



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di ingegneria civile ambientale e meccanica
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Relazione di Protezione Idraulica del Territorio

Mappatura del pericolo della valanga di Antercrep Campitello di Fassa tramite RAMMS 2D

Studenti:

Carlo Bee mat. 205830

Gianluca Pelagatti mat. 198365

Docenti:

Prof. Giorgio Rosatti

Prof. Luigi Fraccarollo

Esercitatrice:

Ing. Stefania Sansone

Anno Accademico 2018-2019

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Inquadramento territoriale e climatico	1
1.2	Storico valanghe	2
2	Dati input disponibili	3
2.1	Area di distacco	3
2.2	Parametri di default	4
3	Il modello RAMMS	6
3.1	Test monodimensionale	6
3.2	Calibrazione dei parametri di attrito	8
3.3	Rappresentazione bidimensionale	10
4	Mappa del pericolo	13
5	Conclusioni	16

Capitolo 1

Introduzione

Il presente lavoro rientra nel più ampio progetto di aggiornamento della mappatura delle aree valanghive. In particolare, si cercherà di proporre una nuova metodologia per la modellazione delle valanghe, portando l'attenzione verso i più avanzati modelli 2D, come RAMMS2D, in comparazione con il, fino ad ora, più diffuso modello Aval1D.

Nel fare ciò si cercheranno di mettere in confronto i parametri utilizzati ed i risultati ottenuti per motivare la effettiva maggiore efficacia e convenienza nell'utilizzo di un modello bidimensionale rispetto ad uno monodimensionale.

1.1 Inquadramento territoriale e climatico

Il sito di interesse della presente relazione si trova nelle Dolomiti centrali, ed esattamente in provincia di Trento, nell'Alta Val di Fassa, in sinistra orografica rispetto al Torrente Avisio, tra i comuni di Canazei e Campitello. Il versante su cui si sviluppa la valanga è quello settentrionale della Crepa Neigra, vetta che si innalza nella parte occidentale del gruppo del Marmolada.

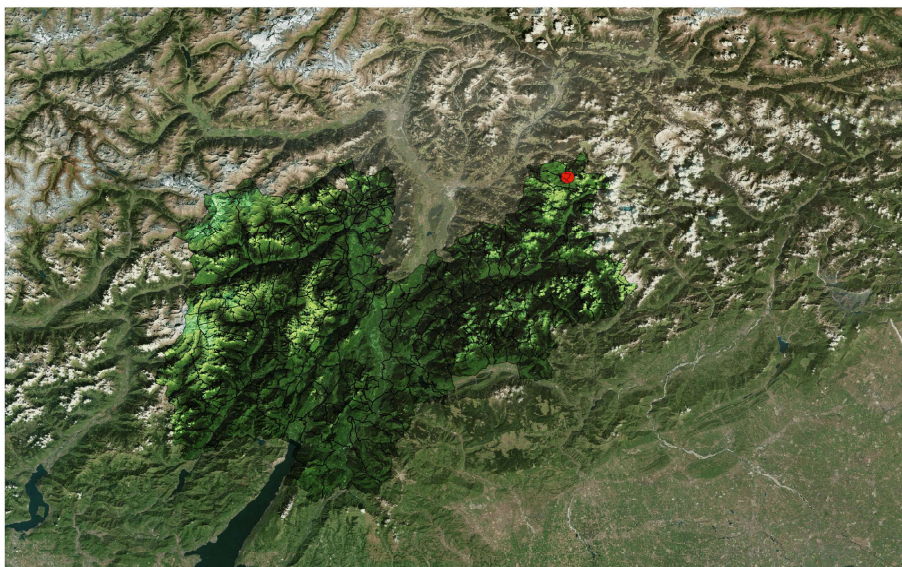


Figura 1.1: Localizzazione geografica della valanga nella Provincia Autonoma di Trento

Sebbene la Marmolada propriamente detta sia, dal punto di vista geologico, formata da calcari, nel sottogruppo di Colàc-Buffaure emergono espandimenti effusivi risalenti al Triassico, originatisi come parte del più ampio “Complesso eruttivo medio triassico” ad opera principalmente del Vulcano di Bolzano e di quello dei Monzoni. L’origine legata all’ambiente di caldera è confermata dalla presenza di elementi tipici di contesti effusivi sottomarini come le lave a pillows.

Dismessa l’attività vulcanica, nel Ladinico si formarono a causa dell’erosione ciottoli arrotondati che si depositarono in mare creando accumuli anche di 1000m: il cosiddetto Conglomerato della Marmolada. La regione fu poi nuovamente ricoperta dal mare dove proliferarono colonie di organismi costruttori che subirono il processo di dolomitizzazione creando la Dolomia cassiana che forma lo zoccolo del Sella, del Sassopiatto, del Sass Becè. Parte importante nella formazioni delle montagne dolomitiche si ebbe circa 220 milioni di anni fa quando, dopo un ulteriore avanzamento del mare verso ovest si depositarono nei bassi fondali costieri strati di dolomia massiccia individuata come Dolomia principale, importante costituente dei maggiori gruppi dolomitici. Tra i 210 e 215 milioni di anni fa, alla fine del Trassico, si sedimentarono anche dei calcari grigi definiti Calcare del Dachstein che si trova nella parte inferiore del Piz Boè. In sintesi, il profilo geologico del versante, dominato come detto nella parte alta da rocce effusive triassiche, nella parte bassa presenta depositi quaternari a carattere di terreno sciolto, tipici dei conoidi detritico-torrentizi, dove la componente gravitativa risulta prevalente su quella di ruscellamento.

La quota che la vegetazione arborea raggiunge con continuità è quella tipica delle valli dolomitiche con clima continentale, attorno ai 2000mslm, talvolta più in basso laddove il suolo è adibito in estate al pascolo. In questo caso, la zona di distacco è oltre il limite del bosco.

Il canale di valanga, come atteso, è privo di vegetazione matura. Solamente in alcuni tratti sono presenti alcune specie pioniere, come l’ontano. Sui lati del canale stesso, nella parte alta, alcuni esemplari di larice con portamento arcuato e legno di reazione portano evidenti i segni delle frequenti valanghe. La parte bassa del canale è maggiormente vegetata, con la presenza di abete rosso e larice. Per quanto riguarda il regime delle precipitazioni, esse sono piuttosto scarse se confrontate con le vicine valli di Primiero, Agordino e Badia, in quanto sia il gruppo del Sella a nord che quello delle Pale di San Martino a sud fungono da baluardo orografico verso i flussi principali forieri di precipitazioni. I quantitativi di pioggia annua nella valle variano dagli 800mm del fondovalle ai 950mm dei rilievi. Le precipitazioni nevose sono presenti ogni inverno, anche se con quantitativi modesti e la neve rimane al suolo circa 100 giorni all’anno a fondovalle, fino a 200 giorni in quota.

