

COMUNE DI MADESIMO
PROVINCIA DI SONDRIO

AGGIORNAMENTO
MAPPATURA PER LA PIANIFICAZIONE
DELLE ZONE ESPOSTE AL PERICOLO
VALANGHE
(AMBITI MONTE MATER - ZERBI - PIANELLO)

RELAZIONE GEOLOGICA

(L.R. N.12 11 MARZO 2005)

PRATA CAMPORTACCIO, GENNAIO 2016
AGG.TO APRILE - GIUGNO 2016

GEOLOGO

Viale Italia, 21
23020 Prata Camportaccio, SO

Tel. 0343 20052
info@andreatedoldi.com

DOTT. GEOLOGO
ANDREA TEDOLDI
FIRMATO DIGITALMENTE

INDICE

INDICE.....	3
1.0 INTRODUZIONE	4
1.1 Premessa.....	4
1.2 Confronto e scelta della metodologia per l'aggiornamento della perimetrazione di pericolo valanghe	5
1.2.1 Confronto metodologie	5
1.2.2 Scelta metodologica	6
2.0 STUDI PREGRESSI.....	9
3.0 POTENZIAMENTO OPERA PASSIVA IN LOCALITÀ CAVA DEL GESSO	11
4.0 CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ	15
5.0 CARATTERISTICHE DEI SITI VALANGHIVI.....	18
5.1 Sito valanghivo n.1: Monte Mater	18
5.2 Siti valanghivi n. 2 e n. 3.....	19
5.3 Sito valanghivo n. 4	20
5.4 Sito valanghivo n. 5	21
5.5 Sito valanghivo n. 6	21
5.6 Sito valanghivo n. 7	22
5.7 Tipologia delle valanghe.....	22
6.0 ANALISI DI INFORMAZIONI NIVO-METEOROLOGICHE PER LA DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE AL DISTACCO.....	23
6.1 Introduzione.....	23
6.2 Calcolo dello spessore della neve al distacco.....	23
7.0 SIMULAZIONE DINAMICA DELLE VALANGHE	24
7.1 Modello utilizzato	24
7.2 Definizione delle traiettorie e delle larghezze delle valanghe	24
7.3 Definizione dei parametri di calibratura	24
7.3.1 Variazione sulla base della cubatura della valanga.....	25
7.3.2 Variazione sulla base dell'altitudine della valanga.....	25
7.3.3 Variazione sulla base della canalizzazione e della rugosità della topografia	25
7.3.4 Variazione sulla base della periodicità.....	25
7.4 Simulazioni dinamiche.....	26
7.4.1 Valanga 1 (Monte Mater)	29
7.4.2 Valanga 1b (Monte Mater)	32
7.4.3 Valanghe 2 e 3.....	34
7.4.4 Valanga 4	35
7.4.5 Valanghe 5 e 5b	36
7.4.6 Valanga 6	37
7.4.7 Valanga 7	38
8.0 STESURA DELLE MAPPE DI PERICOLO	42
9.0 CONCLUSIONI.....	43
9.1 Considerazioni finali	43
9.2 Prescrizioni l.r. 12/05 allegato 3	44
9.2.1 Zona rossa (zona ad elevata pericolosità).....	44
9.2.2 Zona blu (zona a moderata pericolosità)	44
9.2.3 Zona gialla (zona a bassa pericolosità)	44
9.2.4 Zona bianca	45
9.3 Correlazioni carta PAI.....	45
10.0 APPENDICE 1: CARTA DI CONFRONTO TRA LIMITE ZONA ROSSA ATTUALE E QUELLA PROPOSTA.....	46
11.0 APPENDICE 2: PROPOSTA NUOVA MAPPATURA DEL PERICOLO VALANGHE.....	47

1.0 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Su richiesta dell'amministrazione comunale (Delibera di giunta n. 124 del 02/12/2015) è stata aggiornata la mappatura per la pianificazione delle zone esposte al pericolo valanghe per gli ambiti Monte Mater, Zerbi e Pianello del comune di Madesimo.

L'aggiornamento della mappatura è stato effettuato a seguito del potenziamento ed innalzamento in sinistra idrografica del rilevato paravalanghe ubicato in località "Cava del gesso" conclusosi in data 21 giugno 2014 e con emanazione del certificato di regolare esecuzione dei lavori in data 10 dicembre 2015.

Quest'opera è in grado di arrestare valanghe con $T_r = 30$ anni ed arrestare la maggior parte del volume di neve delle valanghe con un $T_r = 100$ anni e $T_r = 300$ anni. Queste ultime valanghe, grazie al rilevato che assorbe la maggior parte dell'energia e del volume di neve trasportato, presentano delle distanze di arresto contenute terminando la loro corsa a monte del nucleo urbano di Madesimo.

A fronte di quest'opera, che rappresenta lo stralcio di un progetto più ampio che prevedeva il potenziamento dell'intero rilevato (la richiesta di finanziamento riguardava inoltre interventi su tutte le valanghe insistenti sulle zone urbane di Madesimo) viene inoltre limitata la sovrapposizione con la valanga posta verso sud che in caso di distacco contemporaneo avrà anch'essa una distanza di arresto minore a quella antecedente il prolungamento del rilevato per effetto della mancata o meno invasiva sovrapposizione tra valanghe diverse.

L'ambito in esame era già stato analizzato in modo esauriente nei primi anni 2000 basandosi sulle procedure svizzere (studio svolto su incarico della Comunità Montana Valchiavenna del 04/02/2002 dall'associazione temporanea di tecnici costituita dall'Istituto Federale svizzero della neve e delle valanghe con sede a Davos in Svizzera e dallo scrivente che si era occupato della ricerca storica e del reperimento della documentazione tecnica inerente la zona di studio, consegna studio 30/07/2003).

Alla data di analisi e stesura delle mappe di Madesimo non erano infatti ancora stati pubblicati i criteri di classificazione proposti da AINEVA, l'Associazione degli uffici pubblici regionali/provinciali che si occupano di valanghe della regione Aosta, Lombardia, Friuli Venezia Giulia, Marche, Veneto e delle province autonome di Trento e Bolzano.

L'allegato 3 relativo agli approfondimenti per lo studio delle valanghe dei criteri attuativi della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. - l.r. 12/05 per il Governo del Territorio (D.G.R. 22 dicembre 2005, n.8/1566, modificata dalla d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374) riporta sia la metodologia AINEVA che quella collegata alle direttive svizzere.

1.2 CONFRONTO E SCELTA DELLA METODOLOGIA PER L'AGGIORNAMENTO DELLA PERIMETRAZIONE DI PERICOLO VALANGHE

1.2.1 Confronto metodologie

La metodologia Svizzera pubblicata nel 1984 e quella AINEVA ("italiana") del 2002 prevedono lo stesso iter di analisi e classificazione del terreno esposto al pericolo valanghe che viene suddiviso in 4 zone distinte in funzione dei tempi di ritorno della valanga e delle pressioni esercitate dalla neve.

Le differenze che si riscontrano sono sulla scelta dei tempi di ritorno delle valanghe e del valore di pressione di impatto esercitato dalla valanga che discriminano le varie classi di pericolosità.

Per le norme svizzere i tempi di ritorno da considerare sono di 30 e 300 anni mentre per i criteri proposti dagli uffici neve e valanghe Italiani sono di 30 e 100 anni.

Per le norme svizzere le pressioni di impatto da considerare sono 30 e 3 kN/m² mentre per i criteri proposti dagli uffici neve e valanghe Italiani sono di 15 e 3.0 kN/m².

Nella figura 1 si riporta il criterio di delimitazione presente nell'allegato 3 della D.G.R. IX/2016 relativo all'approfondimento per lo studio delle valanghe. Un aspetto importante che si può osservare in questo grafico è l'assenza di proporzionalità diretta tra i tempi di ritorno e le pressioni esercitate dalla valanga che dipendono dall'altezza di neve al distacco oltre che dai parametri legati alla morfologia delle zone di scorrimento ed arresto.

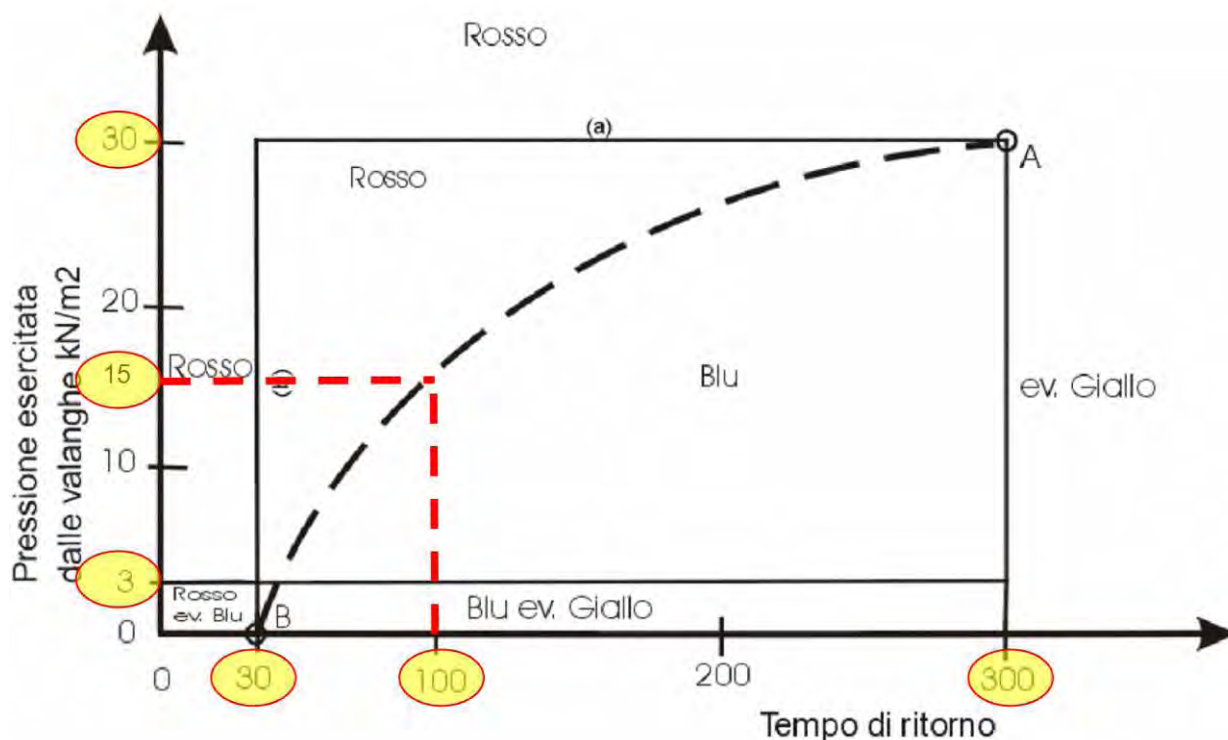


Figura 1. Criteri di delimitazione delle zone esposte a pericolo valanghe

Nel caso in esame per il tempo di ritorno pari a T_R100 si ha una riduzione dell'altezza di neve al distacco di circa il 11 % – 13% rispetto a quella con tempo di ritorno di 300 anni.

In tutte e 2 le classificazioni la delimitazione della zona rossa viene effettuata sulla base della pressione di impatto della valanga con tempo di ritorno maggiore (T_{300} o T_{100} in funzione della metodologia scelta) o sulla base del punto di arresto della valanga con T_{30} quando questa supera la zona rossa definita dalla valanga con tempo di ritorno maggiore.

Il limite della valanga trentennale a livello pratico viene fatta coincidere con la distanza di arresto della valanga trentennale e non con la soglia dei 3 kPa definita dalle simulazioni. Questo perché il fronte della valanga in genere si presenta ripido e la neve presenta una densità di 300 kg/m^3 (nel caso in esame il limite della valanga trentennale è stato fatto coincidere con la zona di arresto)

1.2.2 Scelta metodologica

In seguito alle considerazioni sotto riportate la perimetrazione delle zone esposte a valanga in comune di Madesimo è stata effettuata utilizzando la classificazione proposta nel 2002 dagli uffici pubblici nivometeo italiani (Direttiva AINEVA) rispetto a quella svizzera utilizzata precedentemente che risale al 1984.

La classificazione AINEVA considera un tempo massimo di ritorno per la definizione delle zone più pericolose pari a 100 anni in analogia con quello indicato dalla norme relative alla definizione delle fasce fluviali. Tale valore risulta inoltre essere più preciso rispetto a quello di 300 anni in quanto la massima altezza di neve al distacco viene calcolata su serie storiche di dati di neve inferiori ai 100 anni (inizio serie dati stazioni svizzere prossime a zona in esame 1944 – 1951, quindi analisi basate su 71 78 dati massimo). In genere per calcolare correttamente il valore di neve al distacco (DH3gg) per un valore definito di T_R è necessaria una serie di dati di lunghezza pari ad almeno $T_R/2$ (Katz R.W. e Parlange M.B. Naveau P. 2002)

Le valanghe con tempi di ritorno uguali o inferiori a T_r 100 risultano essere le valanghe più frequenti con una probabilità di accadimento in 50 anni superiore al 82% per valanghe con $T_r = 30$ e superiore al 40% per valanghe con $T_r = 100$ come si evince dalle figure sottostanti riportate in una pubblicazione dell'ufficio federale delle foreste e dell'ambiente e del paesaggio della confederazione svizzera nel 1998/1999 (B.U.WA.L.).

Nelle matrici della figure 2a e 2b sotto riportate la probabilità di accadimento e l'intensità non sono rappresentate secondo unità di misura ma bensì secondo classi. Questa scelta facilita un'univoca classificazione di un pericolo in classi di intensità e probabilità. L'attribuzione di un evento ad una classe di intensità e probabilità di accadimento avviene sfruttando i valori limite per ciascun fenomeno valanghivo.

In queste matrici si osserva che valanghe di media intensità con tempi di ritorno di 100 anni hanno una probabilità di accadimento alta mentre le valanghe con tempi di ritorno di 300 anni hanno una probabilità di accadimento alta solo con valori elevati di intensità.

Questa pubblicazione ha basato le proprie analisi definendo i livelli intensità della valanga considerando le soglie di 3 kPa e 30 kPa come definito nella normativa Svizzera.

Se consideriamo invece i parametri proposti dalla classificazione AINEVA di 3 kPa e 15 kPa il numero di valanghe che vengono considerate a media ed elevata intensità aumentano decisamente come si evince dalla figura 2b sottostante.

Soglia più alta e quindi meno cautelativa per classificazione Svizzera rispetto a quella AINEVA più cautelativa

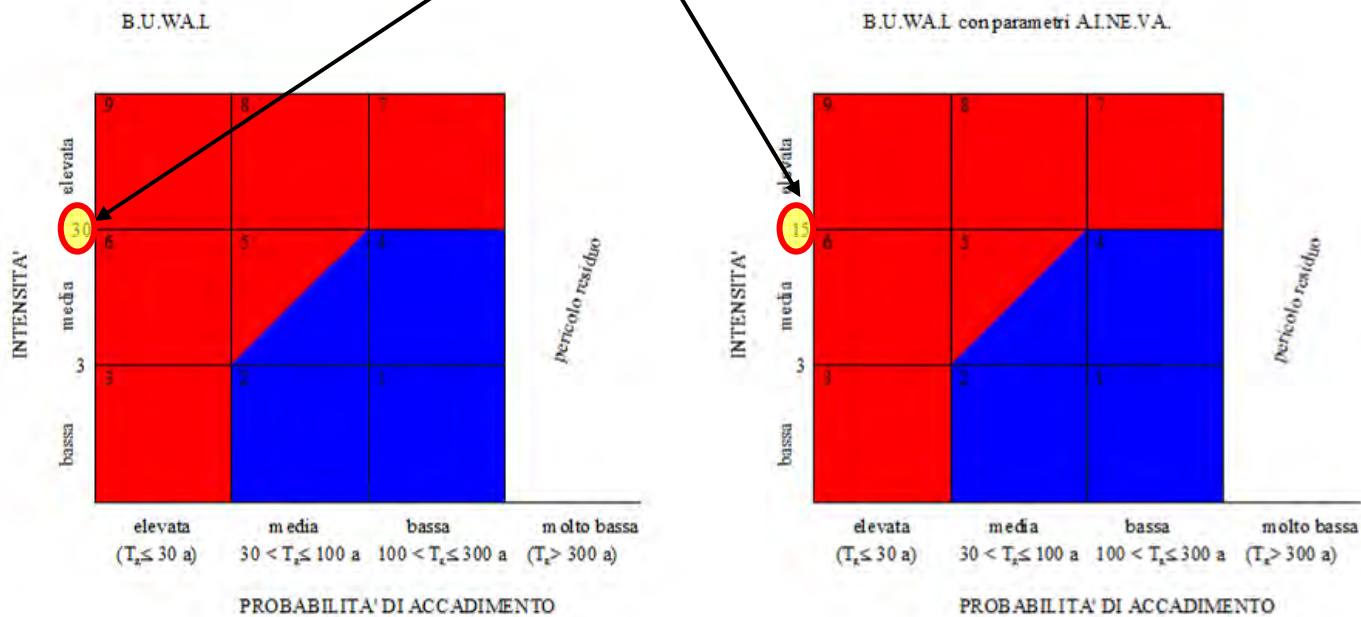


Figura 2a: Matrici di definizione dei livelli di pericolo per valanghe radenti modificate secondo parametri svizzeri ed AINEVA - B.U.W.A.L. (1998);

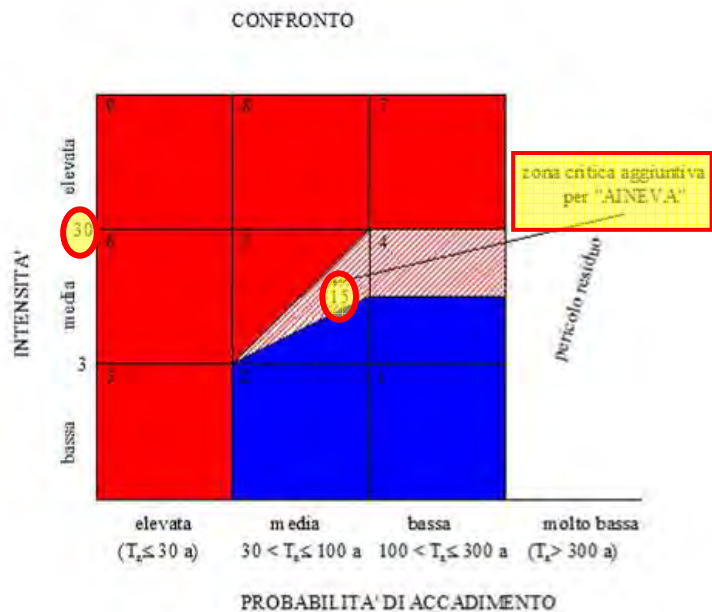


Figura 2b: Sovrapposizione delle matrici di definizione dei livelli di pericolo per valanghe radenti secondo la classificazione svizzera ed AINEVA

PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO		TEMPO DI RITORNO (T_R)	
	CALCOLATA PER 50 ANNI	ESPRESSO IN ANNI	
ELEVATA	100 % fino a 82%	$T_R \leq 30$	MOLTO FREQUENTE
MEDIA	82 % fino a 40%	$30 < T_R \leq 100$	FREQUENTE
BASSA	40 % fino a 15%	$100 < T_R \leq 300$	RARO
MOLTO BASSA	< 15 %	$T_R \geq 300$	MOLTO RARO

Figura 3: Tabella di probabilità dell'accadimento espressa in tempo di ritorno - B.U.WA.L. (1998)

	CLASSIFICAZIONE	INTENSITÀ BASSA	INTENSITÀ MEDIA	INTENSITÀ ALTA
VALANGA RADENTE	Svizzera	$P < 3\text{kN/m}^2$	$3\text{kN/m}^2 < P < 30\text{ kN/m}^2$	$P > 30\text{ kN/m}^2$
	AINEVA	$P < 3\text{kN/m}^2$	$3\text{kN/m}^2 < P < 15\text{ kN/m}^2$	$P > 15\text{ kN/m}^2$

Figura 4: tabella dei valori limiti e dei livelli di intensità per valanghe - B.U.WA.L. (1998) ed A.I.NE.VA.

Lo studio è stato svolto seguendo i criteri di classificazione A.I.Ne.Va. a fronte delle considerazioni sopra riportate in merito a:

- serie storiche inferiori a 100 anni;
- maggior analisi di valanghe con alta probabilità di accadimento (B.U.WA.L. 1998);
- valore soglia di pressione per valanghe con alta intensità pari a 15 kN/m^2 invece che 30 kN/m^2 (valore più cautelativo),

e non da ultimo per il fatto che si tratti di un criterio di classificazione proposto da enti regionali (Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Marche, Piemonte; Valle d'Aosta, Veneto) e provinciali (provincia autonoma di Bolzano e provincia autonoma di Trento) riuniti nell'associazione Interregionale Neve e Valanghe (A.I.Ne.Va.).

2.0 STUDI PREGRESSI

Su incarico della Comunità Montana Valchiavenna e del comune di Madesimo nell'anno 2002 l'associazione temporanea di tecnici costituita dal Geologo Andrea Tedoldi e dall'Istituto Federale per lo studio della neve e delle valanghe (SNV) svizzero con sede a Davos, rappresentato dal Direttore dell'istituto di Davos Ing. Walter Amman, il responsabile settore progettazione opere di difesa e misure di protezione delle valanghe Ing. Stephan Margreth e dall'Ing. Betty Sovilla Settore dinamica delle valanghe e simulazione numerica, ha realizzato la mappatura per la pianificazione delle zone esposte al pericolo valanghe per alcuni ambiti territoriali situati nel Comune di Madesimo in Provincia di Sondrio.

Lo studio è stato eseguito secondo i seguenti punti:

a) Raccolta e studio di informazioni storiche: Le informazioni storiche relative sia agli eventi verificatesi all'interno dei siti in esame che agli eventi verificatesi nella zona, sono state cercate quale base di verifica per i calcoli dinamici e per la stesura delle mappe di pericolo. Tali informazioni sono state raccolte a partire dagli archivi valanghe, da documenti storici, da testimonianze verbali e fotografiche, da osservazioni sul territorio e foto aeree.

b) Analisi di informazioni nivo-meteorologiche: I dati nivo-meteorologici delle stazioni di misura disponibili sono stati elaborati statisticamente allo scopo di determinare l'altezza della neve di distacco della valanga con tempi di ritorno di 300 e 30 anni. Per il calcolo e la verifica di tale altezza sono stati utilizzati i dati delle stazioni di misura localizzate sul territorio svizzero e sul territorio italiano in località limitrofe alla zona in esame.

c) Studio topografico dell'area in esame: Lo studio topografico delle aree in esame, propedeutico alla definizione dei profili di calcolo, delle caratteristiche morfologiche del terreno, delle aree interessate dal passaggio della valanga, alla definizione della zona di distacco e di deposito, è stato eseguito tramite l'utilizzo di foto aeree, sopralluoghi in loco (effettuati sia in periodo estivo, settembre 2002, che invernale dicembre 2002), elaborazione delle mappe topografiche digitali svizzere (DTM scala 1:25.000) e carte topografiche italiane (scala: 1:10.000 e 1:2000), elaborate con il programma Arcview.

d) Simulazione dinamica delle valanghe: Il calcolo dinamico delle valanghe è stato eseguito utilizzando i seguenti modelli numerici per il calcolo delle valanghe di neve densa:

- il modello mono-dimensionale continuo AVAL-1d (per maggiori dettagli vedere il capitolo dedicato);
- un modello bi-dimensionale continuo quale integrazione ai calcoli eseguiti con in modello numerico AVAL-1d.

Malgrado lo studio non preveda il calcolo dinamico per le valanghe polverose, è stata comunque eseguita una simulazione con il modello continuo Newmixed.

e) Analisi delle simulazioni: Le simulazioni numeriche sono state analizzate e valutate alla luce:

- della presenza di opere di difesa attive/passive;
- della complessità della topografia del terreno e della fisica del fenomeno (per esempio: intersezione di valanghe che possono avere differenti aree di distacco ma stessi percorsi di scorrimento, possibili

deviazioni laterali, valanghe di versante non facilmente confinabili, intersezione di valanghe nella zona di deposito che possono produrre sovrapposizione delle rispettive mappe di pericolo).

f) Stesura delle mappe di pericolo e del rapporto riassuntivo: Le mappe di pericolo sono state definite sulla base dei risultati ottenuti con:

- la ricerca storica;
- la simulazione dinamica (modelli)/analisi della simulazione dinamica;
- le osservazioni sul campo/foto aeree;
- l'esperienza dei professionisti dell'Istituto Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos (CH).

la mappatura è stata infine riportata sulla carta tecnica regionale in scala 1:10'000 e tecnica comunale scala 1:2'000, con indicati i limite della zona rossa, blu, gialla e bianca nella parte dell'area interessata dal pericolo valanghe in prossimità dei centri abitati, delle zone urbanizzate ed delle aree sportive e ricreative;

In base a tale studio sono stati effettuati gli aggiornamenti dei documenti di Piano ed è stato progettato ed effettuato il potenziamento del paravalanghe esistente in località "Cava del gesso" come descritto nel capitolo seguente.

