



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI VENZONE

**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA
VERSANTE FRANOSO CICLABILE
PIOVERNO - CAVAZZO**
CUP I47H24001130002 **CIG B9C29DC796**

STUDIO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Titolo dell'elaborato: Intervento risanamento in parete rocciosa e e Barriera Paramassi di progetto -RELAZIONE GEOLOGICA		Elaborato: R	Numero / tavola: 04
Data: Febbraio 2026	Codice file: R01 Rel Geologica cartiglio.dwg	Scala:	
Tolleranze: EN 22768-1/2	Terminologia: UNI 9510:89	Formato: A3	
PROGETTAZIONE: ing. Ermes COPETTI Ordine Ingegneri Udine n. 1577A geol. Davide SERAVALLI Ordine dei geologi FVG n. 372	PRESTAZIONI SPECIALISTICHE E COLLABORAZIONI: ing. Ermes COPETTI geol. Davide SERAVALLI DIRETTORE DEI LAVORI: ing. Ermes COPETTI	COMMITTENTE:  Comune di Venzone Piazza Municipio, n. 1 33010 Venzone (UD)	

PROGETTAZIONE :
ing. Ermes COPETTI
Via Galileo Galilei, n.17
33010 - Tavagnacco (UD)
Tel. 339 2589678
Mail: studiocopetti@libero.it - PEC: ermes.copetti@ingpec.it

Revisione	Data	Aggiornamento	Redatto	Verificato	Approvato
0	Febbraio 2026	Emissione	EC	EC	EC

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	5
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E DEGLI INTERVENTI.....	8
4. IDROGRAFIA E FALDA FREATICA.....	8
5. VINCOLO PAI.....	9
6. VINCOLO PGRA	10
7. SISMICITÀ.....	11
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	13
8. STAZIONE GEOMECCANICA	15
STAZIONE GEOMECCANICA NUMERO 1	15
Relazione sulla classificazione mediante l'indice RMR '79, Bieniawski (1979).....	15
Relazione sulla classificazione mediante l'indice RMR '89, Bieniawski (1989).....	15
Relazione sulla giaciture rilevate	16
9. INDICAZIONI GEOLOGICO TECNICHE.....	18
10. SEZIONI GEOLITOLOGICHE INTEPRETATIVE	19
11. VOLUME UNITARIO	21
12. CADUTA MASSI	22
SEZIONE 1– BACK ANALYSIS.....	26
SEZIONE 1	28
SEZIONE 2	29
13. COMPORTAMENTO SISMICO DEL TERRENO.....	32
14. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	33
15. CONCLUSIONI	37

1. INTRODUZIONE

Su incarico della committenza lo scrivente ha redatto la presente relazione geologica finalizzata ai lavori di stabilizzazione di un tratto di pendio del monte San Simeone lungo la ciclovia “FVG 6 – Ciclovia del Tagliamento”, in località Pioverno, comune di Venzone. Il progetto prevede la prosecuzione di un intervento attivo in parete mediante disgaggio e messa in opera di una rete in aderenza (Intervento A), ed un intervento per la realizzazione di 30 metri lineari di barriera paramassi elastoplastica (Intervento B).

Le situazioni tettonica e geologica della zona sono ben delineate, l'area di intervento si situa in un tratto di versante alpino.

Per la redazione della presente relazione sono stati realizzati sopralluoghi e si è fatto riferimento ad informazioni bibliografiche. Inoltre è stata realizzata una stazione geomeccanica, una indagine sismica HVSr, un rilievo geologico di dettaglio ed è stato utilizzato un rilievo topografico a mezzo drone.

Vista aerea dell'area di intervento: in rosso dove verrà messa in opera la rete in aderenza, in celeste dove sorgeranno le nuove barriere paramassi elastoplastiche:



Riferimenti normativi

- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- D.M. 14/01/2008 recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 recante "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- Delibera del Consiglio Nazionale Geologi n. 111/2015 del 28 aprile 2015 - Raccomandazioni per la redazione della "relazione geologica ai sensi delle NTC" a cura del Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi.
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., contenente "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica"
- Legge regionale FVG 16/2009 Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio.
- Decreto Giunta Regionale del FVG n° 845/2010 del 06/05/2010 che definisce la classificazione sismica come richiesto dall'art 3, comma 2, lett a) della Legge Regionale 16/2009 "*classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità*"

Fonti bibliografiche

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:25.000, Foglio 49 Gemona del Friuli – ISPRA
- Geositi FVG

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geografico il tratto di versante del monte San Simeone, in cui è previsto l'intervento, è posto verso nord sul fondovalle, in corrispondenza del punto in cui le acque del Fella confluiscono nel fiume Tagliamento.

L'area di indagine si trova compresa tra le quote 300 e 400 m.s.l.m. circa. Il progetto prevede il disaggio, pulizia e taglio piante dell'area ed il rafforzamento corticale di una parte di versante.

I rilievi del monte San Simeone sono il transito e passaggio dalle Prealpi alle Alpi Carniche.

I sedimenti che formano questo complesso si depositarono in un intervallo di tempo durato circa 100 milioni di anni e compreso tra il Triassico sup. e il Cretacico inf.: sono rocce che i geologi hanno raggruppato, sulla base dell'età e delle caratteristiche litologiche, in unità con denominazioni che rendono più agevoli i riferimenti, le correlazioni e le ricostruzioni del passato geologico.

Le unità più antiche sono rappresentate dalla Dolomia Principale e dal Calcarea di Dachstein, entrambe del Triassico sup. Seguono i calcari di età giurassica con la Fm. di Soverzene, il Calcarea del Vajont, la Fm. di Fonzaso e il Rosso Ammonitico superiore. Chiudono la successione i calcari cretacei del Biancone e della Scaglia rossa. Sono tutte rocce sedimentarie generate in ambienti marini di profondità varia.

Le loro caratteristiche comuni sono quelle di essere stratificate e di avere una composizione carbonatica (calcari e dolomie). La stratificazione permette di individuare e leggere facilmente le deformazioni subite dal volume di roccia le quali, acquisite nel corso dell'orogenesi alpina (fase neoalpina, stadio principale), sono l'effetto dei movimenti di collisione tra le placche tettoniche eurasiatica e afroadriatica.

Sono percepibili le giaciture contorte e spezzate del monte San Simeone, dovute a una compressione che dura da almeno 25 milioni di anni e i cui massimi effetti (pieghe e faglie) sono oggi visibili in superficie ma si sono formati ad alcuni chilometri di profondità.

Vi si può leggere un raccorciamento crostale prodotto dall'affastellamento di enormi pacchi di rocce che, uno sull'altro, come gigantesche tegole embricate, rampano verso la pianura.

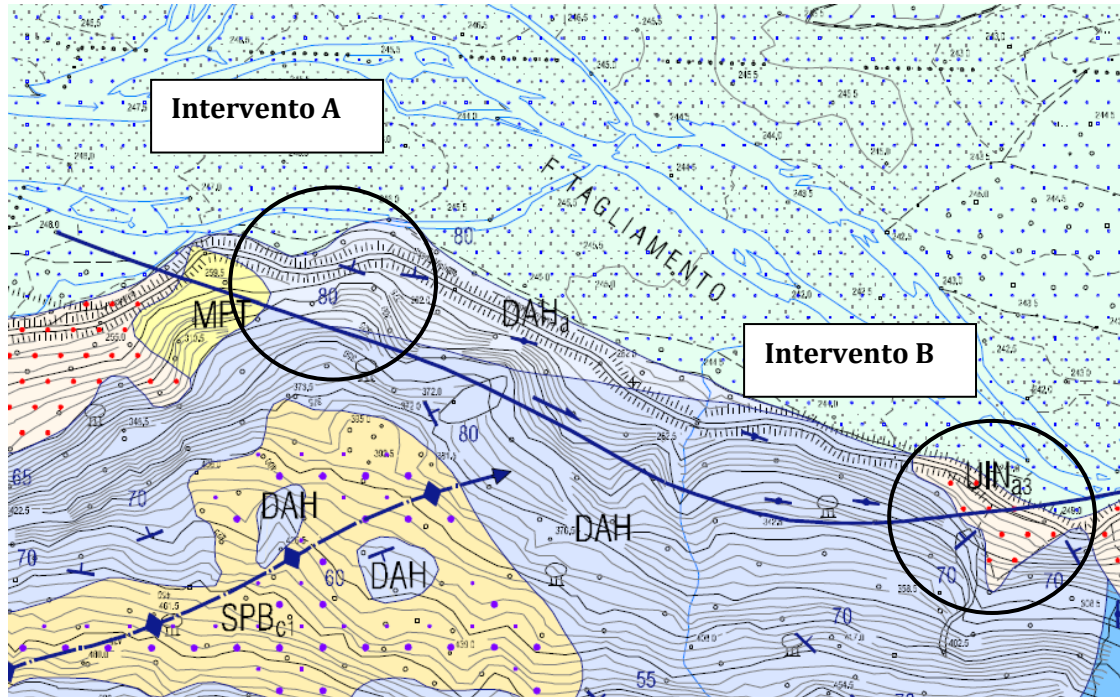
Nella realtà geologica i singoli elementi sono rappresentati da spessori stratificati di rocce che, oltre a inclinarsi, si sono inarcati dando origine a fitti e regolari sistemi di scorrimenti associati a enormi pieghe anticlinali.

La porzione settentrionale del rilievo è, ma solo in apparenza, di meno facile lettura. La ragione sta nella presenza di una famiglia di faglie più recenti, riconoscibili per la loro inclinazione a medio-alto angolo verso Sud. Esse spezzano in vari segmenti i piani di scorrimento immergenti a Nord. Se si eliminano idealmente questi effetti tardivi, appare chiaro uno stile deformativo identico a quello della porzione meridionale del rilievo.

L'unica differenza è che in questo tratto le pieghe sono gigantesche. Quella più settentrionale,

che interessa la parte più elevata del monte San Simeone, è così estesa che per gran parte è stata asportata dalle erosioni quaternarie.

Estratto della Carta geologica delle Prealpi Carniche:



MPT

complesso di Monteaperta

Brecce eterometriche variamente cementate, da caotiche a stratificate con andamento parallelo al versante, tessitura clasto-sostenuta.
PLEISTOCENE

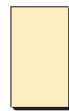


DAH

DAH_a

CALCARE DEL DACHSTEIN

Micriti biancastre in strati di spessore metrico, organizzate in cicli peritidali nei quali la porzione subtidale a megalodontidi si alterna a livelli stromatolitici con *fenestrae*; presenti *Triasina hantkeni*, *Aulotortus*, *Griphoporella curvata*. Ampie porzioni della successione possono presentare una dolomitizzazione pervasiva, spesso a grana grossolana (DAH_a); locali corpi di brecce, talora dolomitiche.
RETICO



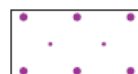
SPB

SINTEMA DI SPILIMBERGO (Bacino del F. Tagliamento)

Ghiaie sabbiose a stratificazione incrociata, clasti da subangolosi a subarrotondati, matrice sabbioso-limosa; sabbie debolmente limose laminate con *dropstone* (depositi di contatto glaciale) (SPB_{b5}); *diamicton* massivo eterogeneo con blocchi, matrice sabbioso-limosa, clasti da subarrotondati a subangolosi, striati, tessitura matrice-sostenuta (*till* indifferenziato) (SPB_{c1}); *diamicton* massivo eterogeneo con blocchi, matrice limosa, clasti da subarrotondati a subangolosi, striati, sfaccettati e levigati, molto addensato, tessitura matrice-sostenuta (*till* di alloggiamento) (SPB_{c4}); *diamicton* massivo eterogeneo con blocchi, matrice sabbioso-limosa, clasti da subangolosi a subarrotondati, striati e sfaccettati, da addensato a poco addensato, tessitura matrice-sostenuta (*till* di ablazione) (SPB_{c5}); limi e sabbie laminati addensati, contenenti *dropstone* (depositi glaciolacustri) (SPB_{c6}). I clasti sono carbonatici ed in subordine vulcanici, metamorfici, ibridi e silicei. Limite superiore erosivo, localmente caratterizzato dall'originaria superficie deposizionale rimodellata, caratterizzata da suoli con profilo tipo A-B-C (colore 7.5YR-10YR); limite inferiore erosivo.
PLEISTOCENE sup.



faglia trascorrente destra C1



till indifferenziato

Le litologie affioranti lungo la parete oggetto di intervento appartengono alla formazione dei calcari del Dachstein. Litologicamente è costituita da calcari micritici grigio chiaro-nocciola, prevalentemente in grossi banchi o a stratificazione indistinta. Sono osservabili tipiche sequenze cicliche peritidali, simili a quelle della Dolomia Principale, formate da successioni ordinate di intervalli ad intraclasti, a Megalodonti, a stromatoliti e da strutture legate a riempimenti di cavità di dissoluzione. Molto spesso si rinvencono grossi esemplari di Megalodonti, alcune decine di metri sopra il passaggio con la Dolomia Principale.