1.2 Storico valanghe

Nel caso in esame le testimonianze storiche hanno purtroppo offerto poco materiale utile. Nella *carta di localizzazione probabile delle valanghe* (scheda 1325) è individuata quella di "Antercrep". Essa è definita a carattere annuale nella parte alta, mentre periodica più in basso. Questa netta distinzione è da attribuirsi alla presenza del salto di roccia a circa un terzo del suo percorso, dissipando buona parte dell’energia del flusso ed ad arrestare la valanga. Secondo la scheda 1325, in due casi vi sono testimonianze di valanghe che sono scese a fondovalle: una prima avvenuta probabilmente nel 1932 ed una seconda nel 1951, entrambe a carattere radente e nel periodo primaverile. Osservando le schede allegate alla carta di localizzazione probabile relative agli altri siti valanghivi sullo stesso versante, notiamo come le tipicità del sito di Antercrep siano grossomodo rispecchiate. Sovente è presente una valanga a carattere annuale che si arresta nella parte alta del versante, o per la caratteristica morfologica o per la presenza di ostacoli, ed una a carattere periodico, di solito associata a scorrimenti di neve pesante nel periodo primaverile o di eventi con temperature miti.

Capitolo 2

Dati input disponibili

2.1 Area di distacco

Dato che la zona di distacco resta una delle incognite più significative della presente analisi, si ottengono risultati discordanti tra loro anche replicando la prova. Dalla documentazione fornitaci e dagli *shape file* presenti nel Webgis della Provincia Autonoma di Trento, sezione Meteo-trentino, layer catasto valanghe, si stima che l'area di distacco consti di tre aree di varia dimensione vicine tra loro, in modo che lo sviluppo della valanga segua l'unico canale sottostante, verso il centro abitato di Canazei. Una delle simulazioni porta la divisione del flusso nivale in due differenti percorsi paralleli tra loro, di cui quello secondario ad ovest rispetto al principale. Questo risultato si ottiene solo nel caso bidimensionale ed è conseguenza di una stima errata delle aree di distacco.

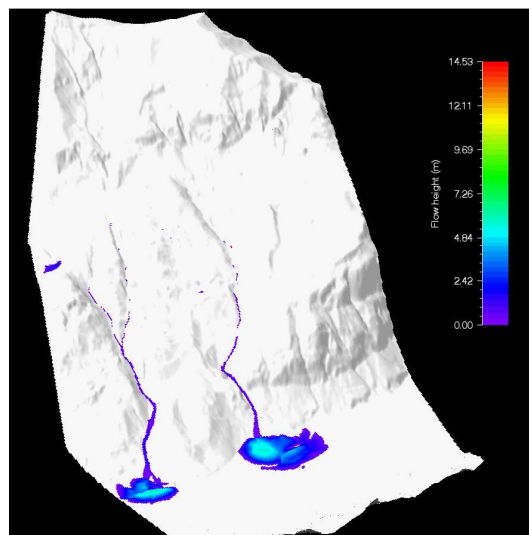


Figura 2.1: Risultato di stima errata dell'area di distacco, vista tridimensionale.

Per la ricostruzione nel modello RAMMS dell'area di distacco, si utilizza un software QGIS per valutare le pendenze del DTM. Dalla letteratura è noto che una valanga si distacca su un pendio la cui pendenza è compresa nel range tra 28° e 55° . Per riferimento quindi viene riportata la carta delle pendenze in *figura 2.2*:

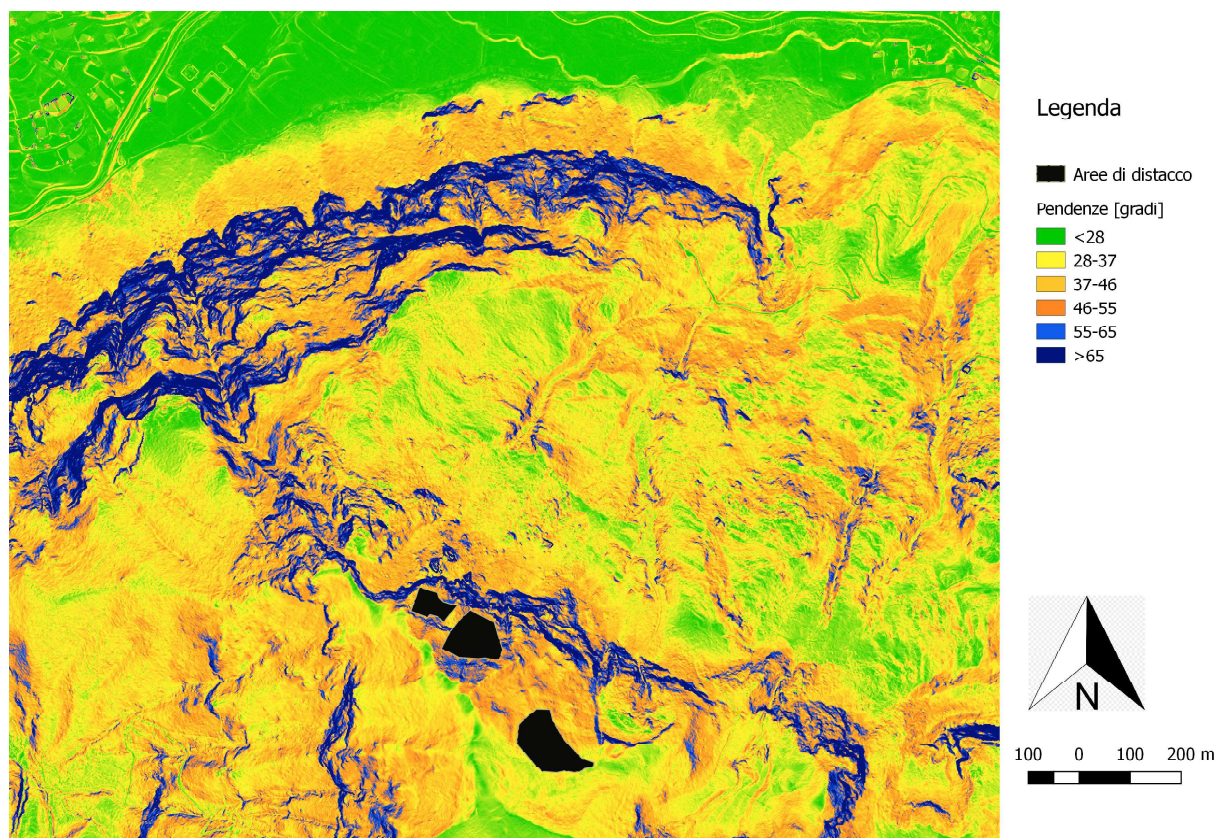


Figura 2.2: Carta delle pendenze, risoluzione 1m.

