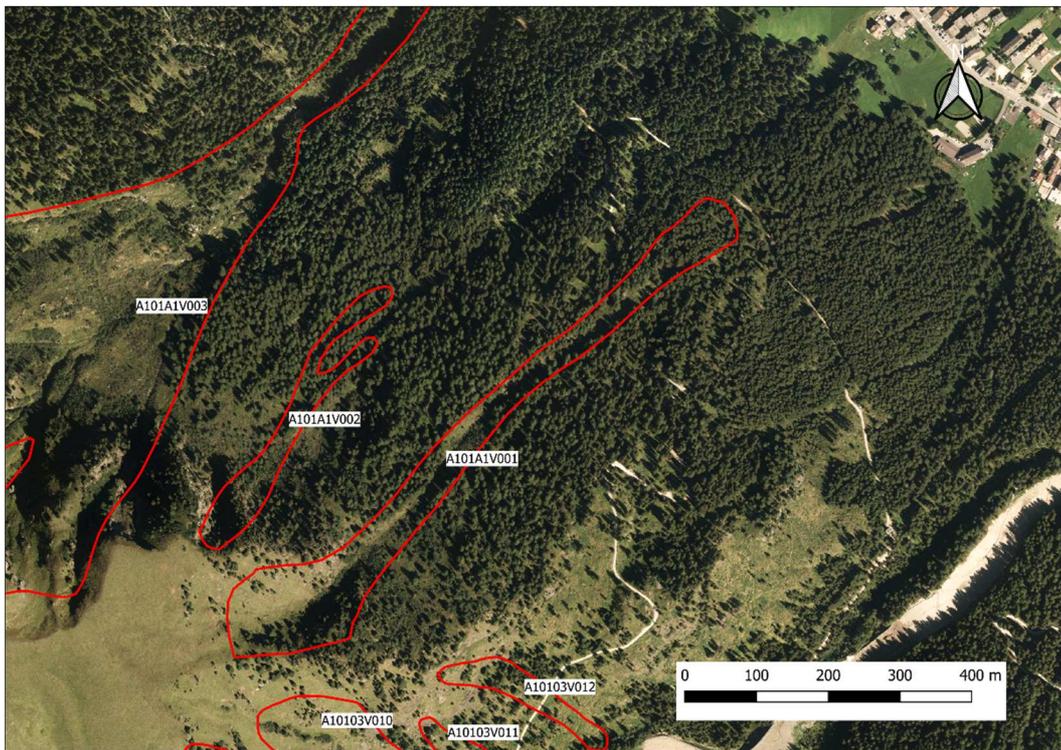


Figura 16.9: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 2015

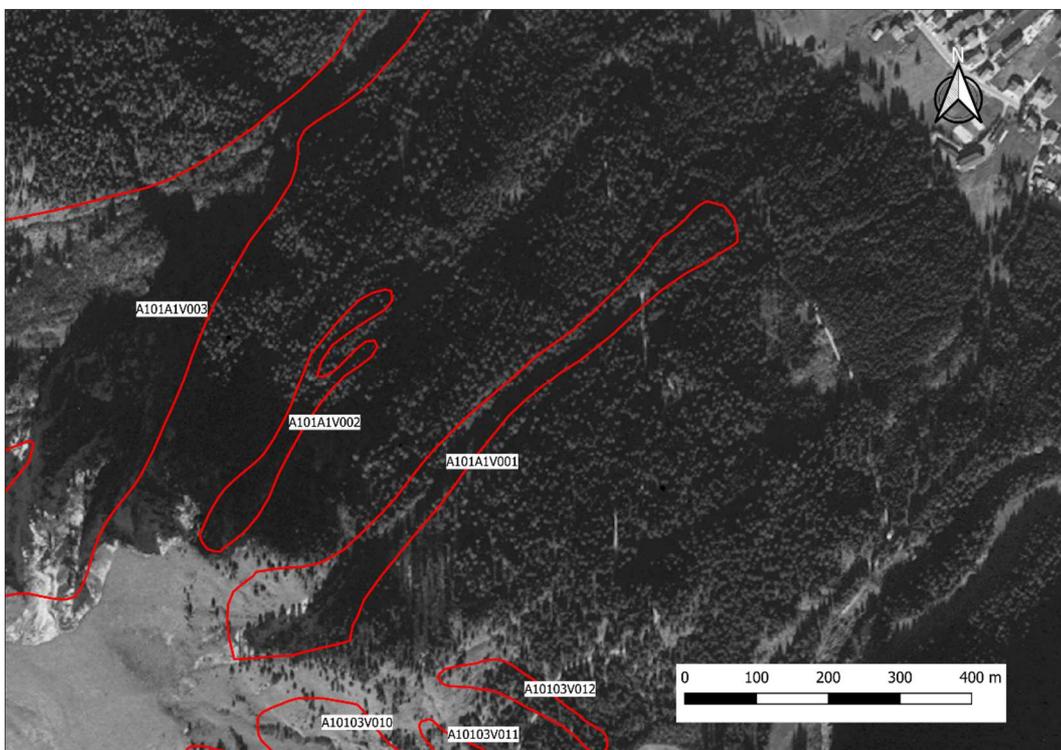


Figura 16.10: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1994

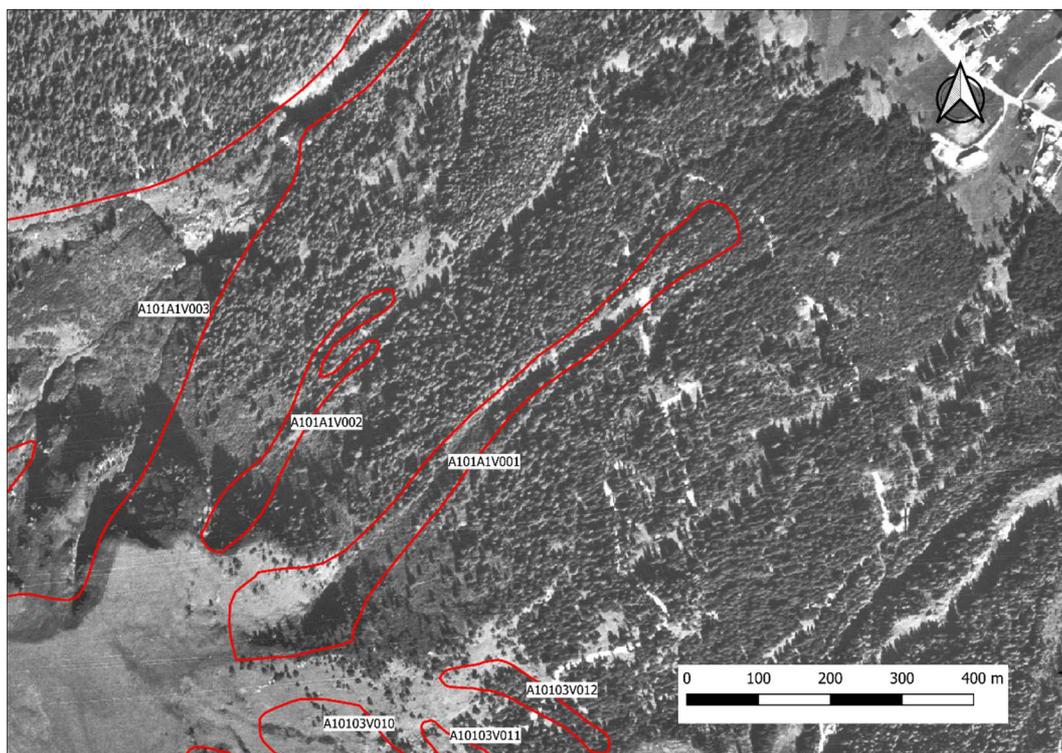


Figura 16.11: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1973



Figura 16.12: immagine aerea della parte superiore della valanga Toel Lench

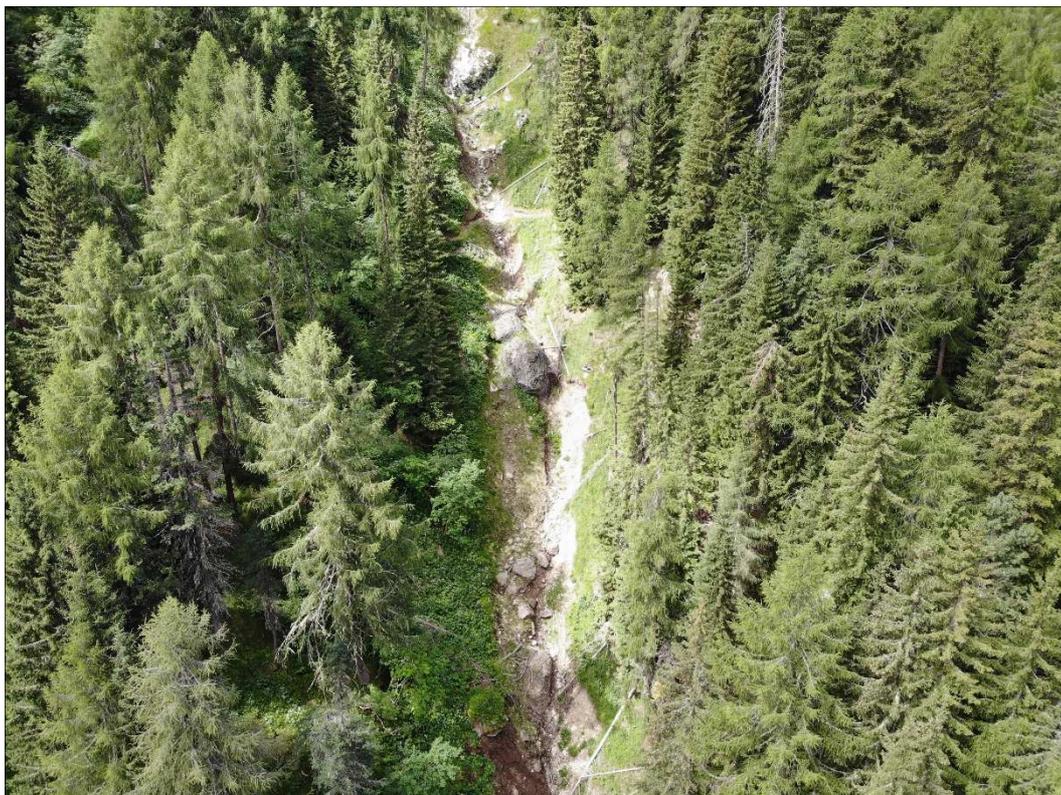


Figura 16.13: dettaglio del canale di scorrimento



Figura 16.14: vista aerea della zona di arresto degli scivolamenti annuali

1.1.3. A101A1V002 "Arsei"

La valanga "Arsei" veniva definita (1987) come una "piccola valanga annuale che, staccandosi in coincidenza di salti rocciosi, quasi sempre raggiunge i limiti riportati in cartografia". Ad oggi, osservando il sito valanghivo, si può notare come sia fittamente boscato specialmente nella parte inferiore, dove teoricamente si aveva l'area di arresto, il rimboscamento dell'area, oltre ad essere chiaro dalle immagini aeree raccolte per questo rilievo, è evidente confrontando le ortofoto 1973 e 2015, dove è ben evidente il cambio di copertura del suolo.