Le facies di scarpata, raccordanti la piattaforma con il coevo bacino, hanno una estensione molto ridotta e sono costituite da calcareniti grossolane ricche in grossi gasteropodi, coralli e lamellibranchi.

Inferiormente poggia sulla Dolomia Principale con passaggio litologico molto graduale. Infatti avviene spesso tramite una alternanza di strati calcarei e dolomitici (detta "facies mista") per uno spessore variabile ma valutabile intorno alla decina di metri. Tenzialmente poi si nota nel Calcarea del Dachstein una maggiore stratificazione ed a volte il passaggio è evidenziato morfologicamente dalla presenza di una cengia. Superiormente poggia la Formazione di Soverzene in facies calcarea testimoniante l'annegamento della piattaforma retica.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E DEGLI INTERVENTI

Nel 2025 l'area indicata come intervento B è stata interessata da un distacco roccioso con alcuni elementi lapidei che hanno raggiunto la carreggiata. I massi avevano diverse pezzature, la più grande delle quali aveva forma prismatica e misurava un quarto di metro cubo.

Documentazione fotografica. Con la frecci si evidenzia il masso avente il maggior volume:



Per quest'area si prevede la realizzazione di un tratto di barriere elastoplastiche aventi lunghezza complessiva di 30 metri, altezza di 4 metri e capacità dissipativa di 1000 kJ.

Per l'intervento A, dove si sono verificati dei distacchi nel 2023, si procede invece con la posa di rete in aderenza, medesimo intervento realizzato nel 2025. Verrà anche demolito uno sperone di roccia che incombe sulla ciclabile.

4. IDROGRAFIA E FALDA FREATICA

Le indicazioni inerenti la falda provengono dalla consultazione di dati bibliografici.

Il sito è caratterizzato da una notevole acclività che facilita il rapido allontanamento delle acque meteoriche e di scioglimento nivale.

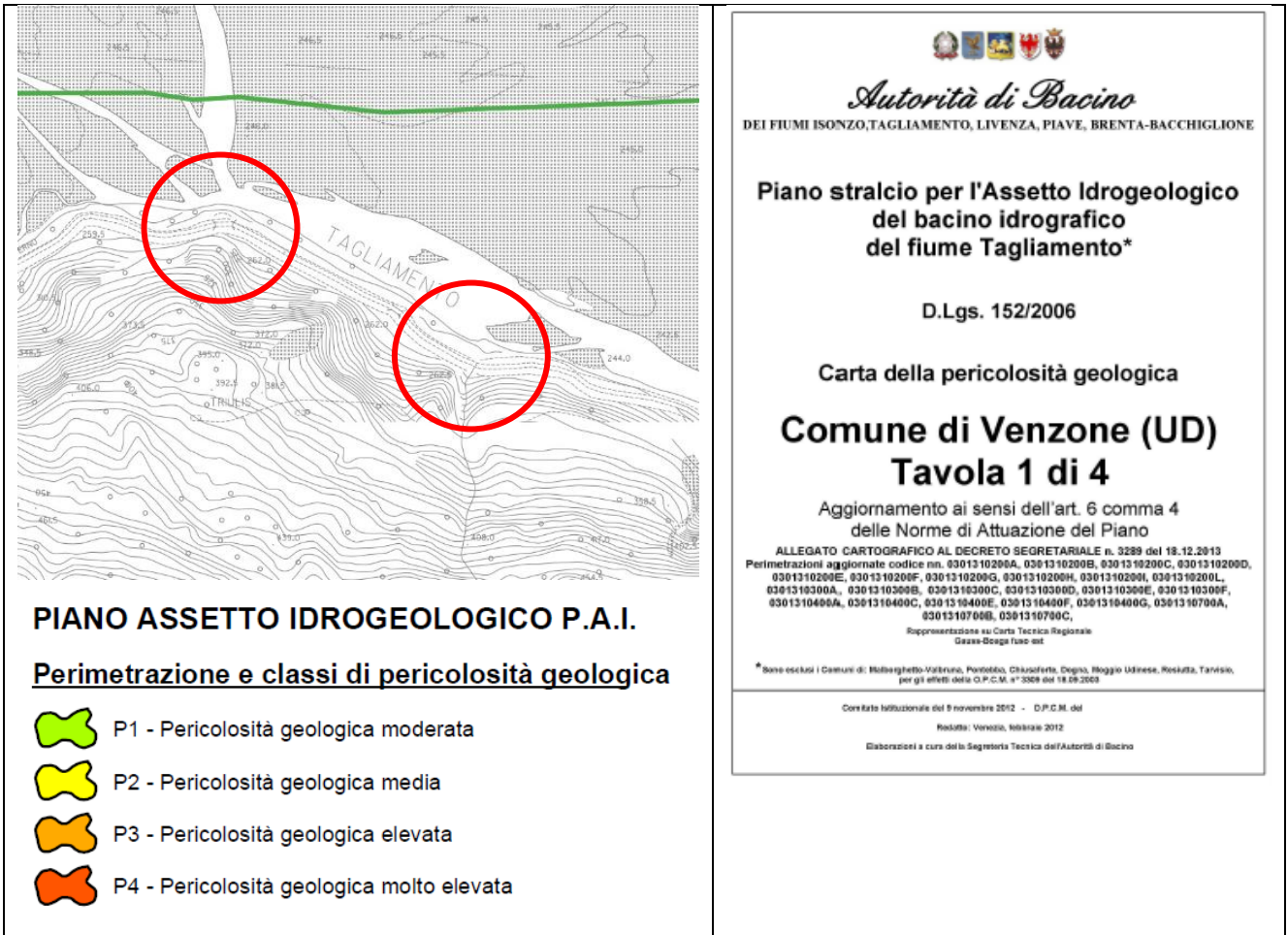
Il versante è quasi interamente costituito da roccia affiorante o subaffiorante, le uniche acque presenti sono da ruscellamento superficiale in occasione degli eventi meteorologici più intensi.

Nella zona dell'intervento B lungo il canalone è presente un accumulo gravitativo il cui spessore è di qualche metro. Una falda a carattere discontinuo e temporaneo è possibile al contatto roccia-detrito, in occasione degli eventi meteorologici più intensi.

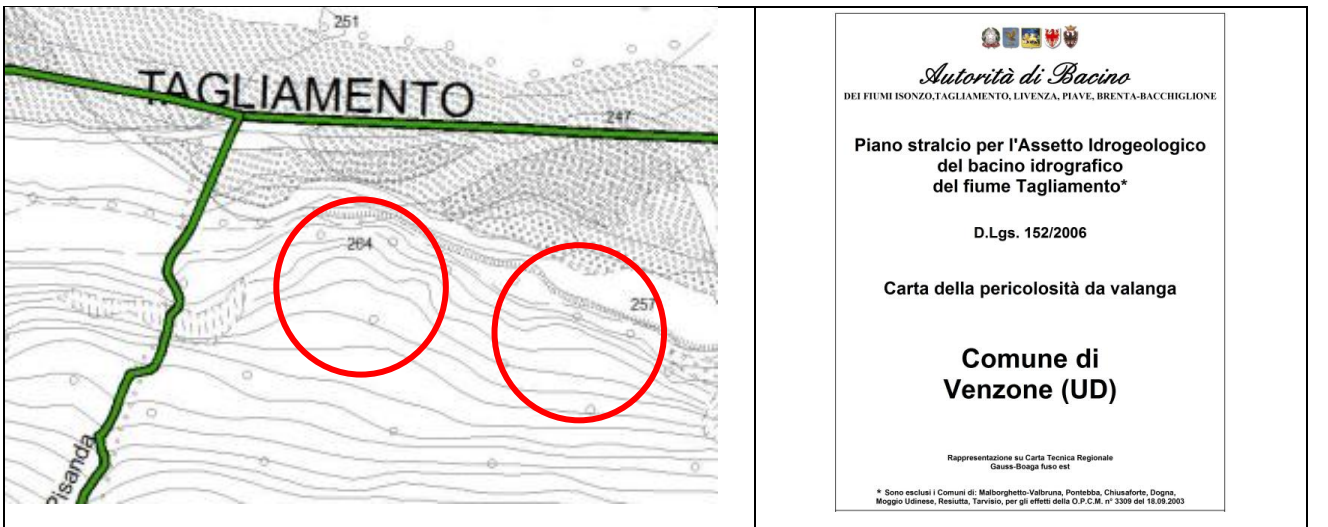
5. VINCOLO PAI

L'area è normata dal PAI, il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Tagliamento. Non sono presenti vincoli geologici e valanghivi, secondo i dati forniti dai siti istituzionali e delle cartografie consultate in data 18.02.2026, di seguito riportate:

Pericolosità geologica:



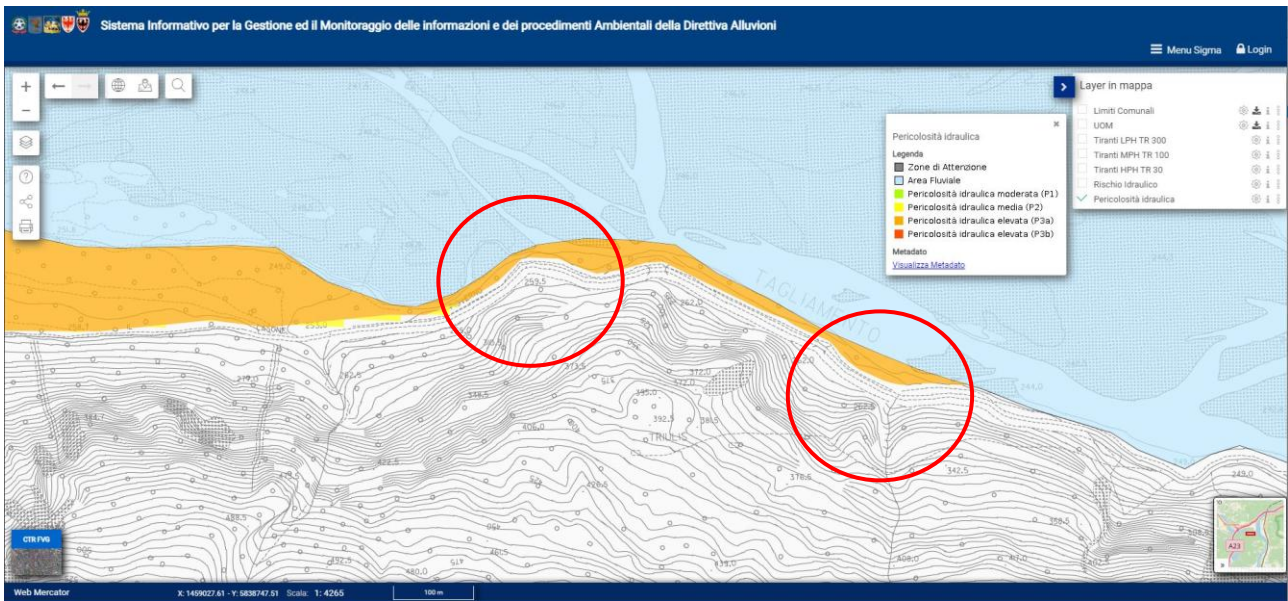
Pericolosità valanghiva:



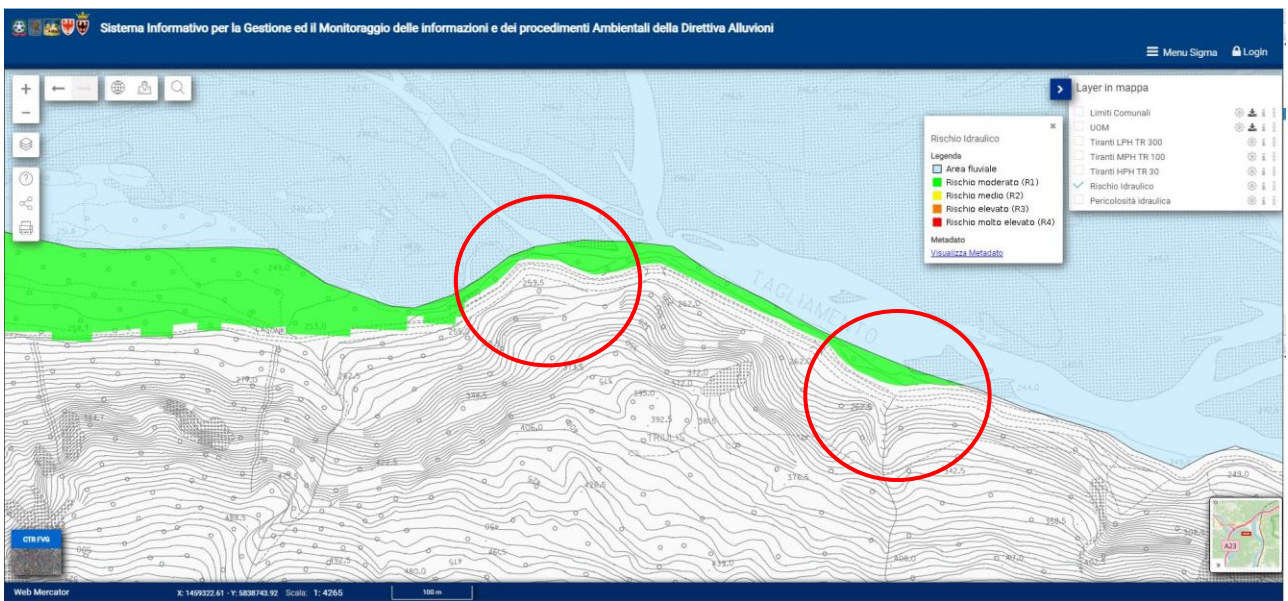
6. VINCOLO PGRA

Secondo la cartografia consultata nel sito del Distretto Alpi Orientali <https://sigma.distrettoalpiorientali.it/sigma/webgisviewer?webgisId=38>, l'area di indagine non presenta pericolosità idraulica. Si riporta uno stralcio della cartografia relativa all'area interessata dal progetto relativamente alla pericolosità idraulica:

Pericolosità idraulica:



Rischio idraulico:



7. SISMICITÀ

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Il catalogo è in continuo aggiornamento e non può considerarsi completo o definitivo, non rappresenta la totalità delle faglie capaci presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico; il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate e della scala alla quale è stato pubblicato il dato.



