



**RICHIESTA DI VARIANTI PUNTUALI PER OPERA PUBBLICA AL PIANO REGOLATORE
COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 39, C.2, DELLA L.P. 15/2015**

VARIANTE V.P.02

STUDIO DI COMPATIBILITÀ (ARTT. 16 E 17 L.P. 27 MAGGIO 2008 N.5)			
<u>ELABORATO</u>	<i>R.01</i>	<u>CATEGORIA</u>	<i>VARIANTE PRG</i>
<u>DATA</u>	<i>giugno 2026</i>	<u>COMMESSA</u>	<i>Rif. 575/26</i>
<u>COMMITTENTE</u>	<i>COMUNE DI CASTELLO TESINO</i> <i>Via Dante, 12 – 38053 Castello Tesino (TN)</i>		
<u>PROGETTISTA</u>	<i>STUDIO ASSOCIATO ARCH. TTI SORDO F. & A.</i> <i>Via Piave, 25 38079 Tione (TN)</i>		
 Studio di Geologia Lorenzetti Servizi Per l'Ambiente e la Geologia Applicata <i>Dott. Geol. Lorenzetti Giuliano - Dott.ssa Geol. Graba Magdalena</i> 			

A norma di legge il presente elaborato non può essere riprodotto o comunicato a terze parti senza espressa e preventiva autorizzazione dello Studio di Geologia Lorenzetti

IL TECNICO GEOLOGO

DOTT. LORENZETTI GIULIANO



1. PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO	0
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	2
2.1. NORMATIVA NAZIONALE	2
2.2. NORMATIVA PROVINCIALE	2
3. DESCRIZIONE DELLA VARIANTE V.P.02	3
4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	4
5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE	8
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	10
6.1. CENNI SULLA TETTONICA	11
6.1.1. <i>La linea della Valsugana</i>	11
7. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO GENERALE	12
7.1. CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO	14
8. STATO ATTUALE DELL'AREA IN ESAME.....	16
9. PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO	24
9.1. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ.....	24
9.2. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ.....	25
9.2.1. <i>Carta della pericolosità per fenomeni da crolli rocciosi</i>	26
9.2.2. <i>Carta della pericolosità per fenomeni litogeomorfologici</i>	27
9.3. CARTA DELLE RISORSE IDRICHE	28
10. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ FENOMENI DI CROLLO – STIMA PONDERATA DEGLI EFFETTI ATTESI.....	30
10.1. INDIVIDUAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI SUOLO LUNGO IL VERSANTE	31
10.2. STIMA DEL PARAMETRO DELL'ASPERITÀ DEL VERSANTE	33
10.3. INDIVIDUAZIONE DEL BLOCCO UNITARIO DI PROGETTO	34
10.4. INDIVIDUAZIONE AREE SORGENTE FENOMENI DI CROLLO	35
10.5. SEZIONI DI CONTROLLO	35
10.6. DISCUSSIONE RISULTATI MODELLISTICI	37
10.6.1. <i>Massimi effetti attesi – Aree di passaggio dei massi</i>	38
10.6.2. <i>Massimi effetti attesi - Energie Cinetiche</i>	39
10.6.3. <i>Massimi effetti attesi - Altezze di volo</i>	40
10.7. DEFINIZIONE DEI FENOMENI ATTESI (CROLLI ROCCIOSI) E PRESCRIZIONI OPERATIVE SULLA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI	41
11. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ PER FENOMENI LITOGEOMORFOLOGICI	43
11.1. DEFINIZIONE DEI FENOMENI ATTESI (LITOGEOMORFOLOGICI) E PRESCRIZIONI OPERATIVE SULLA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI	46
12. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA COMPATIBILITÀ DELLA VARIANTE RICHIESTA.....	48

1. PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO

Per conto della committenza Comune di Castello Tesino, è redatto il presente studio di compatibilità a supporto delle previsioni urbanistiche introdotte dalla variante puntuale al Piano Regolatore Generale comunale denominata “Richiesta di varianti puntuali per opera pubblica al Piano Regolatore Comunale ai sensi dell’art. 39, comma 2, della L.P. 15/2015”, con specifico riferimento alle previsioni per le quali la verifica rispetto alla Carta di Sintesi della Pericolosità richiede un approfondimento tecnico specialistico.

Lo studio è predisposto ai sensi del Capo IV delle Norme di Attuazione del Piano Urbanistico Provinciale, approvato con L.P. 27 maggio 2008, n. 5, e in coerenza con le disposizioni applicative relative alla Carta di Sintesi della Pericolosità, prevista dall’art. 22 della L.P. 4 agosto 2015, n. 15. La Carta di Sintesi della Pericolosità costituisce infatti lo strumento normativo di riferimento per la pianificazione urbanistica provinciale nelle aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell’uso del suolo.

In particolare, il presente elaborato accompagna le previsioni urbanistiche riferite alla Variante puntuale V.P. 02 individuata nella Relazione illustrativa della variante urbanistica. La V.P. 02 riguarda la modifica della destinazione urbanistica delle pp.ed. 1875, 1794/1 e 1794/2 e della p.f. 3550, da area per attrezzature civili-amministrative di livello locale, area assistenziale, ad area per edilizia abitativa pubblica/convenzionata.

Ai fini dell’inquadramento normativo si richiama inoltre il secondo aggiornamento delle Carte della Pericolosità e della Carta di Sintesi della Pericolosità, approvato con deliberazioni della Giunta provinciale n. 1341 e n. 1361 di data 12 settembre 2025, in vigore dal 19 settembre 2025, come richiamato anche nella Relazione illustrativa della variante. La deliberazione n. 1361/2025 ha inoltre aggiornato l’Allegato C alla deliberazione n. 1317/2020, relativo alle indicazioni e precisazioni applicative per le aree con penalità elevate, medie, basse e per gli altri tipi di penalità.

L’elaborato sviluppa una disamina degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici che caratterizzano gli ambiti interessati dalla previsione urbanistica, con l’obiettivo poi di verificare la compatibilità delle trasformazioni proposte rispetto alle condizioni di pericolosità individuate dalla Carta di Sintesi della Pericolosità e dal quadro conoscitivo territoriale disponibile.

Per la redazione dello studio si è fatto riferimento a dati pregressi desunti dalla cartografia geologica, geomorfologica e di pericolosità, dalla documentazione tecnica e urbanistica disponibile, nonché dalle informazioni acquisite direttamente in sito nel corso del sopralluogo effettuato dallo scrivente. L’attività di rilievo ha consentito di verificare lo stato dei luoghi, le principali condizioni morfologiche e idrogeologiche locali, le eventuali criticità presenti e la coerenza tra le evidenze di campagna e le indicazioni riportate negli strumenti conoscitivi e pianificatori.

Lo Studio di Compatibilità è finalizzato all’analisi delle condizioni di pericolosità interferenti con le previsioni urbanistiche in esame, alla valutazione della loro ammissibilità rispetto al contesto geologico e idrogeologico locale e alla definizione degli eventuali accorgimenti progettuali, costruttivi e gestionali necessari a garantire un corretto inserimento degli interventi nel territorio.

Il presente elaborato costituisce pertanto documentazione tecnica specialistica a supporto della variante urbanistica e contiene, in forma proporzionata alla natura delle trasformazioni previste, gli elementi utili a inquadrare gli interventi nel contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e di pericolosità di riferimento, nonché le valutazioni conclusive in merito alla compatibilità delle previsioni urbanistiche proposte.

In Figura 1 è riportata la mappa catastale con evidenziate le particelle interessate dalla variante puntuale V.P.02.

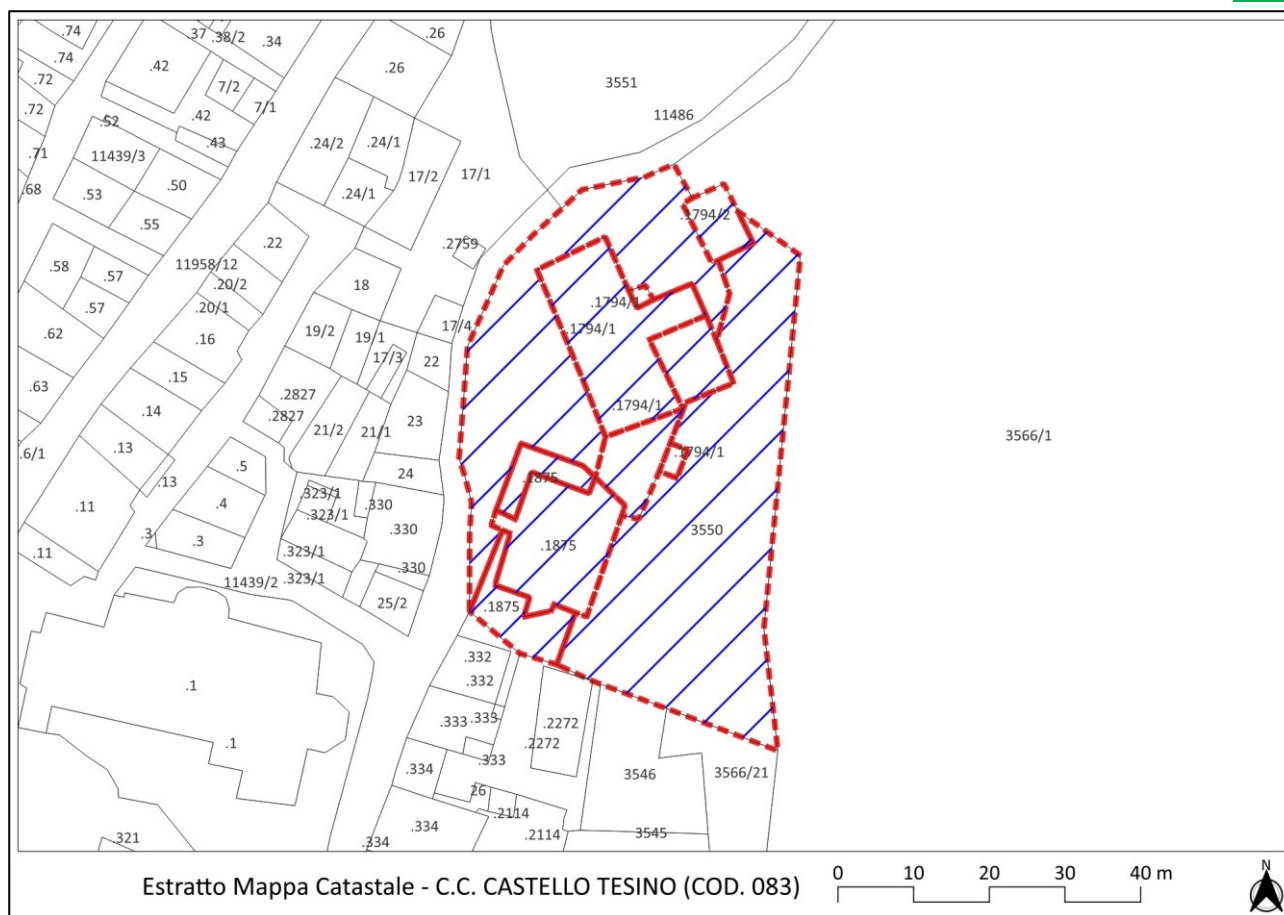


Figura 1. Estratto mappa catastale e aree di variante



Figura 2. Vista panoramica di Castello Tesino con evidenziata l'area oggetto di variante

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. L.L.PP. 11.03.88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- DECRETO 21 OTTOBRE 2003 della Presidenza del Consiglio dei ministri – Dip. Protezione Civile;
- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI. 2008 – Testo Unico - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009, N° 617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14. 01. 2008;
- D.LGS. 152/2006 – “Norme in materia ambientale”;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni;
- D.P.R. 120/2017: “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”.