Si evidenziano le pendenze comprese nel range critico nelle tonalità dal giallo all'arancio, distinguendole dalle aree in piano in verde e dai salti di roccia in blu. I dati della relazione tecnica calcolati in Aval1D forniscono un volume di distacco specifico per ogni tempo di ritorno, ovvero 12561 m^3 , 14655 m^3 e 17795 m^3 rispettivamente per 30, 100 e 300 anni. Quindi si trova un'area di distacco stimata di 20935 m^2 considerando le altezze rispetto ai tempi di ritorno, nella quale si distinguono tre aree aventi superfici di 3089 m^2 , 7868 m^2 e 10685 m^2 . Si crea infine uno *shape file* unico per tutte le prove bidimensionali da utilizzare come input di area di distacco.

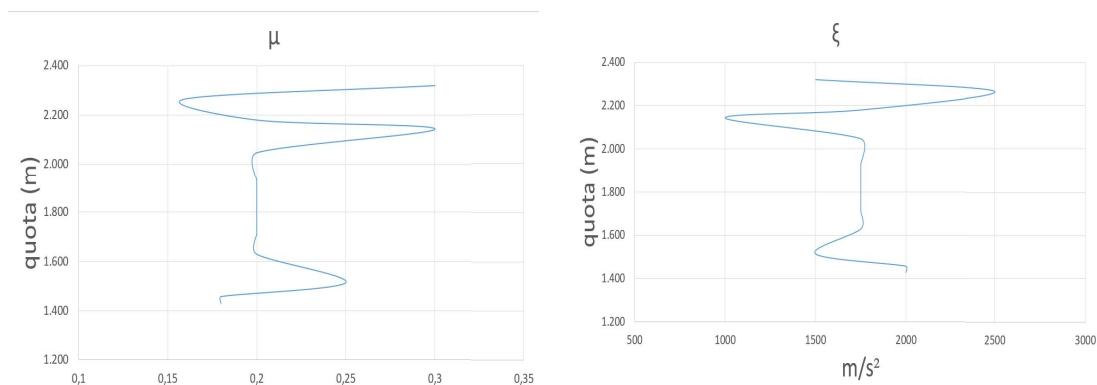
2.2 Parametri di default

Il set di dati a disposizione, a valle dello studio effettuato in precedenza con Aval1D, presenta l'insieme dei parametri in ingresso e quelli risultanti dalle simulazioni. Nella *tabella 2.1* sono esplicitati i coefficienti di attrito μ e ξ in funzione della quota sul livello del mare.

La *figura 2.3* aiuta a comprendere come gli andamenti seguano una costanza nel valore medio, circa 0.2 per μ e 1750 per ξ , distinguendo chiaramente tre fasce di quota: la prima fa riferimento al limite di 1500 m , la seconda arriva a 2200 m e la terza superiormente a queste. La distinzione permette di definire più precisamente il set di coefficienti specifico per ogni fascia di quota.

quota (m)	μ	$\xi (m/s^2)$
2320	0.30	1500
2266	0.16	2500
2180	0.20	1750
2144	0.30	1000
2047	0.20	1750
1930	0.20	1750
1860	0.20	1750
1800	0.20	1750
1715	0.20	1750
1630	0.20	1750
1515	0.25	1500
1458	0.18	2000
1430	0.18	2000

Tabella 2.1: Parametri

Figura 2.3: Coeff. di attrito Coulombiano (*a sinistra*); coeff. di attrito turbolento (*a destra*).

Dai dati a disposizione si distinguono anche coefficienti più specifici per la tipologia di terreno e presenza di vegetazione. In questo lavoro si è deciso di omogeneizzare le fasce di quota essendo la variazione minima.

Capitolo 3

Il modello RAMMS

Il DTM viene creato con l'unione in QGIS delle tavolette *lidar DTM* riguardanti l'area di studio, nello specifico le tavolette 36, 37, 61 e 62 del Lidar della PAT. Viene utilizzata una risoluzione di 5 m in accordo con le proporzioni dei dettagli del pendio.

La documentazione fornita raccoglie il database dei parametri variabili con la quota, principali fattori della reologia della valanga. Infatti, si ha la descrizione del moto tramite la formulazione utilizzata dal modello 2D RAMMS, con la seguente equazione proposta nel modello *Voellmy-Salm* con la coesione c :

$$S = \mu \rho g h \cos \alpha + \frac{\rho g U^2}{\xi} + c(1 - \mu) \left[1 - \exp \left(-\frac{\rho g h \cos \alpha}{c} \right) \right] \quad (3.1)$$

dove si nota la somma dei termini di spinte Coulombiana, turbolenta e di coesione.

Per rappresentare il fenomeno descritto dal modello Aval1D con un modello differente bidimensionale, sarà necessario ricercare gli esatti parametri caratterizzanti la fisica della neve, quindi i coefficienti di attrito μ e ξ . Il passaggio fondamentale è il confronto dei risultati dati dal canale monodimensionale ricostruito in RAMMS con il modello adattato in nel bidimensionale secondo la reologia di Voellmy-Salm.

3.1 Test monodimensionale

I dati resi disponibili dal modello monodimensionale utilizzato comprendono anche la definizione di 13 sezioni di controllo lungo il canale di sviluppo della valanga, indicando la quota, la distanza e la larghezza. Grazie ad una ricostruzione del DEM in formato ASCII, inserito nel software RAMMS, si è in grado di simulare con il software 2D la stessa valanga sviluppata lungo il canale monodimensionale, in modo da poter calibrare al meglio i parametri reologici.

