



Comune di
BACENO

MESSA IN SICUREZZA VIABILITÀ GOGLIO DEVERO COMPLETAMENTO OPERE DI DIFESA STRADALI

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato 3: Relazione nivologica

Committente: **Comune di BACENO**

Via Roma, 56 - 28861 Baceno (VB)

Progettisti: **Areaquattro srl** (Ing. Andrea Menghi - Ing. Alberto Fioroni – Geol. Giovanni Songini)

Studio geologico associato Bossalini & Cattin (Geol. Marco Cattin)

Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
23_136_PE_R03_Rev0	Ott. 2023	Prima emissione	M.Maggioni	A.Menghi	G.Songini

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO AREE DI INTERVENTO.....	4
3. BREVE DESCRIZIONE DELLA PROPOSTA DI INTERVENTO	6
4. RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTALI.....	8
5. DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO	9
6. CARATTERIZZAZIONE NIVOMETRICA.....	14
7. MODELLIZZAZIONE DI DINAMICA DELLE VALANGHE	15
7.1. INPUT	15
7.1.1. Topografia	15
7.1.2. Aree di distacco	16
7.1.3. Spessore di distacco	18
7.1.4. Coefficienti di attrito dinamici.....	18
7.2. SCENARI DI SIMULAZIONE	19
7.3. OUTPUT	19
8. ANALISI DEGLI OUTPUT DI SIMULAZIONE IN FUNZIONE DELLE OPERE DI PROTEZIONE IN PROGETTO.....	20

ALLEGATI

1. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DINAMICA VALANGHIVA

1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dell'analisi nivologica sviluppata a supporto della progettazione esecutiva degli interventi di protezione dalle valanghe della strada comunale per l'Alpe Devero, nel tratto a monte del bivio per Ausone, e del paese di Goglio (vedi Corografia in Tavola 1).

Le aree di intervento sono state individuate nel Piano di Gestione del Rischio Valanghe (P.G.R.V.), redatto nel 2014 e revisionato nel 2018 dagli scriventi, dove sono stati individuati e caratterizzati i siti valanghivi interferenti con la strada comunale e le aree di parcheggio, ed analizzate successivamente nell'ambito del progetto di fattibilità tecnico economica inerente gli INTERVENTI DI DIFESA DALLE VALANGHE DELLA STRADA PER L'ALPE DEVERO (incarico affidato alla Società Flow-Ing nel 2016). Dei siti valanghivi esaminati, quelli ritenuti prioritari – sui quali è stata sviluppata l'attività progettuale – sono quelli individuati dai numeri 0, 1, 2, 3, 6, 7, 8 e 9.

Rispetto ai siti individuati inizialmente nel P.G.R.V., il sito n. 4 (zona a scaricamenti diffusi sovrastante la strada nel tratto compreso fra il tornante di quota 1335 m e l'imbocco della galleria) è stato escluso dall'analisi in quanto ritenuto meno significativo (2 eventi documentati sulla strada, entrambi nell'inverno eccezionalmente nevoso 2013-14) e proteggibile solo con una galleria artificiale lungo tutto il tratto interessato (pari a 200 m circa), ritenuta sproporzionatamente costosa rispetto ai benefici assicurati in termini di riduzione del rischio complessivo. Il sito n. 5 è stato escluso in quanto interessante il parcheggio (q. 1530 m) e non la strada.

La base cartografica utilizzata nelle figure allegate consiste nella CTR in scala 1:5000, mentre per l'applicazione del modello di simulazione è stato impiegato il DTM della Regione Piemonte con maglia 5 m, integrato da modelli digitali del terreno a risoluzione più alta realizzati ad hoc con rilievi fotogrammetrici da drone.

L'inquadramento dell'area di intervento e le descrizioni dei siti valanghivi fanno riferimento alle analisi sviluppate dagli scriventi nell'ambito della redazione dei citati P.G.R.V., del Progetto di fattibilità tecnico economica e anche del Piano delle Zone Esposte a Valanghe realizzato per il sito n. 9 nel 2018.

Per continuità con i documenti precedenti è stata mantenuta la medesima numerazione, a cui però è stato associato anche il numero della valanga riportato nel recente aggiornamento del Sistema Informativo Valanghe della Regione Piemonte.

2. INQUADRAMENTO AREE DI INTERVENTO

L'area in esame si colloca sul versante sinistro orografico della Valle Devero; il tratto di strada Comunale oggetto del presente progetto è quello che va dall'abitato di Goglio (q. 1100 m) all'Alpe Devero (q. 1630 m).

Nella Figura 2.1 e in sono rappresentati su carta CTR i siti valanghivi presenti nell'area.

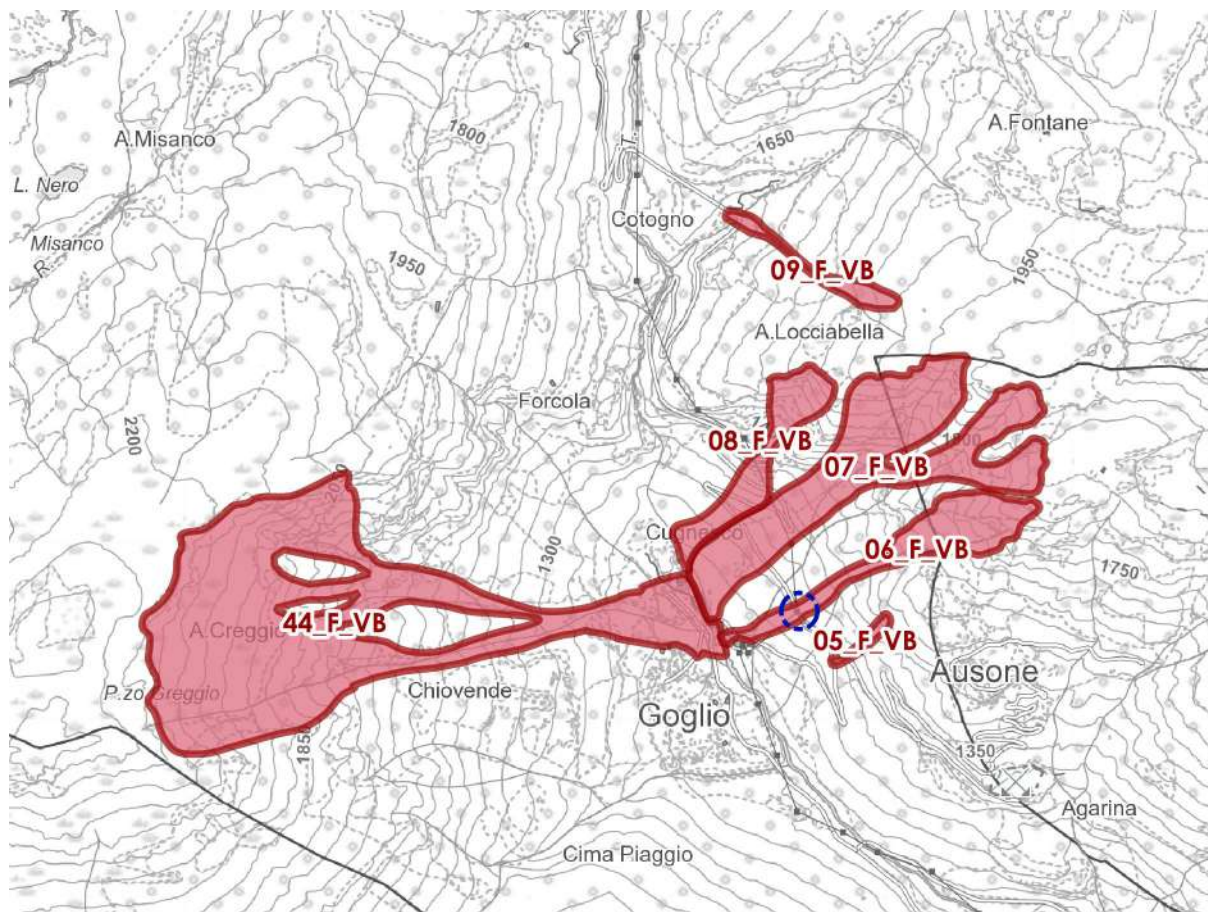


Figura 2.1: Inquadramento area di intervento su base CTR.