3.0 POTENZIAMENTO OPERA PASSIVA IN LOCALITÀ CAVA DEL GESSO

A seguito degli eventi calamitosi che hanno interessato il comune di Madesimo nel febbraio 2009, l'amministrazione comunale di Madesimo ha incaricato di predisporre un documento preliminare contenente un'analisi delle proposte di intervento relative al potenziamento delle opere di difesa delle valanghe esistenti e realizzarne delle nuove al fine di ridurre il rischio valanghivo presente.

Si riporta di seguito la tabella allegata alla relazione di richiesta fondi sopra citata da cui si evince la tipologia di opere proposte ed il relativo costo.

Regione Lombardia con D.G.R. n. 10638 del 25/11/2009 ha approvato il programma di interventi urgenti di difesa del suolo, che definisce gli interventi da finanziare tra cui quelli di Madesimo per un importo pari a 600.000,00 €.

Località	Tipo intervento	Stima dei costi
Monte Mater Pianello		
Cresta Mater	Interventi di manutenzione reti fermaneve esistenti cresta Mater	150.000/00 €
Cresta Mater	Interventi di potenziamento reti fermaneve cresta Mater	1.000.000/00 €
Pianello	Interventi di messa in opera nuove reti fermaneve a monte località Pianello	500.000/00 €
Cava del gesso (Madesimo)	Interventi di potenziamento opere passive esistenti in località cava del Gesso	2.500.000/00 €
Groppera		
	Studio nivologico - valanghivo e progetto preliminare fattibilità realizzazione rilevati deviatori	10.000/00 €
Montespluga		
Nucleo urbano principale	Posa reti fermaneve area distacco Pizzo casa	300.000/00 €
Collegio San Carlo	Manutenzione ponti da neve esistenti e loro potenziamento con reti fermaneve in località Collegio San Carlo	200.000/00 €

Tabella 2: Stima dei costi per gli interventi sopra indicati settembre 2009



Dott. Ing.
Lara Messina



Dott. Geologo
Andrea Tedoldi

Lara Messina

Figura 5: estratto tabella con indicazione dei costi di potenziamento opere esistenti e nuove relative alla mitigazione del pericolo valanghe in comune di Madesimo

A fronte dell'importo finanziato il comune ha scelto di operare potenziando il rilevato paravalanghe esistente redigendo un progetto più ampio di cui la parte realizzata rappresenta uno stralcio.

Il potenziamento del rilevato paravalanghe è stato redatto tenendo conto dello studio relativo alla: “*Mappatura per la pianificazione delle zone esposte al pericolo valanghe per alcuni ambiti territoriali situati nel Comune di Madesimo, in Provincia di Sondrio*” prima citato e di cui nel capitolo in esame si riporta una sintesi relativa al rilevato paravalanghe esistente in località cava del gesso oggetto dei lavori di potenziamento.

Il percorso naturale della valanga del monte Mater nella zona di deposito segue normalmente due direzioni principali. La valanga proveniente dalla valletta sulla destra orografica prosegue il suo percorso seguendo una traiettoria rettilinea. La valanga proveniente dal ramo sulla sinistra orografica viene totalmente o parzialmente convogliata, da un canale di deflusso naturale, direttamente nei prati sottostanti. Nella zona di arresto della valanga del Monte Mater, sono state costruite negli anni delle opere di difesa aventi lo scopo di limitare la distanza di arresto della valanga, deviare il suo flusso naturale e arrestare parte della sua massa. In particolare rivestono maggior importanza le seguenti strutture:

- *diga di contenimento, ha uno sviluppo lineare di 220 m e un'altezza media di circa 17 m. L'angolo della scarpata di monte è di 45° e la larghezza sommitale dell'opera è di 3 m. Il rivestimento è costituito da massi ciclopici posizionati sui 3 m basali del versante di monte. Il volume di invaso è valutato in circa 350000 m³. Dovrebbe arrestare le masse di neve provenienti da entrambe le direzioni principali di deflusso. L'efficacia della diga di contenimento è già stata valutata in passato dall'Ing. Fruttiger dell'Istituto Federale di Ricerca Neve e Valanghe di Davos. Nella relazione del 12 luglio 1989 il tecnico svizzero dichiara che la struttura è sufficiente ad arrestare un evento valanghivo con periodo di ritorno trentennale ma non idonea ad arrestare un evento con periodo di ritorno trecentennale, definendo pericolosa l'area immediatamente a valle della struttura. Nella stessa relazione viene proposto l'innalzamento della struttura a 25 m, valore iniziale di progetto.*
- *diga di deviazione e rimodellamento del versante: ha uno sviluppo lineare di circa 80 m e un'altezza di circa 5-6 m. L'angolo della scarpata di monte è di 35° e la larghezza sommitale dell'opera è di 3 m. Non è rivestita. Insieme alla diga di deviazione è stato eseguito il rimodellamento e spianamento di una dorsale naturale sita all'apice del conoide di arresto. Dovrebbe convogliare le masse provenienti dal canale di sinistra direttamente verso il vallo di contenimento.*
- *strutture aggiuntive: nella zona di deposito esistono inoltre delle piccole strutture di sbarramento (vedere relazioni del Fruttiger per maggiori dettagli). La ridotta dimensione delle strutture e la notoria inefficacia contro gli eventi valanghivi verificatisi in passato cautelativamente non consente di definire tali opere funzionali.*

L'intervento realizzato consente di ridurre il pericolo valanghivo sull'edificato esistente del comune di Madesimo contenendo la valanga denominata 1b all'interno del vallo o arrestando le valanghe sul terreno situato a valle del rilevato senza che questa interagisca con l'edificato.

Indirettamente l'opera agisce anche sulla valanga numero 6 che presenterà una distanza di arresto minore grazie ad una limitata sovrapposizione con la valanga 1b in caso di distacco contemporaneo delle 2 valanghe.

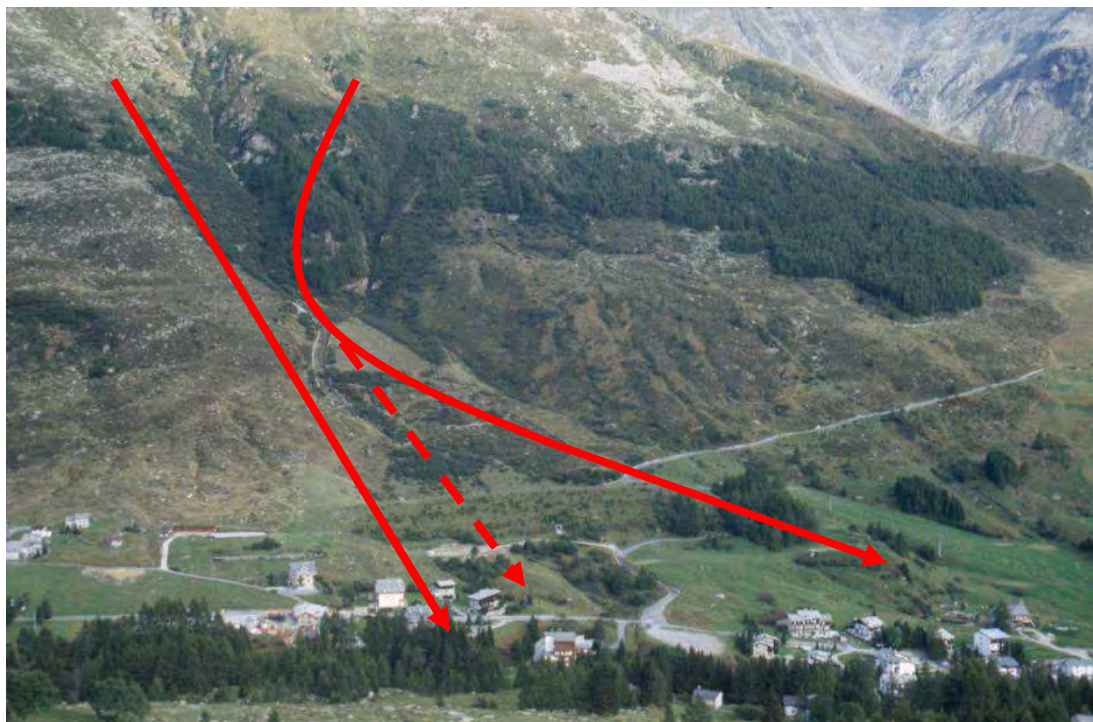


Foto 1: Zona di arresto della valanga del Monte Mater. Le direzioni principali di moto della valanga sono indicate in figura dalle frecce rosse. Nelle direzioni principali di moto della valanga si trovano numerose costruzioni ad uso abitativo, locali pubblici, strade ed impianti sciistici.

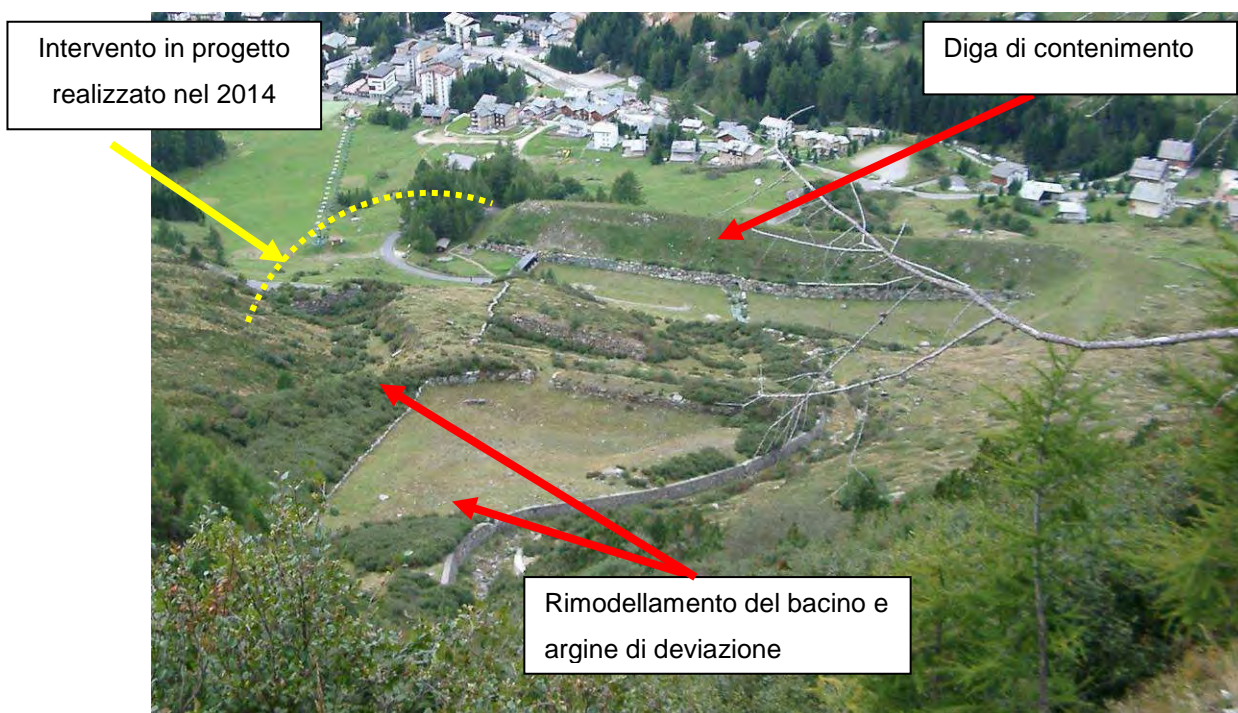


Foto 2: Opere esistenti zona di arresto della valanga del Monte Mater

In base all'entità del finanziamento ed alle indicazioni contenute nello studio in parola è stata realizzata una nuova porzione di rilevato in sinistra idrografica aumentando per un breve tratto anche l'altezza del rilevato esistente.



Foto 3: Panoramica invernale zona di arresto della valanga del Monte Mater prima del potenziamento del rilevato



Foto 4: Estratto ortofoto geoportale con intervento realizzato per il 90% (manca inerbimento scarpate)

4.0 CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

L'aggiornamento della pianificazione delle zone esposte al pericolo valanghe è stata eseguita, come richiesto dal comune di Madesimo utilizzando la metodologia contenuta nei criteri attuativi della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. Allegato 3 approfondimenti per lo studio delle valanghe *estrapolata ed adattata dalla direttiva Criteri per la perimetrazione e l'utilizzo delle aree soggette al pericolo valanghe* redatto da AINEVA (Associazione Interregionale Neve re Valanghe) nel 2002.

Tali criteri, estrapolati e modificati nella l.r. 12/05, prevedono che le zone esposte alle valanghe siano così classificate:

Zona rossa (zona ad elevata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste 2 condizioni:

- a) valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 3 kPa;
- b) valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione compresa tra 3 e 15 kPa.

Zona blu (zona a moderata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste 2 condizioni:

- a) 3 "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione inferiore a 3 kPa;
- b) 3 valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione compresa tra 3 e 15 kPa.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Vengono attribuite alla zona gialla (zone a bassa pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residuali di valanghe di accadimento raro. In particolare una porzione di territorio è attribuita alla zona gialla quando esiste la possibilità che in essa si verifichino valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitino una pressione inferiore a 3 kPa.

Andranno altresì delimitate in giallo le porzioni di territorio interessate dall'arresto di eventi valanghivi di accadimento "eccezionale" (per le quali si può assumere indicativamente un tempo di ritorno di riferimento pari a 300 anni).

Zona bianca

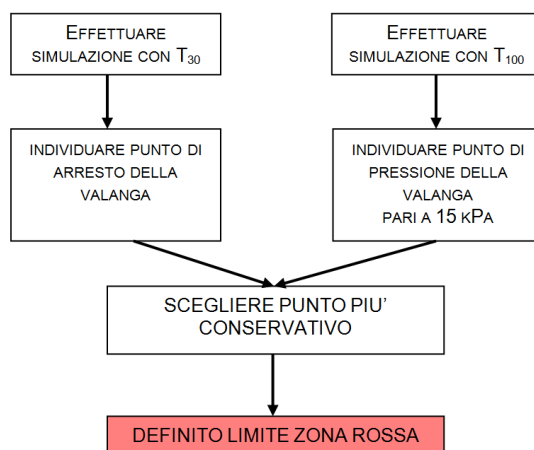
La zona bianca, esterna alla zona gialla, è quella dove si ritiene che il livello di pericolosità sia così esiguo da non richiedere alcun tipo di misura precauzionale.

CRITERI PRATICI DI DELIMITAZIONE DELLE AREE PERICOLOSE

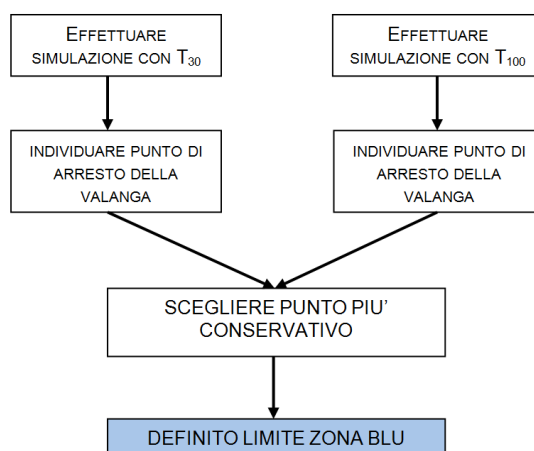
Per l'applicazione pratica dei criteri di classificazione della pericolosità sopra indicati ci si è avvalsi delle "Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe" a cura di AINeVa (anno 2001-2002).

1) Il limite tra zona rossa e zona blu è dato da un valore di pressione pari a 3 kPa per eventi trentennali o da un valore di pressione pari a 15 kPa per eventi centennali (vedi tabella E.1); viene scelta quella tra le 2 condizioni che fornisce un limite maggiormente conservativo (n.d.a: scelgo il limite più a valle rispetto alla zona di distacco).

Con riferimento alla prima condizione (soglia dei 3 kPa per eventi trentennali) si osserva che nel caso di valanghe dense tale valore si ottiene dalla componente statica di sollecitazione per uno spessore del deposito pari a circa 1 m, ipotizzando una densità della neve pari a 300 kg/m^3 . Poiché usualmente la forma del deposito di una valanga densa presenta un fronte abbastanza ripido, nella pratica la condizione di raggiungimento della soglia dei **3 kPa** può essere fatta coincidere con la distanza di arresto della valanga e pertanto la delimitazione della zona blu per valanghe dense trentennali è di fatto priva di rilevanza pratica (vedi tabella E1 fine paragrafo).



2) Il limite tra zona blu e zona gialla è dato da un valore di pressione pari a 3 kPa per eventi centennali (vedi tabella E.1 fine paragrafo). Valgono anche in questo caso le considerazioni espone al precedente punto 1;



	Criteria da Normativa (cfr. Parte 1, § 1.2.2.1 ÷ 1.2.2.4)	Criterio pratico per valanghe dense
ZONA ROSSA	<ul style="list-style-type: none"> - T=30anni; $P \geq 3\text{kPa}$ - T=100 anni; $P \geq 15\text{kPa}$ 	Il limite della zona rossa può essere fatto coincidere con la distanza di arresto dell'evento trentennale o con la soglia di pressione pari a 15kPa per l'evento centennale
ZONA BLU	<ul style="list-style-type: none"> - T=30anni; $0\text{kPa} \leq P < 3\text{kPa}$ - T=100 anni; $3\text{kPa} \leq P < 15\text{kPa}$ 	Il limite della zona blu può essere fatto coincidere con la distanza di arresto dell'evento centennale
ZONA GIALLA	<ul style="list-style-type: none"> - T=100 anni; $0\text{kPa} \leq P < 3\text{kPa}$ - Aree interessate dall'arresto di eventi valanghivi di natura "eccezionale" (per i quali si può assumere indicativamente, ma non necessariamente, T=300anni) 	Il limite della zona gialla è delimitato con riferimento al limite massimo di espansione di eventi a carattere "eccezionale" (ovvero con tempi di ritorno superiori al secolo, per i quali si può assumere indicativamente, ma non necessariamente, T=300anni); tale limite può essere desunto mediante indagini storiche, aerofotogrammetriche, dendrocronologiche, e più in generale mediante attività di studio ed indagine sul campo che non prevedono necessariamente l'ausilio di modelli di calcolo.

Estratto tabella E1 criteri di perimetrazione e significato pratico per valanghe dense

[*"Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe"* AINeVa 2001-2002]

5.0 CARATTERISTICHE DEI SITI VALANGHIVI

Nel capitolo seguente viene riportata la descrizione dei siti valanghivi svolta nel precedente studio dallo scrivente e dall'Istituto Federale per lo studio della neve e delle valanghe (SNV) svizzero con sede a Davos a cui si rimanda per un maggior approfondimento.

5.1 SITO VALANGHIVO N.1: MONTE MATER

Zona di distacco

La zona di distacco principale della valanga n. 1 è situata sul versante occidentale del Monte Mater. Si estende dalla quota di 2620 m s.l.m. a circa 2370 m s.l.m. ed ha una pendenza media di 34 gradi. La larghezza massima della zona di distacco è di 620 m.

Parte della zona di distacco è munita di opere di difesa attiva (vedere par. 8.1 per maggiori dettagli). Una seconda zona di distacco di importanti dimensioni è localizzata ad una quota inferiore compresa tra 2250 m s.l.m. a circa 2100 m s.l.m. e numerose aree di distacco secondarie sono distribuite lungo il percorso della valanga. Ai fini del nostro lavoro considereremo come unica area di distacco quella corrispondente al n. 1 riportata in Fig. 3, in quanto considerata la più conservativa (che produce la maggior distanza di arresto).

L'area di distacco corrispondente ad un evento estremo è stata valutata in circa 221800 m².

La zona di distacco è caratterizzata da una grossa quantità di detrito di falda, anche di grosse dimensioni, soggetto a marcati movimenti valutati anche di alcune decine di centimetri all'anno.



Foto 6: Sito valanghivo n.1. Valanga del Monte Mater, foto invernale. Lungo la zona di scorrimento della valanga non esiste vegetazione in grado di condizionare la dinamica di una valanga catastrofica.

Zona di scorrimento

La massa nevosa che parte dall'area di distacco prosegue la sua corsa muovendosi inizialmente su di un versante aperto (fino a quota 2040 m s.l.m.) e proseguendo leggermente incanalata entro due impluvi naturali che diventano significativi a partire da quota 1950 m s.l.m. fino a quota 1750 m s.l.m.. I due canali convergono nella stessa area di arresto a quota 1750 m s.l.m..

Lungo la zona di scorrimento della valanga non esiste vegetazione in grado di condizionare la dinamica di una valanga catastrofica.

Zona di arresto

La zona di arresto naturale della valanga del Monte Mater è rappresentata da “una larga conoide” che si estende da una quota di circa 1750 m s.l.m. fino a raggiungere il torrente Scalcoggia posto ad una quota di 1575 m s.l.m. La zona di arresto compresa tra le quote di 1750 m s.l.m. e 1620 m s.l.m., corrispondente alla quota della diga di ritenuta, è caratterizzata da una pendenza media di circa 19°, caratteristica più di una zona di scorrimento che di una zona di deposito e che quindi contribuisce al raggiungimento di notevoli distanze di arresto. A partire da quota 1620 m s.l.m. la pendenza scende a circa 10°.

A partire dal 1984 sono state costruite delle opere di difesa passiva con lo scopo di controllare la distanza di arresto della valanga e di proteggere le zone edificate direttamente interessate dai fenomeni valanghivi. Prima del 1984 sono state costruite delle piccole opere di deviazione e contenimento che date le piccole dimensioni non hanno alcuna efficacia e quindi non verranno considerate ai fini dei nostri calcoli.

In passato un ramo della valanga è deviato in sinistra orografica raggiungendo i prati a sud della ex cava di gesso, gli impianti sciistici ed alcuni edifici.

La zona di arresto della valanga del monte Mater è allo stato attuale fortemente edificata. Nella direzione principale di moto della valanga si trovano numerose costruzioni ad uso abitativo, locali pubblici, strade ed impianti sciistici.



Foto 7: Valanga 1 del monte Mater, zona di distacco e scorrimento.

5.2 SITI VALANGHIVI N. 2 E N. 3

Zona di distacco

Le zone di distacco delle valanghe n. 2 e n. 3 sono situate a monte dell'abitato di Casoni ed esposte ad occidente. Anche se possono essere individuati due bacini di distacco separati non è da escludere che la valanga interessi contemporaneamente entrambe le zone di distacco. L'area distacco della valanga n.2 si estende dalla quota di 2120 m s.l.m. a circa 2000 m s.l.m. ed ha una pendenza media di 35°. La larghezza massima della zona di distacco è di 130 m. L'area è di circa 24600 m². L'area distacco della valanga n.3 si estende dalla quota di 2100 m s.l.m. a circa 1950 m s.l.m. ed ha una pendenza media di 38°. La larghezza massima della zona di distacco è di 80 m. L'area è di circa 20800 m². E' interessante osservare che l'area di distacco delle valanghe 2 e 3 è circa un decimo dell'area di distacco della valanga 1.

Zona di scorrimento

La massa nevosa che parte dalle aree di distacco n. 1 e n. 2 si muove su di un versante aperto molto ripido e roccioso. Malgrado esistano delle lievi canalizzazioni lungo il percorso la valanga può espandersi lateralmente. Lungo la zona di scorrimento non esiste vegetazione in grado di condizionare la dinamica di un evento catastrofico.

Zona di arresto

A partire da quota 1650-1700 m s.l.m. la valanga comincia a rallentare distribuendosi su di un vasto pianoro a debole pendenza. La pendenza media della zona di arresto è di circa 7° e 6° per le valanghe 2 e 3 rispettivamente.

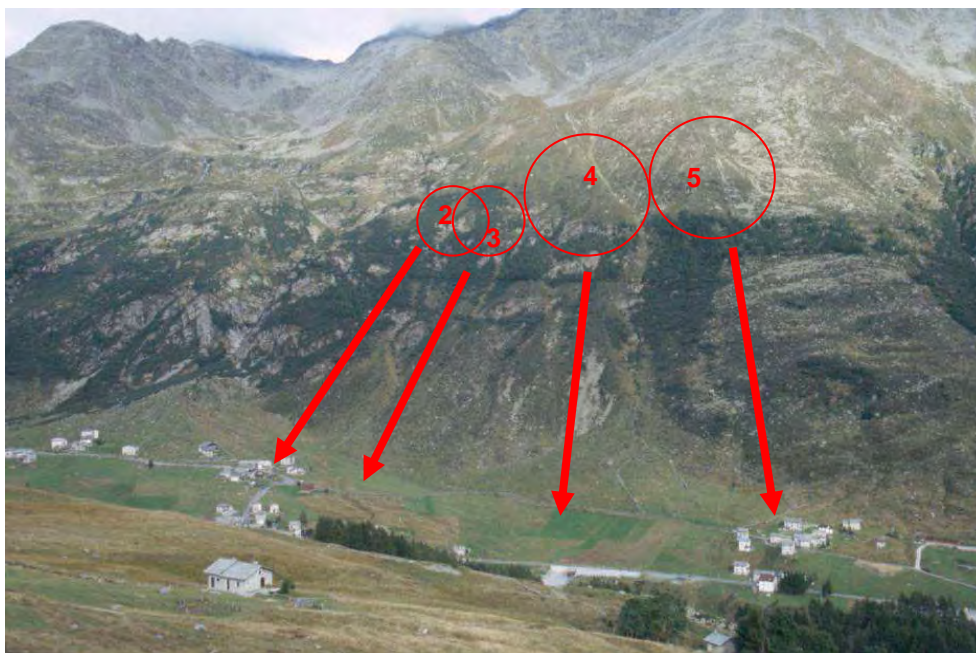


Foto 8: Siti valanghivi relativi alle valanghe n. 2, 3, 4; 5.