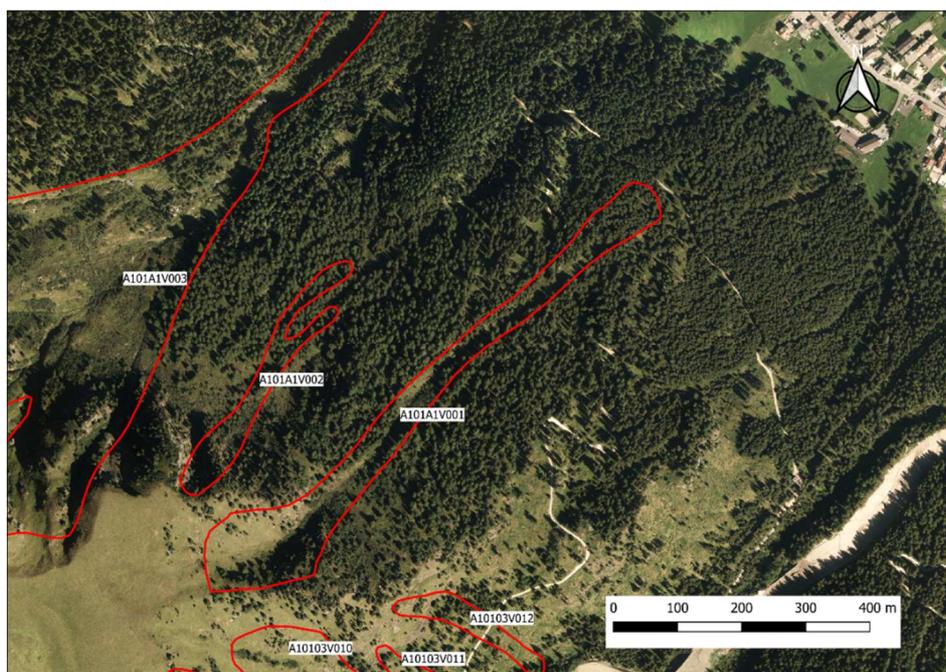


Figura 16.15: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 2015

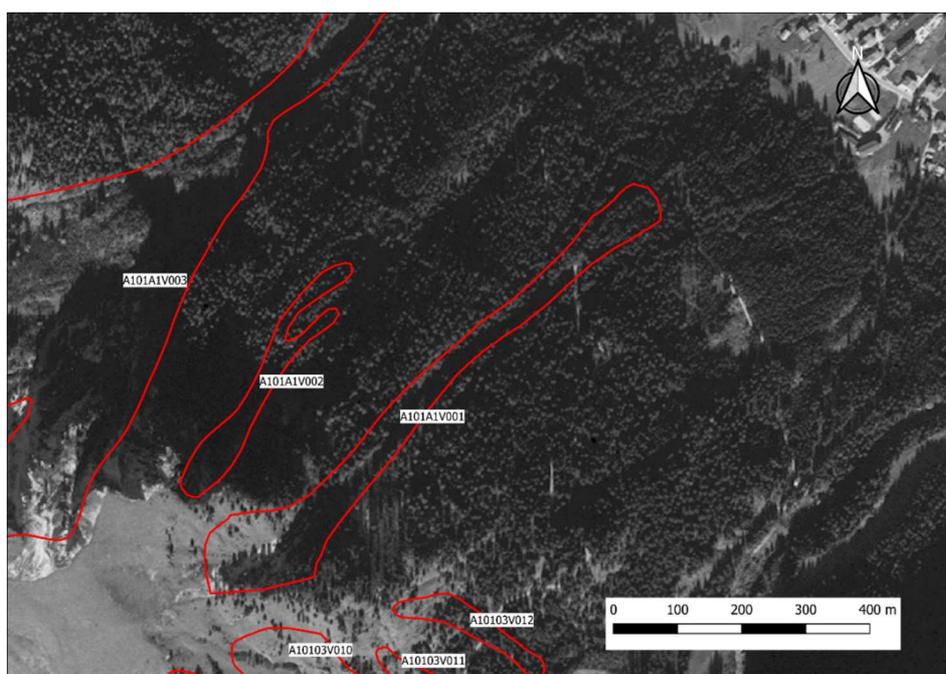


Figura 16.16: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1994

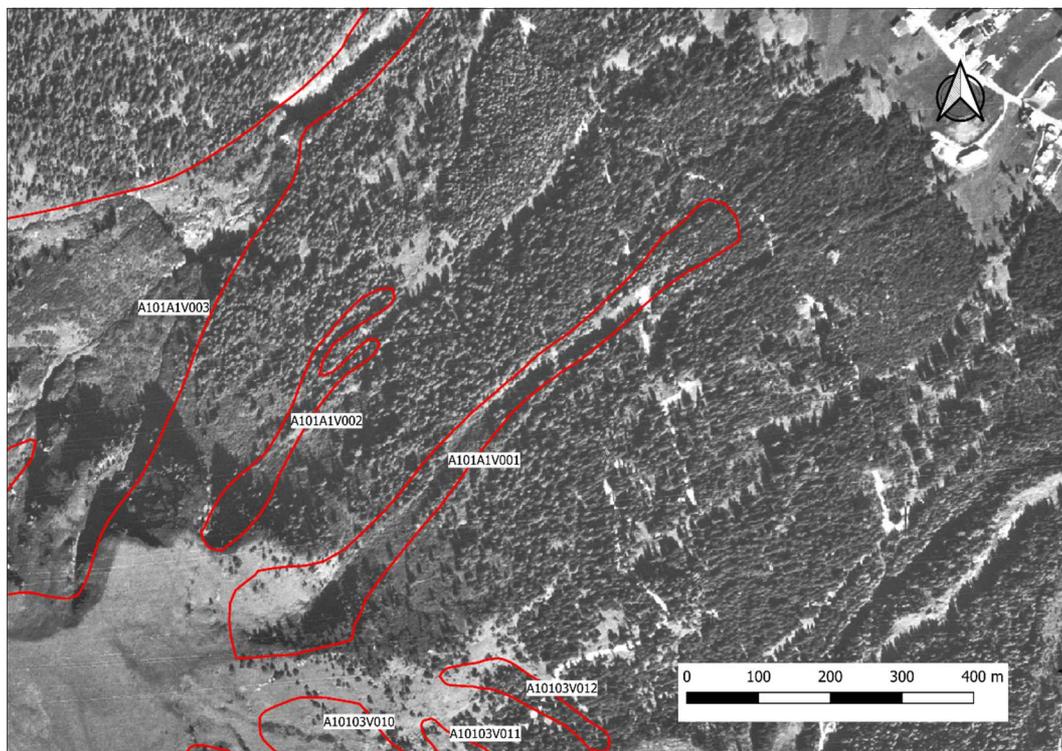


Figura 16.17: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1973

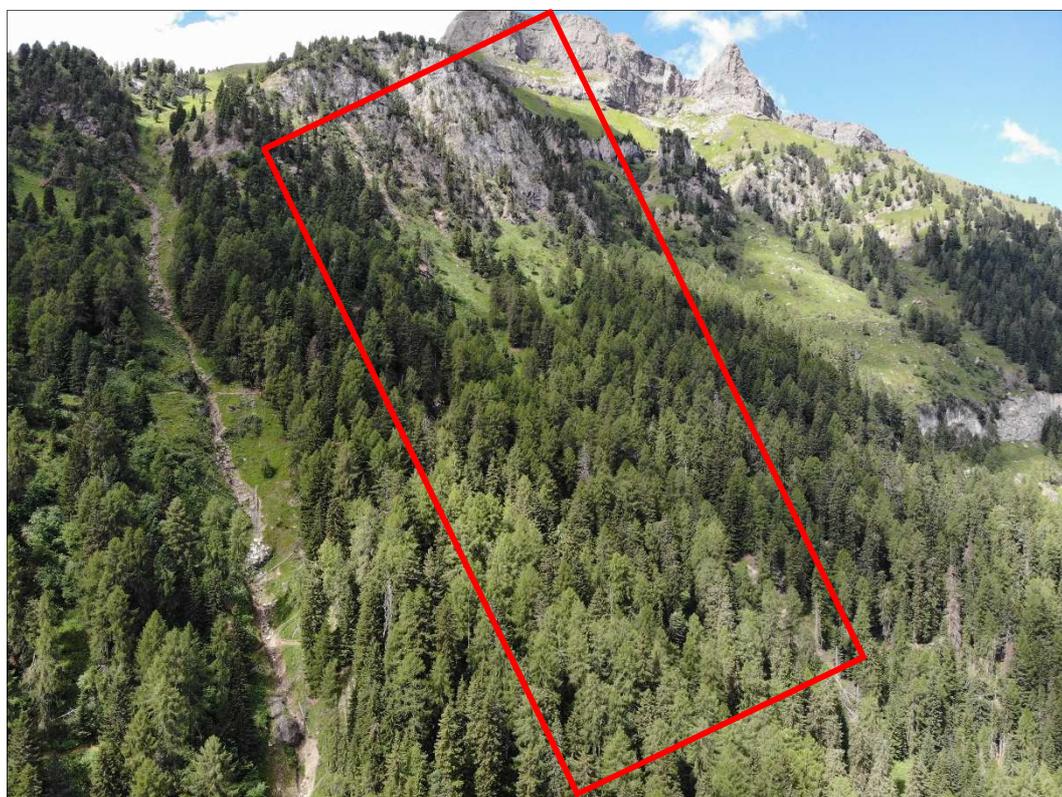


Figura 16.18: immagine aerea della valanga "Arsei"

1.1.4. A101A1V003 "Vallaccia - Spiz de Forcella"

La valanga "Vallaccia - Spiz de Forcella" è la valanga che nell'ambito dello studio di compatibilità risulta maggiormente interessare le aree sciabili oltre che l'abitato sottostante.