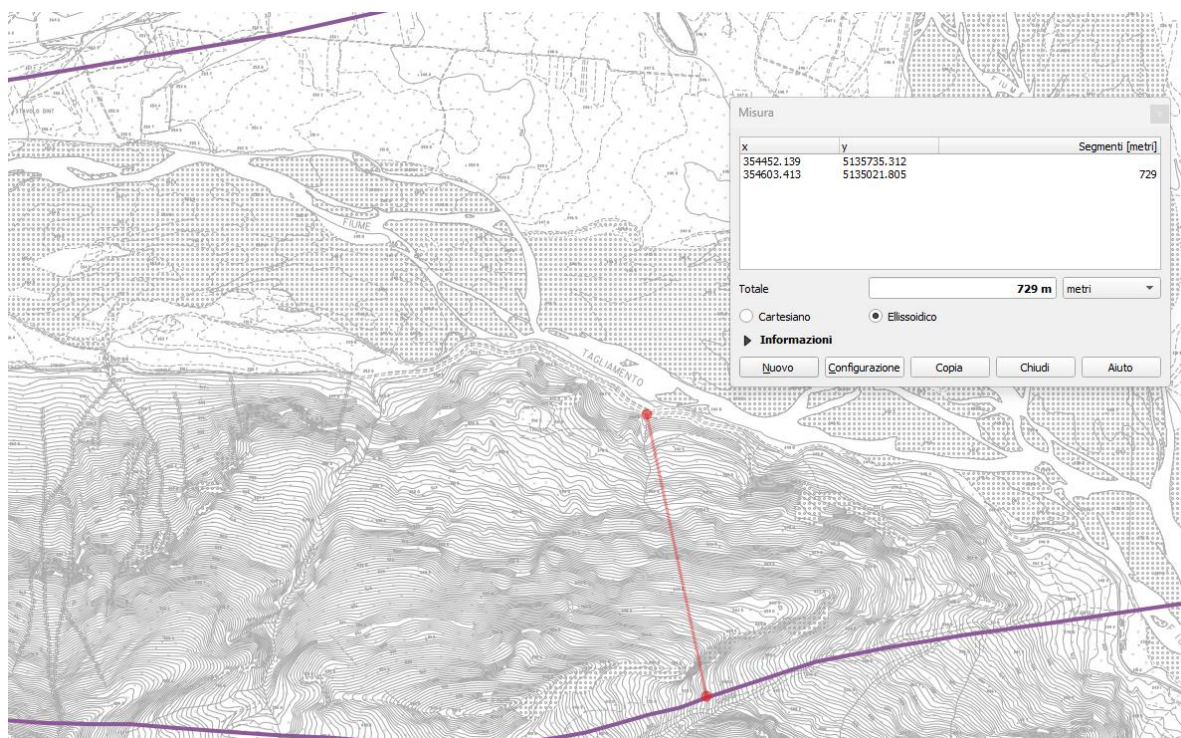
Faglie potenzialmente capaci all'interno del territorio nazionale (immagini tratte da Portale Servizio Geologico d'Italia – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Progetto ITHACA).

Secondo la consultazione del sito ITHACA l'area di indagine non è interessata da alcuna faglia attiva o capace.



Anche secondo il catasto regionale delle faglie attive:

(<https://www.regione.fvg.it/rafv/export/sites/default/RAFVG/ambiente-territorio/geologia/FOGLIA35/allegati/Faglie Attive FVG - ALLEGATO B - Carta dei tratti 150k.pdf>) non individua lineamenti nelle immediate vicinanze dell'area indagata. Le linee più vicini sono poste ad oltre mezzo chilometro di distanza:



DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità sismica è la stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica. (ICMS-2008).

Sul sito dell'INGV è stato possibile visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Qui di seguito sono riportati i grafici relativi al nodo centrato all'interno del Comune di Venzone.

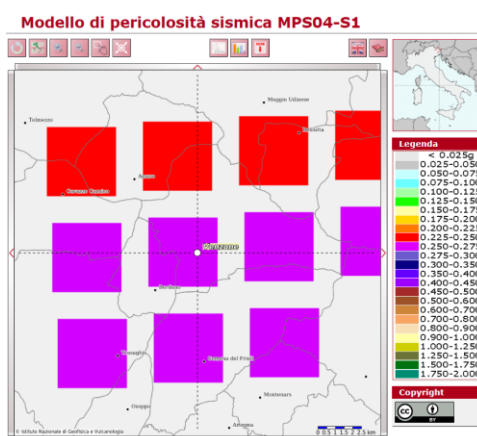


Fig. 1: Mappe interattive di pericolosità sismica - Valore di $a(g)$ per il Comune di Venzone (da sito INGV)

Le mappe in $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) sono state

calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per il Comune di Venzone il valore di $a(g)$ calcolato per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni è compreso tra 0.250g e 0.275g (Fig. 1).

L'analisi di disaggregazione è stata effettuata per il nodo centro-occidentale ricadente nel capoluogo comunale, in quanto risulta quello più prossimo al sito di indagine (Fig. 2).

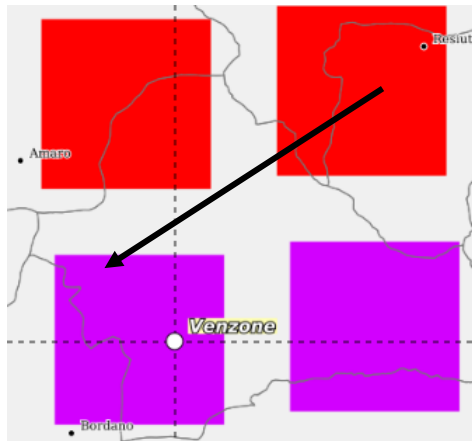
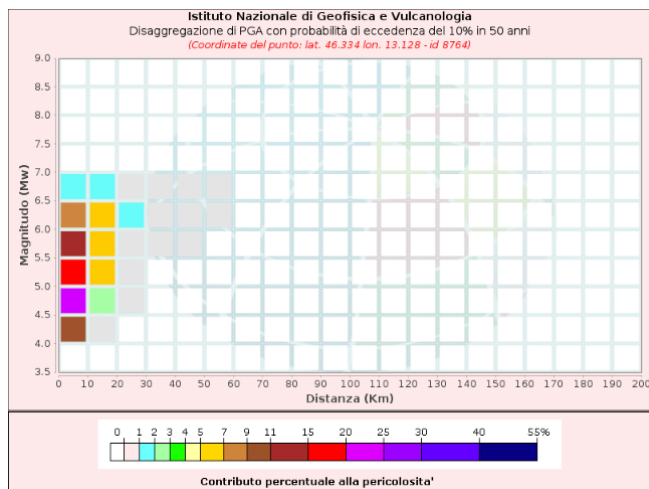


Fig 2: Nodo della griglia esaminato per la disaggregazione

Per il nodo selezionato, si osserva che il maggior contributo percentuale alla pericolosità dell'area è dato da sorgenti sismogenetiche poste tra i 0 e i 10 km di distanza e capaci di dar luogo a terremoti con magnitudo superiore a 4,5 (Fig.3).



Distanza (Km)	Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 46.334 lon. 13.128 - id 8764)										
	Magnitudo (Mw)										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.0000	9.8000	23.6000	19.2000	13.1000	7.6600	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.4690	2.8600	5.2100	6.3500	5.9900	1.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0036	0.2910	0.9590	1.4500	0.3190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0812	0.3250	0.0904	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0588	0.0255	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		Valori Medi		Distanza		Epsilon					
		5.32		7.6		0.924					

Fig 3: Grafico e Tabella dei valori di disaggregazione per il Comune di Venzone (da INGV)

L'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione.

8. STAZIONE GEOMECCANICA

Nel mese di febbraio 2026 lo scrivente ha realizzato un sopralluogo con esecuzione di una stazione geomeccanica, sugli affioramenti rocciosi presenti lungo la pista ciclabile che si intende proteggere con le barriere paramassi.

Utilizzando i dati del rilievo, sono state eseguite le seguenti classificazioni:

- "RMR '79" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1979))
- "RMR '89" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1989))

STAZIONE GEOMECCANICA NUMERO 1

Relazione sulla classificazione mediante l'indice RMR '79, Bieniawski (1979)

Le scelte dell'utente sono elencate e riassunte nei punti seguenti:

- P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta): tra 25 e 50 [MPa], corrispondente al parametro 4
- P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation): tra 25 e 50%, corrispondente al parametro 8
- P3 (Spaziatura delle discontinuità): < di 60 mm, corrispondente al parametro 5
- P4 (Condizioni delle discontinuità): poco scabre, separazione < 1 mm, lembi duri, corrispondente al parametro 25
- P5 (Venute d'acqua): nessuna, corrispondente al parametro 15
- P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo): mediocri e Pendii come tipologia opera, corrispondente al parametro -25

e si è pervenuto ad un indice RMR pari a: 32 rispondente a una qualità dell'ammasso roccioso SCADENTE

Relazione sulla classificazione mediante l'indice RMR '89, Bieniawski (1989)

Le scelte dell'utente sono elencate e riassunte nei punti seguenti:

- P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta): 5.3 (da una $\sigma_c = 49$ MPa)
- P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation): 9.5 (da un RQD = 47 %)
- P3 (Spaziatura delle discontinuità): 5.8 (da una Spaziatura = 0 m)
- P4 (Condizioni delle discontinuità): 20
- + v1 (- persistenza : < 20 m) : 0
- + v2 (- apertura : completamente chiuso) : 6
- + v3 (- rugosità : Leggermente rugosa) : 3
- + v4 (- alterazione : Leggermente alterate) : 5

+ v5 (- riempimento : Assente) : 6

- P5 (Venute d'acqua): nessuna, corrispondente al parametro 15

- P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo): mediocre e Pendii come tipologia opera, corrispondente al parametro -25

e si è pervenuto ad un indice RMRc pari a: 31 rispondente a una qualità dell'ammasso roccioso SCADENTE

RMRa (asciutto) = 41

RMRb (di base) = 56

Dall'indice RMRb sono stati calcolati:

c = 280.00 [kPa]

phi = 33.00 [°]

E = 12.00 [GPa].