5.3 SITO VALANGHIVO N. 4

Zona di distacco

La zona di distacco n. 4 è situata a monte dell'abitato di Zerbi. Esposta ad occidente, è caratterizzata da pendenze medie di 35° e si estende dalla quota di 2230 m s.l.m. a circa 1950 m s.l.m.. La larghezza massima è di 130 m. L'area è di circa 77000 m². L'area al distacco di questa valanga coincide approssimativamente con la somma delle aree al distacco delle valanghe 2 e 3.

Zona di scorrimento

La massa nevosa che parte dall'area di distacco n. 4 si muove su di un versante leggermente incanalato. La valanga può comunque uscire dal canale principale espandendosi lateralmente. Lungo la zona di scorrimento non esiste vegetazione in grado di condizionare la dinamica di un evento catastrofico.

Zona di arresto

La valanga ha già raggiunto in passato il fondovalle oltrepassando il torrente Scalcoggia (par. 6). A partire da quota 1700 m s.l.m. la valanga può espandersi sul pianoro in destra orografica dell'abitato di Zerbi. La quota media della zona di deposito tra le quote di 1700 m s.l.m. e il torrente è di circa 13°, con valori massimi e minimi che raggiungono rispettivamente i 21° e 7.4°.

5.4 SITO VALANGHIVO N. 5

Zona di distacco

La zona di distacco n. 5 è situata a monte dell'abitato di Zerbi. Esposta ad occidente, è caratterizzata da pendenze medie di 32° e si estende dalla quota di 2330 m s.l.m. a circa 2000 m s.l.m.. La larghezza massima è di 210 m. L'area è di circa 80600 m². L'area al distacco della valanga è paragonabile a quella della valanga 4 ed è circa un terzo della valanga 1.

Zona di scorrimento

La valanga si sposta verso valle su di un versante convesso che ne favorisce l'apertura a ventaglio e di conseguenza la massa si distribuisce su di una notevole larghezza. Tale comportamento è evidenziato dalle simulazioni bidimensionali riportate negli Allegati 4, 5, 6. Le stesse simulazioni bidimensionali hanno evidenziato un'ulteriore caratteristica della valanga: parte della massa che si distacca all'interno del bacino della valanga 5 potrebbe deviare in sinistra orografica ed entrare direttamente nel canale di destra della valanga del monte Mater arrivando ad interagire con la diga di contenimento ed eventualmente anche con la valanga 1, che scende dal monte Mater.

Zona di arresto

Seguendo il profilo 5, a partire dalla quota di 1640 m s.l.m. la pendenza scende bruscamente e la valanga comincia ad arrestarsi sui prati sottostanti gradualmente degradanti fino all'intersezione con il torrente Scalcoggia. La pendenza media della zona di arresto è di circa 7°. Seguendo invece il profilo 5b, si osserva che la pendenza media della zona di arresto (che parte dalla quota di 1660 m s.l.m.) aumenta notevolmente raggiungendo il valore di 11°. E' quindi ipotizzabile che la parte di valanga che segue il profilo 5b raggiunga distanze di arresto maggiori.

5.5 SITO VALANGHIVO N. 6

Zona di distacco

La zona di distacco n. 6 è situata a monte dell'abitato di Madesimo, a sinistra della valanga del Monte Mater. Esposta ad occidente, è caratterizzata da pendenze medie di 34.5 ° e si estende dalla quota di 2330 m s.l.m. a circa 2020 m s.l.m.. La larghezza massima è di 280 m. L'area è di circa 76100 m². La valanga ha un'area al distacco paragonabile alle valanghe 4 e 5 ed è circa un terzo dell'area al distacco della valanga 1.

Zona di scorrimento

La valanga scorre su di un versante di larghe dimensioni fino a raggiungere i piani sottostanti. Nella parte superiore della zona di scorrimento la valanga interagisce con un bosco rado non avente alcun effetto sulla dinamica del fenomeno.

Zona di arresto

A partire dalla quota di 1610 m s.l.m. la valanga n. 6 comincia ad arrestarsi sui prati a sud della ex cava di gesso. La quota media della zona di deposito è di circa 11° e coincide in gran parte con la zona di arresto del braccio di sinistra della valanga del Monte Mater. La traiettoria di arresto potrebbe interferire con infrastrutture di vario tipo.

5.6 SITO VALANGHIVO N. 7

Zona di distacco

La zona di distacco n. 7 è situata a monte dell'abitato di Pianello. Esposta ad occidente, è caratterizzata da pendenze medie di 33.5° e si estende dalla quota di 2000 m s.l.m. a circa 1860 m s.l.m.. La larghezza massima è di 230 m. L'area è di circa 43200 m^2 . La valanga è di medie dimensioni, è circa 5 volte più piccola della valanga 1 del Monte Mater e la quota e pendenza media di distacco sono notevolmente inferiori. Sulla base di queste osservazioni è quindi ipotizzabile che la valanga 7 sia meno frequente della valanga 1.

Zona di scorrimento

La valanga scorre su di un versante aperto interessando la sottostante pista da sci.

Zona di arresto

A partire da quota 1650 la pendenza del percorso della valanga scende a circa 15° e si mantiene approssimativamente costante per una lunghezza di circa 200 m. Un brusco aumento della pendenza a partire da quota 1600 m s.l.m. (21° per una lunghezza di circa 80 m) potrebbe nuovamente accelerare la valanga fino a raggiungere un pianoro finale in cui la valanga si arresta su una pendenza media di circa 5° . La valanga n. 7 si arresta sui prati a sud della ex cava di gesso. La traiettoria di arresto potrebbe interferire con infrastrutture di vario tipo.



Foto 9: Siti valanghivi n. 6 e 7.

5.7 TIPOLOGIA DELLE VALANGHE

Lo studio della dinamica delle valanghe prevede differenti procedure di calcolo a seconda della tipologia valanghiva considerata. In particolare si riconoscono due categorie principali: le valanghe dense e le valanghe polverose.

La mappatura per la pianificazione delle zone esposte al pericolo valanghe per gli ambiti territoriali in esame è stata eseguita per le valanghe di tipo denso.

6.0 ANALISI DI INFORMAZIONI NIVO-METEOROLOGICHE PER LA DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE AL DISTACCO

6.1 INTRODUZIONE

La grandezza nivologica utilizzata per il calcolo dinamico corrisponde ai dati massimi annuali di variazione d'altezza del manto nevoso in tre giorni consecutivi di precipitazioni nevose per un dato periodo di ritorno ΔHS_{3g} .

La scelta del tempo di ritorno è fissata dai criteri AINEVA in 100 e 30 anni.

L'elaborazione statistico probabilistica delle grandezze idrologiche estreme è stata desunta dalle analisi dei dati raccolti nel precedente studio di mappatura a cui si rimanda per una lettura più approfondita.

I valori di riferimento per una quota di 2000 m s.l.m. e 28 gradi di pendenza considerati per le elaborazioni sono:;
TR 100, $(d_0^*)_{alt=2000} = 1.55m$; TR 30, $(d_0^*)_{alt=2000} = 1.32$.

6.2 CALCOLO DELLO SPESSORE DELLA NEVE AL DISTACCO

Lo spesso della neve al distacco è determinato a partire dal valore di riferimento relativo ad un tempo di ritorno di 30 e 100 anni calcolato per una quota di 2000 m s.l.m. e per una pendenza di 28 gradi. Questo valore di riferimento deve essere corretto in base alla quota e pendenza media della zone di distacco in esame.

Il valore $(d_0^*)_{alt=2000}$ si riferisce ad un'altitudine di 2000 m s.l.m. Per aree di distacco aventi diversa altitudine il fattore di correzione è pari a 5 cm ogni 100 m, in base alla seguente relazione:

$$d_0^* = (d_0^*)_{alt=2000} + \frac{0.05(alt - 2000)}{100}$$

Lo spessore medio della neve al distacco (misurato perpendicolarmente al pendio) è determinato quindi con la relazione:

$$d_0 = d_0^* \cdot f(\psi)$$

Dove $f(\psi)$ = fattore di pendenza; correzione dello spessore della neve al distacco in funzione della pendenza del pendio ψ (maggiore è la pendenza minore è lo spessore al distacco):

$$f(\psi) = \frac{0.291}{\sin \psi - 0.202 \cos \psi}$$

Non è stato considerato alcun apporto eolico aggiuntivo. Questa scelta è stata dettata dall'osservazione che, malgrado nella zona in esame esista il trasporto eolico, favorendo il riempimento delle opere di difesa, d'altro canto è stato anche osservato che la stazione di misura Monte Mater presenta una forte erosione eolica, tale dato viene confermato anche dalle osservazioni dello scrivente svolte nell'inverno 2013-2014 dove le altezze neve osservate sul versante sono state decisamente inferiori rispetto a quelle osservate al piede del versante stesso. In base ai dati ed alle osservazioni svolte è stato assunto di conseguenza che gli apporti eolici e le erosioni si bilancino.

Nella tabella seguente si riportano i valori delle altezze al distacco ed i relativi fattori di correzione.

Valanga n.	Nome	Quota media di distacco (m s.l.m.)	Pendenza media ψ	F (ψ)	Correzione Altimetrica (m)	Altezza distacco (m) Tr 30	Altezza distacco (m) Tr 100
1/1b	Mater 1	2500	34	0.74	+25	115	130
2	Casone 1	2060	35	0.71	+2.5	95	110
3	Casone 2	2025	38	0.64	+0	85	100
4	Zerbi 1	2090	35	0.71	+5	100	115
5	Zerbi 2	2160	32	0.81	+7.5	115	130
5b	Zerbi 3	2200	33.5	0.76	+10	110	125
6	Nave	2180	34.5	0.73	+10	105	120
7	Pianello	1930	33.5	0.76	-3	100	115

Tabella 1: Altezze di distacco e fattori di correzione.

7.0 SIMULAZIONE DINAMICA DELLE VALANGHE

7.1 MODELLO UTILIZZATO

Il calcolo dinamico delle valanghe in esame è stato eseguito utilizzando il modello numerico per il calcolo delle valanghe di neve densa (senza calcolo per le valanghe polverose) mono-dimensionale continuo AVAL-1d, con il quale è possibile eseguire un'analisi dettagliata della dinamica della valanga lungo tutto il suo percorso. Il programma permette di determinare non solo la distanza di arresto ma anche la velocità, le pressioni, le altezze di flusso e la distribuzione dei depositi della valanga. Il modello Aval-1d è stato sviluppato e calibrato presso SLF di Davos. Dal 1999 è stato inserito ufficialmente nelle linee guida svizzere. [Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung (SLF), 1999. Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung. Davos, Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung].

7.2 DEFINIZIONE DELLE TRAIETTORIE E DELLE LARGHEZZE DELLE VALANGHE

La topografia mono-dimensionale utilizzata per il calcolo e le larghezze delle valanghe lungo tutto il loro percorso sono state determinate sulla base dei dati catastali disponibili, di escursioni effettuate sul posto e calcoli forniti dalle simulazioni bidimensionali svolte nello studio redatto nell'anno 2003 a cui si fa riferimento.

7.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI CALIBRATURA

I parametri di attrito ξ e μ variano sulla base delle seguenti caratteristiche:

- cubatura della valanga: 3 categorie
- altitudine dell'elemento del profilo: 3 categorie
- canalizzazione e rugosità della topografia: 3 categorie
- periodicità: 2 categorie

7.3.1 *Variazione sulla base della cubatura della valanga*

I parametri di calibratura sono distinti tra valanghe di grandi dimensioni (volume > 60000 m³) valanghe di medie dimensioni (25000 < volume < 60000 m³) e valanghe di piccole dimensioni (< 25.000 m³). I limiti non sono tuttavia perentori e possono essere adeguati. Alcune valanghe sono state considerate di medie dimensioni pur avendo dei volumi inferiori a 25'000 m³ (scelta cautelativa).

7.3.2 *Variazione sulla base dell'altitudine della valanga*

Per ogni elemento del profilo della valanga, i parametri dovrebbero essere adeguati all'altitudine di questo elemento. Anche in questo caso i limiti imposti (1000 m e 1500 m s.l.m.) non sono perentori e possono essere adeguati dall'esperto. Il motivo della variazione dei parametri in base all'altitudine si basa sull'assunzione che a quote più elevate la neve è più asciutta rispetto alle quote più basse e che quindi l'attrito è inferiore. Nei nostri calcoli, dato che le valanghe in esame appartengono al versante sud delle alpi è risultato opportuno alzare il limite di altitudine da 1500 a 1700 m di quota.

7.3.3 *Variazione sulla base della canalizzazione e della rugosità della topografia*

Per poter riprodurre il più fedelmente possibile la rugosità e la canalizzazione lungo la traiettoria della valanga, sono state create le categorie illustrate nella tabella che segue. I parametri cambiano a seconda della topografia considerata.

Categoria	Definizione
piana	curvatura isoipsa > 90°
Deb canalizzata	curvatura isoipsa < 90° & larghezza/altezza del flusso > 3/1
canalone	curvatura isoipsa < 60° & larghezza/altezza del flusso < 3/1, rugosità molto elevata (ordine di grandezza (m))

Tabella 2: Caratterizzazione del grado di canalizzazione e rugosità della morfologia.

7.3.4 *Variazione sulla base della periodicità*

I parametri di attrito variano anche in base alla periodicità. Il concetto che si cela dietro a questa scelta è che con una periodicità di 30 anni è possibile presupporre non solo una minore profondità della frattura, ma anche condizioni nevose meno estreme. I valori μ e ξ sono stati definiti basandosi sui parametri definiti per i tempi di ritorno di 30 e 100 anni, considerando che le aree esposte alla dinamica valanghiva sono situate a sud dove la neve può essere considerata più umida.

7.4 SIMULAZIONI DINAMICHE

La zona di studio è situata ad est dell'abitato di Madesimo ed è evidenziata in rosso sulla mappa di localizzazione probabile delle valanghe riportata in figura 1. L'area di studio è esposta principalmente ad ovest e si estende, approssimativamente, da quota 2750 m s.l.m. (aree di distacco superiori) a quota 1535 m s.l.m. (quota minima di arresto per Tr_{300}).

L'analisi dei dati storici e le osservazioni sul campo hanno permesso di constatare che la carta di localizzazione probabile delle valanghe non contiene tutte le informazioni sugli eventi verificatesi ed in almeno due situazioni non è stata trovata la relativa documentazione storica.

Data l'incompletezza della CLPV si è ritenuto opportuno svincolare l'analisi dai siti valanghivi così come indicati dalla stessa e di analizzare attentamente tutto il territorio a disposizione allo scopo di individuare tutte le situazioni a rischio. Le aree di distacco principali, indicate in figura 2, sono individuate in base alle caratteristiche del terreno e dall'analisi dei dati storici. Potenzialmente possono essere considerate aree di distacco anche tutte le aree rappresentate in figura in cui la pendenza del terreno supera i 28 gradi (colorazione rosso/arancio/giallo in Fig. 2).

Per la determinazione delle mappe di pericolo sono state considerate esclusivamente le zone di distacco principale in quanto considerate le responsabili della formazione delle valanghe catastrofiche capaci di raggiungere le distanze di arresto maggiori.

Nell'estratto della CTR (Fig. 3 vengono riportati profili utilizzati per le simulazioni monodimensionali. La posizione del rilevato, compreso il prolungamento appena realizzato, è stata dedotta sovrapponendo la documentazione progettuale con la CTR.

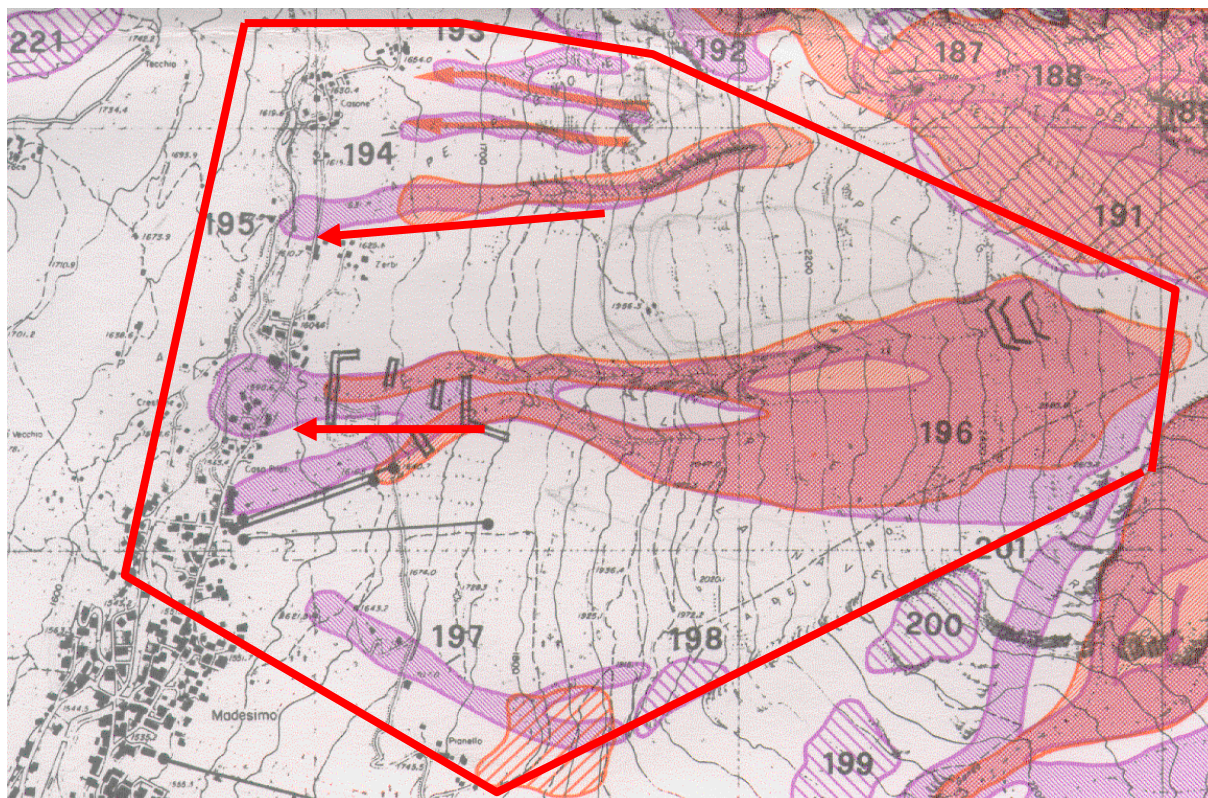


Figura 6. Carta di localizzazione probabile delle valanghe (CLPV) per l'ambito di interesse. In evidenza i siti valanghivi n. 193, 194, 195, 196, 197 e 198 del Comune di Madesimo, Provincia di Sondrio e l'area di studio.

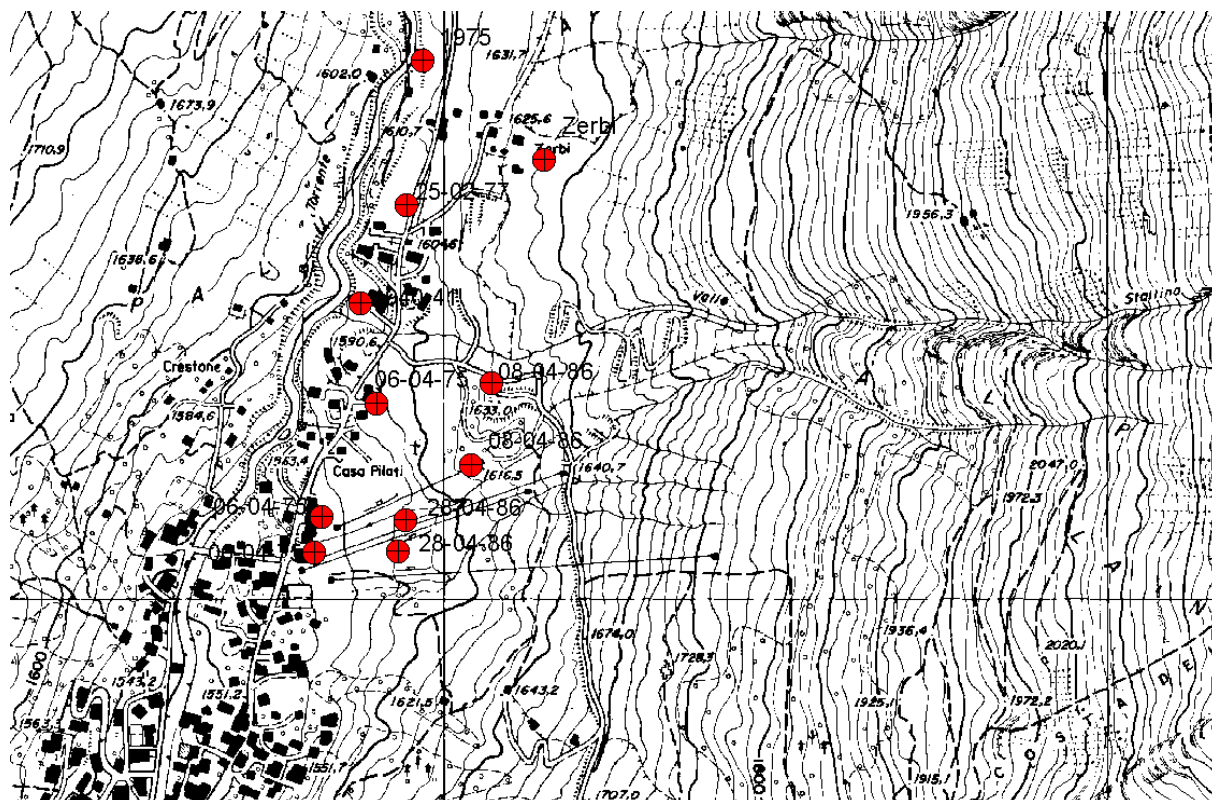


Figura 7. Punti raggiunti dalle valanghe verificatesi in passato (estratto studio precedente anno 2003)

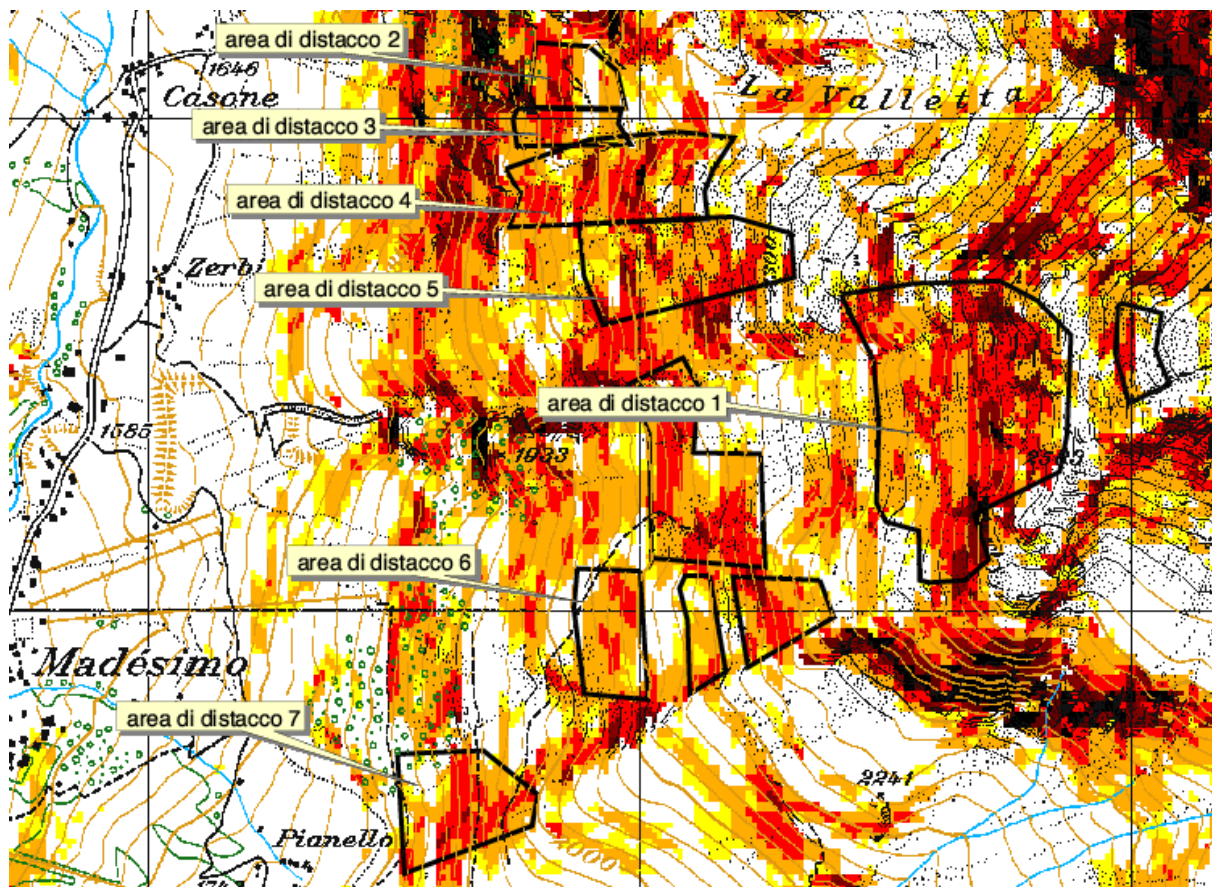


Figura 8. Aree di distacco principali individuate in base alle caratteristiche del terreno e dall'analisi dei dati storici.

