



Région Autonome
Vallée d'Aoste
Regione Autonoma
Valle d'Aosta

Comune di



Commune de

Antey-Saint-André

Studio geologico di dettaglio per la variante e revisione delle cartografie degli ambiti inedificabili per i terreni sedi di frane ai sensi dell'art. 35 della L.R. 06 aprile 1998 n. 11 e s.m.i.

- RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA -

Committente: Amministrazione comunale di Antey-Saint-André



BALTEA - Studio Geologico Associato
di Alex Théodule e Marco Vagliasindi

Châtillon (AO), Via Menabrea 43

Tel./Fax: (+39) 0166.62.205

Novembre 2013

Sommario

1	Introduzione.....	4
2	Settore del bacino del Torrente Petit Monde.....	7
2.1	Inquadramento geologico.....	7
2.2	Analisi geomorfologica.....	7
2.3	Analisi geostrutturale.....	9
2.4	Analisi traiettografica.....	10
2.4.1	Considerazioni generali.....	10
2.4.2	Localizzazione dei punti di partenza.....	11
2.4.3	Caratteristiche dei terreni.....	11
2.4.4	Volume e forma dei blocchi.....	12
2.5	Risultati dell'analisi.....	12
2.6	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1.....	16
2.7	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2.....	20
3	Settore del bacino del Torrente Grand Moulin.....	21
3.1	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	21
3.2	Analisi geostrutturale.....	24
3.3	Analisi traiettografica.....	25
3.3.1	Considerazioni generali.....	25
3.3.2	Localizzazione dei punti di partenza.....	25
3.3.3	Caratteristiche dei terreni.....	25
3.3.4	Volume e forma dei blocchi.....	26
3.4	Risultati dell'analisi.....	28
3.5	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1.....	31
3.6	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2.....	33
4	Settore del Bacino dei Torrenti Chamois e Suisse.....	42
4.1	Inquadramento geologico.....	42
4.2	Analisi geomorfologica.....	42
4.3	Analisi geostrutturale.....	43
4.4	Analisi traiettografica.....	44
4.4.1	Localizzazione dei punti di partenza.....	47
4.4.2	Caratteristiche dei terreni.....	47
4.4.3	Volume e forma dei blocchi.....	47
4.5	Risultati dell'analisi.....	48

4.6	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1	51
4.7	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2	52
5	Settore di conoide del Torrente Antey-Saint-André	53
5.1	Inquadramento geologico	53
5.2	Analisi geomorfologica	53
5.3	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1	54
5.4	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2	55
6	Settore di conoide del Torrente di Chessin	56
6.1	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1	56
7	Settore di Buisson	58
7.1	Metodologia	58
7.2	Sintesi assetto geostrutturale	58
7.3	Eventi di dissesto pregressi	59
7.4	Descrizione delle instabilità potenziali	61
7.4.1	Instabilità potenziali coinvolgenti elevati volumi rocciosi	61
7.4.2	Distacco di singoli blocchi rocciosi di elevato volume	62
7.4.3	Zone di alimentazione di caduta massi diffusa	62
7.4.4	Accumuli detritici e di materiale sciolto instabili	63
7.5	Posizionamento delle opere definitive	63
7.6	Rilievo dei testimoni muti	64
7.7	Simulazione di caduta massi	64
7.8	Risultati dell'analisi	71
7.9	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1	73
8	Settore Villaggio Turistico "Camping Cervino"	74
8.1	Documentazione consultata	74
8.2	Analisi comparata degli studi esistenti	75
8.2.1	Analisi geostrutturale delle pareti sovrastanti l'area del camping	75
8.2.2	Analisi geomorfologica del versante sottostante la parete	78
8.2.3	OPERE DI DIFESA ESISTENTI	78
8.2.4	Analisi traiettografiche	79
8.2.5	Risultati degli studi pregressi e zonizzazioni proposte	82
8.3	Risultati dell'analisi	85
8.4	Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1	87

1 Introduzione

L'Amministrazione Comunale di Antey-Saint-André, committente del presente studio, ha incaricato con D.G.C. n° 142 del 05/11/2009 lo scrivente *Baltea - Studio Geologico associato* di effettuare uno studio di approfondimento relativo alla pericolosità per frana sui settori di territorio ricadenti in fascia di cautela (FC) ai sensi dell'art. 35 della Legge Regionale 6 aprile 1998, n° 11, e sui settori di conoide dei bacini ad elevata pericolosità individuati con D.G.R. 1138/2005 per i quali è necessaria la separazione tra le aree interessate da fenomeni di *debris-flow* (individuati dagli "*specifici studi di valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente esistenti*") e le aree soggette a frane in *s.s.*, così come previsto dalla D.G.R. n. 2939 del 10/10/2008. In particolare gli studi di bacino effettuati sul territorio comunale di Antey-Saint-André hanno interessato le seguenti aste torrentizie:

- Torrente Petit Monde;
- Torrente Grand Moulin;
- Torrenti Chamois e Suisse-Saverou;
- Torrente Antey;
- il settore di conoide in località Chessin, approfondito mediante uno studio di bacino con metodo semplificato.

Oltre all'adeguamento della cartografia, sulla base delle risultanze degli studi di bacino nei settori di conoide, è stata effettuata una attività di confronto tra le cartografie motivazionali, carta geologica e carta dei dissesti, degli studi di bacino con le corrispettive carte allegate agli ambiti ineditabili; in particolare sono stati eseguiti specifici studi di approfondimento dei settori attualmente classificati in fascia di cautela e/o di quei settori caratterizzati da un rilevante interesse pubblico. In particolare sono stati studiati:

- il settore di Buisson, a seguito della realizzazione delle opere di difesa passiva a monte della frazione stessa;
- il settore del villaggio turistico "Camping Cervino", soggetto a fenomeni diffusi di caduta massi;

È stata altresì effettuata una revisione generale della cartografia vigente finalizzata all'introduzione di eventuali "fasce di rispetto" nei settori classificati con diverso grado di pericolosità: in particolare sono state introdotte delle fasce a pericolosità decrescente in quei settori

dove originariamente si passava direttamente da un grado di alta pericolosità ad uno di bassa pericolosità.

Gli studi di approfondimento sono stati condotti integrando l'analisi della documentazione esistente, messa a disposizione dall'Ufficio tecnico comunale e dall'Amministrazione regionale (Dipartimento Difesa del Suolo e risorse idriche – Centro Funzionale regionale), rilievi ed indagini geomorfologiche sui siti di interesse e specifiche analisi nei casi ove ritenute necessarie. In particolare è stata consultata la seguente documentazione:

- studi di valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente esistenti, eseguiti sulle principali aste torrentizie del comune;
- la “banca dati dissesti regionali” ed i dati relativi al Progetto I.F.F.I. (Inventario dei fenomeni franosi italiani);
- l'analisi dei dati radar satellitari elaborati con tecnica PSInSARTM disponibili on-line sul portale cartografico della Regione;
- studi di vari autori relativi al settore del villaggio turistico “Camping Cervino”;
- studi per la realizzazione delle opere di difesa a monte dell'abitato di Buisson.

Gli studi e le indagini sono stati effettuati di concerto con i competenti Uffici dell'Amministrazione regionale (Dipartimento Difesa del Suolo e risorse idriche – Centro Funzionale regionale), dei quali sono state recepite ed applicate le indicazioni.

Nell'effettuazione delle simulazioni di caduta massi ci si è attenuti quanto più possibile alle indicazioni fornite dal Dipartimento Difesa del suolo circa le modalità di effettuazione. Per quanto attiene il numero di traiettorie simulate, nella maggior parte dei casi si sono effettuate 1000 o più cadute di blocchi come raccomandato dalle suddette linee guida, al fine di ottenere una rappresentatività statistica adeguata. In alcuni casi, a causa della complessità morfologica del versante, l'utilizzo di un numero elevato di simulazioni genera files di calcolo estremamente grandi e di difficile gestione. Nel caso di analisi tridimensionali si è quindi suddivisa la simulazione in diverse parti (diversi punti di distacco), ottenendo così diversi gruppi di traiettorie che sono stati poi uniti in un sistema GIS fino ad ottenere un numero complessivo adeguato. Nel caso di analisi bidimensionali, si è comunque adottato il criterio di analisi statistica, che permette di variare automaticamente il fattore di rugosità in un range compreso tra 0 e 1. Ove consentito dai programmi di calcolo sono stati utilizzate range di variazione statistica dei parametri il più possibile ampi per ottenere una sufficiente rappresentatività delle analisi stesse.

Nella presente relazione sono illustrate le indagini svolte, i risultati e dati ottenuti e la zonizzazione di pericolosità dei settori oggetto di studio proposta in base alle conoscenze acquisite.

La presente relazione, unitamente agli allegati cartografici, viene prodotta ad espletamento dell'incarico ricevuto.

2 Settore del bacino del Torrente Petit Monde

L'area di studio comprende un settore del versante situata in destra orografica della Valtournenche immediatamente a nord dell'alveo del Torrente Petit Monde ed a valle del terrazzo morfologico su cui sono edificate le frazioni di Etirol e Elevaz, nel comune di Torgnon. Viene interessata dalla studio solo l'area precedentemente inclusa nelle aree di frana per essere soggetta a colata detritica e quindi riclassificata a seguito degli studi di bacino; tale area comprende una fascia precedentemente classificata in F1, a margine dell'asta torrentizia, ed una fascia classificata in FC. Non è soggetta a riclassificazione l'area di Fiernaz, oggetto di specifico studio di dettaglio.

2.1 Inquadramento geologico

La zona in esame è compresa tra l'unità tettonica Zermatt-Saas e la scaglia di Etirol-Levaz. La prima è arealmente più rappresentata e forma le pareti a monte di Fiernaz e Buisson. Il litotipo prevalente è costituito da metagabbri in facies scisti blu/eclogitica, con associate serpentiniti massive o scistose.

La scaglia di Etirol-Elevaz si estende a partire da una quota di circa 1450 m s.l.m. a nord della frazione di Etirol fino alla cappella di Dzilliarey; è costituita da prevalenti micascisti a granato, per lo più massivi, associate ad una lente di granuliti basiche a plagioclasio e giadeite. Il contatto tettonico tra le due unità è marcato da un livello di serpentini milonitizzate e fortemente fratturate, che formano ammassi rocciosi particolarmente disarticolati.

2.2 Analisi geomorfologica

L'area interessata dall'approfondimento comprende un tratto di versante ad elevata acclività, che si estende a valle del margine inferiore del terrazzo di Etirol, nel Comune di Torgnon, e si raccorda alla conoide di deiezione del Torrente Petit Monde e successivamente alla piana alluvionale del Torrente Marmore. Il versante si estende in una fascia altimetrica compresa tra 1750 m s.l.m. (margine inferiore del terrazzo di Etirol) e 1100 m s.l.m. circa, dove il versante si innesta sulla conoide. Il fianco vallivo presenta una pendenza gradualmente decrescente verso valle, con acclività media superiore a 45° nella fascia altimetrica 1750-1250 m s.l.m., compresa tra 30° e 45° tra 1250 e 1100 m s.l.m., e di 15°-10° nella sottostante fascia che si raccorda al fondovalle alluvionale.

Il versante è inciso dall'asta torrentizia del Petit Monde, e circa 200 m più a nord è presente un'altra modesta incisione a partire da una quota di circa 1450 m s.l.m.

La fascia altimetrica compresa tra 1750 e 1300 m s.l.m. del fianco sinistro del bacio del Torrente Petit Monde è rappresentata prevalentemente da roccia subaffiorante con scarso

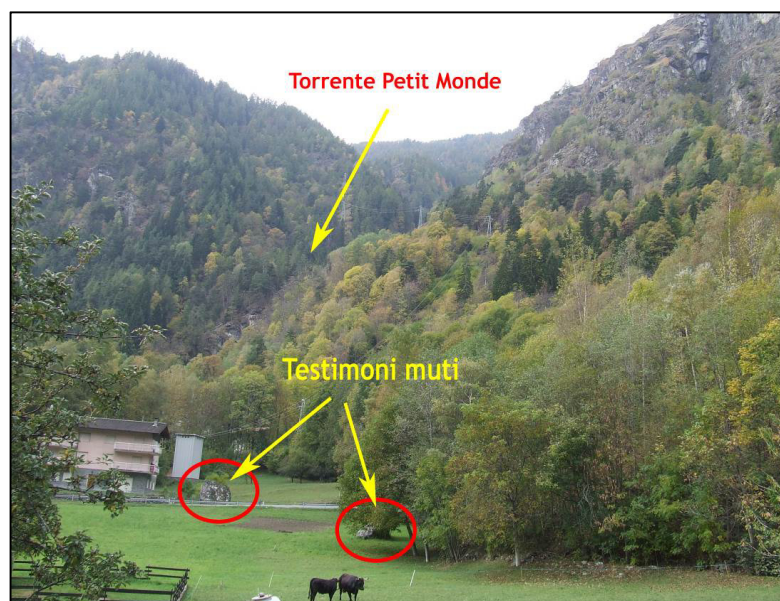


Panoramica del settore di interesse

soprassuolo erboso o arbustivo. Una vera e propria parete rocciosa subverticale si sviluppa nel tratto più a nord del settore esaminato, a monte dell'abitato di Fiernaz, in una fascia compresa tra 1400 e 1250 m s.l.m. Nel settore più a sud, al contrario, nella parte inferiore del versante si sviluppa un copertura boscata estesa fino al fondovalle.

Il fianco destro orografico del Torrente Petit Monde presenta un'acclività meno marcata rispetto al versante sinistro, con conseguente sviluppo di una maggiore copertura vegetale anche di alto fusto: gli affioramenti rocciosi sono infatti più rari e con scarso sviluppo altimetrico, mentre il raccordo con il fondovalle avviene con un più ampio degradare dei depositi di versante verso la piana alluvionale.

Al piede del versante non si riscontra la presenza di accumuli detritici rilevanti né attivamente alimentati. La presenza di testimoni muti è piuttosto rara, per quanto attiene il settore di interesse è limitata a 2 blocchi di volume metrico, non recenti, presenti rispettivamente a monte e a valle della



Testimoni muti lungo la Strada Statale per Cervinia

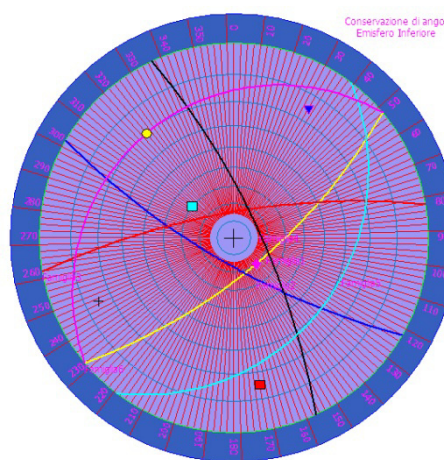
Strada Statale per Valtournenche. Dall'analisi bibliografica e degli studi pregressi (sono stati esaminato l'inventario IFFI ed il Catasto dei dissesti del Centro Funzionale della R.A.V.A. cortesemente messi a disposizione dal Centro Funzionale) non sono censiti infatti eventi per quanto attiene la specifica area in oggetto; i record presenti riguardano i fenomeni complessi relativi al bacino di Fiernaz situato più a nord.

Non sono segnalati eventi o dissesti specifici nelle carte dei dissesti dello "studio di bacino" relativo al Torrente Petit Monde a cura di Chatrian, Lovato e Vuillermoz (2007).

2.3 Analisi geostrutturale

Sono state effettuati alcuni stendimenti sulle pareti sovrastanti il settore di Fiernaz e Petit Monde, che hanno evidenziato i seguenti principali sistemi di discontinuità che interessano gli ammassi rocciosi.

Sistema	Immersione	Inclinazione	Spaziatura (cm)
A	140°	70°	50-200
B	210°	75°	100-150
C	350°	75°	-
D	65°	75°	200 o >
E	127°	30°	100-150
F	320°	20°	100-150

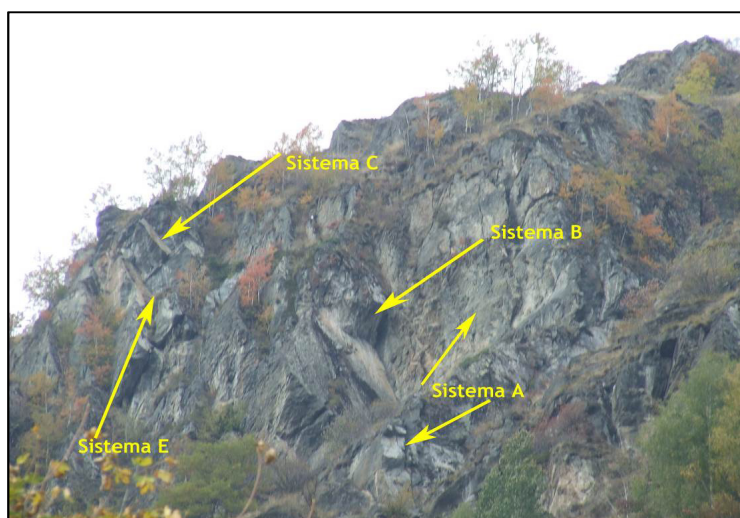


La combinazione dei sistemi di discontinuità con l'orientazione della parete ($\approx 120/65$) genera numerose possibilità cinematiche di distacco sia per scivolamento planare che per scivolamento a cuneo. E' tuttavia importante precisare che il rilievo effettuato nel settore, ed in particolare nel tratto di versante immediatamente a valle di Tirol, che costituisce la principale zona di alimentazione dei fenomeni di crollo che possono arrivare ad interessare l'area di studio, ha evidenziato la presenza di un'ampia fascia caratterizzata da ammassi rocciosi in gran parte rilasciati o disarticolati, in cui quindi il distacco dei blocchi non è direttamente legato a fattori di tipo geomeccanico quali la combinazione geometrica dei sistemi di fratture ed il superamento della resistenza limite lungo le fratture stesse; gran parte dei blocchi si presentano infatti già staccati e la loro mobilitazione è presumibilmente legata a fattori quali cicli di gelo-disgelo o precipitazioni.

Una situazione differente riguarda invece la parete situata a monte del settore meridionale dell'abitato di Fiernaz, costituita da affioramenti più massivi e in cui è possibile distinguere i sistemi di discontinuità sopra elencati.



Tratto di versante a valle di Tirol, che costituisce la principale zona di alimentazione dei fenomeni di crollo che possono interessare la zona a sud di Fiemaz. Il versante è caratterizzato dalla presenza di ammassi rocciosi disarticolati, con blocchi di forma tabulare o prismatica e volumi generalmente limitati a alcuni dm³.



Tratto della parete sovrastante la porzione Sud di Fiemaz (settore settentrionale dell'area indagata), tra le quote 1450 e 1250 m s.l.m.; sono evidenti i principali sistemi di fratture descritti nel testo, nicchie di distacco e blocchi potenzialmente instabili.

2.4 Analisi traiettografica

2.4.1 Considerazioni generali

La prima valutazione nell'effettuare l'analisi traiettografica riguarda la scelta tra metodi bidimensionali e tridimensionali. I primi consentono una migliore definizione delle percentuali di arrivi alle varie distanze, consentendo quindi una più accurata zonizzazione basata sulle percentuali di arrivo, e permettono inoltre di tenere conto

della massa dei blocchi nelle caratteristiche del moto. Per contro, non consentono di assumere la variabilità laterale delle traiettorie, imponendo quindi il moto lungo traiettorie predefinite senza tenere conto della possibilità di deviazioni laterali. In generale una soluzione può essere quella di integrare i due metodi, individuando prima le traiettorie più frequenti con un'analisi 3D e successivamente sviluppando un'analisi 2D lungo le sezioni corrispondenti in modo da definire con precisione percentuali ed energie di arrivo.

Nel caso specifico, l'effettuazione di un'analisi tridimensionale - nonché la semplice osservazione della morfologia del sito - ha evidenziato che la topografia ha un'influenza determinante nella distribuzione delle traiettorie, e si è scelto pertanto di utilizzare esclusivamente

l'analisi tridimensionale come di seguito descritta.

Inoltre, allo scopo di verificare la zonizzazione vigente in coerenza con i criteri di analisi adottati, lo studio traiettografico è stato esteso anche al settore di versante localizzato a sud del torrente Petit Monde, anche in assenza di aree oggetto di approfondimento.

2.4.2 Localizzazione dei punti di partenza

I punti di partenza dei blocchi sono stati posizionati, a favore di sicurezza, in corrispondenza dei punti più elevati degli affioramenti rocciosi che sovrastano l'area di interesse, in particolare:

- al margine della rottura di pendenza che delimita il terrazzo di Tirol, a quota 1650 m s.l.m. circa;
- al margine superiore della parete rocciosa a quota 1450 m s.l.m. circa;
- nel settore a sud del Petit Monde, al margine superiore delle pareti rocciose che sovrastano la località Pontaille tra le quote 1400 e 1500 m s.l.m.

Le due zone di alimentazione presentano caratteristiche geostrutturali differenti: nel primo caso si tratta di ammassi rocciosi rilasciati o disarticolati in blocchi prevalentemente lastroidi con volumi di pochi dm³; nel secondo caso si ha roccia più massiva, con blocchi di forma prismatica o cubica e volumi che possono raggiungere 1-1.5 m³.

Come precedente specificato, lungo il versante sono presenti diversi ammassi rocciosi e blocchi disarticolati, pertanto è probabile che si verifichino distacchi anche da quote più basse rispetto ai punti definiti, tuttavia l'assunzione di punti di distacco con massima energia potenziale è a favore di sicurezza.

2.4.3 Caratteristiche dei terreni

Il versante presenta una conformazione piuttosto semplice nella distribuzione dei terreni con caratteristiche di restituzione energetica simili. In particolare sono stati distinti i seguenti terreni:

I parametri sono stati inizialmente impostati in base all'esperienza degli scriventi per terreni analoghi e da valori di letteratura, e successivamente tarati fino ad ottenere una distribuzione degli arrivi coerente con i rari testimoni muti presenti. Sebbene questi siano in numero limitatissimo, i due blocchi presenti, situata ad un'elevata distanza dal versante e in una zona pianeggiante, sono stati valutati come posizione limite da raggiungere nella simulazione.

Tipo terreno	Rn	Rt	F
Substrato roccioso alterato/subaffiorante	0.5	0.63	0.5
Coperture detritico-colluviali con vegetazione arborea	0.4	0.53	1
Prato	0.25	0.35	0.4

2.4.4 Volume e forma dei blocchi

Il volume e la forma dei blocchi non sono determinanti nell'analisi tridimensionale in quanto il codice utilizzato (ROTOMAP) si basa sul metodo "lumped mass" considerando il blocco come un punto materiale e introducendo la massa solo in rapporto al possibile impatto con una struttura.

Come sopra illustrato è possibile definire tre zone di alimentazione con caratteristiche differenti:

- il tratto di versante con roccia subaffiorante e ammassi rocciosi disarticolati immediatamente a nord dell'alveo del torrente Petit Monde;
- la parete sovrastante il settore sud dell'abitato di Fiernaz;
- le pareti sovrastanti la frazione di Molinaz a sud dell'alveo del torrente Petit Monde.

Nel primo caso i volumi sono di forma prevalentemente lastroide o prismatica e con volume di pochi dm³; i volumi che si possono distaccare dalle pareti sono di forma prismatica o cubica e possono raggiungere volume di circa 1-1.5 m³.

Il programma non consente di valutare le eventuali differenze nella modalità di moto dovute alla forma del blocco. Occorre tuttavia tenere conto del fatto che un blocco di forma tabulare che si mobilita lungo il lato più ristretto (a "disco") raggiunge velocità ed energie più elevate rispetto al caso di mobilitazione lungo il lato più largo o rispetto ad un blocco di forma più equidimensionale. Aniché variare in modo arbitrario i parametri di restituzione, si è preferito tenere conto di tale fattore aleatorio adottando un criterio cautelativo in fase di perimetrazione, come illustrato nel relativo paragrafo.

2.5 Risultati dell'analisi

L'analisi effettuata su un campione di **2000 traiettorie, di cui rispettivamente 1000 nel settore a nord del torrente Petit Monde e 1000 nel settore a sud dello stesso** evidenzia i seguenti aspetti, illustrati dalle relative cartografie.

- a) Nel settore nord, le traiettorie simulate si arrestano per la maggior parte nella fascia di versante a monte della quota 1100 m s.l.m., dove esiste ancora una pendenza relativamente elevata; solo pochissime traiettorie (6) si avvicinano alla posizione dei testimoni muti localizzati.
- b) Nel settore di versante contiguo all'alveo del torrente Petit Monde, a nord dello stesso, la morfologia mostra, a partire dalla quota 1450 circa verso valle, una marcata linea di displuvio. La zona di prevalente provenienza dei blocchi in tale settore è localizzata al di sopra di tale quota. Praticamente la totalità delle traiettorie che si originano a monte

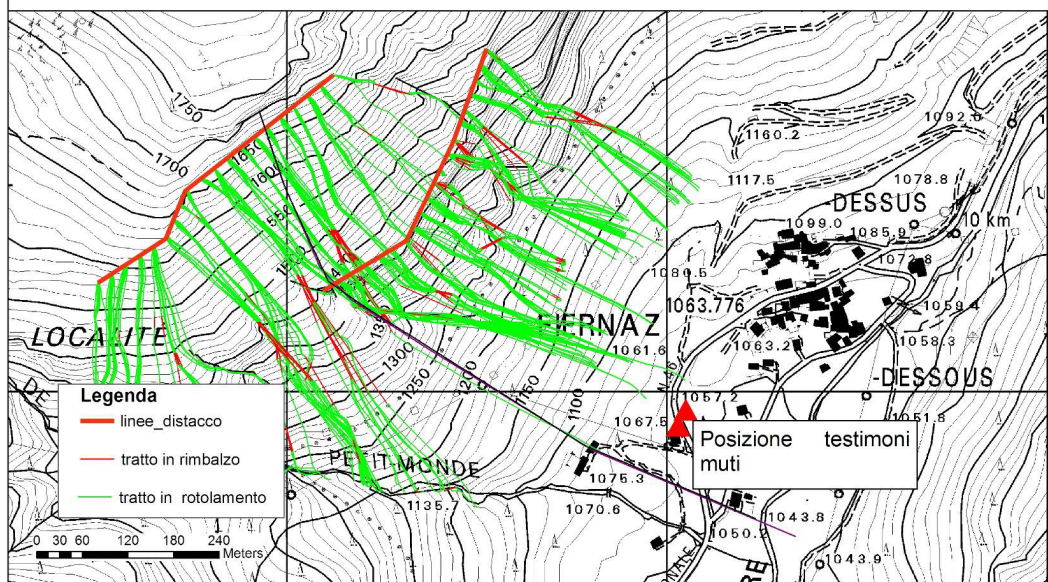
di questo settore viene deviata verso l'incisione del Petit Monde o verso un canalino rivolto verso SE in direzione di Fiernaz. Solo 1 traiettoria (1/1000 del campione) segue la cresta del displuvio arrivando ad interessare l'edificio rurale localizzato sulla conoide del Petit Monde.

- c) Nel settore a sud del torrente Petit Monde un certo numero di traiettorie raggiunge in rotolamento la località Pontaille e la strada regionale 47; tale numero è comunque percentualmente ridotto rispetto alla totalità del campione di 1000 simulazioni.

Nell'ottica di definire la percentuale di arrivi alle varie quote, ai fini della perimetrazione di pericolosità, non soltanto lungo una sezione ma in 3 dimensioni, si è utilizzata la funzione del programma che calcola il numero di arrivi per metro quadrato in ogni cella dell'area esaminata. Il programma restituisce tale valore espresso in parti per milione (1/1000000), che in pratica esprimono la probabilità che su un totale di 1.000.000 di crolli un blocco si arresti in una cella di 1 m² di lato. Ovviamente tutte le celle a monte hanno probabilità maggiori di essere interessate dal passaggio di una o più traiettorie.

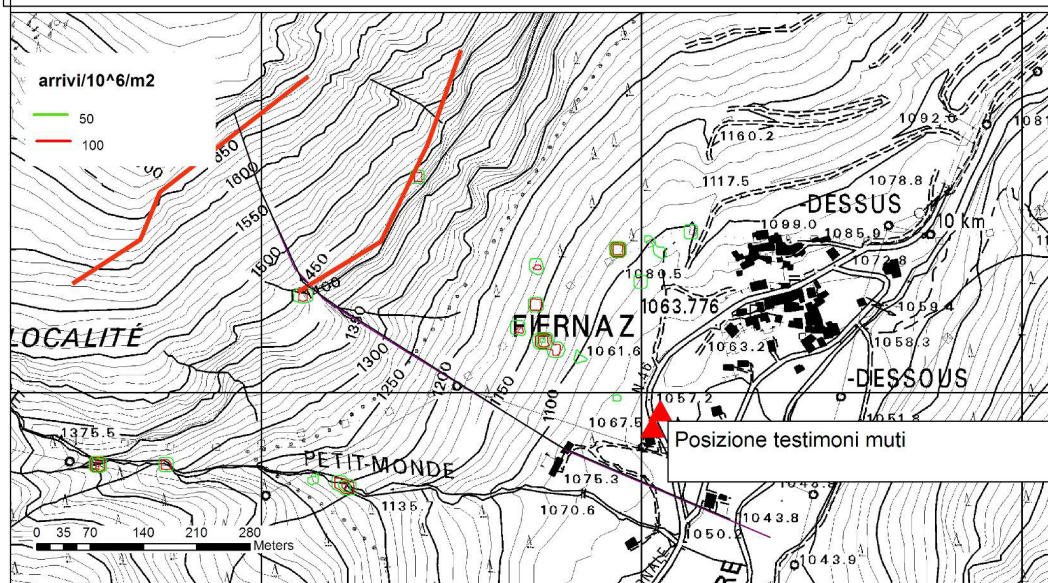
Impostando un valore delle isolinee pari a 100 ppm, con 1000 simulazioni, si ottiene che le isolinee definiscono un valore dello 0.1% ($100/10^{-3}$): pertanto la isolinea 100 che si localizza più a valle sul versante definisce un valore di probabilità di arresto pari al 99 % del campione, escludendo i pochi fenomeni con probabilità limitatissima. Essendo le isolinee raggruppate in clusters a seconda della topografia che indirizza le traiettorie, per definire una fascia continua occorre tracciare una linea di inviluppo, per definire la quale ci si avvale anche di criteri di tipo geomorfologico (ad esempio la variazione di pendenza del versante).