La perimetrazione dei siti valanghivi riportati nella Figura 2.1 è quella inserita di recente nel Sistema Informativo Valanghe dell'ARPA Piemonte (SIVA), che tiene infatti conto anche del P.G.R.V. realizzato dagli scriventi.

Il settore sudalpino in cui si colloca la Valle Devero si caratterizza per l'abbondanza delle precipitazioni nevose che, unitamente ad un assetto geomorfologico favorevole, alimenta un'importante attività valanghiva.

I siti valanghivi interferenti con la viabilità in oggetto sono differenziati per dimensioni e caratteristiche geomorfologiche; sono stati discriminati un totale di 10 siti – numerati progressivamente da valle verso monte – con dimensioni variabili da meno di un ettaro a oltre 30 ettari; per le ragioni esposte nel Capitolo 1, l'analisi che segue si riferisce unicamente al sito 06_F_VB.

La fascia altimetrica in cui si collocano il sito valanghivo in oggetto è compresa fra 1100 e 2000 m. La suscettibilità alla formazione di accumuli eolici è limitata al sito n. 9, con settori significativi posti sottovento rispetto alle correnti settentrionali.

Ad eccezione del sito 9, i siti valanghivi esaminati non presentano – nel tratto a monte della sede stradale – una evidente separazione fra zona di distacco e di scorrimento, essendo le pendenze medie relativamente omogenee e sempre maggiori di 30°.

Le zone di distacco si caratterizzano per una pendenza media estremamente elevata, quasi sempre > 45°, per una modesta scabrezza superficiale (roccia affiorante o subaffiorante con vegetazione erbacea) e per una copertura boschiva solo parziale; queste caratteristiche favoriscono un'attività valanghiva assimilabile alle zone a scaricamenti parziali, contestuale o immediatamente successiva alle precipitazioni nevose. La loro esposizione prevalente verso i quadranti meridionali contribuisce ad accelerare lo scaricamento delle zone di distacco.

3. BREVE DESCRIZIONE DELLA PROPOSTA DI INTERVENTO

Il sito valanghivo nei confronti del quale è necessario prevedere interventi di protezione della viabilità è denominato 06_F_VB per il SIVA dell'ARPA Piemonte.

Le caratteristiche del sito e le osservazioni raccolte in merito all'attività valanghiva pregressa portano alla scelta di proteggere il tratto di strada interessato attraverso la realizzazione di una galleria artificiale di lunghezza pari a 40 m, completata a monte da un tratto di barriera paravalanghe passiva per neutralizzare il pericolo derivante da un potenziale canale laterale.

La galleria sarà realizzata in calcestruzzo armato, della stessa tipologia di quella già presente sulla strada poche centinaia di metri più a monte. Sul lato di monte il solaio di copertura sarà sorretto da una muratura continua dello spessore di 1,00 m, mentre sul lato di valle sarà realizzata una serie di pilastri di sezione 50x50 cm posti a circa 4,0 m di interasse per consentire alla luce naturale di illuminare la strada.

Come si può vedere nella Figura 3.1 la sezione della strada esistente resterà immutata e sarà posato un profilo redirettivo sul lato di monte per dare continuità alla linea disegnata dal muro di sostegno del versante che sarà demolito nel tratto di realizzazione della galleria.

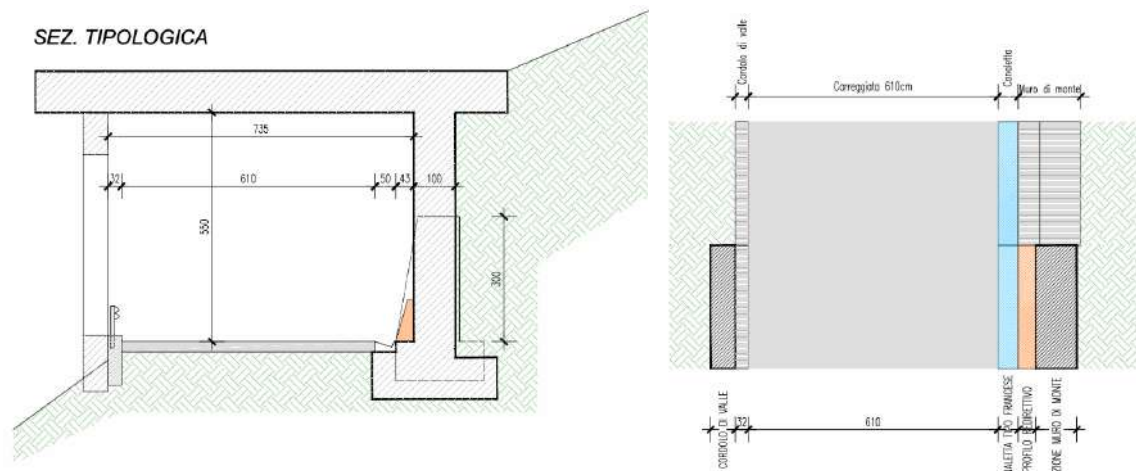


Figura 3.1: Sezione tipo e dettaglio planimetrico della galleria in progetto

Sopra il solaio sarà realizzato un strato di copertura e di protezione del calcestruzzo attraverso un terrapieno dello spessore di 80 cm, inoltre, al fine di evitare che l'accumulo di neve possa invadere l'imbocco della galleria, su entrambi i lati, saranno realizzate due murature in calcestruzzo coperte esternamente da un terrapieno per contenere il flusso della valanga.

L'opera sarà fondata su tre allineamenti di micropali di diametro 200 mm che sosterranno le travi di fondazione in CA di monte e di valle. Saranno inoltre aggiunte tra serie di tiranti con diametro del bulbo pari a 200 mm per garantire la stabilità della struttura contro le sollecitazioni dinamiche generate dal flusso valanghivo: due di queste saranno collegate alle travi di fondazione e la terza al lato di monte del solaio di copertura.

Per il recupero dei dislivelli generati tra la struttura di copertura della galleria e il versante naturale si è optato per la realizzazione di scogliere di sostegno in massi ciclopici utilizzando il pietrame recuperato in loco in occasione degli scavi per le fondazioni.



Figura 3.2: Ricostruzione tridimensionale delle opere in progetto

4. RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTALI

Ai fini dello svolgimento del presente lavoro, si è fatto riferimento alle Linee Guida AINEVA (Barbolini et al., 2005) ed alle Linee Guida Europee (Jóhanesson et al. 2009).

Sono stati consultati i seguenti documenti:

- Barbolini M., Natale. L., Tecilla G, Cordola M. (2005). Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe. AINEVA.
- SLF, 1999. Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung. Davos, Switzerland: Eidg. Institut fuer Schnee- und Lawinenforschung;
- Christen M., Kowalski J., Bartelt P., 2010. RAMMS: numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Reg. Sci. Technol., 63(1–2), 1–14.
- Christen M., Bartelt P., Kowalski J., 2010. Back calculation of the In den Arelen avalanche with RAMMS: interpretation of model results. Annals of Glaciology 51 (54), 161–168;
- Jóhanesson T., Gauer P., Issler P., Lied K. (2009). The design of avalanche protection dams. European Communities, 2009;
- DEM a 5 m della Regione Piemonte;
- Documentazione del catasto valanghe (SIVA) dell'ARPA Piemonte;
- Ortofoto e CTR al 5.000 e 10.000 dell'area;
- Fotografie estive e invernali dell'area;
- Rilievi fotogrammetrici eseguiti ad-hoc dagli scriventi;
- Dati delle stazioni nivometeorologiche automatiche presenti nell'area di proprietà dell'ARPA Piemonte e dell'ENEL;
- Informazioni fornite verbalmente da persone locali conoscitrici dei luoghi (e.g. personale dell'ENEL, operatori turistici, personale addetto alla pulizia strade), in particolare Diovuole Proletti e Pietro Riva;
- Piano di Gestione del Rischio Valanghe (P.G.R.V.) per la strada a firma di Areaquattro srl del 2014 e 2018;
- Piano delle Zone Esposte a Pericolo Valanghe per la valanga di Creggio nel territorio di Goglio a firma di Areaquattro srl del 2018;
- Progetto di fattibilità tecnico economica inerente gli "Interventi di difesa dalle valanghe della strada per l'Alpe Devero" a firma di Flow-Ing srl del 2018.