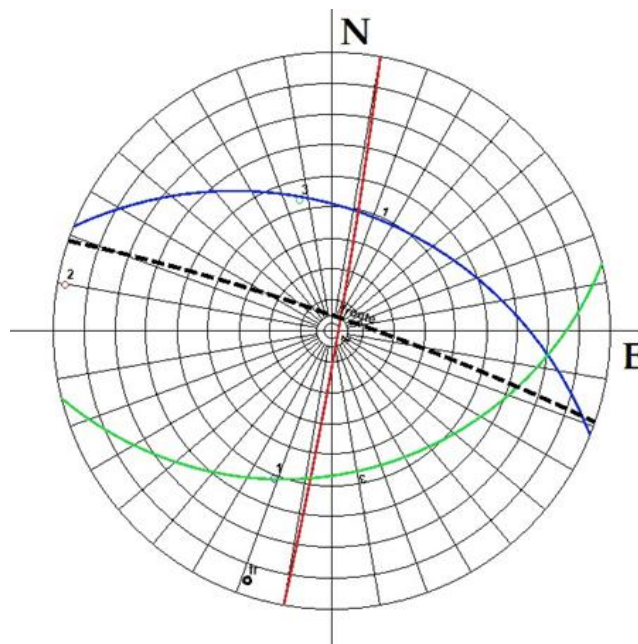
Relazione sulla giaciture rilevate

Sono stati inseriti i seguenti piani di giacitura con i rispettivi valori di Dip e Dip-direction:

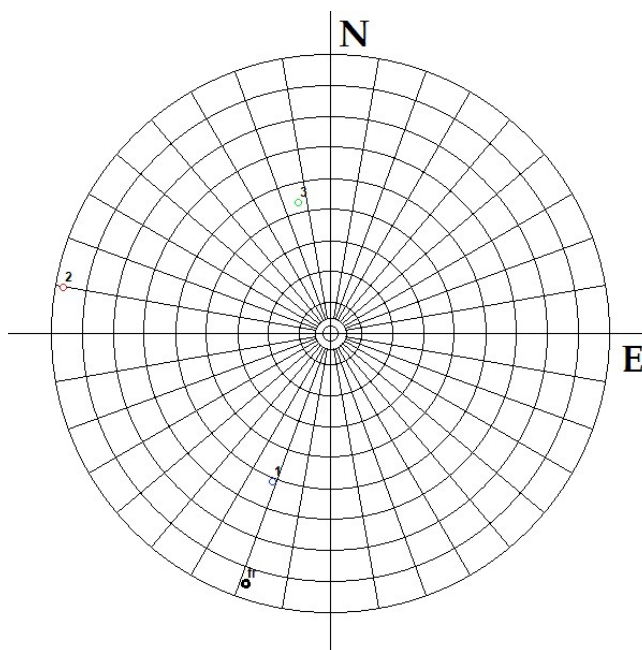
- Fronte: dip (inclinazione) = 85 ; dipdir (immersione) = 19

Indice	Nome Piano	Dip	Dip-direction
1	Piano k1	51.0	22.0
2	Piano k2	88.0	100.0
3	Piano k3	44.0	166.0

Stereogramma ottenuto con giaciture e poli (Fig.1-2) :



(Figura 1 - stereogramma polare con piani e poli.)



(Figura 2 - stereogramma polare con poli.)

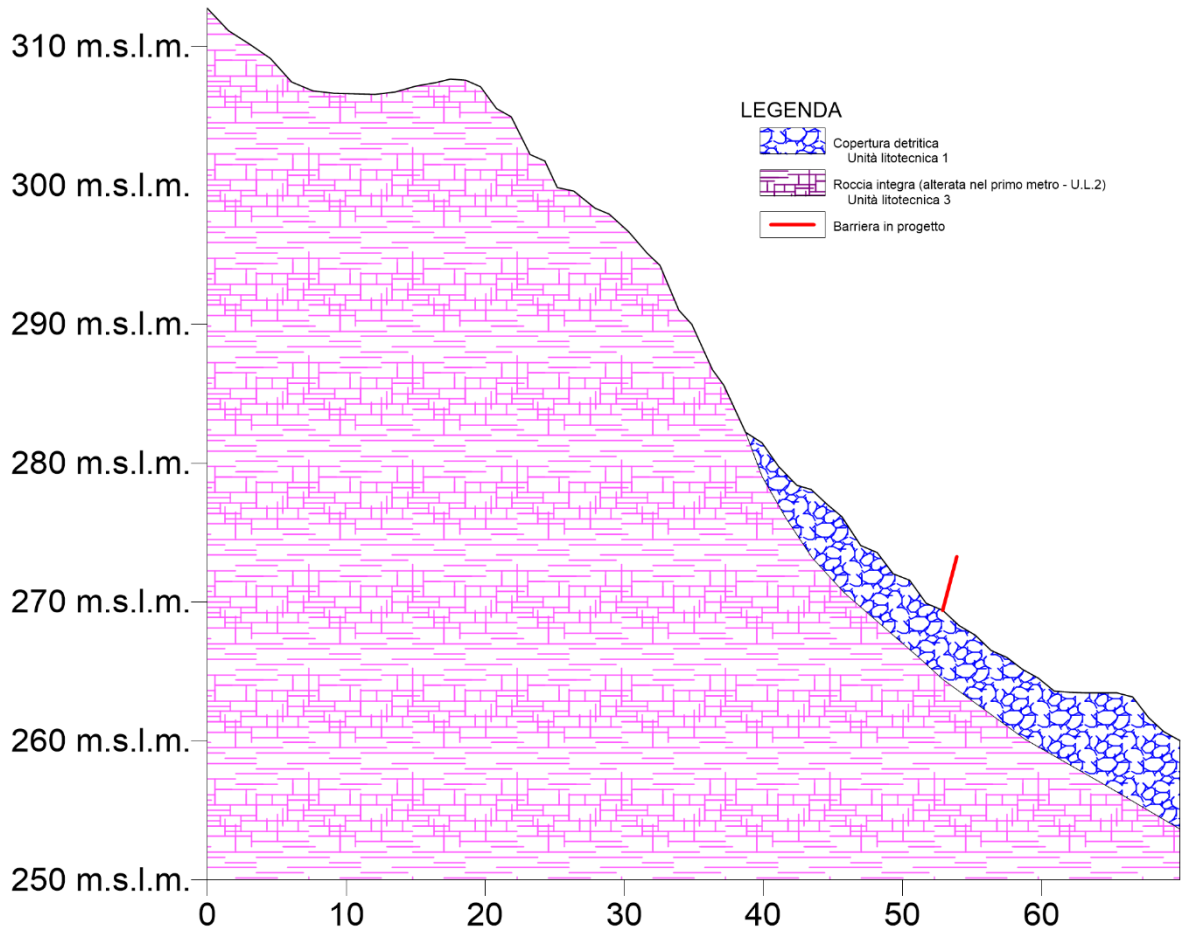
9. INDICAZIONI GEOLOGICO TECNICHE

Dato il quadro geologico generale dell'area, visti i dati sul sottosuolo relativi alle indagini eseguite nell'area, e quanto emerso dal rilievo di superficie in campagna, si ritiene di poter schematizzare la struttura del sottosuolo, per i primi metri, nel seguente modo:

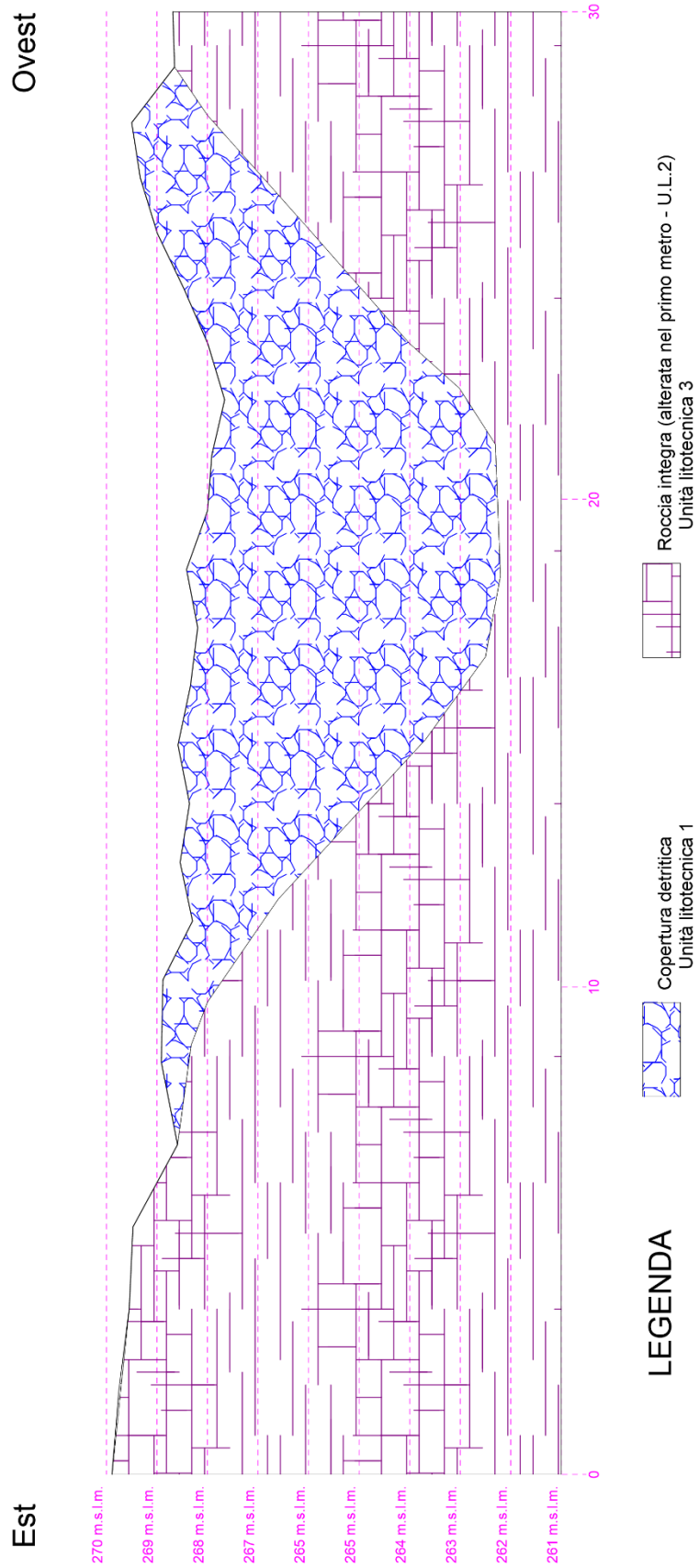
Terreno	Peso per unità di volume (kN/mc)	Angolo di attrito (gradi sess.)	Coesione efficace c' (kN/mq)	TAU (Mpa)
<u>Unità litotecnica 1</u> Detrito di falda: ghiaia ed elementi lapidei grossolani	18.5-19	35-36	0	0.2-0.5
<u>Unità litotecnica 2</u> Roccia alterata	24-25	33-34	50-75	0.5-0.7
<u>Unità litotecnica 3</u> Roccia integra	25-26	35-37	150-200	1.2-1.4

10. SEZIONI GEOLITOLOGICHE INTEPRETATIVE

Sezione geolitologica lungo sezione di analisi caduta massi numero 1:



Profilo geolitologica lungo la traccia delle barriere in progetto:



11. VOLUME UNITARIO

L'area in cui si inserisce l'intervento B nel 2025 è stata oggetto di fenomeni gravitativi, con alcuni distacchi di ammassi rocciosi che hanno raggiunto la ciclabile.

Come descritto nel capitolo 3, il masso più grande distaccatosi misurava circa un quarto di metro cubo.

Dal rilievo svolto non è emersa la presenza di masse potenzialmente pericolanti, al di là di modesti detriti rocciosi del volume di qualche decimetro cubo.

La stazione geomeccanica ha fornito un valore di volume unitario molto modesto, a causa dell'intensa fratturazione della roccia:

STAZIONE1

	0.13	7.69231
	0.2	5
	0.13	7.69231
Jv		20.3846
RQD		47.7308
Beta		30.7692
		20
		7
a1	0.13	
a3	0.2	

Volume blocco

mc 0.0036

In via cautelativa per le simulazioni è stato utilizzato un masso di progetto avente volume di mezzo metro cubo, con un approccio probabilistico.

Sulla sezione 1, in corrispondenza della quale si è verificato il distacco del 2025, è stata realizzata una back analysis con approccio deterministico, utilizzando il masso con volume pari a quello staccatosi (un quarto di metro cubo)

12. CADUTA MASSI

La traiettoria degli scendimenti è stata scelta in base alle osservazioni fatte in campagna, in modo da dare la massima rappresentatività dei due settori indagati, ed al fine di investigare le situazioni di maggiore rischio lungo il tratto di versante di interesse.

Le sezioni topografiche per le analisi di caduta massi sono state ricavate dal DTM fornito dalla regione con maglia 1x1 metro.

In allegato alla presente relazione si fornisce la carta delle sezioni di analisi caduta massi in cui si possono osservare tutte le tracce lungo le quali sono state ricavate le sezioni topografiche per l'esecuzione delle simulazioni.

L'impossibilità di definire tutti i parametri in gioco nello scendimento massi fa sì che in ogni caso permanga un certo grado di aleatorietà sui valori attribuiti e solo un'analisi statistica potrà rappresentare in maniera soddisfacente il fenomeno. È stato pertanto utilizzato un programma automatico di calcolo al fine di poter disporre di un congruo numero di dati e quindi operare in modo probabilistico.