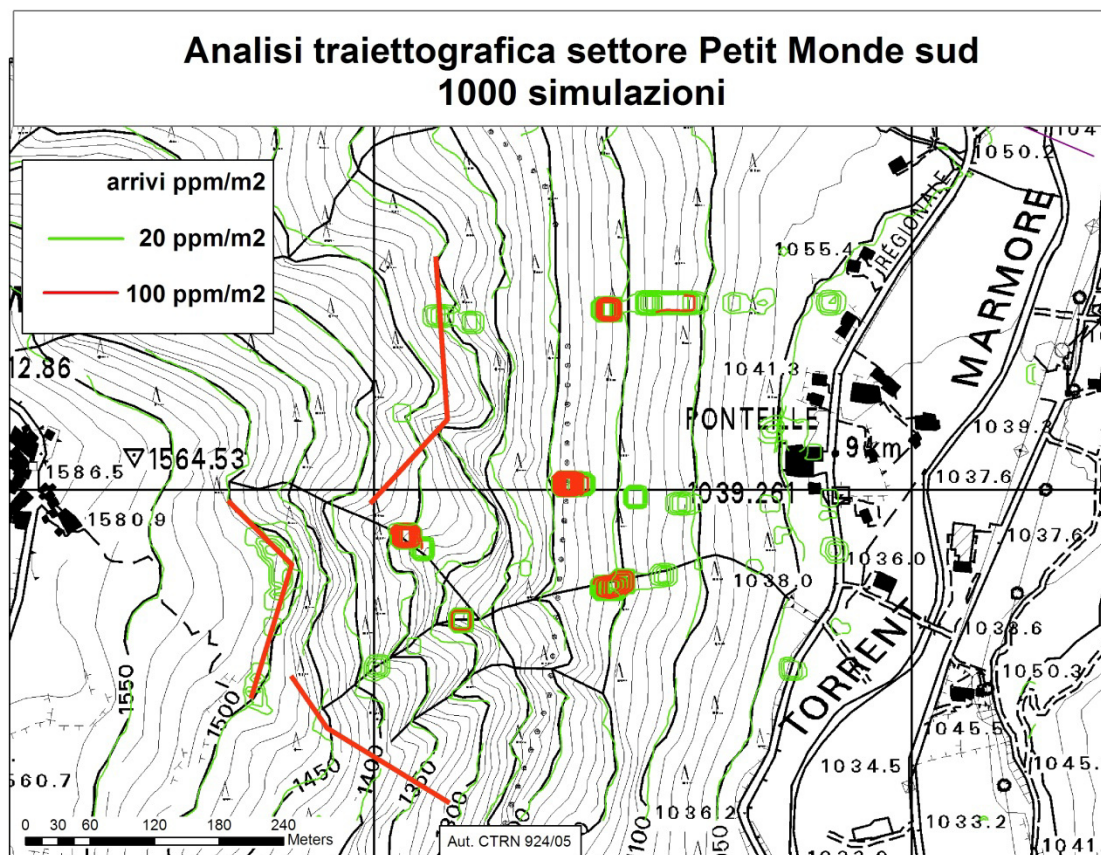
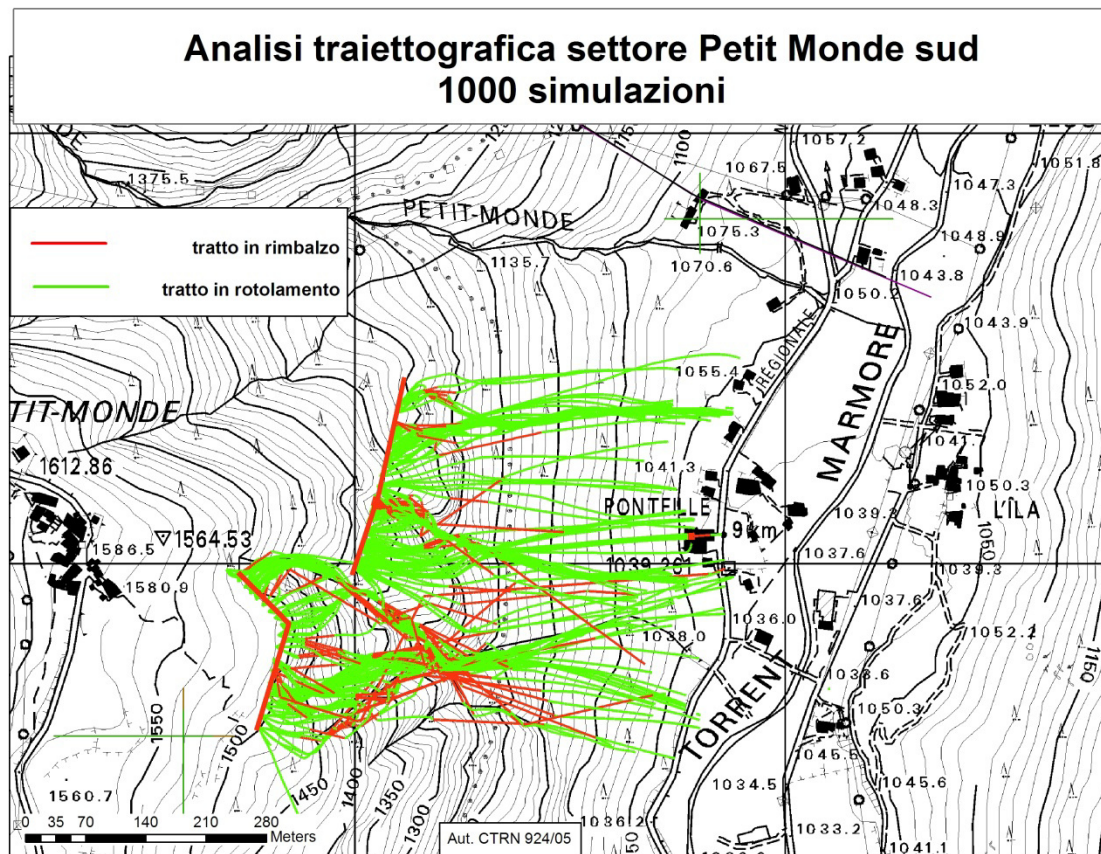
**Analisi traiettografica settore Petit Monde - Fiernaz sud
1000 simulazioni**



Aut. CRTN 924/2005

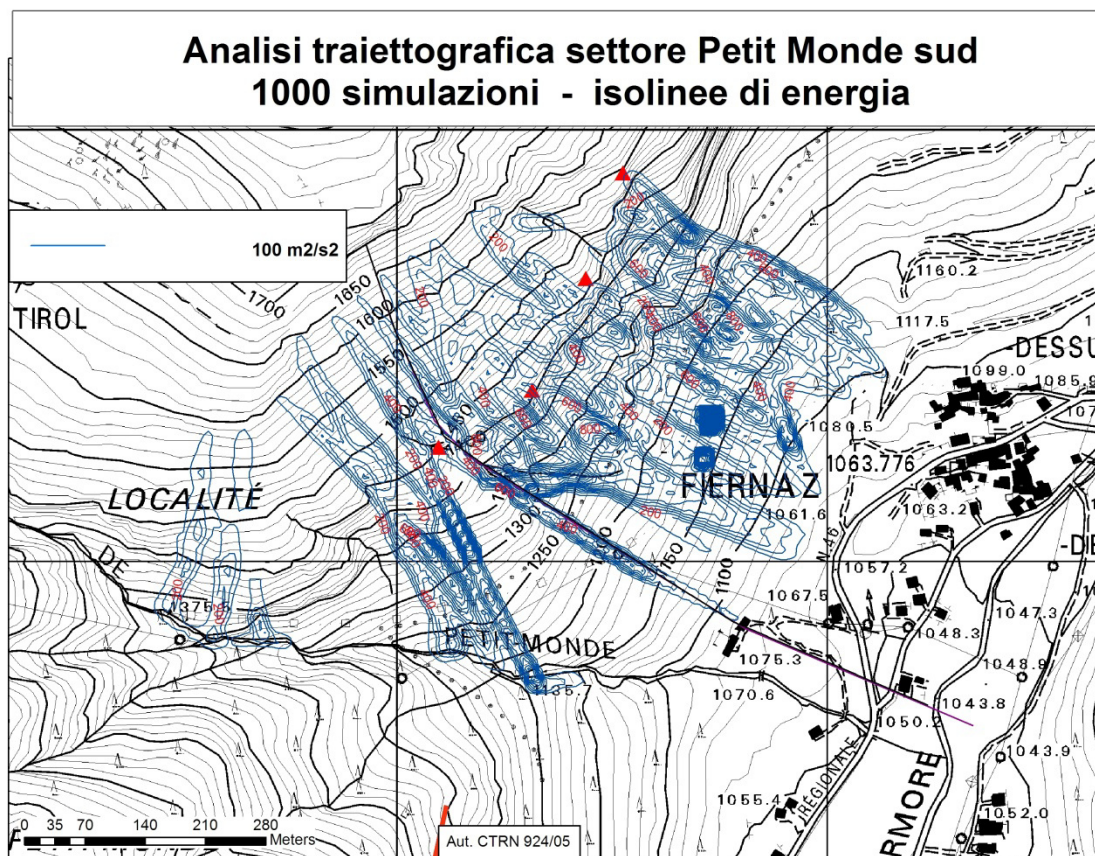
**Analisi traiettografica settore Petit Monde - Fiernaz sud
1000 simulazioni
Frequenza punti di arresto**





Per quanto riguarda la valutazione delle energie, come sopra specificato il codice utilizzato considera i blocchi come punti materiali e permette di determinare pertanto valori di energia per unità di massa (m^2/s^2). Come per le frequenze dei punti di arresto, anche per le energie vengono tracciate delle isolinee di energie per unità di massa che permettono di valutare in tre dimensioni la distribuzione delle energie stesse.

Nella cartografia sottostante è riportata la distribuzione delle energie ricavata su 1000 simulazioni. Nel settore del Petit Monde, a valle della quota 1150 si arriva a valori massimi di $200 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Considerando il massimo volume ipotizzato, pari a 1.5 m^3 , ed un peso di volume di 28 kN/m^3 , tali valori corrispondono ad un'energia massima di 840 kJ . Spostandosi verso il settore di Fiernaz sud, in corrispondenza dell'isoipsa 1100 vengono raggiunti valori massimi di circa 1680 kJ .



Isolinee dell'energia per unità di massa

2.6 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

Sulla base delle considerazioni e delle analisi sopra descritte, è stata definita la perimetrazione della pericolosità nel settore in esame per quanto attiene i fenomeni franosi in senso stretto (rientranti nella perimetrazione di cui all'art. 35, comma 1 della L.R. 11/98 e s.m.i); la perimetrazione legata a fenomeni di trasporto in massa lungo il conoide del torrente Petit Monde (art. 35 comma 2 dello stessa normativa) sono stati valutati separatamente nel successivo paragrafo.

La perimetrazione proposta si basa ovviamente sui risultati della simulazioni sopra illustrate, tenendo tuttavia conto, a livello qualitativo, di tre fattori:

- ✓ la quasi totale assenza di testimoni muti, eccettuati i due blocchi di maggiori dimensioni localizzati a ridosso della S.R. 46, dato l'elevato grado di utilizzo agricolo dell'area, deriva probabilmente anche da interventi di spietramento e di sistemazione dei terreni; a causa della scarsa presenza di testimoni muti l'accuratezza nella taratura del modello di simulazione viene ridotta;
- ✓ la morfologia del settore di versante a monte dell'apice del conoide mostra un displuvio che tende a deviare le traiettorie o verso l'alveo del torrente Petit Monde o verso nord, "proteggendo" il settore ove è edificato un fabbricato rurale. Tuttavia la pendenza del versante, dalle zone di distacco fino al fondovalle, è continua e non favorisce l'arresto dei blocchi;
- ✓ la probabilità del distacco o mobilitazione di blocchi di forma tabulare dal settore a valle di Tirol è piuttosto elevata, dato l'elevato numero di blocchi disarticolati presenti; come precedentemente accennato, nel caso di blocchi con forma "a disco" che si mobilitino lungo il lato più stretto, le velocità ed energie possono assumere valori più elevati ed anche le traiettorie possono essere influenzate.

Tenendo conto di tali fattori, si è scelto di applicare i risultati delle simulazioni adottando un criterio più cautelativo rispetto a quanto previsto dalle linee guide regionali. Nel settore a nord del torrente Petit Monde, la zona F1 ad elevata pericolosità è stata tracciata lungo l'involuppo delle isolinee che costituiscono il 99 % dei blocchi, comprendendo altresì il canalino rivolto verso Fiermaz all'interno del quale risulta incanalarsi un certo numero di traiettorie.

La zona F2, in base allo stesso criterio cautelativo, è stata estesa fino alla strada comunale di Fiermaz, prevedendo quindi una fascia di rispetto nella quale, pur se con probabilità più limitate, la

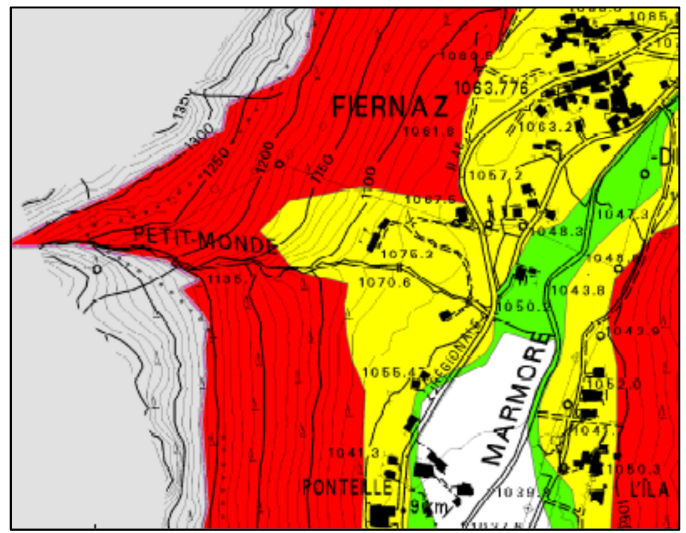
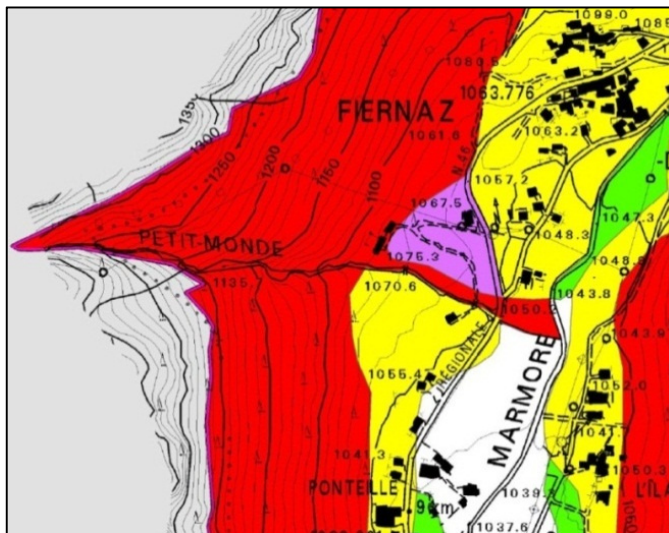
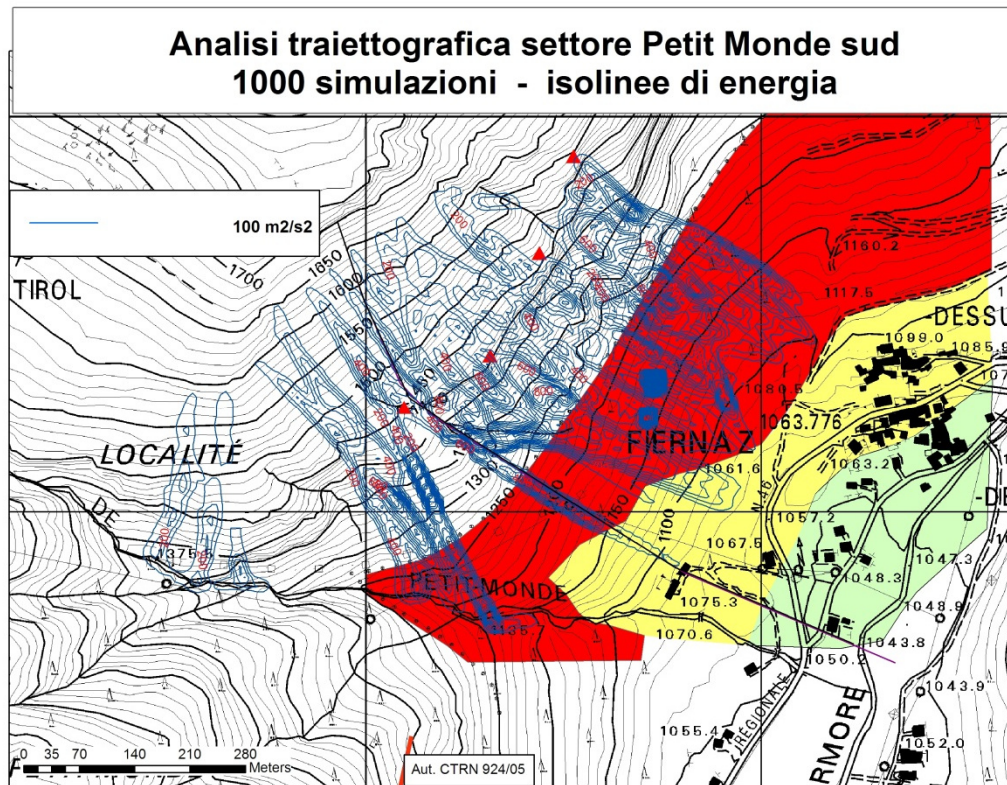
possibilità di propagazione di fenomeni di caduta massi non può essere esclusa per casi particolari, ad esempio il distacco di blocchi da punti molto elevati o il rotolamento/rimbalzo di blocchi di forma tabulare lungo il lato più stretto; la fascia F2 comprende tra l'altro anche i due testimoni muti presenti.

La fascia F3 è estesa dal limite della fascia F2 fino al Torrente Marmore; in tale fascia la propagazione di fenomeni di caduta massi è da considerare limitatissima.

Spostandosi verso nord, dal primo nucleo della frazione di Fiernaz, vengono mantenute le perimetrazioni derivanti dalle valutazioni relative ai dissesti del settore delle frana di Fiernaz.

Nel settore sud, nonostante un certo numero delle traiettorie simulate raggiunga la località di Ponteille e la strada regionale 47, il numero degli arrivi a quote inferiori a 1100 m s.l.m. è comunque limitato, non raggiungendo mai l'isolinea corrispondente a 100 p.p.m. (0.1% del campione). Anche in questo caso si è comunque adottato un criterio cautelativo, mantenendo la fascia F1 fino alla quota di circa 1050 m s.l.m., isoipsa a valle della quale il versante presenta una marcata riduzione di pendenza che spiega l'elevato numero di arresti; a valle di questa quota si riscontra ancora un certo numero di arresti (le isolinee di probabilità arrivano fino a 80 p.p.m./m² corrispondenti a 0.08% del campione). La fascia F2 è stata definita comprendendo tutti i clusters di arrivi delle traiettorie. A valle del limite della F2 è stata definita una fascia di rispetto nella quale l'arrivo di blocchi è da considerare una probabilità del tutto remota.

Nella zonizzazione si è anche tenuto conto della distribuzione dell'energia, in quanto il settore in cui i blocchi arrivano a valle con maggiore energia è stato ricompreso in fascia F1. Al limite della fascia F1/F2 i massimi valori di energia, nell'ipotesi dei massimi volumi attesi pari a 1.5 m³, raggiungono valori massimi di circa 1600 kJ .



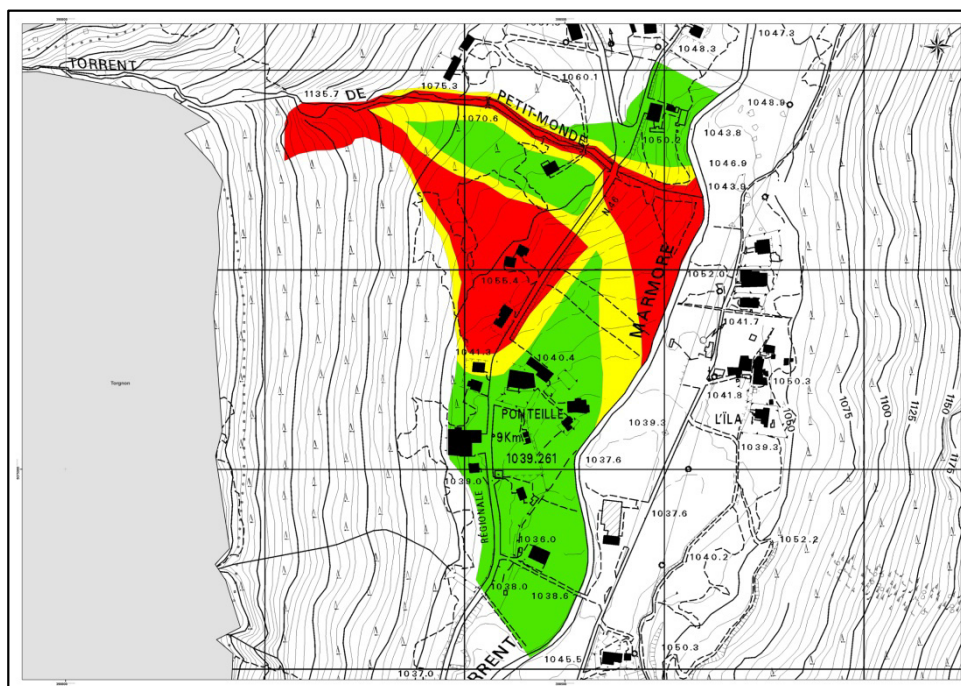
Estratto della cartografia degli ambiti inedificabili ai sensi dell'art. 35 della L.R. 11/98. Zonizzazione vigente (sinistra). Zonizzazione proposta (destra)

2.7 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2

In questo paragrafo viene analizzato e sintetizzato l'approfondimento sul Torrente Petit Monde derivante dagli specifici studi di valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente esistenti (ai sensi della D.G.R. 1138/2005) curato dal gruppo di studio formato dal Dott. For. Grato CHATRIAN, dal Dott. Ing. Flavio LOVATO e dal Dott. Geol. Roby VUILLERMOZ (2007). In particolare viene proposta la perimetrazione per i terreni sedi di fenomeni di trasporto di massa del settore di conoide del Torrente Petit Monde, così come deriva dallo studio sopra menzionato.

Dallo studio emerge che il torrente è soggetto a fenomeni di debris flow a partire dalla porzione di bacino posto *“a valle del settore pianeggiante del Lo-Detor. Il bacino a monte di tale settore presenta infatti una serie di ripiani che sono in grado di selezionare e depositare l'eventuale materiale preso in carico; inoltre il reticolo idrografico viene bruscamente interrotto, in tale settore, dalla parete rocciosa del Chateau de Chavacourt”*. (Cft. relazione tecnica dello studio di bacino).

La stima dei volumi mobilizzabili è stata calcolata utilizzando sia l'approccio idrologico sia il metodo geomorfologico. Per la perimetrazione dei settori di conoide soggetti a fenomeni di colata detritica è stato utilizzato come evento di riferimento quello corrispondente ad un idrogramma di piena con tempo di ritorno di 200 anni *“che corrisponde all'incirca a quello associabile al rilascio del volume geomorfico stimato in campo (allo stato attuale del bacino) e tenendo conto dell'eventuale ricarica solida in un periodo di almeno 50 anni”*.



Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2 L.R. 11/98

3 Settore del bacino del Torrente Grand Moulin

L'area di studio comprende il settore in destra orografica della Valtournenche immediatamente a nord dell'alveo del Torrente Grand Moulin e il lato sinistro della conoide dello stesso torrente.

Le problematiche della caduta massi di tale settore sono state analizzate in dettaglio nello studio di approfondimento per la cartografia degli ambiti inedificabili (Gaudio e Vagliasindi, 2003) e successivamente dalla Dott.ssa Geol. Notarpietro (Relazione geologica allegata al “*Progetto preliminare dei lavori di difesa da caduta massi della frazioni Filey e Gran Moulin nonché della strada regionale 46*” – maggio 2007 – Ing Marco Trevisan e D.ssa Stefania Notarpietro) per la progettazione delle opere a protezione della strada di Torgnon, messo a disposizione dall’Amministrazione regionale. La presente relazione è focalizzata principalmente sulla revisione della zonizzazione per frana del settore situato a sud dell'innesto della S.S. 9.

3.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

La zona in esame è interamente compresa nell'unità tettonica Zermatt-Saas rappresentata in prevalenza da metagabbri in facies scisti blu/eclogitica, con associate serpentiniti massive o scistose.

Nel settore in esame questi litotipi affiorano su aree molto estese, costituendo una fascia di pareti rocciose che si sviluppa quasi senza soluzione di continuità tra il Torrente Grand Moulin, a sud, ed il Torrente Petit Monde, a nord, in una fascia altimetrica compresa grosso modo tra 1700 e 1100 m s.l.m.

Nel settore a nord dell'innesto della S.R. 9 per Torgnon, lungo la S.R. 46 di Valtournenche, le pareti assumono la massima estensione altimetrica, mentre a sud del suddetto innesto la parete assume un minore sviluppo verticale, estendendosi tra 1400 e 1200 m s.l.m. circa (a valle della località Vesan). Questo tratto di parete è localizzato al margine di un settore fortemente interessato da dissesti. In particolar, esso si trova al margine dell'ampio movimento gravitativo di versante identificato come DGPV di Torgnon. L'inventario IFFI identifica un vasto movimento gravitativo tra la cresta della Becca d'Aver e il Mont Meabè, che si propaga verso valle fino all'alveo del Torrente Marmore, nel settore di Epailon (a sud dell'area di interesse), ed un accumulo di frana che dal terrazzo di Torgnon si allarga verso valle arrivando fino all'alveo del Torrente Marmore nell'intero tratto tra il Torrente di Epailon, a sud, ed il Torrente Antey, a nord.

L'analisi dei punti PS-InSAR nel periodo 1992-2000 mostra, per quanto riguarda il corpo della DGPV, una suddivisione in tre diversi settori caratterizzati da velocità differenti e delimitati da una serie di scarpate; la fotointerpretazione non mostra evidenti deformazioni superficiali.

Il settore in esame è localizzato a margine dell'accumulo di frana identificato dall'inventario IFFI. L'esame dei punti PS-InSAR mostra, lungo il tratto di parete a valle della località Vesan, due



Da <http://geonavsct.partout.it/pub/geocartosct/> - Interpretazione dati PSInSARTM sul territorio regionale valdostano. Con il cerchio è indicato il settore in cui si rilevano, in corrispondenza della parete rocciosa a monte di Grand Moulin, movimenti di alcuni

mm/anno. punti con movimento dell'ordine di 3-4 mm/anno, che potrebbero indicare un elevato grado di instabilità della parete (rotazione/deformazione di volumi instabili).



Nell'ambito dello "studio di bacino" relativo al Torrente Grand Moulin, redatto da Chatrian, Lovato e Vuillermoz (2007), il settore di parete localizzato a valle della località Vésan viene identificato nella carta dei dissesti presenti in bacino come:

- ✓ accumulo di frana con indizi di movimento in atto;
- ✓ ciglio di scarpata o parete rocciosa con fenomeni di crollo frequenti;
- ✓ settore di ammasso roccioso fratturato/rilasciato/disarticolato.

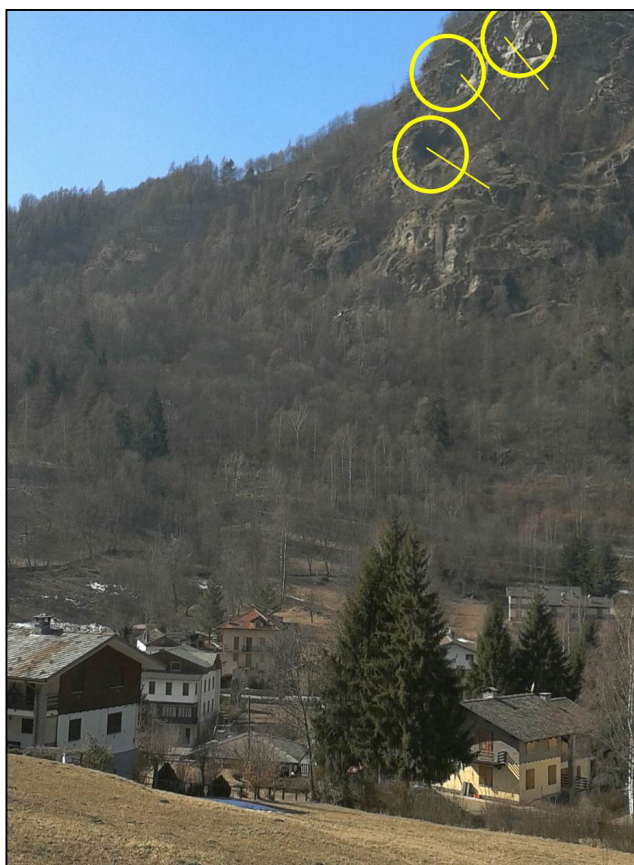
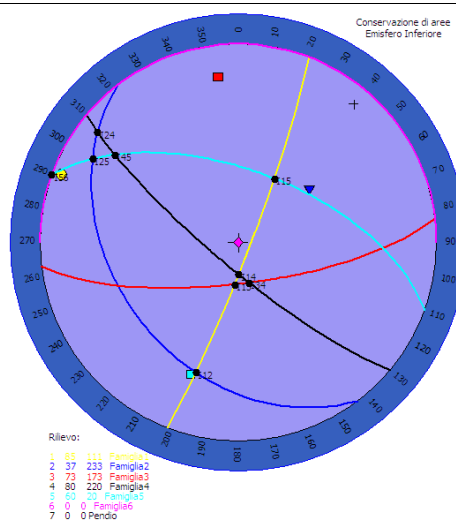
L'osservazione della parete e del versante sottostante mostra che l'ammasso roccioso è fortemente fratturato e con numerose nicchie di distacco. L'acclività della parete decresce gradualmente verso valle, ed il tratto di versante

sovostante la S.R. n° 9 (in una fascia compresa tra 1100 e 1050 m s.l.m. circa) è occupato da un accumulo detritico/colluviale parzialmente colonizzato da vegetazione arborea.

3.2 Analisi geostrutturale

Sono state effettuati alcuni stendimenti sulle pareti sovrastanti il settore di Grand Moulin, che hanno evidenziato i seguenti principali sistemi di discontinuità che interessano gli ammassi rocciosi.

Sistema	Immersione	Inclinazione
A	111	85
B	145	50
C	233	37
D	173	75
E	220	80
F	20	60



Nel tratto di parete a monte di Grand Moulin sono presenti numerose nicchie di distacco

La combinazione dei sistemi di discontinuità con l'orientazione della parete ($\approx 140-150/65$) genera numerose possibilità cinematiche di distacco sia per scivolamento planare che per scivolamento a cuneo. Un meccanismo ben rappresentato nelle numerose nicchie di distacco presenti in parete è lo scivolamento planare lungo il sistema B con trazione lungo la combinazione di E + F. I volumi presenti in parete, come evidenziato sia nella relazione allegata alla cartografia degli ambiti inedificabili (2003) che nel citato studio della Dott.ssa Notarpietro, raggiungono valori anche elevati, fino a 300 m^3 . Tali valori riguardano compartimenti rocciosi instabili in generale fortemente fratturati al loro interno, mentre i volumi unitari risultano minori.

3.3 *Analisi traiettografica*

3.3.1 Considerazioni generali

Allo scopo di verificare le condizioni di pericolosità per frana, indipendentemente dalla presenza di fenomeni di trasporto in massa, è stata eseguita una verifica lungo due sezioni impostate lungo l'area oggetto di studio. Le due sezioni sono state impostate a partire dal ciglio superiore della parete identificata come sede di fenomeni di crollo frequenti, seguendo poi lo sviluppo della linea di massima pendenza del versante. Data la limitata estensione laterale del settore di parete in esame e del tratto di versante sottostante due sezioni sono state ritenute sufficientemente indicative. Da notare che la topografia tende, nel caso di blocchi che si muovano lungo la linea di massima pendenza, a far convergere le traiettorie nella parte più a valle delle stesse. La sezione 1 attraversa due tratti di parete subverticale. A favore di sicurezza, la principale zona di distacco è stata impostata lungo il tratto di parete superiore, in quanto i blocchi che si distaccano da tale parete possiedono una maggiore energia potenziale e di conseguenza possono raggiungere maggiori distanze o acquisire maggiore energia cinetica. Da tale tratto di parete è stato impostato il distacco di 1000 blocchi. Per completezza sono state ipotizzati distacchi anche dal tratto di parete inferiore, per cui lungo la sezione 1 vengono analizzate 2000 traiettorie. Nella seconda sezione sono state impostate 1000 simulazioni.

3.3.2 Localizzazione dei punti di partenza

I punti di partenza sono stati impostati a partire dal ciglio superiore della parete suddetta per tutto lo sviluppo verticale della stessa.

Come precedente specificato, lungo il versante sono presenti diversi ammassi rocciosi e blocchi disarticolati, pertanto è probabile che si verifichino distacchi anche da quote più basse rispetto ai punti definiti, tuttavia l'assunzione di punti di distacco con massima energia potenziale è a favore di sicurezza.