Si simula il caso monodimensionale con aree di distacco ipotetiche e i tempi di ritorno indicati 30, 100 e 300 anni, corrispondenti alle altezze di distacco 0.6 m, 0.7 m e 0.85 m. Si nota che l'intero ammasso nevoso si arresta in prossimità della sezione numero 11, alla quota di 1458 m, risultato concorde con la simulazione in Aval1D proposta dalla relazione tecnica. Questo comportamento si giustifica con la riduzione della pendenza nel tratto in discesa successivo. In questa area è stato posto un coefficiente di attrito Coulombiano $\mu = 0.18$.

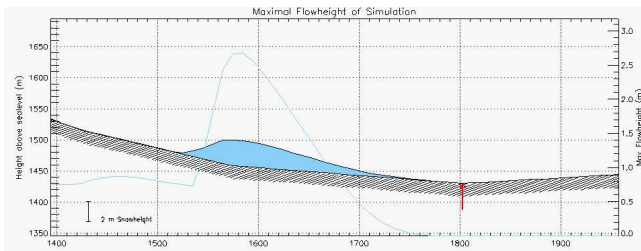


Figura 3.1: Risultato Aval, Tr=30.

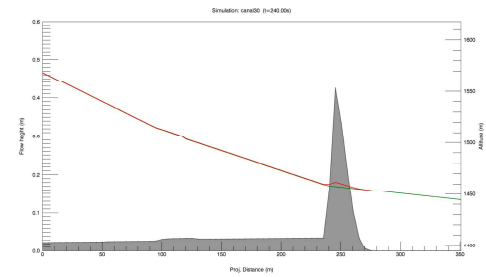


Figura 3.2: Risultato RAMMS, Tr=30.

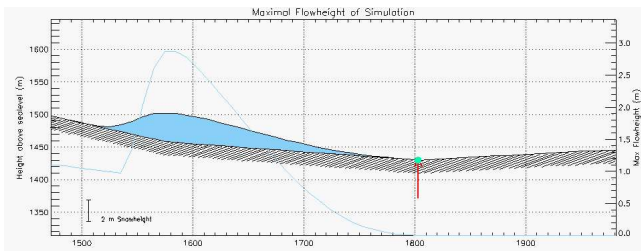


Figura 3.3: Risultato Aval, Tr=100.

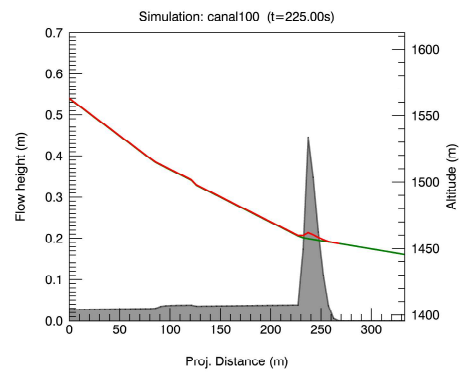


Figura 3.4: Risultato RAMMS, Tr=100.

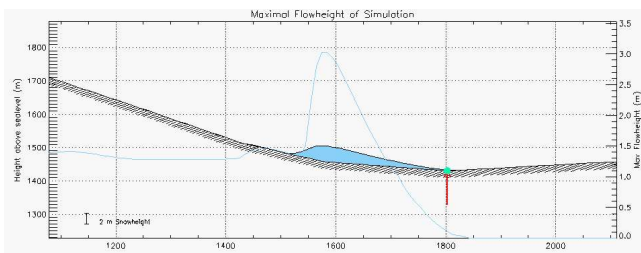


Figura 3.5: Risultato Aval, Tr=300.

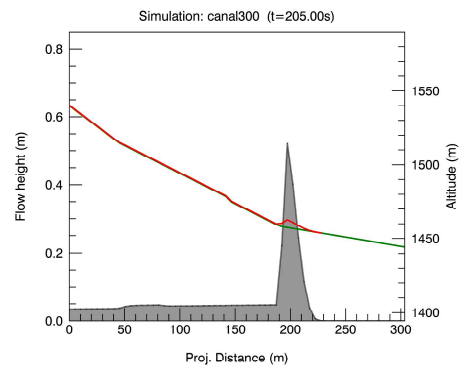


Figura 3.6: Risultato RAMMS, Tr=300.

A questo punto è necessario risalire a parametri più corretti per il calcolo bidimensionale, calibrando ogni simulazione per farla combaciare quanto più possibile alla mappatura ottenuta utilizzando Aval1D. La differenza più evidente si ottiene per il Tr maggiore, 300 anni. Per questo Tr il modello 1D mostra una valanga che raggiunge il punto di minima quota del versante, lambendo l'abitato di Canazei, fino al torrente Avisio. Nella corrispondente ricostruzione in RAMMS è evidente l'arresto della valanga in un punto ben più a monte, quindi si ipotizza che sia necessario intervenire sui parametri che vanno a favorire lo scorrimento lungo il pendio, come ad esempio la riduzione dell'effetto dell'attrito.

3.2 Calibrazione dei parametri di attrito

La fase fondamentale dello studio è la ricerca dei parametri chiave della reologia della valanga. Questa avviene grazie ad una calibrazione in cui si confrontano i diversi risultati per diversi set di parametri. Viene effettuata un'analisi di sensibilità dei parametri riducendo il coefficiente di attrito Coulombiano μ ed aumentando il coefficiente di attrito turbolento ξ in maniera alternata e, successivamente, modificandoli entrambi; si mantengono costanti i limiti delle quote a 1500m e 2200m che delimitano le tre fasce.

In un primo momento si sono effettuate le calibrazioni utilizzando il DTM 1D ed una altezza di distacco pari a quella assegnata per il tempo di ritorno di 300 anni ($h = 0.85m$). Tuttavia, data la larghezza limitata di tale DTM e l'area di distacco ristretta, il volume di neve movimentato era di soli $5717m^3$. Per questa ragione si decide di adattare l'altezza della neve in prossimità del distacco proporzionalmente al volume stimato per il caso bidimensionale.

Nella *tabella 3.1* si riportano quindi le variazioni percentuali sui coefficienti per ogni prova, ricordato che viene effettuata con tempi di ritorno di 300 anni ($h = 3.11m$). La prova *input* viene effettuata con i coefficienti proposti dalla simulazione in Aval1D.