Il software utilizzato è il Georock prodotto dalla Geostru Software. La modalità scelta dall'operatore è di tipo STATISTICO, che permette quindi al software una variazione dei parametri di rimbalzo.

Sono state realizzate otto sezioni di analisi caduta massi, per ciascuna delle quali è stata simulata la discesa di 100 elementi aventi il volume del masso di progetto.

Metodo di calcolo CRSP

Il modello detto CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) è stato messo a punto da Pfeiffer e Bowen (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento.

Per descrivere il movimento dei blocchi il modello CRSP applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

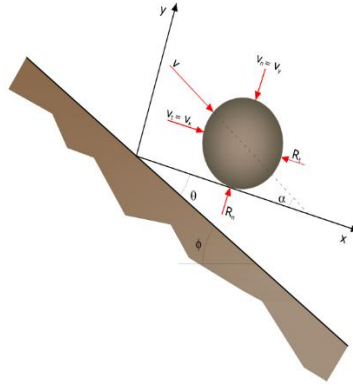
Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo Lumped mass, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

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.

L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio.

Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto V , forma un angolo α con il pendio.



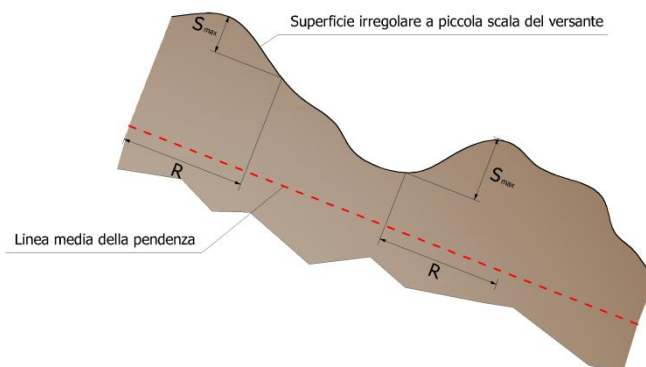
Rappresentazione della fase di impatto: a) l'angolo di impatto è definito come funzione della traiettoria del blocco; q) inclinazione del pendio; f) variazione del pendio in funzione della rugosità locale del pendio

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio f è fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 e θ_{max} . Il valore di θ_{max} dipende dalla rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco e viene determinato da misure in sito.

Detto R il raggio del blocco in esame si ha:

$$\tan\theta_{max} = \frac{S_{max}}{R}$$

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio viene fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 ed un valore funzione della rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco.



Influenza della rugosità del pendio sul percorso del masso: rapporto tra l'altezza delle asperità ed il raggio del blocco

La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2}J\bar{\omega}_1^2 + \frac{1}{2}M_{t1}^2\right) \cdot f(F) \cdot SF = \frac{1}{2}J\bar{\omega}_{21}^2 + \frac{1}{2}M_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

- M = Massa del blocco;
 J = Momento d'inerzia del blocco;
 $\tilde{\omega}_1$ = Velocità angolare prima dell'impatto;
 $\tilde{\omega}_2$ = Velocità angolare dopo l'impatto;
 V_{t1} = Velocità tangenziale prima dell'impatto;
 V_{t2} = Velocità tangenziale dopo l'impatto;

La funzione $f(F)$ di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[\left(\frac{V_{t1} - \tilde{\omega}_1 \cdot R}{20} \right)^2 + 1.2 \right]}$$

Mentre la funzione di scala SF:

$$SF = \frac{R_t}{\left[\left(\frac{V_{n1}}{250 \cdot R_n} \right)^2 + 1 \right]}$$

Dove:

- R_n = Coefficienti di restituzione normale;
 R_t = Coefficienti di restituzione tangenziale;
 R = Raggio del blocco;

I termini $f(F)$ e SF sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l'energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell'attrito e dell'urto.

L'attrito riguarda principalmente la dissipazione dell'energia prodotta dalla velocità tangenziale, l'urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

$$V_{t2} = \omega_2 \cdot R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.

Dalla (1) si ottiene V_{t2} , mentre la velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

$$V_{n2} = V_{n1} \cdot \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9} \right)^2 \right]}$$

che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l'aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA E METODO DI CALCOLO

I fattori che intervengono nel fenomeno dello scendimento massi sono i seguenti:

Fattori	Parametri
Geometria del pendio	Inclinazione del pendio; lunghezza del pendio;
Proprietà del materiale costituente il pendio	Coefficiente di inclinazione; coefficiente del materiale
Geometria dei massi	Dimensione del masso; forma del masso
Proprietà del materiale costituente i massi	Durabilità del blocco; massa del blocco

Tabella I: Parametri che determinano le caratteristiche della caduta massi

In un pendio naturale i parametri in tabella I hanno un largo intervallo di valori e sono poco pratici da analizzare come variabili indipendenti.

Il programma di calcolo riduce il numero delle variabili secondo le seguenti assunzioni:

- i calcoli operano su un modello bidimensionale. Il profilo del pendio dovrà quindi seguire la più probabile traiettoria di caduta come stabilito dalle considerazioni di campagna;
- poiché il tipo di roccia non cambia durante il franamento e il range delle proprietà del materiale che costituisce la pista di discesa è maggiore rispetto a quello delle proprietà dei blocchi rocciosi, i coefficienti assegnati al pendio terranno in considerazione sia le proprietà della roccia che quelle del pendio;
- il peggior caso è quello di un grande masso che rimane intatto mentre viaggia lungo il pendio, perciò si assume che il blocco non si rompa durante la caduta.

DINAMICA DI SCENDIMENTO E ASSUNZIONE DEI PARAMETRI

Alla luce di tali considerazioni i parametri adottati per le verifiche sono stati assunti confrontando i risultati dell'osservazione delle caratteristiche del materiale costituente la pista di discesa con tabelle di riferimento. In particolare si sono determinati asperità della pista di discesa, coefficiente di restituzione tangenziale e coefficiente di restituzione normale.

Asperità della pista di discesa: l'asperità della pista di discesa è una funzione della dimensione dei blocchi e della irregolarità della superficie; è una stima di quanto l'angolo del pendio può variare in rapporto al raggio del blocco.

Coefficiente tangenziale: determina quanta parte della componente della velocità del blocco parallela al pendio viene persa durante un impatto; varia anche in funzione della vegetazione che ricopre il pendio e risulta di difficile stima.

La tabella II riporta tali coefficienti; come si può vedere il loro range varia fra 0.93 per la roccia affiorante a 0.78 per suolo coperto da manto erboso.

Coefficiente di restituzione tangenziale	Descrizione del pendio
0.87 -0.93	Superficie levigata e dura come asfalto o giunti di strato
0.83 - 0.87	Gran parte della roccia affiorante e talus senza vegetazione
0.82 - 0.85	Talus con scarsa vegetazione
0.80 - 0.83	Talus vegetato e pendio in terra con scarsa vegetazione
0.78 - 0.82	Pendii in terreni ricoperti da manto erboso

Tabella II: coefficiente di restituzione tangenziale

Coefficiente di restituzione normale: è una misura della variazione della velocità normale al pendio risulta in definitiva pari al rapporto fra velocità normale al pendio prima dell'impatto e dopo l'impatto. La tabella III mostra il range di valori di tale coefficiente che è funzione della rigidità del materiale costituente la superficie.

Coefficiente di restituzione normale	Descrizione del pendio
0.37 - 0.43	Superficie levigata e dura come asfalto o giunti di strato
0.33 - 0.37	Gran parte della roccia affiorante e talus senza vegetazione
0.30 - 0.33	Talus con scarsa vegetazione e pendii stabili in terreno
0.28 - 0.30	Pendii in terreno soffice

Tabella III: coefficiente di restituzione normale

Su gran parte dei pendii un cambiamento nei coefficienti, all'interno di limiti ragionevoli per uno specifico materiale presente nel pendio, non produrrà una significativa modificazione del risultato.

Su pendii inclinati, quando il masso impatta sul pendio con meno frequenza, l'effetto dei coefficienti sulle caratteristiche del franamento diventa trascurabile. Il loro effetto è invece maggiore su pendii poco inclinati dove la velocità dei massi decresce.

Nelle simulazioni sono stati attribuiti i seguenti coefficienti di restituzione, tratti da lavori svolti dallo scrivente su medesime litologie:

Elenco materiali

N	Descrizione	Coefficiente restituzione normale - Rn	Coefficiente restituzione tangenziale - Rt	Rugosità (m)
1	Roccia	0.42	0.92	0.1
2	Detrito	0.38	0.87	0.2

SEZIONE 1- BACK ANALYSIS

Back analysis dello scendimento verificatosi recentemente.

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

=====		
Forma del blocco	Cilindrico	
Densità	2500.0	Kg/m ³
Elasticità	98066.0	kPa
Velocità iniziale in x	0.5	m/s
Velocità iniziale in y	-0.5	m/s
Velocità limite di arresto	0.01	m/s
Diametro	0.5	m
Lunghezza cilindro	1.2	m
Tipo di analisi	deterministica	
Numero lanci	1	
=====		

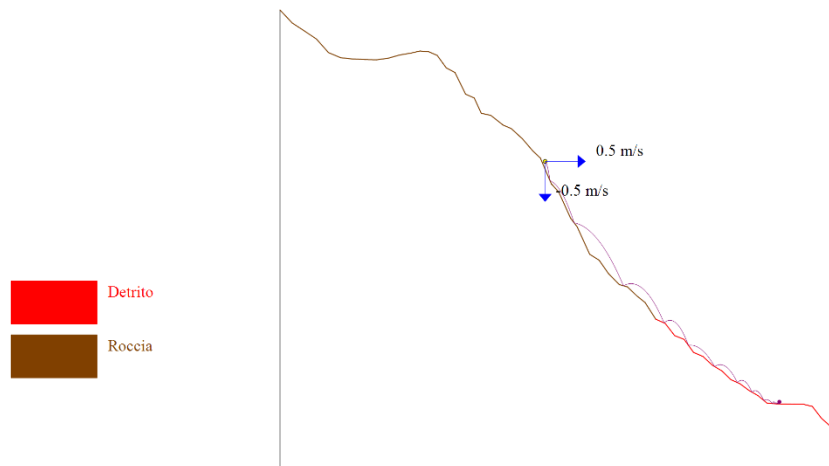
DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0.0	312.78	Roccia
2	1.52	311.16	Roccia
3	3.03	310.17	Roccia
4	4.55	309.15	Roccia
5	6.06	307.45	Roccia
6	7.58	306.81	Roccia
7	9.09	306.65	Roccia
8	10.61	306.59	Roccia
9	12.06	306.55	Roccia
10	13.51	306.74	Roccia
11	14.96	307.15	Roccia
12	16.41	307.4	Roccia
13	17.5	307.65	Roccia
14	18.59	307.56	Roccia
15	19.65	307.1	Roccia
16	20.78	305.54	Roccia
17	21.87	304.96	Roccia
18	23.2	302.25	Roccia
19	24.28	301.77	Roccia
20	25.16	299.86	Roccia
21	26.35	299.6	Roccia
22	27.89	298.38	Roccia
23	28.9	297.95	Roccia
24	30.3	296.67	Roccia
25	31.6	295.15	Roccia
26	32.55	294.25	Roccia
27	33.92	291.03	Roccia
28	34.85	290.0	Roccia
29	36.32	286.74	Roccia
30	37.15	285.65	Roccia
31	38.71	282.22	Roccia
32	39.89	281.48	Roccia
33	41.07	279.79	Roccia
34	42.42	278.42	Roccia
35	43.43	278.14	Roccia
36	44.61	277.01	Roccia
37	45.64	276.18	Roccia
38	46.97	274.1	Detrito
39	48.15	273.57	Detrito
40	49.34	272.04	Detrito
41	50.52	271.57	Detrito
42	51.7	269.94	Detrito
43	52.88	269.43	Detrito
44	54.06	268.33	Detrito
45	55.24	267.63	Detrito
46	56.37	266.53	Detrito
47	57.5	266.02	Detrito
48	58.63	265.18	Detrito
49	59.76	264.53	Detrito
50	60.9	263.58	Detrito
51	62.03	263.51	Detrito
52	63.16	263.49	Detrito
53	64.29	263.46	Detrito
54	65.42	263.46	Detrito
55	66.55	263.18	Detrito
56	67.68	261.71	Detrito
57	68.82	260.69	Detrito
58	69.95	260.03	Detrito