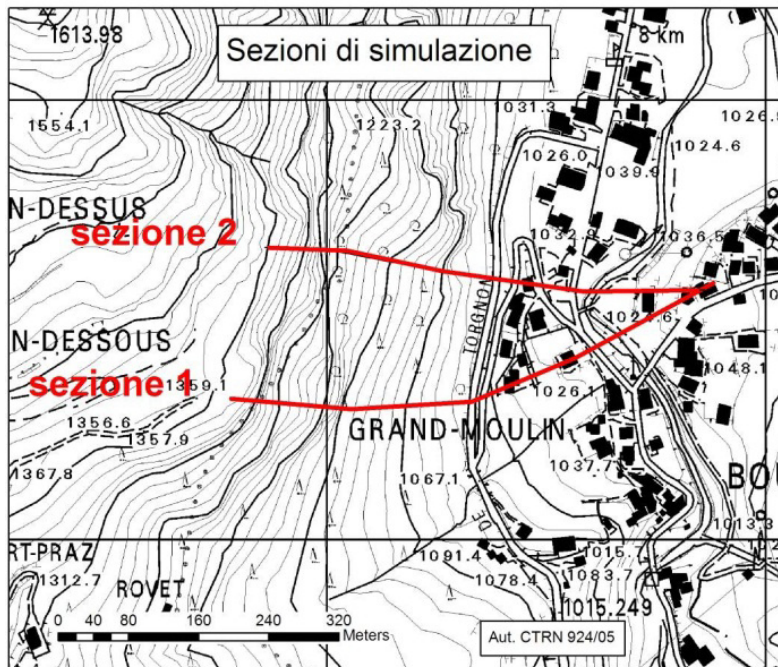
3.3.3 Caratteristiche dei terreni

Il versante presenta una conformazione piuttosto semplice nella distribuzione dei terreni con caratteristiche di restituzione energetica simili. In particolare sono stati distinti i seguenti terreni:

Tipo terreno	Rn	Rt	F
Substrato roccioso non alterato	0.9	0.8	0
Substrato roccioso alterato/sub-affiorante	0.7	0.7	0.5
Coperture detritico-colluviali con	0.32	0.8	1

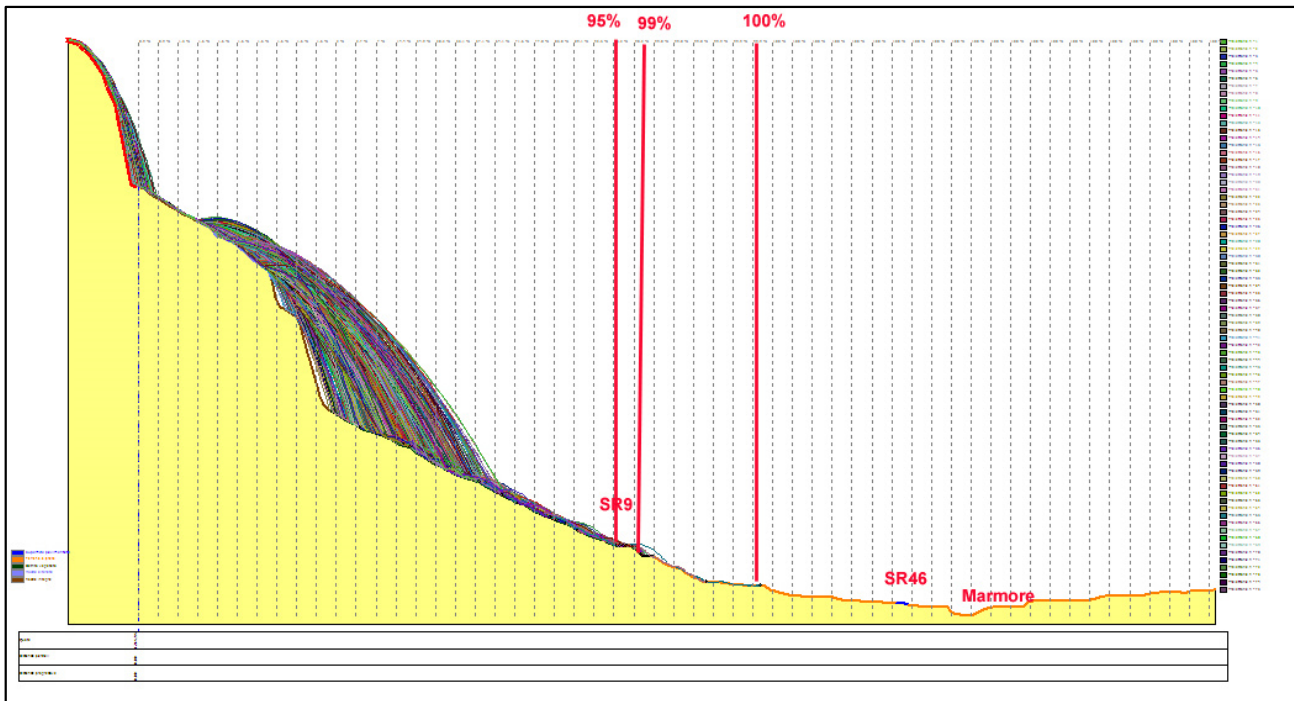
vegetazione arborea			
Prato	0.25	0.35	0.4

3.3.4 Volume e forma dei blocchi

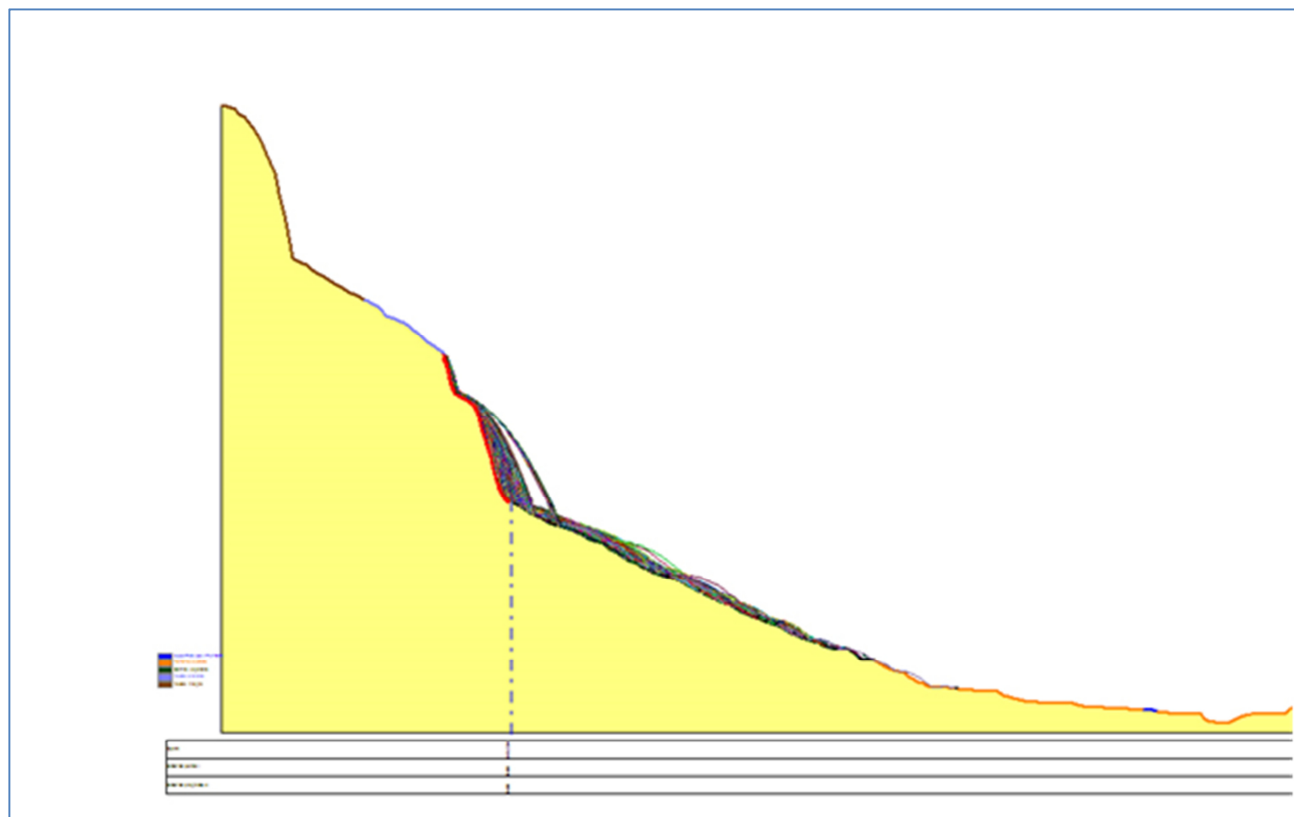


In base alle forme delle nicchie di distacco visibili in parete, grosso modo equidimensionali, sono stati impostati blocchi di forma sferica con diametro pari a 1.6 m, corrispondenti a circa 2 m^3 . Tale volume è stato ottenuto dall'analisi di dettaglio dei volumi instabili presenti in parete e dall'esame dei pochi blocchi presenti nel tratto di versante al piede della parete stessa e risulta ragionevolmente il

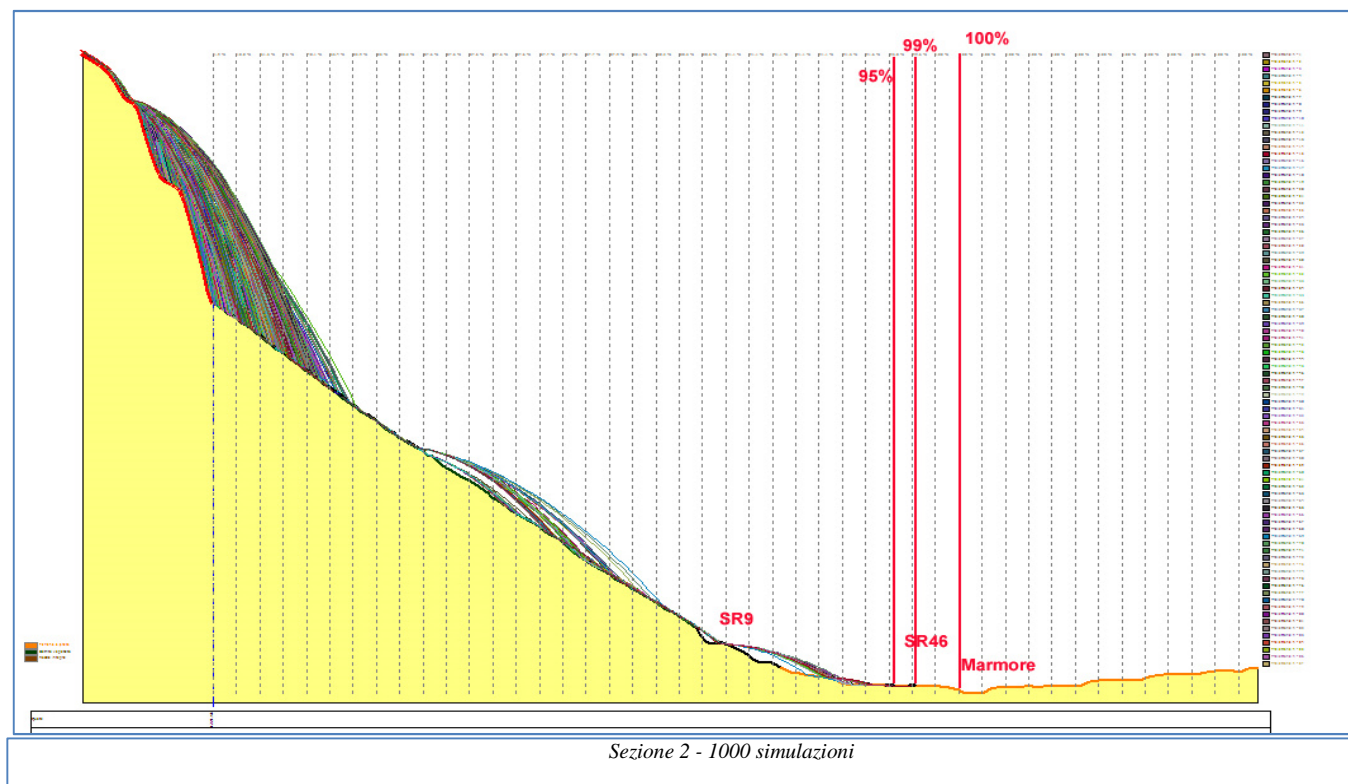
massimo volume unitario atteso per il settore in esame. La massa dei blocchi con le dimensioni assunte risulta di circa 5.5 ton. I volumi instabili presenti in parete, infatti, pur essendo molto più ingenti ($10\text{-}15 \text{ m}^3$), sono fortemente fratturati al loro interno e verosimilmente si dividono in volumi unitari minori già in fase di distacco. Questa valutazione è coerente anche con le assunzioni contenute nel citato progetto di Trevisan e Notarpietro (2007), nel quale, pur essendo riconosciuti compartimenti rocciosi di volume elevato in parete, nelle simulazioni per il dimensionamento delle opere di difesa viene assunta una taglia dei blocchi di 2 m^3 (cfr. relazione tecnico-illustrativa, pag. 8: “... le caratteristiche dei blocchi sono semplificate e la cubatura utilizzata è limitata alle dimensioni di 2 m^3 , valore realisticamente attendibile in quanto l'energia acquisita nel corso della caduta tende fortunatamente a spezzare il blocco in volumi minori.”) Si sottolinea che tali considerazioni sono valide per il settore a sud dell'innesto della S.R. di Torgnon, mentre a nord dello stesso sono presenti volumi decisamente più elevati anche tra i testimoni muti localizzati nell'area di fondovalle.



Sezione 1 - Distacco parete superiore - 1000 simulazioni



Sezione 1 - Distacco parete inferiore - 1000 simulazioni



3.4 Risultati dell'analisi

L'analisi effettuata su un campione di 2000 traiettorie per la sezione 1 e 1000 per la sezione 2 evidenzia i seguenti risultati.

Tra le due sezioni, sebbene situate a distanza relativamente limitata l'una dall'altra (circa 200 m) si riscontra una notevole differenza nelle distanze di arresto dei blocchi e nelle relative percentuali:

- nella sezione 1, situata più a sud, il 99% delle traiettorie si arresta poco a monte o in corrispondenza dell'attraversamento della S.R. 9 (progressiva 285 della sezione), ed il 95% viene raggiunto pochi metri più a monte (progressiva 275); questo avviene sia nel caso di blocchi con partenza dalle pareti più alte che per blocchi che cadono da una minore altezza, probabilmente a causa della riduzione di pendenza che si riscontra in questo tratto; l'arresto del 100% dei blocchi avviene circa 65 m più a valle (progressiva 350 della sezione);

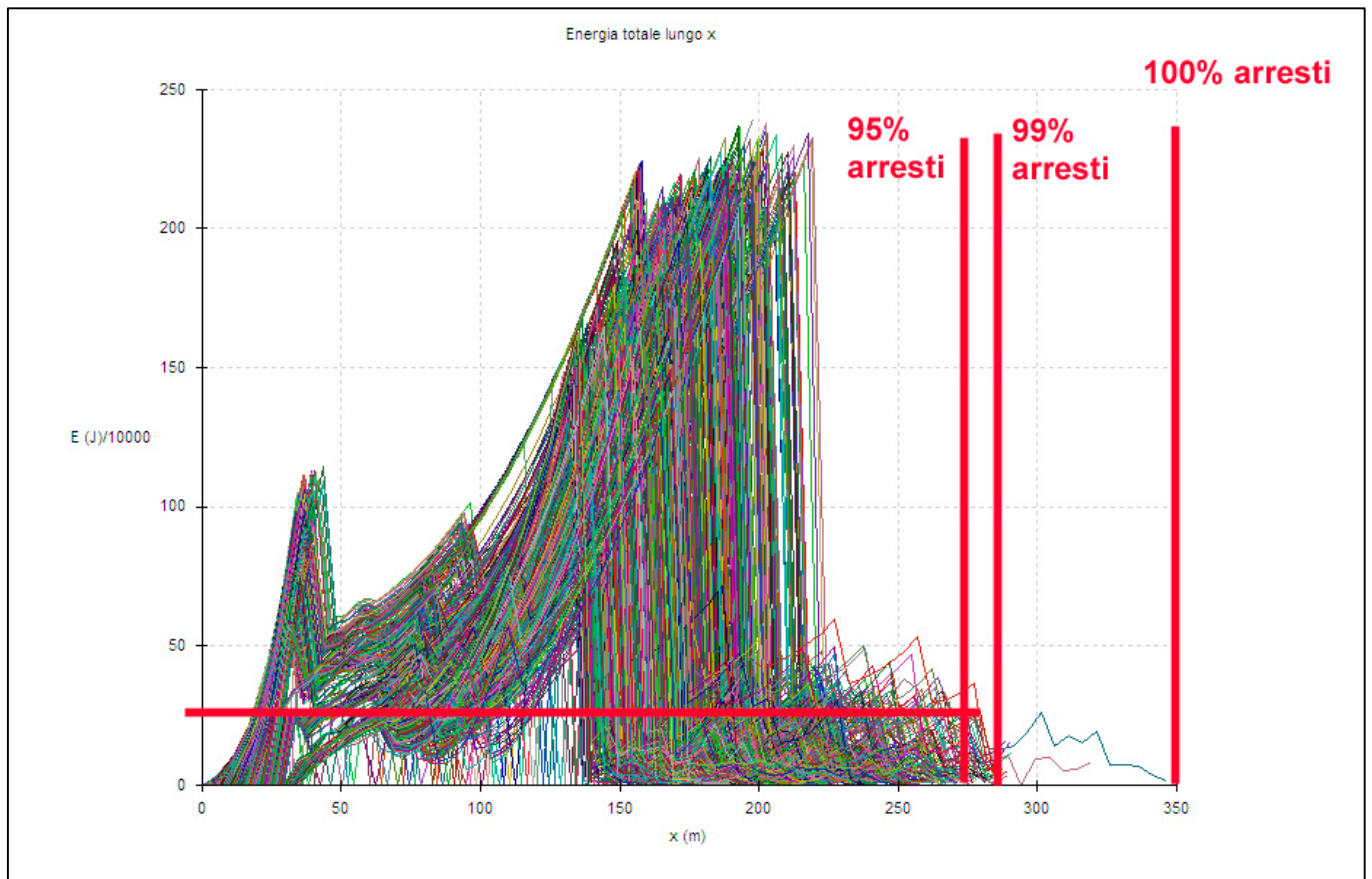
- nella sezione 2 l'arresto del 95% e del 99% dei blocchi viene raggiunto più in basso, a monte della S.R. 46 (rispettivamente progressiva 346 e 354 della sezione), probabilmente in ragione della maggiore acclività del versante sottostante le pareti; l'arresto del 100% dei blocchi

viene raggiunto pochi metri più in basso (progressiva 370), in corrispondenza dell'alveo del torrente Marmore:

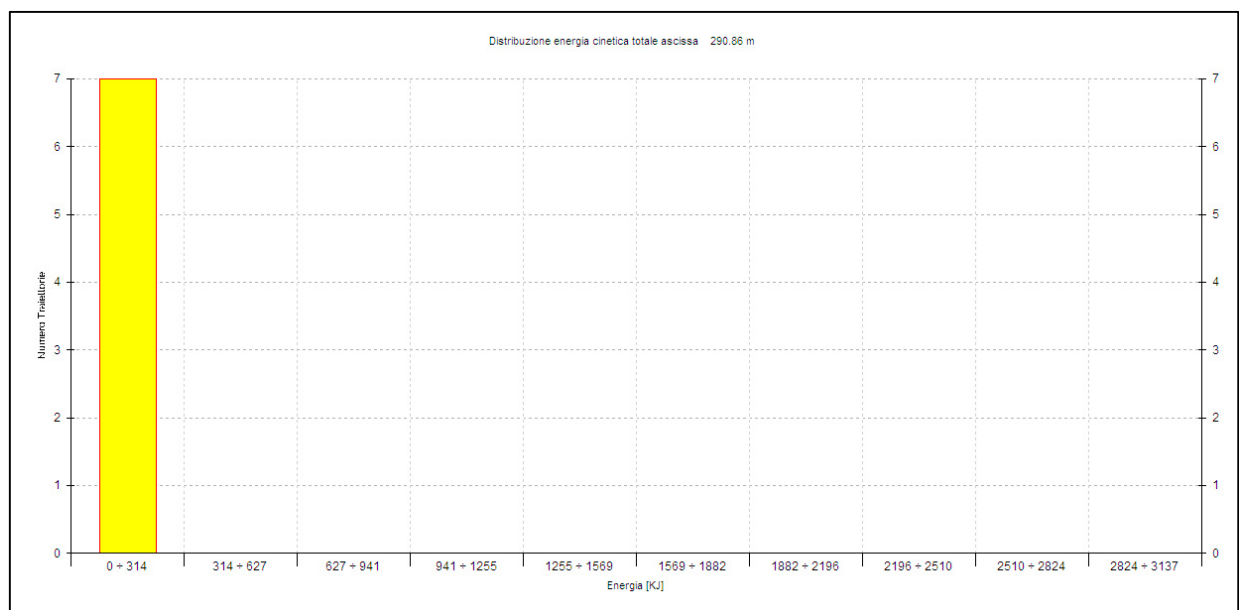
- nella sezione 1 esiste una distanza maggiore (circa 65 m) tra l'arresto del 99% e del 100% dei blocchi, probabilmente a causa della maggiore energia cinetica dei blocchi con massima altezza di distacco. Tale distanza si riduce notevolmente nella sezione 2, in cui risulta di poco più di 10 m. In entrambi i casi, comunque, le percentuali del 95% e del 99% degli arresti avvengono in una fascia molto ridotta, fatto giustificato probabilmente dalla marcata riduzione dell'acclività, associata ad un cambio litologico, che si riscontra al piede del versante.

I diagrammi seguenti riportano le energie cinetiche raggiunte dai blocchi in caduta lungo le due sezioni di simulazione. Per la sezione 1 viene cautelativamente riportata la simulazione con distacco dei blocchi dalla parete più alta.

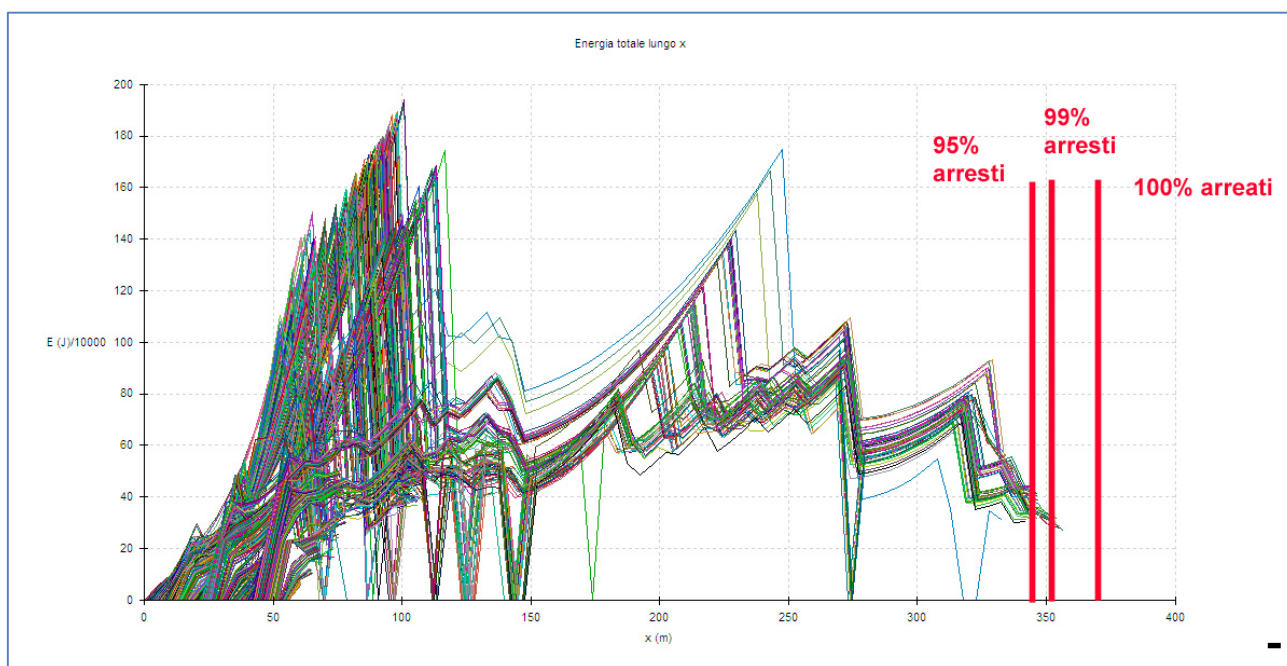
Nella **sezione 1**, le massime energie vengono raggiunte ovviamente nel tratto in volo libero corrispondente al tratto di parete verticale tra le progressive 150 e 220 della sezione stessa (parete compresa nella fascia altimetrica 1215-1140 m slm), con picchi di energia cinetica compresi tra 2000 e 2400 kJ, assumendo blocchi di circa 3 ton. Dopo l'impatto con il tratto di versante sottostante la parete, gran parte dell'energia viene dissipata nell'urto e le traiettorie proseguono prevalentemente in rotolamento o con piccoli rimbalzi e con valori energetici compresi tra 250 e 500 kJ circa. La fascia compresa tra il 95% ed il 99% degli arrivi si colloca tra le progressive 275 e 285 della sezione mentre l'arresto totale si colloca a circa 350 m. Nella fascia compresa tra il 99 ed il 100% degli arresti i valori di energia cinetica sono compresi tra 0 kJ, per i blocchi che si arrestano all'interno della fascia, ed un massimo di circa 250 kJ. Quest'ultimo viene raggiunto da poche traiettorie, in conseguenza di un rimbalzo dovuto alla scarpata o muro di controripa della Strada regionale 9, intorno alla progressiva 300.

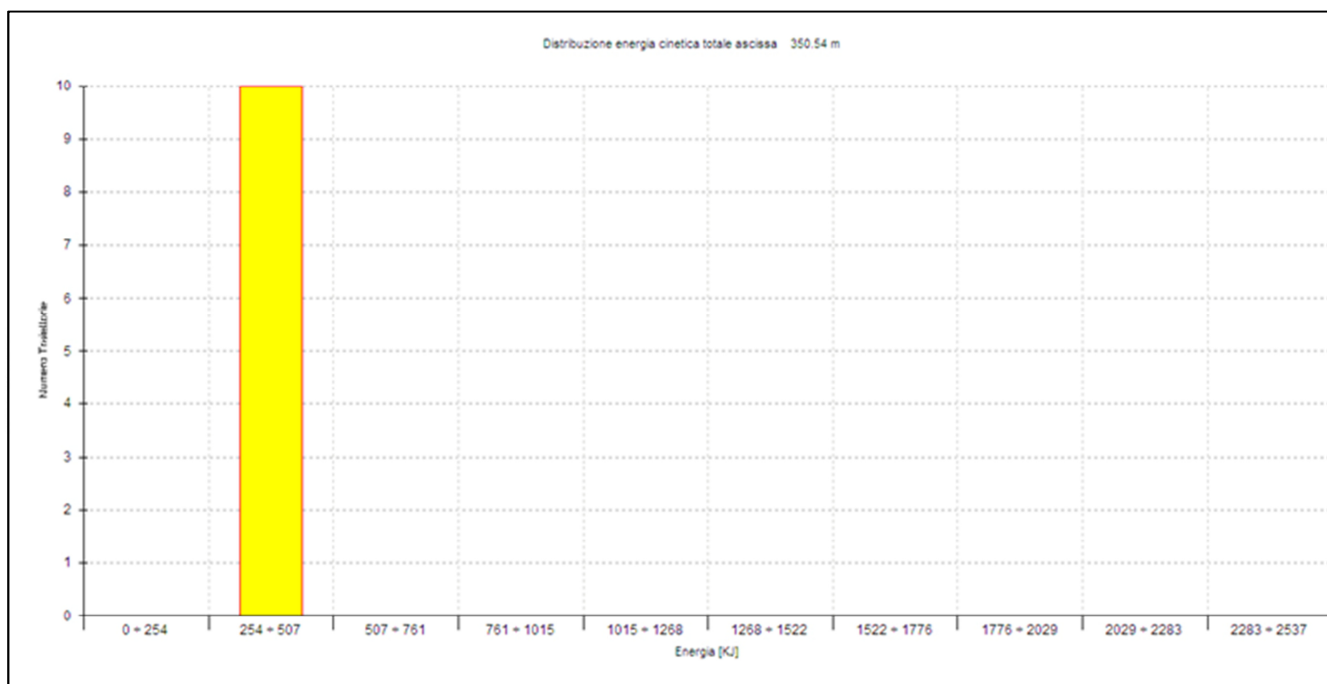


Andamento delle energie lungo la sezione 1



Nella **sezione 2** vengono raggiunti livelli di energia in assoluto minori, ma la distanza di propagazione e la distanza tra le progressive corrispondente al 95% e 99% degli arrivi è minima, a cause del profilo del versante che presenta una pendenza maggiore e più continua con una brusca riduzione di pendenza sul fondovalle. Le massime energie vengono raggiunte durante la fase di volo libero a partire dalla parete rocciosa da cui avvengono i distacchi, e raggiungono valori, sempre nell'assunzione di blocchi da 3 ton. circa, di quasi 2000 kJ. Le energie dissipate con l'impatto sul versante detritico scendono a circa 600-800 kJ. Successivamente, grazie all'acclività elevata e relativamente costante del tratto di versante sottostante la parete, i blocchi proseguono in rotolamento o con piccoli rimbalzi acquistando velocità; in corrispondenza di un piccolo cambio di pendenza intorno a quota 1145 si ha un nuovo rimbalzo in cui gran parte della traiettorie raggiungono valori medi di 1200-1400 kJ, e fino a 1700 kJ per due traiettorie. Molte traiettorie subiscono piccoli rimbalzi anche nei modesti cambi di pendenza che corrispondono all'attraversamento della S.R. 9, a quota 1050, e della sottostante strada comunale. La netta variazione di pendenza sul fondovalle, ad una quota di circa 1025 m s.l.m., segna una forte dissipazione delle energie e l'arresto della maggior parte delle traiettorie (95% e, poco più a valle, 99%). Le energie residue presenti nel tratto tra le progressive corrispondenti al 95% e 99% degli arresti sono di circa 300 kJ, per blocchi di massa di 3 ton. circa. Quest'ultimo valore riguarda solo poche traiettorie, in dettaglio 5, ed è dovuto ad un rimbalzo che si verifica sulla scarpata sovrastante l'attraversamento della S.R. 9: tali traiettorie peraltro si arrestano immediatamente dopo il rimbalzo con cui hanno raggiunto tale energia. Per tale motivo si è scelto di mantenere i limiti della zona F2 entro le due percentuali suddette, nonostante alcuni valori puntuali di energie elevate.





Istogramma delle energie cinetiche alla progressiva 350, situata nella fascia in cui avviene la maggior parte degli arresti

3.5 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

Per la zonizzazione sono stati adottati i seguenti criteri di perimetrazione della pericolosità.

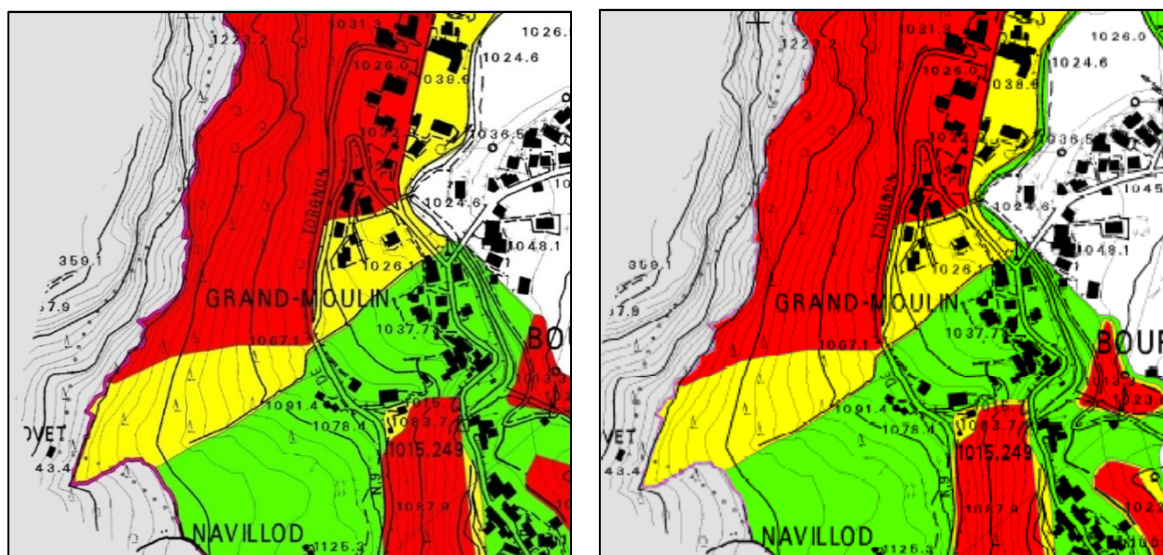
1 - Il limite F1/F2 è stato localizzato in corrispondenza del 99 % degli arrivi. Tale scelta è derivata dall'osservazione, sopra descritta, che le percentuali del 95 e del 99% vengono raggiunte in una fascia molto ristretta una volta che le traiettorie raggiungono la fascia a debole acclività al piede del versante. Si è scelto pertanto di adottare un criterio maggiormente cautelativo adottando la percentuale del 99%.

2 - La fascia F2 è stata estesa fino all'alveo del Torrente Marmore. Considerando che nella parte finale tutte le traiettorie assumono un cinematismo di rotolamento, si ritiene che l'alveo costituisca con ogni probabilità il massimo limite fisicamente raggiungibile dalle traiettorie. Questo è verificato nella sezione 2, in cui l'arresto del 100% delle traiettorie avviene effettivamente in corrispondenza dell'alveo. Nella sezione 1, invece, il limite del 100% viene raggiunto ad una distanza di circa 70 a monte dell'alveo del torrente. Tuttavia si ritiene corretto estendere la fascia F2 fino all'alveo anche nel settore rappresentato dalla sezione 1 considerando che la simulazioni traiettografiche sono effettuate in due dimensioni e sono quindi possibili deviazioni laterali dei blocchi provenienti dal settore rappresentato dalla sezione 2 (con maggiori distanze di arresto)

verso il settore rappresentato dalla sezione 1. Pertanto, lateralmente alla zona F1 definita lungo la sezione 2, che si estende fino alla quota 1025 circa, è stato necessario definire cautelativamente una fascia in F2.

3 – Poiché il torrente Marmore rappresenta con ogni probabilità il limite fisico raggiungibile dalla traiettorie nel settore in esame, è stata definita una ristretta fascia F3 in corrispondenza dell'alveo stesso.

I risultati delle simulazioni e delle valutazioni condotte confermano la zonizzazione attualmente vigente, che viene pertanto proposta come invariata per quanto attiene l'art. 35 comma 1.



Estratto della cartografia degli ambiti inedificabili ai sensi dell'art. 35 della L.R. 11/98.

Zonizzazione vigente (sinistra).

Zonizzazione proposta (destra)

3.6 Verifica della coerenza della zonizzazione dei settori limitrofi con gli studi esistenti

Pur essendo il presente studio limitato al settore situato a sud dell'innesto della S.R. di Torgnon, si è ritenuto doveroso effettuare alcune verifiche tra la zonizzazione relativa all'art. 35 del settore limitrofo, situato a nord del bivio stesso fino alla località Filey (zona del distributore di carburante) e le valutazioni contenute nel citato progetto di Trevisan e Notarpietro (2007) che interessa appunto anche tale settore.

Si sottolinea che gli studi traiettografici contenuti nello stesso riguardano solo la situazione successiva alla realizzazione delle opere in progetto, essendo finalizzate a valutare l'efficacia delle stesse, e non la zonizzazione in assenza delle opere stesse.

Nel settore immediatamente a nord del bivio, i compartimenti rocciosi instabili presenti in parete raggiungono volumi molti rilevanti (fino a 300 m^3) e, diversamente da quanto verificato nel settore più a sud, testimoni muti di volume plurimetrico sono presenti anche nell'area di fondovalle, a ridosso degli edifici esistenti.