Prova	μ			$\xi (m/s^2)$			$\Delta\mu\%$	$\Delta\xi\%$	Max pressure (kPa)
input	0.180	0.20	0.300	2000	1750	1500	0	0	407.089
1	0.171	0.19	0.285	2000	1750	1500	-5	0	415.566
2	0.162	0.18	0.270	2000	1750	1500	-10	0	423.998
3	0.153	0.17	0.255	2000	1750	1500	-15	0	432.422
4	0.144	0.16	0.240	2000	1750	1500	-20	0	440.801
5	0.135	0.15	0.225	2000	1750	1500	-25	0	449.173
6	0.126	0.14	0.210	2000	1750	1500	-30	0	457.486
7	0.180	0.20	0.300	2100	1837.5	1575	0	5	417.437
8	0.180	0.20	0.300	2200	1925	1650	0	10	427.283
9	0.180	0.20	0.300	2300	2012.5	1725	0	15	436.472
10	0.180	0.20	0.300	2400	2100	1800	0	20	445.238
11	0.180	0.20	0.300	2500	2187.5	1875	0	25	453.482
12	0.180	0.20	0.300	2600	2275	1950	0	30	461.366
13	0.171	0.19	0.285	2100	1837.5	1575	-5	5	426.017
14	0.162	0.18	0.270	2200	1925	1650	-10	10	444.707
15	0.153	0.17	0.255	2300	2012.5	1725	-15	15	462.923
16	0.144	0.16	0.240	2400	2100	1800	-20	20	480.906
17	0.126	0.14	0.210	2600	2275	1950	-30	30	515.843
18	0.108	0.12	0.180	2800	2450	2100	-40	40	549.640

Tabella 3.1: Calibrazione dei parametri di attrito, quota più bassa a sinistra.

Si sceglie di porre la *Max pressure* come riferimento del risultato perché, essendo conseguenza di velocità e profondità, è il dato più significativo della variazione. In *figura 3.7* vengono rappresentati gli andamenti in cui si riscontra il fatto che la variabile che più risente della variazione dei parametri di attrito μ e ξ è la velocità massima. Essa, infatti, aumenta in modo significativo diminuendo l'attrito al variare di μ che di ξ . Al contrario il tirante massimo rimane pressoché costante in tutte le condizioni dei parametri. Tuttavia, analizzando i dati con più precisione si nota una leggera diminuzione dei valori di tirante al diminuire di μ ed un ancor più lieve aumento di tirante all'aumentare di ξ . Questi

risultati non sono tuttavia significativi per l'analisi, trattandosi di variazioni nell'ordine di 1 mm. La pressione parimenti alla velocità è sensibile alla variazione di entrambi i parametri di attrito μ e ξ .

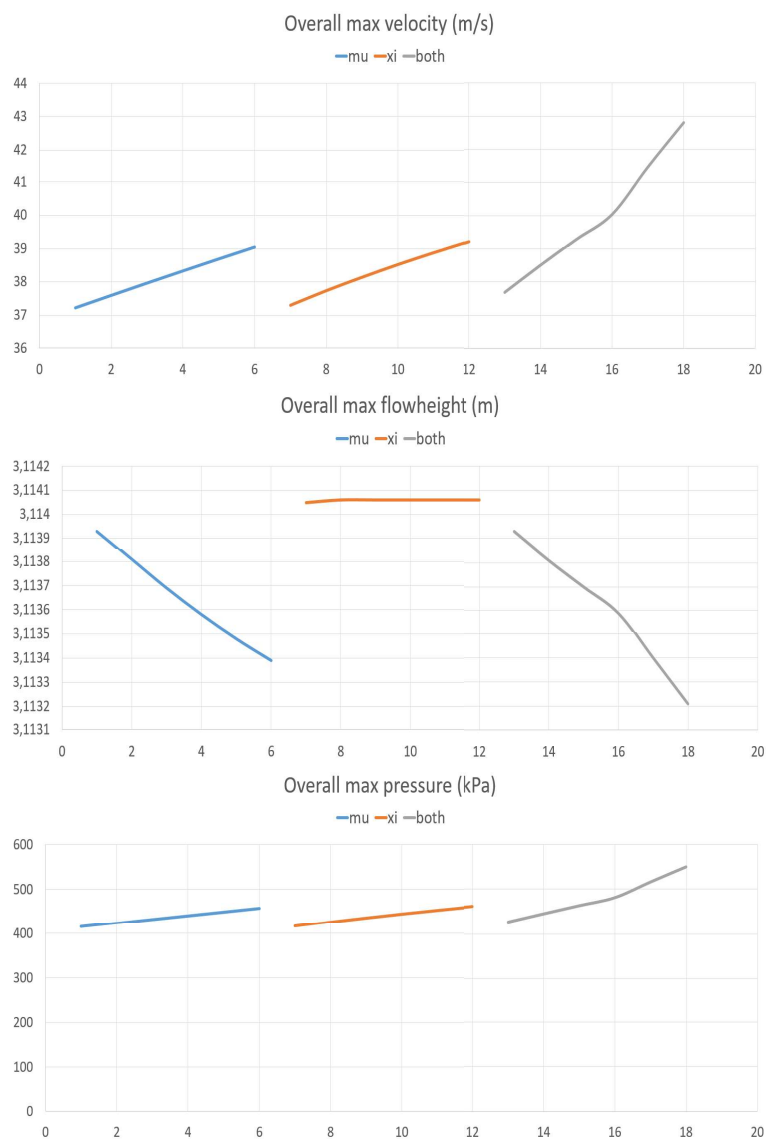


Figura 3.7: Andamenti di velocità massima, tirante massimo e pressione massima, nei tre metodi di modifica rispettivamente variando solo μ , poi solo ξ ed infine entrambi (*both*).

A valle della calibrazione dei due parametri reologici, si sceglie di procedere con l'ultimo set trovato, capace di rappresentare al meglio la valanga stimata dal modello precedente, attraverso l'algoritmo di un modello più aggiornato e realistico. Per le tre fasce di quota, si pongono rispettivamente dal basso verso l'alto μ di 0.108, 0.12 e 0.18, mentre ξ di 2800, 2450 e 2100, valori ricavati dalla calibrazione con la sedicesima prova, variando entrambi i parametri del 40%. Questi permettono una ricostruzione esatta del modello monodimensionale con tempi di ritorno di 300 anni.

3.3 Rappresentazione bidimensionale

La prima simulazione effettuata in RAMMS utilizza i parametri dati dalla relazione tecnica monodimensionale (Aval1D) definiti *input*. Dalla *figura 3.8*, si evidenzia subito una riduzione della distanza di arresto rispetto all'utilizzo del modello Aval1D, in particolar modo con un tempo di ritorno di 300 anni. Questo è dovuto al fatto che i parametri di attrito utilizzati sono stati settati grazie ad un modello bidimensionale con il DTM dell'area di studio, invece che un canale monodimensionale. Dunque è necessario scegliere i dati corretti dalla calibrazione per ottenere una stima quanto più realistica dei coefficienti di attrito coulombiano e turbolento, attraverso l'analisi di sensibilità.