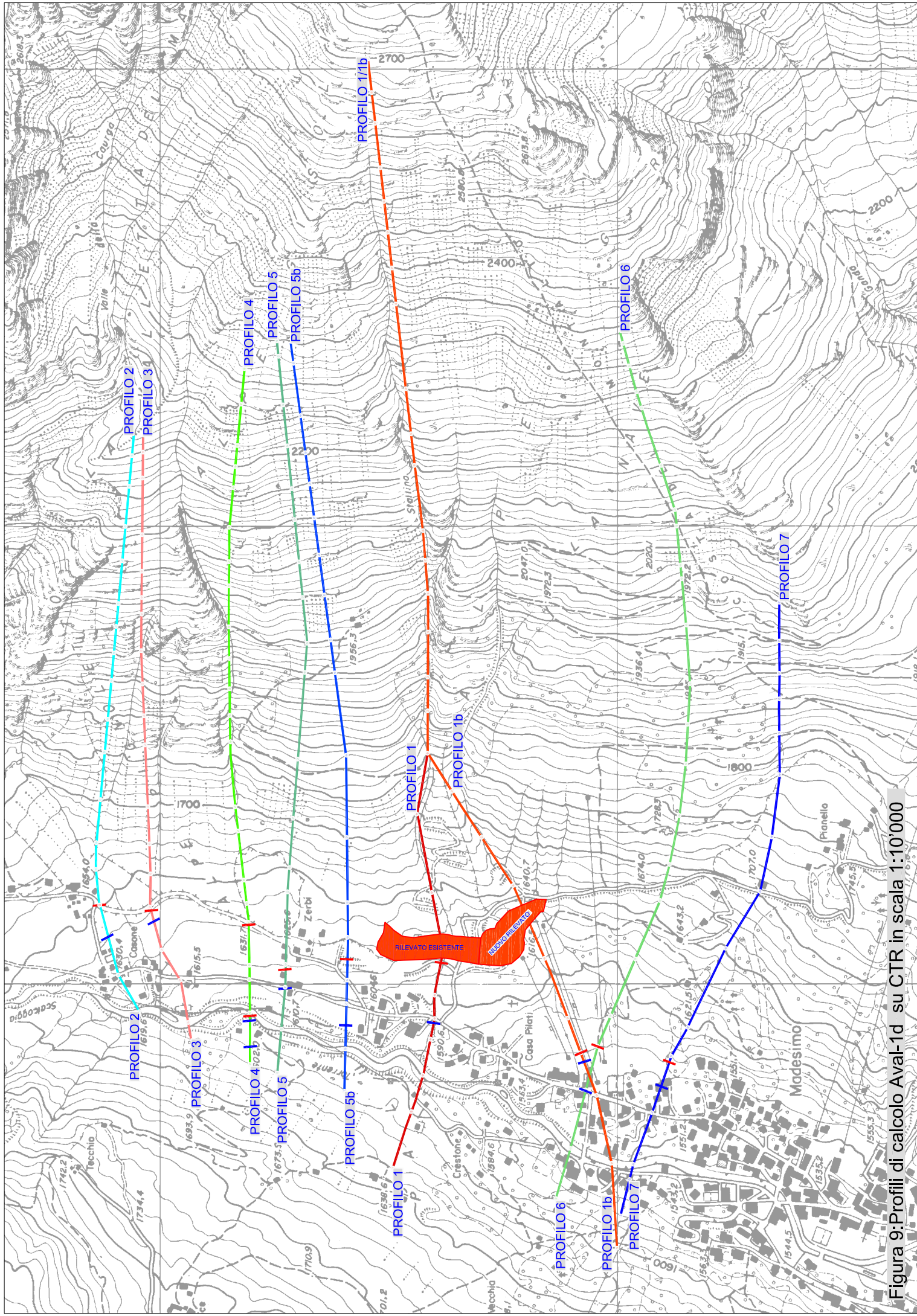


Figura 9: Profili di calcolo Aval-1d su CTR in scala 1:10'000

Nella tabella seguente si riportano parametri di input utilizzati nelle simulazioni effettuate con il programma Aval 1d.

n.	$d_{0(100)}$ (m)	$d_{0(30)}$ (m)	Quota (m s.l.m.)	Topografia	$\xi_{(100)}$	$\mu_{(100)}$	$\xi_{(30)}$	$\mu_{(30)}$
1-1b	1.30	1.15	2620-1950	Versante	2500	0.16	2000	0.17
			1950-1700	Deb. Can.	1750	0.20	1500	0.21
			1700-fine	Versante	2000	0.18	1750	0.19
2	1.10	0.95	2120-1700	Versante	2130	0.17	1750	0.21
			1700-fine	Versante	1815	0.19	1500	0.25
3	0.85	1.00	2100-1700	Versante	1815	0.207	1750	0.21
			1700-fine	Versante	1500	0.247	1500	0.25
4	1.15	1.00	2230-1950	Versante	2130	0.167	2000	0.17
			1950-1760	Deb. Can.	1565	0.207	1500	0.21
			1760-1700	Versante	2130	0.167	2000	0.17
			1700-fine	Versante	1815	0.19	1750	0.19
5	1.15	1.30	2320-1700	Versante	2130	0.167	2000	0.17
			1700-fine	Versante	1815	0.187	1750	0.19
5b	1.25	1.10	2330-1700	Versante	2130	0.167	2000	0.17
			1700-fine	Versante	1815	0.187	1750	0.19
6	1.20	1.05	2330-1700	Versante	2130	0.167	2000	0.17
			1700-fine	Versante	1815	0.187	1750	0.19
7	1.15	1.00	2000-1700	Versante	1815	0.207	1750	0.21
			1700-fine	Versante	1500	0.247	1500	0.25

Tabella 3. Parametri di input per le simulazioni mono-dimensionali.

7.4.1 Valanga 1 (Monte Mater)

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte nell'anno 2002. Per il calcolo sono stati utilizzati i due *profili 1 e 1b* riportati in Fig. 3.

La massa nevosa che parte dall'area di distacco 1 prosegue la sua corsa muovendosi inizialmente su di un versante aperto (fino a quota 2040 m s.l.m.) e proseguendo leggermente incanalata entro due impluvi naturali che diventano significativi a partire da quota 1950 m s.l.m. fino a quota 1750 m s.l.m.. I due canali convergono nella

stessa area di arresto a quota 1750 m s.l.m.. Ai fini del calcolo dinamico verrà considerato come rappresentativo della valanga il profilo che segue l'impluvio in destra orografica, il quanto il più conservativo ai fini del calcolo perché produce la massima distanza di arresto.

A partire da quota 1750 m s.l.m., l'analisi dei dati storici dimostra che la valanga in passato ha scelto due direzioni di moto differenti. La direzione principale corrispondente alla linea di massima pendenza che interagisce direttamente con la struttura di contenimento e una direzione secondaria lungo la quale, in passato, un ramo della valanga a partire da una quota di circa 1750 m s.l.m. è deviato in sinistra orografica raggiungendo i prati a sud della ex cava di gesso, gli impianti sciistici ed alcuni edifici.

Le simulazioni sono state aggiornate tenendo conto dei lavori effettuati dei differenti tempi di ritorno rispetto a quelle precedenti (T_{30} e T_{100} invece che T_{30} e T_{300}) e per la simulazione 1° anche la presenza del prolungamento del rilevato esistente realizzata in sinistra idrografica.

I calcoli lungo il *profilo 1b* sono stati eseguiti considerando che solo una parte della massa al distacco proceda lungo la deviazione laterale.

Le simulazioni considerano:

- che il 100% della massa proveniente dalla zona di distacco prenda la direzione principale di scorrimento rappresentata dal *profilo 1* andando quindi ad interagire con la diga di ritenuta. Il dimensionamento della diga di ritenuta deve essere di conseguenza verificato;
- che il 50% della massa al distacco esca, a partire dalla quota di 1750 m s.l.m., dalla traiettoria principale e si diriga verso i prati a valle della ex cava di gesso seguendo il *profilo 1b*. anche in questo caso è stata verificata la funzionalità del potenziamento del rilevato appena realizzato.

I calcoli sono stati eseguiti utilizzando i parametri di input riportati in tabella 3 dove sono rappresentati: le altezze al distacco d_0 per tempi di ritorno di 30 e 100; i volumi al distacco V_0 per tempi di ritorno di 30 e 100; la quota e le corrispondenti caratteristiche topografiche e i parametri di calibratura ξ e μ corrispondenti ai tempi di ritorno di 30 e 100.

Il calcolo eseguito lungo il *profilo 1 e 1a* prevede che la valanga interagisca con la diga di ritenuta posta immediatamente a monte dell'abitato di Madesimo. La diga di arresto deve di conseguenza essere verificata in modo di stabilire se e in che modo può influenzare la dinamica della valanga.

L'altezza della diga H_{nec} necessaria per arrestare la valanga è calcolata con la seguente relazione:

$$H_{nec} = h_s + h_f + \frac{V_{diga}^2}{2g\lambda}$$

dove h_s è l'altezza delle neve al suolo corrispondente ad un periodo di ritorno di 300 anni, h_f e V_{diga} sono la massima altezza e velocità della valanga in corrispondenza alla diga e $\lambda = 2$ è una costante di forma che descrive la perdita di energia dovuta all'impatto.

L'altezza effettiva della diga utilizzabile per dissipare l'energia della valanga è data dalla relazione:

$$h_e = h_{diga} - h_s - h_f$$

Dove h_{diga} è l'altezza della diga (nel nostro caso 17 m e 25 m). Se l'altezza h_e è maggiore od uguale l'altezza necessaria H_{nec} la diga è correttamente calcolata, altrimenti la valanga supererà la struttura. In questo caso la

perdita di energia dovuta all'impatto sarà tenuta in considerazione diminuendo la velocità della valanga al valore calcolato con la relazione:

$$V'_{diga} = \sqrt{V^2_{diga} - gh_e \lambda 2}$$

Il calcolo è eseguito per un tempo di ritorno di 30 e 100 anni. I risultati delle simulazioni sono riportati in tabella 4.

Tr	V _{diga} (m s ⁻¹)	h _f (m)	h _s (m)	$\frac{V^2_{diga}}{2g\lambda}$ (m)	H _{nec} (m)	h _e (m)	V _{diga} (m s ⁻¹)
30 anni	16	2.4	3.0	6.5	11.9	11.6	---
100 anni	22.15	2.5	4.0	12.50	19	5.6	9.35

Tabella 4. Calcoli di verifica della diga di ritenuta (porzione più antica) a monte dell'abitato di Madesimo

Sulla base di questi calcoli la diga risulta contenere un evento con un tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni (H_{nec} circa uguale h_e). La valanga trentennale è arrestata dalla diga e di conseguenza non contribuisce alla determinazione delle zone rosse e blu.

Viceversa la diga non risulta sufficientemente alta per arrestare la valanga con un tempo di ritorno di 100 anni ($h_{nec} > h_e$).

La dissipazione di energia prodotta dall' impatto della valanga con la diga produce una perdita di velocità di circa 13 m s⁻¹. La valanga prosegue la sua corsa con una velocità di 9 m s⁻¹ ca.

Malgrado la diga non sia in grado di arrestare la valanga, la distanza di arresto ne risulterà lo stesso ridotta.

Per simulare la perdita di energia dovuta alla presenza della diga e la conseguente ridotta distanza di arresto la simulazione originale (100% della massa al distacco) è stata ripetuta assumendo che la diga arresti il 85% della massa della valanga (supera la diga solo il 15% della massa al distacco).

La simulazione è stata eseguita utilizzando un'opzione del programma di calcolo AVAL-1d che consente di estrarre dal calcolo dinamico una prestabilita percentuale della massa a qualsiasi quota lungo il percorso della valanga.

I calcoli sono stati eseguiti senza tener in considerazione che la diga potrebbe essere parzialmente riempita da eventi precedenti che ne diminuirebbero la capacità di rallentamento.

I risultati del calcolo sono riportati in tabella 5. Nella definizione della posizione dei limiti delle zone rosse e blu non è stata considerata l'influenza della valanga trentennale in quanto si assume che venga arrestata dalla diga e che quindi non raggiunga il fondovalle. I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati rispettivamente **a 134 m a monte della strada comunale a quota 1'616,00 m s.l.m. e 20 m a valle della stessa strada comunale a quota 1'587,27 m s.l.m.** come riportato nella figura 5.

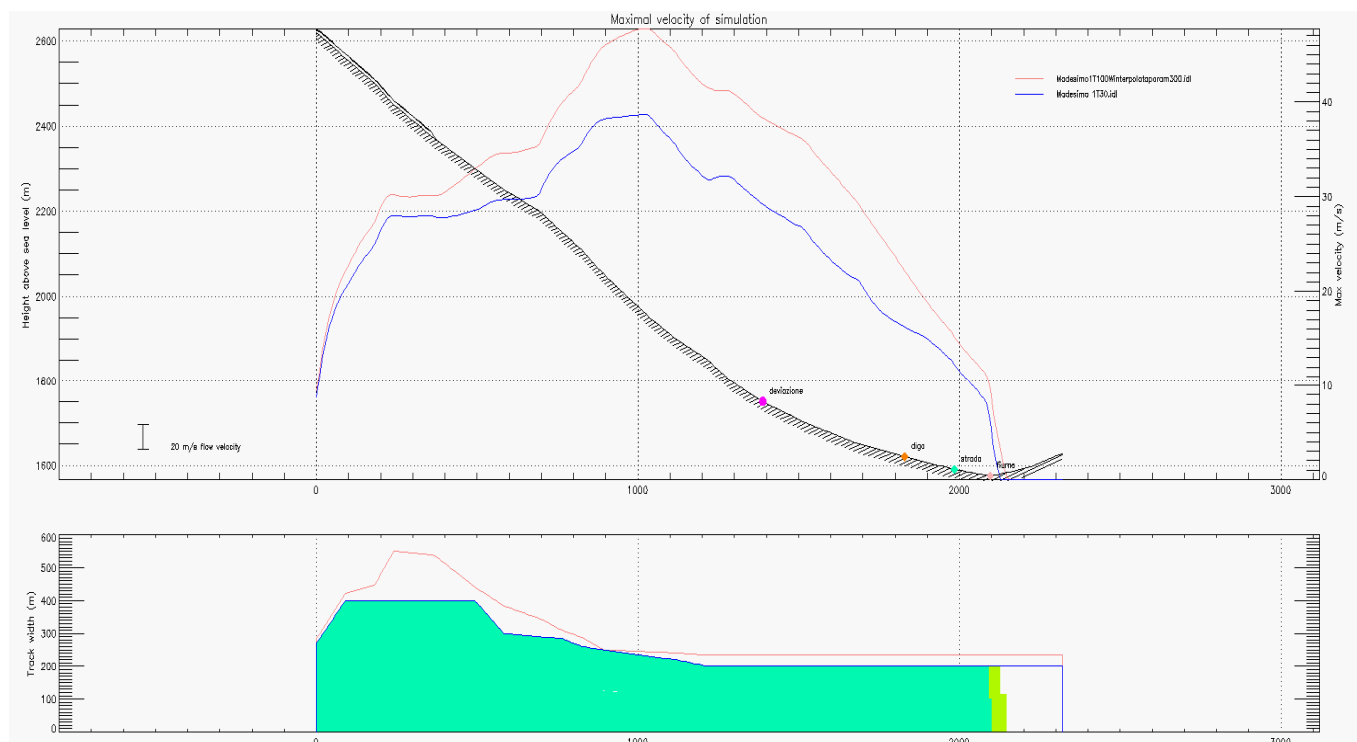


Figura 10: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} e T_{100} con rilevato valanga 1.

7.4.2 Valanga 1b (Monte Mater)

A seguito della realizzazione della nuova porzione di rilevato in sinistra idrografica di quello esistente sono state rivalutate le distanze di arresto della valanga 1b con le stesse metodologie di calcolo utilizzate per la valanga 1.

La valanga 1b presenta una massa di neve pari al 50% della valanga 1 che devia in sinistra idrografica andando ad impattare sulla nuova porzione di rilevato che presenta un'altezza che varia da 1 m a 25 m.

Le valanghe sia con tempi di ritorno di 30 e 100 anni (T_r utilizzati per l'aggiornamento della zonazione) che quelle di 300 sono contenute dalla porzione del rilevato ove la sua altezza è pari o superiore a 11 m. Questa altezza si riscontra per una porzione dell'opera superiore al 70 % ca. mentre per l'altro 30% (dove l'altezza del rilevato è inferiore a 11 m) la dissipazione di energia prodotta dall'impatto della valanga con la diga produce una perdita di velocità della valanga e la massa nevosa prosegue la sua corsa dopo il rilevato andando ad arrestarsi sui terreni destinati a pascolo situati a monte dell'edificato.

T_r	V_{diga} ($m\ s^{-1}$)	h_f (m)	h_s (m)	$\frac{V_{diga}^2}{2g\lambda}$ (m)	H_{nec} (m)	h_e (m)	V_{diga} ($m\ s^{-1}$)
30 anni	13.48	1.32	4.0	4.60	10	11	-
100 anni	14.29	1.40	4.0	5.20	11	11	-
300 anni	20.04	1.42	4.0	15,65	16	11	--
30 anni	13.48	1.32	4.0	4.60	10	4	5
100 anni	14.29	1.40	4.0	5.20	11	4	7
300 anni	20.04	1.42	4.0	15,65	16	4	16

Tabella 5. Calcoli di verifica della diga di ritenuta (nuova porzione) a monte dell'abitato di Madesimo

La perdita di energia dovuta alla presenza della diga porta alla riduzione della velocità della valanga pari al valore indicato nell'ultima colonna della tabella 5. Ad una riduzione della velocità corrisponde una riduzione della distanza di arresto.

La riduzione della velocità nella simulazione viene ottenuta utilizzando un'opzione del programma di calcolo AVAL-1d che consente di estrarre dal calcolo dinamico una prestabilita percentuale della massa a qualsiasi quota lungo il percorso della valanga (ad una riduzione di massa corrisponde una riduzione di velocità). Nel nostro caso l'emissione di massa coincide con la quota del rilevato. Per ottenere il valore di velocità desiderato è stato necessario effettuare alcune reiteratezioni della riduzione della massa.

Si osserva che il calcolo è stato eseguito senza tener in considerazione che la diga potrebbe essere parzialmente riempita da eventi precedenti che ne diminuirebbero la capacità di rallentamento.

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo è stato utilizzato il *profilo 1b* ed utilizzati i parametri riportati nella tabella 3. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono risultate di grosse dimensioni.

Si osserva che la posizione della linea rossa è stata definita dal calcolo della valanga trentennale considerando la presenza delle opere passive (in zona di distacco sono presenti ponti e reti fermaneve che non sono stati considerati a causa dell'instabilità del terreno ma che comunque hanno una loro funzione – vedi precedente relazione sulla mappatura). I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati rispettivamente **a quota 1'570,00 m s.l.m. (95 m a monte della strada comunale) e 1'608,00 m s.l.m. (74 m a monte della strada comunale)** come riportato nella figura 6.

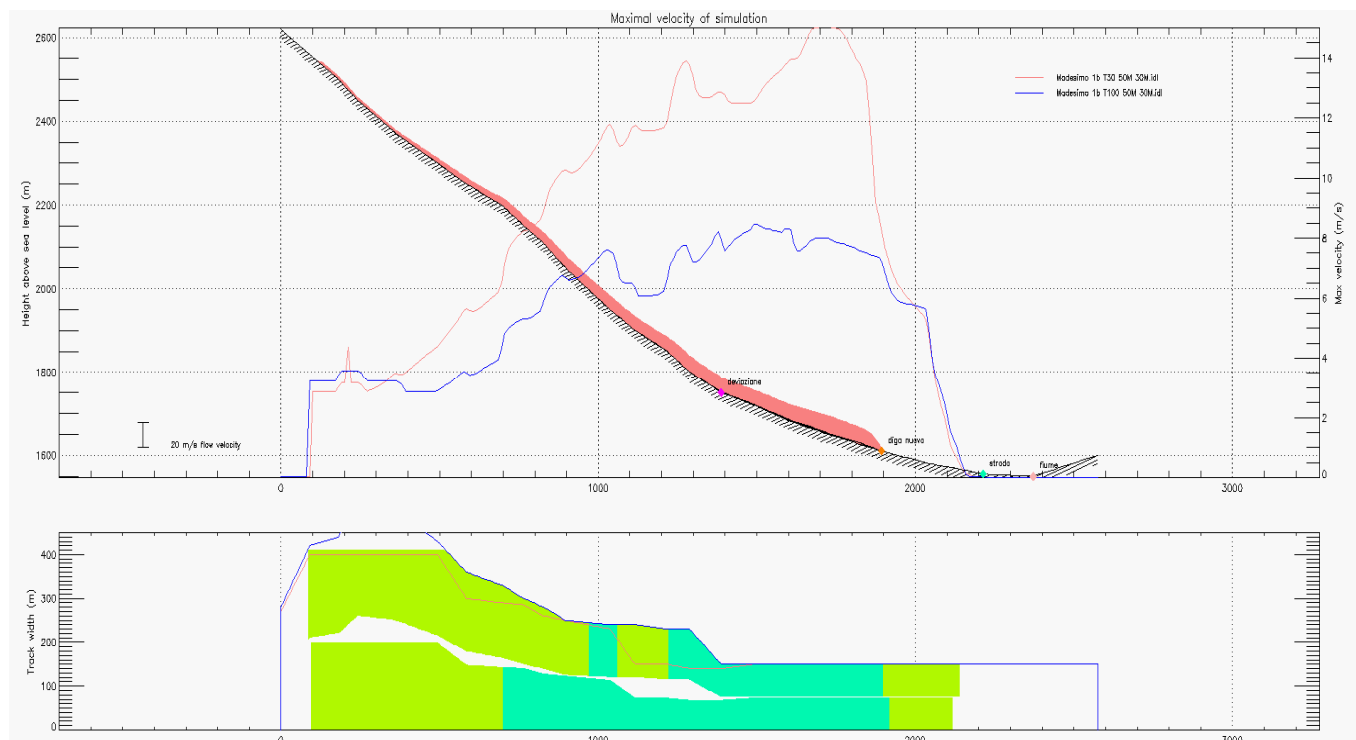


Figura 11: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} con rilevato valanga 1b.

7.4.3 Valanghe 2 e 3

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo è stato utilizzato il *profilo 2 e 3* ed utilizzati i parametri riportati rispettivamente in tabella 4. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono risultate di grosse dimensioni.

I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati rispettivamente **a quota 1'651,25 m s.l.m. (168 m a monte della strada comunale) e 1'642,50 m s.l.m. (99 m a monte della strada comunale) per la valanga 2** come riportato nella figura 7 ed **a quota 1'640,00 m s.l.m. (158 m a monte della strada comunale) e 1'638,89 m s.l.m. (148 m a monte della strada comunale) per la valanga 3** come riportato nella figura 8.