Dalle indagini storiche la valanga risulta una "Valanga a carattere annuale sia con neve fresca che con neve pesante primaverile. Normalmente si arresta circa 100 m. a monte della croce, cioè a quota 1650 circa. Nel tardo autunno del 1972 era caduta di neve pesante e nei primi mesi del 1973 di neve asciutta, raggiungendo e superando di poco la croce al bivio delle stradine per Ciampac e Canazei, a quota 1570. Per notizia tramandata, riportata da varie persone del paese, nel 1895 (circa!) questa valanga, caduta molto grossa, spartendosi in due rami in prossimità del crocefisso sopramenzionato, con un ramo (quello ad ovest) è scesa lungo il rivo fino alla strada che da Alba porta a Soraperra, e con l'altro fino contro la chiesa di Alba. La neve dovrebbe essere stata nell'occasione pesante, perché raccontano che erano stati scavati 15/16 gradini in discesa nella neve per poter accedere alla chiesa, mentre al campanile accedevano attraverso le finestre più basse. Dal catasto valanghe della s.f. Pozza si rilevano gli eventi 6 maggio 1970, 9 marzo 1972, 6 maggio 1972, 4 maggio 1977 e 10 aprile 1983."

La valanga si stacca dalle creste sommitali, supera le balze rocciose e si incanala fino ad arrivare al fondovalle. Il canale di scorrimento in particolare risulta evidente e privo di vegetazione arborea e arbustivo, indice di un passaggio frequente di neve, come visibile dalla Figura 16.22.