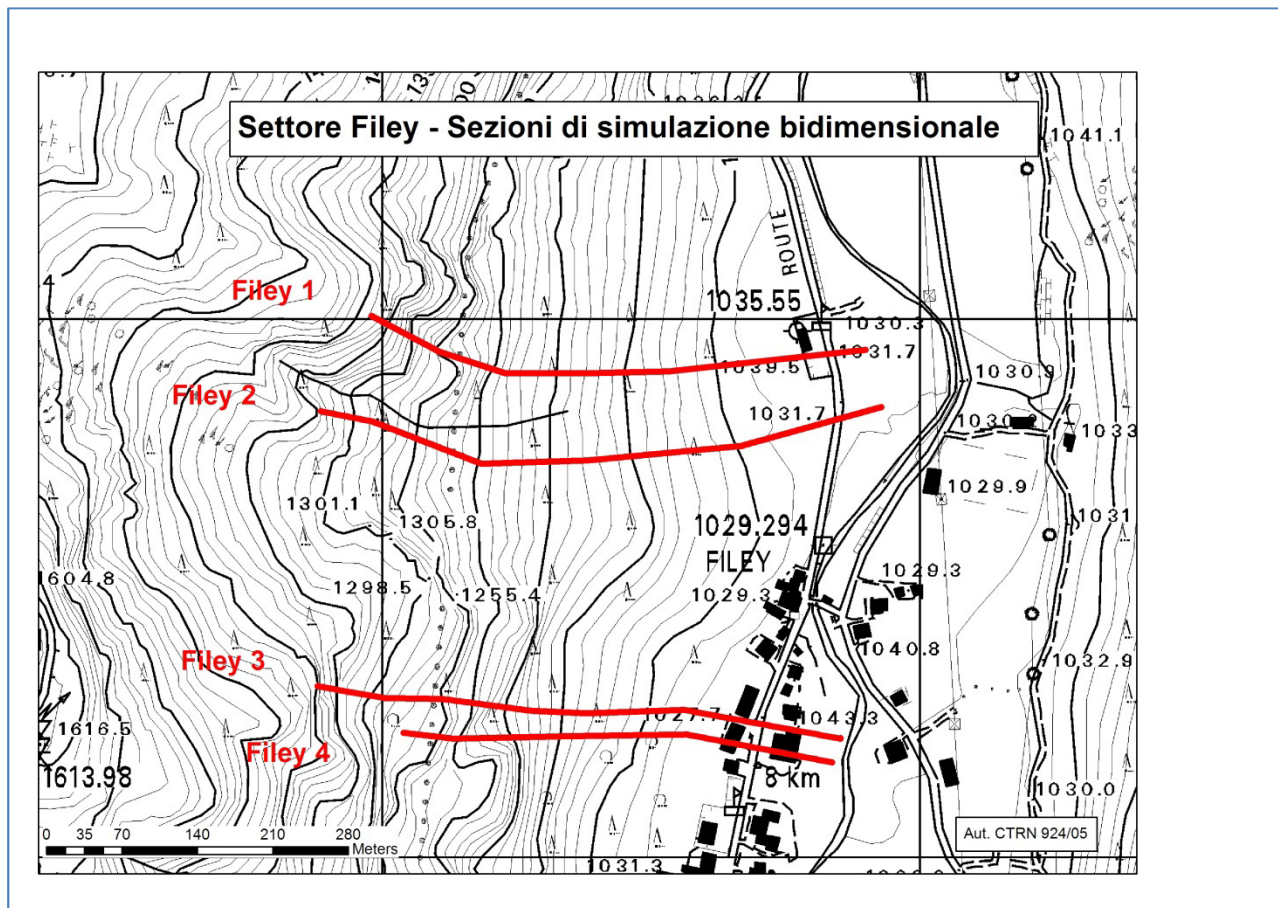
In tale settore la zonizzazione attuale prevede una fascia ad alta pericolosità estesa fino a comprendere la S.R. 46. Si è provveduto a verificare che l'estensione della suddetta fascia sia coerente con i volumi assunti, come di seguito illustrato. In particolare sono state effettuate simulazioni traiettografiche lungo due sezioni corrispondenti a due diverse possibili localizzazioni di distacco, lungo due delle principali direttrici indicate nello studio citato, adottando un volume dei blocchi elevato (50 m^3).

Nel settore ancora più a nord, corrispondente alla località Filey (impianto di distribuzione di carburante), sono presenti alcuni testimoni muti nel settore prativo compreso tra il piede del versante e la strada regionale. Alcuni dei blocchi risultano in gran parte compresi nel terreno circostante e completamente circondati da vegetazione, al punto da poter essere ragionevolmente interpretati come massi erratici. Altri blocchi sono invece chiaramente più recenti e con ogni probabilità di origine gravitativa.

Anche per tale settore sono state definite due sezioni di simulazione traiettografica lungo le due principali direttrici utilizzate nello studio citato per la verifica delle opere in progetto. In questo caso, coerentemente con la dimensione dei testimoni muti osservati e con le assunzioni dello studio di Trevisan e Notarpietro, si è adottato un volume dei blocchi pari a 2 m^3 . Come per altri settori, i volumi instabili presenti in parete sono decisamente più elevati, ma i volumi unitari in cui sono

suddivisi e le dimensioni dei testimoni muti permettono di assumere un volume significativo di 2m^3 .

Le valutazioni di cui sopra sono quindi state effettuate lungo 4 sezioni la cui ubicazione è riportata nella planimetria seguente.



Per tutte e quattro le sezioni, a seguito di una taratura mediante i testimoni muti presenti, sono stati adottati i seguenti parametri.

Tipo terreno	Rn	Rt	F
Substrato roccioso non alterato	0.9	0.8	0
Substrato roccioso alterato/sub-affiorante	0.7	0.7	0.2
Detrito vegetato	0.7	0.8	0.5
Detrito fine	0.45	0.55	0.2
Prato	0.30	0.4	0

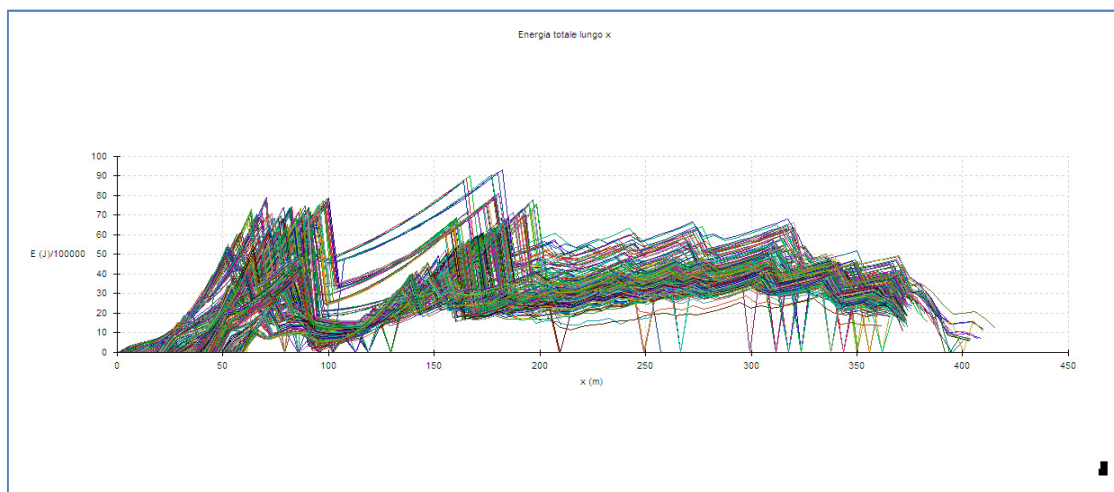
Sezioni Filey 1 e Filey 2

Per ciascuna delle sezioni Filey 1 e Filey 2 sono state effettuate 1000 simulazioni con analisi statistica (ossia variando statisticamente i parametri di restituzione intorno al valore definito).

Sono stati simulati blocchi assimilati ad una sfera con diametro di 1.6 m, corrispondenti ad un volume di circa 2 m³.

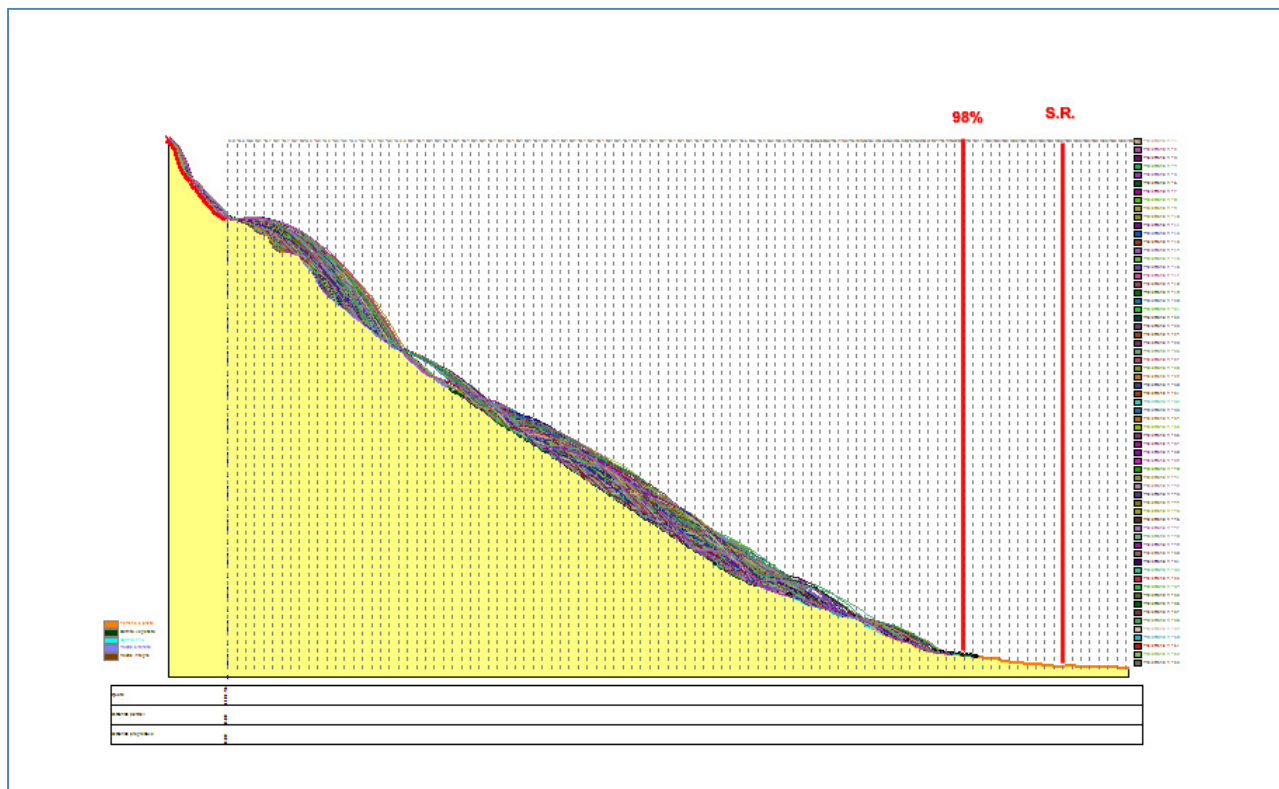


Sezione Filey 1 – 1000 simulazioni

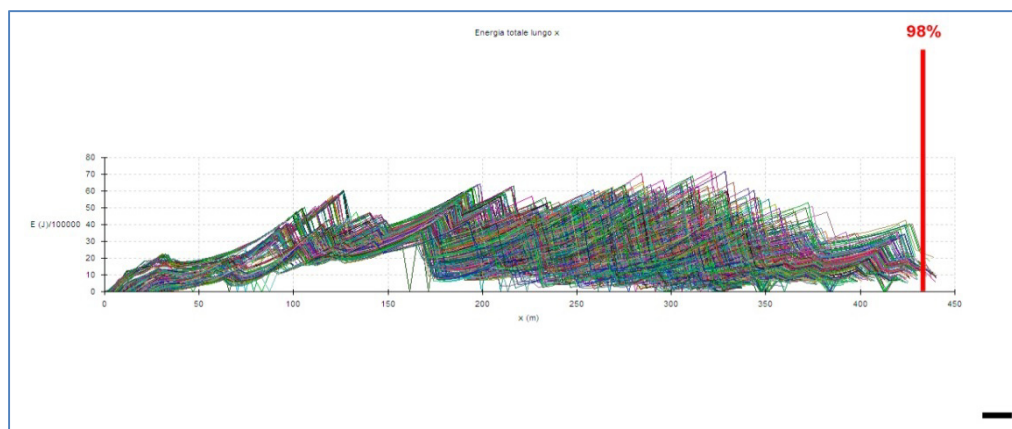


Sezione Filey 1 - energie

Nella sezione Filey 1 il 98% degli arrivi, corrispondente al limite tra la fascia F1 e F2, si colloca intorno alla progressiva 385, alcune decine di metri a monte rispetto alla strada regionale. Morfologicamente tale limite corrisponde all'inizio di una fascia praticamente pianeggiante e con terreni a copertura prativa che smorzano fortemente le energie. Le energie residue, assumendo volumi pari a 2 m³, raggiungono valori massimi di circa 2000 kJ in corrispondenza del limite del 98% ma si smorzano immediatamente nell'arco di pochi metri a causa del rotolamento su terreno pianeggiante con bassi coefficienti di restituzione.



Sezione Filey 2 – 1000 simulazioni



Sezione Filey 2 - energie

Nel caso della sezione Filey 2 la diminuzione di pendenza sul fondovalle è più graduale; l'arresto del 98% dei blocchi avviene alla progressiva 438, anche in questo caso a monte della strada regionale, anche se ad una minore distanza da questa rispetto a quanto avviene nella sezione Filey 1. Anche in questo caso si verifica una drastica riduzione delle energie a valle di tale progressiva, con valori che, per blocchi da 2 m³, arrivano ad un massimo di 1500 kJ circa per poi ridursi a zero nell'arco di pochi metri.

Sezioni Filey 3 e Filey 4

Le sezioni Filey 3 e Filey 4 sono situate nel settore sottostante il tratto di parete con volumi maggiori. La morfologia del sito è caratterizzata da un tratto di versante costituito da pareti rocciose parzialmente vegetate pressochè verticali, un pendio detritico con pendenza media ed un netto passaggio al fondovalle pianeggiante.

In questo caso si sono adottati volumi di grandi dimensioni, (50 m³ come volume unitario), allo scopo di verificare la coerenza della zonizzazione vigente con tali volumi, ed in particolare eventuali propagazioni delle traiettorie oltre la Strada Regionale.

La sezione 3 prende in considerazione il distacco dalla parete più bassa sovrastante la frazione di Filey, ove sono localizzati alcuni dei massimi volumi instabili, mentre la sezione 4 considera il distacco di blocchi dal tratto di parete superiore.

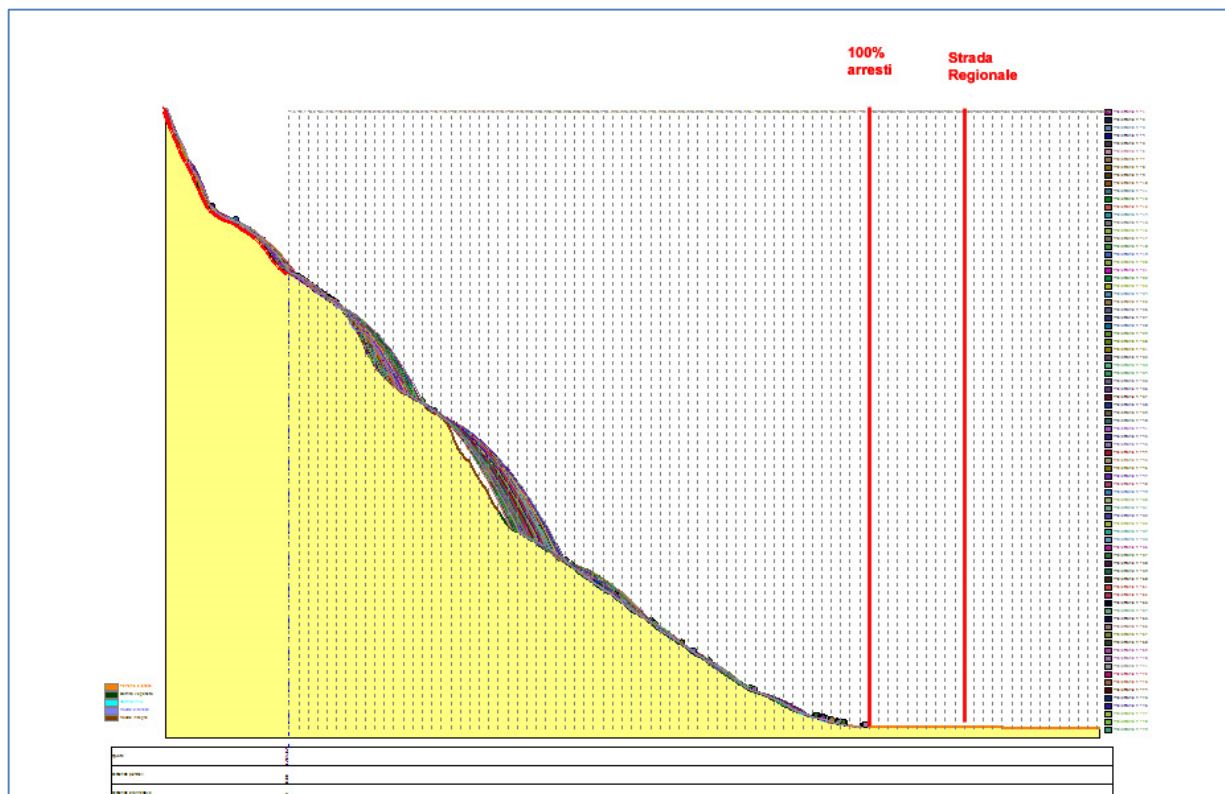
In entrambi i casi, come evidenziato nelle sezioni sottostanti, il marcato passaggio al fondovalle pianeggiante, associato a traiettorie in prevalente rotolamento a causa della limitata pendenza del versante, provoca l'arresto del 100% dei blocchi nell'arco di pochi metri dopo il cambio di pendenza. Il risultato delle simulazioni è coerente con la distribuzione dei numerosi testimoni muti presenti nell'intorno degli edifici.

Nel caso della simulazione di grandi volumi occorre tenere conto di un effetto di plasticizzazione del suolo al momento degli impatti, che provoca una forte dissipazione di energia negli impatti stessi (quindi di fatto una diminuzione dei coefficienti di restituzione) e rende prevalente il moto di rotolamento rispetto al moto in rimbalzo. Occorre tuttavia tenere conto anche della possibile frantumazione dei blocchi di grandi dimensioni, in caso di impatto con substrato roccioso o con altri blocchi, in volumi di minori dimensioni, che possono più verosimilmente proseguire il moto in rimbalzo.

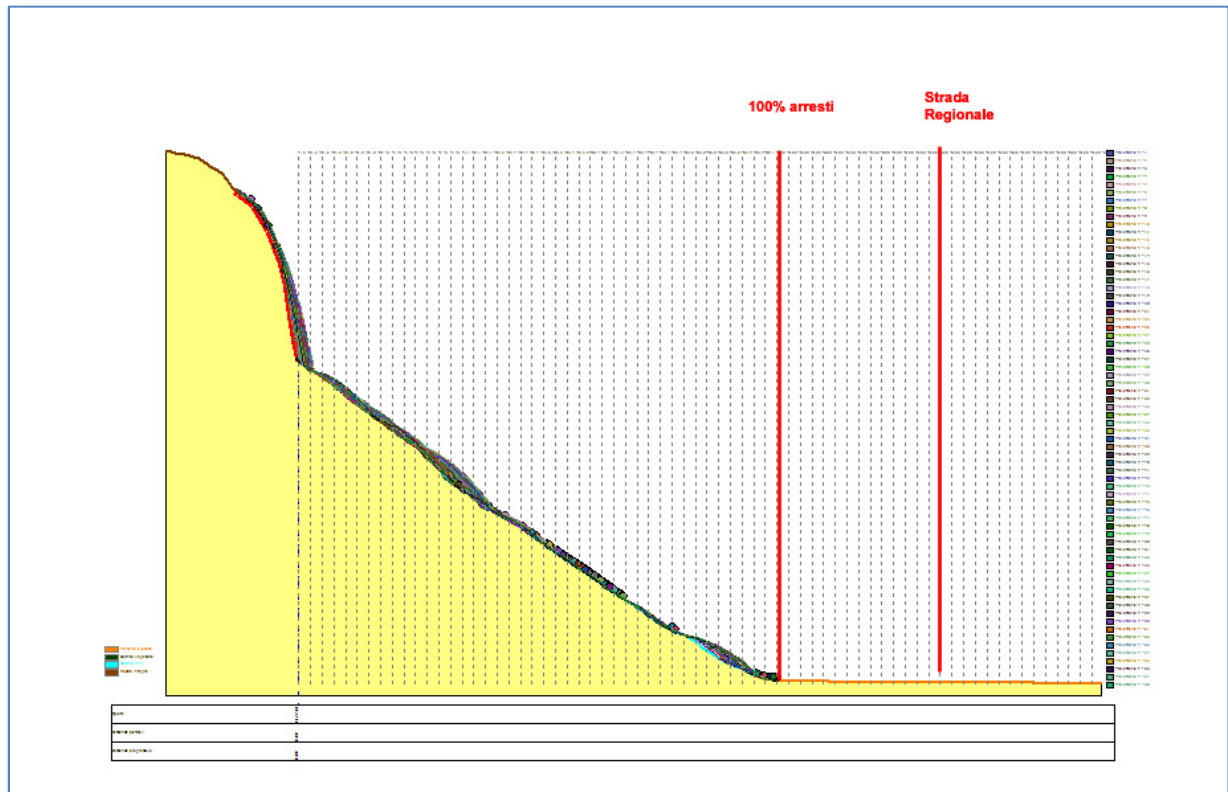
Nelle sezioni simulate l'arresto del 100% dei blocchi, assunti con volume di 50 m³, avviene alcune decine di metri a monte della Strada Regionale. La fascia F1 è stata estesa fino a comprendere la strada stessa per tenere cautelativamente conto dell'effetto "esplosione" dei blocchi

più grandi o delle differenti modalità di propagazione, prevalentemente in rimbalzo, di blocchi più piccoli.

Le considerazioni espostene nel presente paragrafo evidenziano una sostanziale coerenza tra le valutazioni e le assunzioni contenute nello studio per la progettazione delle opere di difesa, effettuato da Trevisan e Notarpietro, e la zonizzazione vigente per il settore compreso tra le località Gran Moulin e Filey.



Sezione Filey 3 . 1000 simulazioni



Sezione Filey 4 – 1000 simulazioni



Immagine ripresa dal tratto di versante poco a nord dell'innesto della S.R di Torgnon. L'immagine mostra come il versante sia fortemente acclive e direttamente incombente sull'area edificata.



Uno dei maggiori volumi instabili presenti lungo la parete rocciosa sovrastante il settore del Filey

3.7 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2

Dall'approfondimento di studio sul Torrente Grand Moulin derivante dagli specifici studi di valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente esistenti (ai sensi della D.G.R. 1138/2005) curato dal gruppo di studio formato dal Dott. For. Grato CHATRIAN, dal Dott. Ing. Flavio LOVATO e dal Dott. Geol. Roby VUILLERMOZ (2007) il bacino **non risulta essere soggetto a fenomeni di colata detritica.**

4 Settore del Bacino dei Torrenti Chamois e Suisse

L'area di studio comprende il settore di territorio posto in sinistra idrografica del Torrente Marmore, ad una quota di circa 1120 m s.l.m., nel settore di conoide dei suoi affluenti laterali, il Torrente Chamois e il Torrente Suisse-Saverou.

Sulla base dei risultati degli studi di bacino in fase di validazione (Péaquin, Cerise, Notarpietro – 2007) entrambi i Torrenti, le cui rispettive conoidi di deiezione si intersecano in corrispondenza del villaggio di Nuarsaz, sono soggetti a criticità multiple, sia in termini di fenomeni di esondazione sia in termini di colata detritica.

Nel presente capitolo saranno pertanto analizzati e trattati i fenomeni franosi, estrapolando dalle vigenti cartografie i fenomeni franosi di genesi gravitativa da quelli legati alle dinamiche torrentizie.

4.1 Inquadramento geologico

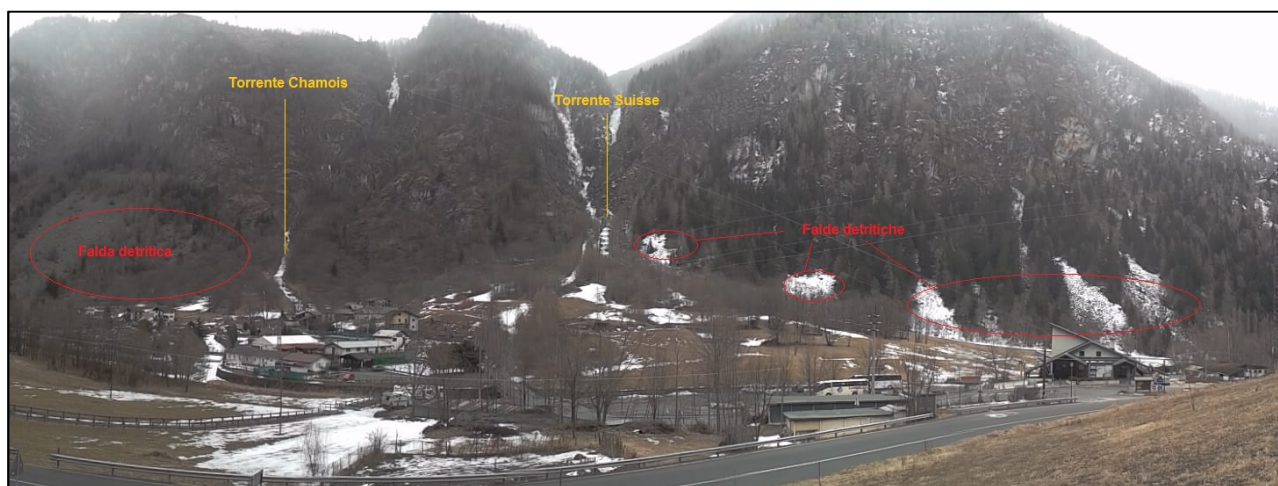
La media Valtournenche è compresa, dal punto di vista geologico, all'interno della Zona Piemontese definita a Calcescisti e Pietre Verdi. Quest'ultima viene suddivisa in due differenti unità, diverse per composizione litologica e provenienza paleogeografica. L'Unità Inferiore, o Zona Zermatt-Saas, è costituita da prevalenti frammenti di crosta oceanica in facies metamorfica di alto grado (eclogitica) con successiva retrocessione in facies scisti verdi. I litotipi appartenenti a questa unità e che rappresentano gli ammassi rocciosi a monte dell'abitato di Nuarsaz, sono rappresentati prevalentemente da serpentiniti, massive o scistose, metagabbri e glaucofaniti, con associati lembi di coperture sedimentarie (calcescisti, quarziti). Alle unità della Zona Piemontese si sovrappongono tettonicamente le unità Austroalpine, formate da rocce di crosta continentale con metamorfismo di alta pressione, che si ritrovano nella parte sommitale del bacino dei Torrenti Saverou e Chamois.

4.2 Analisi geomorfologica

L'area di studio interessa il settore di versante entro il quale sono incassati gli alvei dei Torrenti Chamois e Suisse tra la quota di 1350 m s.l.m. circa, e i rispettivi settori di conoide, al loro sbocco nella vallata principale, ad una quota di 1120 m s.l.m. circa. In questa fascia altimetrica il versante risulta particolarmente acclive e caratterizzato da una fitta vegetazione di alto fusto ed arbustiva. I torrenti sono incassati all'interno del substrato roccioso profondamente inciso ed arginati nel settore di conoide.

Le soglie rocciose che interrompono bruscamente il degradare del versante verso il fondovalle sono caratterizzate da rocce compatte, con progressiva diminuzione della fratturazione diffusa e dei blocchi disarticolati che caratterizzano le pareti a monte del Camping Cervino, procedendo da nord dell'alveo del Torrente Chamois verso sud.

Lungo il versante che costeggia l'asta terminale del Torrente Suisse, in corrispondenza del suo sbocco nel Torrente Marmore, è presente un'estesa falda detritica che si sviluppa altimetricamente dalla base del gradino roccioso che separa la valle principale dal sovrastante terrazzo di Saverou, fino all'argine del torrente stesso. Dal grado di colonizzazione della vegetazione di alto fusto si può dedurre che la falda sia attualmente in uno stato di quiescenza e scarsamente alimentata.



Panoramica sul settore di conoide dei Torrenti Chamois e Suisse

Dall'analisi della banca dati dissesti e dagli studi di bacino non risultano evidenze di fenomeni franosi in s.s. pregressi, se non alcuni crolli che hanno interessato il settore della sponda destra del torrente Chamois, in corrispondenza del Camping Cervino, per i quali si rimanda al capitolo specifico. Risultano invece frequenti fenomeni legati prevalentemente alle dinamiche torrentizie, quali esondazioni e colate detritiche.

4.3 Analisi geostrutturale

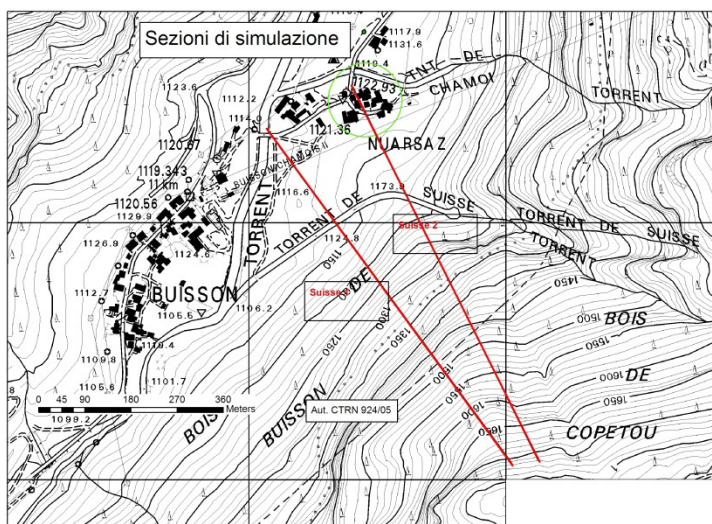
L'indagine geologico strutturale è stata condotta a partire da un rilievo di terreno per la determinazione dei principali sistemi di discontinuità degli ammassi rocciosi che vengono riportati di seguito:

Sistema	Immersione	Inclinazione
A	280	80
B	210	85
C	325	70
D	000	40
Scistosità	170	25

La spaziatura tra le discontinuità diminuisce progressivamente procedendo da nord verso sud andando a migliorare sostanzialmente la qualità degli ammassi rocciosi che, in questo settore risultano massivi e con scarsi blocchi isolati o disarticolati.

4.4 Analisi traiettografica

Nelle simulazioni sono state prese in considerazione due sezioni in corrispondenza del fianco sinistro del Torrente Suisse, mentre per il settore lungo l'asta del Torrente Chamois e sulla sua sponda in destra orografica del si fa riferimento alle traiettografie sviluppate nell'ambito dell'approfondimento del Camping Cervino, di seguito riportato.



Sezioni di simulazione traiettografica sulla conoide del Torrente Suisse

Come potenziale zona sorgente è stato inizialmente valutato anche il settore compreso tra gli alvei dei due torrenti, dove sono stati effettuati sopralluoghi ed un rilievo geomorfologico speditivo. Tale settore è caratterizzato in generale da una morfologia meno acclive rispetto al settore posto in destra orografica del torrente di Chamois, ed in particolare non presenta affioramenti rocciosi di sviluppo considerevole sia lateralmente

che verticalmente, e presenta inoltre una copertura boscata pressoché continua. Il versante è costituito da roccia subaffiorante con copertura di tipo detritico-eluviale, ed è privo di accumuli detritici con indizi di alimentazione frequente o continua.

Gli affioramenti rocciosi caratterizzati da una certa continuità ed estensione, che possono essere considerati come aree sorgente di caduta massi, sono localizzati:

- tra le quote 1400 e 1350 m s.l.m. lungo l'incisione torrentizia del Torrent de Suisse in

sponda destra;

- tra le quote 1450 e 1500 m s.l.m. e tra 1600 e 1650 m s.l.m. circa lungo l'incisione del Torrent de Chamois in sponda sinistra;
- tra le quote 1300 e 1400 m s.l.m. circa nel settore di displuvio compreso tra le due incisioni torrentizie.

I primi due tratti di affioramento sono stati esclusi come potenziale area sorgente di fenomeni di caduta massi in grado di interessare l'area di fondovalle in quanto le pareti, peraltro di altezza e sviluppo limitato, insistono direttamente sugli alvei torrentizi, che nelle fasce altimetriche interessate si presentano fortemente incisi, e sono quindi in grado di intercettare ed incanalare gli eventuali blocchi che si dovessero staccare dalla pareti laterali.

Per quanto riguarda l'area di affioramento presente nel settore di displuvio compreso tra i due alvei, essa presenta pareti di limitata estensione, con sviluppo verticale non superiore a 3-4 m e caratterizzate da roccia massiva e non intensamente fratturata. Un esame speditivo della topografia del sito suggerisce che anche per questo settore la maggior parte dei blocchi eventualmente distaccati dalle pareti vengano indirizzati ed incanalati all'interno dei due alvei torrentizi che delimitano il settore. A verifica di tale ipotesi è stata impostata un'analisi tridimensionale del settore, mediante il software "Rotomap", nella quale sono state assunte le seguenti condizioni:

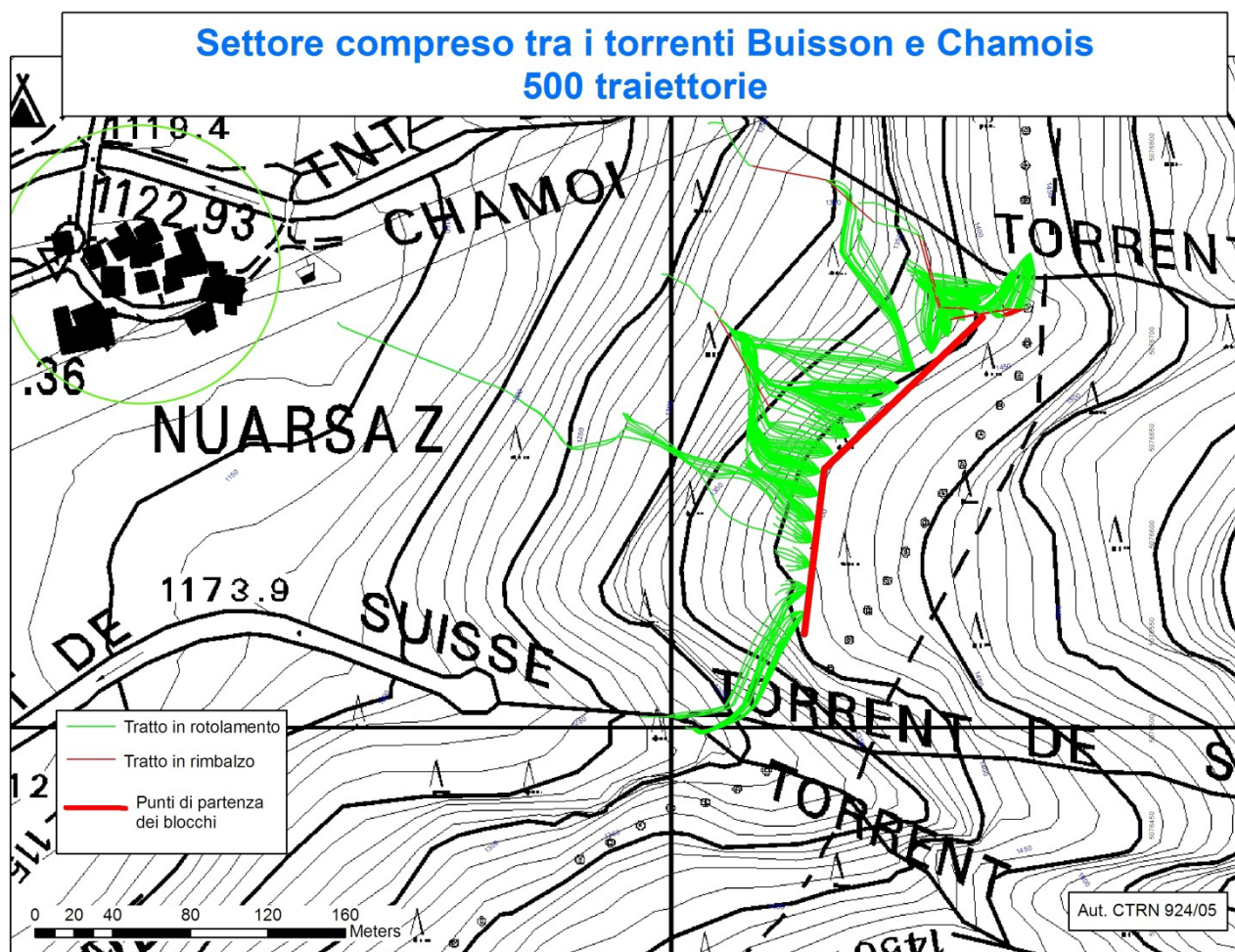
- ✓ il settore di potenziale distacco di blocchi è stato definito lungo una linea che copre l'intera larghezza del displuvio tra i due torrenti alla quota di 1400 m s.l.m.; la quota assunta è quella più elevata del settore individuato a favore di sicurezza (massima energia potenziale);
- ✓ anche se gli affioramenti presentano altezza limitata, e quindi l'eventuale tratto in volo libero dei blocchi è estremamente ridotto, sono state impostate velocità di partenza comprese tra 1 e 10 m/s;
- ✓ il volume dei blocchi non è stato considerato nell'analisi in quanto il programma utilizza un metodo "*lumped mass*" che non tiene conto della massa nelle equazioni del moto, ma solo in fase di calcolo dell'energia di arrivo; in questa fase la simulazione è comunque stata effettuata con lo scopo di verificare l'andamento delle traiettorie; in ogni caso, i blocchi presenti lungo il versante in numero molto limitato hanno un volume di ordine decimetrico.