5. DESCRIZIONE DEL SITO VALANGHIVO

Nel presente capitolo si descrive il sito valanghivo oggetto di intervento, dalle caratteristiche morfologiche e vegetazionali, ai dati storici esistenti e ad eventuali opere di protezione già esistenti.

Il sito 06_F_VB si sviluppa fra le quote 1100 m e 1900 m, con esposizione media ovest-sud-ovest. Si tratta di un canale imbutiforme, alimentato da diverse incisioni nella zona di distacco convergenti in un tratto di scorrimento con blanda canalizzazione; essa passa senza soluzione di continuità alla zona di arresto, impostata sul conoide di deiezione e pertanto convessa (Figura 5.1 e Figura 5.2).

La copertura vegetale nelle zone di distacco, ove il substrato roccioso è ovunque subaffiorante e localmente emerge formando pareti e balze, consiste in un bosco di rade conifere con larice prevalente. I distacchi avvengono nelle radure poste alla base degli affioramenti rocciosi (a ca. 1600-1700 m di quota), dove la copertura vegetazionale è costituita prevalentemente da cotico erboso. Nella zona di scorrimento (o arresto degli eventi più frequenti), impostata su depositi detritici di versante, si rileva la tipica vegetazione dei siti valanghivi attivi, con bosco/arbusteto di latifoglie, mentre nella parte inferiore della zona di arresto (riconducibile alla zona di influenza di eventi estremi), la vegetazione è fitta e ad alto fusto (Figura 5.1 e Figura 5.2).



Figura 5.1: Zone di distacco e scorrimento del sito n.1. Si noti la copertura vegetazionale lungo il percorso.

La zona di distacco potenziale si estende anche oltre quota 1700 m, ma tale area è stata recentemente oggetto di un intervento di messa in sicurezza consistente nella messa in opera di reti fermandeve; tale intervento era finalizzato alla protezione della centrale idroelettrica ENEL, in passato interessata da fenomeni valanghivi provenienti da questo sito. Successivamente al posizionamento dei paravalanghe la zona di arresto non ha più interessato il versante a valle della strada comunale.

Le opere paravalanghe presenti consistono in 7 filari di reti da neve in acciaio con altezza caratteristica $D_k = 3.0$ m; i fermandeve, rilevati con strumentazione GPS, si presentano in buone condizioni di manutenzione.



Figura 5.2: Visione generale del sito valanghivo n. 1.

L'elevata pendenza media del bacino, l'esposizione delle zone di distacco, la diffusa presenza di roccia affiorante e la quota modesta, oltre a favorire scaricamenti continui durante o subito dopo le nevicate, rendono questo sito particolarmente soggetto a fenomeni valanghivi associati a indebolimento del manto nevoso per rialzi termici o pioggia. Le caratteristiche morfologiche e vegetazionali rendono invece non significativo l'effetto del trasporto eolico.

Nell'ambito del P.G.R.V., al fine di valutare la fattibilità di un sistema di protezione basato sul distacco programmato delle valanghe, era stata eseguita una simulazione numerica semplificata (1D) di dinamica delle valanghe; sulla base di tale analisi era stata calibrata la soglia massima di altezza di neve instabile per l'esecuzione di distacchi programmati con sistema elitrasmontato Daisy Bell.

Le valanghe che si verificano nel sito valanghivo n. 1 interessano frequentemente la sede stradale, dove in genere si arrestano; l'ultimo evento che ha raggiunto la sede stradale si è verificato nel gennaio 2021 (Figura 5.3). Invece, oltre l'evento storico che ha raggiunto la Centrale dell'ENEL a quota 1100 m s.l.m., per cui sono state realizzate le opere ferme neve, non sono registrati nel SIVA altri eventi valanghivi con tale estensione (Figura 5.4).



Figura 5.3: Ultimo evento verificatosi nel gennaio 2021 nel sito n. 1.



SIVA: SISTEMA INFORMATIVO VALANGHE

Scheda di Caratterizzazione del Sito Valanghivo

sito La Centrale - località Goglio, Baceno (VB)			
■ Bacino Idrografico:	Devero Torrente	■ Sezione CTR:	035120
■ Quota massima di distacco (m s.l.m.):	1923	■ Quota minima di arresto (m s.l.m.):	1094
■ Dislivello (m):	829	■ Lunghezza reale (m):	1437
■ Sito valanghivo n°	06_F_VB	■ Sito ASTV	
■ Tavola cartografica	Valle Antigorio: Baceno	■ Tavola ASTV	
■ Modalità di acquisizione	Fotointerpretazione e archivio	■ Frequenza	Annuale (1 o più volte l'anno)
ZONA DI DISTACCO		ZONA DI SCORRIMENTO	
■ Ubicazione	Fra le creste e il limite del bosco	■ Profilo	Rettilineo
■ Morfologia	Parete con balze	■ Andamento planimetrico	Confluenza di canali
■ Inclinazione media	46	■ Morfologia	Impluvio
■ Esposizione media	Sud-Est	■ Inclinazione media	39
■ Substrato	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bosco di altre conifere ■ Lariceto ■ Prato/pascolo utilizzato 	■ Substrato	<ul style="list-style-type: none"> ■ Prato/pascolo ■ Arbusteto ■ Canale in bosco misto
ZONA DI ARRESTO		OPERE DI DIFESA	
■ Luogo di arresto	<ul style="list-style-type: none"> ■ In zone edificate ■ Nel fondovalle 	■ Tipologia	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reti da neve ■ Opere di altro tipo
■ Note	Nel passato ha raggiunto la Centrale Enel e il fondovalle. Da quando sono state installate le reti ferma neve sui pascoli sopra le balze rocciose le valanghe che si sviluppano si fermano perlopiù sulla strada comunale Goglio-Devero.		
■ Note		■ Note	La parte a monte della centrale enel è protetta con dei muraglioni a forma di cubo in cemento armato.
DANNI POTENZIALI		DANNI ACCERTATI	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Manufatti ■ Bosco 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Rotabili ■ Bosco ■ Manufatti 	
EVENTI NOTI		INFORMAZIONI AGGIUNTIVE	
■ 2009 febbraio	■ Bosco	■ Mod.7 Aineva	Non presenti
		■ Note generali	Esposizione zona distacco, diffusa presenza di roccia affiorante e quota modesta rendono questo sito soggetto a valanghe per rialzo termico o pioggia. Nel 1951 ha raggiunto il fiume, arrestandosi contro l'accumulo della valanga di Goglio (44FVB)
FOTO		FONTI	
Non presenti		Non presenti	
■ Rilevatore	Maria Cristina Prola	■ Data primo rilevamento	202010

Figura 5.4: Scheda Valanghe per il sito valanghivo n. 1.

6. CARATTERIZZAZIONE NIVOMETRICA

Le caratteristiche nivometriche locali sono state ricostruite sulla base dei dati relativi alle stazioni di rilevamento esistenti. Sono state prese in considerazione le seguenti stazioni nivometeorologiche:

- Stazione automatica dell'Alpe Devero (q. 1634 m slm) della rete dell'ARPA Piemonte (serie dal 1991);
- Stazione automatica di Formazza Bruggi (q. 1226 m slm) della rete dell'ARPA Piemonte (serie dal 1999);
- Stazione manuale della Diga di Agaro (q. 1600 m slm) di proprietà dell'ENEL (serie dal 1961);
- Stazione manuale di Codelago (q. 1870 m slm) di proprietà dell'ENEL (anni 1928-1932 e serie continua dal 1961).

In particolare, i dati delle stazioni manuali sono stati analizzati nella back-analysis degli eventi storici del 1972, 1975 e 1986. I dati continui delle stazioni automatiche dell'ARPA Piemonte sono stati invece presi di riferimento per la determinazione dei parametri necessari per le simulazioni numeriche ed il dimensionamento delle opere di protezione in progetto.

In particolare, il valore di differenza di neve al suolo su 3 giorni consecutivi DHs_{72h} viene preso di riferimento per la determinazione dello spessore di distacco della valanga di progetto nelle simulazioni (cfr. Capitolo 7), mentre il valore di altezza massima di neve al suolo Hs_{max} è di riferimento per la determinazione dell'altezza utile di eventuali opere di difesa attiva o passiva.