IMPATTO

Lancio n° 1 Xp=10.87 m Yp=358.76 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1.0	33.751	291.426	3.279	-1.233	0.607	15.162
2.0	36.761	286.16	5.272	-0.989	0.918	40.532
3.0	42.935	278.277	4.117	2.273	1.171	70.207
4.0	48.006	273.635	2.888	2.521	1.232	45.39
5.0	51.055	270.831	4.101	0.592	1.055	28.033
6.0	54.335	268.167	3.159	2.173	0.8	29.658
7.0	57.168	266.17	2.317	2.337	0.897	23.388
8.0	58.99	264.973	2.141	1.904	0.787	15.207
9.0	60.475	263.934	2.328	1.393	0.693	12.118
10.0	61.544	263.54	0.801	2.091	0.459	7.825
11.0	61.893	263.519	0.798	1.548	0.436	3.809
12.0	62.15	263.508	0.611	1.288	0.322	2.476
13.0	62.312	263.505	0.512	1.056	0.265	1.647
14.0	62.423	263.503	0.422	0.875	0.217	1.122



SEZIONE 1

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco Cilindrico		
Densità	2500.0	Kg/m ³
Elasticità	98066.0	kPa
Velocità iniziale in x	0.5	m/s
Velocità iniziale in y	-0.5	m/s
Velocità limite di arresto	0.01	m/s
Diametro	0.7	m
Lunghezza cilindro	1.4	m
Tipo di analisi		statistica
Numero lanci		100 spaziatura 20 cm

DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale	19	24.28	301.77	Roccia	39	48.15	273.57	Detrito
1	0.0	312.78	Roccia	20	25.16	299.86	Roccia	40	49.34	272.04	Detrito
2	1.52	311.16	Roccia	21	26.35	299.6	Roccia	41	50.52	271.57	Detrito
3	3.03	310.17	Roccia	22	27.89	298.38	Roccia	42	51.7	269.94	Detrito
4	4.55	309.15	Roccia	23	28.9	297.95	Roccia	43	52.88	269.43	Detrito
5	6.06	307.45	Roccia	24	30.3	296.67	Roccia	44	54.06	268.33	Detrito
6	7.58	306.81	Roccia	25	31.6	295.15	Roccia	45	55.24	267.63	Detrito
7	9.09	306.65	Roccia	26	32.55	294.25	Roccia	46	56.37	266.53	Detrito
8	10.61	306.59	Roccia	27	33.92	291.03	Roccia	47	57.5	266.02	Detrito
9	12.06	306.55	Roccia	28	34.85	290.0	Roccia	48	58.63	265.18	Detrito
10	13.51	306.74	Roccia	29	36.32	286.74	Roccia	49	59.76	264.53	Detrito
11	14.96	307.15	Roccia	30	37.15	285.65	Roccia	50	60.9	263.58	Detrito
12	16.41	307.4	Roccia	31	38.71	282.22	Roccia	51	62.03	263.51	Detrito
13	17.5	307.65	Roccia	32	39.89	281.48	Roccia	52	63.16	263.49	Detrito
14	18.59	307.56	Roccia	33	41.07	279.79	Roccia	53	64.29	263.46	Detrito
15	19.65	307.1	Roccia	34	42.42	278.42	Roccia	54	65.42	263.46	Detrito
16	20.78	305.54	Roccia	35	43.43	278.14	Roccia	55	66.55	263.18	Detrito
17	21.87	304.96	Roccia	36	44.61	277.01	Roccia	56	67.68	261.71	Detrito
18	23.2	302.25	Roccia	37	45.64	276.18	Roccia	57	68.82	260.69	Detrito
				38	46.97	274.1	Detrito	58	69.95	260.03	Detrito

Tipologie definite n°1

Descr.	H (cm)	Spessore (cm)	Inclinazione (°)	E (KJ)
1	400.0	20.0	75.0	1000.0

Opere di protezione inserite n°1

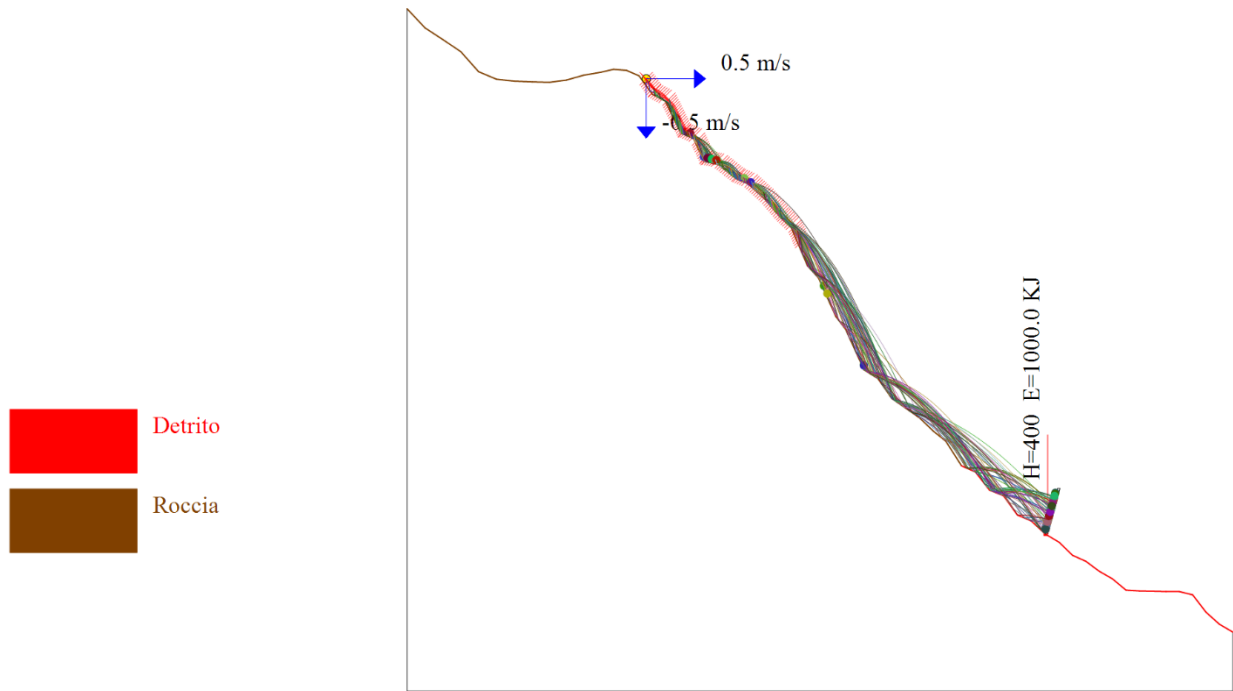
Descr.	Tipo	xb (m)	yb (m)	E (KJ)
1	1	54.07	268.32416	1000

(HpMax) Altezza massima, (Vmax) Velocità massima, (Emax) Energia massima del masso sulla barriera.

Descr.	Xb (m)	Yb(m)	HpMax (m)	Vmax (m/s)	Emax (KJ)
1	54.07	268.324	3.258	17.974	357.859

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	19.074	m/s
Velocità minima	1.127	m/s
Velocità media	7.218	m/s
Scarto quadratico medio	4.955	m/s
Energia massima pre-impatto	343.154	KJ
Energia media pre-impatto	72.334	KJ
Scarto quadratico energia	88.015	KJ
Ascissa media di arresto	41.221	m
Ascissa massima raggiunta	54.917	m



CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Cilindrico		
Densità	2500.0	Kg/m ³	
Elasticità	98066.0	kPa	
Velocità iniziale in x	0.5	m/s	
Velocità iniziale in y	-0.5	m/s	
Velocità limite di arresto	0.01	m/s	
Diametro	0.7	m	
Lunghezza cilindro	1.4	m	
Tipo di analisi		statistica	
Numero lanci		100 spaziatura 20 cm	

DATI PENDIO

N	X (m)	Y (m)	Materiale
1	0.0	330.32	Roccia
2	1.09	329.35	Roccia
3	2.17	328.21	Roccia
4	3.26	326.85	Roccia
5	4.35	325.77	Roccia
6	5.44	324.25	Roccia
7	6.52	322.71	Roccia
8	7.61	321.26	Roccia
9	8.7	319.79	Roccia
10	9.79	318.56	Roccia
11	10.87	317.09	Roccia
12	11.96	315.66	Roccia
13	13.03	312.96	Roccia
14	14.09	311.78	Roccia
15	15.16	310.77	Roccia
16	16.22	309.54	Roccia
17	17.29	308.29	Roccia
18	18.36	307.11	Roccia
19	19.42	306.14	Roccia
20	20.49	305.06	Roccia
21	21.55	303.96	Roccia
22	22.62	303.07	Roccia

23	23.68	302.2	Roccia	42	43.71	285.26	Roccia	61	63.55	268.0	Detrito
24	24.75	301.06	Roccia	43	44.76	284.78	Roccia	62	64.59	267.59	Detrito
25	25.81	299.27	Roccia	44	45.81	284.12	Roccia	63	65.63	267.16	Detrito
26	26.88	298.05	Roccia	45	46.86	283.57	Roccia	64	66.68	266.52	Detrito
27	27.95	297.19	Roccia	46	47.9	282.48	Roccia	65	67.72	266.07	Detrito
28	29.01	296.16	Roccia	47	48.95	281.24	Roccia	66	68.76	265.63	Detrito
29	30.08	295.1	Roccia	48	49.99	279.46	Roccia	67	69.79	264.48	Detrito
30	31.14	293.38	Roccia	49	51.04	277.54	Roccia	68	70.81	263.45	Detrito
31	32.19	292.72	Roccia	50	52.08	275.49	Detrito	69	71.83	263.36	Detrito
32	33.24	292.18	Roccia	51	53.12	274.44	Detrito	70	72.86	263.33	Detrito
33	34.28	291.48	Roccia	52	54.16	273.72	Detrito	71	73.88	263.37	Detrito
34	35.33	290.78	Roccia	53	55.21	273.07	Detrito	72	74.91	263.45	Detrito
35	36.38	289.37	Roccia	54	56.25	272.34	Detrito	73	75.93	263.41	Detrito
36	37.43	288.72	Roccia	55	57.29	271.63	Detrito	74	76.95	262.93	Detrito
37	38.48	287.67	Roccia	56	58.34	270.82	Detrito	75	77.98	262.25	Detrito
38	39.52	286.99	Roccia	57	59.38	269.66	Detrito	76	79.0	261.49	Detrito
39	40.57	286.66	Roccia	58	60.42	269.21	Detrito	77	80.03	260.82	Detrito
40	41.62	286.19	Roccia	59	61.46	268.85	Detrito				
41	42.67	285.72	Roccia	60	62.51	268.41	Detrito				

Tipologie definite n°1

Descr.	H (cm)	Spessore (cm)	Inclinazione (°)	E (KJ)
1	400.0	20.0	75.0	1000.0

Opere di protezione inserite n°1

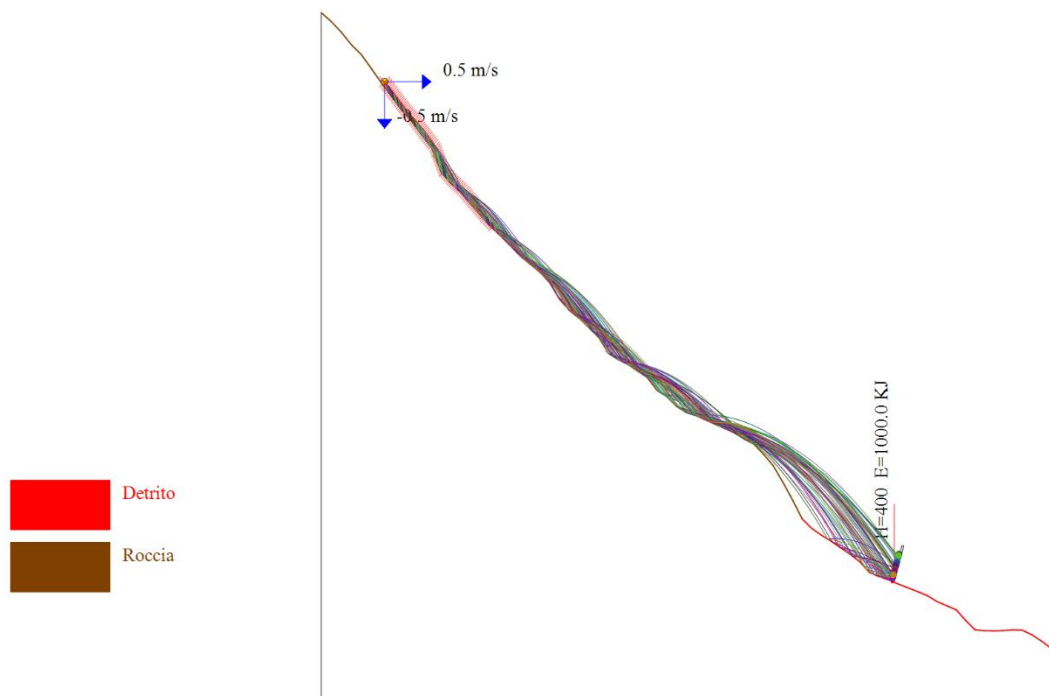
Descr.	Tipo	xb (m)	yb (m)	E (KJ)
1	1	61.86633	268.6797	1000

(HpMax) Altezza massima, (Vmax) Velocità massima, (Emax) Energia massima del masso sulla barriera.