2.2. NORMATIVA PROVINCIALE

- D.P.R. 15 febbraio 2006, Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche e s.m.i.;
- L.P. nr. 5 27/05/2008 “Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale”;
- Prima direttiva per l’applicazione del decreto del ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008 in materia di nuove norme tecniche per le costruzioni – P.A.TN. Dip. Protezione Civile e Tutela del territorio e Dip. LL.PP., trasporti e reti;
- D.G.P. 1227/09 “Linee guida ed indicazioni operative per l’utilizzo di terre e rocce derivanti da operazioni di scavo”.
- - D.G.P. 2563/2008 - Approvazione della carta della criticità idrica sotterranea ai sensi dell'art. 10 delle norme di attuazione del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche e disciplina dell'utilizzo delle risorse idriche sotterranee.
- D.G.P. 1666/2009 - Macroaree interessate da fenomeni naturali con superamento delle CSC;
- Carta di Sintesi della Pericolosità - comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5;
- Carte della Pericolosità (articolo 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 dalle legge provinciale 27 maggio 2008, n.5);
- Carta di sintesi della pericolosità “Indicazioni e precisazioni per l’applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate, medie o basse e le aree con altri tipi di penalità”. Aggiornamento deliberazione n. 1361 del 12 settembre 2025.

3. DESCRIZIONE DELLA VARIANTE V.P.02

La variante puntuale al PRG, identificata come V.P. 02, prevede la modifica della destinazione urbanistica delle pp.ed. 1875, 1794/1 e 1794/2 e della p.f. 3550, attualmente classificate dal PRG vigente come “area per attrezzature civili-amministrative di livello locale - area assistenziale”. La proposta di variante intende trasformare tale ambito in “area per edilizia abitativa pubblica/convenzionata”, secondo quanto disciplinato dal nuovo art. 39bis delle Norme Tecniche di Attuazione.

La modifica urbanistica è finalizzata al recupero e alla rifunzionalizzazione di un immobile esistente, attualmente inutilizzato e in stato di progressivo degrado, originariamente destinato a casa di riposo. L'Amministrazione comunale intende pertanto restituire alla collettività un patrimonio edilizio oggi privo di funzione, destinandolo a finalità abitative di interesse pubblico, con particolare riferimento alla residenzialità stabile e alle fasce di popolazione che incontrano maggiori difficoltà nell'accesso al mercato immobiliare libero.

Sotto il profilo urbanistico, la variante si configura come intervento di riqualificazione e riuso del patrimonio edilizio esistente, privilegiando il recupero di un immobile già inserito nel tessuto urbanizzato rispetto alla realizzazione di nuove edificazioni. Tale impostazione risulta coerente con i principi di contenimento del consumo di suolo, valorizzazione del patrimonio edilizio esistente e rigenerazione del contesto urbano.



Figura 3. Estratto PRG vigente e di variante

4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO

In Figura 4 si riporta lo stralcio in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Provinciale (CPT2025). L'area d'intervento oggetto della presente si localizza all'interno dell'abitato di Castello Tesino, sulla sinistra idrografica della Valsugana nella zona orientale del Trentino. Più precisamente l'area di studio si trova nella parte periferica disposta a nord-ovest del paese, ad una quota topografica di circa 865-870 m s.l.m., lungo il raccordo tra il nucleo storico e i versanti dei rilievi circostanti che si sviluppano verso la località Arnazza.

L'area di studio si inserisce nel contesto dell'Altopiano del Tesino, ampio settore montano compreso tra la Valsugana e il gruppo di Cima d'Asta, caratterizzato da superfici subpianeggianti poste a quote comprese tra circa 800 e 1.000 m s.l.m. Dal punto di vista morfologico il sito si colloca sul margine di un ampio versante esposto prevalentemente verso nord e nord-ovest del Monte Picosta (1.418 m s.l.m.), caratterizzato da pendenze da moderate a localmente elevate.

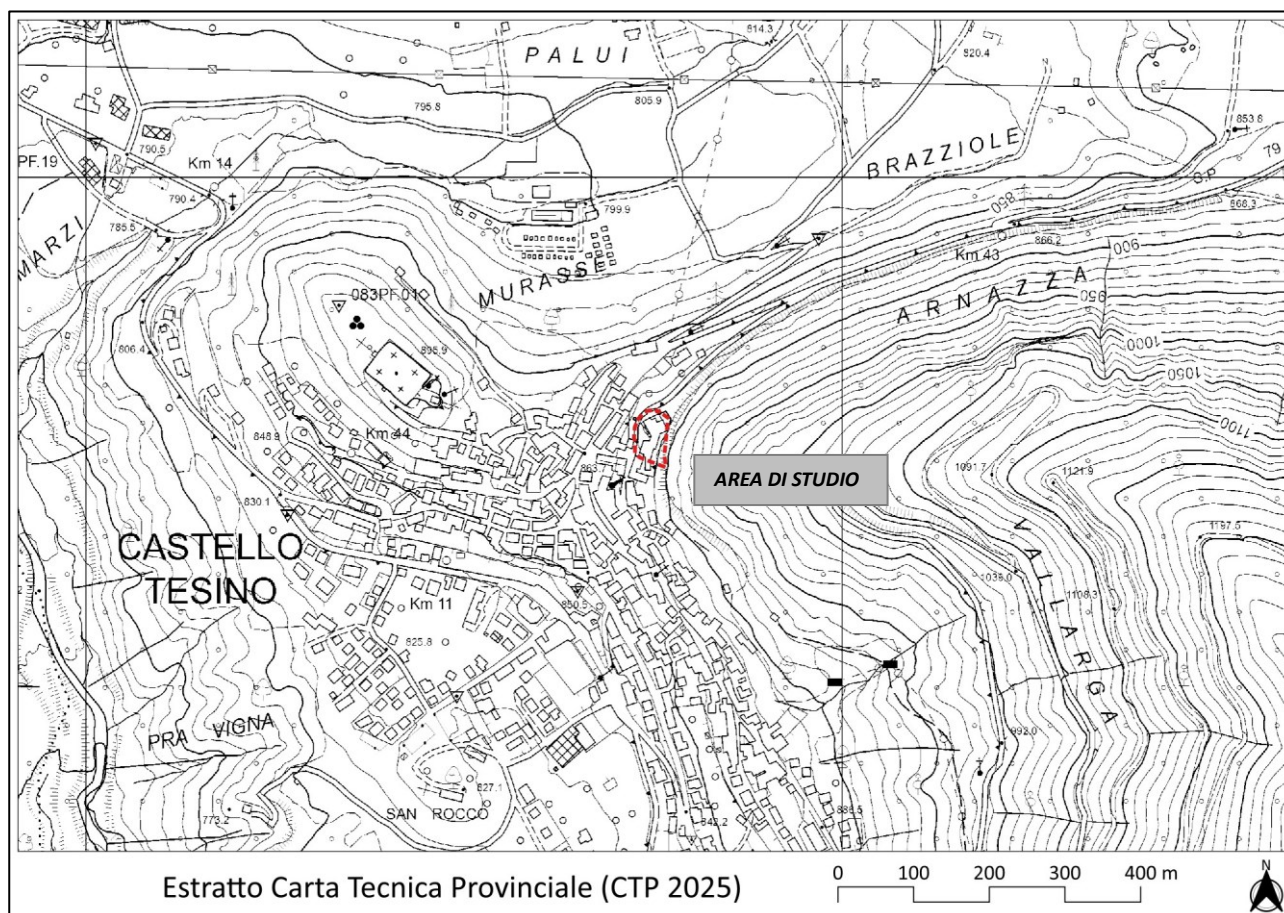


Figura 4. Inquadramento topografico dell'area in esame. Stralcio in scala CTP

A scala più ampia il territorio è caratterizzato da versanti modellati dai processi erosivi e gravitativi che interessano il territorio nei dintorni di Tesino, con alternanza di dorsali arrotondate, incisioni vallive e piccoli impluvi secondari. La morfologia attuale deriva dall'interazione tra l'assetto strutturale del substrato roccioso, l'azione erosiva delle acque superficiali e i processi periglaciali e gravitativi che hanno interessato il territorio nel corso dell'evoluzione quaternaria.

Nel dettaglio, l'area di studio è interpretabile come un terrazzo morfologico impostato lungo il versante. Tale superficie risulta leggermente rialzata rispetto alle aree topograficamente più depresse e si sviluppa in continuità laterale con analoghe forme di livellamento presenti lungo la medesima fascia altimetrica che caratterizza il margine dell'abitato di Castel Tesino.

Lungo il versante a monte dell'area di studio si è notata inoltre la diffusa presenza di massi erratici arrotondati che contribuisce a confermare la natura glaciale delle coperture superficiali e l'azione di modellamento e trasporto operata dai ghiacciai quaternari. Localmente, tali elementi possono emergere dal piano campagna come blocchi isolati, talora parzialmente infissi nella coltre detritico-glaciale e spesso rivestiti da muschi e copertura organica, a testimonianza della loro lunga permanenza in posto e della sostanziale stabilità morfologica attuale del sito.