Nel presente studio, il tempo di ritorno considerato per la valanga di progetto è pari a 100 anni, come da Linee Guida di riferimento (Barbolini et al., 2005).

Sui valori massimi di DHs_{72h} e Hs_{max} è stata quindi eseguita una elaborazione statistica applicando il metodo di Gumbel, ottenendo i valori riportati in Tabella 6.1 per le due stazioni di riferimento. Per la stazione dell'Alpe Devero sono stati calcolati entrambi i parametri, perché presa di riferimento per la determinazione sia dello spessore di distacco che dell'altezza di ritenuta utile di un'opera di difesa attiva; invece, per la stazione Formazza Bruggi è stata eseguita la statistica solo per il parametro Hs_{max} , allo scopo del corretto dimensionamento del rilevato previsto nella zona di arresto della valanga Creggio nel sito n. 9 (cfr. Capitolo 8).

Tabella 6.1: Valori di DH_{72h} e Hs_{max} per le stazioni automatiche Alpe Devero (1634 m) e Formazza Bruggi (1226 m).

TEMPO DI RITORNO [anni]	ALPE DEVERO	ALPE DEVERO	FORMAZZA BRUGGI
	DHs_{72h} [cm]	Hs_{max} [cm]	Hs_{max} [cm]
10	110	211	178
30	131	252	220
100	155	296	265
300	176	336	307

7. MODELLIZZAZIONE DI DINAMICA DELLE VALANGHE

Sulla base delle considerazioni esposte nei capitoli precedenti, per i differenti siti valanghivi sono state realizzate simulazioni di dinamica valanghiva per determinare la potenziale estensione delle valanghe radenti di progetto, con tempi di ritorno pari a 100 anni.

In fase di studio, sono state simulate anche valanghe con tempo di ritorno di 10 anni, al fine di riprodurre gli eventi più frequenti osservati. Tutte le simulazioni svolte per tale back-analysis non vengono riportate nella presente relazione, in quanto non funzionali alla progettazione delle opere. Le considerazioni scaturite da tali simulazioni vengono comunque discusse nel Capitolo 8.

Sono state svolte simulazioni numeriche per riprodurre sia lo stato di fatto che lo stato di progetto, che vengono descritti mediante differenti scenari di simulazione (cfr. paragrafo 7.2).

E' stato utilizzato il modello numerico bidimensionale RAMMS sviluppato dal SLF di Davos (Christen et al., 2010a e b). RAMMS (Rapid Mass Movements Simulation) è un software di modellazione bidimensionale numerica nato per calcolare il movimento di masse (valanghe di neve, frane, colate detritiche, frane superficiali) accoppiato con uno strumento di visualizzazione di facile utilizzo che permette di accedere, visualizzare e analizzare facilmente i risultati della simulazione. In RAMMS sono stati sviluppati e realizzati nuovi modelli costitutivi grazie alla calibrazione e verifica attraverso prove a scala reale presso siti di studio come Vallée de la Sionne. Questi modelli permettono al software di simulare sia grandi eventi valanghivi estremi, sia movimenti di massa più piccoli, come debris-flow e frane di versante.

Il modello fisico di RAMMS Avalanche utilizza la legge di attrito di Voellmy. Questo modello divide la resistenza di attrito in due parti: una legge di attrito tipo Coulomb (coefficiente μ) che varia in base alla forza normale alla superficie e una legge di tipo viscoso-turbolento (coefficiente ξ).

Il modello di Voellmy calcola la resistenza della fase solida (μ è talvolta espressa come la tangente dell'angolo di taglio interno) e la viscosità o turbolenza della fase liquida (ξ è stata introdotta da Voellmy utilizzando leggi idrodinamiche). I coefficienti di attrito sono responsabili del comportamento del flusso: μ determina il comportamento del flusso quando è lento e tende a fermarsi, ξ quando il flusso è in movimento rapido. I parametri di attrito μ e ξ possono essere utilizzati in modo costante (senza ondulazioni del terreno e senza le aree boscate), oppure in modalità variabile. In questo caso RAMMS, attraverso una procedura automatica, classifica i valori di attrito sulla base dell'analisi topografica (angolo di inclinazione, altitudine e curvatura), delle informazioni sulle aree coperte boscate e dei parametri globali (tempo di ritorno e dimensione della valanga).

7.1. Input

7.1.1. Topografia

L'input principale per un modello bidimensionale è il modello digitale del terreno.

Nelle simulazioni effettuate è stato usato il DEM a 5 m disponibile tramite il Geoportale della Regione Piemonte, integrato in alcuni siti con il DEM ottenuto dal rilievo fotogrammetrico di

dettaglio realizzato ad hoc. I rilievi con risoluzione di 50 cm sono stati poi ricampionati a 5 m per poterli inserire nel DEM della Regione Piemonte.

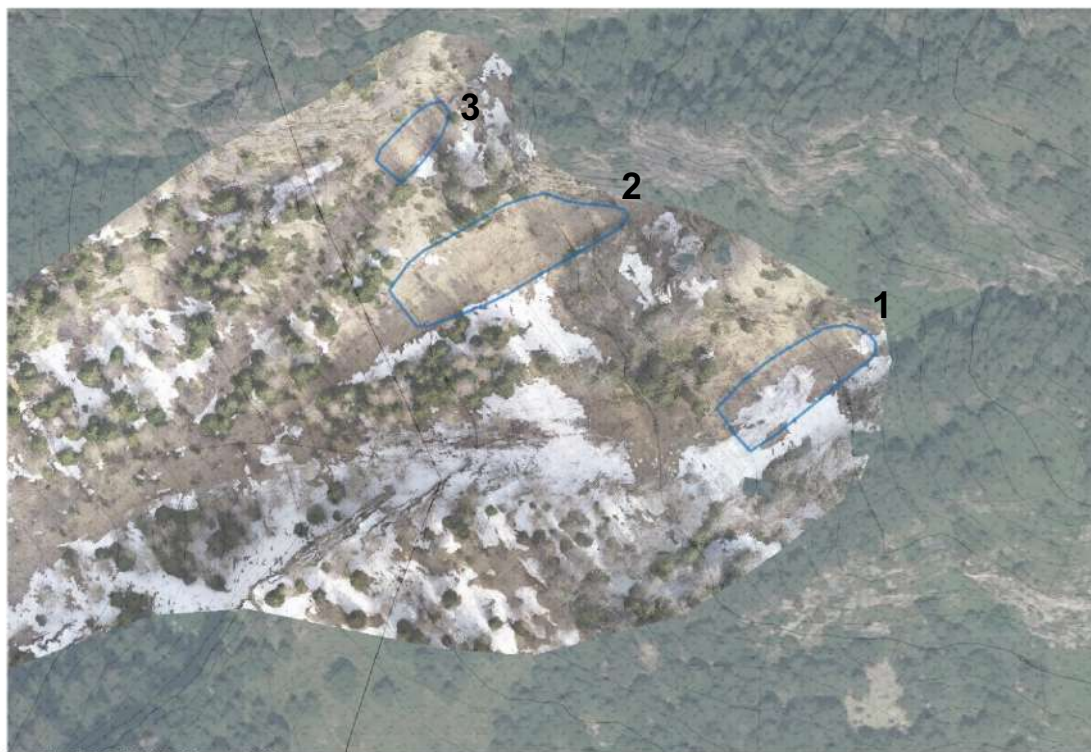
I suddetti DEM rappresentano lo stato di fatto (*sdf*) del sito in esame.

Per riprodurre invece lo stato di progetto (*sdp*) è stata inserita nel DEM la galleria paravalanghe prevista. Le simulazioni per i differenti scenari di distacco sono state effettuate su entrambi gli scenari topografici (*sdf* e *sdp*).