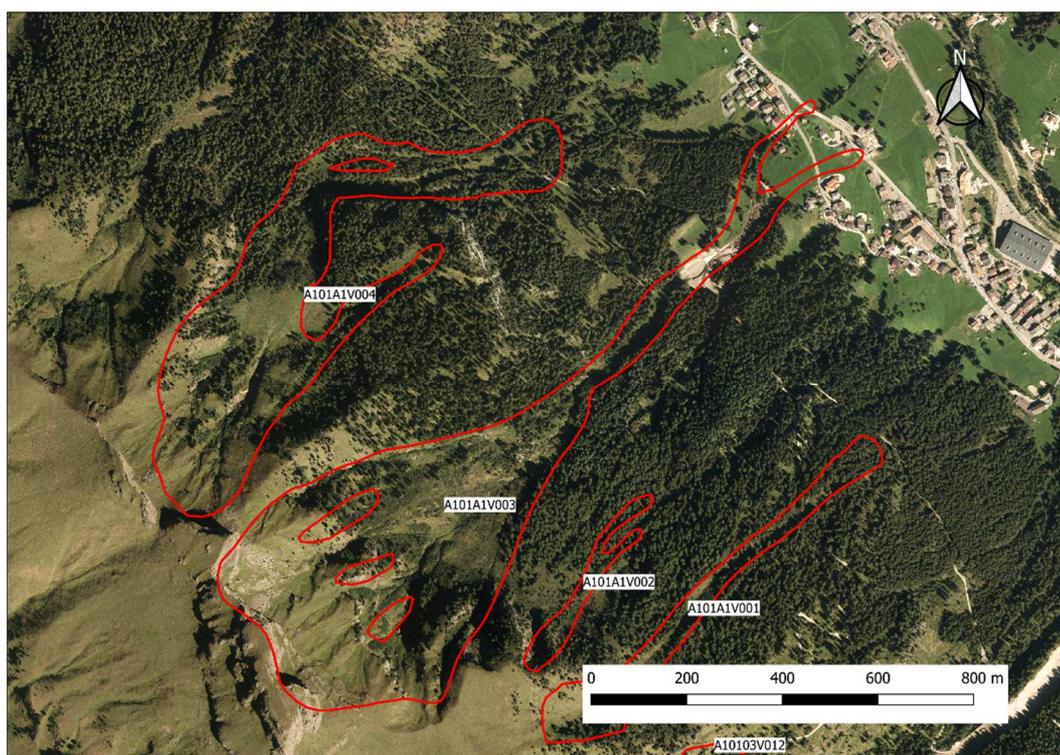


Figura 16.19: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 2015

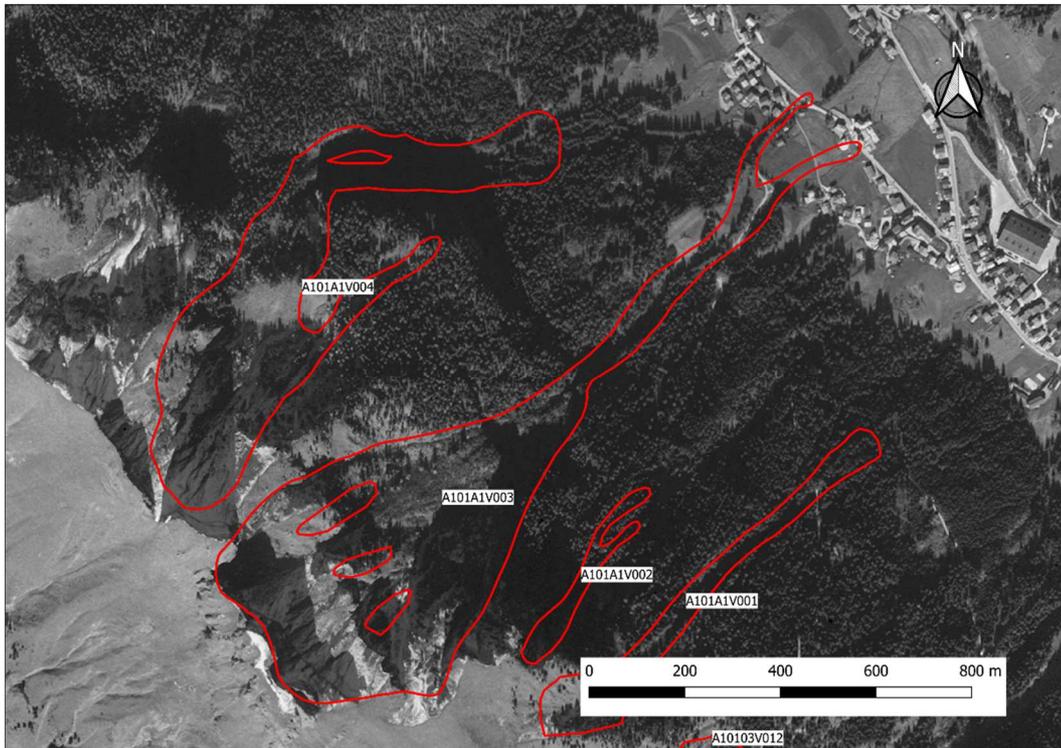


Figura 16.20: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1994

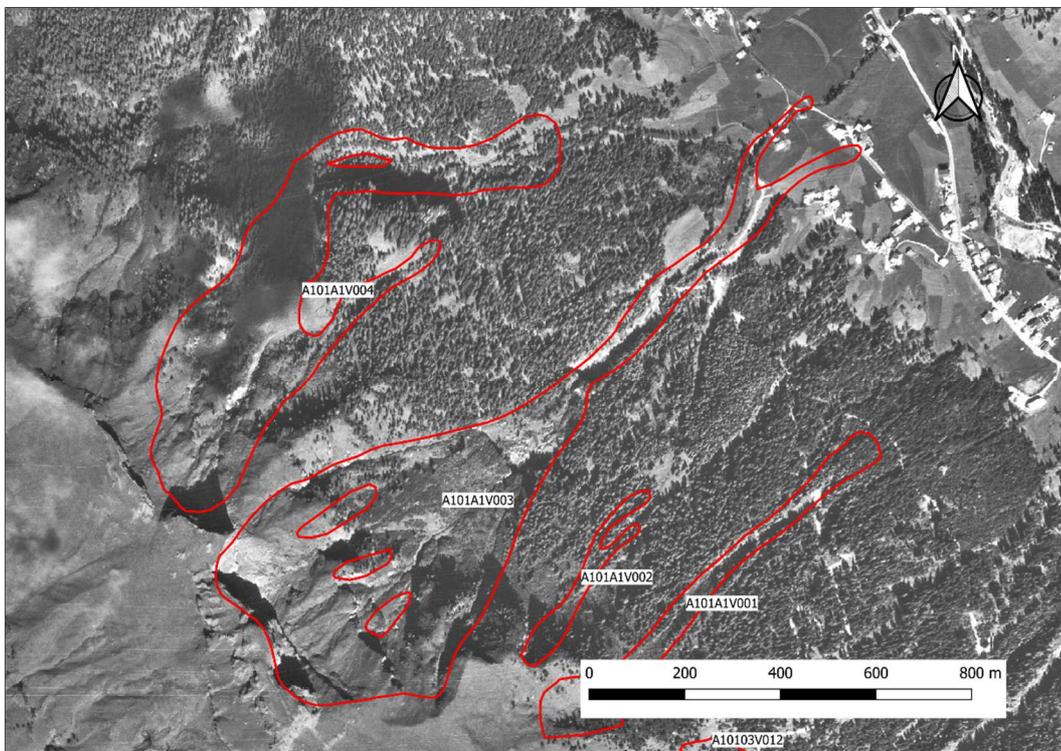


Figura 16.21: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1973

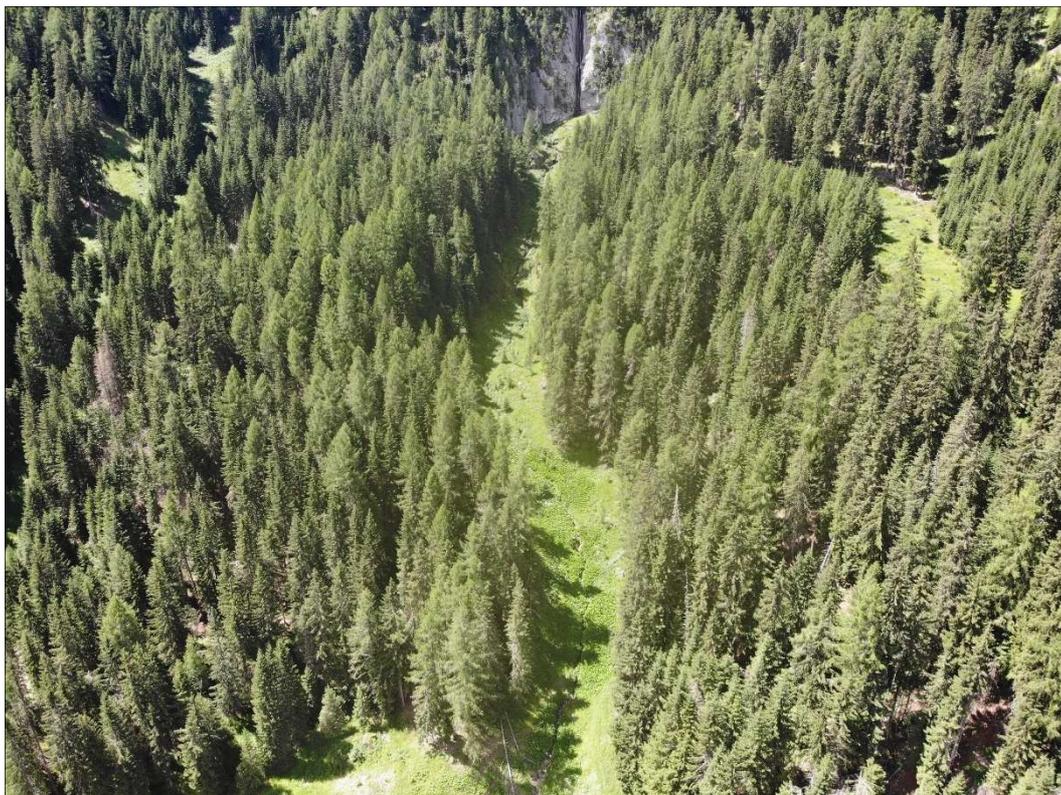


Figura 16.22: tratto del canale di scorrimento, al di sopra della briglia di trattenuta



Figura 16.23: tratto di scorrimento a monte dell'abitato

Come detto in precedenza, la valanga è stata analizzata dal dott. geol. Massimiliano Fazzini nella Relazione Tecnica "A101A1V003 Vallaccia - Spiz de Forcella" predisposta nell'ambito della redazione della Carta della Pericolosità dei fenomeni valanghivi, riportata per completezza di seguito.