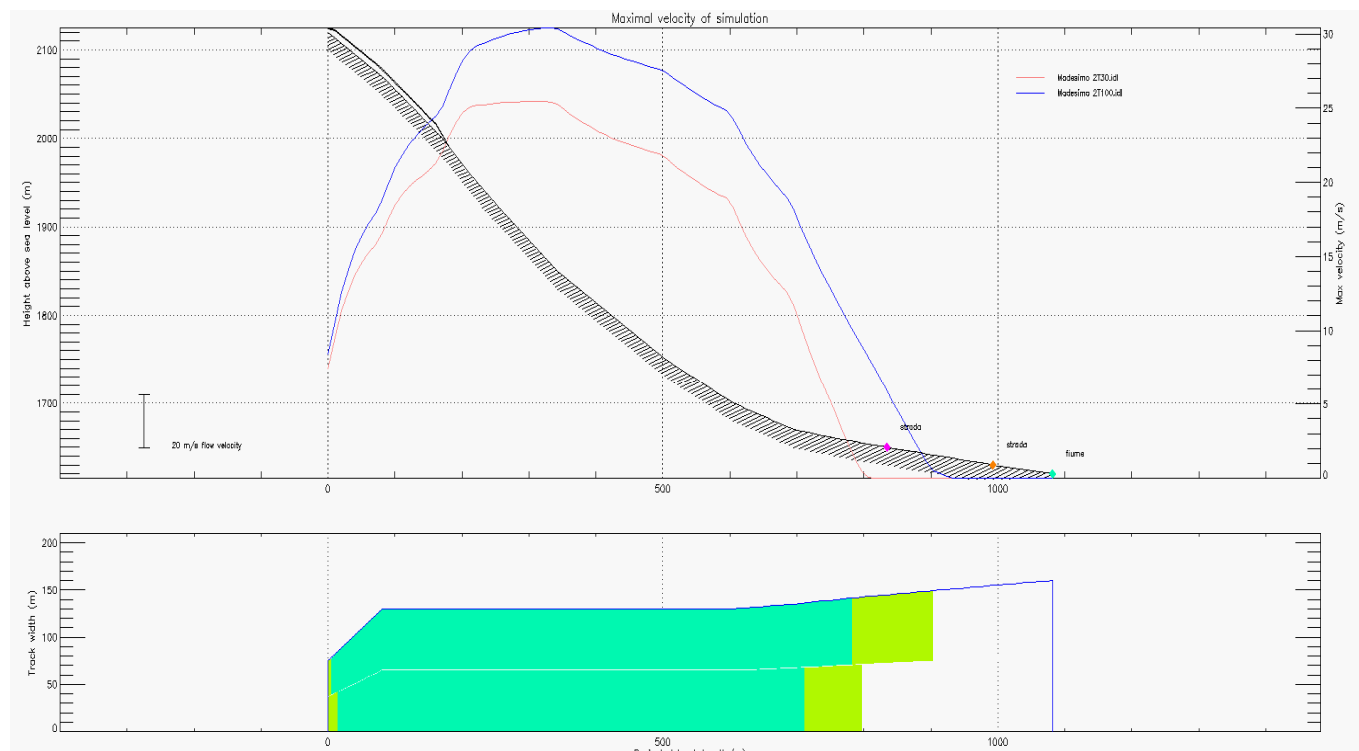


Figura 12: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 2.

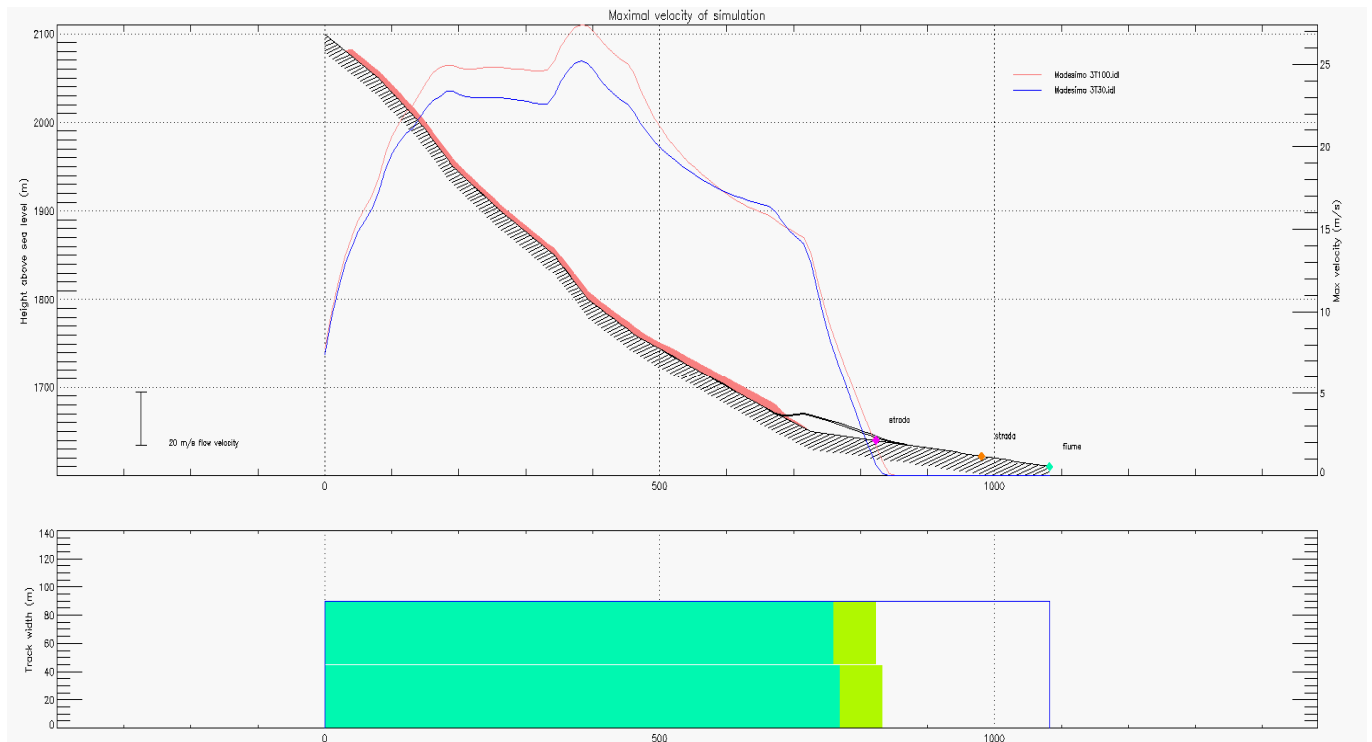


Figura 13: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 3.

7.4.4 Valanga 4

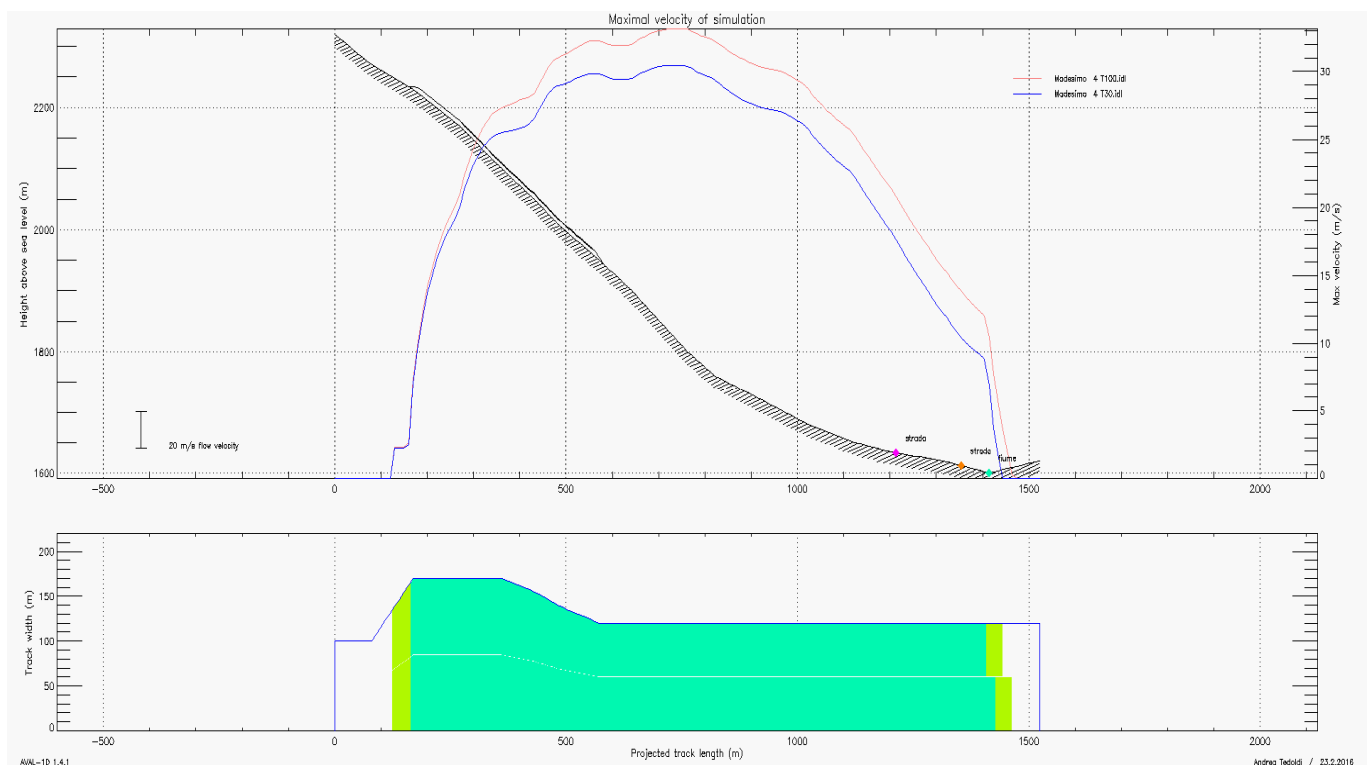


Figura 14: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 4.

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo è stato utilizzato il *profilo 4* ed utilizzati i parametri riportati

rispettivamente in tabella 3. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono risultate di grosse dimensioni.

I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati : **rispettivamente a quota 1'605,45 m s.l.m.(90 m a valle della strada comunale) e 1'609,09 m s.l.m. (110 a monte della strada comunale) come riportato nella figura 10.**

7.4.5 Valanghe 5 e 5b

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo é stato utilizzato il *profilo 5 e 5b* ed utilizzati i parametri riportati in tabella 3. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono risultate di grosse dimensioni.

Le due simulazioni sono relative allo stesso evento valanghivo ma i calcoli sono stati eseguiti lungo due profili distinti data la notevole estensione trasversale del percorso. A causa della forma convessa del pendio la valanga tende progressivamente ad allargarsi giungendo nella zona di deposito con la massima estensione trasversale. Si osservi che parte della massa al distacco potrebbe entrare direttamente nel canale della valanga 1, (valanga del monte Mater) andando ad interagire con la diga di ritenuta posta immediatamente a monte dell'abitato di Madesimo. I due profili si differenziano principalmente nella zona di deposito dove le pendenze del terreno variano notevolmente. In particolare Il *profilo 5*, in destra orografica e interagente direttamente con l'abitato di Zerbi, è caratterizzato dalle pendenze minori e i calcoli eseguiti sulla base di questo profilo forniranno le distanze di arresto minori. Al contrario, il *profilo 5b*, in sinistra orografica, è più pendente e quindi le distanze di arresto risulteranno maggiori.

Analogamente, le pendenze delle zone di distacco variano leggermente in funzione al profilo di calcolo. Per questo motivo i volumi delle due simulazioni risultano leggermente diversi.

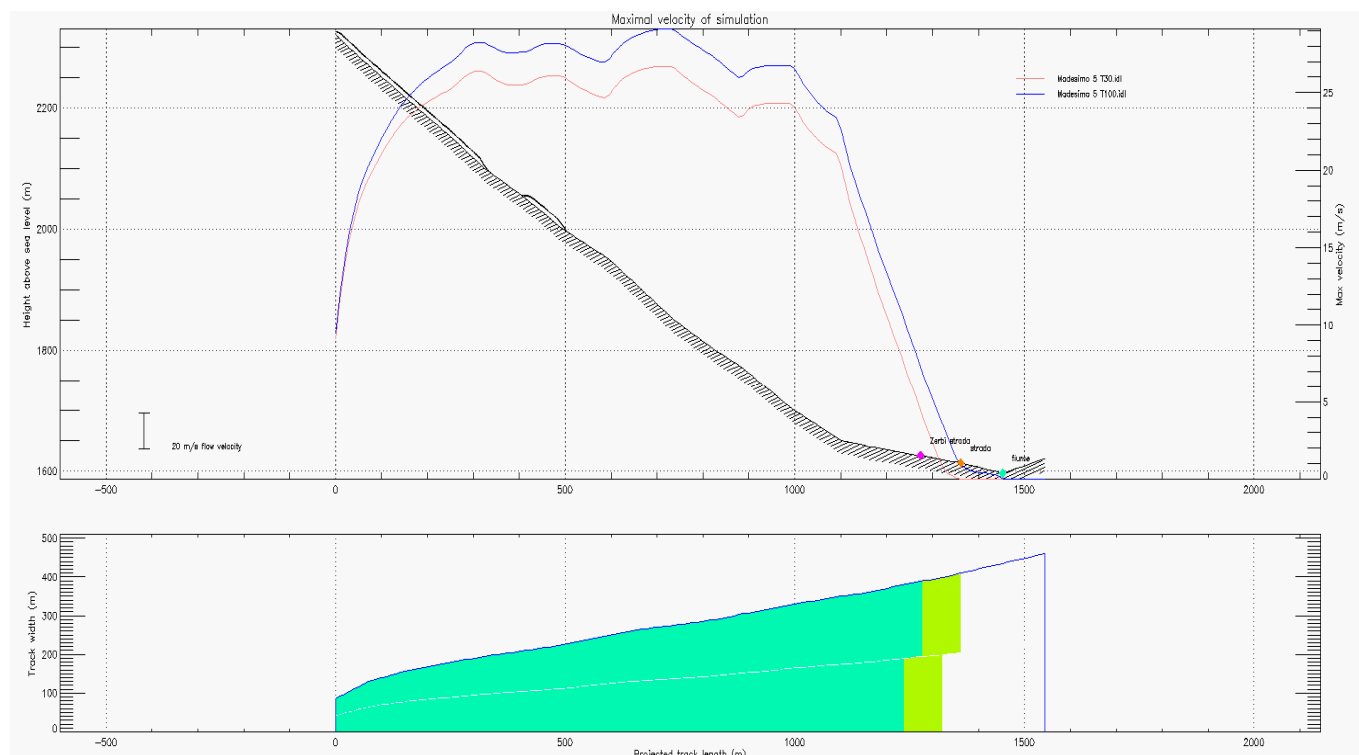


Figura 15: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 5.

I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati rispettivamente:

- per il *profilo 5* a quota **1'618,60 m s.l.m. (40 m a monte della strada comunale)** e **1'613,00 m s.l.m. (sulla strada comunale)**;
- per il *profilo 5b* a quota **1'622,86 m s.l.m. (90 m a monte della strada comunale)** e **1'601,00 m s.l.m. (40 m a valle della strada comunale)**.

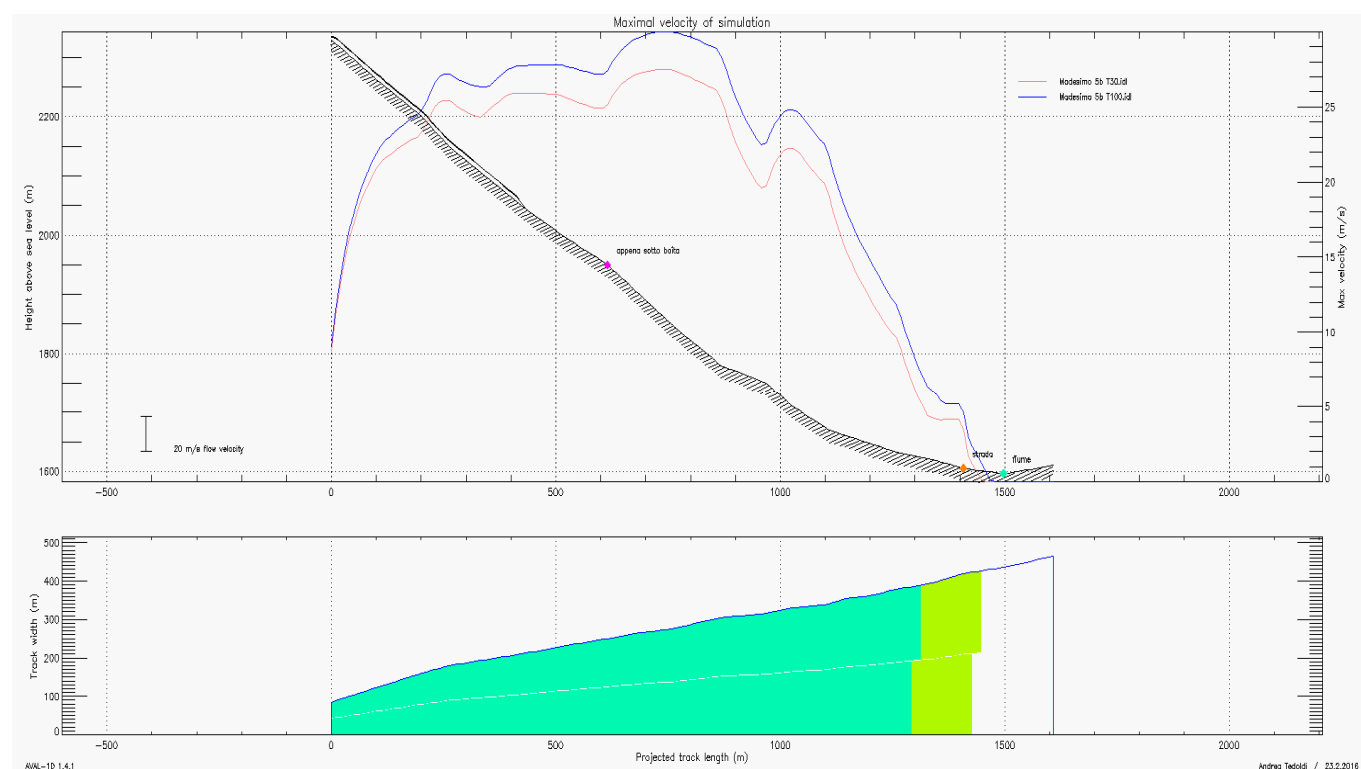


Figura 16: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 5b

7.4.6 Valanga 6

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo è stato utilizzato il *profilo 6* ed utilizzati i parametri riportati rispettivamente in tabella 3. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono di grosse dimensioni.

I limiti sono stati scelti sulla base della simulazione centennale in quanto la ricerca storica non ha rilevato eventi per la valanga in esame. Questa valanga è stata comunque valutata (non è presente nelle carte CLPV) in quanto l'analisi delle pendenze ha rilevato un area di potenziale distacco di neve (vedi figura 5 area di distacco 6) ed in un video di un filmato del 1975 si rileva il segno di un distacco di un lastrone di neve senza però avere visione della zona di scorrimento e di arresto.

Il limite della zona rossa e blu individuati dalla simulazione sono posti rispettivamente a quota **1'570,00 m s.l.m. (95 m a monte della strada comunale)** e **1'555,00 m s.l.m. (sulla strada comunale)**.

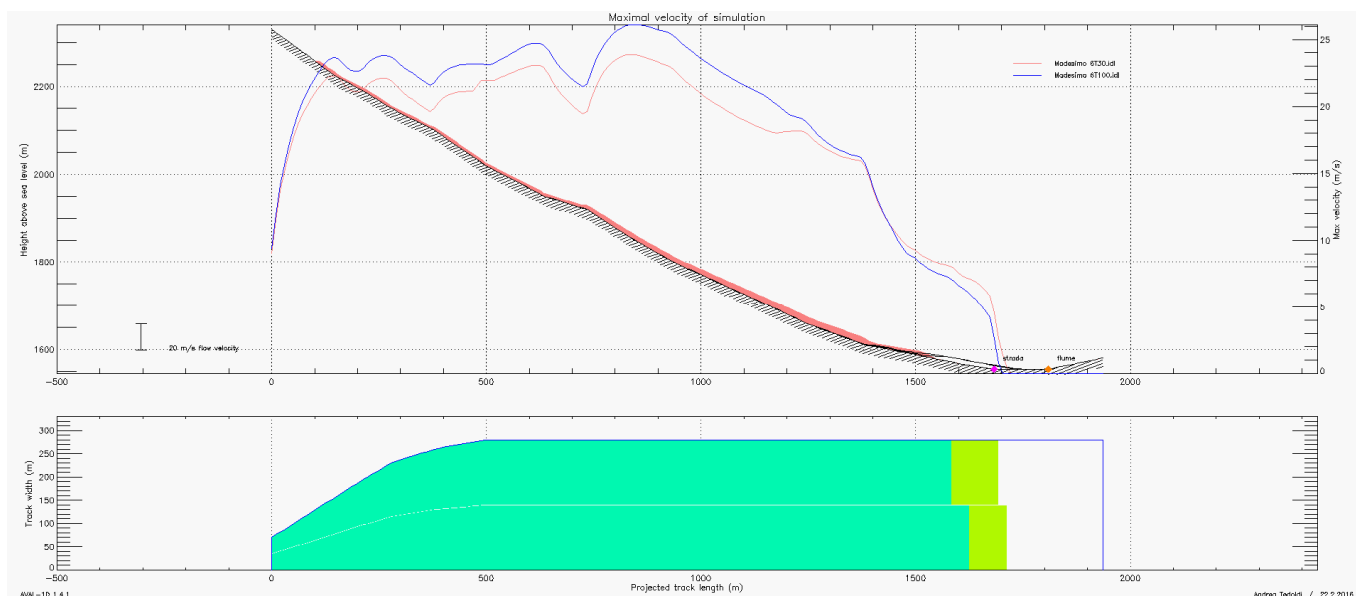


Figura 17: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 6

7.4.7 Valanga 7

I profili principali di calcolo nonché le larghezze trasversali della valanga sono stati ricavati dalle simulazioni bidimensionali svolte in precedenza. Per il calcolo è stato utilizzato il *profilo 7* ed utilizzati i parametri riportati rispettivamente al paragrafo 8.2 e 8.1. In entrambi i casi simulati (tempo di ritorno 100 e 30 anni) le valanghe sono risultate di medie dimensioni.

I risultati del calcolo sono riportati in tabella 6. I limiti della zona rossa e della zona blu sono posizionati rispettivamente a quota **1'564,00 m s.l.m. (78 m a monte della strada comunale)** e **1'561,92 m s.l.m. (58 m a monte della strada comunale)**.

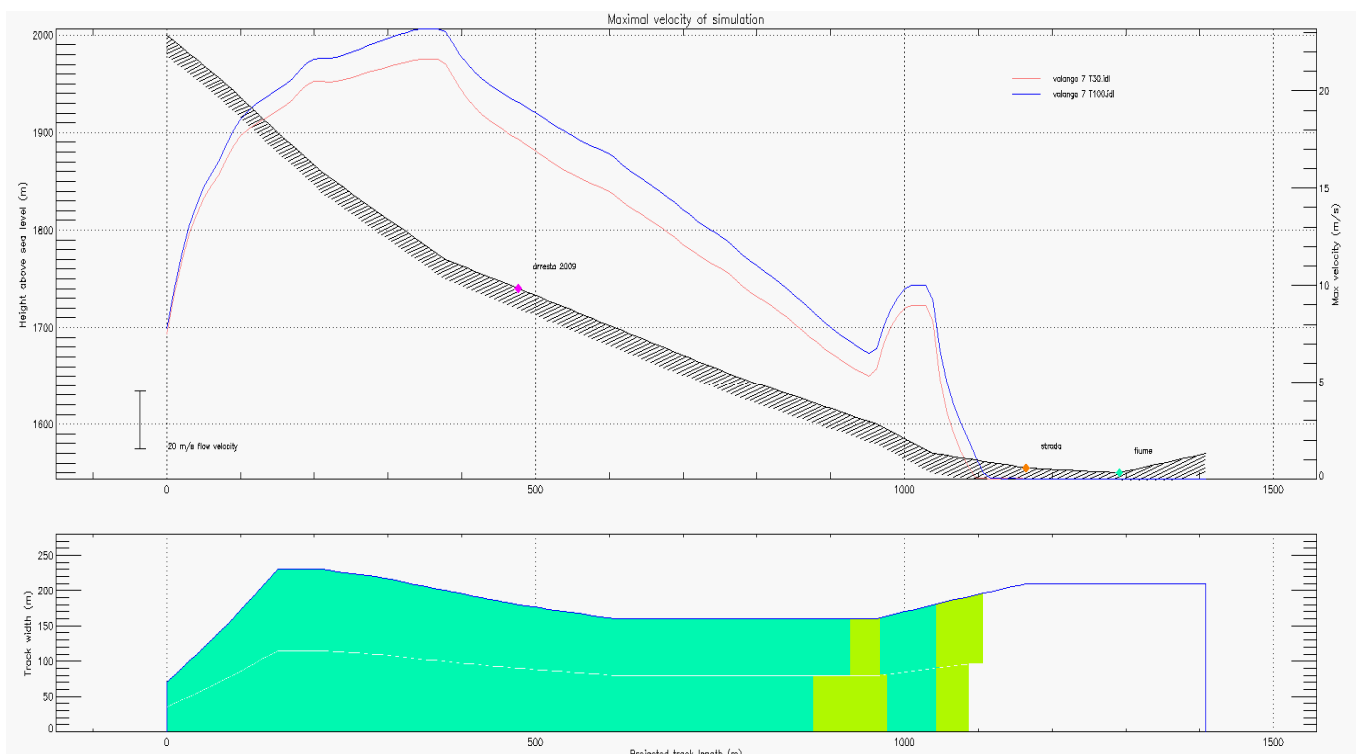


Figura 18: Velocità massime e distanze di arresto calcolate da AVAL-1d per T_{30} - T_{100} valanga 7

n.	Note	Tr	V m ³	q.ta zona rossa	q.ta zona blu	Riferimento strada comunale	Distanza del limite della zona rossa dalla strada comunale	Distanza del limite della zona blu dalla strada comunale
1	15% della massa al distacco supera il rilevato	100	267'718	1616.00	1587.27	strada	-134	20
	la valanga Tr 30 é fermata dalla diga	30	195'566	---	---	strada	---	---
1b	50% della massa a partire da quota 1750 m s.l.m. e 30% di 50% supera rilevato nuovo sia per Tr ₃₀ che Tr ₁₀₀	100	267'718	1608.00	1566.67	strada	-310	-74
		30	195'566	1604.00	1570.00	strada	-290	-95
2	Valanghe di piccole dimensioni	100	27'119	1651.25	1642.50	strada	-168	-99
		30	23'421	1666.67	1655.00	strada	-276	-196
3	Valanghe di piccole dimensioni	100	21'949	1645.00	1638.89	strada	-206	-148
		30	18'657	1646.00	1640	strada	-216	-158
4	Valanga di grosse dimensioni	100	88'441	1603.64	1609.09	strada	80	110
		30	76'900	1600	1605.45	strada	60	90
5	Minore pendenza nella zona di deposito	100	104'696	1623.75	1613.00	strada	-78	0
		30	92'615	1629.09	1618.60	strada	-119	-40
5b	Maggiore pendenza nella zona di deposito	100	99'578	1622.86	1601.00	strada	-90	40
		30	87'629	1625.71	1603.00	strada	-110	20
6	La Nave T 100 valanga rara	100	91'022	1570.00	1555	strada	-95	0
	La Nave T 30 nessun dato storico su distacco	30	79'925	---	---	strada	---	---
7	Pianello	100	49'667	1570.00	1561.92	strada	-117-	-58
		30	43'189	1568.65	1564.23	strada	-117	-78

Tabella 6. Risultati principali delle simulazioni effettuate.