I parametri geomeccanici adottati nella simulazione, in base ad un esame delle caratteristiche del tratto di versante, sono i seguenti:

Tipo di terreno	Rn	Rt	f
Substrato roccioso subaffiorante	0.45	0.55	0.9
Copertura detritico colluviale con soprassuolo d'alto fusto	0.40	0.47	0.9
Terreno prativo	0.25	0.35	0-3

dove i tre parametri elencati sono rispettivamente il coefficiente di restituzione normale e tangenziale ed il coefficiente di attrito al rotoscivolamento.

La simulazione effettuata mostra che praticamente tutte 500 traiettorie calcolate vengono deviate rispettivamente verso l'alveo in destra o in sinistra orografica del settore, arrestandosi lungo il versante; solo una traiettorie tra le 500 simulate si indirizza in direzione del villaggio di Nuarsaz, arrestandosi immediatamente in corrispondenza della riduzione di pendenza all'apice della conoide.



4.4.1 Localizzazione dei punti di partenza

Per le analisi condotte con metodo bidimensionale lungo le due sezioni precedentemente indicate sono stati considerati, in via cautelativa, distacchi provenienti dalle pareti più elevate del settore. Per ciascuna delle sezioni sono state calcolate 1000 traiettorie, per un totale di 2000 simulazioni.

4.4.2 Caratteristiche dei terreni

Il versante presenta una conformazione piuttosto semplice nella distribuzione dei terreni con caratteristiche di restituzione energetica simili. In particolare sono stati distinti i seguenti terreni:

Tipo terreno	Rn	Rt	Rugosità
Substrato roccioso alterato/subaffiorante	0.7	0.7	0.5
Copertura detritico-colluviale con vegetazione arborea	0.3	0.7	1
Prato	0.32	0.4	0.0

I parametri sono stati inizialmente impostati in base all'esperienza degli scriventi per terreni analoghi e da valori di letteratura, e successivamente tarati fino ad ottenere una distribuzione degli arrivi coerente con i rari testimoni muti presenti. Sebbene questi siano in numero limitatissimo, i due blocchi presenti, situata ad un'elevata distanza dal versante e in una zona pianeggiante, sono stati valutati come posizione limite da raggiungere nella simulazione.

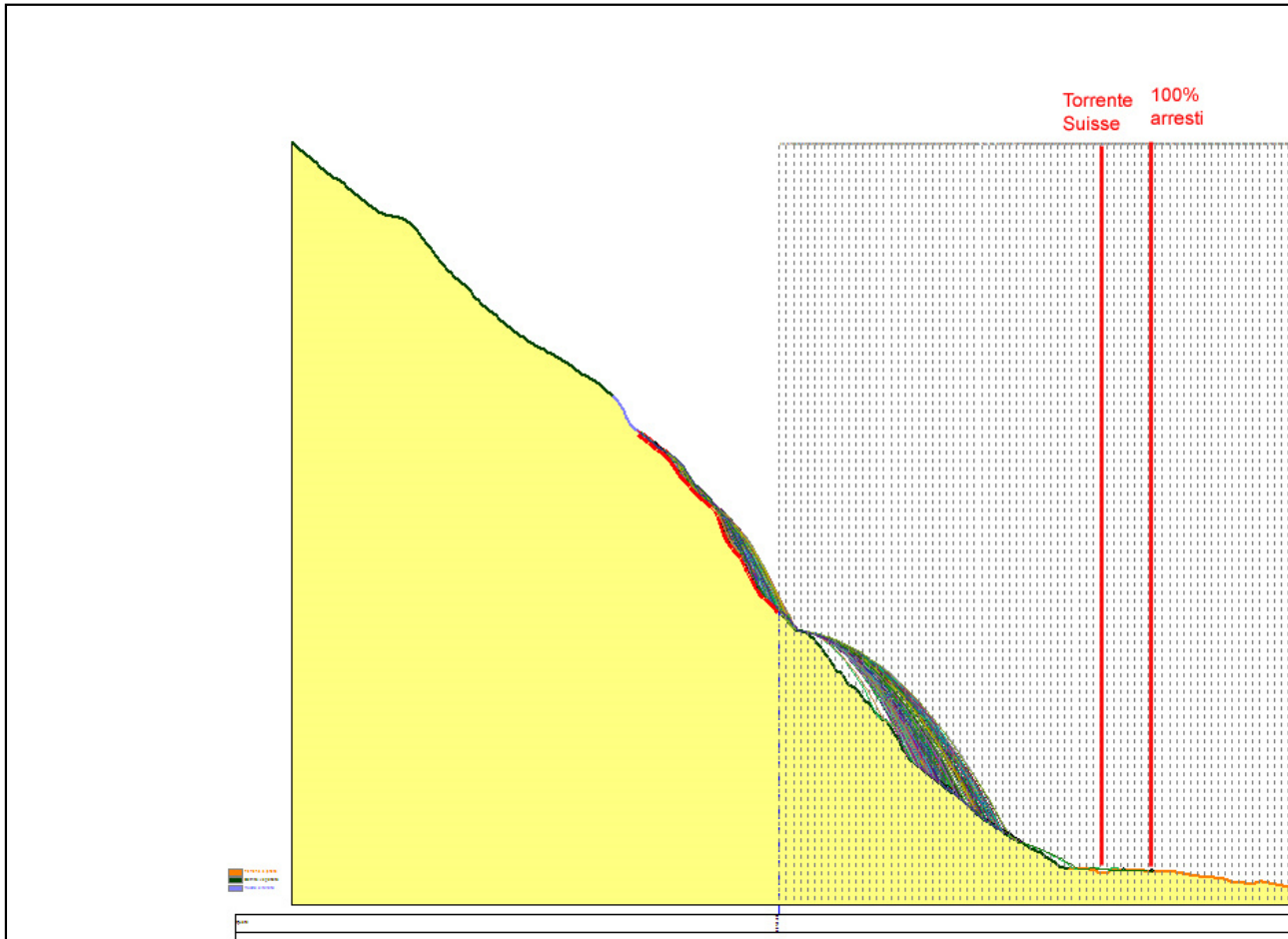
4.4.3 Volume e forma dei blocchi

In base alle forme delle nicchie di distacco visibili in parete e dei blocchi presenti nel settore di valle, grosso modo equidimensionali, sono stati impostati blocchi di forma sferica con diametro pari a 2 m; tale volume, valutate le condizioni di fratturazione della parete, e in seguito ad un esame dei pochi blocchi presenti nel tratto di versante al piede della parete stessa, risulta ragionevolmente il massimo volume unitario atteso per il settore in esame. La massa dei blocchi con le dimensioni assunte risulta di circa 6 ton.

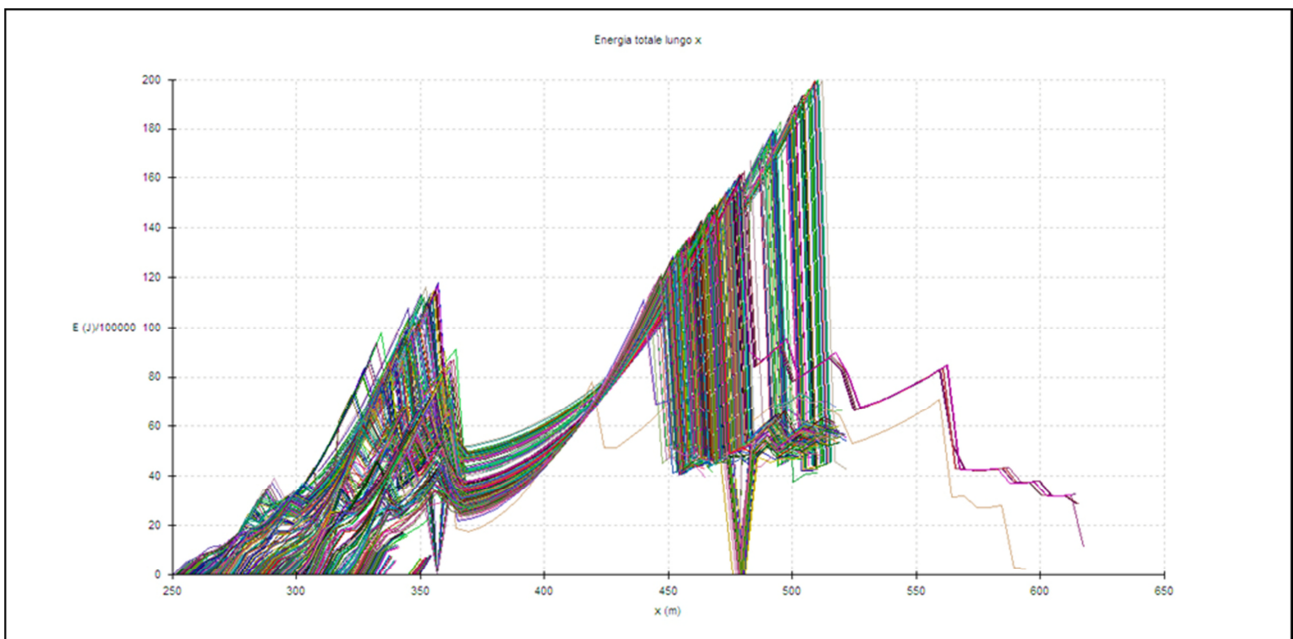
4.5 Risultati dell'analisi

Lungo la sezione “Suisse1” la maggior parte delle 1000 traiettorie calcolate procede inizialmente con rimbalzi di altezza limitata e subisce poi rimbalzi maggiori in corrispondenza del piccolo terrazzo a quota 1335; gli impatti successivi al tratto in rimbalzo avvengono tra le quote 1230 e 1170, lungo il versante con copertura detritico-colluviale, e comportano una drastica riduzione delle energie cinetiche ed un proseguimento delle traiettorie stesse in modalità di prevalente rotolamento, con arresto della maggior parte (**98.8%**) prima o in corrispondenza del torrente Suisse. Il valore di 95% di arresti si ottiene alla progressiva 550 circa 20 m prima dell'attraversamento del torrente. Una percentuale minore di simulazioni lungo la sezione 1, legate prevalentemente a piccoli rimbalzi dei blocchi, supera il torrente: si ottiene il 100 % di arresti poco più a valle.

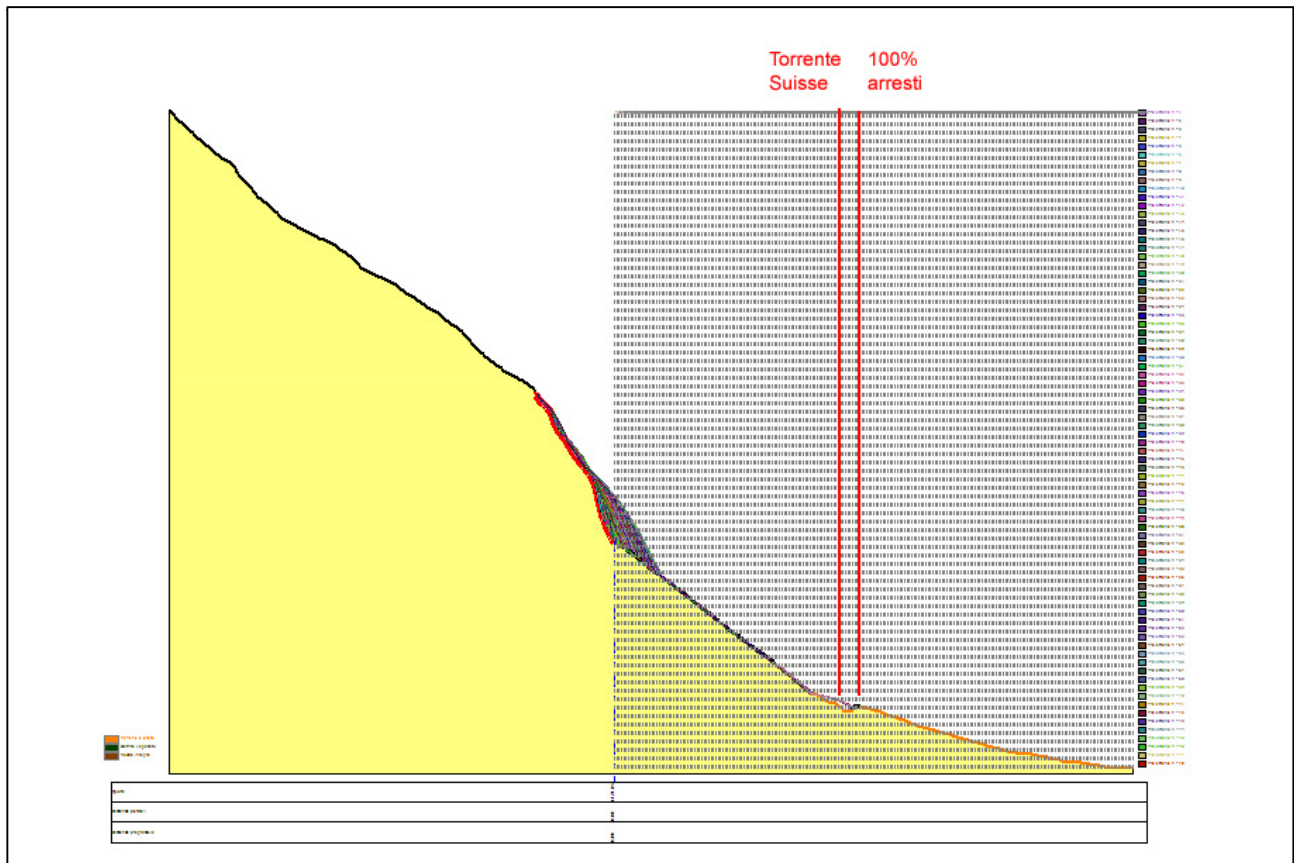
Lungo la sezione “Suisse2” è presente un piccolo salto di quota tra 1380 e 1315 m slm, lungo cui le traiettorie assumono caratteristiche di volo libero; l'impatto col sottostante versante detritico, che avviene tra 1315 e 1290 m di quota, comporta una drastica dissipazione delle energie ed un proseguimento delle traiettorie in prevalente rotolamento o con rimbalzi di altezza limitata; la maggior parte delle traiettorie si arresta poco prima del torrente Suisse o viene intercettata dall'incisione dello stesso, solo poche traiettorie “saltano” l'incisione arrestandosi comunque lungo la scarpata di valle dell'alveo.



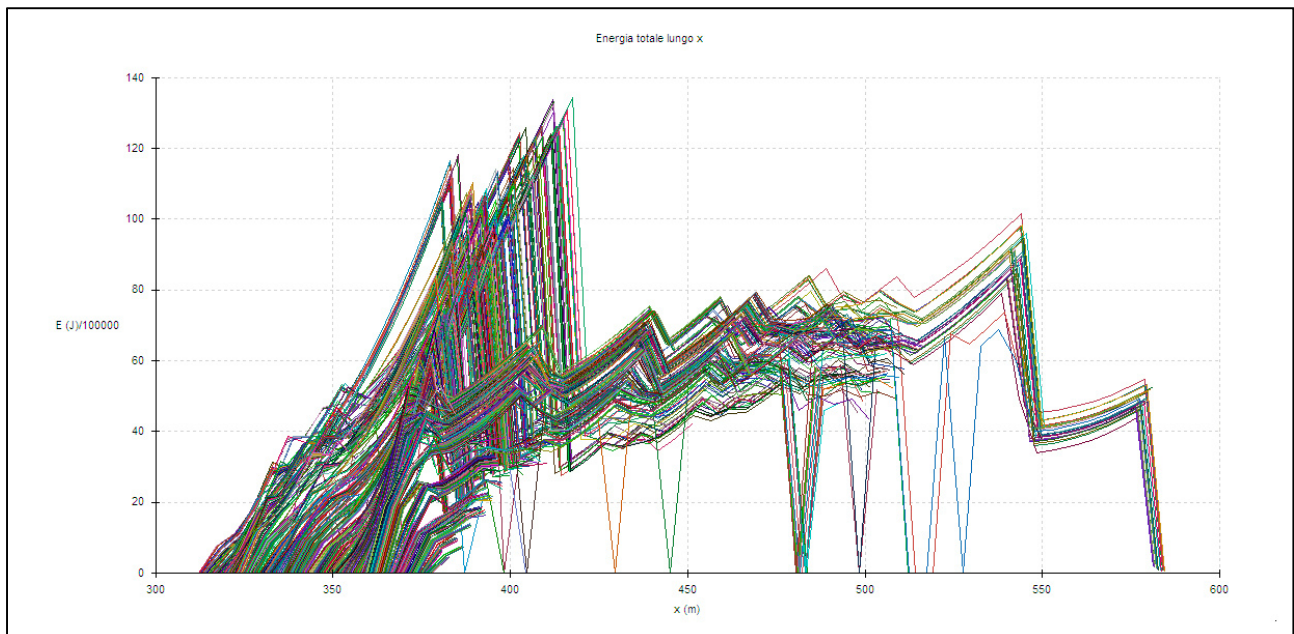
Analisi traiettografica lungo la sezione 1 – 1000 simulazioni



Andamento delle energie lungo la sezione 1 – 1000 simulazioni



Analisi traiettografica lungo la sezione 2 – 1000 simulazioni

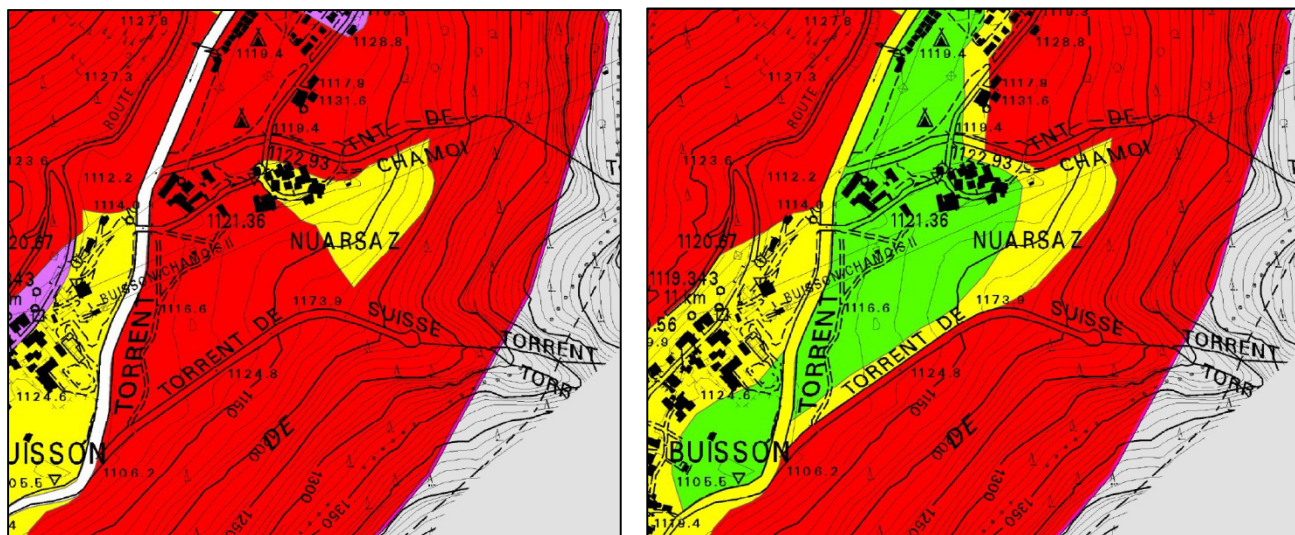


Andamento delle energie lungo la sezione 2

4.6 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

La zona F1 ad elevata pericolosità è stata tracciata lungo la sponda nord occidentale del Torrente Suisse, entro il quale si hanno la quasi totalità degli arresti.

La zona F2, in base allo stesso criterio cautelativo, è stata estesa in un intorno di 20 m dalla zona F1, ovvero in corrispondenza della distanza massima entro cui si rileva il 100% degli arresti.



A sinistra: estratto cartografico della zonizzazione vigente.

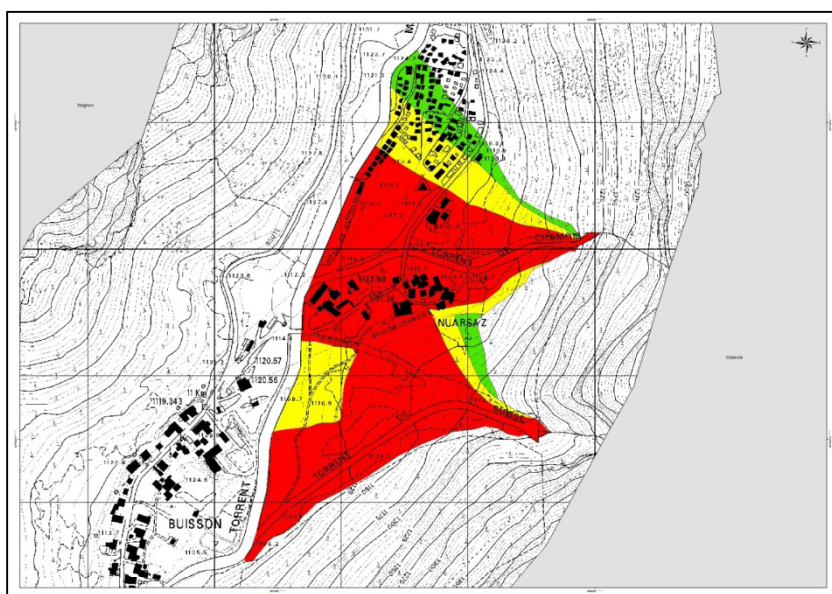
A destra la zonizzazione proposta

4.7 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2

Nel presente paragrafo vengono sinteticamente illustrati i risultati dello studio per la valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente presenti (ai sensi della D.G.R. 1138/2005) relativi ai Torrenti Chamois e Suisse a cura del gruppo di studio formato dal Dott. Ing. Giuseppe Raoul PEAQUIN, dal Dott. For. Italo CERISE e dalla Dott.ssa Geol. Stefania NOTARPIETRO; in particolare viene proposta la perimetrazione relativa alle zone di conoide, così come identificata nello studio di cui sopra, soggette a fenomeni di colata detritica ai sensi dell'art. 35 comma 2 della L.R. 11/98.

Secondo lo studio, i settori di conoide di entrambi i torrenti sono soggetti a fenomeni di debris flow e le maggiori criticità derivano non tanto dal materiale mobilitabile presente nel settore di conoide stesso ma nei settori alti del bacino dei due torrenti, sul territorio comunale di Chamois: *“è da escludere che i trasporti di massa si generino direttamente sul collettore principale, mentre è altamente probabile che le colate si inneschino nelle parti medie e superiori del bacino, a seguito di precipitazioni intense e molto localizzate. Tali colate data l'inclinazione dei versanti e la disponibilità di sedimenti derivanti da erosione e da franamenti superficiali attivi assumono la connotazione di un flusso macroviscoso”*.

Per la stima dei volumi di riferimento è stato utilizzato il metodo geomorfologico incrementato di 10 punti percentuali: *“... si è deciso di non utilizzare il volume medio ma il volume ottenuto dal metodo a base geomorfologica in quanto la letteratura sostiene che attualmente è quello che può fornire valori della produzione di sedimento più attendibili. L'evento di riferimento che sarà utilizzato per la mappatura di pericolo sarà quindi il volume ottenuto con approccio*



Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2 L.R. 11/98

geomorfologico incrementato del 10% per una scelta cautelativa”. Al fine dell'individuazione dei settori a diversa pericolosità per il fenomeno di trasporto di massa si è dovuto tenere conto della coalescenza dei due torrenti e conseguentemente dell'interazione tra i singoli fenomeni che da essi potrebbero scaturire.

5 Settore di conoide del Torrente Antey-Saint-André

Il settore di studio è situata nella media Valtournenche, sul territorio mediamente acclive del conoide del Torrente Antey-Saint-André, affluente sinistro del Marmore. L'area di studio, che si sviluppa altimetricamente tra 1000 e 1250 m s.l.m. circa e su cui sorge il Capoluogo comunale, è soggetta a fenomeni di diversa natura che saranno trattati e analizzati nei seguenti paragrafi.

5.1 Inquadramento geologico

La media Valtournenche ed in particolare il settore di territorio compreso tra il Capoluogo di Antey-Saint-André e il sovrastante comune di La Magdeleine, dal punto di vista geologico, si inserisce all'interno della Zona Piemontese Calcescisti e Pietre Verdi ed in particolare nell'Unità Tettonica denominata di Zermatt-Saas e rappresentata in prevalenza da metagabbri in facies scisti blu/eclogitica, con associate serpentiniti massive o scistose. Nella parte sommitale del bacino del Torrente Antey, alle unità di fondale oceanico si sovrappongono tettonicamente le Unità Austroalpine, formate da rocce di crosta continentale con metamorfismo di alta pressione.

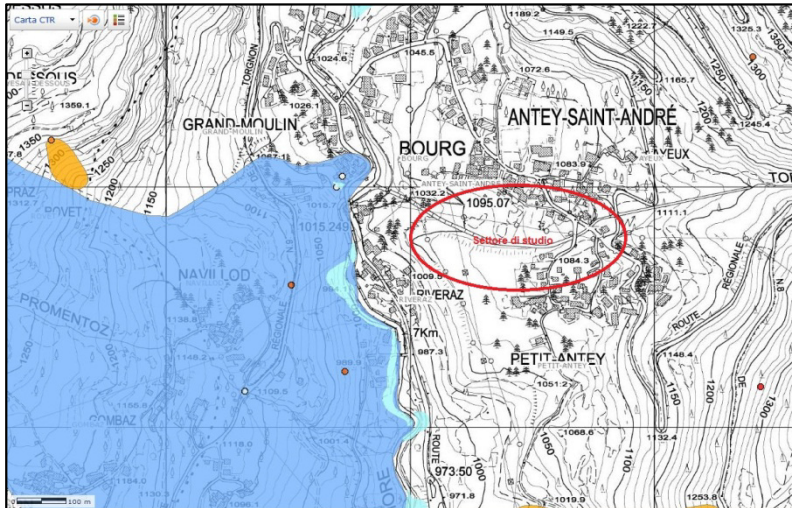
Nel settore in esame il basamento roccioso affiora esclusivamente in corrispondenza degli sbancamenti lungo della strada che collega il fondovalle con l'abitato di Herin e in corrispondenza dell'incisione del Torrente Antey. Il settore è infatti totalmente sigillato dai depositi di origine mista: ai depositi glaciali si sovrappongono potenti coltri detritiche di natura gravitativa, in corrispondenza dei raccordi con il versante ed il fondovalle, alluvionale e di conoide, derivanti rispettivamente dagli apporti dei Torrenti Marmore e Antey.

5.2 Analisi geomorfologica

Morfologicamente il settore di conoide del Torrente Antey, rappresentato da terreni di genesi prevalentemente legata alla dinamica torrentizia, è caratterizzato da acclività medio basse, con un degradare costante dall'apice del conoide, posto a circa 1150 m s.l.m., fino all'unghia incisa in corrispondenza del Torrente Marmore, ad una quota di circa 1000 m s.l.m., con una pendenza media intorno ai 20° e una superficie di poco inferiore a 0.5 Km². Dai rilievi di terreno in tutto il settore non si evidenziano indizi di instabilità che possano fare ipotizzare la presenza di fenomeni di natura gravitativa (fenomeni franosi in *s.l.*, crolli in roccia, DGPV, ecc.) in atto o latenti e i terreni risultano avere buone caratteristiche geotecniche. Dall'analisi della documentazione tecnica a disposizione (Banca dati dissesti regionali e Progetto IFFI, Studi di bacino, ecc.) non si individuano altresì eventi storici rilevanti se non quelli strettamente legati alla dinamica torrentizia.

5.3 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

Nella cartografia degli ambiti inedificabili vigente relativa ai terreni sedi di frane in questo settore è presente una fascia a bassa pericolosità (F3) in corrispondenza dell'alveo del torrente, originariamente prevista in virtù di un possibile fenomeno di colata detritica a partire dal torrente

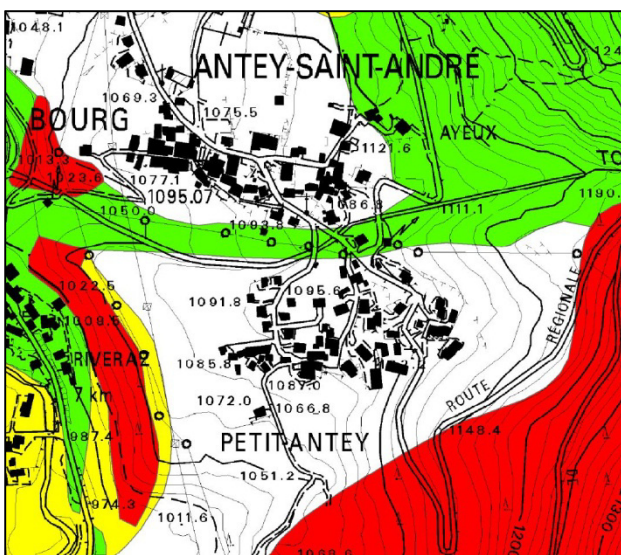


Estratto della cartografia dei dissesti del settore di studio (da geonavigatore RAVA)

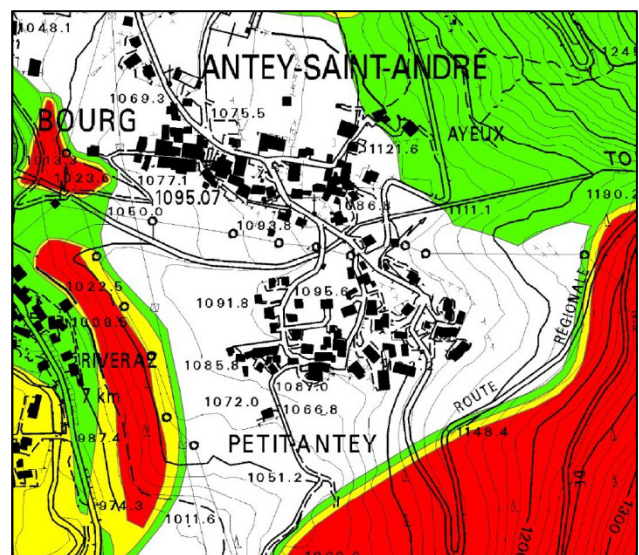
medesimo. Essendo questo un settore di fondovalle su cui non insistono pareti rocciose suscettibili a produrre fenomeni di crollo, oltre all'analisi morfologica di terreno, dalla quale non sono emerse evidenze di dissesti in atto o pregressi, è stata analizzata la “banca dati dissesti della regione” e i dati radar satellitari elaborati con

tecnica la PS-InSAR disponibili sul portale cartografico della regionale al fine di verificare la presenza di eventuali fenomeni franosi pregressi che potessero giustificare la sopracitata fascia a bassa pericolosità: dall'analisi questo settore non risulta essere soggetto a fenomeni franosi in s.s. né risultano segnalati eventi passati.

Alla luce di quanto sopra esposto, considerata la fascia a bassa pericolosità come una perimetrazione derivante dal solo rischio di colata detritica, si decurta questo settore dalla nuova perimetrazione per i terreni sedi di frane.



A sinistra: estratto cartografico della zonizzazione vigente.