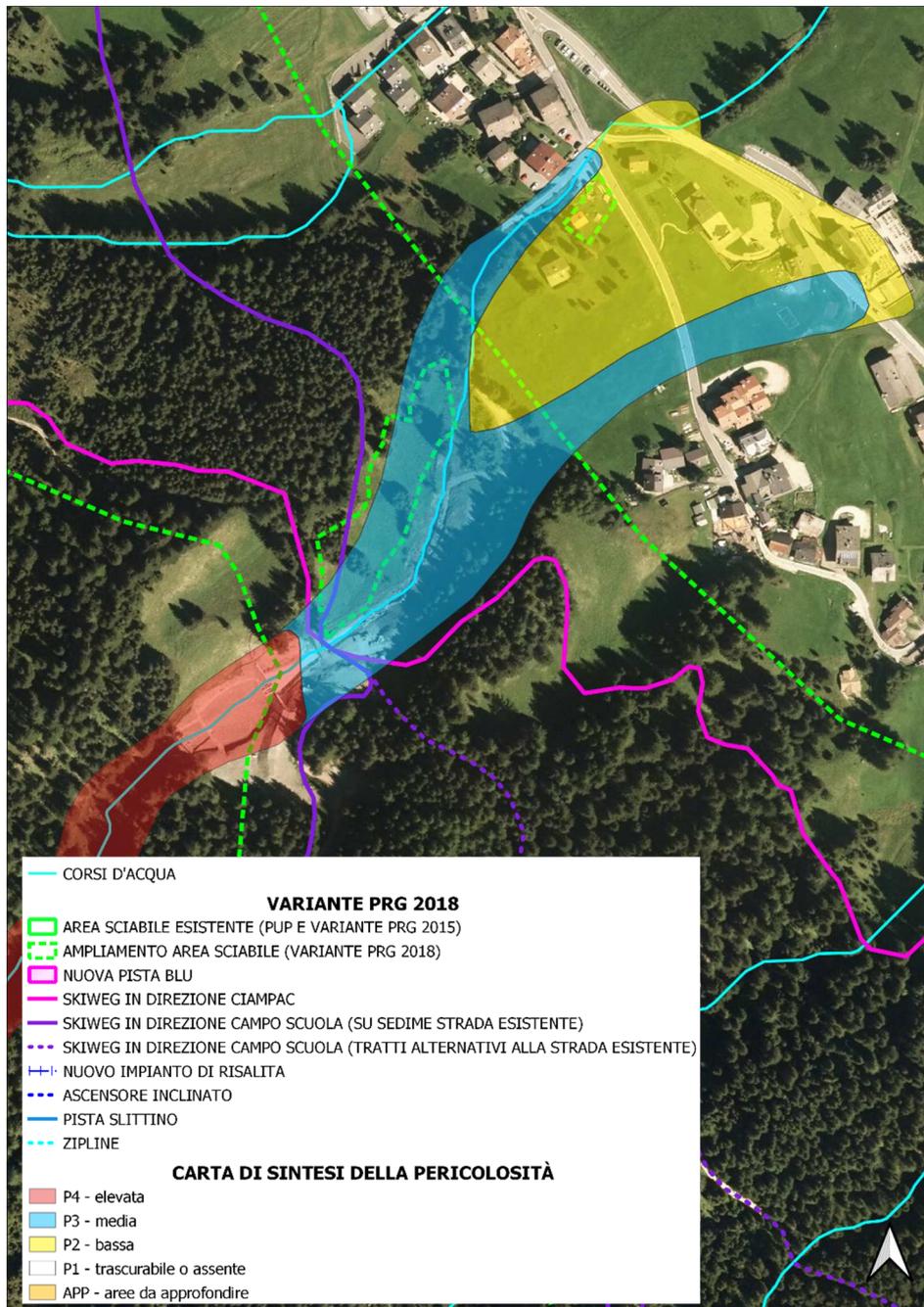


Figura 16.24: interferenza tra le opere previste in variante e le aree a penalt  valanghiva previste dalla CSP

1.1.5. A101A1V004 "Ruises"

La valanga "Ruises" si stacca dalle aree sommitali prive di vegetazione, supera delle balze rocciose e si incanala verso il fondovalle. Dai dati storici risulta che la valanga "Ruises"   una "Valanga annuale, prevalentemente a carattere

primaverile fino al Pian del Castel. Nel 1972-73 il sig. Verra afferma che, caduta di neve abbastanza pesante, ha raggiunto i limiti segnati in cartografia, distruggendo parecchio bosco maturo (in parte anche per spostamento d'aria). Da allora periodicamente si avvicina al margine inferiore segnato."

Dalle analisi di campo risulta evidente come il canale di scorrimento sia ad oggi pulito e privo di vegetazione arborea ed arbustiva, tuttavia non è presente una vera e propria area di arresto ma piuttosto una lunga zona in cui la valanga rallenta fino al punto in cui termina la perimetrazione, ovvero in coincidenza della strada forestale. A valle della strada la vegetazione risulta fitta e matura, indice di una buona stabilità nel corso del tempo.

Dal confronto delle ortofoto non si osservano importanti cambiamenti di uso del suolo, se non una leggera espansione del bosco comparando le ortofoto 1973 e 2015.