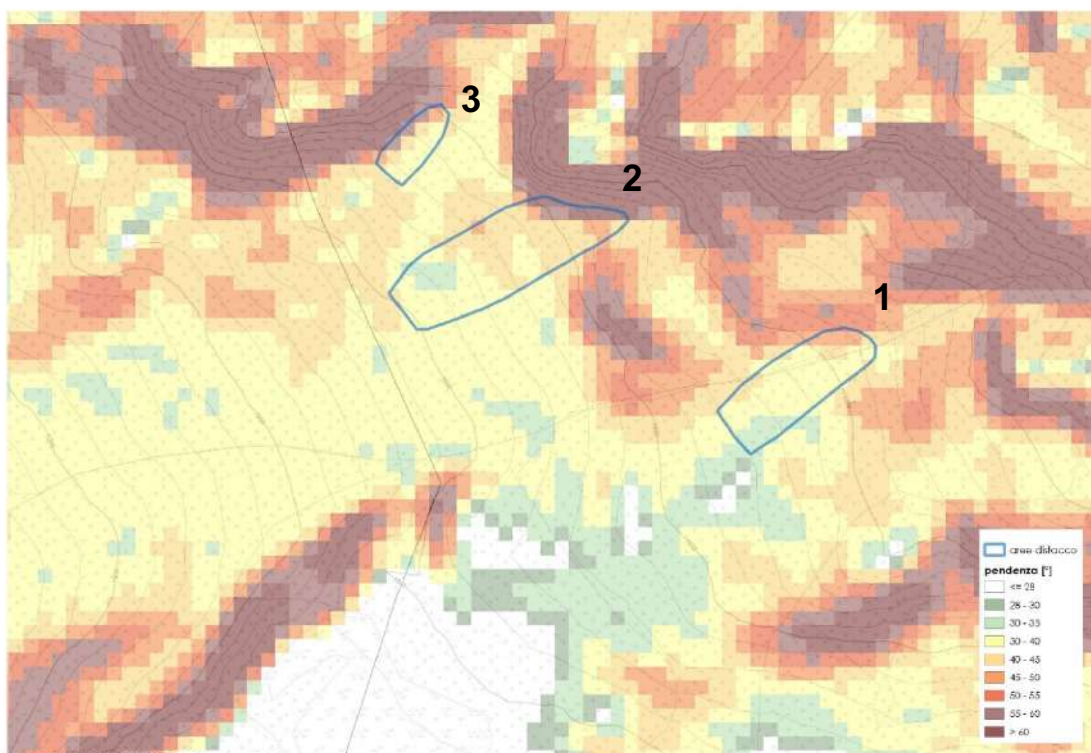
7.1.2. Aree di distacco

A partire dalle considerazioni già esposte nel Capitolo 5 si è proceduto all'analisi più dettagliata dei fattori predisponenti il distacco, allo scopo di identificare le aree di distacco da utilizzare come input nelle simulazioni.

La combinazione di parametri come la pendenza, l'esposizione del versante e la vegetazione ha permesso di determinare le aree di distacco mostrate nelle figure Figura 7.1.



PLANIMETRIA DELLE ZONE DI DISTACCO - scala 1:1000



PLANIMETRIA DELLE ZONE DI DISTACCO - scala 1:1000

Figura 7.1. aree di distacco sul rilievo fotogrammetrico e su carta clivometrica.

7.1.3. Spessore di distacco

Lo spessore di distacco $d0$ è stato determinato sulla base delle indicazioni fornite da Barbolini et al. (2005) a partire dai valori nivometrici registrati presso la stazione dell'Alpe Devero, analizzati come descritto nel Capitolo 6. Le Linee Guida AINEVA, come anche le linee guida di altri paesi europei (SLF, 1999), suggeriscono di considerare come spessore di distacco il valore di aumento del manto nevoso su tre giorni consecutivi ($DHs72h$), corretto dal fattore di pendenza. I siti valanghivi in esame non sono soggetti a trasporto eolico perciò non viene considerato l'apporto aggiuntivo legato a tale fenomeno.

La Tabella 7.1 riporta i valori per lo spessore di distacco utilizzati come input nelle simulazioni per un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tabella 7.1. Caratteristiche delle aree di distacco per i siti n. 1 e 2 e spessori di distacco per $Tr = 100$ anni.

DATI ZONA DI DISTACCO						Tr 100		
nome	q. media	Φ (°)	I DH (cm)	f(Φ)	DHs72h (cm)	I V (cm)	correz. 28°	d0 (cm)
1	1688	37	5	0.661	155	0	141	93
2	1629	40	0	0.596	155	0	137	82
3	1637	39	0	0.616	155	0	137	84

Dove: I DH = incremento per quota, Φ = inclinazione media zona distacco, I V = incremento per accumulo eolico

Nei sito considerato sono state eseguite diverse simulazioni, ipotizzando sempre il caso peggiore come scenario di distacco: per es. distacco contemporaneo delle aree localizzate su un pendio omogeneo dal punto di vista topografico (no elementi di separazione, stessa esposizione) o distacco secondario delle aree più basse poste lungo il percorso di quelle più in quota. In tal modo, lo scenario riprodotto risulta essere rappresentativo di un evento estremo con Tr pari a 100 anni.

7.1.4. Coefficienti di attrito dinamici

I coefficienti μ e ξ sono stati determinati direttamente dal modello sulla base della topografia del sito valanghivo, per il tempo di ritorno considerato (Tr 100) e categoria di volume corrispondente. La Tabella 7.3 nel paragrafo 7.2 riporta le differenti categorie di volume per le valanghe simulate nei differenti siti valanghivi. Per alcuni siti è stata considerata la presenza di bosco lungo il percorso, in quanto le caratteristiche del bosco stesso rispetto alla dimensione piccola delle valanghe fa sì che la loro dinamica ne possa risentire. E' stato utilizzato un valore di coesione pari a 100 Pa, compreso nel range 0 – 200 Pa suggerito dagli sviluppatori del modello (si considera generalmente che valori più bassi siano tipici di valanghe asciutte, mentre valori prossimi a 200 lo siano per valanghe più umide).

7.2. SCENARI DI SIMULAZIONE

A partire dagli input descritti nei paragrafi precedenti, sono state svolte le simulazioni numeriche per i differenti siti valanghivi e relativi scenari.

Tabella 7.2. Simulazioni di dinamica delle valanghe per i differenti scenari considerati

SCENARIO	DEM	ZONE DI DISTACCO	TR (ANNI)	SPESSORE DI DISTACCO (cm)	VOLUME (m ³)	CATEGORIA PER μ E ξ
A	sdf	1,2,3	100	93,82,84	3900	tiny (bosco)
B	sdp	1,2,3	100	93,82,84	3900	tiny (bosco)

7.3. OUTPUT

L'Allegato 1 riporta gli output di massima altezza di flusso e pressione di impatto per le simulazioni effettuate, mentre il Capitolo 8 analizza gli output delle simulazioni utili alla progettazione delle opere di protezione proposte.

8. ANALISI DEGLI OUTPUT DI SIMULAZIONE IN FUNZIONE DELLE OPERE DI PROTEZIONE IN PROGETTO

A valle delle simulazioni effettuate, presentate nel Capitolo precedente ed i cui output sono visibili nell'Allegato 1, vengono qui presentate le analisi svolte ai fini della progettazione delle opere di difesa previste nei differenti siti valanghivi.

Per il sito valanghivo è prevista la realizzazione di una galleria paravalanghe. Si rimanda alla Relazione Generale (Elaborato 1) per i dettagli di progetto.

Ai fini del dimensionamento delle opere in progetto sono stati analizzati gli output delle simulazioni realizzate per la valanga centennale allo stato di fatto (scenario A), mentre le simulazioni sullo stato di progetto (scenario B) possono fornire un'indicazione su come la galleria interferirà con il flusso valanghivo, poiché di fatto modifica la topografia locale nella zona della strada (cfr. **Allegato 1**).

In particolare, gli output utilizzati successivamente in fase di dimensionamento della galleria e delle barriere (cfr. Relazione di calcolo) sono le massime altezze di flusso, velocità e pressioni d'impatto.