Nelle immediate vicinanze dell'area di interesse non si rileva la presenza di corsi d'acqua significativi né di incisioni torrentizie particolarmente sviluppate. Il drenaggio superficiale avviene prevalentemente attraverso modeste linee di impluvio e vallecole secondarie che raccolgono le acque meteoriche provenienti dai versanti soprastanti, convogliandole progressivamente verso ovest e sud-ovest.

A scala territoriale i deflussi convergono nel torrente Grigno, che rappresenta il principale corso d'acqua del settore. Esso trae origine nell'area montana del gruppo di Cima d'Asta e percorre la valle con direzione prevalente nord-sud, drenando gran parte dell'altopiano del Tesino prima di immettersi nel fiume Brenta in Valsugana, in prossimità dell'abitato di Grigno.

L'assetto morfologico dell'area è ben riconoscibile attraverso l'analisi del Modello Digitale del Terreno (DTM) e del Modello Digitale della Superficie (DSM), riportati nella *Figura 5* e *Figura 6*. Tali elaborati consentono di distinguere le principali forme del territorio, evidenziando l'andamento dei versanti, le superfici a minore acclività, le incisioni del reticolo idrografico minore e le modificazioni legate alla presenza dell'edificato e delle infrastrutture. Dall'osservazione congiunta dei due modelli si conferma che l'area di studio si inserisce in un contesto morfologico articolato, posto al margine del centro abitato e in prossimità di versanti moderatamente acclivi, localmente incisi da modeste linee di drenaggio superficiale.

In sintesi, si può affermare che l'attività tettonica, in una prima fase, e il successivo modellamento esercitato dalle pulsazioni glaciali abbiano svolto un ruolo determinante nella definizione dell'attuale assetto morfologico del territorio. In particolare, nelle aree di fondovalle, l'azione glaciale ha favorito la deposizione di estese coperture riferibili a till indifferenziato.

In epoca post-glaciale, l'evoluzione dei versanti è stata invece condizionata principalmente da processi gravitativi e, localmente, da fenomeni carsici, in relazione alla natura carbonatica del substrato roccioso affiorante nell'area, rappresentato da unità comprese tra la Scaglia Rossa e il Calcare di Linfano. A tali dinamiche si affiancano i processi torrentizi, responsabili della deposizione di materiali alluvionali lungo i principali corsi d'acqua. L'insieme di questi processi ha contribuito in modo significativo alla configurazione attuale delle coperture superficiali e alla dinamica geomorfologica locale.

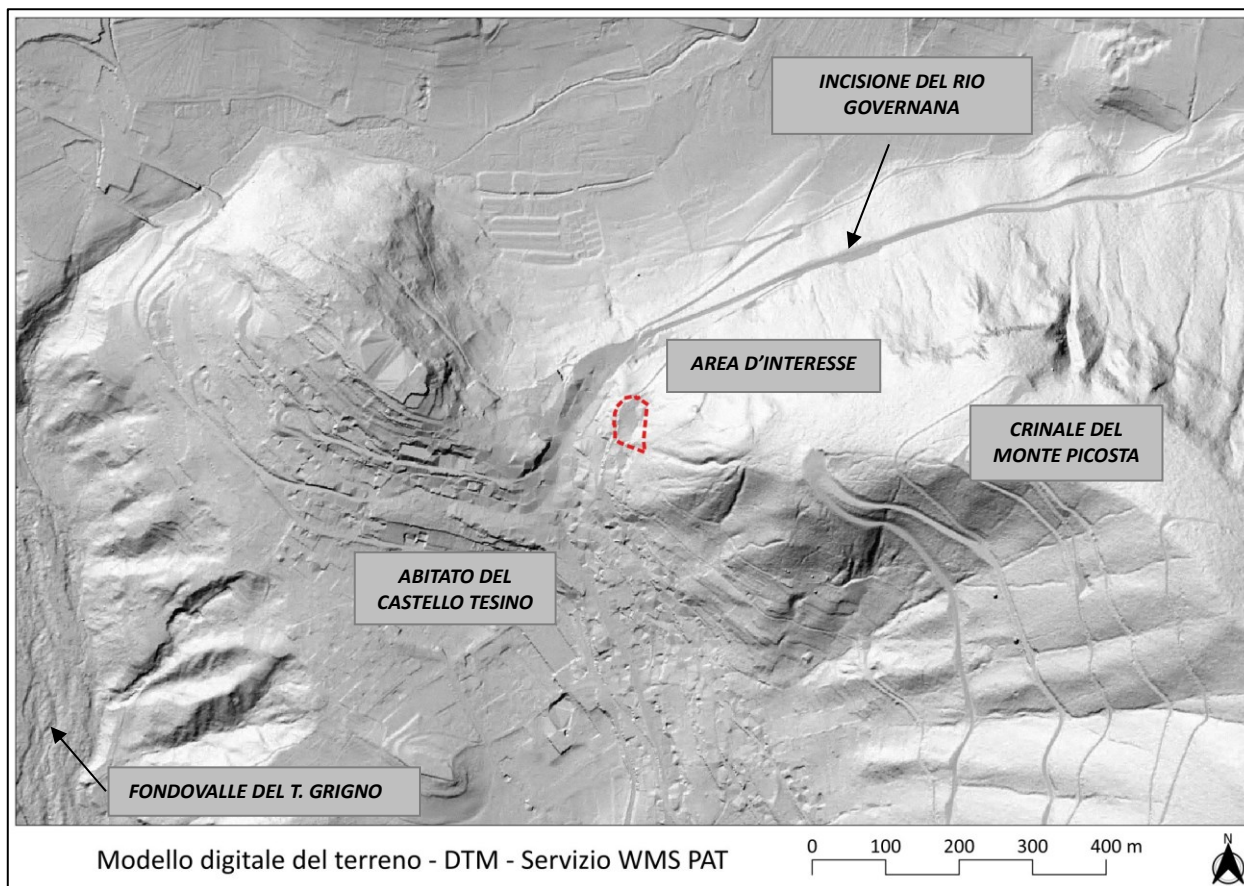


Figura 5. Modello digitale del terreno. Carta dell'ombreggiamento

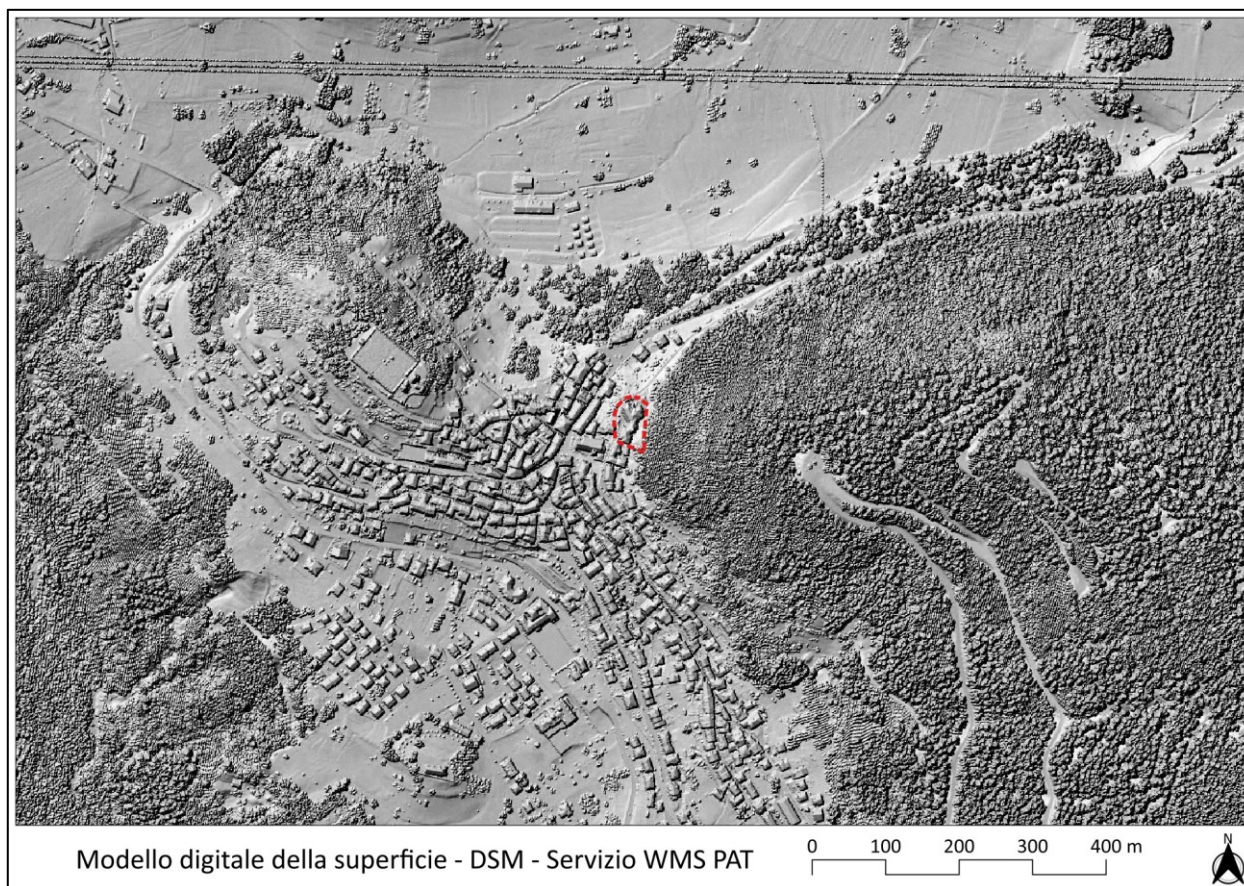


Figura 6. Modello digitale della superficie. Carta dell'ombreggiamento

Dal confronto delle immagini ortofotogrammetriche (*Figura 7 e Figura 8*) si osserva una progressiva trasformazione dell'assetto territoriale, caratterizzata soprattutto dall'aumento delle aree boscate e dalla contestuale riduzione delle superfici agricole aperte. Si rileva inoltre una moderata evoluzione del tessuto edificato, con progressivo consolidamento delle aree urbanizzate e delle infrastrutture a servizio dell'abitato. Le trasformazioni hanno interessato anche le fasce di transizione tra il fondovalle e il versante, determinando un assetto insediativo oggi più continuo e organizzato rispetto a quello osservabile nelle immagini storiche.