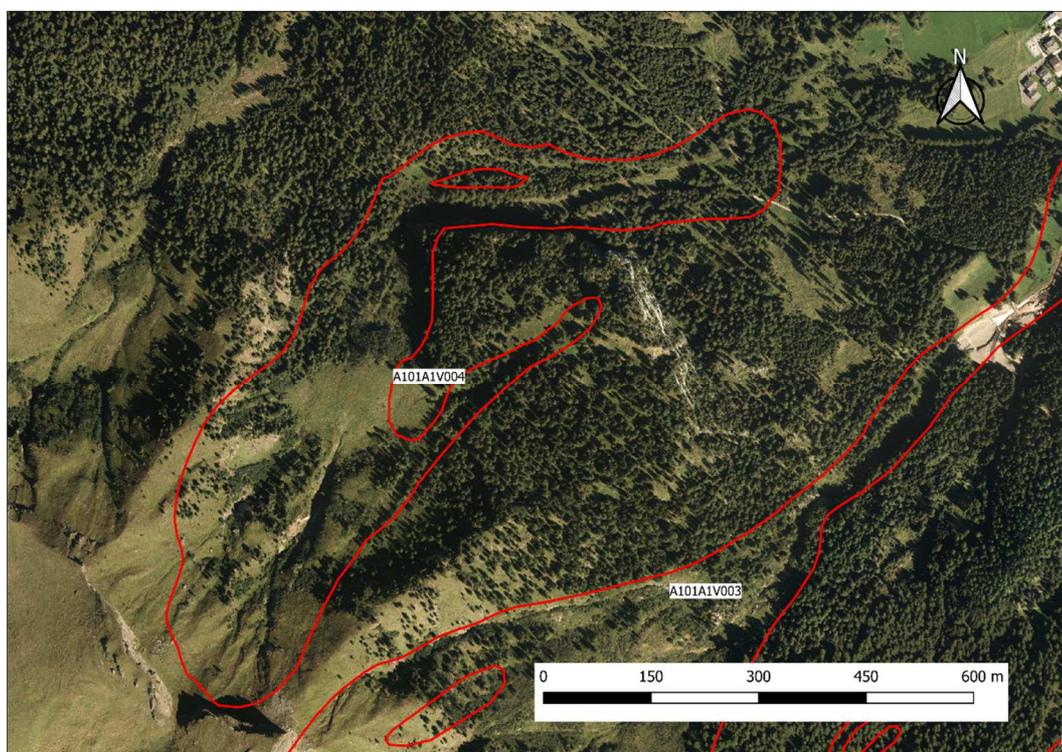


Figura 16.25: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 2015

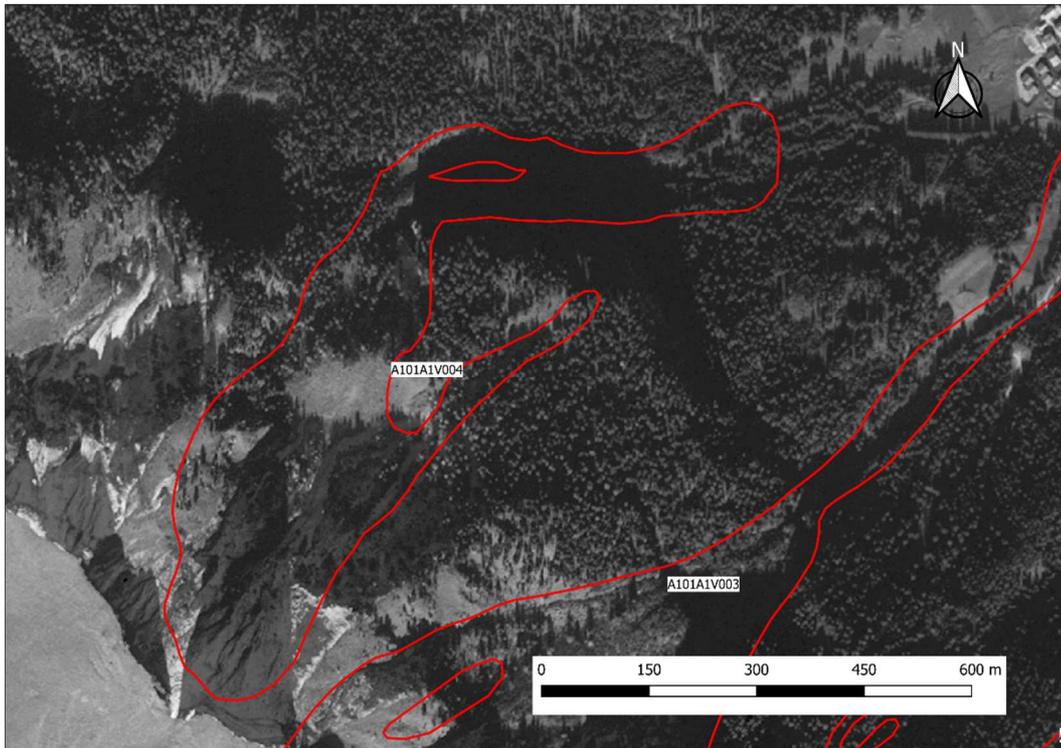


Figura 16.26: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1994

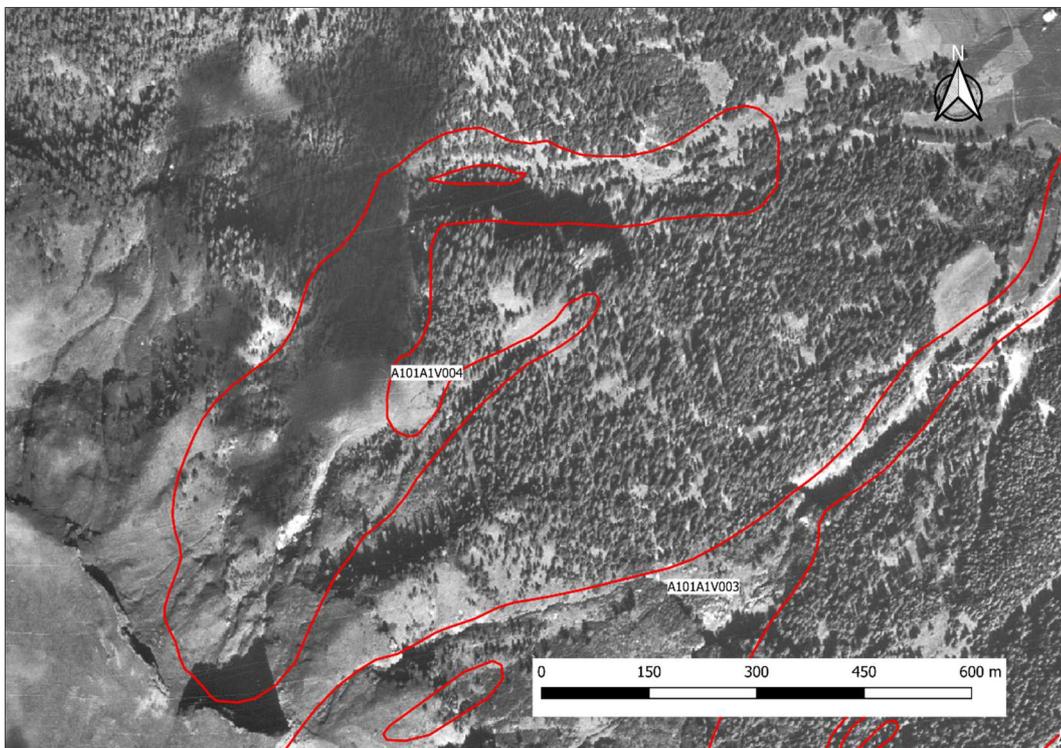


Figura 16.27: perimetrazione valanghe su base Ortofoto 1973



Figura 16.28: canale di scorrimento della valanga

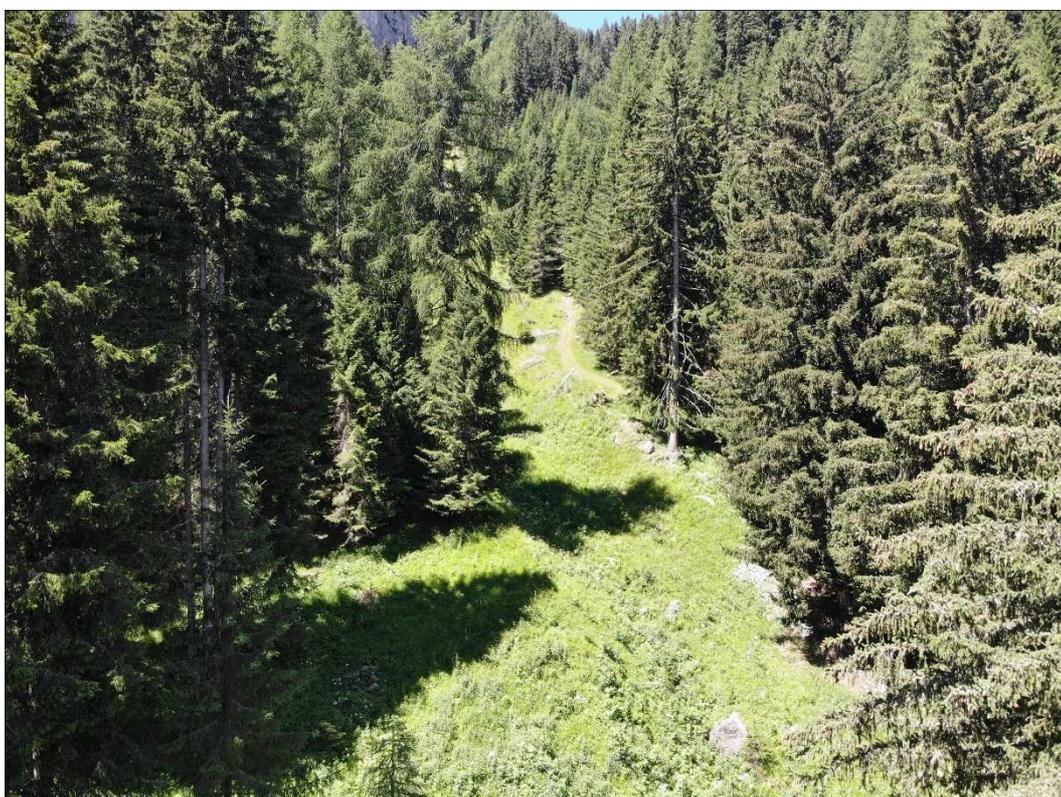


Figura 16.29: zona di arresto della valanga, come mappata in cartografia

17 CONSIDERAZIONI FINALI

17.1 Aspetti idraulici

Nello studio di compatibilità idraulica relativo alla variante puntuale 26.11 al PRG di Canazei si sono analizzati i diversi rii e compluvi potenzialmente interferenti con le opere in progetto.

Una volta valutati gli idrogrammi liquidi corrispondenti ad una piena con tempo di ritorno di 200 anni, si sono definite le portate di progetto in caso di fenomeni di trasporto solido e colata, al fine di verificare la capacità di smaltimento dei corsi d'acqua in esame ed individuare - ove necessario - le opere da realizzare per rendere idraulicamente compatibili le opere previste dalla variante con il pericolo atteso mappato dalla CSP.

Gli elementi esposti permettono di ritenere compatibile la previsione urbanistica relativa alla variante in esame con la pericolosità idraulica dei fenomeni attesi prevista dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, previa esecuzione degli interventi prescritti nel paragrafo relativo alle conclusioni di ciascun compluvio analizzato ed a condizione che i futuri progetti siano accompagnati da un apposito studio di compatibilità che analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità delle persone ed a ridurre la vulnerabilità dei beni.

17.2 Aspetti valanghivi

Dalle analisi di campo e dei dati storici e dal confronto tra le ortofoto 2015, 1994, 1973 si considerano differenti scenari per le diverse valanghe analizzate rispetto a quello che è l'oggetto della relazione, ovvero la compatibilità valanghiva in funzione della variante al PRG.

- ✓ La valanga "La Lasta" e le vicine valanghe A10103V011 e A10103V012 risultano avere modeste dimensioni ed essere poco attive, prevalentemente con attività di deboli scivolamenti nevosi in occasione delle nevicate più copiose. La valanga "Toel Lench" risulta essere soggetta a frequenti scivolamenti, data l'elevata pendenza, per quanto non risultino storicamente di dimensioni notevoli. Sia la valanga "La Lasta" che la valanga "Toel Lench" potenzialmente raggiungono le aree di intervento.
- ✓ La valanga "Arsei" mappata nel relativo catasto valanghe, appare, confrontando le ortofoto storiche, fortemente rimboschita in quella che sarebbe l'area di scorrimento ed arresto. La valanga "Arsei" non interessa direttamente gli interventi, i quali non si sovrappongono ai confini della stessa, pertanto si reputa ininfluenza nell'ottica di definirne la compatibilità alla variante.