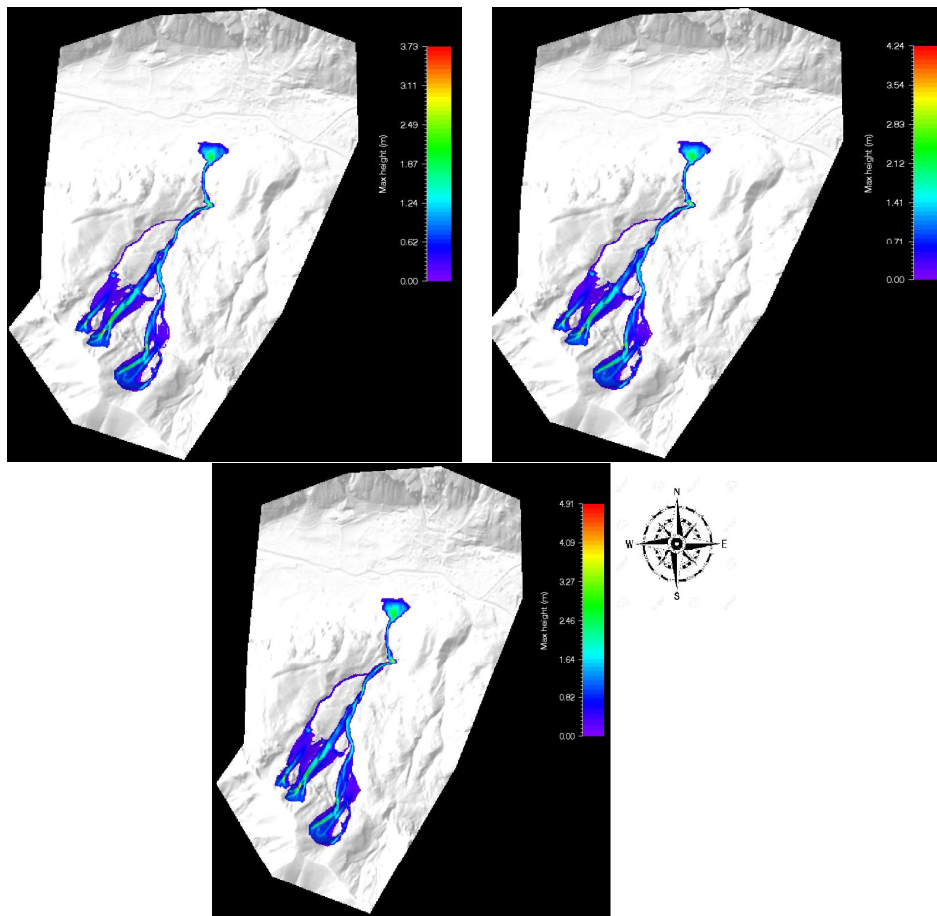


Figura 3.8: Tirante massimo nei tempi di ritorno 30, 100 e 300, con i parametri dati in partenza.

Quindi, in *figura 3.9* vengono rappresentati i coefficienti calibrati dal canale monodimensionale con una variazione del 40% dai dati di partenza, utilizzati per la simulazione più realistica, come precedentemente indicato.

Rispetto alla simulazione monodimensionale di Aval1D, si nota una grande differenza nei risultati ottenuti con RAMMS. Risulta evidente, confrontando i file di output, come il tirante massimo da Aval1D sia quasi la metà di quello simulato da RAMMS, per tutti i tempi di ritorno. In particolare, si trovano 4.71 m per il tempo di ritorno più basso, rispetto ai 2.68 m indicati in Aval1D, mentre 5.12 m e 5.82 m sono i risultati rispettivi ai tempi di ritorno maggiori.

In secondo luogo, appare evidente la maggiore velocità massima della valanga, la quale si attesta attorno ai 30 m/s secondo Aval1D e 40 m/s per RAMMS. Questa variazione potrebbe essere indotta

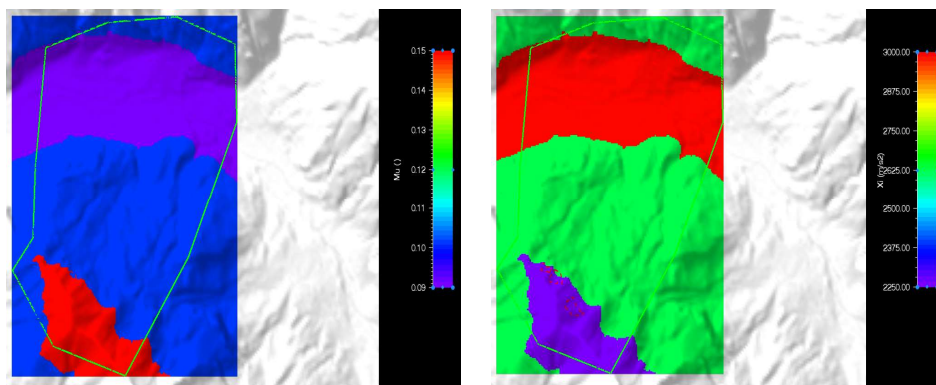


Figura 3.9: Parametri inseriti nel dominio di calcolo: l'attrito Coulombiano *a sinistra* e l'attrito turbolento *a destra*.

dalla diminuzione generale dell'attrito in seguito alla calibrazione dei coefficienti μ e ξ . Infine, la *Flowheight* nell'ultimo istante della simulazione nella zona di accumulo della valanga ha valori comparabili nei risultati dei due modelli; Aval1D sovrastima leggermente le altezze di qualche centimetro.