Per ogni valanga vengono riportati i limiti di quota della zona rossa e blu per i tempi di ritorno di 100 e 30 anni. I valori in colore rosso sono quelli scelti per la definizione del limite della zona rossa, i valori in colore blu sono quelli scelti per il limite della zona blu.

Inoltre per ogni valanga sono state riportate le distanze dei limiti della zona rossa e blu riferite alla strada comunale. I valori in colore rosso sono quelli scelti per la definizione del limite della zona rossa, i valori in colore blu sono quelli scelti per il limite della zona blu.

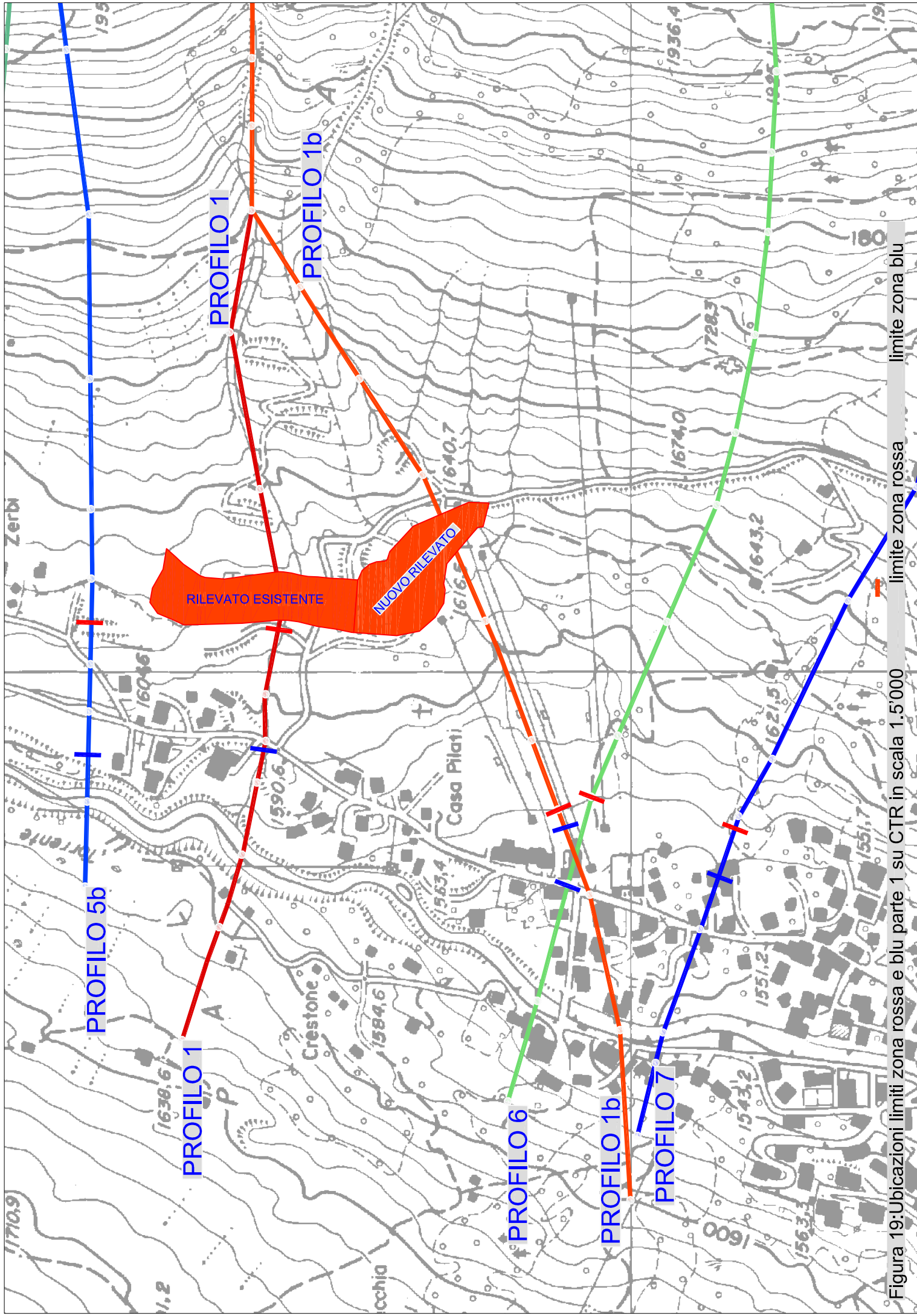


Figura 19: Ubicazioni limiti zona rossa e blu parte 1 su CTR in scala 1:5'000

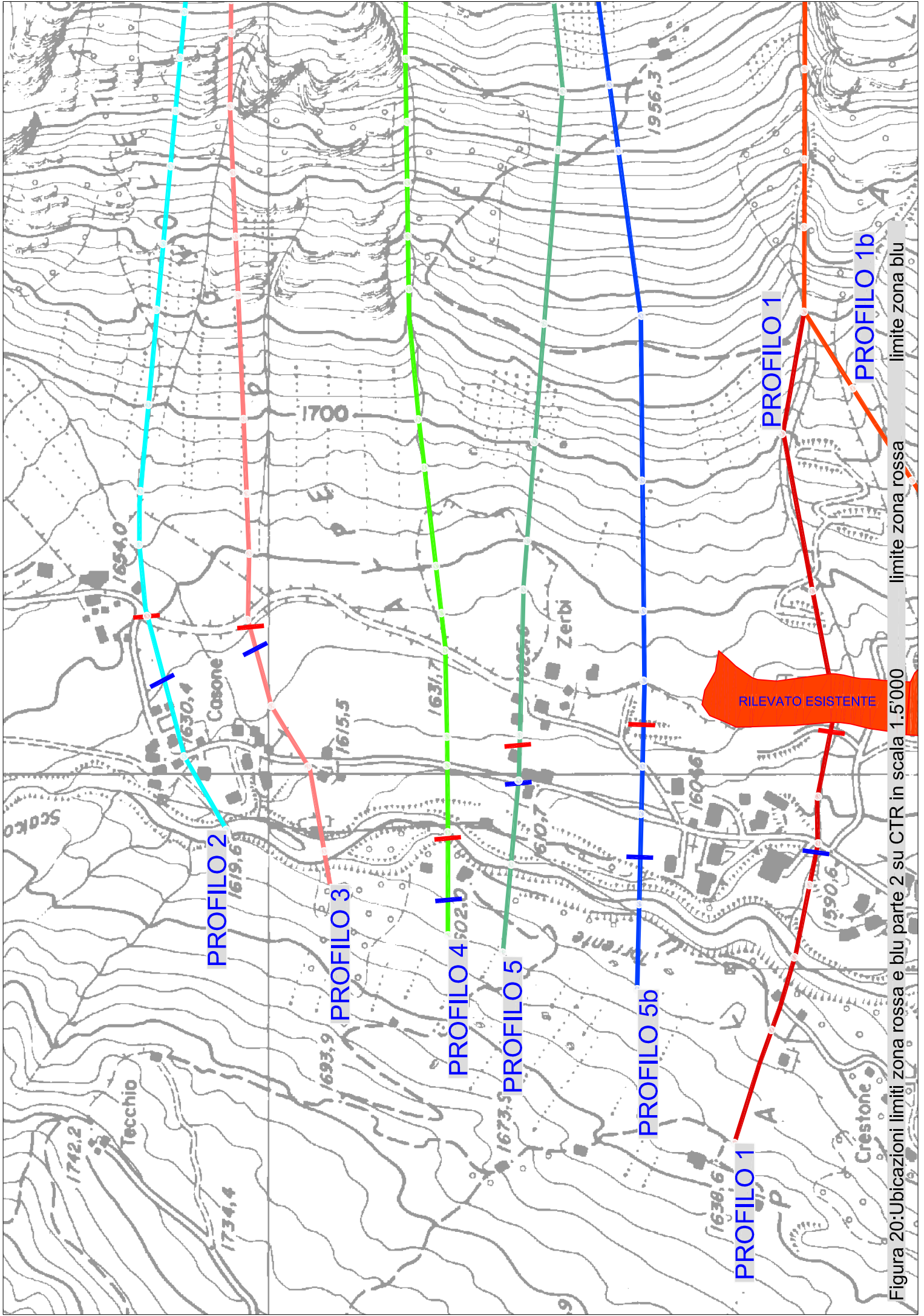


Figura 20: Ubicazioni limiti zona rossa e blu parte 2 su CTR in scala 1:5'000

8.0 STESURA DELLE MAPPE DI PERICOLO

Le linee di zonizzazione sono state tracciate basandosi:

- Sulle simulazioni effettuate
- sulla conformazione topografica locale del terreno che potrebbe favorire delle direzioni principali di scorrimento. Tale comportamento è messo in luce dalle simulazioni bidimensionali, dall'analisi degli eventi storici e da osservazioni sul campo che hanno evidenziato la presenza di avallamenti o irregolarità del terreno;
- sulla presenza di strutture di difesa e dal loro stato di mantenimento;
- sulla confluenza nella stessa area di più eventi valanghivi;
- sull'esperienza del professionista.

In appendice 1 vengono confrontati il perimetro della zona rossa vigente con quella proposta mentre nell'appendice 2 viene riportata la proposta di nuova mappatura del pericolo valanghe per gli ambiti territoriali analizzati.

Le tavole allegate (5Ca-var; 5Cb-var, 17A-var) riguardano l'aggiornamento delle classi di fattibilità e della carta PAI (arretramento perimetrazione Vm conseguente all'arretramento della zona rossa) effettuato in funzione della presente relazione nivologica e di dinamica valanghiva.

9.0 CONCLUSIONI

9.1 CONSIDERAZIONI FINALI

A conclusione di questo lavoro è necessario puntualizzare che molte abitazioni e infrastrutture di vario tipo permangono all'interno dell'area di pericolo rossa e blu anche a seguito del potenziamento dell'opera passiva principale. La situazione di pericolo è aggravata dal fatto che nessuna delle costruzioni in esame è stata dimensionata per resistere all'impatto con una valanga. Per ridurre il rischio che possano verificarsi incidenti per le persone o animali si ritiene fondamentale che vengano presi i seguenti provvedimenti:

1. Elaborazione di un concetto di sicurezza che preveda la definizione di un gruppo di responsabili e tecnici incaricato dell'organizzazione della:
 - stesura di un piano di evacuazione;
 - stesura di un piano di **mantenimento dell'efficacia delle opere di protezione** (verifica funzionalità opere passive e rimozione degli accumuli di neve da valanga tramite monitoraggio delle opere, verifica funzionalità opere attive in zona di distacco);
 - **stesura di un piano per l'osservazione nivo-meteorologica** comprensivo dell'installazione di stazioni di rilevamento dati meteo e altezza neve **(requisiti minimi anemometro in zona di distacco e paline per ogni zona di distacco)**;
 - mantenimento di un catasto valanghe.
2. **Miglioramento ed integrazione delle attuali opere di difesa soprattutto per la valanga n.7.**

Si ricorda infine che, anche se non esistono dati storici che dimostrino la possibilità del verificarsi un evento di tipo polveroso, si ritiene opportuno considerare l'eventualità che tale evento potrebbe superare le zone rosse e blu (corrispondenti al calcolo delle valanghe dense) delle mappe di pericolo andando indicativamente a ricoprire l'area indicata nelle mappe con il colore giallo.

9.2 PRESCRIZIONI L.R. 12/05 ALLEGATO 3

9.2.1 Zona rossa (zona ad elevata pericolosità)

A queste aree deve essere attribuita la classe 4 di fattibilità.

Sono comunque da escludersi i cambi di destinazione d'uso e più in generale ogni modificazione all'uso del suolo che comporti un aumento del numero di persone esposte al pericolo.

A tale norma generale sarà possibile derogare limitatamente alla realizzazione di volumi tecnici, qualora gli stessi assolvano a funzioni di pubblica utilità e sia comunque dimostrato che la loro realizzazione non sia fonte di aumento di rischio. Tali volumi tecnici non dovranno implicare la presenza umana stabile nelle stagioni favorevoli al manifestarsi di attività valanghiva e dovranno essere realizzati con tecniche costruttive in grado di resistere agli effetti attesi di eventi valanghivi con tempi di ritorno adeguatamente cautelativi. Dovrà inoltre essere verificato che l'effetto dei volumi tecnici sul moto delle masse nevose non produca possibili estensioni delle aree potenzialmente interessate dalle valanghe; in caso affermativo, e qualora non sia possibile ubicare i volumi tecnici in una differente posizione, si dovrà procedere alla perimetrazione delle aree esposte al pericolo valanghe.

Per gli edifici ricadenti in zona rossa già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto di fenomeni valanghivi progressi, sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità

Per gli edifici esistenti deve essere predisposto un programma di evacuazione ai sensi della L. 225 del 24/02/92

9.2.2 Zona blu (zona a moderata pericolosità)

Alle zone blu può essere attribuita la classe di fattibilità 3, ma esclusivamente con le seguenti limitazioni e prescrizioni.

La realizzazione di volumi accessori alla residenza funzionalmente connessi ad essa, quali piccole autorimesse o piccoli depositi, la ristrutturazione e/o l'ampliamento più consistente dei fabbricati esistenti, parziali cambi di destinazione d'uso o la realizzazione di nuovi edifici nelle zone meno esposte e con indici di densità edilizia particolarmente ridotti (non superiori a $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$) è considerata ammissibile solo se sussistono le seguenti condizioni:

nelle analisi propedeutiche alla redazione dello strumento urbanistico, sia dimostrata ed espressamente dichiarata l'impossibilità di localizzare i previsti interventi in contesti territoriali diversi;

i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantirne la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;

nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi edifici ed a quelli interessati da ampliamento o ristrutturazione.

Nelle zone blu sono comunque da escludersi la realizzazione o il potenziamento di insediamenti e/o infrastrutture implicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

9.2.3 Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Alle zone gialle può essere attribuita la classe di fattibilità 2 con le seguenti prescrizioni:

i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantire la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale sia di tipo polveroso che denso. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;

nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione, siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi interventi previsti.

Gli insediamenti residenziali in area gialla devono essere realizzati con densità edilizia ridotta e deve essere tendenzialmente evitata la previsione di realizzazione o potenziamento di insediamenti implicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

9.2.4 Zona bianca

In queste aree non sono previste limitazioni di carattere urbanistico.

9.3 CORRELAZIONI CARTA PAI

Al fine di evitare incongruenze tra carta relativa al Piano di Assetto Idrogeologico e carta di fattibilità geologica si ritiene opportuno aggiornare la carta PAI acquisendo il parere delle strutture regionali competenti.

**CARTA DI CONFRONTO TRA LIMITE ZONA ROSSA ATTUALE E NUOVA PROPOSTA
ZONE ESPOSTE AL PERICOLO VALANGHE (AMBITI MONTE MATER - ZERBI - PIANELLO)**

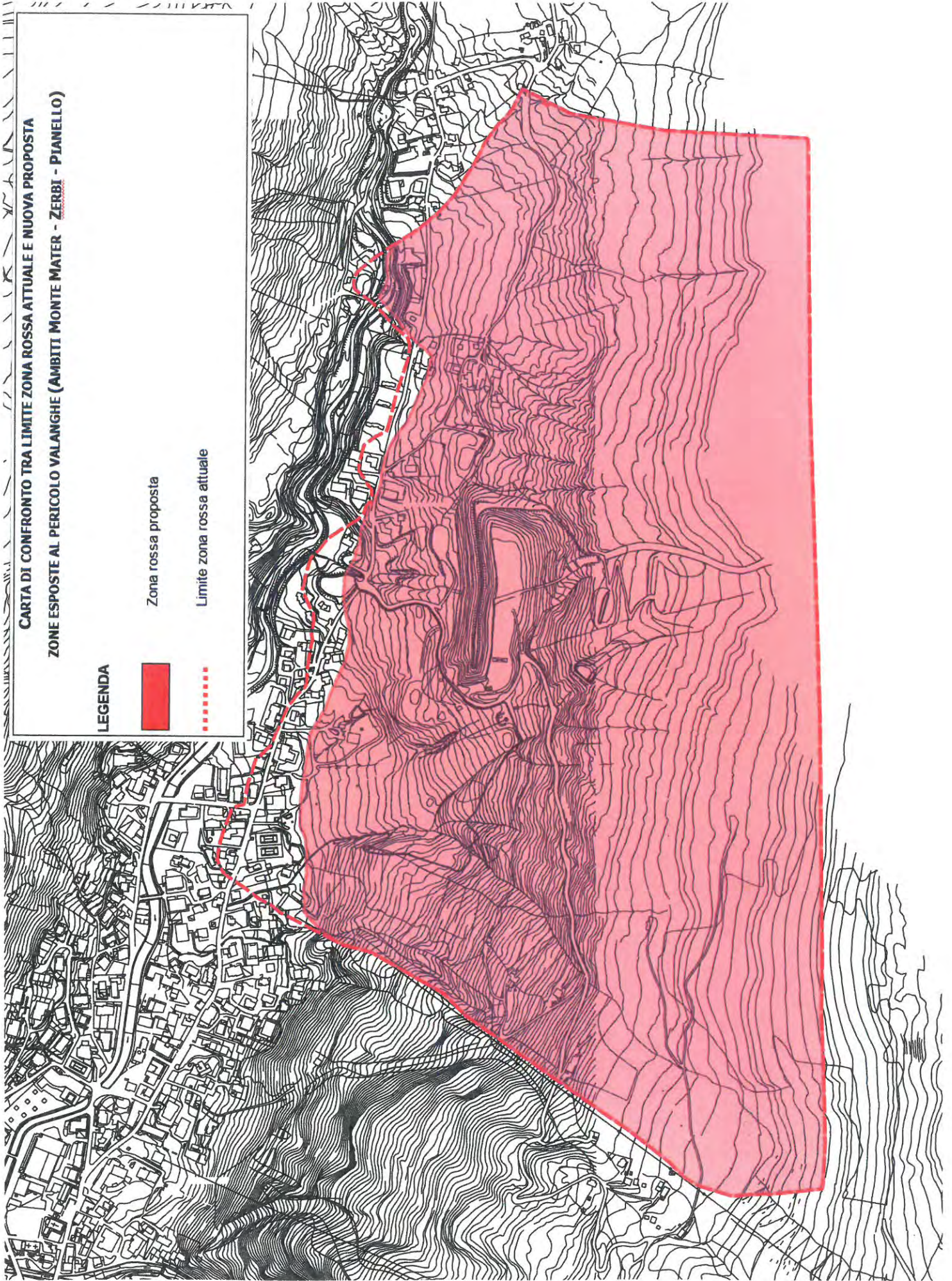
LEGENDA



Zona rossa proposta

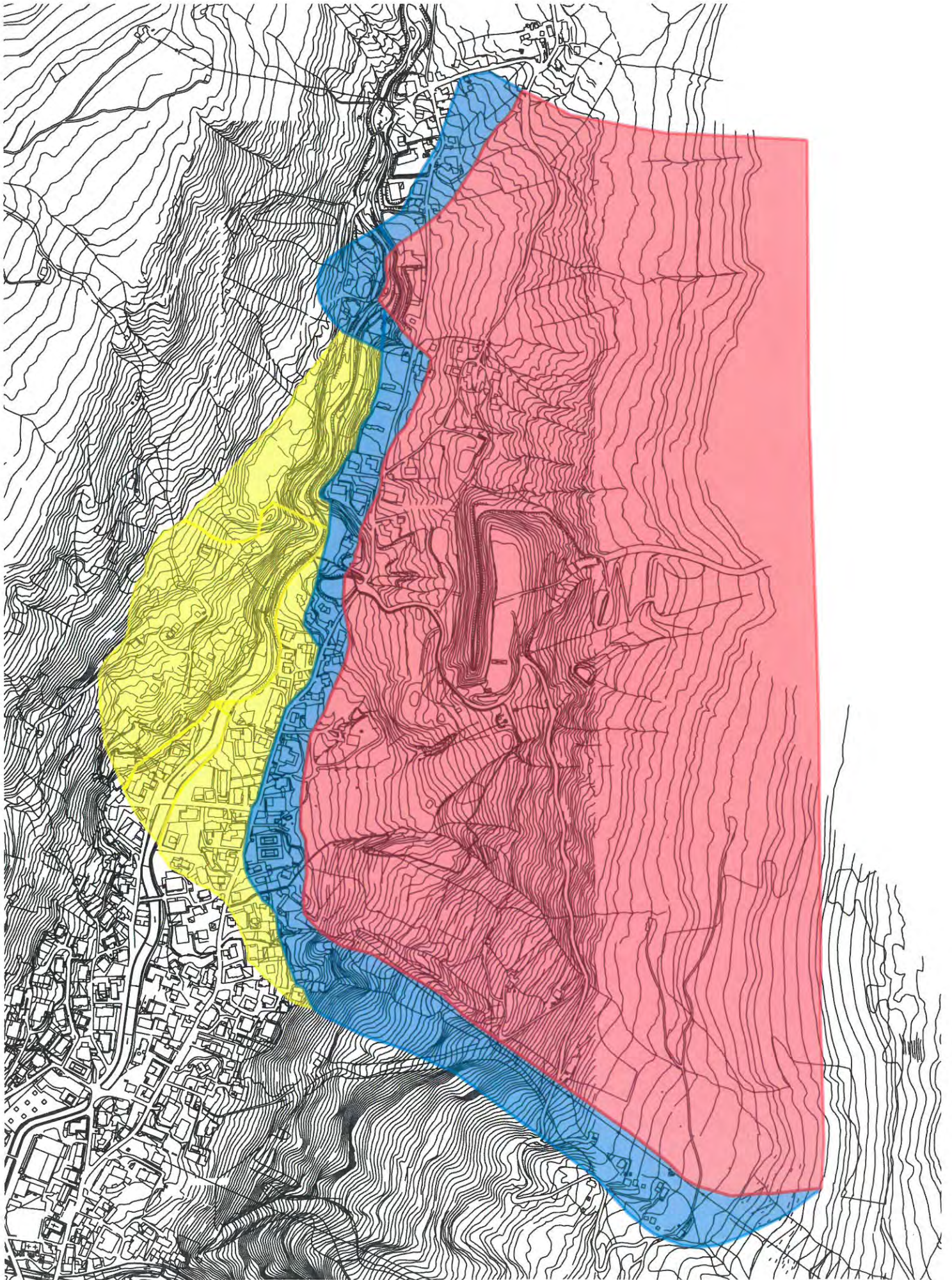


Limite zona rossa attuale



100 0 100 200 300 400 m





100 0 100 200 300 400 m



DOTT. ANDREA TEDOLDI

COMUNE DI MADESIMO
PROVINCIA DI SONDRIO

AGGIORNAMENTO MAPPATURA PER LA
PIANIFICAZIONE DELLE ZONE ESPOSTE AL
PERICOLO VALANGHE
(AMBITI MONTE MATER - ZERBI - PIANELLO)

ELABORATI DI CALCOLO

(L.R. N.12 11 MARZO 2005)

PRATA CAMPORTACCIO, GENNAIO 2016

GEOLOGO

Viale Italia, 21
23020 Prata Camportaccio, SO

Tel. 0343 20052
info@andreatedoldi.com

DOTT. GEOLOGO
ANDREA TEDOLDI
FIRMATO DIGITALMENTE

INDICE

INDICE	3
1.0 Valanga 1 T30.....	4
2.0 Valanga 1 T100.....	6
3.0 Valanga 1 T100 15 5% massa supera rilevato	9
4.0 Valanga 1B T30 (50% massa valanga 1) 30% supera rilevato nuovo	10
5.0 Valanga 1B T100 (50% massa valanga 1) 30% supera rilevato nuovo	12
6.0 Valanga 2 T30.....	13
7.0 Valanga 2 T100.....	16
8.0 Valanga 3 T30.....	18
9.0 Valanga 3 T100.....	20
10.0 Valanga 4 T30.....	22
11.0 Valanga 4 T100.....	25
12.0 Valanga 5 T30.....	28
13.0 Valanga 5 T100.....	30
14.0 Valanga 5b T30.....	33
15.0 Valanga 5b T100.....	36
16.0 Valanga 6 T100.....	38
17.0 Valanga 7 T30.....	41
18.0 Valanga 7 T100.....	43