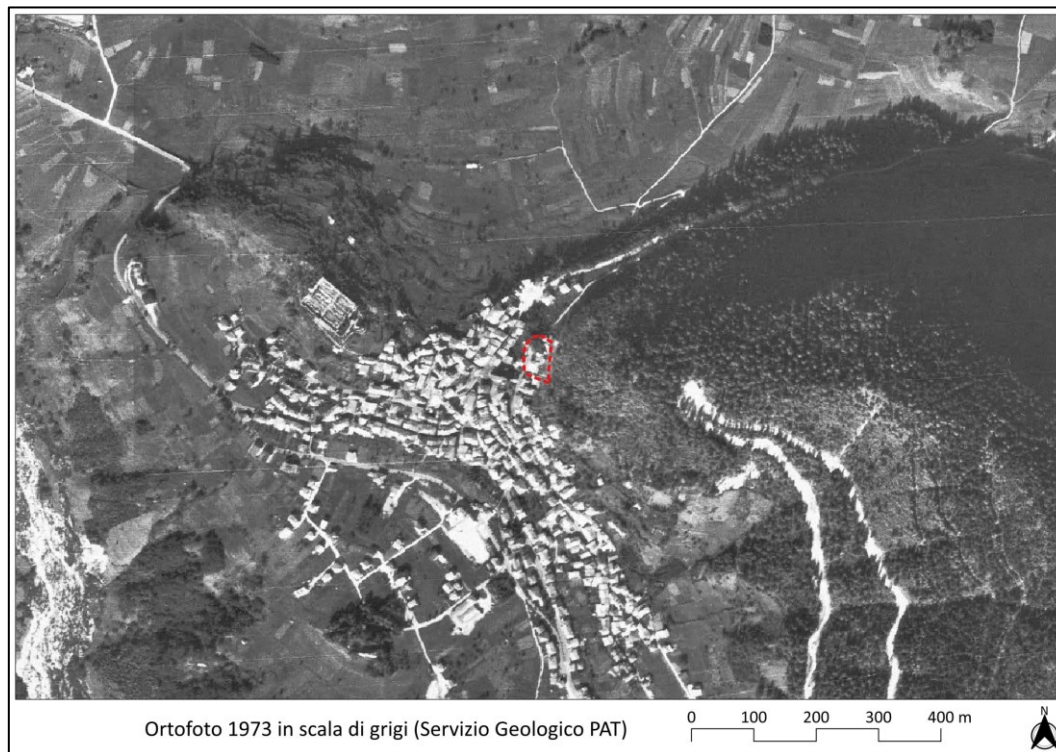


Figura 7. Immagine ortofotogrammetrica dell'area in esame (PAT 1973)

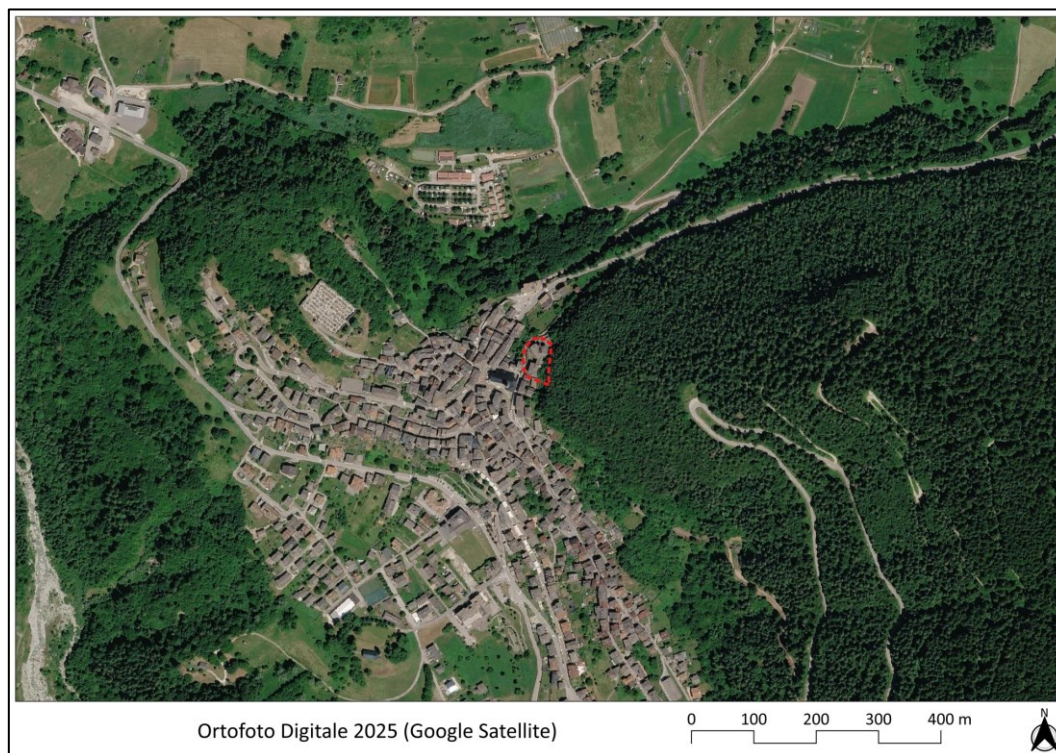


Figura 8. Immagine ortofotogrammetrica dell'area in esame (2025)

5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Come si evince dalla Figura 9, l'idrografia principale dell'area è dominata dal torrente Grigno, che scorre lungo il fondovalle e costituisce l'asse drenante principale del bacino idrografico locale. Il corso d'acqua trae origine dal settore montano di Cima d'Asta, in corrispondenza dell'omonimo laghetto, e dopo aver drenato la Val Malene e l'area del Tesino prosegue verso valle fino alla confluenza nel fiume Brenta, presso l'abitato di Grigno.

Al corso d'acqua principale afferiscono numerosi impluvi e rivi appartenenti al reticolo idrografico secondario, con regime generalmente torrentizio e alimentazione legata sia agli apporti meteorici sia al drenaggio dei versanti. Nell'area di interesse assumono particolare rilevanza il rio Governana e il rio Sorgente Fontanabona, che delimitano rispettivamente a nord e a sud il versante oggetto della presente perizia, contribuendo al deflusso superficiale locale e alla compartimentazione morfologica del pendio.

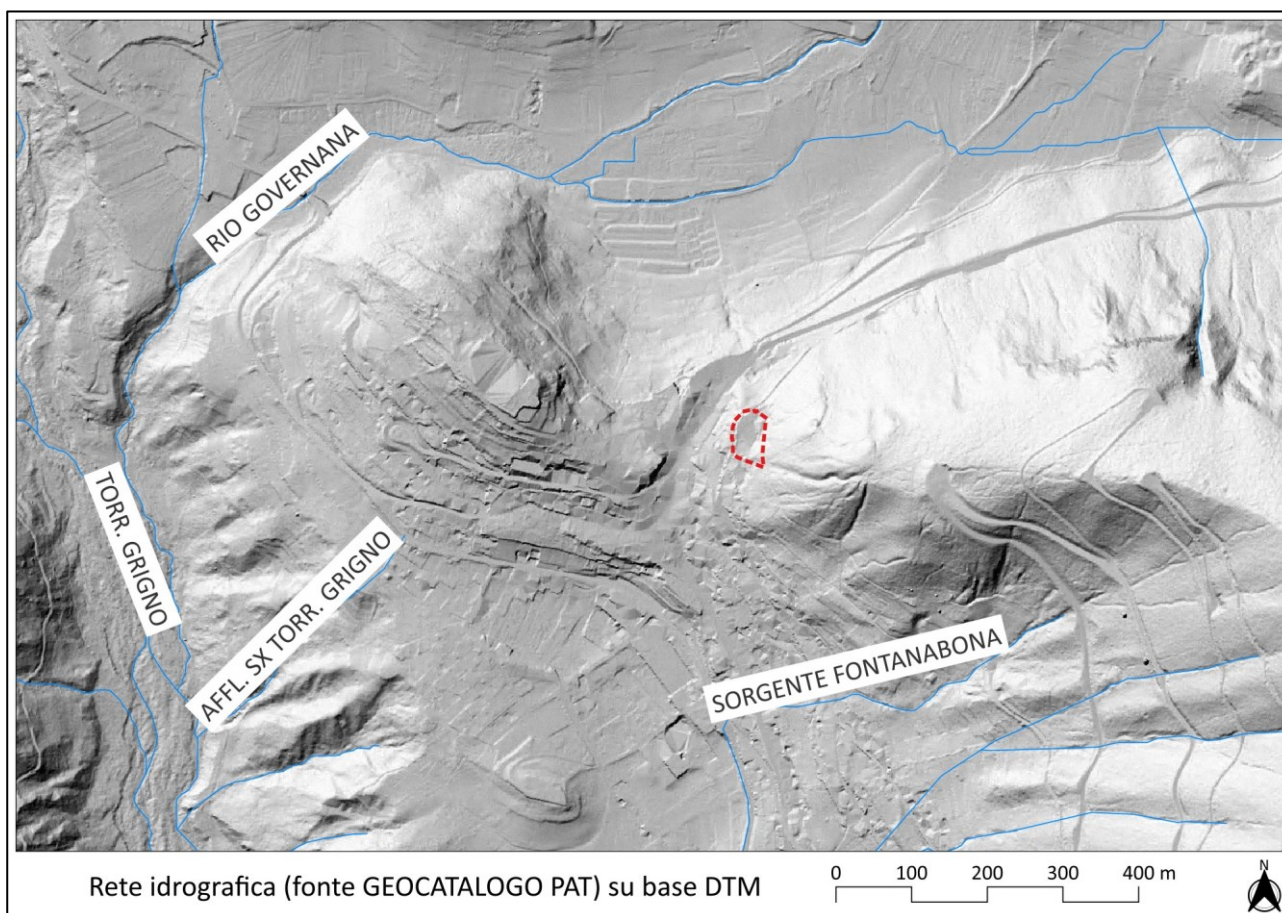


Figura 9. Reticolo idrografico nei pressi dell'area d'interesse

Si precisa tuttavia che, in corrispondenza dell'area oggetto di intervento e nelle sue immediate vicinanze, non sono stati osservati deflussi idrici superficiali permanenti, né evidenze morfologiche riconducibili alla presenza di un alveo attivo o di linee di drenaggio incise.

Vista la natura calcarea del substrato roccioso che costituisce il versante a monte dell'area di studio, la circolazione idrica può essere in parte condizionata dalla permeabilità secondaria dell'ammasso roccioso, legata alla presenza di fratture, discontinuità e locali vie preferenziali di infiltrazione. Ne consegue che una quota delle acque meteoriche può infiltrarsi nel sottosuolo, con percorsi non sempre continui e difficilmente riconoscibili in superficie, mentre la restante parte può defluire lungo il versante in forma diffusa, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi o prolungati, oppure in condizioni di saturazione dei terreni superficiali.