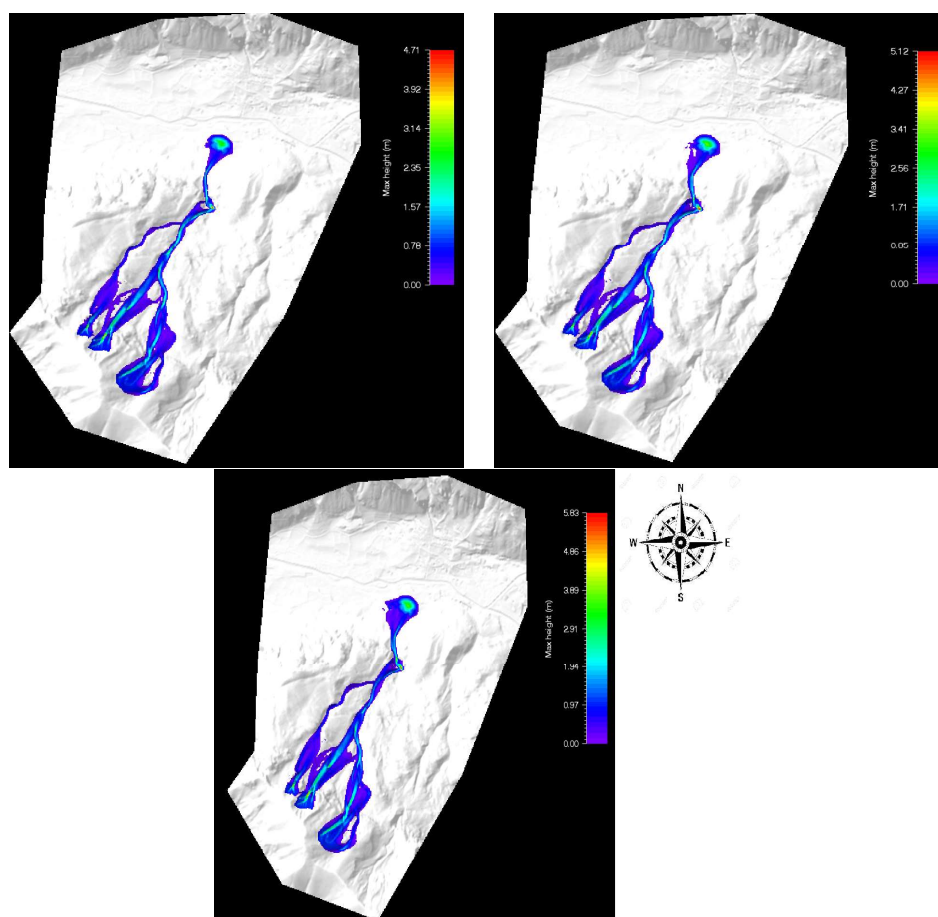


Figura 3.10: Tirante massimo nei tempi di ritorno 30, 100 e 300, con i parametri calibrati.

La *figura 3.10* mostra le simulazioni più realistiche ottenute grazie ai nuovi parametri calibrati; quindi, rispetto alle simulazioni precedenti, si nota subito una maggiore distanza di arresto a valle dovuta alla

riduzione degli effetti di attrito. Inoltre, si calcola una maggior velocità media nello scorrimento lungo il pendio, a parità di volume di distacco.

Infine, la valanga riesce a superare piccoli ostacoli morfologici, andando ad interessare alcuni canali contigui. Questa caratteristica è l'aspetto fondamentale che distingue l'analisi bidimensionale dalla ricostruzione monodimensionale precedente. Il punto di forza è quello di conoscere meglio la zona di scorrimento lungo il versante, oltre alla stima dell'area di arresto di valle, essendo ora in grado di valutare il pericolo negli eventuali percorsi secondari della valanga.

Capitolo 4

Mappa del pericolo

La mappa del pericolo risultante viene creata grazie all'intersezione delle massime pressioni durante la discesa della valanga, nei tre tempi di ritorno, distinguendo il pericolo alto, medio e basso come da normativa locale.

La *figura 4.1* mostra come viene classificata la pericolosità in un'area, grazie ai colori. Si noti che in questo caso viene omissa il livello trascurabile verde.



Figura 4.1: Classificazione della pericolosità (*hazard*) e Matrice di Buwal.

Per identificare le aree relative alle classi di pericolosità, si fa riferimento alla *matrice di Buwal* in cui si mette in relazione l'intensità di evento con la probabilità di accadimento.

Brevemente si descrive ogni classe di pericolosità per avere una visione più realistica della classificazione:

- H4: aree in cui l'evento assume intensità elevata, indipendentemente dalla sua probabilità; possono esserci perdite di vite umane, distruzione di strutture, esposizione a grave pericolo delle persone; si tiene conto della difficoltà di attuare efficaci misure di mitigazione;
- H3: aree in cui l'evento assume intensità media, o bassa ma con probabilità di accadimento elevata; possono esserci gravi lesioni e disagio per le persone, danni gravi alle strutture, esposizione a grave pericolo all'esterno; si tiene conto della possibilità di attuare efficaci misure di mitigazione;
- H2: aree in cui l'evento assume bassa intensità e la cui probabilità di accadimento non supera un valore medio; possono esserci modeste lesioni e disagi per le persone, modesti danni alle strutture, assenza di grave pericolo; si tiene conto della possibilità di attuare efficaci misure di mitigazione del pericolo.

Si seguono le "Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe", un documento emanato da AINEVA e da ARPA Piemonte per l'omogenizzazione della definizione delle aree di pericolo. Tramite la procedura eseguita da Aval1D, si ha una mappatura monodimensionale basata sulla distanza dall'area di distacco, con la designazione di un conoide a valle solo ipotetico. Tramite la procedura vigente si distinguono le tre aree di pericolosità grazie alla pressione calcolata su base bidimensionale: la zona ad alta pericolosità (rossa) prevede l'intersezione dell'area definita al tempo di ritorno di 30 anni a pressioni superiori di 3 kPa con l'area che al tempo di ritorno 100 anni ha pressioni superiori a 15 kPa ; la zona a media pericolosità (blu) si definisce dalla stessa area con pressioni superiori a 3 kPa e quella delimitata dal tempo di ritorno di 100 anni con pressioni comprese tra 3 e 15 kPa ; infine la zona di bassa pericolosità (gialla) viene definita dall'involuppo della zona di deposito al tempo di ritorno di 300 anni con la pressione superiore a 3 kPa al tempo di ritorno di 100 anni.

La *tabella 4.1* riassume le tre zone in funzione delle aree calcolate nei tempi di ritorno, con i risultati di pressione massima.

Livelli	Tr	intervalli di pressione
ELEVATA	30 anni	$P \geq 3\text{ kPa}$
(rosso)	100 anni	$P \geq 15\text{ kPa}$
MEDIA	30 anni	$P > 3\text{ kPa}$
(blu)	100 anni	$3 < P < 15\text{ kPa}$
BASSA	100 anni	$P > 3\text{ kPa}$
(giallo)	300 anni	<i>deposition</i>

Tabella 4.1: Definizione delle tre zone di pericolosità secondo le linee guida di AINEVA.