1.0 VALANGA 1 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 150.00

Mass flux limit (m³/s) 79

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30

Overall max velocity (m/s) 38.65

Overall max height (m) 3.06

Total volume in system (m³) 196566

Minimal mass flux condition (m³/s) 79

Total mass in system (t) 58970

Mass error in system -2.089506e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 2.64

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m) 1985.13

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1590.00

Mean mass position (half of the mass above/below this position)

a) projected avalanche length (m) 1882.93

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1610.00

Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)

from (m) 1646.32

to (m) 2117.14

Mean deposition depth (m) 1.72

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00

Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30

Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 2097.00

Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m) 2127.00

Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 30.00

Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1575.00

Height above sea level of end of low pressure zone (m) 1579.71

---> Control value of length of the avalanche (m) 2320.00

Monitoring points

deviazione:

Max velocity (m/s) 29.17

Max flowheight (m) 2.05

diga:	
Max velocity (m/s)	16.28
Max flowheight (m)	2.36
strada:	
Max velocity (m/s)	12.26
Max flowheight (m)	2.74
fiume:	
Max velocity (m/s)	6.03
Max flowheight (m)	2.92
Distance deviazione: - end of high pressure zone (m)	708
Distance deviazione: - end of low pressure zone (m)	738
Distance diga: - end of high pressure zone (m)	266
Distance diga: - end of low pressure zone (m)	297
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	112
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	142
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	0
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	30

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527600
Endmark y	5143490
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529880	5143520	2620.0	270.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529790	5143510	2560.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529700	5143500	2500.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529640	5143490	2450.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529515	5143476	2370.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1529390	5143460	2300.0	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1529300	5143450	2250.0	300.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1529190	5143440	2200.0	290.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1529120	5143430	2150.0	285.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1529060	5143430	2110.0	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528990	5143420	2050.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528920	5143420	2000.0	240.0	0.0	0.0	0.0	0.0

12	1528850	5143410	1950.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528770	5143420	1900.0	220.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528670	5143410	1850.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528600	5143420	1800.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528500	5143410	1750.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528370	5143440	1700.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528210	5143400	1650.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1528070	5143370	1620.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527970	5143400	1600.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527920	5143400	1590.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1527810	5143420	1575.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1527740	5143430	1586.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1527680	5143450	1600.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1527600	5143490	1628.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2000	1.15	1	0	33.5	108.6	0.00
1	0.17	2000	1.15	1	0	33.5	108.6	0.00
2	0.17	2000	1.15	1	0	39.4	78.7	0.00
3	0.17	2000	1.15	1	0	32.5	149.1	0.00
4	0.17	2000	0.00	0	0	29.1	144.2	0.00
5	0.17	2000	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
6	0.17	2000	0.00	0	0	24.4	121.2	0.00
7	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.17	2000	0.00	0	0	33.7	72.1	0.00
9	0.17	2000	0.00	0	0	40.3	92.7	0.00
10	0.17	2000	0.00	0	0	35.5	86.0	0.00
11	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
12	0.21	1500	0.00	0	1	31.8	94.9	0.00
13	0.21	1500	0.00	0	1	26.5	112.2	0.00
14	0.21	1500	0.00	0	1	35.3	86.6	0.00
15	0.21	1500	0.00	0	1	26.5	112.2	0.00
16	0.17	2000	0.00	0	0	20.5	142.5	0.00
17	0.19	1750	0.00	0	0	16.9	172.3	0.00
18	0.19	1750	0.00	0	0	11.8	146.3	0.00
19	0.19	1750	0.00	0	0	10.8	106.3	0.00
20	0.19	1750	0.00	0	0	11.3	51.0	0.00
21	0.19	1750	0.00	0	0	7.6	112.8	0.00
22	0.19	1750	0.00	0	0	-8.8	71.6	0.00
23	0.19	1750	0.00	0	0	-12.5	64.8	0.00
24	0.19	1750	0.00	0	0	-17.4	93.7	0.00

2.0 VALANGA 1 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s)	132.00
Mass flux limit (m ³ /s)	107
<u>General simulation parameters</u>	
Calculated return period (years)	100
Overall max velocity (m/s)	47.74
Overall max height (m)	5.44
Total volume in system (m ³)	267718
Minimal mass flux condition (m ³ /s)	107
Total mass in system (t)	80315
Mass error in system	-1.257588e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	3.84
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	2076.60
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1577.73
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1935.13
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1600.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1697.77
to (m)	2167.64
Mean deposition depth (m)	2.11

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	2107.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	2147.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	40.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1576.57
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1582.86
---> Control value of length of the avalanche (m)	2320.00

Monitoring points

deviazione:

Max velocity (m/s)	38.30
Max flowheight (m)	2.77

diga:

Max velocity (m/s)	22.15
Max flowheight (m)	2.54

strada:

Max velocity (m/s)	15.18
--------------------	-------

Max flowheight (m)	3.03
fiume:	
Max velocity (m/s)	9.53
Max flowheight (m)	5.43
Distance deviazione: - end of high pressure zone (m)	718
Distance deviazione: - end of low pressure zone (m)	758
Distance diga: - end of high pressure zone (m)	276
Distance diga: - end of low pressure zone (m)	317
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	122
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	162
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	10
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	51

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	0
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527600
Endmark y	5143490
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529880	5143520	2620.0	284.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529790	5143510	2560.0	421.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529700	5143500	2500.0	448.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529640	5143490	2450.0	551.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529515	5143476	2370.0	538.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1529390	5143460	2300.0	441.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1529300	5143450	2250.0	383.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1529190	5143440	2200.0	345.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1529120	5143430	2150.0	309.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1529060	5143430	2110.0	288.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528990	5143420	2050.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528920	5143420	2000.0	247.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528850	5143410	1950.0	244.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528770	5143420	1900.0	241.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528670	5143410	1850.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0

15	1528600	5143420	1800.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528500	5143410	1750.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528370	5143440	1700.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528210	5143400	1650.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1528070	5143370	1620.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527970	5143400	1600.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527920	5143400	1590.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1527810	5143420	1575.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1527740	5143430	1586.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1527680	5143450	1600.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1527600	5143490	1628.0	234.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.16	2500	1.30	1	0	33.5	108.6	0.00
1	0.16	2500	1.30	1	0	33.5	108.6	0.00
2	0.16	2500	1.30	1	0	39.4	78.7	0.00
3	0.16	2500	1.30	1	0	32.5	149.1	0.00
4	0.16	2500	0.00	0	0	29.1	144.2	0.00
5	0.16	2500	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
6	0.16	2500	0.00	0	0	24.4	121.2	0.00
7	0.16	2500	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.16	2500	0.00	0	0	33.7	72.1	0.00
9	0.16	2500	0.00	0	0	40.3	92.7	0.00
10	0.16	2500	0.00	0	0	35.5	86.0	0.00
11	0.16	2500	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
12	0.20	1750	0.00	0	1	31.8	94.9	0.00
13	0.20	1750	0.00	0	1	26.5	112.2	0.00
14	0.20	1750	0.00	0	1	35.3	86.6	0.00
15	0.20	1750	0.00	0	1	26.5	112.2	0.00
16	0.16	2500	0.00	0	0	20.5	142.5	0.00
17	0.18	2000	0.00	0	0	16.9	172.3	0.00
18	0.18	2000	0.00	0	0	11.8	146.3	0.00
19	0.18	2000	0.00	0	0	10.8	106.3	0.00
20	0.18	2000	0.00	0	0	11.3	51.0	0.00
21	0.18	2000	0.00	0	0	7.6	112.8	0.00
22	0.18	2000	0.00	0	0	-8.8	71.6	0.00
23	0.18	2000	0.00	0	0	-12.5	64.8	0.00
24	0.18	2000	0.00	0	0	-17.4	93.7	0.00

3.0 VALANGA 1 T100 15 5% MASSA SUPERA RILEVATO

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1771.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1925.00

Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	154.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1616.00
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1587.27
---> Control value of length of the avalanche (m)	2240.00

Monitoring points

deviazione:

Max velocity (m/s)	25.65
Max flowheight (m)	0.16

diga:

Max velocity (m/s)	9.18
Max flowheight (m)	0.43

strada:

Max velocity (m/s)	2.57
Max flowheight (m)	1.01

fiume:

Max flowheight (m)	0.00
--------------------	------

Distance deviazione: - end of high pressure zone (m) 462

Distance deviazione: - end of low pressure zone (m) 616

Distance diga: - end of high pressure zone (m) 21

Distance diga: - end of low pressure zone (m) 175

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -134

Distance strada: - end of low pressure zone (m) 20

Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -245

Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -91

4.0 VALANGA 1B T30 (50% MASSA VALANGA 1) 30% SUPERA RILEVATO NUOVO

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 233.00

Mass flux limit (m³/s) 12

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30

Overall max velocity (m/s) 15.02

Overall max height (m) 1.34

Total volume in system (m³) 28918

Minimal mass flux condition (m³/s) 12

Total mass in system (t) 8675

Mass error in system -1.686769e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	1.34
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	2043.22
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1580.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1954.02
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1598.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1724.50
to (m)	2182.62
Mean deposition depth (m)	0.37

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1804.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1999.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	195.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1604.00
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1570.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	2454.00

Monitoring points

deviazione:

Max velocity (m/s)	12.87
Max flowheight (m)	0.13

diga nuova:

Max velocity (m/s)	8.22
Max flowheight (m)	0.42

strada:

Max velocity (m/s)	0.02
Max flowheight (m)	0.00

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance deviazione: - end of high pressure zone (m) 536

Distance deviazione: - end of low pressure zone (m) 731

Distance diga nuova: - end of high pressure zone (m) 30

Distance diga nuova: - end of low pressure zone (m) 225

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -290

Distance strada: - end of low pressure zone (m) -95
 Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -448
 Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -253

5.0 VALANGA 1B T100 (50% MASSA VALANGA 1) 30% SUPERA RILEVATO NUOVO

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 198.00
 Mass flux limit (m³/s) 15

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100
 Overall max velocity (m/s) 8.45
 Overall max height (m) 1.42
 Total volume in system (m³) 37892
 Minimal mass flux condition (m³/s) 15
 Total mass in system (t) 11368
 Mass error in system -1.308715e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 1.42
 Position of Maximal Depth
 a) projected avalanche length (m) 2043.22
 b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1580.00
 Mean mass position (half of the mass above/below this position)
 a) projected avalanche length (m) 1954.02
 b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1598.00
 Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)
 from (m) 1744.53
 to (m) 2161.54
 Mean deposition depth (m) 0.52

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00
 Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30
 Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 1794.00
 Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m) 2030.00
 Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 236.00
 Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1608.00
 Height above sea level of end of low pressure 1566.67

zone (m)
---> Control value of length of the avalanche (m) 2464.00

Monitoring points

deviazione:

Max velocity (m/s) 7.93
Max flowheight (m) 0.22

diga nuova:

Max velocity (m/s) 7.20
Max flowheight (m) 0.56

strada:

Max velocity (m/s) 0.02
Max flowheight (m) 0.00

fiume:

Max velocity (m/s) 0.00
Max flowheight (m) 0.00

Distance deviazione: - end of high pressure zone (m) 516

Distance deviazione: - end of low pressure zone (m) 752

Distance diga nuova: - end of high pressure zone (m) 10

Distance diga nuova: - end of low pressure zone (m) 246

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -310

Distance strada: - end of low pressure zone (m) -74

Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -468

Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -232

6.0 VALANGA 2 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 87.00

Mass flux limit (m³/s) 9

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30

Overall max velocity (m/s) 25.44

Overall max height (m) 1.61

Total volume in system (m³) 23421

Minimal mass flux condition (m³/s) 9

Total mass in system (t) 7026

Mass error in system -1.126619e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 1.61

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m)	695.29
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1670.00

Mean mass position (half of the mass above/below this position)

a) projected avalanche length (m)	695.29
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1670.00

Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)

from (m)	614.80
to (m)	778.32
Mean deposition depth (m)	0.86

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	30.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	717.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	797.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	80.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1666.67
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1655.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	1082.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s)	0.02
Max flowheight (m)	0.00

strada:

Max velocity (m/s)	0.01
Max flowheight (m)	0.00

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -118

Distance strada: - end of low pressure zone (m) -38

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -276

Distance strada: - end of low pressure zone (m) -196

Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -365

Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -285

Input parameters:

Info:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	0
Red/blue pressure limit (kPa)	30.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527934
Endmark y	5144055
Friction category	2

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529000	5144060	2120.0	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528920	5144070	2070.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528830	5144080	2000.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528780	5144090	1950.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528720	5144090	1900.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528660	5144100	1850.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528580	5144110	1800.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528500	5144120	1750.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528400	5144130	1700.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528310	5144140	1670.0	135.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528246	5144135	1660.0	140.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528172	5144121	1650.0	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528019	5144081	1630.0	155.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1527934	5144055	1620.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.21	1750	0.95	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.21	1750	0.95	1	0	37.7	114.5	0.00
2	0.21	1750	0.00	0	0	44.4	71.4	0.00
3	0.21	1750	0.00	0	0	39.8	78.1	0.00
4	0.21	1750	0.00	0	0	39.4	78.7	0.00
5	0.21	1750	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
6	0.21	1750	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
7	0.21	1750	0.00	0	0	26.5	112.2	0.00
8	0.25	1500	0.00	0	0	18.3	95.4	0.00
9	0.25	1500	0.00	0	0	8.9	65.0	0.00
10	0.25	1500	0.00	0	0	7.6	76.0	0.00
11	0.25	1500	0.00	0	0	7.2	159.4	0.00
12	0.25	1500	0.00	0	0	6.4	89.4	0.00

7.0 VALANGA 2 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 75.00

Mass flux limit (m³/s) 11

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100

Overall max velocity (m/s) 30.44

Overall max height (m) 1.11

Total volume in system (m³) 27119

Minimal mass flux condition (m³/s) 11

Total mass in system (t) 8136

Mass error in system -9.220765e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 0.99

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m) 778.32

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1657.50

Mean mass position (half of the mass above/below this position)

a) projected avalanche length (m) 759.49

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1660.00

Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)

from (m) 655.05

to (m) 854.57

Mean deposition depth (m) 0.77

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00

Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30

Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 825.00

Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m) 894.00

Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 69.00

Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1651.25

Height above sea level of end of low pressure zone (m) 1642.50

---> Control value of length of the avalanche (m) 1082.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s) 5.89

Max flowheight (m) 0.88

strada:

Max velocity (m/s)	0.01
Max flowheight (m)	0.00
fiume:	
Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-9
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	59
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-168
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	-99
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	-256
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	-188

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	0
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.5
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527934
Endmark y	5144055
Friction category	1

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529000	5144060	2120.0	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528920	5144070	2070.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528830	5144080	2000.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528780	5144090	1950.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528720	5144090	1900.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528660	5144100	1850.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528580	5144110	1800.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528500	5144120	1750.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528400	5144130	1700.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528310	5144140	1670.0	135.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528246	5144135	1660.0	140.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528172	5144121	1650.0	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528019	5144081	1630.0	155.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1527934	5144055	1620.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2130	1.10	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.17	2130	1.10	1	0	37.7	114.5	0.00

2	0.17	2130	0.00	0	0	44.4	71.4	0.00
3	0.17	2130	0.00	0	0	39.8	78.1	0.00
4	0.17	2130	0.00	0	0	39.4	78.7	0.00
5	0.17	2130	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
6	0.17	2130	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
7	0.17	2130	0.00	0	0	26.5	112.2	0.00
8	0.19	1815	0.00	0	0	18.3	95.4	0.00
9	0.19	1815	0.00	0	0	8.9	65.0	0.00
10	0.19	1815	0.00	0	0	7.6	76.0	0.00
11	0.19	1815	0.00	0	0	7.2	159.4	0.00
12	0.19	1815	0.00	0	0	6.4	89.4	0.00

8.0 VALANGA 3 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 121.00
Mass flux limit (m³/s) 7

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30
Overall max velocity (m/s) 25.19
Overall max height (m) 2.13
Total volume in system (m³) 18657
Minimal mass flux condition (m³/s) 7
Total mass in system (t) 5597
Mass error in system -1.544674e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 2.13
Position of Maximal Depth
a) projected avalanche length (m) 725.82
b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1650.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)
a) projected avalanche length (m) 735.56
b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1649.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)
from (m) 672.78
to (m) 794.01
Mean deposition depth (m) 1.34

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 765.00
Distance begin of starting zone - end of low 823.00

pressure zone (m)
 Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 58.00
 Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1646.00
 Height above sea level of end of low pressure zone (m) 1640.00
 ---> Control value of length of the avalanche (m) 1083.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s) 0.62
 Max flowheight (m) 0.41

strada:

Max velocity (m/s) 0.01
 Max flowheight (m) 0.00

fiume:

Max velocity (m/s) 0.00
 Max flowheight (m) 0.00

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -58
 Distance strada: - end of low pressure zone (m) 0
 Distance strada: - end of high pressure zone (m) -216
 Distance strada: - end of low pressure zone (m) -158
 Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -318
 Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -259

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m) 10.0
 Dump interval (s) 1.0
 Max time (s) 600
 Return period (years) 1
 Red/blue pressure limit (kPa) 15.0
 Blue/white pressure limit (Pa) 0.3
 Rho (kg/m³) 300
 Lambda () 2.5
 Time step (s) 0.0050
 Endmark x 1527920
 Endmark y 5143923
 Friction category 2

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1528980	5144030	2100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528900	5144020	2050.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528840	5144030	2000.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528790	5144030	1950.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528720	5144020	1900.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0

5	1528640	5144030	1850.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528590	5144030	1800.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528520	5144030	1760.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528310	5144030	1670.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528257	5144028	1650.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528160	5144019	1640.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528074	5143995	1630.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528012	5143966	1622.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1527920	5143923	1610.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.21	1750	0.85	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.21	1750	0.85	1	0	39.4	78.7	0.00
2	0.21	1750	0.85	1	0	45.0	70.7	0.00
3	0.21	1750	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
4	0.21	1750	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
5	0.21	1750	0.00	0	0	45.0	70.7	0.00
6	0.21	1750	0.00	0	0	29.7	80.6	0.00
7	0.21	1750	0.00	0	0	23.2	228.5	0.00
8	0.25	1500	0.00	0	0	20.7	56.7	0.00
9	0.25	1500	0.00	0	0	5.9	97.9	0.00
10	0.25	1500	0.00	0	0	6.4	89.8	0.00
11	0.25	1500	0.00	0	0	6.7	68.9	0.00
12	0.25	1500	0.00	0	0	6.7	102.3	0.00

9.0 VALANGA 3 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 113.00
Mass flux limit (m³/s) 9

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100
Overall max velocity (m/s) 27.40
Overall max height (m) 2.31
Total volume in system (m³) 21949
Minimal mass flux condition (m³/s) 9
Total mass in system (t) 6585
Mass error in system -1.241426e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 2.31
Position of Maximal Depth
a) projected avalanche length (m) 725.82
b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1650.00

Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	735.56
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1649.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	672.78
to (m)	794.01
Mean deposition depth (m)	1.51

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	775.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	833.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	59.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1645.00
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1638.89
---> Control value of length of the avalanche (m)	1083.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s)	1.75
Max flowheight (m)	0.60

strada:

Max velocity (m/s)	0.01
Max flowheight (m)	0.00

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-49
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	10
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-206
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	-148
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	-308
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	-249

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3

Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527920
Endmark y	5143923
Friction category	2

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1528980	5144030	2100.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528900	5144020	2050.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528840	5144030	2000.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528790	5144030	1950.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528720	5144020	1900.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528640	5144030	1850.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528590	5144030	1800.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528520	5144030	1760.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528310	5144030	1670.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528257	5144028	1650.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528160	5144019	1640.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528074	5143995	1630.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528012	5143966	1622.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1527920	5143923	1610.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.21	1815	1.00	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.21	1815	1.00	1	0	39.4	78.7	0.00
2	0.21	1815	1.00	1	0	45.0	70.7	0.00
3	0.21	1815	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
4	0.21	1815	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
5	0.21	1815	0.00	0	0	45.0	70.7	0.00
6	0.21	1815	0.00	0	0	29.7	80.6	0.00
7	0.25	1500	0.00	0	0	23.2	228.5	0.00
8	0.25	1500	0.00	0	0	20.7	56.7	0.00
9	0.25	1500	0.00	0	0	5.9	97.9	0.00
10	0.25	1500	0.00	0	0	6.4	89.8	0.00
11	0.25	1500	0.00	0	0	6.7	68.9	0.00
12	0.25	1500	0.00	0	0	6.7	102.3	0.00

10.0 VALANGA 4 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 88.00

Mass flux limit (m³/s) 31

General simulation parameters

Calculated return period (years)	30
Overall max velocity (m/s)	30.46
Overall max height (m)	3.25
Total volume in system (m ³)	76900
Minimal mass flux condition (m ³ /s)	31
Total mass in system (t)	23070
Mass error in system	2.879848e-006

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	2.49
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	1393.86
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1604.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1273.66
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1625.20
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1133.36
to (m)	1413.86
Mean deposition depth (m)	1.70

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1244.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1274.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	30.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1600.00
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1605.45
---> Control value of length of the avalanche (m)	1354.00

Monitoring points

fiume:

Max velocity (m/s)	0.03
Max flowheight (m)	0.00

strada:

Max velocity (m/s)	17.63
Max flowheight (m)	2.02

strada:

Max velocity (m/s)	10.43
Max flowheight (m)	1.88

fiume:

Max velocity (m/s)	6.91
Max flowheight (m)	3.19
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	1414
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	1444
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	200
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	230
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	60
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	90
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	0
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	30

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527830
Endmark y	5143810
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529350	5143820	2320.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529270	5143820	2270.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529180	5143820	2230.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529130	5143820	2200.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529080	5143820	2170.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528990	5143830	2100.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528920	5143840	2050.0	155.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528870	5143840	2010.0	140.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528780	5143850	1950.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528710	5143840	1900.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528650	5143840	1850.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528590	5143840	1800.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528530	5143840	1760.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528380	5143830	1700.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528330	5143830	1680.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528230	5143820	1650.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528180	5143820	1640.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528140	5143820	1633.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528040	5143810	1620.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0

19	1528000	5143810	1612.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527940	5143810	1600.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527830	5143810	1620.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2000	0.00	0	0	32.0	94.3	0.00
1	0.17	2000	0.00	0	0	24.0	98.5	0.00
2	0.17	2000	1.00	1	0	31.0	58.3	0.00
3	0.17	2000	1.00	1	0	31.0	58.3	0.00
4	0.17	2000	1.00	1	0	37.7	114.5	0.00
5	0.17	2000	1.00	1	0	35.3	86.6	0.00
6	0.17	2000	1.00	1	0	38.7	64.0	0.00
7	0.17	2000	1.00	1	0	33.5	108.6	0.00
8	0.21	1500	0.00	0	1	35.3	86.6	0.00
9	0.21	1500	0.00	0	1	39.8	78.1	0.00
10	0.21	1500	0.00	0	1	39.8	78.1	0.00
11	0.21	1500	0.00	0	1	33.7	72.1	0.00
12	0.17	2000	0.00	0	0	21.8	161.9	0.00
13	0.19	1750	0.00	0	0	21.8	53.9	0.00
14	0.19	1750	0.00	0	0	16.6	104.9	0.00
15	0.19	1750	0.00	0	0	11.3	51.0	0.00
16	0.19	1750	0.00	0	0	9.9	40.6	0.00
17	0.19	1750	0.00	0	0	7.4	101.3	0.00
18	0.19	1750	0.00	0	0	11.3	40.8	0.00
19	0.19	1750	0.00	0	0	11.3	61.2	0.00
20	0.19	1750	0.00	0	0	-10.3	111.8	0.00

11.0 VALANGA 4 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 84.00

Mass flux limit (m³/s) 35

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100

Overall max velocity (m/s) 33.16

Overall max height (m) 4.36

Total volume in system (m³) 88441

Minimal mass flux condition (m³/s) 35

Total mass in system (t) 26532

Mass error in system 5.889743e-003

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 3.36

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m)	1393.86
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1604.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1293.76
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1622.60
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1153.36
to (m)	1433.86
Mean deposition depth (m)	2.00

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1264.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1294.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	30.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1603.64
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1609.09
---> Control value of length of the avalanche (m)	1354.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s)	20.78
Max flowheight (m)	2.30

strada:

Max velocity (m/s)	13.81
Max flowheight (m)	2.59

fiume:

Max velocity (m/s)	10.49
Max flowheight (m)	4.36

Distance strada: - end of high pressure zone (m) 220

Distance strada: - end of low pressure zone (m) 250

Distance strada: - end of high pressure zone (m) 80

Distance strada: - end of low pressure zone (m) 110

Distance fiume: - end of high pressure zone (m) 20

Distance fiume: - end of low pressure zone (m) 50

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1

Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527830
Endmark y	5143810
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529350	5143820	2320.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529270	5143820	2270.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529180	5143820	2230.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529130	5143820	2200.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529080	5143820	2170.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528990	5143830	2100.0	170.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528920	5143840	2050.0	155.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528870	5143840	2010.0	140.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528780	5143850	1950.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528710	5143840	1900.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528650	5143840	1850.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528590	5143840	1800.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528530	5143840	1760.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528380	5143830	1700.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528330	5143830	1680.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528230	5143820	1650.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528180	5143820	1640.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528140	5143820	1633.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528040	5143810	1620.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1528000	5143810	1612.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527940	5143810	1600.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527830	5143810	1620.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2130	0.00	0	0	32.0	94.3	0.00
1	0.17	2130	0.00	0	0	24.0	98.5	0.00
2	0.17	2130	1.15	1	0	31.0	58.3	0.00
3	0.17	2130	1.15	1	0	31.0	58.3	0.00
4	0.17	2130	1.15	1	0	37.7	114.5	0.00
5	0.17	2130	1.15	1	0	35.3	86.6	0.00
6	0.17	2130	1.15	1	0	38.7	64.0	0.00
7	0.17	2130	1.15	1	0	33.5	108.6	0.00
8	0.21	1565	0.00	0	1	35.3	86.6	0.00
9	0.21	1565	0.00	0	1	39.8	78.1	0.00
10	0.21	1565	0.00	0	1	39.8	78.1	0.00
11	0.21	1565	0.00	0	1	33.7	72.1	0.00

12	0.17	2130	0.00	0	0	21.8	161.9	0.00
13	0.19	1815	0.00	0	0	21.8	53.9	0.00
14	0.19	1815	0.00	0	0	16.6	104.9	0.00
15	0.19	1815	0.00	0	0	11.3	51.0	0.00
16	0.19	1815	0.00	0	0	9.9	40.6	0.00
17	0.19	1815	0.00	0	0	7.4	101.3	0.00
18	0.19	1815	0.00	0	0	11.3	40.8	0.00
19	0.19	1815	0.00	0	0	11.3	61.2	0.00
20	0.19	1815	0.00	0	0	-10.3	111.8	0.00

12.0 VALANGA 5 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 79.00

Mass flux limit (m³/s) 37

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30

Overall max velocity (m/s) 26.70

Overall max height (m) 1.29

Total volume in system (m³) 92615

Minimal mass flux condition (m³/s) 37

Total mass in system (t) 27785

Mass error in system -1.548267e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 1.23

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m) 1171.02

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1638.64

Mean mass position (half of the mass above/below this position)

a) projected avalanche length (m) 1120.70

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1646.67

Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)

from (m) 938.25

to (m) 1302.57

Mean deposition depth (m) 0.59

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00

Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30

Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 1243.00

Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m) 1322.00

Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 79.00

Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1629.09

Height above sea level of end of low pressure zone (m) 1618.60
 ---> Control value of length of the avalanche (m) 1545.00

Monitoring points

Zerbi strada:

Max velocity (m/s) 4.42
 Max flowheight (m) 0.79

strada:

Max velocity (m/s) 0.02
 Max flowheight (m) 0.00

fiume:

Max velocity (m/s) 0.00
 Max flowheight (m) 0.00

Distance Zerbi strada: - end of high pressure zone (m) -31

Distance Zerbi strada: - end of low pressure zone (m) 48

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -119

Distance strada: - end of low pressure zone (m) -40

Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -209

Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -131

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m) 10.0
 Dump interval (s) 1.0
 Max time (s) 600
 Return period (years) 1
 Red/blue pressure limit (kPa) 15.0
 Blue/white pressure limit (Pa) 0.3
 Rho (kg/m³) 300
 Lambda () 2.5
 Time step (s) 0.0050
 Endmark x 1527810
 Endmark y 5143760
 Friction category 0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529340	5143730	2320.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529270	5143720	2270.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529180	5143710	2210.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529090	5143690	2150.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529020	5143680	2100.0	195.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528930	5143670	2050.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528850	5143660	2000.0	225.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528750	5143650	1950.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0

8	1528680	5143660	1900.0	265.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528610	5143670	1850.0	275.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528520	5143670	1800.0	290.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528460	5143680	1770.0	305.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528430	5143680	1750.0	310.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528350	5143690	1700.0	330.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528250	5143710	1650.0	350.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528190	5143710	1640.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528077	5143725	1625.0	390.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528040	5143730	1620.0	395.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1527990	5143730	1613.0	410.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1527900	5143740	1596.0	435.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527810	5143760	1620.0	460.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2000	1.15	1	0	35.3	86.6	0.00
1	0.17	2000	1.15	1	0	33.5	108.6	0.00
2	0.17	2000	1.15	1	0	33.1	110.0	0.00
3	0.17	2000	1.15	1	0	35.3	86.6	0.00
4	0.17	2000	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
5	0.17	2000	1.15	1	0	31.8	94.9	0.00
6	0.17	2000	0.00	0	0	26.5	112.2	0.00
7	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
9	0.17	2000	0.00	0	0	29.1	103.0	0.00
10	0.17	2000	0.00	0	0	26.3	67.8	0.00
11	0.17	2000	0.00	0	0	33.7	36.1	0.00
12	0.17	2000	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
13	0.19	1750	0.00	0	0	26.1	113.6	0.00
14	0.19	1750	0.00	0	0	9.5	60.8	0.00
15	0.19	1750	0.00	0	0	7.5	114.5	0.00
16	0.19	1750	0.00	0	0	7.5	38.2	0.00
17	0.19	1750	0.00	0	0	8.0	50.5	0.00
18	0.19	1750	0.00	0	0	10.6	92.1	0.00
19	0.19	1750	0.00	0	0	-14.6	95.3	0.00

13.0 VALANGA 5 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 74.00

Mass flux limit (m³/s) 42

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100

Overall max velocity (m/s) 29.13

Overall max height (m)	1.32
Total volume in system (m ³)	104696
Minimal mass flux condition (m ³ /s)	42
Total mass in system (t)	31409
Mass error in system	-3.162487e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	1.18
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	1171.02
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1638.64
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1140.70
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1643.33
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	948.33
to (m)	1332.03
Mean deposition depth (m)	0.63

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1284.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1362.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	78.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1623.75
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1613.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	1545.00

Monitoring points

Zerbi strada:

Max velocity (m/s)	7.28
Max flowheight (m)	1.02

strada:

Max velocity (m/s)	0.89
Max flowheight (m)	0.06

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance Zerbi strada: - end of high pressure zone (m) 9

Distance Zerbi strada: - end of low pressure zone (m) 88

Distance strada: - end of high pressure zone (m) -78

Distance strada: - end of low pressure zone (m) 0
 Distance fiume: - end of high pressure zone (m) -169
 Distance fiume: - end of low pressure zone (m) -91

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m) 10.0
 Dump interval (s) 1.0
 Max time (s) 600
 Return period (years) 1
 Red/blue pressure limit (kPa) 15.0
 Blue/white pressure limit (Pa) 0.3
 Rho (kg/m³) 300
 Lambda () 2.5
 Time step (s) 0.0050
 Endmark x 1527810
 Endmark y 5143760
 Friction category 0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529340	5143730	2320.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529270	5143720	2270.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529180	5143710	2210.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529090	5143690	2150.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529020	5143680	2100.0	195.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528930	5143670	2050.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528850	5143660	2000.0	225.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528750	5143650	1950.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528680	5143660	1900.0	265.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528610	5143670	1850.0	275.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528520	5143670	1800.0	290.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528460	5143680	1770.0	305.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528430	5143680	1750.0	310.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528350	5143690	1700.0	330.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528250	5143710	1650.0	350.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528190	5143710	1640.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528077	5143725	1625.0	390.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528040	5143730	1620.0	395.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1527990	5143730	1613.0	410.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1527900	5143740	1596.0	435.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527810	5143760	1620.0	460.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2130	1.30	1	0	35.3	86.6	0.00
1	0.17	2130	1.30	1	0	33.5	108.6	0.00
2	0.17	2130	1.30	1	0	33.1	110.0	0.00

3	0.17	2130	1.30	1	0	35.3	86.6	0.00
4	0.17	2130	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
5	0.17	2130	1.30	1	0	31.8	94.9	0.00
6	0.17	2130	0.00	0	0	26.5	112.2	0.00
7	0.17	2130	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.17	2130	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
9	0.17	2130	0.00	0	0	29.1	103.0	0.00
10	0.17	2130	0.00	0	0	26.3	67.8	0.00
11	0.17	2130	0.00	0	0	33.7	36.1	0.00
12	0.17	2130	0.00	0	0	31.8	94.9	0.00
13	0.19	1815	0.00	0	0	26.1	113.6	0.00
14	0.19	1815	0.00	0	0	9.5	60.8	0.00
15	0.19	1815	0.00	0	0	7.5	114.5	0.00
16	0.19	1815	0.00	0	0	7.5	38.2	0.00
17	0.19	1815	0.00	0	0	8.0	50.5	0.00
18	0.19	1815	0.00	0	0	10.6	92.1	0.00
19	0.19	1815	0.00	0	0	-14.6	95.3	0.00

14.0 VALANGA 5B T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 97.00

Mass flux limit (m³/s) 35

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30

Overall max velocity (m/s) 27.48

Overall max height (m) 1.41

Total volume in system (m³) 87629

Minimal mass flux condition (m³/s) 35

Total mass in system (t) 26289

Mass error in system -4.133674e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 1.41

Position of Maximal Depth

a) projected avalanche length (m) 1267.88

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1630.00

Mean mass position (half of the mass above/below this position)

a) projected avalanche length (m) 1227.88

b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1640.00

Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)

from (m) 1027.88

to (m) 1427.88

Mean deposition depth (m) 0.47

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1298.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1428.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	130.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1625.71
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1603.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	1498.00

Monitoring points

appena sotto baita:

Max velocity (m/s)	25.14
Max flowheight (m)	1.07

strada:

Max velocity (m/s)	3.43
Max flowheight (m)	0.92

fiume:

Max velocity (m/s)	0.01
Max flowheight (m)	0.00

Distance appena sotto baita: - end of high pressure zone (m)

682

Distance appena sotto baita: - end of low pressure zone (m)

812

Distance strada: - end of high pressure zone (m)

-110

Distance strada: - end of low pressure zone (m)

20

Distance fiume: - end of high pressure zone (m)

-200

Distance fiume: - end of low pressure zone (m)

-70

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.5
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527870
Endmark y	5143590
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529360	5143700	2330.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529240	5143690	2250.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529160	5143680	2200.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529100	5143670	2150.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529020	5143660	2100.0	195.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528940	5143650	2050.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528850	5143640	2000.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528750	5143620	1950.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528680	5143610	1900.0	265.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528610	5143600	1850.0	275.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528500	5143587	1780.0	305.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528400	5143590	1750.0	315.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528340	5143590	1710.0	330.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528320	5143590	1700.0	332.5	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528260	5143590	1670.0	340.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528220	5143590	1660.0	355.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528180	5143590	1650.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528100	5143590	1630.0	380.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528030	5143590	1620.0	395.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1527960	5143590	1605.0	420.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527870	5143590	1596.0	435.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527760	5143590	1610.0	465.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2000	1.10	1	0	33.6	144.6	0.00
1	0.17	2000	1.10	1	0	31.8	94.9	0.00
2	0.17	2000	1.10	1	0	39.4	78.7	0.00
3	0.17	2000	1.10	1	0	31.8	94.9	0.00
4	0.17	2000	1.10	1	0	31.8	94.9	0.00
5	0.17	2000	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
6	0.17	2000	0.00	0	0	26.1	113.6	0.00
7	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.17	2000	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
9	0.17	2000	0.00	0	0	32.3	131.0	0.00
10	0.17	2000	0.00	0	0	16.7	104.4	0.00
11	0.17	2000	0.00	0	0	33.7	72.1	0.00
12	0.17	2000	0.00	0	0	26.6	22.4	0.00
13	0.19	1750	0.00	0	0	26.6	67.1	0.00
14	0.19	1750	0.00	0	0	14.0	41.2	0.00
15	0.19	1750	0.00	0	0	14.0	41.2	0.00
16	0.19	1750	0.00	0	0	14.0	82.5	0.00
17	0.19	1750	0.00	0	0	8.1	70.7	0.00
18	0.19	1750	0.00	0	0	12.1	71.6	0.00
19	0.19	1750	0.00	0	0	5.7	90.4	0.00

20 0.19 1750 0.00 0 0 -7.3 110.9 0.00

15.0 VALANGA 5B T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s)	91.00
Mass flux limit (m ³ /s)	40
<u>General simulation parameters</u>	
Calculated return period (years)	30
Overall max velocity (m/s)	30.02
Overall max height (m)	1.42
Total volume in system (m ³)	99578
Minimal mass flux condition (m ³ /s)	40
Total mass in system (t)	29873
Mass error in system	-3.241385e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	1.28
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	1267.88
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1630.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1247.88
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1635.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1047.88
to (m)	1447.88
Mean deposition depth (m)	0.54

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.50
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1318.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1448.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	130.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1622.86
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1601.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	1498.00

Monitoring points

appena sotto baita:

Max velocity (m/s)	27.41
Max flowheight (m)	1.22
strada:	
Max velocity (m/s)	4.56
Max flowheight (m)	1.35
fiume:	
Max velocity (m/s)	0.01
Max flowheight (m)	0.00
Distance appena sotto baita: - end of high pressure zone (m)	702
Distance appena sotto baita: - end of low pressure zone (m)	832
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-90
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	40
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	-180
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	-50

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.5
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527870
Endmark y	5143590
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529360	5143700	2330.0	85.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529240	5143690	2250.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529160	5143680	2200.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529100	5143670	2150.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529020	5143660	2100.0	195.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528940	5143650	2050.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528850	5143640	2000.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528750	5143620	1950.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528680	5143610	1900.0	265.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528610	5143600	1850.0	275.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528500	5143587	1780.0	305.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528400	5143590	1750.0	315.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528340	5143590	1710.0	330.0	0.0	0.0	0.0	0.0

13	1528320	5143590	1700.0	332.5	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1528260	5143590	1670.0	340.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1528220	5143590	1660.0	355.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1528180	5143590	1650.0	360.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1528100	5143590	1630.0	380.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1528030	5143590	1620.0	395.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1527960	5143590	1605.0	420.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1527870	5143590	1596.0	435.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1527760	5143590	1610.0	465.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2130	1.25	1	0	33.6	144.6	0.00
1	0.17	2130	1.25	1	0	31.8	94.9	0.00
2	0.17	2130	1.25	1	0	39.4	78.7	0.00
3	0.17	2130	1.25	1	0	31.8	94.9	0.00
4	0.17	2130	1.25	1	0	31.8	94.9	0.00
5	0.17	2130	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
6	0.17	2130	0.00	0	0	26.1	113.6	0.00
7	0.17	2130	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
8	0.17	2130	0.00	0	0	35.3	86.6	0.00
9	0.17	2130	0.00	0	0	32.3	131.0	0.00
10	0.17	2130	0.00	0	0	16.7	104.4	0.00
11	0.17	2130	0.00	0	0	33.7	72.1	0.00
12	0.17	2130	0.00	0	0	26.6	22.4	0.00
13	0.19	1815	0.00	0	0	26.6	67.1	0.00
14	0.19	1815	0.00	0	0	14.0	41.2	0.00
15	0.19	1815	0.00	0	0	14.0	41.2	0.00
16	0.19	1815	0.00	0	0	14.0	82.5	0.00
17	0.19	1815	0.00	0	0	8.1	70.7	0.00
18	0.19	1815	0.00	0	0	12.1	71.6	0.00
19	0.19	1815	0.00	0	0	5.7	90.4	0.00
20	0.19	1815	0.00	0	0	-7.3	110.9	0.00

16.0 VALANGA 6 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 132.00

Mass flux limit (m³/s) 36

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100

Overall max velocity (m/s) 26.12

Overall max height (m) 1.49

Total volume in system (m³) 91022

Minimal mass flux condition (m³/s) 36

Total mass in system (t)	27307
Mass error in system	-4.830334e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m)	1.31
Position of Maximal Depth	
a) projected avalanche length (m)	1588.18
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1570.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)	
a) projected avalanche length (m)	1499.55
b) altitude above sea level (m a.s.l.)	1588.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)	
from (m)	1282.50
to (m)	1721.97
Mean deposition depth (m)	0.63

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	3.00
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1588.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1683.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	95.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1570.00
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1555.00
---> Control value of length of the avalanche (m)	1936.00

Monitoring points

strada:

Max velocity (m/s)	2.62
Max flowheight (m)	1.12

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-95
--	-----

Distance strada: - end of low pressure zone (m)	0
---	---

Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	-221
---	------

Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	-126
--	------

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	600

Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	3.0
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1527530
Endmark y	5143150
Friction category	0

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1529399	5142996	2330.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1529250	5142960	2220.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1529190	5142950	2190.0	195.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1529130	5142930	2150.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1529030	5142910	2100.0	260.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528915	5142883	2020.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528780	5142860	1950.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528680	5142850	1920.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528570	5142850	1850.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1528480	5142860	1800.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1528370	5142860	1750.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1528260	5142880	1700.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1528180	5142910	1660.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1528050	5142960	1610.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1527950	5143000	1590.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1527860	5143040	1570.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1527770	5143070	1555.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1527650	5143110	1555.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1527530	5143150	1580.0	280.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.17	2130	1.20	1	0	35.7	188.7	0.00
1	0.17	2130	0.00	1	0	26.3	67.8	0.00
2	0.17	2130	1.20	1	0	32.3	74.8	0.00
3	0.17	2130	0.00	0	0	26.1	113.6	0.00
4	0.17	2130	1.20	1	0	34.1	142.7	0.00
5	0.17	2130	0.00	0	0	27.1	153.8	0.00
6	0.17	2130	0.00	0	0	16.6	104.9	0.00
7	0.17	2130	0.00	0	0	32.5	130.4	0.00
8	0.17	2130	0.00	0	0	28.9	103.4	0.00
9	0.17	2130	0.00	0	0	24.4	120.8	0.00
10	0.17	2130	0.00	0	0	24.1	122.5	0.00
11	0.19	1815	0.00	0	0	25.1	94.3	0.00
12	0.19	1815	0.00	0	0	19.7	148.0	0.00
13	0.19	1815	0.00	0	0	10.5	109.5	0.00

14	0.19	1815	0.00	0	0	11.5	100.5	0.00
15	0.19	1815	0.00	0	0	9.0	96.0	0.00
16	0.19	1815	0.00	0	0	0.0	126.5	0.00
17	0.19	1815	0.00	0	0	-11.2	128.9	0.00

17.0 VALANGA 7 T30

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 178.00
Mass flux limit (m³/s) 17

General simulation parameters

Calculated return period (years) 30
Overall max velocity (m/s) 21.62
Overall max height (m) 2.55
Total volume in system (m³) 43189
Minimal mass flux condition (m³/s) 17
Total mass in system (t) 12957
Mass error in system -1.030193e-008

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 2.55
Position of Maximal Depth
a) projected avalanche length (m) 1038.45
b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1570.00
Mean mass position (half of the mass above/below this position)
a) projected avalanche length (m) 1000.38
b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1585.00
Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)
from (m) 891.43
to (m) 1106.57
Mean deposition depth (m) 0.91

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa) 15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa) 0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m) 1048.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m) 1087.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m) 39.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m) 1568.85
Height above sea level of end of low pressure zone (m) 1564.23
---> Control value of length of the avalanche (m) 477.00

Monitoring points

arresto 2009:	
Max velocity (m/s)	17.50
Max flowheight (m)	1.41
strada:	
Max velocity (m/s)	0.02
Max flowheight (m)	0.00
fiume:	
Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00
Distance arresto 2009: - end of high pressure zone (m)	572
Distance arresto 2009: - end of low pressure zone (m)	610
Distance strada: - end of high pressure zone (m)	-117
Distance strada: - end of low pressure zone (m)	-78
Distance fiume: - end of high pressure zone (m)	-243
Distance fiume: - end of low pressure zone (m)	-204

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	300
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1528355
Endmark y	5142658
Friction category	1

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1528830	5142630	2000.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528750	5142640	1950.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528680	5142640	1900.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528621	5142638	1860.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528547	5142640	1820.0	220.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528454	5142652	1770.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528355	5142658	1740.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528232	5142703	1700.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528080	5142760	1650.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1527910	5142850	1600.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1527840	5142880	1570.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1527720	5142920	1555.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1527600	5142960	1550.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0

13 1527490 5143000 1570.0 210.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.21	1750	1.00	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.21	1750	1.00	1	0	35.5	86.0	0.00
2	0.21	1750	1.00	1	0	34.1	71.3	0.00
3	0.21	1750	0.00	0	0	28.4	84.1	0.00
4	0.21	1750	0.00	0	0	28.1	106.3	0.00
5	0.21	1750	0.00	0	0	16.8	103.6	0.00
6	0.21	1750	0.00	0	0	17.0	136.4	0.00
7	0.25	1500	0.00	0	0	17.1	170.4	0.00
8	0.25	1500	0.00	0	0	14.6	198.7	0.00
9	0.25	1500	0.00	0	0	21.5	81.9	0.00
10	0.25	1500	0.00	0	0	6.8	127.4	0.00
11	0.25	1500	0.00	0	0	2.3	126.6	0.00
12	0.25	1500	0.00	0	0	-9.7	118.7	0.00

18.0 VALANGA 7 T100

Output results:

Reason for end of calculation

Simulation stopped due to low mass flux!!

Time (s) 163.00
 Mass flux limit (m³/s) 20

General simulation parameters

Calculated return period (years) 100
 Overall max velocity (m/s) 23.20
 Overall max height (m) 2.82
 Total volume in system (m³) 49667
 Minimal mass flux condition (m³/s) 20
 Total mass in system (t) 14900
 Mass error in system -8.164568e-009

Parametric description of runout zone

Maximal depth at the last simulation step (m) 2.82
 Position of Maximal Depth
 a) projected avalanche length (m) 1038.45
 b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1570.00
 Mean mass position (half of the mass above/below this position)
 a) projected avalanche length (m) 1000.38
 b) altitude above sea level (m a.s.l.) 1585.00
 Projected length considered for mean deposition depth calculation (+/- one standard deviation from mean mass position)
 from (m) 891.43
 to (m) 1106.57
 Mean deposition depth (m) 1.04

Distances and heights in avalanche track

Limit between high and low pressure zone (kPa)	15.00
Limit defining end of low pressure zone (kPa)	0.30
Distance begin of starting zone - end of high pressure zone (m)	1048.00
Distance begin of starting zone - end of low pressure zone (m)	1107.00
Distance end of high pressure zone - end of low pressure zone (m)	58.00
Height above sea level of end of high pressure zone (m)	1568.85
Height above sea level of end of low pressure zone (m)	1561.92
---> Control value of length of the avalanche (m)	477.00

Monitoring points

arresto 2009:

Max velocity (m/s)	19.41
Max flowheight (m)	1.61

strada:

Max velocity (m/s)	0.02
Max flowheight (m)	0.00

fiume:

Max velocity (m/s)	0.00
Max flowheight (m)	0.00

Distance arresto 2009: - end of high pressure zone (m)

572

Distance arresto 2009: - end of low pressure zone (m)

630

Distance strada: - end of high pressure zone (m)

-117

Distance strada: - end of low pressure zone (m)

-58

Distance fiume: - end of high pressure zone (m)

-243

Distance fiume: - end of low pressure zone (m)

-185

Input parameters:

Dense flow global parameters

Element size (m)	10.0
Dump interval (s)	1.0
Max time (s)	300
Return period (years)	1
Red/blue pressure limit (kPa)	15.0
Blue/white pressure limit (Pa)	0.3
Rho (kg/m ³)	300
Lambda ()	2.5
Time step (s)	0.0050
Endmark x	1528355
Endmark y	5142658
Friction category	1

Coordinates:

Point	X	Y	Z	Wf	Iso1	Iso2	Cross1	Cross2
0	1528830	5142630	2000.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1528750	5142640	1950.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1528680	5142640	1900.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1528621	5142638	1860.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1528547	5142640	1820.0	220.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1528454	5142652	1770.0	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1528355	5142658	1740.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1528232	5142703	1700.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1528080	5142760	1650.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1527910	5142850	1600.0	160.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1527840	5142880	1570.0	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1527720	5142920	1555.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1527600	5142960	1550.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1527490	5143000	1570.0	210.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dense flow local parameters

Element	Mu	Xi	h	Rel	Canal	Slope	Dist	vel
0	0.21	1815	1.15	1	0	31.8	94.9	0.00
1	0.21	1815	1.15	1	0	35.5	86.0	0.00
2	0.21	1815	1.15	1	0	34.1	71.3	0.00
3	0.21	1815	0.00	0	0	28.4	84.1	0.00
4	0.21	1815	0.00	0	0	28.1	106.3	0.00
5	0.21	1815	0.00	0	0	16.8	103.6	0.00
6	0.21	1815	0.00	0	0	17.0	136.4	0.00
7	0.25	1500	0.00	0	0	17.1	170.4	0.00
8	0.25	1500	0.00	0	0	14.6	198.7	0.00
9	0.25	1500	0.00	0	0	21.5	81.9	0.00
10	0.25	1500	0.00	0	0	6.8	127.4	0.00
11	0.25	1500	0.00	0	0	2.3	126.6	0.00
12	0.25	1500	0.00	0	0	-9.7	118.7	0.00