Figura 8.1: Visone delle opere di protezione in progetto

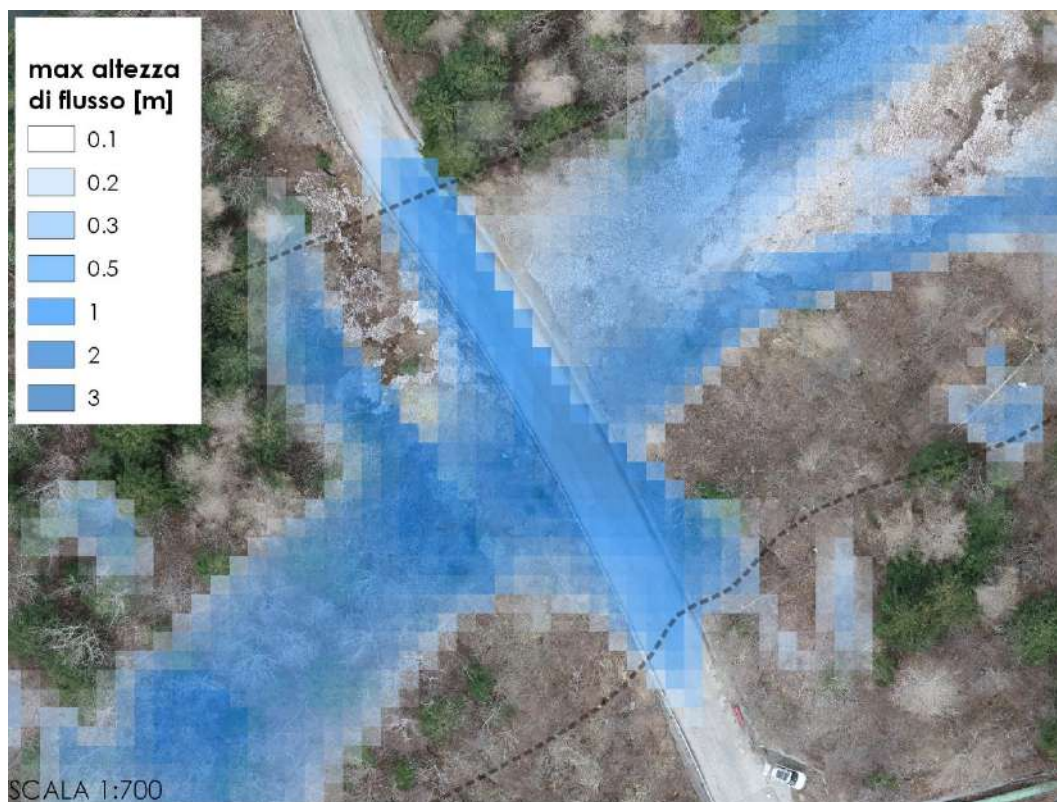


Figura 8.2: Massime altezze di flusso nei pressi della strada per la valanga con Tr 100 allo stato di fatto.



Figura 8.3: Massime velocità nei pressi della strada per la valanga con Tr 100 allo stato di fatto.

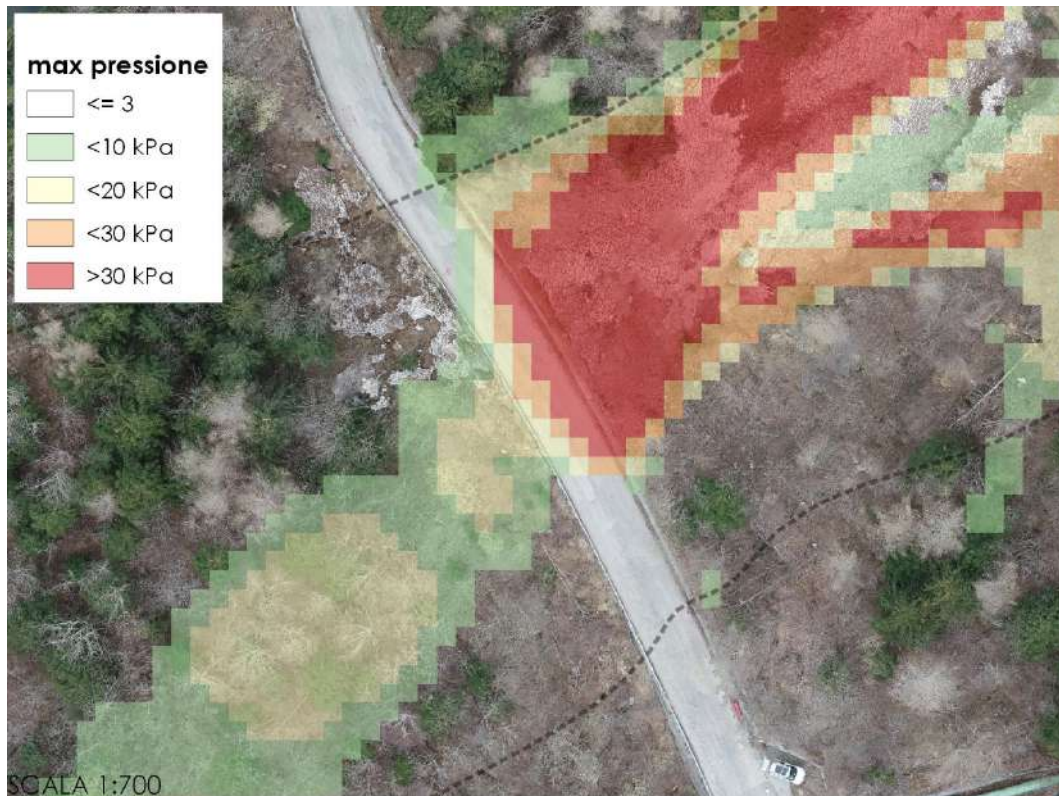


Figura 8.4: Massime pressioni di impatto nei pressi della strada per la valanga con Tr 100 anni allo stato di fatto.

La Figura 8.5 mostra invece la massima altezza di flusso nei pressi della strada della valanga con Tr 100 sullo stato di progetto.

Analizzando nel dettaglio la topografia nella zona della galleria in progetto, si evince come la realizzazione della galleria crei un piano di maggiori dimensioni rispetto a quello rappresentato dal solo sedime della strada (16 m allo stato di progetto contro i 6.5 m allo stato attuale), aumentando nello stato di progetto la capacità volumetrica d'invaso in corrispondenza della quota del sedime stradale e favorendo ulteriormente in tale zona rispetto allo stato attuale la deposizione di masse nevose e l'arresto delle valanghe (Figura 8.6 e Figura 8.7).

La parte di flusso più laterale che potrebbe interessare il portale di ingresso della galleria, come evidenziato anche dalle simulazioni, verrà fermata con le barriere passive in progetto.

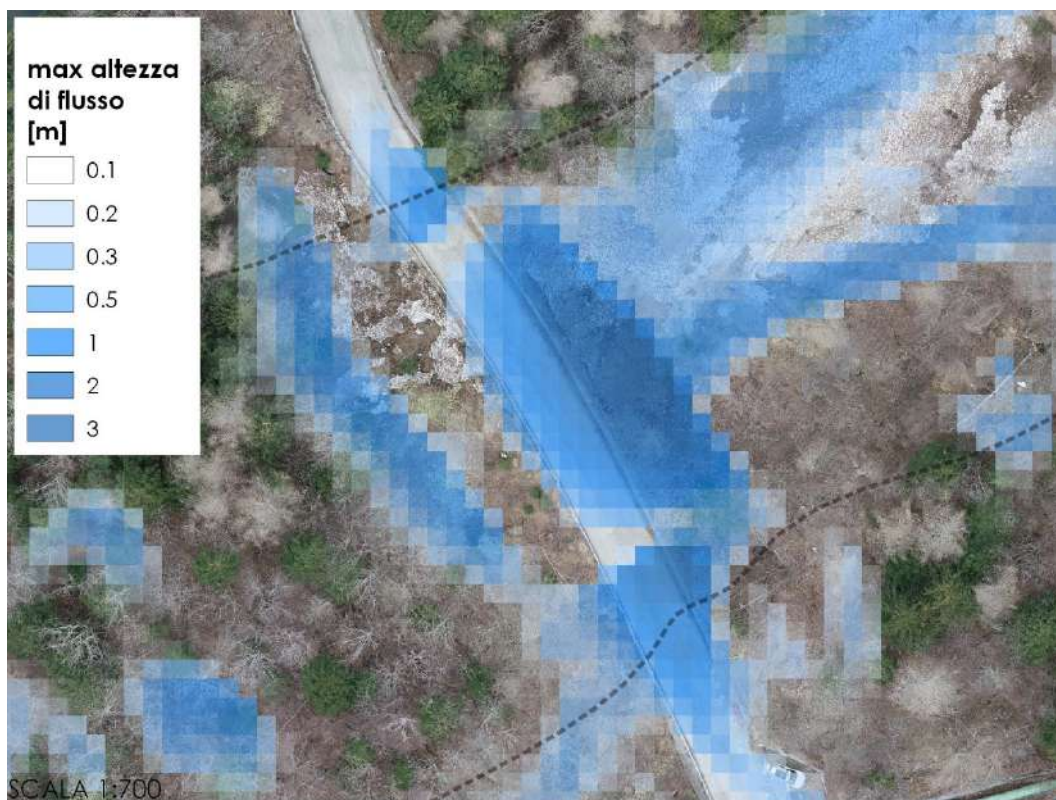


Figura 8.5: Massima altezza di flusso nei pressi della strada per la valanga con Tr 100 anni sullo stato di progetto.