Nella *figura 4.2* viene riportata la ricostruzione finale della mappa delle pericolosità, ottenuta con la procedura descritta e collocata nell'area di studio con una ortofoto.

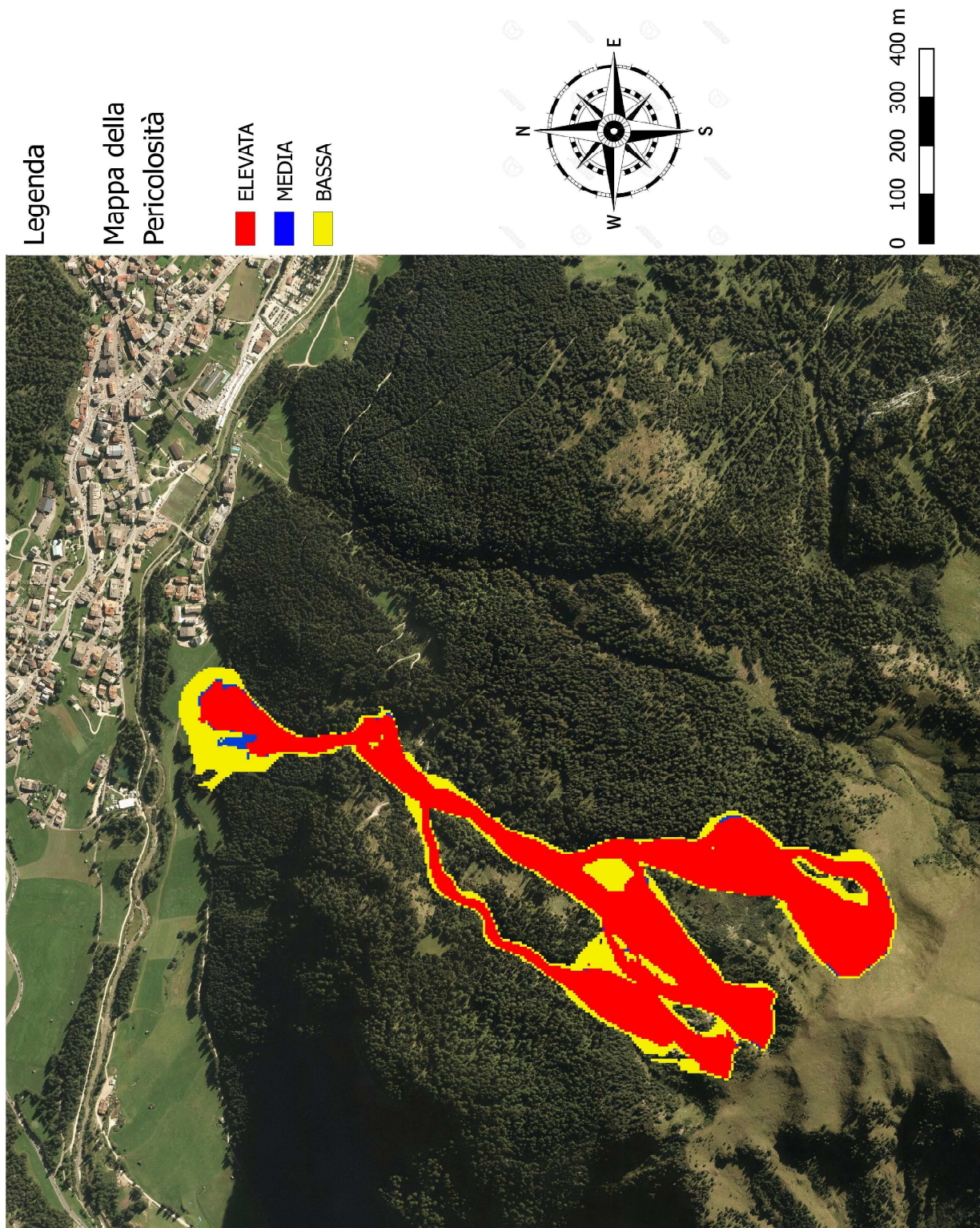


Figura 4.2: Mappa delle pericolosità.

Capitolo 5

Conclusioni

In questo studio, sono state riprese le analisi fatte attraverso il software Aval1D di ricostruzione dei fenomeni valanghivi, utilizzato per creare la mappa del pericolo sul versante settentrionale del Crepa Neigra, in corrispondenza col centro abitato di Canazei.

Dopo un'attenta analisi della cartografia e dei valori analitici a disposizione, si sceglie di ricostruire lo stesso fenomeno tramite un software bidimensionale più completo, in grado di descrivere meglio il territorio grazie alla definizione del DTM locale: il RAMMS2D. Si presuppone di ottenere risultati più realistici con questa procedura, notando una semplificazione della mappatura esistente nella zona valliva.

Per ottenere ciò, è stato necessario ricercare i parametri adimensionali più adeguati alla descrizione della neve e del terreno, seguendo l'analisi di sensibilità e scegliendo quelli con risultati più vicini al caso in esame. Si è visto come l'inserimento di questi nuovi parametri nella simulazione bidimensionale sia notevolmente influente dal punto di vista del comportamento del corpo nivale. I coefficienti vanno a regolare le caratteristiche di attrito, ovvero di scivolamento lungo il percorso, ottenendo una discesa più fluida e adattata alle caratteristiche topografiche.

I risultati analitici sottolineano le differenze trovate nelle due simulazioni, con un set di dati più completo nello studio bidimensionale. In particolare, si ottiene una mappatura delle pericolosità sviluppata sulla base delle pressioni calcolate, invece che le distanze dall'area di distacco. Il conoide rappresentato nella simulazione monodimensionale, presumibilmente, viene graficato dalla distanza relativa al punto uscente dal canale, perciò senza nessun dato di verifica. Nella *figura 5.1* è evidente la distribuzione radiale del limite del conoide dal punto di uscita del canale. Contrariamente, la simulazione bidimensionale permette di definire lo sviluppo del conoide a valle del canale di discesa in tutte le direzioni del piano.

Sulla base dello studio svolto e dei risultati sopra riportati risulta evidentemente come l'utilizzo del modello RAMMS bidimensionale sia più efficace e preciso rispetto al modello Aval monodimensionale, semplicemente grazie alla miglior definizione del campo di calcolo attraverso parametri più vicini alla realtà.