Descr.	Xb (m)	Yb(m)	HpMax (m)	Vmax (m/s)	Emax (KJ)
1	61.866	268.68	2.73	22.474	508.483

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	22.125	m/s
Velocità minima	3.544	m/s
Velocità media	10.204	m/s
Scarto quadratico medio	4.899	m/s
Energia massima pre-impatto	487.404	KJ
Energia media pre-impatto	133.753	KJ
Scarto quadratico energia	115.838	KJ
Ascissa media di arresto	44.638	m
Ascissa massima raggiunta	62.576	m



13. COMPORTAMENTO SISMICO DEL TERRENO

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia (D.G.R. 845/2010) il comune di **Venzone** è stato compreso tra le zone sismiche Zona 1.

- Il sito in oggetto si classifica come appartenente alla categoria A dei suoli fondazionali, sulla base dell'indagine sismica realizzata:

Categoria di suolo	Tipo di suolo	V_{S30} (m/s)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri	> 800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da velocità equivalenti comprese tra 360 m/s e 800 m/s	360-800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s	180-360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 m/s e 180 m/s	100-180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri</i>	Come C e D con substrato con $V_{S30} > 800$ m/s

- Valori dei parametri T_E e T_F :

Categoria suolo	Categoria suolo	
	T_E (s)	T_F (s)
A	4.5	10.0
B	5.0	10.0
C - D - E	6.0	10.0

- Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale:

Categoria suolo	Categoria suolo			
	S_S	T_B	T_C	T_D
A - B - C - D - E	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

14. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: IV
Coefficiente d'uso (Cu): 2
Periodo di riferimento (Vr): 100 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 60 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 101 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 949 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 1950 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 46.3594284 [°]
Longitudine (WGS84): 13.1075640 [°]
Latitudine (ED50): 46.3603020 [°]
Longitudine (ED50): 13.1085472 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	8541	46.384160	13.055660	4847.80
2	8542	46.384400	13.127960	3065.52
3	8764	46.334400	13.128310	3255.34
4	8763	46.334160	13.056050	4968.68

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.063	2.496	0.239
	50	0.087	2.449	0.255
SLO	60	0.095	2.446	0.261
	72	0.104	2.443	0.267
SLD	101	0.124	2.416	0.280
	140	0.145	2.403	0.290
	201	0.171	2.386	0.307
	475	0.246	2.412	0.329
SLV	949	0.330	2.407	0.347
	975	0.333	2.407	0.347
SLC	1950	0.435	2.412	0.368
	2475	0.476	2.413	0.375

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.064	2.502	0.239
	50	0.087	2.448	0.255
SLO	60	0.096	2.445	0.261
	72	0.105	2.442	0.267
SLD	101	0.124	2.415	0.280
	140	0.146	2.403	0.290
	201	0.172	2.386	0.307
	475	0.248	2.413	0.329

SLV	949	0.332	2.406	0.347
	975	0.336	2.406	0.348
SLC	1950	0.437	2.411	0.368
	2475	0.479	2.413	0.375

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.067	2.511	0.239
	50	0.091	2.446	0.256
SLO	60	0.100	2.438	0.263
	72	0.109	2.429	0.270
SLD	101	0.130	2.411	0.280
	140	0.151	2.401	0.290
	201	0.178	2.386	0.308
	475	0.257	2.410	0.330
SLV	949	0.344	2.403	0.349
	975	0.348	2.403	0.349
SLC	1950	0.452	2.412	0.370
	2475	0.494	2.415	0.377

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.066	2.506	0.240
	50	0.090	2.446	0.256
SLO	60	0.099	2.438	0.263
	72	0.109	2.429	0.270
SLD	101	0.129	2.411	0.280
	140	0.151	2.400	0.291
	201	0.178	2.386	0.308
	475	0.256	2.412	0.330
SLV	949	0.342	2.404	0.349
	975	0.346	2.404	0.349
SLC	1950	0.450	2.413	0.370
	2475	0.492	2.416	0.377

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	60	0.097	2.442	0.262
SLD	101	0.127	2.413	0.280
SLV	949	0.337	2.405	0.348
SLC	1950	0.443	2.412	0.369

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

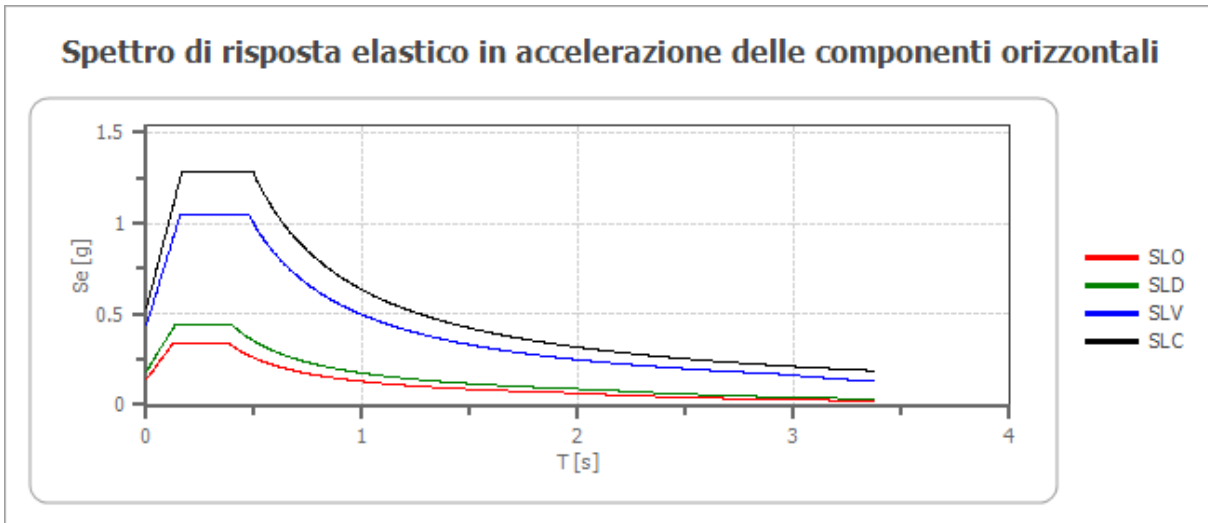
Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.028	0.044	0.122	0.532
kv	0.014	0.022	0.061	0.266
amax [m/s ²]	1.374	1.788	4.281	5.218
Beta	0.200	0.240	0.280	1.000

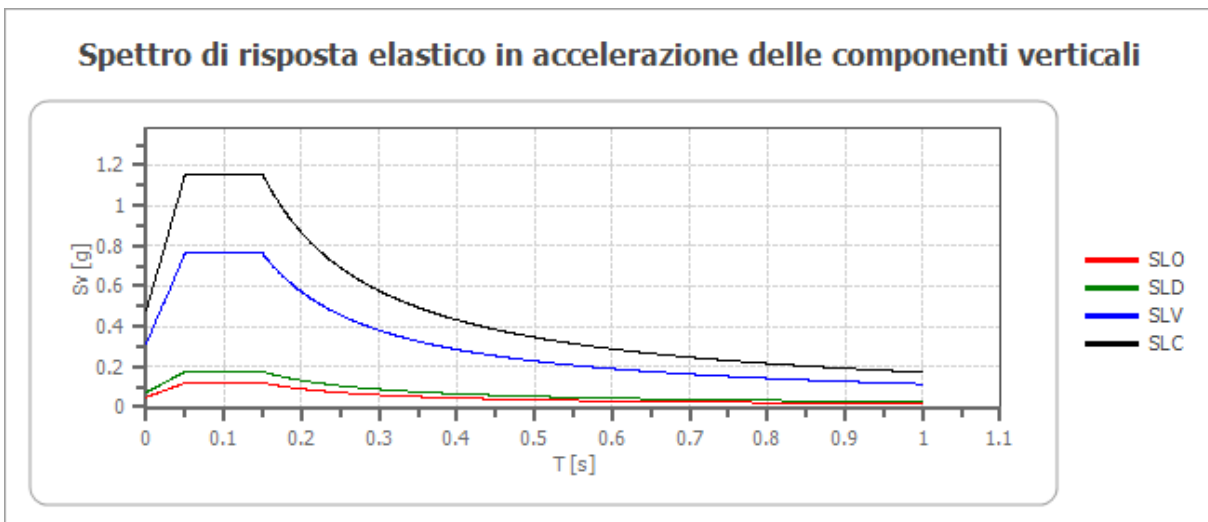
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.097	2.442	0.262	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.377	1.989	0.140	0.342
SLD	2.0	0.127	2.413	0.280	1.200	1.420	1.200	1.440	1.000	0.133	0.398	2.107	0.182	0.440
SLV	2.0	0.337	2.405	0.348	1.080	1.360	1.200	1.296	1.000	0.158	0.473	2.947	0.437	1.050
SLC	2.0	0.443	2.412	0.369	1.000	1.340	1.200	1.200	1.000	0.165	0.494	3.374	0.532	1.283

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.097	2.442	0.262	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.049	0.120
SLD	2.0	0.127	2.413	0.280	1	1.420	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.073	0.176
SLV	2.0	0.337	2.405	0.348	1	1.360	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.317	0.762
SLC	2.0	0.443	2.412	0.369	1	1.340	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.478	1.154

Spettro di progetto

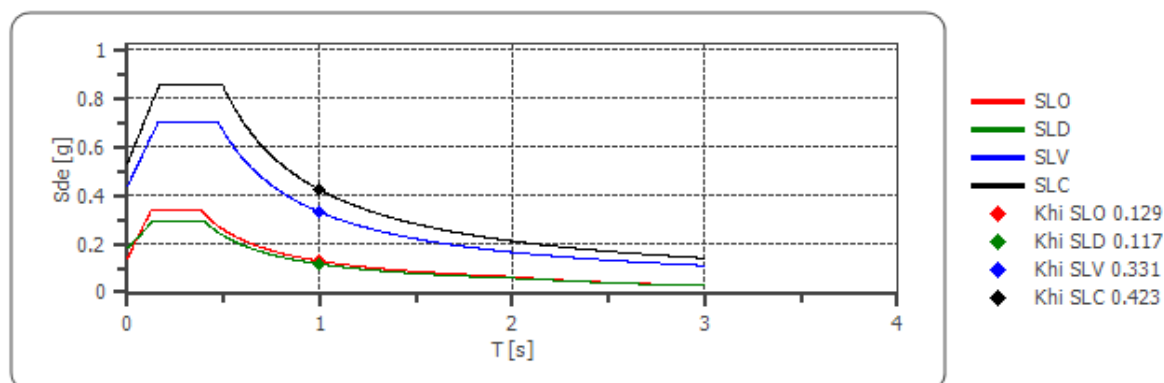
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

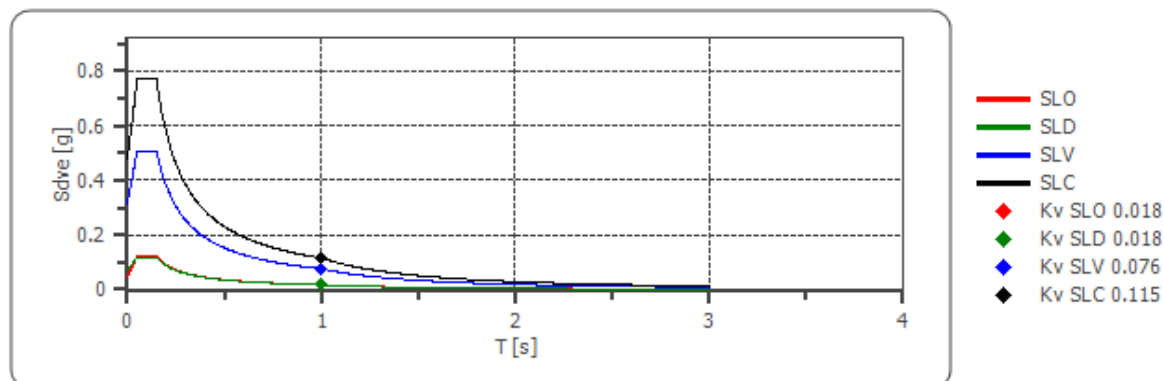
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.129	0.117	0.331	0.423
0.018	0.018	0.076	0.115	

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.097	2.442	0.262	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.377	1.989	0.140	0.342
SLO verticale	2.0	0.097	2.442	0.262	1.200	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.049	0.120
SLD orizzontale	2.0	0.127	2.413	0.280	1.200	1.420	1.200	1.440	1.500	0.133	0.398	2.107	0.182	0.293
SLD verticale	2.0	0.127	2.413	0.280	1.200	1.420	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.073	0.117
SLV orizzontale	2.0	0.337	2.405	0.348	1.080	1.360	1.200	1.296	1.500	0.158	0.473	2.947	0.437	0.700
SLV verticale	2.0	0.337	2.405	0.348	1.080	1.360	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.317	0.508
SLC orizzontale	2.0	0.443	2.412	0.369	1.000	1.340	1.200	1.200	1.500	0.165	0.494	3.374	0.532	0.856
SLC verticale	2.0	0.443	2.412	0.369	1.000	1.340	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.478	0.769

15. CONCLUSIONI

Su incarico della committenza lo scrivente ha redatto la presente relazione geologica finalizzata ai lavori di stabilizzazione di un tratto di pendio del monte San Simeone lungo la ciclovía “FVG 6 – Ciclovía del Tagliamento”, in località Pioverno, comune di Venzone.