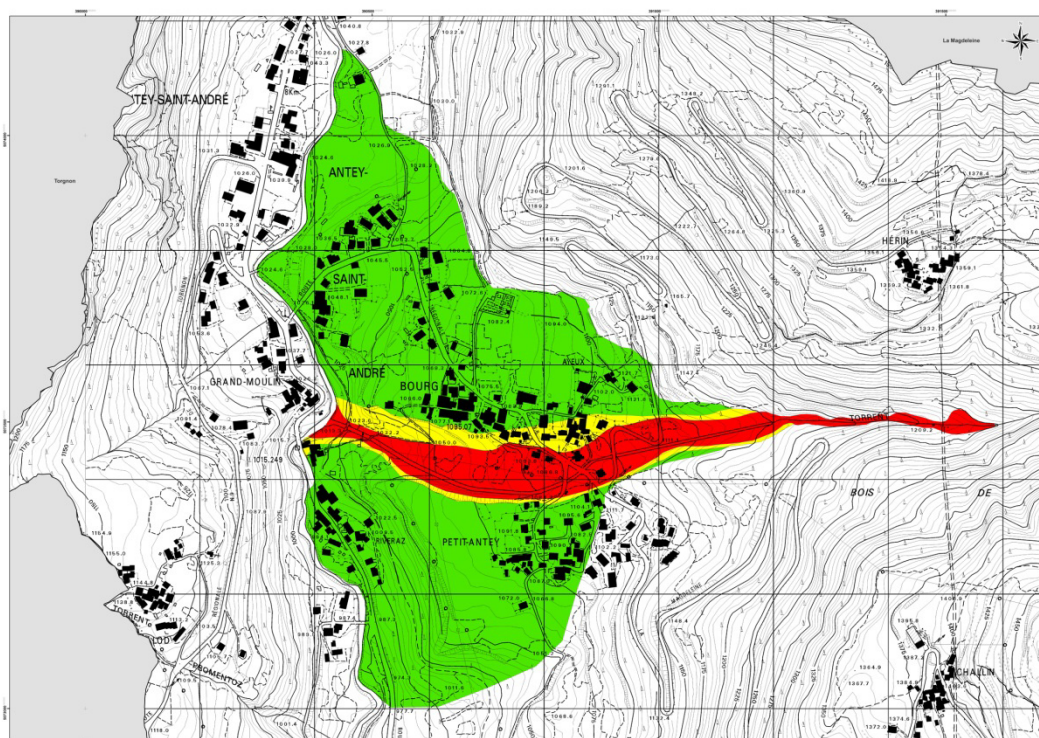


A destra: la zonizzazione proposta

5.4 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2

Dall'analisi dello studio per la valutazione della pericolosità per colate di detrito e dell'efficacia delle opere di difesa eventualmente presenti (ai sensi della D.G.R. 1138/2005) relativo al Torrente Antey, a firma del Dott. Ing. Giuseppe Raoul PEAQUIN, del Dott. For. Italo CERISE e dalla Dott.ssa Geol. Stefania NOTARPIETRO, il bacino del torrente, con particolare riferimento al settore di conoide dello stesso, risulta essere soggetto a fenomeni di colata detritica. Nel presente paragrafo viene proposta la perimetrazione relativa alle zone di conoide, così come identificata nello studio di cui sopra, soggette a fenomeni di colata detritica ai sensi dell'art. 35 comma 2 della L.R. 11/98.

L'analisi dei volumi di materiale mobilitabile, stimato su base geomorfologica, unitamente alle verifiche sulle sezioni dell'asta torrentizia, identificano i settori di conoide che potrebbero essere coinvolti da fenomeni di colata detritica. Nello studio è tuttavia evidenziato come, grazie alla conformazione geomorfologica del conoide, i settori ad elevata criticità siano confinati in un intorno limitato all'asta torrentizia stessa: *“l'analisi morfologica ha tuttavia evidenziato la presenza di un'incisione torrentizia antica nel suo settore intermedio, in approfondimento verso il fondovalle, che permette di contenere, dalla quota 1.085 metri verso valle, potenziali fenomeni di inondazione e parzialmente fenomeni di colata. Nel settore pre-apicale di conoide si rileva la presenza di un'area di laminazione naturale, allungata in senso EW e di pendenza lieve, che gioca a favore della sicurezza”*.



Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 2 L.R. 11/98

6 Settore di conoide del Torrente di Chessin

Il settore di conoide del Torrente Chessin è situato nella porzione meridionale del Comune di Antey-Saint-André, sulla destra orografica del Torrente Marmore, e si sviluppa a partire da una quota di 800 m s.l.m. circa, in corrispondenza del T. Marmore stesso, ad una quota apicale di 860 m s.l.m. circa.

Il presente settore è stato oggetto di uno studio di approfondimento destinato a quelle aste torrentizie ad alta pericolosità, a cura del Dott. Agr. Roberto GAUDIO con la collaborazione del Dott. Ing. Germain BAL, al fine di verificare l'attitudine del Torrente Chessin a produrre fenomeni di colata detritica. Questo settore è infatti indicato sulla cartografia vigente degli ambiti inedificabili ai sensi dell'art. 36 della L.R. 11/98 del Comune di Antey-Saint-André in fascia di cautela IC-A, in attesa di approfondimenti di studio, mentre non viene riportato sulla cartografia relativa all'art. 35.

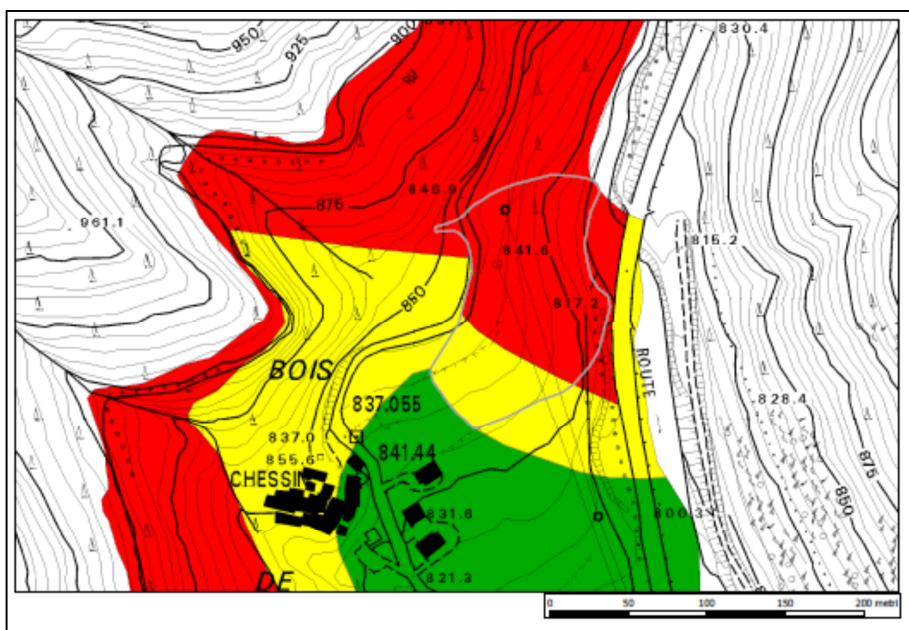
La zonizzazione della pericolosità per colata detritica di questo studio, essendo stato eseguito con criteri diversa da quelli indicati nella D.G.R. 2939 del 10.10.2008 sarà riportata sia sulla cartografia delle frane (ai sensi dell'art. 35 comma 1), sia sulla cartografia relativa alle inondazioni (ai sensi dell'art. 36). La deliberazione di cui sopra infatti cita al capitolo III, paragrafo B, punto 2: *“Le perimetrazioni delle aree a diversa pericolosità, alluvionabili per colate detritiche, sono riportate sia nella cartografia per frane di cui al capitolo II sia nella cartografia per inondazioni di cui al capitolo IV”* e *“per i fenomeni di trasporto in massa su conoide non perimetrati secondo le modalità indicate al paragrafo B del Capitolo III, e rilevabili attualmente sulla cartografia delle frane o sulla cartografia delle inondazioni, devono essere adottate le discipline d'uso di cui ai capitoli II e IV, paragrafi C.1), C.2) e C.3), per frane e inondazioni”*.

6.1 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

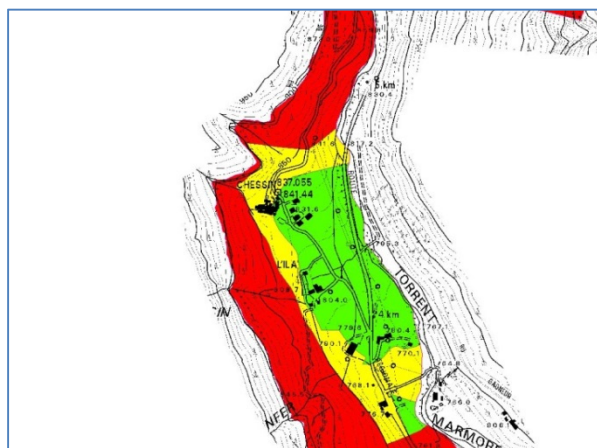
Premesso che la perimetrazione derivante dallo studio di bacino in oggetto non determina una diminuzione della pericolosità per frana, così come riportata nella cartografia vigente ai sensi dell'art. 35 comma 1 della L.R. 11/98, nel presente paragrafo verranno proposte le modifiche alla cartografia esclusivamente sulla base delle risultanze degli approfondimenti di studio relativi al fenomeno di colata detritica del Torrente Chessin, rimandando, per quel che concerne le valutazioni relative alla pericolosità per frana in s.s., a quanto prescritto nella relazione tecnica allegata alla cartografia vigente (Gaudio R., Vagliasindi M., 2003 - Cartografia degli ambiti inedificabili del Comune di Antey) e, per le considerazioni sul fenomeno di colata detritica, allo studio di bacino di cui sopra.

Nello studio di approfondimento l'evento di riferimento considerato è quello associabile ad un evento avente un volume derivante dalla media ragionata tra debris-gramma idrologico e debris-gramma morfometrico, ovvero viene adottato come tempo di riferimento un evento di durata di 12 minuti: *“si è deciso di adottare come valore quello corrispondente, derivante dalla stima idrologica, ad un evento di pioggia di durata pari a circa 12', avente un volume solido prossimo (leggermente inferiore) a quello derivante dalla stima geomorfica; tale durata appare compatibile con quella di eventi di debris-flow di breve durata”*, e il volume della colata di riferimento viene stimato in 6833 m³, di cui 3606 m³ relativi alla sola componente solida.

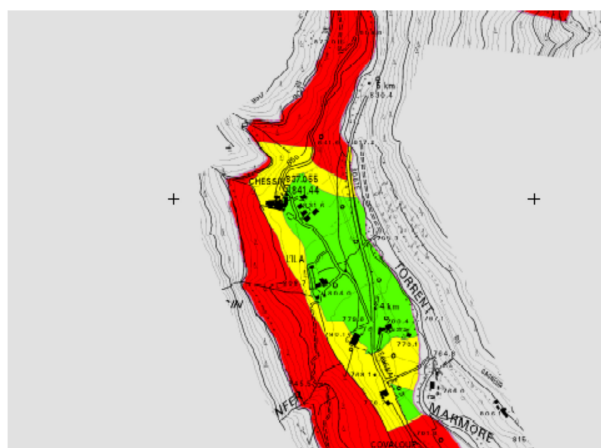
Di seguito vengono riportati gli estratti cartografici relativi alla perimetrazione attuale e alla proposta di nuova zonizzazione sulla base di quanto sopra detto. La zonizzazione proposta per l'articolo 35 tiene conto, in via cautelativa, anche dei fenomeni di carattere puramente gravitativo.



Zonizzazione pericolosità per colata detritica sul conoide del Torrente Chessin (da Gaudio e Bal 2013)



Zonizzazione vigente



Proposta nuova zonizzazione

Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1 L.R. 11/98

7 Settore di Buisson

Il presente studio illustra le indagini e le valutazioni svolte ad approfondimento della zonazione della pericolosità per frana (art.35) nel settore di Buisson, a seguito della realizzazione delle "opere per il recupero ambientale ed il ripristino funzionale dei valli a protezione dei nuclei abitati di Buisson e Fiernaz", a cura dell'Amministrazione regionale. Le opere in oggetto sono state collaudate nel mese di maggio 2007.

Le caratteristiche dei potenziali dissesti che interessano l'area in esame sono state approfondite negli studi per la redazione della cartografia degli ambiti inedificabili (Gaudio e Vagliasindi, 2003) e nella progettazione preliminare ed esecutiva delle opere per il recupero ambientale ed il ripristino funzionale dei valli a protezione degli abitati di Buisson e Fiernaz (Gaudio, Touscoz e Vagliasindi, 2004-06) ai quali si rimanda per dettagli ed approfondimenti.

In questa sede verranno valutate le condizioni di rischio residuo a seguito della realizzazione dei rilevati paramassi e delle reti di protezione, al fine di ridefinire la cartografia degli ambiti inedificabili relativa all'art. 35 della L.R. 11/98.

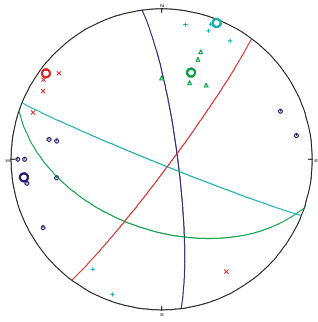
7.1 Metodologia

Al fine di pervenire alla nuova zonizzazione della pericolosità, lo studio è stato articolato nei seguenti punti:

- acquisizione del progetto esecutivo e posizionamento delle opere realizzate in GIS, integrata da rilievo sul terreno con GPS;
- rilievo GPS dei testimoni muti presenti nell'area di interesse;
- simulazione traiettografica in 3 dimensioni, a partire dai settori instabili riconosciuti, in assenza di opere, ai fini della taratura del modello;
- introduzione nel modello delle opere e valutazione sull'efficacia delle stesse in relazione a diversi volumi potenziali di crollo attesi;
- valutazione del rischio residuo e zonizzazione della pericolosità.

7.2 Sintesi assetto geostrutturale

L'assetto geostrutturale e l'analisi dei fenomeni di instabilità che interessano le pareti è riportata in dettaglio nello studio per la progettazione delle opere di difesa (relazione citata.) Di seguito si riporta una sintesi dei principali sistemi:

Sistema	Immersione (°)	Inclinazione (°)	
A	127.0	85	
B	202.0	87	
B'	199.0	51	
D	83.0	81	

In modo particolare risultano ben evidenti anche a grande scala i sistemi A (120/70 – 140/70) e B (210/80); tali sistemi risultano determinanti per le condizioni di instabilità generale del versante: il primo infatti presenta un'orientazione grosso modo parallela al versante stesso e costituisce quindi un potenziale piano di trazione o di ribaltamento, mentre il secondo, con un'orientazione all'incirca perpendicolare al versante può costituire piani di taglio e svincolare lateralmente blocchi o intere porzioni di ammasso roccioso.

7.3 Eventi di dissesto pregressi

19 Agosto 1958

Una relazione del sindaco di Antey descrive “.... un violentissimo nubifragio che ha prodotto vaste alluvioni, distrutto campagne e raccolti, danni ad abitanti, minacciato allagamenti in tutto il fondovalle.” Il nubifragio produce colate detritiche nel vallone di Fiernaz, di Buisson e nell'impluvio intermedio. Inoltre la relazione riporta, a proposito di Fiernaz “... il solito pericolo che incombe continuamente sulla frazione omonima e tiene in continua apprensione gli abitanti delle località...”, ed a proposito di Buisson “.... tiene in continua minaccia la frazione stessa per le sue frequenti piene con caduta di massi...”. Indicando quindi che le colate di detrito e la caduta di massi costituiscono un fenomeno ricorrente ed abituale nei bacini in esame.

07 Gennaio 1982

Frana di crollo di Fiernaz. La nicchia di distacco si localizza tra le quote 1700 e 2000 circa, con una larghezza di circa 300 m e 200 di altezza. Il materiale mobilitato, stimato in oltre 500.000 m³, si accumula per la maggior parte all'apice della conoide di detrito, tra le quote 1100 e 1150 circa, mentre i blocchi di maggiori dimensioni raggiungono ed oltrepassano la strada regionale.

Il fenomeno si verifica in corrispondenza di alcuni giorni di forte inversione termica e di forti precipitazioni liquide, che portano ad un anomalo tasso di fusione della copertura nevosa accumulatasi nel periodo precedente; probabilmente la forte sovrappressione creatasi a causa di tale

fenomeno all'interno delle fratture presenti nella zona della nicchia costituisce la causa innescante del distacco.

Maggio 1983

A seguito di un periodo di precipitazioni intense, connesso ad elevata temperature che portano alla fusione delle nevi in quota, si verifica la mobilitazione del materiale accumulatosi sulla conoide durante l'evento dell'anno precedente. In particolare innalzamento del livello di falda porta alla saturazione del materiale in equilibrio precario nella parte alta della conoide (il materiale presentava un'elevata percentuale di frazione fine limosa).

Il fenomeno avviene in forma di due distinte colate detritiche, a otto giorni di distanza l'una dall'altra; la prima colata trasporta un'ingente quantità di materiale grossolano ostruendo il canale normalmente percorso dalle acque; la seconda colata si riversa quindi sul lato destro della conoide, investendo alcune abitazioni della frazione di Fiernaz.

A seguito di tali eventi, tra il mese di settembre 1983 e ottobre 1984 si realizzano due ordini di valli paramassi alla base della conoide, con funzione di deviatore e la galleria paramassi artificiale a protezione della strada regionale, con deviazione del tracciato della stessa.

Maggio-Giugno 1993

Si osserva un preoccupante spostamento di un masso di enormi dimensioni localizzato lungo la parete a SW di Levaz; il masso si trova all'interno di un ingente accumulo detritico parzialmente cementato, sospeso su una parete rocciosa subverticale. Si provvede ad un intervento di demolizione artificiale.

Ottobre 1993

Si verifica il crollo di alcune porzioni rocciose di grandi proporzioni dalle pareti lungo il canalino a monte di Buisson; le nicchie di distacco di alcuni dei blocchi sono ancora chiaramente visibili lungo il versante (quota 1600 circa); i blocchi oltrepassano la strada statale.

Ottobre 2000

Durante gli eventi alluvionali dei giorni 13-16 ottobre si registrano colate detritiche di entità relativamente modesta sia lungo il canalone e la conoide di Fiernaz che lungo quelli di Buisson. In particolare la colata di Fiernaz percorre il canalone, già inciso negli anni precedenti da colate minori, localizzato sul lato sinistro della conoide, oltrepassando la galleria e raggiungendo l'area tra quest'ultima e il torrente Marmore. L'alveo del Marmore viene deviato verso la sponda sinistra. A seguito di tali eventi vengono realizzati interventi di somma urgenza, consistenti nella costruzione di rilevati in terra al margine inferiore della conoide.

Un ramo della colata si distacca dal canalone principale deviando verso destra (verso l'abitato di Fiernaz intorno a quota 1400 e arrestandosi poche centinaia di metri più a valle.

odeste colate di detrito si registrano anche nel tratto inferiore del torrente immediatamente a Nord della conoide di Fiernaz; il torrente accumula piccole quantità di detrito nell'area a monte della galleria paramassi.

Lungo la conoide di Buisson si osserva una colata di materiale, che viene per la maggior parte arrestata dai valli paramassi. Una parte della colata, con trasporto di materiale fine, si incanala lungo la pista di servizio dei valli raggiungendo la strada statale e la parte settentrionale dell'abitato di Buisson

Si registra inoltre la caduta di alcuni blocchi di alcuni metri cubi lungo la conoide di Buisson; i blocchi vengono arrestati dai valli paramassi.

2008

Riattivazione frana di Fiernaz con crolli di materiale lungo la strada poderale tra Fiernaz e Lillaz.

7.4 Descrizione delle instabilità potenziali

7.4.1 Instabilità potenziali coinvolgenti elevati volumi rocciosi

Instabilità B1

- Tipo di instabilità: puntuale
- Localizzazione: Parte bassa della cresta sulla destra orografica del canalino
- Quota 1225 m s.l.m. circa,
- Coordinate approssimative 391105E, 5076705N
- Descrizione: settore di valle della cresta che delimita a S il canalino di Buisson; la cresta presenta due volumi rocciosi a forma di parallelepipedo e prisma triangolare rispettivamente, in parte disarticolati da fratture orientate circa parallelamente al versante
- Cinematismo: Ribaltamento lungo fratture del sistema 260/80, aperte alla sommità – i volumi sono svincolati lateralmente;
- Volume totale: blocco 1 circa 20 x 8 x 5; blocco 2 circa 10 x 10 x 4/2
- Volume unitario: l'ammasso roccioso risulta fratturato in volumi unitari dell'ordine di 1-5 m³;
- Pericolosità: media; sono evidenti indizi di un incipiente deformazione per toppling (fratture più aperte alla sommità) ma non si riscontrano movimenti o dislocazioni al piede dei volumi.

7.4.2 Distacco di singoli blocchi rocciosi di elevato volume

Instabilità B2

- Tipo di instabilità: puntuale
- Localizzazione: Parete sinistra del canalone di Buisson;
- Quota 1325 circa;
- Coordinate approssimative 391062E, 5076787N;
- Descrizione: blocco di forma triangolare situato al margine superiore della parete;
- Cinematismo: Scivolamento lungo un piano 200/45, sottolineato da una fascia cataclastica; trazione lungo piano 200/80; taglio lungo 120/80;
- Volume totale: volume circa $8 \times 8 \times 15 \text{ m}^3$;
- Volume unitario: l'ammasso roccioso risulta fratturato in volumi unitari dell'ordine di $1-5 \text{ m}^3$;
- Pericolosità: elevata; è presente un piano di scivolamento evidente sottolineato da una fascia cataclastica; il piano frontale è il piano di scivolamento di distacchi pregressi con lo stesso cinematismo. Il blocco è situato al margine della nicchia di distacco dei fenomeni del 1993.

7.4.3 Zone di alimentazione di caduta massi diffusa

Inabilità B3

- Tipo di instabilità: diffusa
- Localizzazione: parete sinistra del canalone di Buisson;
- Quota 1325 m s.l.m. circa, a valle dell'instabilità B2
- Coordinate approssimative 391062E, 5076787N
- Cinematismo: scivolamento superficiale lungo 200/85 + taglio su 120/80 + Distacco su 040/30;
- Volume medio: $2-5 \text{ m}^3$;
- Frequenza: elevata; sono presenti numerose tracce di distacco, inoltre i blocchi presenti sono isolati da fratture con apertura pluricentrica.

Inabilità B4

- Tipo di instabilità: diffusa;
- Localizzazione: Pareti a lato dell'apice della conoide di Buisson;
- Cinematismo: Scivolamento superficiale lungo 110/80 + taglio su 200/80 + distacco su 040/30; ribaltamento lungo 260/80;

- Volume medio 2-5 m³;
- Volume unitario: 0.53 m³;
- Frequenza: elevata; sono presenti numerose tracce di distacco, inoltre i blocchi presenti sono isolati da fratture con apertura pluricentimetrica.

7.4.4 Accumuli detritici e di materiale sciolto instabili

Instabilità B5

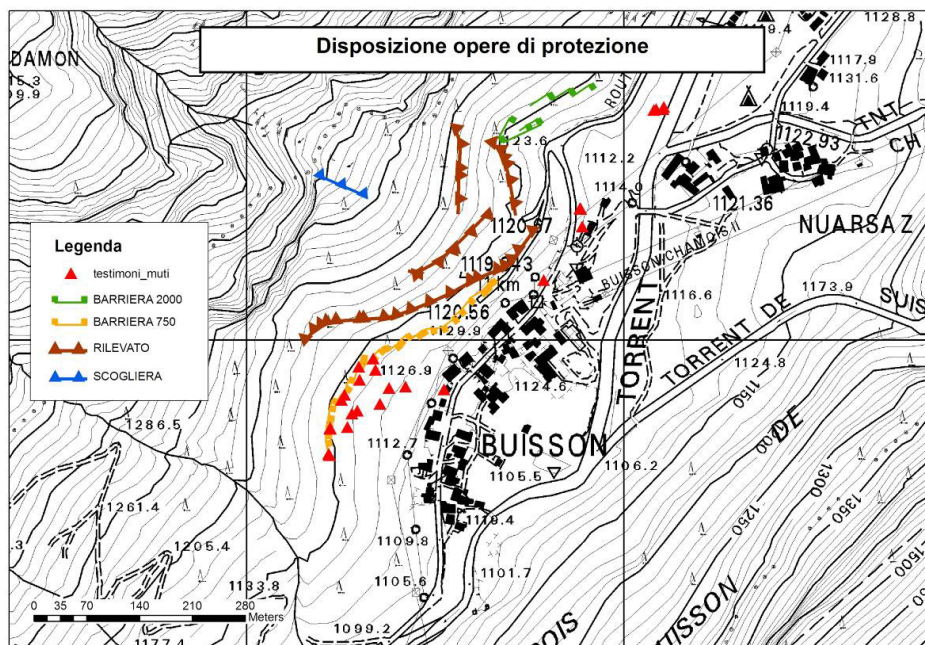
Un accumulo detritico costituito da prevalente materiale a granulometria grossolana (blocchi di dimensioni da decimetriche a metriche) è localizzato all'apice della conoide di Buisson, in una fascia altimetrica compresa tra 1225 e 1275 m slm; parte dell'accumulo è conseguente all'evento franoso del 1993. In particolare nella parte all'apice della conoide si osserva un accumulo a blocchi di dimensioni medie decimetriche, con alcuni elementi di dimensioni metriche; all'interno del canale, al di sopra dell'apice della conoide, sono presenti alcuni blocchi di dimensioni plurimetriche.

L'accumulo si estende su un'area di circa 12.500 m², con uno spessore medio di 1.5-2 m, per un volume valutabile in circa 25.000 m³.

7.5 Posizionamento delle opere definitive

La planimetria delle opere così come effettivamente realizzate e collaudate è stata

cortesemente messa a disposizione dal Servizio sistemazioni idrauliche e dissesti di versante, ed integrata con rilievi GPS sul terreno, al fine di ricostruire l'esatta geometria da introdurre nelle simulazioni finali. La disposizione delle opere è riportata nella planimetria seguente.



Disposizione delle opere di protezione. E' indicata anche la posizione dei testimoni muti rilevati

Complessivamente sono presenti:

- **4 rilevati paramassi:** i rilevati sono realizzati con anima in c.a., rivestito in terra su ambo i lati e sul lato di monte completato da una scogliera in pietrame; l'altezza utile sul lato di monte è di 5 m; a tergo di ciascun rilevato è presente un vallo di larghezza di circa 5 m.
- **scogliera in pietrame** realizzata in destra idrografica del termine del canalone di Buisson sulla conoide, con funzione di deviatore;
- due file di **barriere paramassi** (vecchia realizzazione) a basso assorbimento energetico nel settore sinistro orografico della conoide;
- un ordine di **barriere paramassi** ad elevato assorbimento (2000 kJ), installate nel 2007, nel settore destro or. della conoide, parzialmente sovrapposte al rilevato n° 1.



Immagine relativa al vallo rilevato (a destra) e delle reti paramassi (a sinistra)

7.6 Rilievo dei testimoni muti

Nell'area della conoide di Buisson è presente un elevato numero di blocchi di crollo di volume anche elevato. La posizione dei blocchi è stata rilevata allo scopo di effettuare una corretta taratura del modello di simulazione in assenza di opere. La posizione dei principali blocchi è riportata nella planimetria precedente.

7.7 Simulazione di caduta massi

Per questa tipologia di fenomeni è stata condotta un'analisi di tipo traiettografico in particolare nel settore di Buisson e nel tratto di versante intermedio tra Buisson e Fiernaz, che costituiscono le zone più interessate da tali fenomeni sia storicamente che per le caratteristiche geomorfologiche e geotecniche.

La metodologia di analisi prevede un procedimento di tipo back analysis, necessario per tarare i parametri inseriti nella modellazione attraverso il confronto con eventi noti e documentati.

Il modello utilizzato (Rotomap – Geo&Soft) lavora su una ricostruzione tridimensionale

della topografia. Il problema dell'incertezza nella determinazione dei parametri e nella ricostruzione esatta della topografia viene in parte ovviato tramite un approccio statistico al problema. Nel modello tridimensionale si introduce un range di variazione angolare rispetto ai punti di partenza, e si effettua un elevato numero di simulazioni (in questo caso 1000) in modo da ottenere una distribuzione probabilistica delle curve di arresto dei blocchi.

I blocchi vengono trattati come punti materiali, ottenendo quindi una determinazione dell'energia cinetica in termini di energia per unità di massa ($v^2/2$). L'energia effettiva, necessaria per la valutazione dell'efficacia delle opere di protezione, viene considerata con l'introduzione della massa dei blocchi. Ovviamente le dimensioni dei blocchi influenzano anche il tipo di moto, in particolare in rapporto alla tipologia del terreno lungo cui avviene la caduta. Ad esempio, per un blocco di determinate dimensioni si hanno coefficienti di restituzione energetica elevati (urto elastico) se la caduta avviene su un pendio coperto da detrito di dimensioni maggiori del blocco stesso, e coefficienti minori se l'urto avviene su detrito di piccole dimensioni. Di questo viene tenuto conto nell'assegnazione dei parametri.

I punti di partenza dei blocchi corrispondono al limite inferiore della parete; ai blocchi viene assegnata una velocità iniziale variabile per tenere conto delle diverse possibili altezze di caduta in volo libero.

Le fasi seguite nell'effettuare la simulazione sono le seguenti:

- 1 – Censimento dei blocchi presenti in sito; in questo caso si dispone di diversi dati relativi ad episodi recenti e documentati; nelle planimetrie allegate è riportata la posizione dei blocchi relativi all'evento del 1993.
- 2 – Rilievo geomorfologico dell'area interessata: in questa fase vengono individuate le zone di distacco dei blocchi, le caratteristiche (volume, forma, etc) dei blocchi potenzialmente soggetti a caduta, e le caratteristiche del pendio interessato (presenza e tipo di copertura superficiale o roccia, presenza di vegetazione, rugosità,...); tali caratteristiche influenzano in modo determinante il moto dei blocchi, e sono quindi fondamentali per la definizione dei parametri di moto.
- 3 – Ricostruzione della superficie topografica nel modello tramite l'utilizzo del DTM.
- 4 – Definizione, nel modello di calcolo, della zona di distacco dei blocchi e dei parametri di moto (coefficienti di restituzione normale e tangenziale, angolo di attrito) sulla base delle caratteristiche geomorfologiche individuate
- 5 – Taratura del modello: variando in modo opportuno i vari parametri del terreno ed i parametri di calcolo si arriva ad ottenere una distribuzione dei punti di arresto congruente con quanto osservato in sito o noto da testimonianze storiche, In questo modo, anche se con un certo grado di incertezza, si ottiene una definizione realistica dei parametri che regolano il moto dei blocchi.

La simulazione restituisce una distribuzione planimetrica della frequenza di arresto calcolata rispetto al totale degli scendimenti effettuati. Il modello viene ritenuto attendibile quando si riscontra una buona corrispondenza tra le massime concentrazioni dei blocchi ottenute dalla simulazione e la distribuzione dei blocchi osservata nella realtà.

Nello specifico, la taratura dei modelli è stata effettuata considerando i testimoni muti esistenti come massima possibile espansione della fenomenologia **in assenza dei rilevati**.

A questo punto la simulazione viene utilizzata per determinare le massime distanze raggiungibili dai blocchi, che rientrano poi nella zonazione della pericolosità.

Parametri adottati nella simulazione

Parametri di calcolo

- ✓ Angolo limite (angolo che determina il passaggio dalle condizioni di rimbalzo a quelle di rotolamento).....8°
- ✓ Velocità iniziale minima.....5 m/s
- ✓ Velocità iniziale massima.....20 m/s
- ✓ Deviazioni angolari iniziali.....8°
- ✓ Deviazione angolare massima.....30°

Sono state considerate velocità di partenza variabili per tenere conto sia del distacco di blocchi da altezze elevavate, sia della rimobilizzazione di blocchi presenti in detrito.

Parametri geomeccanici del terreno

Il pendio a valle delle pareti presenta acclività elevata. Allo stato attuale il tratto di valle della conoide è completamente modificato dagli interventi antropici (realizzazione dei valli); in una prima fase di simulazione si è considerato il pendio senza opere, ipotizzando, sulla base della morfologia e delle caratteristiche geotecniche delle zone circostanti, una copertura detritica grossolana.

I parametri geomeccanici assegnati alle tipologie di terreno individuate e tarati con simulazioni di prova sono i seguenti:

Tipo di terreno	R_n	R_t	a
Roccia	0.75	0.8	0.5
Detrito grossolano non colonizzato	0.42	0.5	1.2
Detrito parzialmente colonizzato da vegetazione arborea	0.4	0.49	0.9
Prato	0.2	0.3	0.5

Rn rappresenta il coefficiente di restituzione normale, Rt il coefficiente di restituzione tangenziale e α il coefficiente di attrito al rotoscivolamento.

Punti di partenza dei blocchi

Sono stati presi in considerazione sia punti di distacco nella parte alta delle pareti e lungo il canalone, sia lungo il settori di parete localizzati a lato della conoide di Buisson.