Il drenaggio locale appare pertanto legato principalmente al ruscellamento diffuso lungo pendio e alla possibile infiltrazione nei depositi superficiali e nel substrato fratturato, con eventuale recapito verso gli impluvi laterali presenti nell'intorno dell'area. In tale quadro non si evidenziano, allo stato attuale, elementi tali da indicare interferenze dirette con corsi d'acqua superficiali attivi.

Ad ulteriore approfondimento relativamente al contesto idrogeologico si può fare riferimento agli studi riportati nelle Note Illustrative della Carta Geologica della Provincia di Trento alla scala 1:100.000 – Feltre:

“Come la permeabilità risulta subordinata alla litologia, alla fessurazione delle formazioni e allo sviluppo delle coltri quaternarie, così anche l'ubicazione delle sorgenti e le relative caratteristiche idrogeologiche risultano condizionate da tali fattori.

Le sorgenti scaturiscono prevalentemente dalle coltri quaternarie, dove le caratteristiche deposizionali, granulometriche e morfologiche locali favoriscono la venuta a giorno delle acque. Tali emergenze possono essere classificabili come sorgenti di emergenza, ad esempio sorgenti di terrazzo e di fondovalle, sorgenti di contatto o sorgenti di sbarramento, spesso organizzate in raggruppamenti allineati.”

Dalla banca dati delle sorgenti della PAT (Figura 10), tuttavia, non si rileva, nell'intorno immediato dell'area di studio, la presenza di emergenze idriche significative.

Tale evidenza risulta coerente con l'inquadramento morfologico del sito, ubicato in posizione leggermente rialzata lungo il piede del versante e quindi a quota superiore rispetto ai settori di fondovalle, dove generalmente si concentrano le emergenze idriche. In tali contesti, infatti, il deflusso idrico sotterraneo tende a essere diretto verso quote inferiori, senza condizioni favorevoli all'affioramento della falda o alla formazione di emergenze sorgive.

Per quanto riguarda la possibile presenza di una falda libera, questa è da ritenersi verosimilmente impostata a quote inferiori rispetto all'area di intervento, in relazione al sistema di drenaggio naturale diretto verso il fondovalle e verso gli impluvi principali. In assenza di sorgenti, pozzi censiti o evidenze dirette di venute idriche nell'immediato intorno del sito, non si riconoscono elementi indicativi di una falda superficiale interferente con l'area oggetto di studio. Non si escludono tuttavia locali circolazioni idriche temporanee o sospese all'interno delle coperture quaternarie o lungo discontinuità del substrato, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi o prolungati.

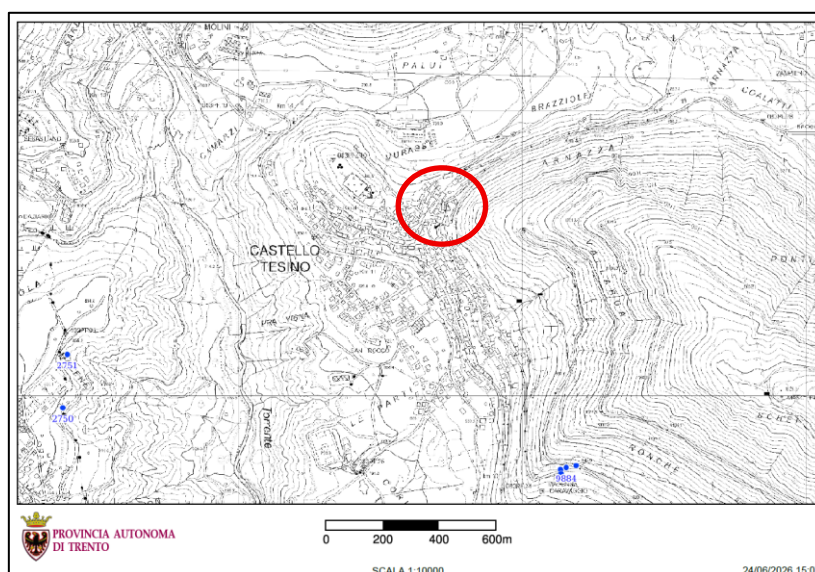


Figura 10. Estratto della mappa della Banca dati Sorgenti della PAT

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Le informazioni riprese nel presente capitolo sono estratte in gran parte dalla bibliografia specifica¹ di cui si riportano alcuni tra i più significativi estratti per l'area in esame.

"L'area in esame appartiene alla parte orientale del domino strutturale Sudalpino. Nello specifico il Sudalpino orientale è un settore della catena alpina caratterizzato da un sistema di faglie sud-vergenti delimitato da due lineamenti: la linea Insubrica a nord e quella delle Giudicarie a ovest (Doglioni e Bosellini, 1987). Nel corso del Giurassico Inferiore l'area investigata era parte di una zona di alto strutturale caratterizzata da una sedimentazione di mare poco profondo (Piattaforma di Trento), circondata da aree bacinali che si svilupparono a est (Bacino Bellunese) e a ovest (Bacino Lombardo). Durante il Giurassico Medio si assiste all'"annegamento" della Piattaforma di Trento che diviene così un plateau pelagico di mare profondo (Winterer e Bosellini, 1981) caratterizzato dalla deposizione dei Rossi Ammonitici e della Maiolica.

A partire dal Cretaceo Superiore come conseguenza dell'inizio della collisione tra la placca Europea e quella Adria, che in seguito provocò l'inizio del sollevamento dell'orogeno alpino, si verificò un cambiamento nel regime tettonico che da distensivo divenne compressivo. A causa di tale cambiamento nella dinamica tettonica il Plateau di Trento reagì rigidamente, fratturandosi secondo un sistema di faglie e portando alla formazione di "alti" e "bassi" strutturali (Doglioni e Bosellini, 1987). Durante il resto del Cretaceo Superiore i fondali continuarono a inarcarsi e sollevarsi, riempiendosi di fanghi rossastri provenienti dalle terre emerse settentrionali (Scaglia Rossa)."

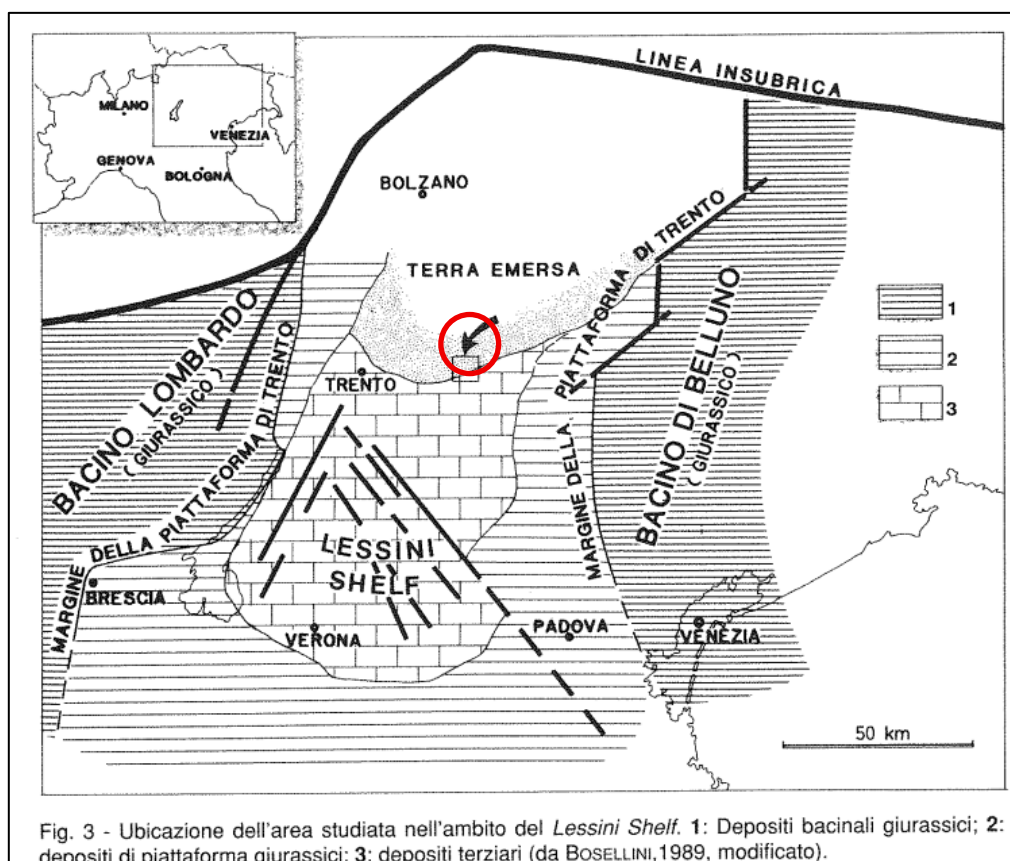


Figura 11. Schema tettonico delle Alpi Centrali²

¹ Servizio Geologico d'Italia – "Note illustrative della carta geologica d'Italia a scala 1:100.000, Foglio 22 Feltre", 1971

² E. Trevisani, "Il margine settentrionale del Lessini shelf: evoluzione paleogeografica e dinamica deposizionale del Paleogene della Valsugana (Trentino sud-orientale)" – Progetto C.N.R. – Il sistema alpino-appenninico: modelli evolutivi – Riunione Generale – Vipiteno, Ottobre 1996

7. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO GENERALE

In Figura 13 l'estratto della Carta geologica provinciale 1:15.000. I dati di seguito riportati in parte sono stati ricavati dalla nutrita bibliografia che approfondisce i caratteri geologici dell'area in esame ed in parte dai sopralluoghi che lo scrivente ha effettuato nelle aree di interesse ed in aree limitrofe nel corso del tempo.