Il progetto prevede la prosecuzione di un intervento attivo in parete mediante disgaggio e messa in opera di una rete in aderenza (Intervento A), ed un intervento per la realizzazione di 30 metri lineari di barriera paramassi elastoplastica (Intervento B).

Le situazioni tettonica e geologica della zona sono ben delineate, l'area di intervento si situa in un tratto di versante alpino.

Per la redazione della presente relazione sono stati realizzati sopralluoghi e si è fatto riferimento ad informazioni bibliografiche. Inoltre è stata realizzata una stazione geomeccanica, una indagine sismica HVSR, un rilievo geologico di dettaglio ed è stato utilizzato un rilievo topografico a mezzo drone.

Sulla base dei rilievi svolti si ritiene lecito affermare quanto segue:

- Venzone ricade in Zona sismica Z1;
- La classe topografica del sito è T2;
- Sulla base dell'indagine sismica si classifica i terreni come appartenenti alla categoria B dei suoli fondazionali;
- Secondo la consultazione del sito ITHACA e del catasto regionale delle faglie attive non sono presenti faglie attive o capaci che intersecano la viabilità in progetto;
- Non sono presenti vincoli PGRA e PAI geologico nell'area interessata dal progetto;
- Il progetto è diviso in due interventi, identificati come intervento A e B;
- L'intervento A prevede la posa in opera di una rete metallica la cui aderenza al pendio verrà garantita da un reticolo di funi. Il versante è posto in adiacenza ad un tratto su cui si è già intervenuto con un precedente appalto. È inoltre prevista la demolizione di uno sperone roccioso;
- Gli ancoraggi delle opere di difesa potranno essere dimensionati sulla base delle informazioni

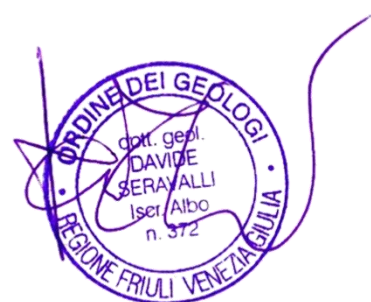
fornite nel capitolo dedicato alle indicazioni geologico tecniche;

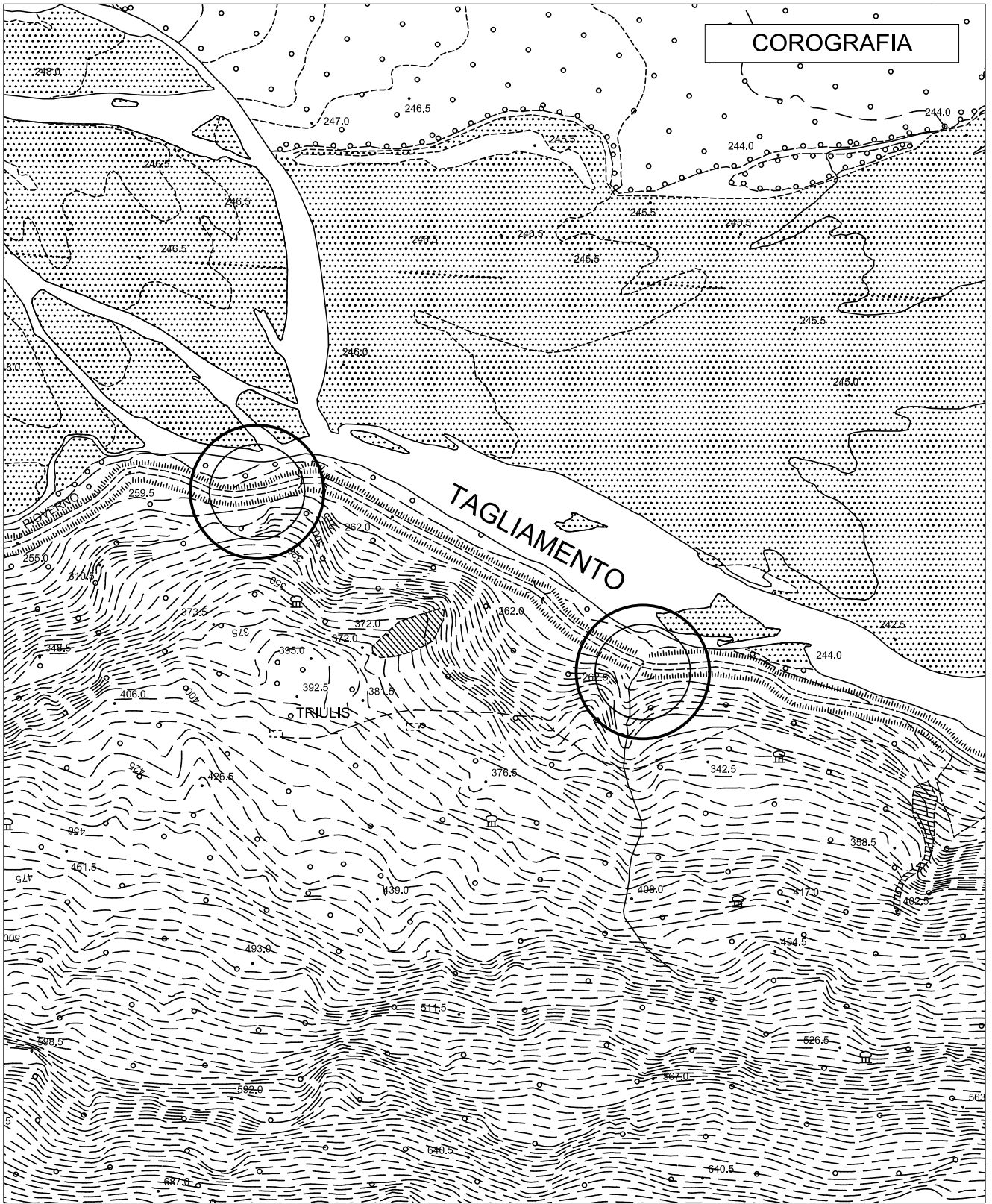
- L'intervento B prevede la realizzazione di 30 metri di barriera elastoplastica;
- Nelle analisi caduta massi sono stati simulati gli scendimenti lungo 2 sezioni, la prima delle quali è stata utilizzata anche per realizzare la back analysis relativamente ad un distacco verificatosi nel 2025;
- Nelle simulazioni sono stati utilizzati massi aventi forma prismatica con volume di mezzo metro cubo. Forma e dimensioni del masso sono state scelte sulla base delle osservazioni lungo il pendio, dell'elaborazione della stazione geomeccanica e delle informazioni raccolte sul crollo verificatosi l'anno scorso;
- Le barriere sono progettate per intercettare il singolo distacco, ma non possono svolgere la propria funzione in caso di distacchi multipli oppure di eventi parossistici, che non si possono escludere; non è nemmeno possibile individuare i tratti di versante in cui tale evenienza è più probabile;
- Le fondazioni delle barriere potranno essere dimensionate sulla base dei valori forniti nel capitolo dedicato alle indicazioni geologico tecniche.

In fase di realizzazione degli scavi sarà comunque opportuno controllare congiuntamente con lo scrivente che la situazione geologica corrisponda a quella delineata su tutta la superficie d'intervento. In particolare andrà verificata l'eventuale presenza di diedri rocciosi potenzialmente instabili, per procedere al loro disgaggio o in alternativa alla loro messa in sicurezza mediante chiodature.

Gemona del Friuli, 18 febbraio 2026

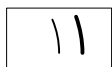
Dott. Geol. Davide Seravalli



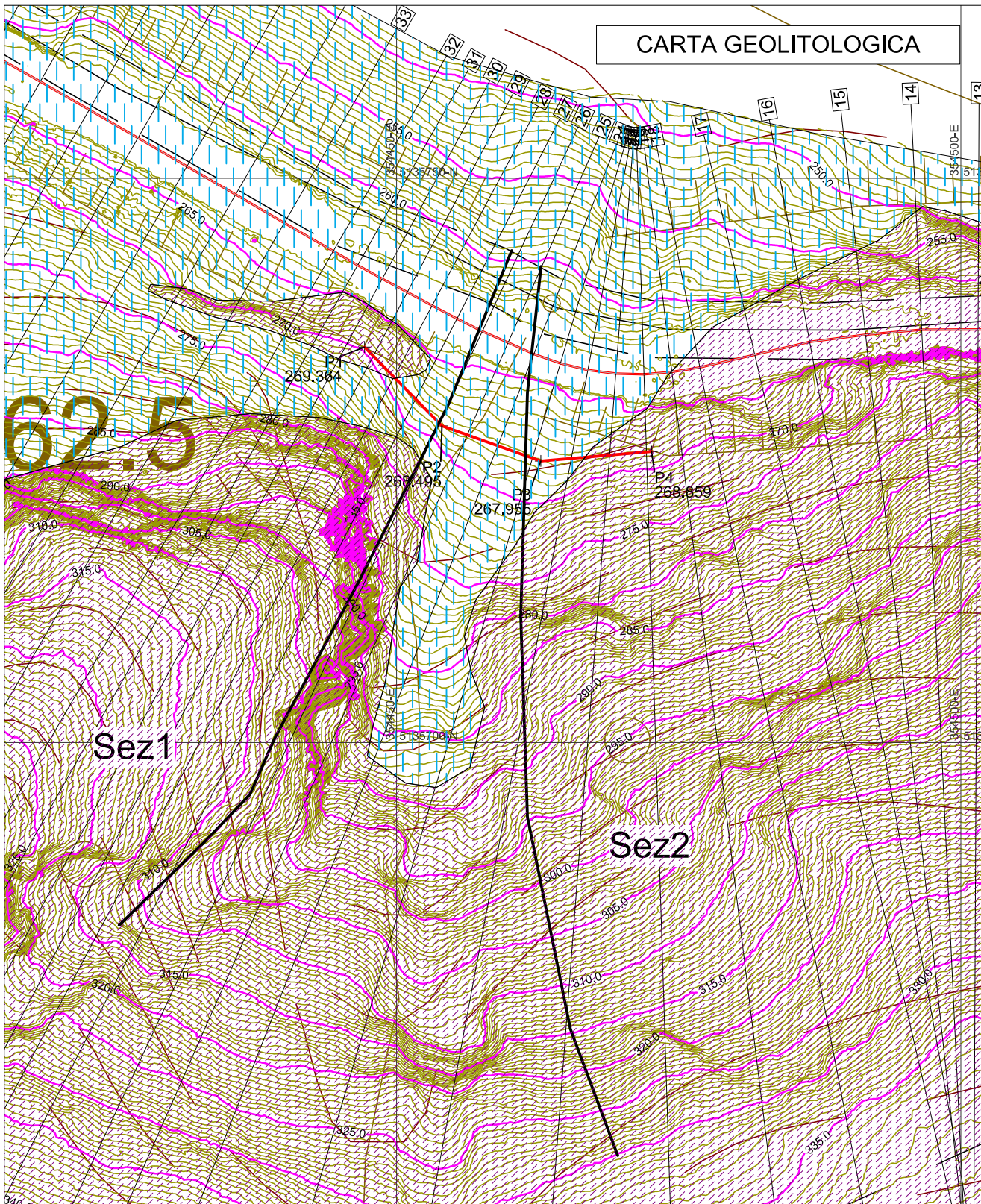


LEGENDA

SCALA 1:5.000



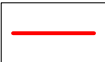
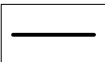

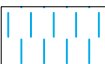
AREA DI INDAGINE



CARTA GEOLITOLOGICA

LEGENDA

SCALA 1:500

-  Barriera in progetto
-  Traccia analisi caduta massi
-  Roccia affiorante o subaffiorante
-  Falda di versante, detrito grossolano