Presenza di opere di difesa

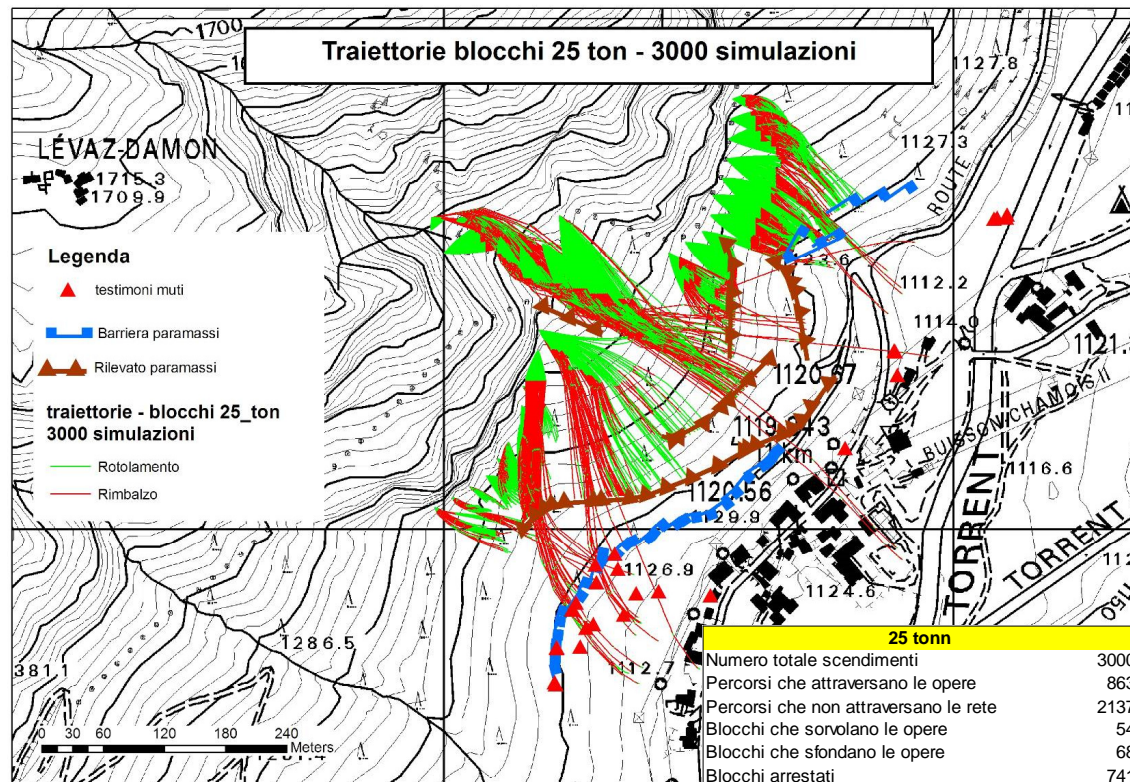
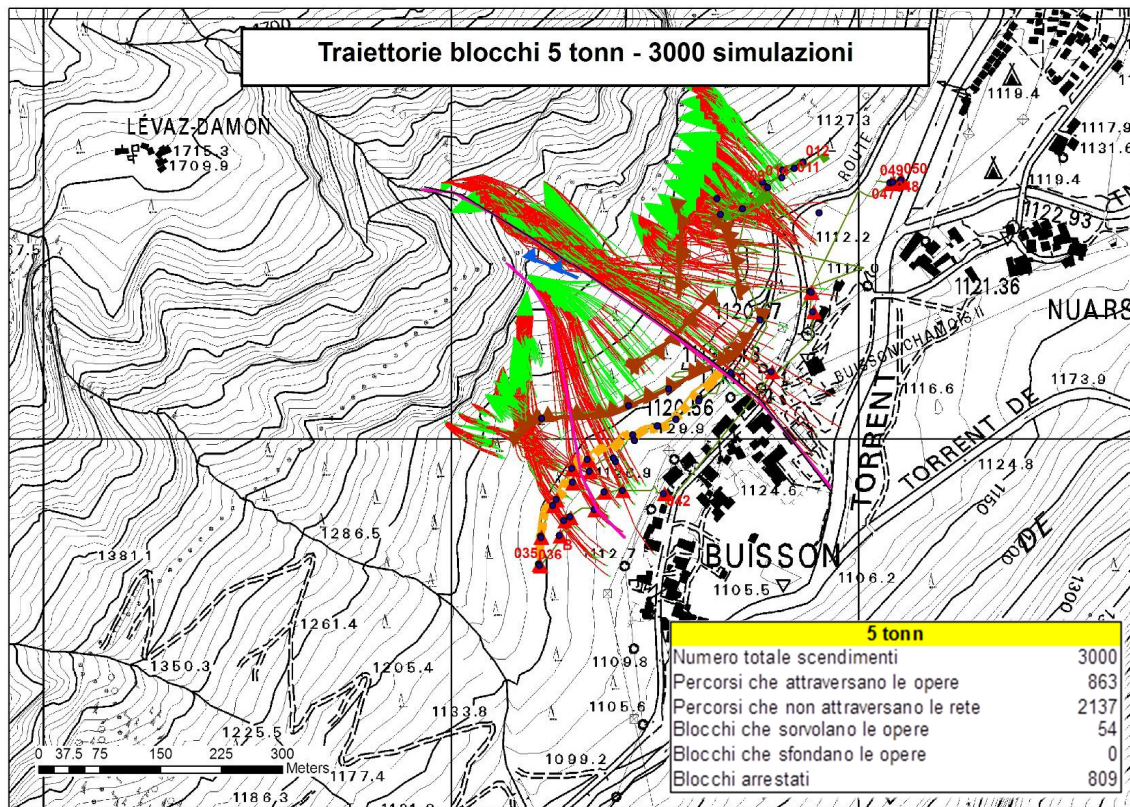
In una prima fase si è simulato il pendio in assenza di opere, ottenendo una distribuzione dei blocchi compatibile con i dati degli eventi noti. La taratura del modello, come sopra specificato, viene quindi effettuata tramite un procedimento di back analysis considerando i testimoni muti esistenti come massima possibile espansione della fenomenologia **in assenza dei rilevati**.

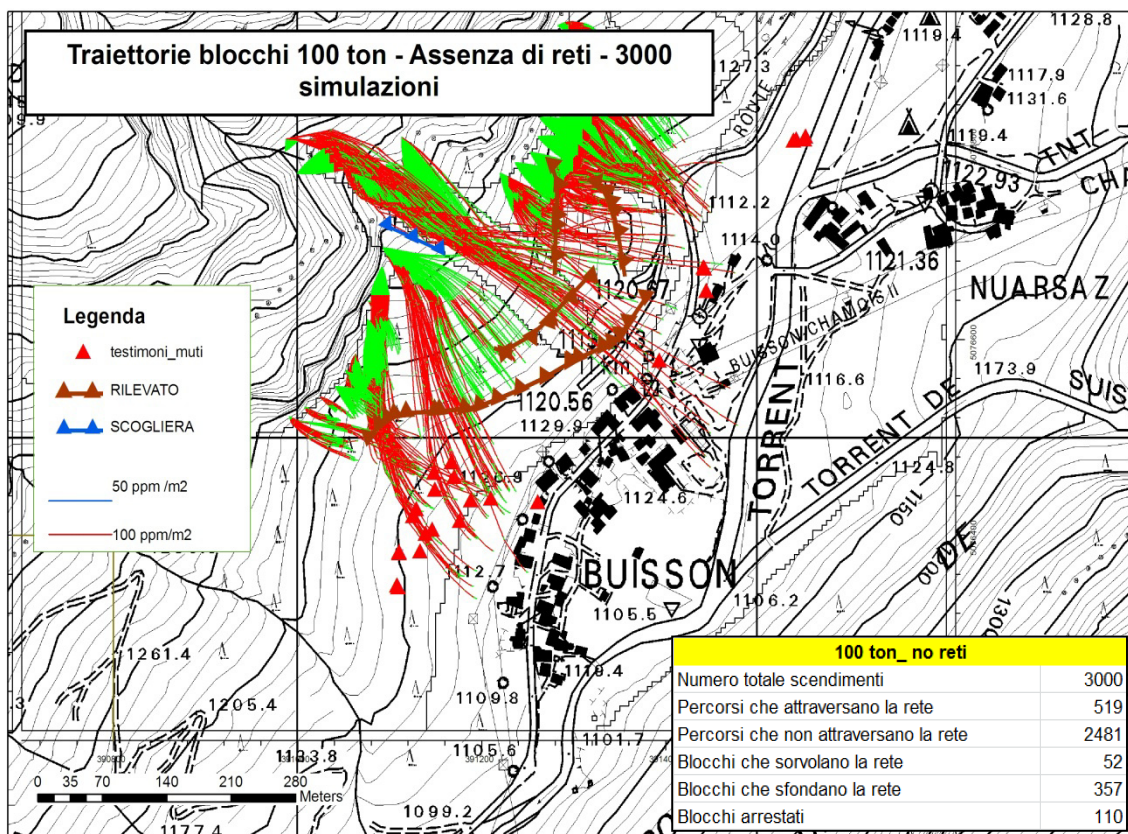
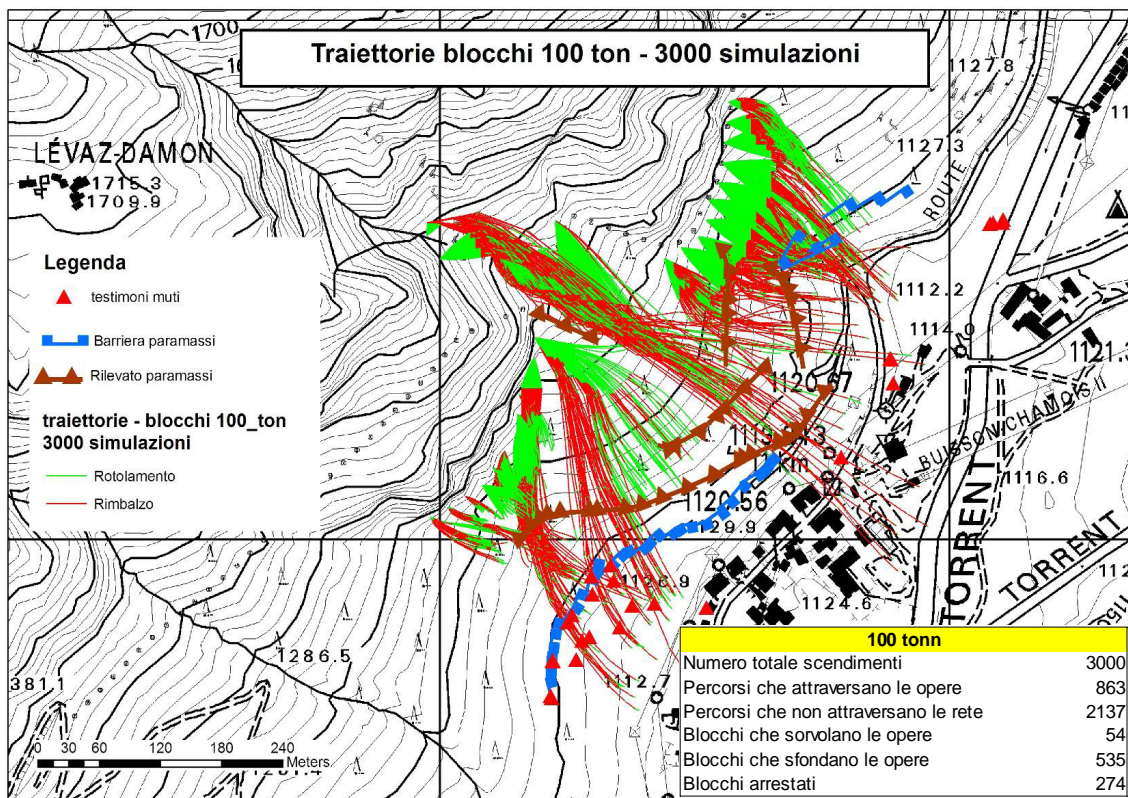
Successivamente si sono introdotte nel modello le opere di difesa (valli e reti paramassi), la cui posizione è stata ricavata dal rilievo appositamente eseguito.

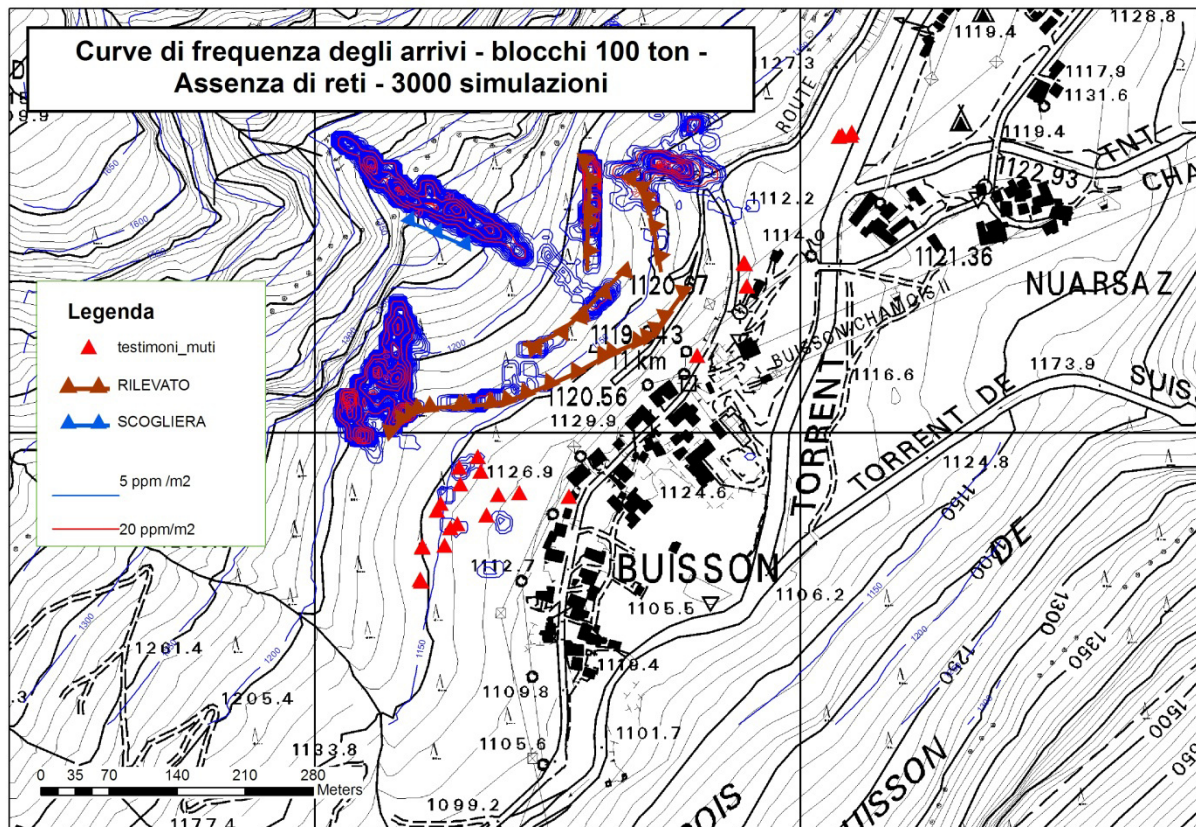
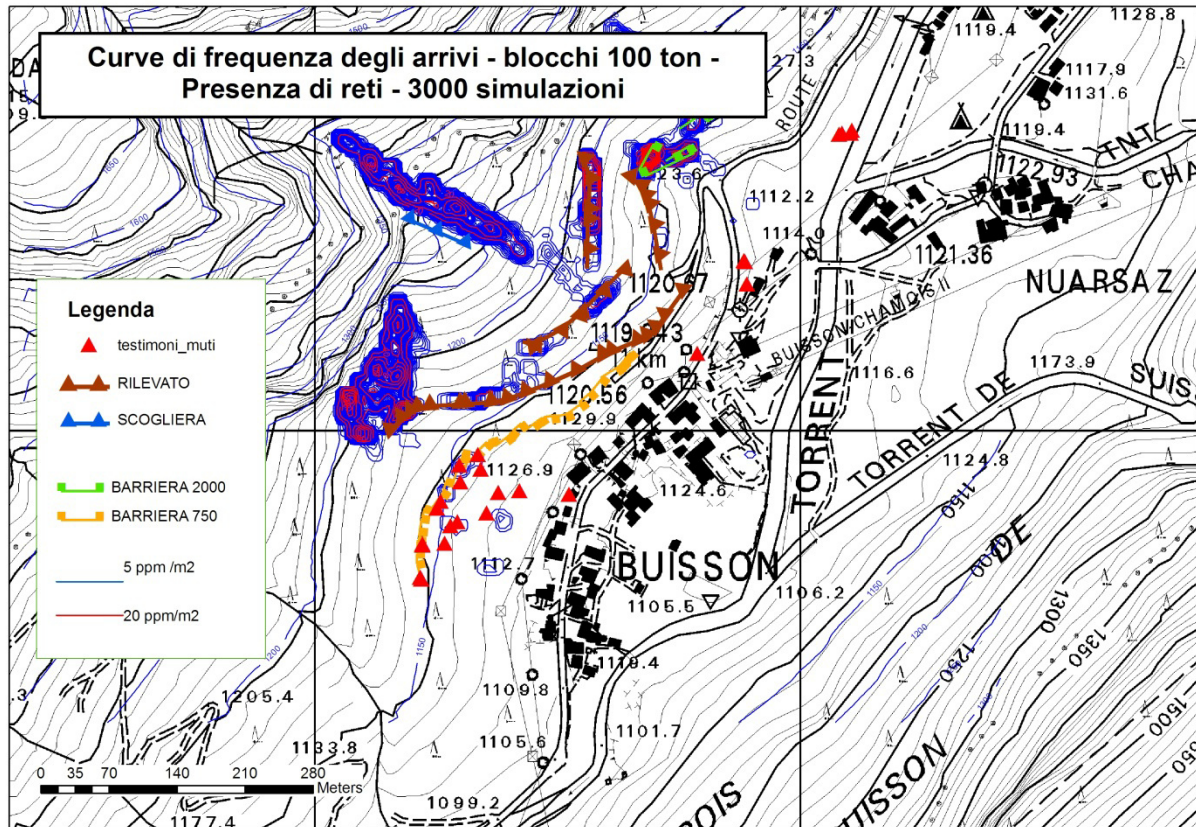
Per i valli è stato assunto un valore della resistenza a sfondamento pari a 10.000 kJ (massimo valore consentito dal programma di calcolo), anche se probabilmente tale valore può essere ancora maggiore, considerato che il vallo inferiore è stato realizzato con paramento interno in c.a. Il calcolo della resistenza mobilitata lungo un cuneo resistente generato dall'impatto di un blocco (cfr. relazione geotecnica di progetto) fornisce un valore di circa 16.000 kJ.

La resistenza delle barriere risulta invece di 2.000 kJ per le reti di installazione più recente (certificate), mentre per le reti a basso assorbimento presenti nel settore sinistro della conoide è stato assunto un valori di resistenza pari a 750 kJ. La presenza delle barriere è stata considerata, per completezza, in una prima fase di analisi, ma il loro effetto, che peraltro per i blocchi di maggiori dimensioni risulta trascurabile, non è stato considerato nella zonizzazione, come dettagliato nel seguito.

Si sono ipotizzati blocchi di massa pari a 5 ton, 25 ton (circa 10 m³) e 100 ton (circa 40 m³), corrispondenti al massimo limite consentito dal programma di calcolo.







5 tonn	
Numero totale scendimenti	3000
Percorsi che attraversano le opere	863
Percorsi che non attraversano le rete	2137
Blocchi che sorvolano le opere	54
Blocchi che sfondano le opere	0
Blocchi arrestati	809

25 tonn	
Numero totale scendimenti	3000
Percorsi che attraversano le opere	863
Percorsi che non attraversano le rete	2137
Blocchi che sorvolano le opere	54
Blocchi che sfondano le opere	68
Blocchi arrestati	741

100 tonn	
Numero totale scendimenti	3000
Percorsi che attraversano le opere	863
Percorsi che non attraversano le rete	2137
Blocchi che sorvolano le opere	54
Blocchi che sfondano le opere	535
Blocchi arrestati	274

100 ton_ no reti	
Numero totale scendimenti	3000
Percorsi che attraversano la rete	519
Percorsi che non attraversano la rete	2481
Blocchi che sorvolano la rete	52
Blocchi che sfondano la rete	357
Blocchi arrestati	110

7.8 Risultati dell'analisi

Nelle planimetrie allegate sono riportati le traiettorie e le percentuali degli arrivi per le tre simulazioni.

Le tabelle di lato riportano il numero di blocchi le cui traiettorie intercettano le opere o meno e, in caso di intercettazione, il numero di blocchi arrestati, che sfondano o sorvolano le opere stesse. Tuttavia il programma non distingue la tipologia di opera, e considera il numero totale dei blocchi che sfondano un'opera; nel caso in cui esistano più file di opere, e la resistenza della prima venga superata, il blocco viene computato tra quelli che sfondano l'opera stessa, anche se poi la sua traiettoria viene arrestata dal secondo ordine di opere. (N.B. le statistiche sono elaborate direttamente dal programma di calcolo e il termine "rete" nelle tabelle sottostanti indica genericamente qualunque opera inserite nella simulazione).

100 ton		100 ton_ no reti		differenze	
Numero totale scendimenti	3000	Numero totale scendimenti	3000		
Percorsi che attraversano la rete	863	Percorsi che attraversano la rete	519	344	Numero di traiettorie che intercettano esclusivamente le barriere
Percorsi che non attraversano la rete	2137	Percorsi che non attraversano la rete	2481	344	Numero di traiettorie che intercettano esclusivamente le barriere
Blocchi che sorvolano la rete	54	Blocchi che sorvolano la rete	52	2	Blocchi che sorvolano la rete
Blocchi che sfondano la rete	535	Blocchi che sfondano la rete	357	178	Blocchi che sfondano la rete (51 % del totale)
Blocchi arrestati	274	Blocchi arrestati	110	164	Blocchi arrestati

Per completezza, solo in un prima fase di analisi è stata valutata anche la presenza delle barriere. Come si nota dal confronto delle due simulazioni (presenza/assenza di barriere), nel caso di blocchi da 100 ton. le traiettorie che attraversano esclusivamente le barriere sono 344, e di queste i blocchi arrestati sono meno in percentuale inferiore al 50%. Inoltre la presenza delle barriere non può essere considerata come una modificazione permanente, in quanto, a differenza del rilevato, la sua efficacia viene meno in caso di un urto con un blocco con danneggiamento anche parziale. Pertanto la presenza delle barriere stesse non è stata considerata nella zonizzazione.

Dal confronto tra i due casi di simulazione (presenza/assenza di barriere) si evince anche che

un numero elevato di traiettorie arriva a superare, nel settore centrale dove le traiettorie partono da quote più alte e raggiungono quindi massima velocità, la resistenza dei rilevati: su 519 traiettorie che intercettano i rilevati, 357 ne superano la resistenza. Tuttavia è da rilevare che:

- ✓ il counting delle traiettorie che sfondano il rilevato si riferisce al primo sfondamento, nel caso di due ordini di rilevati la maggior parte delle traiettorie che riescono a superare il primo ordine viene poi arrestata da secondo;
- ✓ la simulazione condotta con blocchi da 100 ton è probabilmente la meno accurata per i limiti stessi imposti dal programma di calcolo. In effetti il metodo lumped mass non tiene conto di forma e dimensioni dei blocchi nelle caratteristiche del moto, ma è realistico pensare che un blocco da 100 tonnellate impatti in modo molto più plastico, quindi con meno rimbalzi e più rotolamento, rispetto ad un blocco di dimensioni molto minori, ed è pertanto plausibile che la velocità dei blocchi venga in questo caso sovrastimata.

Complessivamente, l'esame delle traiettorie evidenzia che:

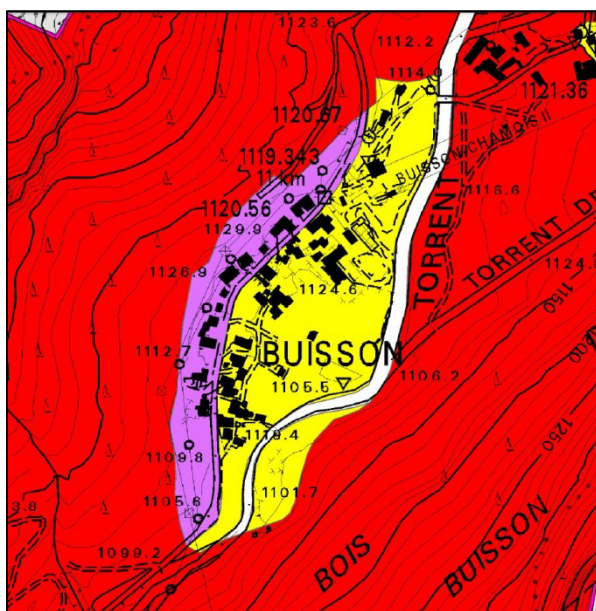
- ✓ per blocchi da 5 ton si ha un completo arresto delle traiettorie che intercettano i rilevati nel settore sinistro (or.); nel settore destro un certo numero di traiettorie (circa 30) scavalcano i rilevati e le barriere arrestandosi nell'ampia area a debole pendenza a monte della Strada Regionale 46 e dell'abitato di Buisson;
- ✓ per blocchi da 25 ton si ha una situazione analoga per il settore destro; solo due traiettorie riescono a superare la resistenza dei rilevati nel settore centrale, raggiungendo l'area sottostante ai rilevati, la strada ed il settore abitato;
- ✓ con blocchi da 100 ton (40 m³), un numero non irrilevante di traiettorie (circa 30) arriva a superare la resistenza di entrambi gli ordini di rilevati nel settore centrale interessando anche la strada regionale e l'abitato di Buisson.

La simulazione condotta con blocchi da 100 ton è probabilmente la meno accurata per i limiti stessi imposti dal programma di calcolo. In effetti il metodo lumped mass non tiene conto di forma e dimensioni dei blocchi nelle caratteristiche del moto, ma è realistico pensare che un blocco da 100 tonnellate impatti in modo molto più plastico, quindi con meno rimbalzi e più rotolamento, rispetto ad un blocco di dimensioni molto minori. Nell'ottica di definire la percentuale di arrivi alle varie quote, ai fini della perimetrazione di pericolosità, non soltanto lungo una sezione ma in 3 dimensioni, si è utilizzata la funzione del programma che calcola il numero di arrivi per metro quadrato in ogni cella dell'area esaminata. Il programma restituisce tale valore espresso in parti per milione (1/1000000), che in pratica esprimono la probabilità che su un totale di 1.000.000 di crolli un blocco si arresti in una cella di 1 m² di lato. Ovviamente tutte le celle a monte hanno probabilità maggiori di essere interessate da un arresto. Impostando un valore delle isolinee pari a 100 ppm,

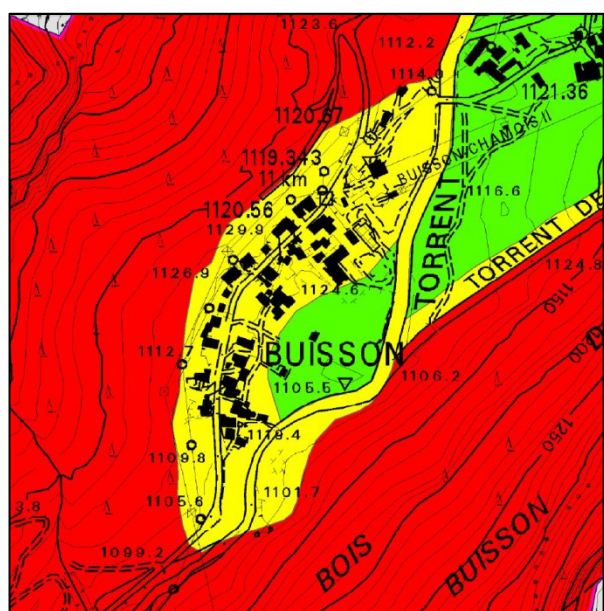
con 3000 simulazioni, si ottiene che le isolinee definiscono un valore dello 0.3% (100/10-3): pertanto la isolinea 100 più bassa definisce un valore di probabilità di arresto pari oltre il 99 % del campione, escludendo i pochi fenomeni con probabilità limitatissima. La planimetria degli arrivi riporta le curve di isofrequenza dei punti di arrivi espresse in parti per milione per metro quadrato rapportate al totale delle simulazioni, per blocchi da 100 tonnellate sia in presenza che in assenza delle barriere paramassi. Nel settore centrale, nonostante alcune traiettorie arrivino a superare la resistenza dei rilevati, la probabilità di arrivo per metro quadrato rimane molto bassa (assenza di isolinee da 50 e 100 ppm/m²). L'effetto delle barriere paramassi, sia nel settore sinistro che destro, risulta praticamente trascurabile ai fini della riduzione del numero di arrivi nel settore più a valle. In ogni caso, nel settore destro e sinistro della conoide si ha invece un maggior numero di probabili arrivi.

7.9 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

La zona F1 ad alta pericolosità segue, nel settore centrale, il limite di valle delle opere paramassi, in quanto in questo settore esse garantiscono un buon grado di protezione, anche con blocchi di dimensione elevate. Nel settore destro e sinistro, dove un maggior numero di traiettorie arriva a superare la resistenza o l'altezza dei rilevati stessi, la zona F1 è stata estesa fino a comprendere l'involuppo del 99 % di probabilità degli arrivi. In particolare nel settore più a monte (sinistra or.) dove sono presenti esclusivamente barriere paramassi, il **potenziale effetto di queste non è stato considerato** come si nota dalla perimetrazione della zona F1, che si estende fino al Marmore. La fascia F1 è stata inoltre estesa in modo da comprendere tutti i testimoni muti presenti in zona defilata rispetto ai rilevati. La rimanente area fino al Marmore è stata classificata in fascia F2 a media pericolosità.



A sinistra: estratto cartografico della zonizzazione vigente.



A destra la zonizzazione proposta

8 Settore Villaggio Turistico “Camping Cervino”

La presente relazione, redatta ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i, viene redatta a conclusione dell'iter di approfondimenti ed indagini relativi all'area occupata dal "Camping Cervino", in località Nuarsaz, in comune di Antey-Saint-André, e costituisce parte integrante degli studi di dettaglio per la perimetrazione degli ambiti inedificabili relativamente all'articolo 35 della suddetta normativa.

Nel presente studio si prende atto in particolare della nota “Villaggio Turistico Camping Cervino” in Comune di Antey-Saint-André - Valutazione dello stato di pericolosità idrogeologica dell'area, redatta dal Dipartimento Difesa del suolo e risorse idriche del 28/12/2011, che indica la documentazione di riferimento. La nota si riferisce in particolare alla pericolosità idrogeologica che interessa la struttura ricettiva, che coincide con la pericolosità dell'area da essa interessata ai sensi della Legge Regionale.

8.1 Documentazione consultata

Per la definizione della pericolosità sono stati esaminati e presi in considerazione tutti gli studi ed indagini disponibili sul settore in oggetto, di seguito elencati.

- ✓ Gaudio, R., Vagliasindi M. - Cartografia degli ambiti inedificabili del Comune di Antey-Saint-André - Terreni sedi di frane - Studi di dettaglio (2003).
- ✓ Farina M., Bellini A. - Relazione tecnica per la valutazione e zonizzazione del pericolo di caduta massi in località Buisson-Nuarsaz (2006).
- ✓ Peila D., Pession J.M. (DITAG - Politecnico di Torino) - Valutazione delle condizioni di rischio incombenti sul villaggio turistico "Camping Cervino" in comune di Antey-Saint-André (AO) (2009).
- ✓ Gregori F. - Valutazione del grado di rischio per caduta massi nel Villaggio Turistico Camping Cervino e proposte di mitigazione del rischio idrogeologico ed idraulico (luglio 2011).
- ✓ Gregori F. - Valutazione del grado di rischio per caduta massi nel Villaggio Turistico Camping Cervino e proposte di mitigazione del rischio idrogeologico ed idraulico (luglio 2011) - integrazione (ottobre - novembre 2011).
- ✓ Peila D. (DITAG - Politecnico di Torino) - Valutazione delle condizioni di rischio incombenti sul villaggio turistico "Camping Cervino" in comune di Antey-Saint-André (AO) - Relazione integrativa (2011).

8.2 *Analisi comparata degli studi esistenti*

8.2.1 **Analisi geostrutturale delle pareti sovrastanti l'area del camping**

ASSETTO GEOSTRUTTURALE

Le relazioni redatte dal Dott. Gregori non trattano l'aspetto dell'assetto geostrutturale della parete, attenendosi e considerando esaurienti i dati contenuti nei lavori precedenti (Peila e Pession, 2009; Bellini e Farina, 2006).

Peila e Pession effettuano una sintesi dei lavori precedenti integrandoli con proprie osservazioni. Sintetizzando i dati precedenti, vengono identificati 5 sistemi di discontinuità, con una sostanziale concordanza tra tutte le indagini effettuate.

Sc	170/25
F1	280/80
F3	210/85
F2	325/70
F4	000/40

Fra le possibilità cinematiche di svincolo dei blocchi, lo studio individua principalmente:

- distacchi a cuneo su F1 + F2 con trazione su Sc: questo meccanismo corrisponde a numerose nicchie di distacco con forma a diedro presenti in parete;
- scivolamento planare su F1 + F2 + F3: questo meccanismo genera grandi strutture colonnari che possono instabilizzarsi per cedimento del piede;
- scivolamento planare su F4 con trazione su F1.

NUMERO DI ALEAS PRESENTI IN PARETE

Per quanto l'analisi geomorfologica dei blocchi presenti nel detrito al piede della parete e dei testimoni muti nel settore di fondovalle sia fondamentale nella definizione della pericolosità, non è possibile comunque prescindere dalla valutazione dei volumi instabili presenti in parete, e questo per tre motivi principali:

- alcuni blocchi possono essere stati rimossi o demoliti nelle aree di fondovalle, in particolare se fortemente antropizzate, e questo può compromettere l'affidabilità della ricostruzione geomorfologica;
- è fondamentale valutare il volume roccioso che si può mobilitare in un unico evento, anche se in fase di caduta tale volume si frattura in blocchi più piccoli, per tenere conto dell'effetto sciame e della sua influenza soprattutto sull'efficacia delle opere di protezione;
- nella valutazione della pericolosità occorre tenere conto anche del numero di blocchi potenzialmente instabili presenti in parete in quanto tale parametro influenza direttamente la probabilità che avvenga un distacco e quindi la pericolosità dei diversi settori.

Né le relazioni del dott. Gregori né quelle del prof. Peila et al. effettuano un censimento del numero di instabilità presenti in parete; tuttavia Peila mette in rilievo che: *"...sulla base delle osservazioni in sito e dei calcoli geostrutturali è possibile affermare che dalla parete possono distaccarsi in un'unica soluzione anche grandi volumi, dell'ordine di 1000 m³, e che comunque, per effetto delle discontinuità presenti,...., anche a seguito di questi grandi crolli, i massimi volumi unitari che possono raggiungere la base del pendio sono dell'ordine di 100 m³..... Anche se la volumetria che corrisponde alla massima frequenza di accadimento è compresa tra 1 e 10 m³."*

Nel lavoro di Farina e Bellini (2006) sono distinte in totale 30 instabilità, di cui 24 descritte come instabilità diffusa e 6 come instabilità puntuale.