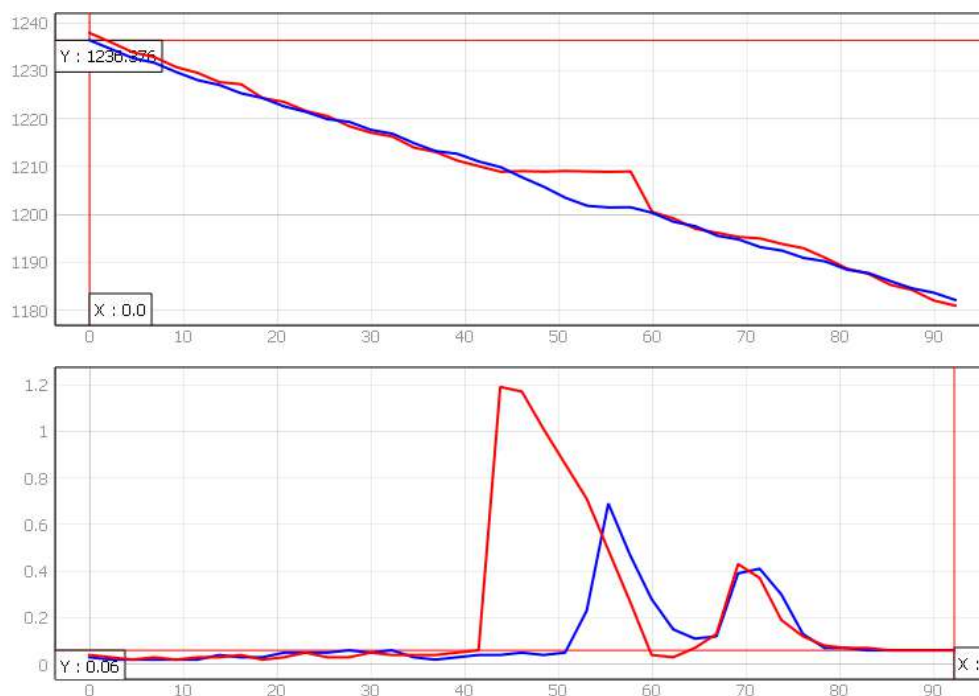


Figura 8.6: Profilo topografico (sopra) allo stato di fatto (blu) e di progetto (rosso) lungo la linea mostrata nella Figura successiva. Si noti come la galleria crei un piano più lungo di quello esistente ora sulla strada, dove si genera maggior deposito (sotto).

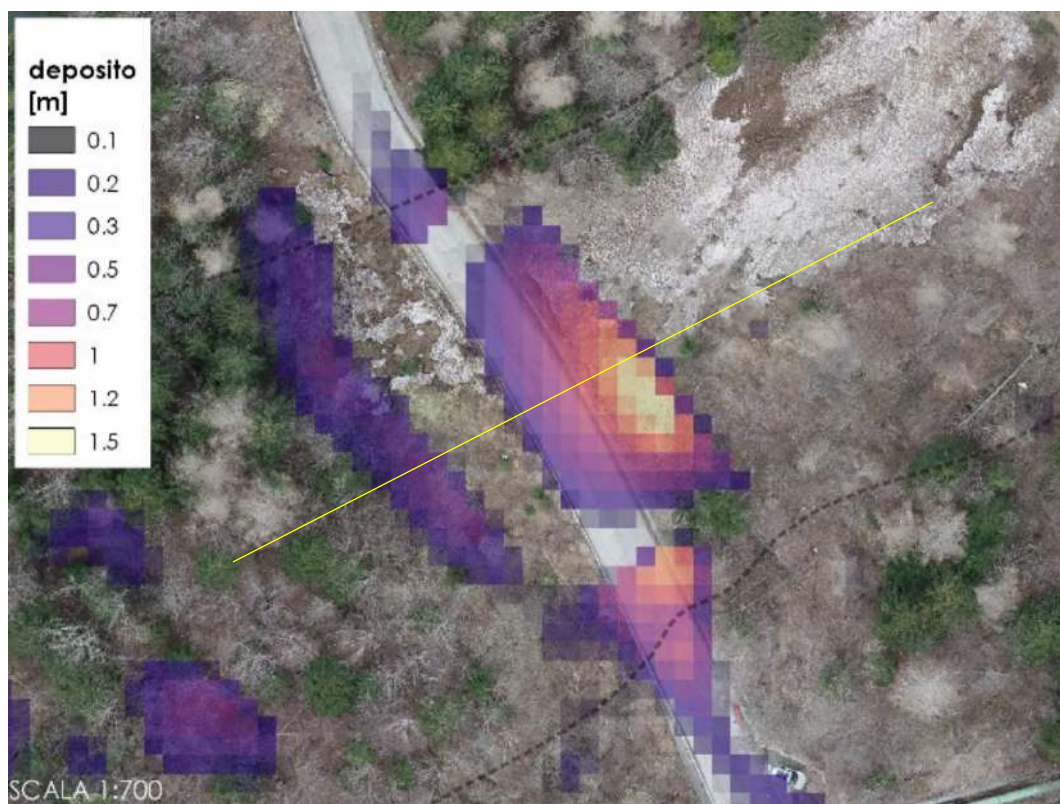
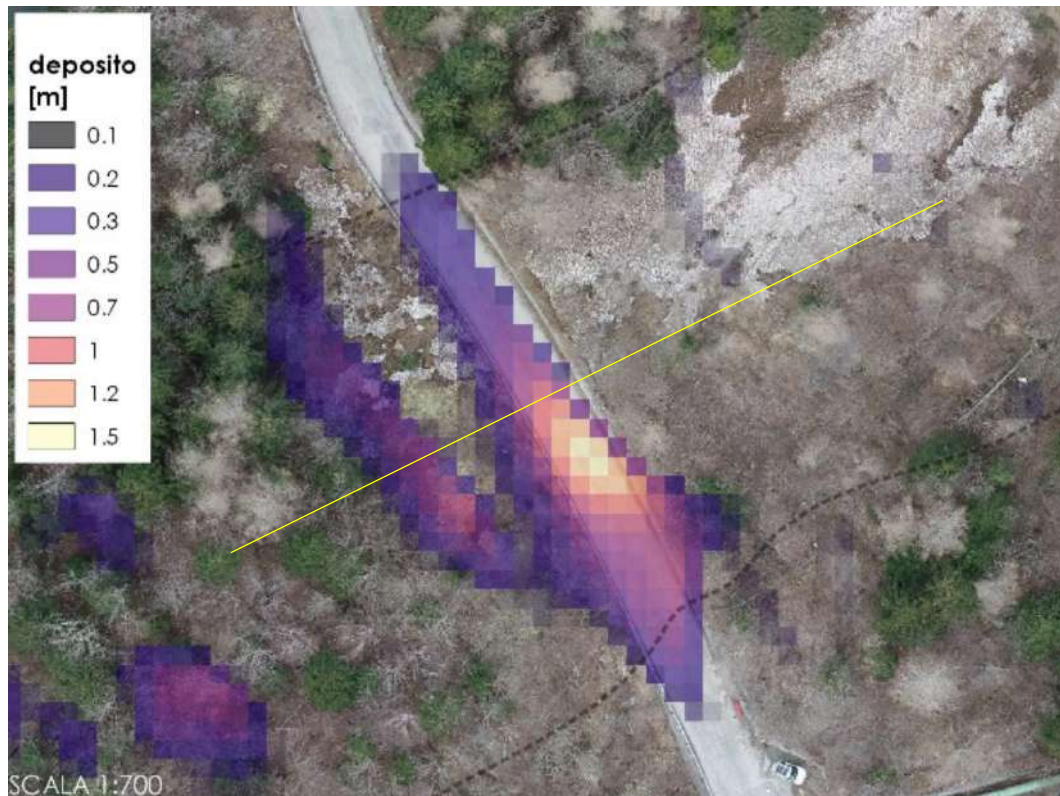


Figura 8.7: Deposito nei pressi della strada per la valanga con Tr 100 anni allo stato di fatto (sopra) e di progetto (sotto). La linea gialla mostra il profilo della Figura 8.6.