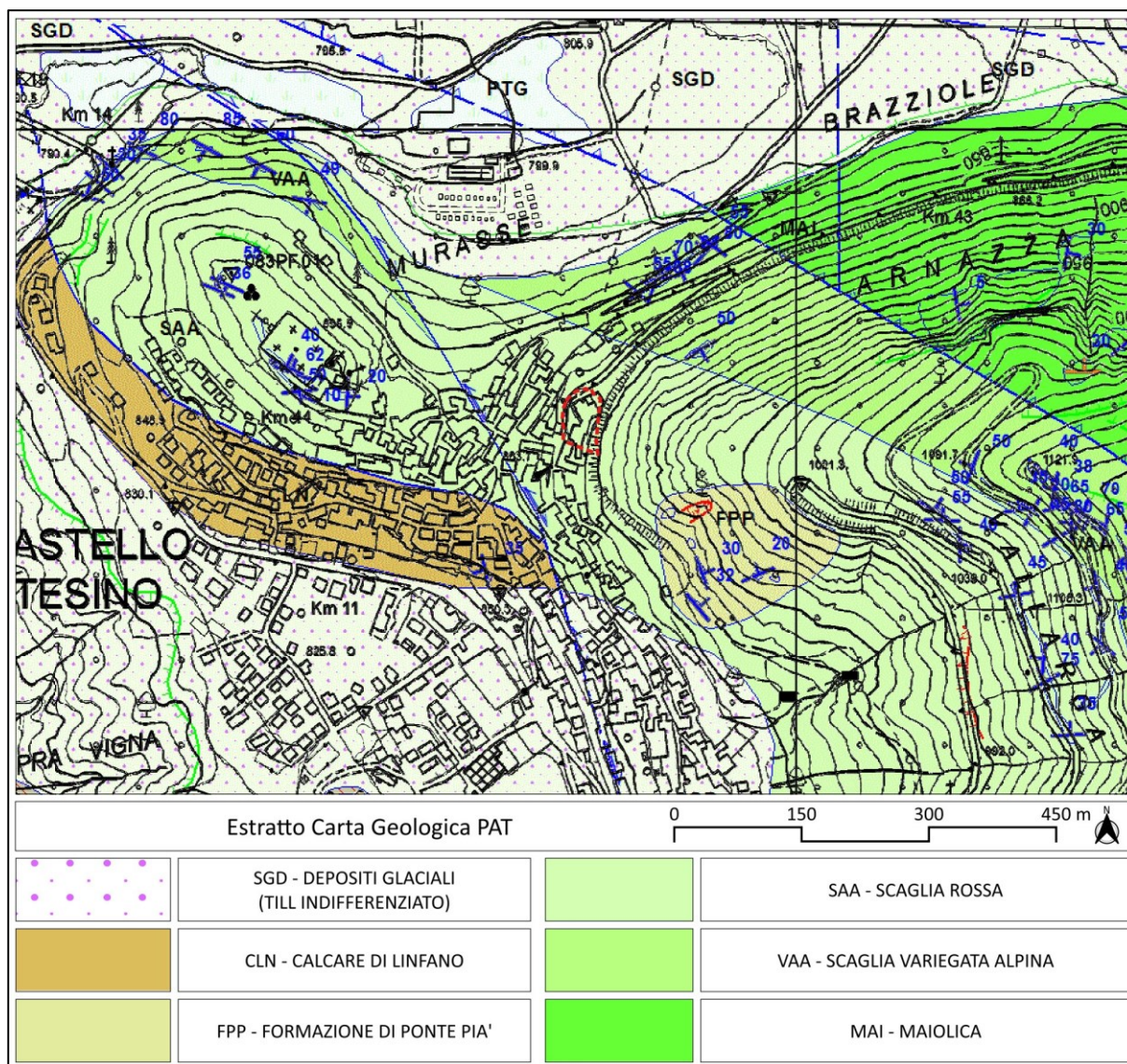


Figura 13. Stralcio Carta Geologica Provinciale

Dal punto di vista stratigrafico, nell'area di studio affiora prevalentemente il substrato roccioso riferibile alle unità calcaree della Scaglia Rossa (SAA) alla quale si associano localmente limitati affioramenti o lembi di materiali appartenenti alla Formazione di Ponte Pià (FPP), caratterizzati da una maggiore alterabilità e da una più marcata degradabilità superficiale.

I depositi quaternari risultano invece maggiormente sviluppati in corrispondenza degli avvallamenti posti a nord, a ovest e a sud dell'area indagata, dove sono rappresentati principalmente da materiali di origine glaciale e postglaciale (SGD).

Lungo il versante che risale verso est è invece riconoscibile la successione carbonatica rappresentata dalle unità della Scaglia Variegata Alpina (VAA) e successivamente da Maiolica (MAI).

Per quanto riguarda sia i depositi sciolti che il substrato roccioso che si rinvencono nell'area si elencano le principali qui sotto riportandone i caratteri salienti (da Legenda della Carta Geologica – Descrizione delle

Unità PAT. Servizio Geologico).

- SGD — SINTEMA DEL GARDA – *Depositi glaciali, alluvionali e da debris flow, di contatto glaciale, fluvioglaciali e di versante. Età: Pleistocene sup.;*
- CLN – CALCARE DI LINFANO - *Biocalcareni grigio chiare ad alghe, briozoi e macroforaminiferi. Spessore: 0-200 m. Età: Oligocene inf.;*
- FPP – FORMAZIONE DI PONTE PIA' - *Calcari micritici lastriformi, selciferi, grigio chiari con intercalazioni di marne azzurrognole. Banchi metrici di calcitorbiditi nummulitiche alla sommità. Spessore: 0-200 m. Età: Eocene inf.- Eocene medio;*
- SAA – SCAGLIA ROSSA – *Calcari micritici, lastriformi rossi, selciferi nella parte inferiore, con interstrati marnosi e marne, a foraminiferi planctonici e talora Inoceramus, con hardground apicale. Spessore: 10-300 metri. Età: Turoniano inf.- Eocene medio;*
- VAA – SCAGLIA VARIEGATA ALPINA - *Calcari micritici lastriformi (5-15 cm) grigio scuri bioturbati (Fucoidi), a radiolari e rotalipore con noduli e letti di selci nere e interstrati di argilliti scure o marne verdastre nere e rossastre, talora bituminose e fogliettate. Spessore: 0-50 metri. Età: Aptiano – Turoniano;*
- MAI – MAIOLICA - *Calcari micritici bianchi e grigi ricchi in noduli e letti di selce (rosse, nere, giallastre), a radiolari e tintinnidi in strati mediosottili, ondulati con rari interstrati marnosi. Spessore: 0-240 m. Età: Tortoniano sup.- Aptiano inf.*

Il substrato roccioso presente nell'area in esame è riferibile alla Scaglia Rossa. Le informazioni disponibili in bibliografia³ descrivono tale unità come una formazione prevalentemente carbonatico-marnosa, caratterizzata da litotipi fittamente stratificati e localmente interessati da fratturazione scagliosa.

“In particolare, la Scaglia Rossa è costituita prevalentemente da marne rosso-violacee a scaglie minute, calcari più o meno argillosi di colore rosso, rosato o localmente biancastro, generalmente fittamente stratificati e interessati da una tipica fratturazione scagliosa. Nei livelli inferiori e medi possono essere presenti noduli e letti di selce rosso-ocra, mentre la componente fossilifera è rappresentata soprattutto da microfauna a foraminiferi planctonici, con macrofossili generalmente rari.

Nell'area del Foglio Feltre la formazione affiora principalmente nella parte meridionale, raggiungendo il maggiore sviluppo nei dintorni di Castel Tesino, dove può raggiungere spessori complessivi dell'ordine di 85-100 m.

La Scaglia Rossa è attribuita al Cretaceo superiore p.p. - Eocene p.p.”

Dal punto di vista geologico-tecnico, la Scaglia Rossa può essere considerata un substrato carbonatico-marnoso stratificato e localmente scaglioso, con comportamento meccanico fortemente condizionato dal grado di fratturazione, dalla componente marnoso-argillosa e dallo stato di alterazione superficiale. Nei livelli più marnosi e degradati può assumere caratteristiche di maggiore debolezza e suscettibilità al disfacimento superficiale, soprattutto in presenza di acqua.

Nell'area in esame si osservano inoltre evidenze riconducibili a **depositi glaciali** rappresentati dalla presenza di **massi erratici arrotondati o subarrotondati**, affioranti superficialmente lungo il versante. Si tratta di elementi lapidei di dimensioni da decimetriche a sub-metriche, isolati o disposti in piccoli raggruppamenti, caratterizzati da forma tondeggiante, superfici smussate e bordi privi di spigolosità marcata, aspetti

COMPATIBILITA'

³ Servizio Geologico d'Italia – “Note illustrative della carta geologica d'Italia a scala 1:100.000, Foglio 22 Feltre”, 1971

compatibili con un trasporto glaciale e con la successiva deposizione ad opera delle masse di ghiaccio.

Tali massi costituiscono una tipica testimonianza del glacialismo pleistocenico che ha interessato il settore, e risultano interpretabili come clasti inglobati entro depositi morenici/till indifferenziato, successivamente messi in evidenza dai processi erosivi superficiali e dal dilavamento della coltre fine. La loro presenza indica infatti un deposito eterometrico, generalmente costituito da una matrice fine o medio-fine entro la quale sono inglobati clasti di dimensioni variabili, da ghiaie e ciottoli fino a massi di grandi dimensioni.

7.1. CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO

Per un corretto approccio progettuale è indispensabile individuare il “volume geologico significativo” che, dal punto di vista formale, è definito come il sito geologico ed il relativo sottosuolo in cui è possibile cogliere interrelazioni di carattere dinamico di origine geologica o antropica influenzanti l’opera”.

Operativamente si è quindi valutata l’estensione di territorio entro il quale si possono determinare fenomeni geodinamici, idrogeologici e antropici in grado di provocare o subire azioni dirette o indirette sulle/dalle opere o su/da parti di esse. In relazione all’importanza e all’estensione dell’opera, e alle problematiche che vengono giustamente evidenziate dalle autorità competenti, si ritiene di considerare come volume geologico significativo l’intorno della superficie di progetto ed un’area limitata estesa attorno ad esso.

Operativamente, per il caso in esame, all’interno del sito di interesse possono essere individuate due unità geologiche rappresentative:

UNITA'	DESCRIZIONE
UNITA' GEOLOGICA A SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO (SCAGLIA ROSSA)	La Scaglia Rossa rappresenta una formazione carbonatico-marnosa costituita prevalentemente da marne rosso-violacee a scagliosità minuta, calcari marnosi e calcari più o meno argillosi di colore rosso, rosato o localmente biancastro. La stratificazione è generalmente fitta e regolare, con frequente fratturazione scagliosa. Sotto il profilo idrogeologico, la Scaglia Rossa presenta una permeabilità generalmente bassa e discontinua, legata soprattutto alla fratturazione e ai giunti di strato. I livelli più calcarei possono consentire modeste circolazioni idriche localizzate, mentre le porzioni marnose e argillose tendono a ostacolare il deflusso, favorendo ristagni o venute d’acqua superficiali lungo discontinuità, contatti litologici e zone alterate.
UNITA' GEOLOGICA B DEPOSITI GLACIALI	Depositi sciolti di origine glaciale, riconducibili a till indifferenziato, sono caratterizzati da marcata eterogeneità granulometrica. In superficie si osservano localmente massi erratici arrotondati e subarrotondati, di dimensioni anche metriche, parzialmente inglobati nella coltre detritico-glaciale e affioranti lungo il versante. La loro forma smussata e la disposizione irregolare risultano compatibili con processi di trasporto e deposizione glaciale. La presenza di tali blocchi conferma la natura eterometrica del deposito, costituito verosimilmente da matrice fine limoso-sabbiosa con inclusi ghiaiosi, ciottolosi e blocchi lapidei di dimensioni variabili.