- ✓ La valanga "Vallaccia - Spiz de Forcella", è stata analizzata dal dott. geol. Massimiliano Fazzini nella Relazione Tecnica "A101A1V003 Vallaccia - Spiz de Forcella" predisposta nell'ambito della redazione della Carta della Pericolosità dei fenomeni valanghivi. I risultati di tale studio - effettuati prima della realizzazione delle opere di sistemazione idraulica sul rio Cernadoi (piazza di deposito e briglia filtrante - §10.2) - individuano nelle aree oggetto degli interventi previsti in variante delle penalità medie (P3) e basse (P2).
- ✓ Infine si ha la valanga "Ruisies" che presenta come limiti inferiori quelli della attuale strada forestale, la quale dopo interventi potrebbe diventare il futuro Skiweg di collegamento tra la Nuova Pista e l'area di Ciampac.

In sintesi, considerate le analisi eseguite, si ritiene che dal punto di vista della penalità valanghiva gli interventi previsti dalla variante puntuale 26.11 siano **compatibili** per la maggior parte delle valanghe analizzate, a condizione che:

- ✓ **venga predisposto un piano di gestione del rischio valanghivo:** il documento di Piano dovrà definire le soglie di allerta per la chiusura delle varianti oggetto dello studio di compatibilità. Il Piano avrà lo scopo di indirizzare le attività della CLV (Commissione Locale Valanghe) la quale consiglierà l'Ente gestore delle strade forestali e degli impianti circa le misure gestionali da adottare in caso di previsione di evento valanghivo potenzialmente in grado di interessare le aree oggetto di studio. Tale Piano andrà ad integrare il più generale Piano di emergenza comunale di Protezione Civile vigente al fine della gestione dell'emergenza valanghe nel territorio comunale del Comune di Canazei;
- ✓ **valanga "Vallaccia - Spiz de Forcella":** in fase di progettazione delle opere si effettui un rilievo specifico e si **valuti attraverso uno studio bidimensionale l'effetto degli interventi di sistemazione idraulica realizzati nel 2013** lungo il corso d'acqua verificare l'influenza delle stesse sulla penosità valanghiva delle aree in esame e **definire di conseguenza gli interventi di difesa necessari ad evitare preventivamente il distacco della valanga;**
- ✓ **valanga "Ruises":** considerato che il suo limite inferiore - ossia l'area di arresto - si colloca molto vicino ad una delle opere previste dalla variante, si effettui un rilievo specifico e **si valuti attraverso uno studio approfondito la necessità di realizzare un'opera di difesa quale un vallo tomo o un deviatore.**

18 RIFERIMENTI NORMATIVI

- ✓ D.M. Infrastrutture 17.01.2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- ✓ Circolare C.S.LL.PP. 21.01.2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- ✓ D.P.R 15 febbraio 2006 - Norme di attuazione del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche
- ✓ L.P. 4 agosto 2015, n. 15 - Legge provinciale per il governo del territorio
- ✓ Deliberazione G.P. n. 1317 di data 4 settembre 2020 - Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento dello stralcio relativo al territorio del Comune di Trento, del Comune di Caldonazzo e dei Comuni di Aldeno, Cimone, Garniga Terme nonché al territorio dei comuni compresi nella Comunità Rotaliana-Königsberg, e approvazione delle modifiche apportate al documento di "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalià elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penalià"