Nella relazione redatta dallo scrivente per la cartografia degli ambiti inedificabili (2003) vengono distinte 16 instabilità di cui 5 instabilità di tipo diffuso e 11 di tipo puntuale. Come evidenziato nel confronto effettuato da Peila, nel primo caso *"...i rilevatori si sono prevalentemente limitati ad identificare le instabilità potenziali più critiche (e quindi che potenzialmente possono con maggiore frequenza o ad un intervallo più breve manifestarsi) e non sull'analisi delle grandi aree instabili..."*

Dove invece si riscontra un discreto accordo tra le diverse analisi è nella distribuzione spaziale delle instabilità: in tutti i casi infatti la stragrande maggioranza delle instabilità si concentra nel grande settore di parete con andamento leggermente arcuato a monte della parte nord del campeggio (indicativamente a nord della linea della funivia Buisson-Chamois), mentre poche o nessuna instabilità vengono rilevate nel settore di versante a sud della suddetta linea, dove gli

affioramenti sono limitati e non formano pareti di altezza rilevante e si presentano nel complesso meno fratturati o disarticolati.

DEFINIZIONE DEL VOLUME DI CROLLO RAPPRESENTATIVO

La definizione del volume di crollo rappresentativo costituisce una delle problematiche più controverse nelle valutazioni sulla sicurezza dell'area, soprattutto in relazione all'efficacia delle opere di difesa esistenti o nella definizione di nuove eventuali opere.

Il dott. Gregori, nella prima relazione del 2011, finalizzata principalmente a verificare l'efficacia delle opere di difesa esistenti, effettua un'analisi statistica dei blocchi presenti nel detrito di versante e nell'area del campeggio, assumendo che questa analisi sia più rappresentativa per la definizione del volume di progetto in quanto volumi anche maggiori presenti in parete si frantumerebbero nel corso dei crolli; assume quindi un volume di progetto pari a 10 m³, corrispondente al 92% del campione statistico esaminato.

La relazione di Peila e Pession (2009) e la relazione integrativa degli stessi Autori del 2011, affermano esplicitamente, sulla base dell'analisi delle condizioni strutturali della parete e dei testimoni muti presenti nell'area del campeggio, che il volume di progetto non può essere limitato a 10 m³ in quanto non si può escludere che blocchi di dimensioni anche maggiori, fino a 100-150 m³, possano raggiungere il fondovalle. Questo vale sia per il dimensionamento e la valutazione di efficacia delle opere di difesa, sia, a maggior ragione, per la zonizzazione della pericolosità che deve tenere conto di eventi della massima magnitudo possibile.

Nella relazione integrativa del 2011, finalizzata alla definizione della pericolosità dell'area, Gregori, tenendo conto delle osservazioni suddette, assume un volume di simulazione pari a 100 m³, pur sottolineando che il crollo di tali volumi è associato con una bassa probabilità. Va tenuto conto peraltro che il software 3d utilizzato dal dott. Gregori nelle simulazioni, utilizza un metodo lumped mass, ossia considera il blocco come un punto adimensionale, calcolandone l'energia solo nel caso di impatto con opere ma non tenendo conto di forma e dimensioni del blocco stesso nelle equazioni del moto. Pertanto le dimensioni del blocco vengono tenute in conto da Gregori introducendo un coefficiente di variabilità di $\pm 10\%$ nei parametri geomeccanici del moto stesso.

8.2.2 Analisi geomorfologica del versante sottostante la parete

L'analisi delle caratteristiche geomorfologiche del tratto di versante sottostante la parete, fino all'area di fondovalle edificata e ove è installata la struttura ricettiva, è di fondamentale importanza soprattutto in relazione alla ricostruzione delle massime distanza di arresto dei blocchi e quindi alla taratura delle simulazioni numeriche effettuate.

Tutti gli studi citati riconoscono, ovviamente, la presenza di un'estesa falda detritica alla base della parete, all'interno della quale la minore o maggiore presenza, o la totale assenza, di vegetazione, la presenza di suolo, il grado di alterazione dei blocchi, indicano il minore o maggior grado di attività della parete, ma anche, potenzialmente, l'età di possibili crolli di grandi dimensioni che hanno provocato la messa in posto del detrito.

Si riscontrano invece differenti interpretazioni nell'analisi delle massime distanze di arresto, ricavabili dai testimoni muti, e delle dimensioni massime dei blocchi. In particolare Gregori effettua un'accurata analisi statistica delle dimensioni dei blocchi presenti in detrito, ma esclude dall'analisi alcuni blocchi di grandi dimensioni presenti all'interno dell'area del Campeggio, attribuendoli, in accordo con Farina e Bellini, a crolli provenienti dal versante opposto, e 5 blocchi di grandi dimensioni presenti al di fuori dell'area del Camping, a nord di essa, ma provenienti dallo stesso dominio strutturale. L'esclusione di tali blocchi dal campione di analisi, in accordo a quanto specificato da Peila, porta ad una possibile sottostima sia del volume massimo rappresentativo, sia delle massime distanze di arresto.

8.2.3 OPERE DI DIFESA ESISTENTI

Allo stato attuale, a monte dell'area occupata dal Camping Cervino sono presenti le seguenti opere, descritte e rilevate sia da Bellini e Farina (2006) che da Peila e Pession (2009) che da Gregori (2011):

- 2 rilevati in terra disposti circa perpendicolarmente alla linea di massima pendenza e tra loro paralleli a protezione del settore N del Camping Cervino; hanno uno sviluppo lineare massimo pari a circa 200 m (rilevato di monte) e 120 m (rilevato di valle), un'altezza compresa fra i 4 e 5 m dal piano campagna ed entrambi sono sormontati da una barriera paramassi rigida di altezza pari a 2 m con un basso potere di assorbimento (valutata nell'ordine dei 100 kJ);
- due allineamenti di barriere paramassi disposte a S dei rilevati ed alla stessa quota, aventi rispettivamente la lunghezza di 60 m e 35 m ed altezza di intercettazione di 3.5 m, con una capacità di assorbimento valutata in 1000 kJ;

- tre allineamenti di barriere paramassi disposti a monte dei rilevati, rispettivamente alla quota di 1200, 1225 e 1270 m s.l.m., ed aventi rispettivamente una lunghezza di 115 m, 35 m e 100 m ed altezza di intercettazione di 3.5 m, con una capacità di assorbimento valutata in 1000 kJ. Una ulteriore barriera è presente nella porzione S dell'area di studio, a quota 1200 m s.l.m., avente rispettivamente una lunghezza di 70 m e capacità di assorbimento equiparabile alle precedenti.

Per quanto attiene i rilevati, Peila e Pession (2009) mettono in rilievo le seguenti criticità:

- *“il rilevato di monte si trova in una posizione troppo prossima al pendio e quindi può essere facilmente scavalcato da un blocco che arrivi rotolando ad alta velocità in particolare nella porzione più a Nord...”*;
- il rilevato di monte può agire come *“trampolino di lancio”* di un blocco di grandi dimensioni che impattando sulla sua sommità e, ovviamente, senza poter essere arrestato dalla barriera paramassi, può facilmente scavalcare così il rilevato di valle;
- il fossato tra i due rilevati non è in grado di contenere i blocchi ed è reso inutile dal fenomeno precedentemente descritto;
- il rilevato di valle ha dimensioni e larghezza del coronamento insufficienti per arrestare grandi blocchi lapidei (di dimensioni superiori a 10m³) che vi impattino direttamente con velocità dell'ordine di 20-25m/s

Riguardo alle barriere paramassi, di tipologia ad oggi non omologata, si rileva che esse sono in grado di arrestare solo blocchi di limitate dimensioni e con ridotta velocità (blocchi da 1-2 m² con velocità massime dell'ordine di 25 m/s), mentre per eventi di volumetria e velocità maggiori possono tutt'al più svolgere una funzione di riduzione dell'energia.

Le barriere inoltre non possono essere considerate quali strutture di permanente riduzione del rischio in quanto vengono rese inefficienti in caso di eventi ripetuti o di sciame di blocchi.

8.2.4 Analisi traiettografiche

Una prima serie di analisi traiettografiche sono effettuate da Gregori nella relazione del luglio 2011, finalizzata al dimensionamento di opere di messa in sicurezza, e una seconda serie nella relazione integrativa del novembre 2011, finalizzata alla zonizzazione della pericolosità dell'area del campeggio. Nella presente si tiene conto principalmente delle assunzioni e dei risultati della seconda serie di simulazioni, ed in particolare dei seguenti punti:

- l'analisi è effettuata con il software tridimensionale "Rotomap";
- nell'analisi, finalizzata a individuare gli eventi di massima magnitudo possibile per la

definizione della pericolosità, si tiene conto di una massima dimensione dei blocchi di 100 m³; in realtà il software non consente di introdurre il volume del blocco in fase di simulazione di caduta, in quanto simula il blocco come un punto materiale; la dimensione viene considerata esclusivamente in fase di impatto con eventuali opere di difesa, moltiplicando la velocità quadratica per la massa assegnata; pertanto, per tenere conto della massa dei blocchi nelle fasi di impatto o rotolamento, Gregori introduce un coefficiente di variabilità pari a $\pm 10\%$ nell'assegnazione dei parametri di restituzione energetica dei materiali lungo il pendio;

- nella seconda serie di simulazioni, a differenza di quanto assunto nella prima relazione del luglio 2011, si tiene correttamente conto solo della presenza dei rilevati paramassi, e non delle serie di reti posizionate lungo il versante; questa assunzione è corretta sia perché la capacità di assorbimento delle reti è del tutto trascurabile rispetto all'energia assunta da blocchi di 100 m³, sia perché le barriere paramassi non possono essere considerati elementi di mitigazione permanenti in quanto vengono irrimediabilmente danneggiate in caso di eventi di crollo ripetuti o di sciame di blocchi;
- la ricostruzione della superficie topografica è stata effettuata mediante DTM RAVA passo 0.5 m, rielaborato fino ad ottenere una maglia con passo di 2 m;
- i parametri utilizzati nella simulazione sono i seguenti

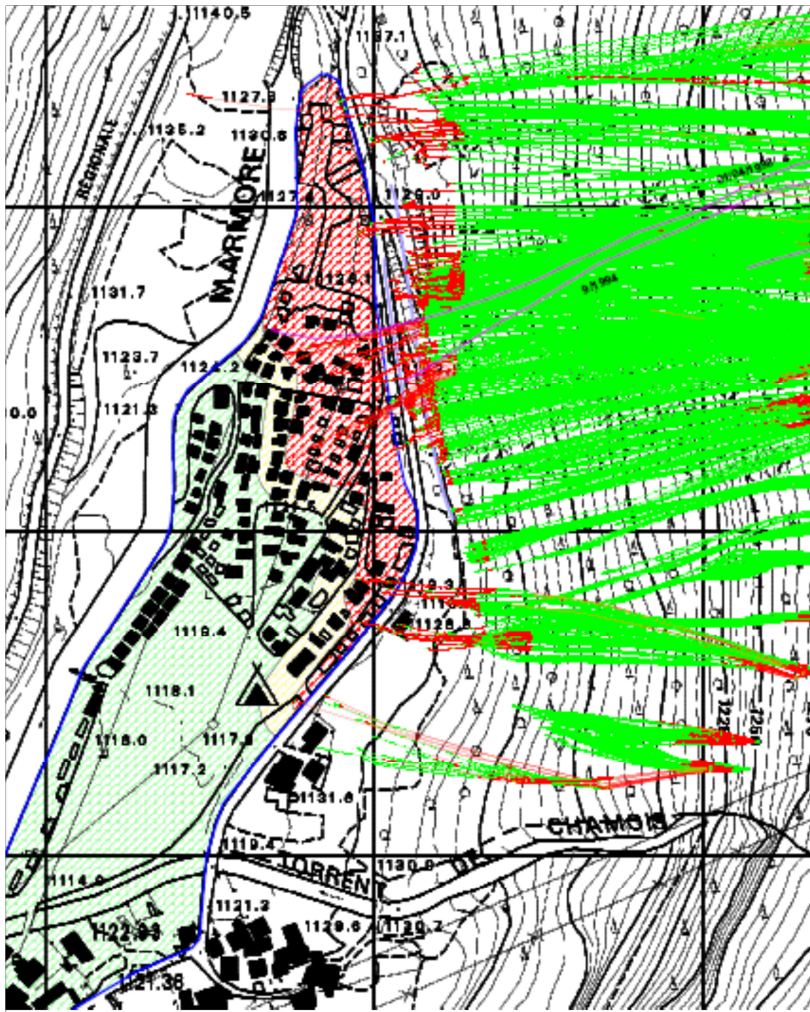
Coperture affioranti	K_n	K_t	η
Falda di detrito denudata	0.27	0.5	0.7
Falda di detrito rivegetata	0.27	0.8	0.83
Roccia affiorante	0.45	0.5	0.6
Terreno di riporto (valli)	0.2	0.3	0.6
Coperture arbustive	0.45	0.55	0.7
Prato - pascolo	0.3	0.4	0.9
Urbanizzato	0.2	0.3	0.8

La simulazione effettuata evidenzia i seguenti risultati:

- nel settore nord, 41 traiettorie (su un totale di 10500) raggiungono l'interno dell'area del Camping, scavalcando i rilevati paramassi presenti; il maggior numero di traiettorie "critiche" si localizza nel settore centrale e meridionale dei rilevati;

- nel settore sud, solo 6 traiettorie raggiungono l'area del campeggio oltrepassando appena il perimetro di monte, mentre tutte le altre si arrestano nella fascia a debole pendenza costituita dal margine destro della conoide del torrente di Chamois.

Nella relazione di Farina e Bellini (2006) le simulazioni vengono effettuate lungo 6 sezioni bidimensionali, indicate in figura, effettuando 1000 simulazioni per ciascuna traiettoria e con volumi variabili tra 10 m³ e 2 m³ in funzione del volume unitario dei blocchi valutato dagli Autori



Da Gregori, luglio 2011 - relazione citata

per le instabilità presenti in parete nei punti di partenza delle traiettorie. Le simulazioni mostrano che la distanza di arresto non varia in modo sostanziale al variare del volume utilizzato.

Sintetizzando i risultati delle simulazioni, nelle sezioni del settore nord dell'area (sezioni 1, T, 2) una percentuale non trascurabile dei blocchi (5%) raggiunge l'area del campeggio, scavalcando i rilevati ove presenti. Lungo la sezione 3 (parte centrale del campeggio) i blocchi si arrestano immediatamente a valle del rilevato al margine del perimetro del Camping; nelle sezioni 4 e 5 i

blocchi si arrestano a monte della strada comunale di Chesod, interessando potenzialmente l'edificio presente a ridosso della strada stessa.

Le simulazioni condotte da Bellini e Farina sono in sostanza in buon accordo con quelle di Gregori nell'evidenziare una marcata esposizione al rischio del settore settentrionale e centrale del Camping, e un'esposizione ridotta (nessuna delle traiettorie per Bellini e Farina e 6 traiettorie su 10500 per Gregori) nella parte meridionale.

Peila (2011) nella relazione integrativa, analizza gli studi traiettografici effettuati da Gregori, evidenziando nella prima serie di simulazioni una sottostima dei volumi di progetto (in

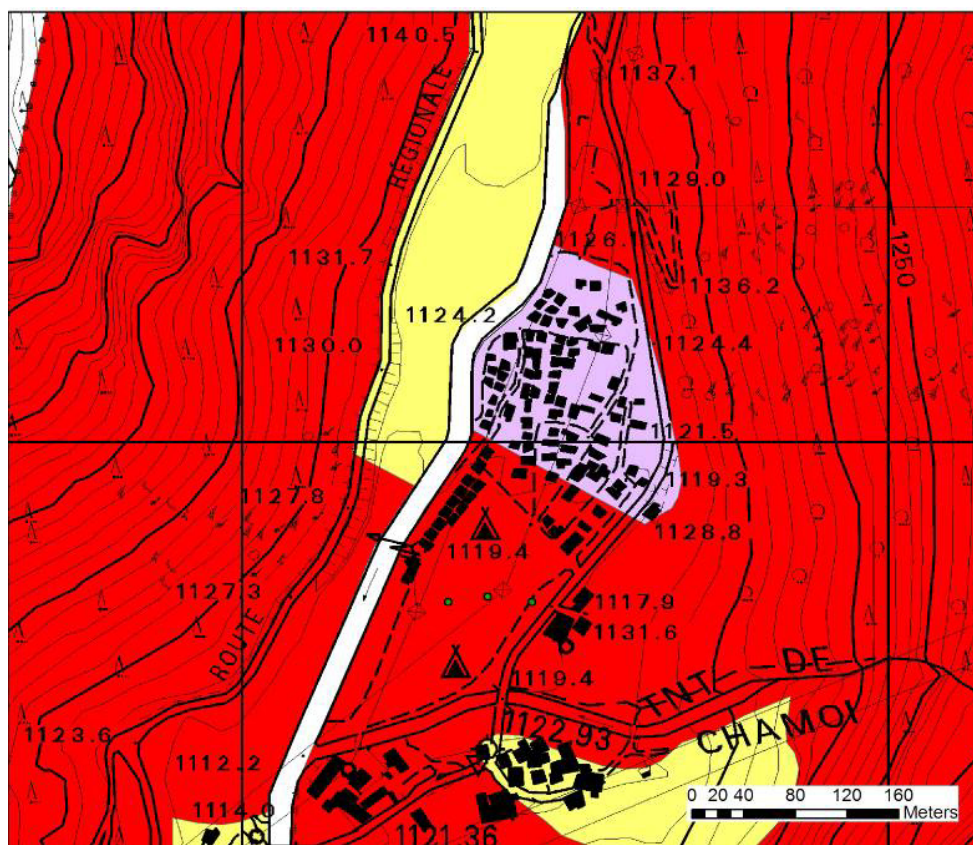
relazione al dimensionamento delle opere di protezione) e una mancata assunzione di adeguato coefficienti di variabilità nei parametri di restituzione; a seguito dell'introduzione di un coefficiente di variabilità del 10%, migliorando l'attendibilità statistica dei calcoli, l'analisi e le conseguenti valutazioni della pericolosità vengono considerate "ragionevolmente attendibili".

8.2.5 Risultati degli studi pregressi e zonizzazioni proposte

Nel seguente paragrafo vengono sintetizzate e confrontate le zonizzazioni della pericolosità attualmente vigenti e quelle proposte nei diversi studi esaminati, specificando i criteri adottati.

Nel paragrafo successivo verrà proposta una zonizzazione della pericolosità che tiene conto di tutti gli elementi emersi nei diversi studi adottando la soluzione maggiormente cautelativa, illustrando i criteri che hanno portato a tale scelta.

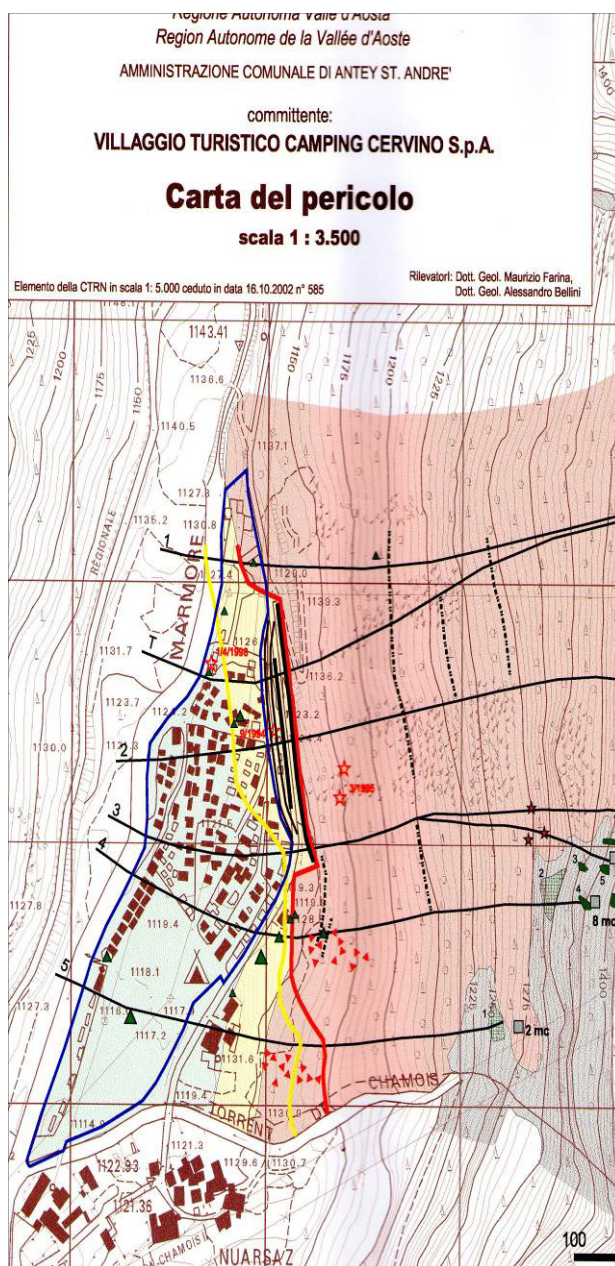
Ambiti ineditabili attualmente vigenti (2004)

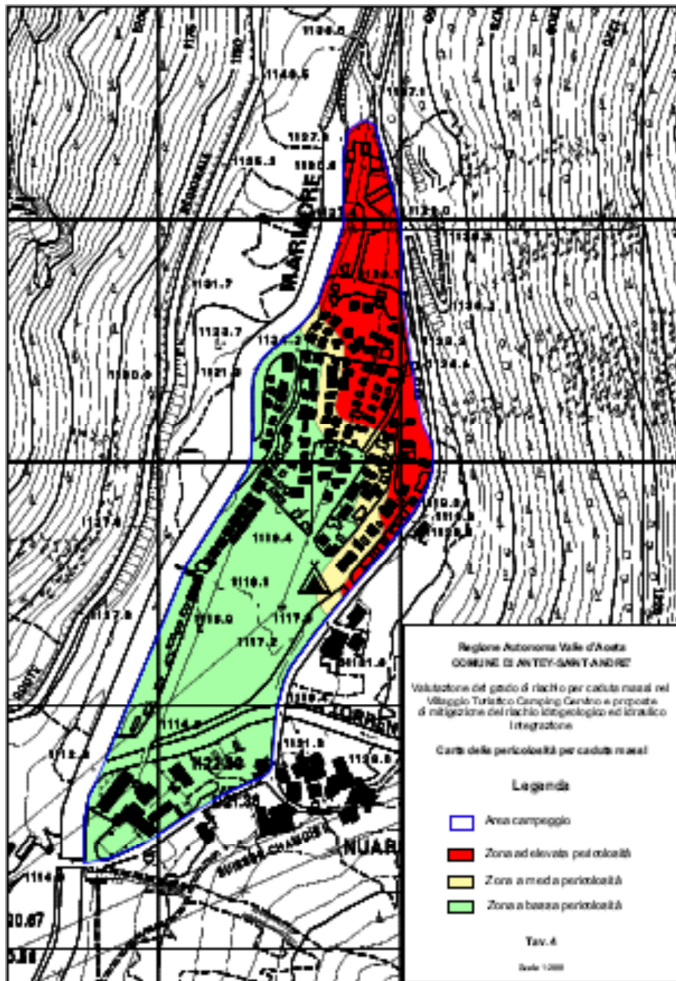


Farina e Bellini (2006)

La pericolosità è stata definita secondo i criteri della L.R. 11/98 a partire dalle simulazioni effettuate lungo le 6 sezioni precedente illustrate, in particolare:

- F1: linea di inviluppo del 95% degli arresti
- F2: linea di inviluppo del 100% degli arresti
- F3: restante area del campeggio.



Gregori (2011)

La perimetrazione è basata sulla simulazione tridimensionale, coi limiti sopra evidenziati, adottando un criterio prudenziale rispetto a quello normalmente richiesto dalle linee guida per l'applicazione della L.R. 11/98, in particolare:

F1: linea di inviluppo del 100% degli arrivi delle traiettorie simulate;

F2: fascia di 25 m rispetto al limite della F1;

F3: area prevedibilmente non interessata da fenomeni di caduta massi.

Peila (2011)

L'analisi di Peila è mirata alle condizioni di rischio sulla struttura ricettiva pertanto non effettua direttamente un'analisi delle pericolosità; tuttavia a proposito della zonizzazione effettuata da Gregori indica: "In merito alla zonizzazione da caduta massi proposta nella relazione integrativa del Novembre 2011, anche tenendo conto della variabilità dei coefficienti di restituzione ivi introdotti, si ritiene che questa possa essere considerata ragionevolmente realistica, pur con l'inevitabile incertezza residua connessa ad analisi traiettografiche, con lo stato dei luoghi e possa rappresentare con discreta approssimazione le aree di invasione prevedibili nel sito."

Tutte le zonizzazioni concordano su una sostanziale differenza tra la pericolosità dell'area nord e quella dell'area sud del Camping.

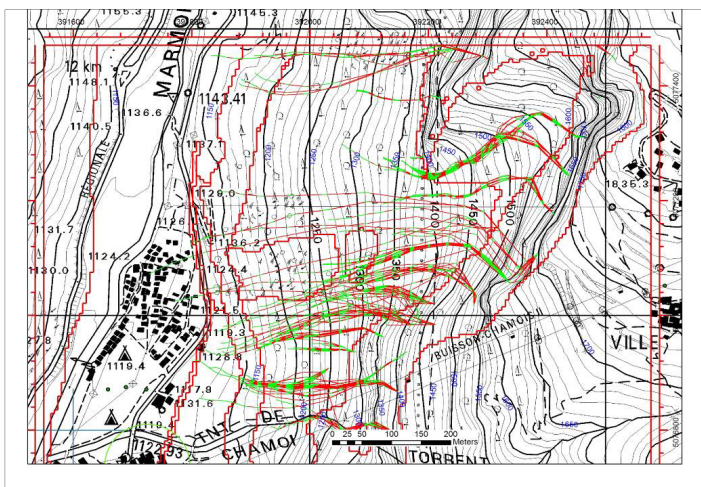
8.3 Risultati dell'analisi

In accordo con il Dipartimento Difesa del suolo e risorse idriche, la definizione della pericolosità relativa all'area in oggetto è stata effettuata adottando i seguenti criteri e assunzioni:

- ✓ l'area in esame è stata oggetto di numerosi studi, tra cui quello del Dipartimento DITAG del Politecnico di Torino nella persona del prof. Peila: circa le condizioni geostretturali e geomeccaniche della parete, i cinematismi di distacco, i volumi rocciosi instabili e le caratteristiche geomorfologiche e geomeccaniche del versante sovrastante il campeggio si considerano esaustivi i dati contenuti negli studi precedenti; non vengono pertanto nel presente studio effettuate ulteriori analisi di terreno;
- ✓ nei casi in cui le valutazioni degli elementi di cui sopra differiscono tra i diversi studi citati, si assumono quelle maggiormente cautelative.

Dato l'elevato grado di approfondimento e dettaglio raggiunto nei diversi studi citati, in particolare quello del DITAG del Politecnico di Torino, non si ritiene che la zonizzazione debba basarsi sull'introduzione di nuovi elementi di analisi - esaurientemente approfonditi nel corso delle analisi precedenti - ma su una sintesi delle informazioni disponibili adottando il criterio maggiormente cautelativo.

L'unico elemento sul quale si è ritenuto effettuare un'ulteriore verifica riguarda le simulazioni di caduta massi su cui è basata la zonizzazione proposta da Gregori e validata da Peila, in considerazione del fatto che il software utilizzato non consente di fatto di tenere conto del volume dei blocchi, e che il volume dei blocchi rappresenta il maggiore elemento di criticità rilevato da Peila nella prima analisi di Gregori ed in generale nella valutazione della pericolosità.

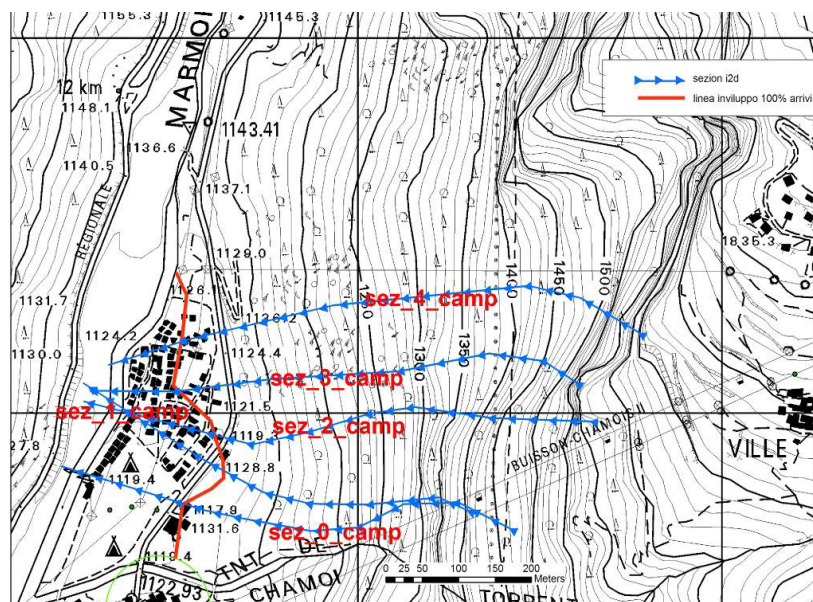


Partendo da tali considerazioni, si è effettuata un'integrazione di analisi procedendo nel seguente modo:

- si è effettuata una nuova analisi tridimensionale partendo dal modello digitale del terreno, e tarando i parametri fino a ricostruire la distribuzione dei blocchi ricavabile dai testimoni muti;
- sulla base delle traiettorie

ricostruite sul modello tridimensionale, si sono individuate le traiettorie maggiormente percorse dai blocchi;

- su tali traiettorie sono state selezionate 5 sezioni su cui sono state impostate simulazioni in due dimensioni mediante il software GeoRock (GeoStru);
- nelle sezioni è stata considerata la presenza dei rilevati esistenti mentre non sono state prese in considerazione le barriere paramassi, considerando il limitato valore di resistenza rispetto alle energie dei blocchi da 100 m³ e la loro inefficacia in caso di crolli ripetuti;
- il software utilizzato adotta il metodo CRSP che, a differenza del metodo tridimensionale (che comunque consente una buona individuazione dei percorsi dei blocchi), permette di introdurre automaticamente dei coefficienti di variazione dei parametri di restituzione e di introdurre la forma (blocco sferico, cilindrico, a disco) e le dimensioni dei blocchi; l'analisi è stata quindi impostata con un blocco di progetto di forma sferica, valutata come quella che meglio simula la forma dei blocchi presenti in detrito, di volume pari a 100 m³;
- lungo le sezioni adottate sono state individuate le massime distanze di arresto.



Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo Lumped mass, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

In particolare il modello CRSP assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio. Inoltre nel software è possibile impostare l'analisi su un criterio statistico, in cui ad ogni impatto la rugosità viene fatta variare casualmente in un campo tra 0 e 1.

8.4 Zonizzazione proposta ai sensi dell'art. 35 comma 1

A partire dai risultati delle simulazioni bidimensionali è stata tracciata la linea di inviluppo corrispondente al 100% degli arrivi.

La linea di inviluppo presenta un discreto accordo con quanto ricavato da Gregori, da cui differisce leggermente per i punti di arresto nella parte meridionale dell'area del Camping in cui gli arresti si localizzano immediatamente a monte della strada comunale mentre nelle simulazioni di Gregori appena a valle di essa. Nelle sezioni nella parte a nord, una percentuale compresa tra il 20 e il 10 % dei blocchi da 100 m³ arriva ad oltrepassare i due rilevati esistenti, arrestandosi immediatamente a valle di essi (sezione 3) o, in numero limitato (3%) qualche decina di metri a valle (sezione 4).

La zonizzazione proposta tiene conto dei seguenti criteri:

1) la localizzazione degli arrivi, tenendo conto del 100% degli arrivi, a favore di sicurezza, per la localizzazione della fascia F1, considerando sia le simulazioni di Gregori (2011) che quelle effettuate dagli scriventi ed adottando, in caso di difformità, la zonizzazione più cautelativa;

2) la pericolosità dei diversi settori di parete, intesa come numero di instabilità potenziali, la probabilità di distacco ed il volume, nonché del grado di incertezza nella definizione dei potenziali volumi di crollo.

Pertanto i limiti delle fasce a diversa pericolosità sono impostati come di seguito descritto:

- ✓ il limite della zona F1 è stato impostato lungo l'involuppo del 100% degli arrivi, considerando sia le simulazioni di Gregori (2011) che quelle effettuate dagli scriventi ed adottando, in caso di difformità, la zonizzazione più cautelativa;
- ✓ nel settore nord della parete è concentrato il maggior numero di instabilità potenziali: Farina e Bellini individuano 30 instabilità potenziali, di cui 11 a pericolosità elevata; nello studio redatto dallo scrivente per gli ambiti inedificabili (2004) sono individuate 15 instabilità (la n° 16 insiste sulla parte meridionale) ma con volumi decisamente maggiori, come ampiamente discusso nel paragrafo 3.1.4; da questi dati si evince, anche prescindere dai diversi criteri, che tutto il settore nord presenta un'elevata pericolosità e che sussiste un forte grado di incertezza circa i volumi che si possono mobilitare in un unico evento di crollo;
- ✓ il limite della zona F2 è stato tracciato impostando una fascia di rispetto di 35 m dal limite della zona F1; l'elevata l'ampiezza della fascia di rispetto, in rapporto a quella adottata da Gregori (25 m), è stata adottata tenendo di quanto sopra ed in particolare:
 - dell'elevato numero di instabilità rilevate in parete;