ALLEGATO 1

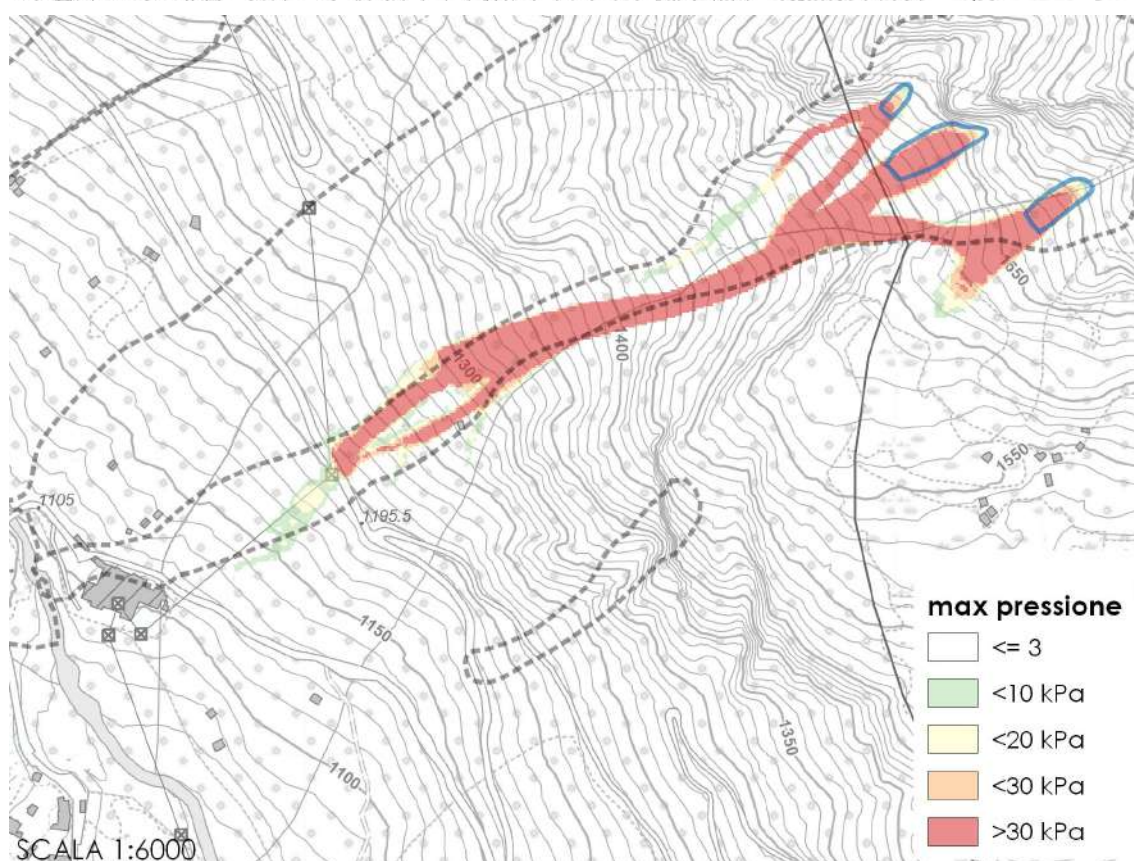
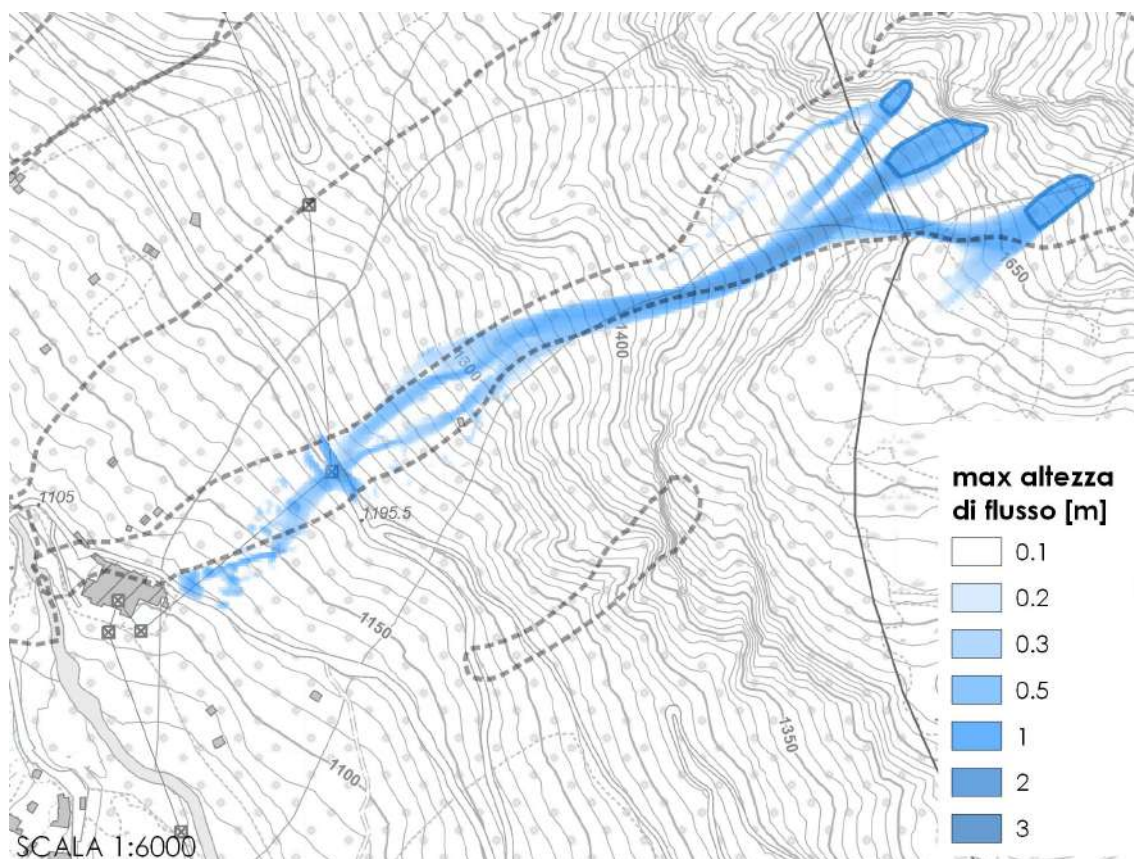
Risultati delle simulazioni di dinamica valanghiva

Nelle figure seguenti si riportano gli output delle simulazioni effettuate nel sito in esame, secondo gli scenari descritti nella Relazione nivologica (Capitolo 7) da cui sono state riprese le Tabelle seguenti.

Tabella A1.1. Simulazioni di dinamica delle valanghe per i differenti scenari considerati

SCENARIO	DEM	ZONE DI DISTACCO	TR (ANNI)	SPESSORE DI DISTACCO (cm)	VOLUME (m ³)	CATEGORIA PER μ E ξ
<i>A</i>	<i>sdf</i>	1,2,3	100	93,82,84	3900	<i>tiny (bosco)</i>
<i>B</i>	<i>sdp</i>	1,2,3	100	93,82,84	3900	<i>tiny (bosco)</i>

SCENARIO A



SCENARIO B