Figura 14. Materiale dell'unità geologica A



Figura 15. Materiali dell'unità geologica B

8. STATO ATTUALE DELL'AREA IN ESAME

Lo stato attuale dei luoghi è illustrato mediante documentazione fotografica, corredata da sintetiche descrizioni delle condizioni morfologiche e delle principali evidenze osservate in sito. Le foto ritraggono l'area di immediato interesse della variante e parte del versante posto a monte, che sovrasta da est l'abitato di Castello Tesino. Nella mappa seguente, che riporta un dettaglio della morfologia locale, si evidenzia come l'assetto del pendio controlli i potenziali fenomeni attesi, riconducendoli a una zona ben delimitata a monte dell'area di variante.

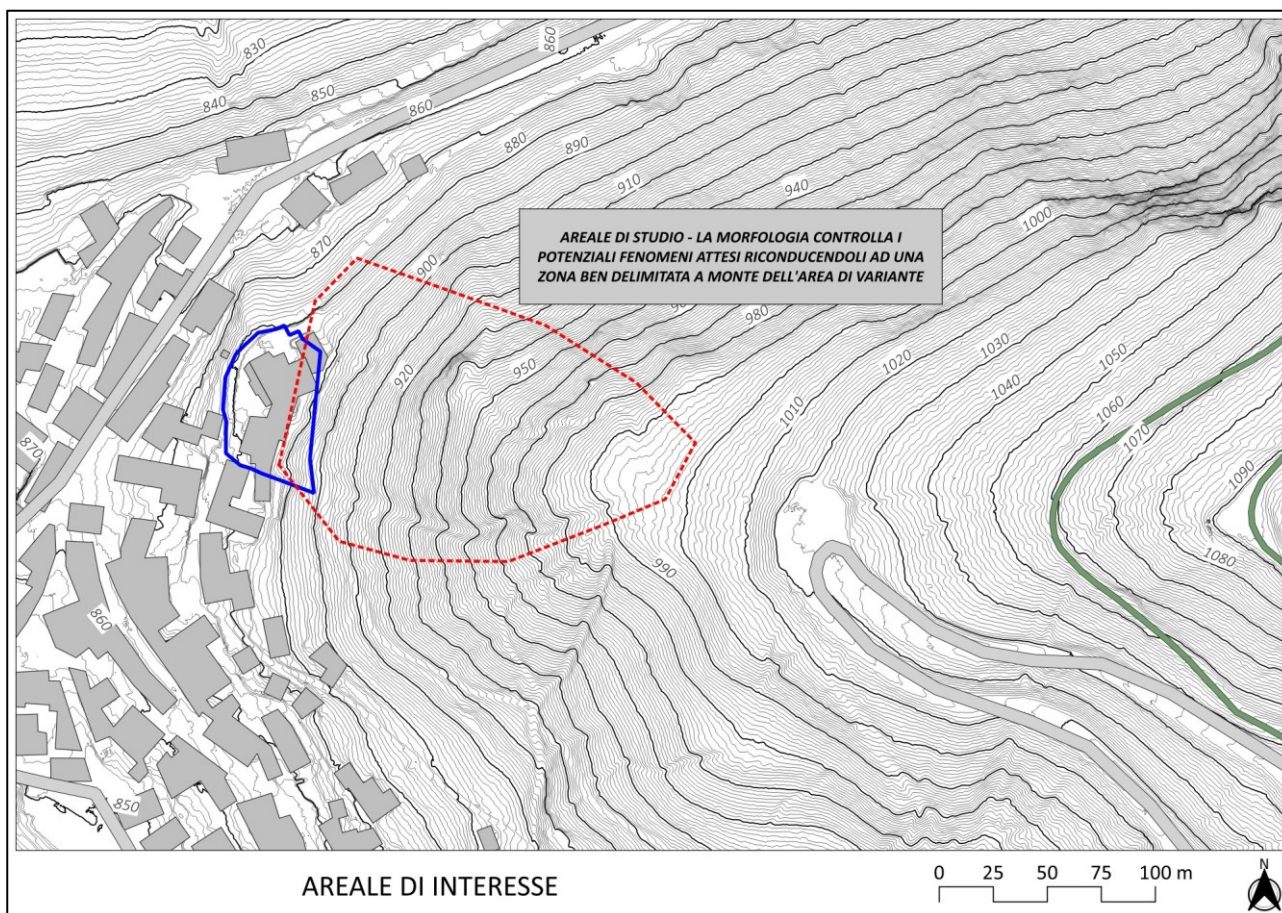


Figura 16. Individuazione area di interesse

L'area di variante al PRG si colloca nella zona edificata, alla base del versante del Monte Picosta che sovrasta da est l'abitato di Castello Tesino (vedi panoramica qui sotto).





Dal punto di vista geomorfologico, il versante posto direttamente a monte dell'edificio esistente presenta una morfologia complessivamente regolare, con acclività da moderata a localmente elevata (50-60 °). L'area risulta attualmente occupata da copertura boschiva, che contribuisce alla protezione superficiale del pendio e limita, almeno in condizioni ordinarie, i fenomeni di erosione e dilavamento superficiale.

Nel tratto non si evidenziano fenomeni significativi di dissesto in atto, né elementi morfologici riconducibili a instabilità quiescenti o recenti. Il substrato roccioso si colloca al di sotto di un esiguo spessore di depositi di copertura.





Il substrato roccioso calcareo affiora diffusamente o risulta subaffiorante al di sotto della sottile copertura superficiale. Gli affioramenti si presentano fratturati alla scala decimetrica-centimetrica, irregolari e localmente alterati. Tale assetto evidenzia una copertura detritico-eluviale di spessore ridotto e conferma la presenza del substrato a debole profondità. Non si osservano tuttavia evidenze macroscopiche di instabilità attiva, se non locali condizioni di alterazione e disaggregazione superficiale della roccia affiorante.



Durante il sopralluogo è stata rilevata la presenza di alcuni massi erratici di forma spiccatamente arrotondata, interpretabili come testimonianza dell'attività glaciale che ha interessato l'area nelle epoche passate. Tali elementi sono localizzati in pochi e isolati punti del versante, soprattutto nella porzione mediana e apicale dell'area investigata.

Lo spessore di questa tipologia di deposito appare molto limitato, non si osserva, infatti, una coltre di materiale glaciale potente, ma piuttosto questi blocchi sono da ricondursi a residui della coltre glaciale superficiale, localmente conservati e messi in evidenza dai processi erosivi, dal dilavamento e dalla limitata evoluzione pedogenetica del pendio.



Dal punto di vista geomorfologico, nel settore intermedio del versante, caratterizzato da acclività da blanda a moderata, si riconoscono alcune particolari forme che rompono la monotonia del pendio. Tali elementi si configurano come piccole vallecole incise nel substrato roccioso affiorante o subaffiorante.

Non si osservano indizi di deflussi idrici permanenti né evidenze di erosione recente. Pur potendo essere considerati elementi in grado di condizionare localmente il drenaggio superficiale, essi non possiedono un bacino di alimentazione a monte.; infatti, la testata di tali elementi si esaurisce nel pianoro sito nell'area apicale della zona di studio. Si ritiene che tali forme siano relitte, formatesi in condizioni differenti da quelle attuali.



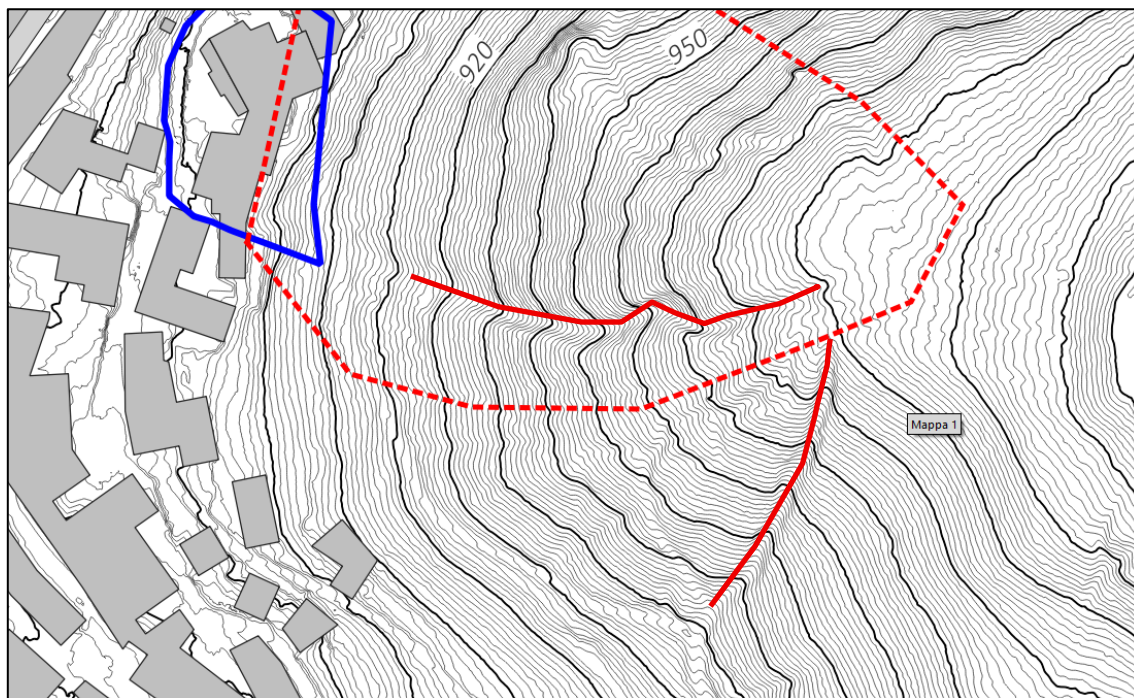


Figura 17. Individuazione vallecule lungo il pendio



Lungo il versante indagato, pur in presenza di substrato roccioso calcareo affiorante o subaffiorante, non sono state riconosciute pareti rocciose verticali o subverticali di grande estensione.

Gli affioramenti osservati si presentano prevalentemente discontinui, di modesta altezza e inseriti in un contesto boscato, con morfologia complessivamente regolare e priva di evidenti nicchie di distacco, scarpate attive o accumuli recenti riconducibili a crolli. Le porzioni rocciose affioranti risultano fortemente fratturate e alterate nella parte superficiale, anche per effetto degli apparati radicali e dei processi di degradazione meteorica, ma non configurano sorgenti morfologicamente favorevoli allo sviluppo di distacchi di blocchi di volume significativo.



Da annotare, direttamente a monte dell'area oggetto di variante, la presenza di alcune opere di sistemazione e stabilizzazione del piede del versante, costituite da manufatti di contenimento e regolarizzazione della scarpata posti a tergo dell'edificio esistente. Tali opere sembrano finalizzate al contenimento locale dei terreni superficiali e alla protezione della fascia immediatamente retrostante il fabbricato, in un settore dove il pendio si raccorda in modo piuttosto ravvicinato alle strutture edilizie. Si suppone che tali strutture siano state realizzate anche per contenere o intercettare eventuali detriti provenienti da monte.



9. PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Gli interventi in previsione, non rientrando negli interventi esclusi dall'applicazione del capo IV delle norme di attuazione del PUP, necessitano per la loro approvazione di uno studio che ne definisca la compatibilità con i fenomeni attesi nell'area di interesse.

9.1. CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

La legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 "Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento" pone in capo alla Provincia il compito di previsione dei pericoli e dei rischi (art. 6, comma 3) mediante la redazione e l'aggiornamento delle "carte della pericolosità" (art. 10, comma 1) che riguardano i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi. Tali strumenti costituiscono la base di riferimento per definire la Carta di Sintesi della Pericolosità, prevista dall'art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio), la quale individua le aree a diversa penalità ai fini dell'applicazione delle disposizioni relative all'uso del territorio previste dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5 "Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale".

In particolare, la Carta di Sintesi della Pericolosità è uno degli elementi costituenti il Piano Urbanistico Provinciale PUP (comma 4, lettera d, dell'articolo 21 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 e comma 1 dall'articolo 3 della legge provinciale 27 maggio 2008, n. 5) e ha il compito di individuare le aree caratterizzate da diversi gradi di penalità ai fini dell'uso del suolo, in ragione della presenza dei pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d'incendio boschivo, descritti nelle Carte della Pericolosità (articolo 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9 e articolo 14 della legge provinciale 27 maggio 2008, n.5).

La Giunta Provinciale con le deliberazioni n. 1341 e n. 1361 del 12 settembre 2025 ha approvato il secondo aggiornamento delle Carte della Pericolosità e della Carta di Sintesi della Pericolosità di tutto il territorio provinciale, in vigore dal 19 settembre 2025, giorno successivo alla pubblicazione nel B.U.R..

La G.P. con la deliberazione n. 1361 del 12 settembre 2025 ha approvato anche il nuovo testo aggiornato delle "Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni concernenti le aree con penalità elevate medie o basse e le aree con altri tipi di penalità", come riportato nell'Allegato C della deliberazione stessa.

In Figura 18 si riporta l'estratto dell'area di interesse della Carta di Sintesi della pericolosità aggiornata.

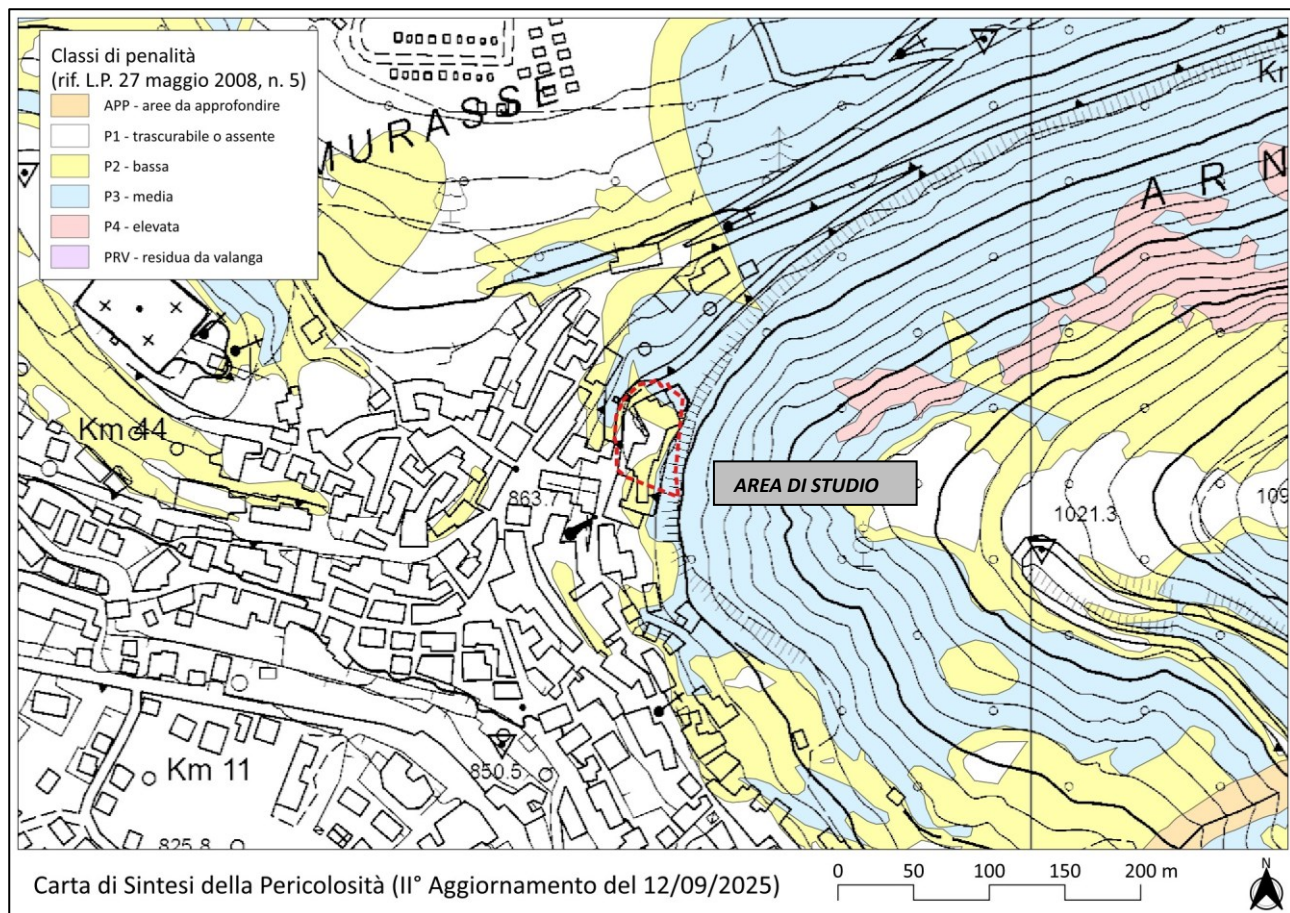


Figura 18. Carta di sintesi della pericolosità (scala 1:5.000)

Nel caso in esame, l'area di intervento ricade in settori classificati con penalità media (P3), penalità bassa (P2) e penalità trascurabile o assente (P1). Per le aree caratterizzate da penalità P3 e P2 trovano applicazione, rispettivamente, gli artt. 16 e 17 delle Norme di Attuazione del Piano Urbanistico Provinciale, di cui alla L.P. 27 maggio 2008, n. 5.

In coerenza con le prescrizioni normative, il presente studio di compatibilità viene sviluppato con riferimento alle classi di penalità media e bassa individuate nell'area di interesse, riconducibili rispettivamente alla possibile pericolosità per fenomeni di crollo roccioso e alla pericolosità litogeomorfologica. Le valutazioni riportate nel presente elaborato sono state formulate tenendo conto dei fenomeni attesi, delle osservazioni effettuate durante i sopralluoghi condotti nell'intorno del sito di progetto, nonché degli esiti delle verifiche e delle simulazioni eseguite.

9.2. CARTE DELLA PERICOLOSITÀ

La Provincia Autonoma di Trento in attuazione dell'art. 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n.9 "Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento", ha redatto le Carte della pericolosità del proprio territorio. Le Carte della pericolosità (CaP) prendono in considerazione i pericoli connessi a fenomeni idrogeologici, valanghivi, alluvionali, sismici, a incendi boschivi, a determinate sostanze pericolose, a cavi sospesi o ad altri ostacoli alla navigazione aerea e ad ordigni bellici inesplosi. Si tratta di una serie di strumenti che sono il risultato dell'attività di previsione della Protezione Civile (art. 1 l.p. 9/2011) che si esplica con l'identificazione, la perimetrazione e la classificazione dei pericoli e dei rischi presenti sul territorio. Le CaP rappresentano gli strumenti di base per le attività di prevenzione (attività dirette all'eliminazione o alla riduzione dei rischi, sia mediante misure di carattere prescrittivo e vincolistico per un corretto uso del territorio, sia mediante interventi strutturali) e protezione (le attività, prevalentemente di carattere pianificatorio, organizzativo, culturale e formativo, e gli interventi gestionali diretti a mitigare gli effetti

dannosi derivanti dai rischi non eliminabili tramite l'attività di prevenzione) della protezione civile.

Di seguito si riportano gli stralci delle Carte della Pericolosità afferenti al territorio oggetto di studio al fine di evidenziare eventuali criticità all'interno di questo nuovo ed importante strumento urbanistico.

Nel presente studio è stata considerata la seguente tipologia di pericolo: pericolosità litogeomorfologica e pericolosità derivata da crolli rocciosi; si è in ogni caso verificato che le restanti tipologie di pericolo non determinano alcuna penalità nell'area progettuale.

9.2.1. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FENOMENI DA CROLLI ROCCIOSI

L'area oggetto di intervento ricade parzialmente in area a pericolosità media (H3) e bassa (H2) per quanto concerne la pericolosità derivata da eventuali crolli rocciosi (Figura 19). La classificazione interessa soprattutto la parte nord dell'area di variante, con pericolosità bassa e media, e la parte sud-est, dove si rileva pericolosità bassa. Tale classificazione risulta direttamente correlata alla morfologia del versante sovrastante l'area di interesse, nonché alla natura e alla distribuzione dei potenziali affioramenti rocciosi.

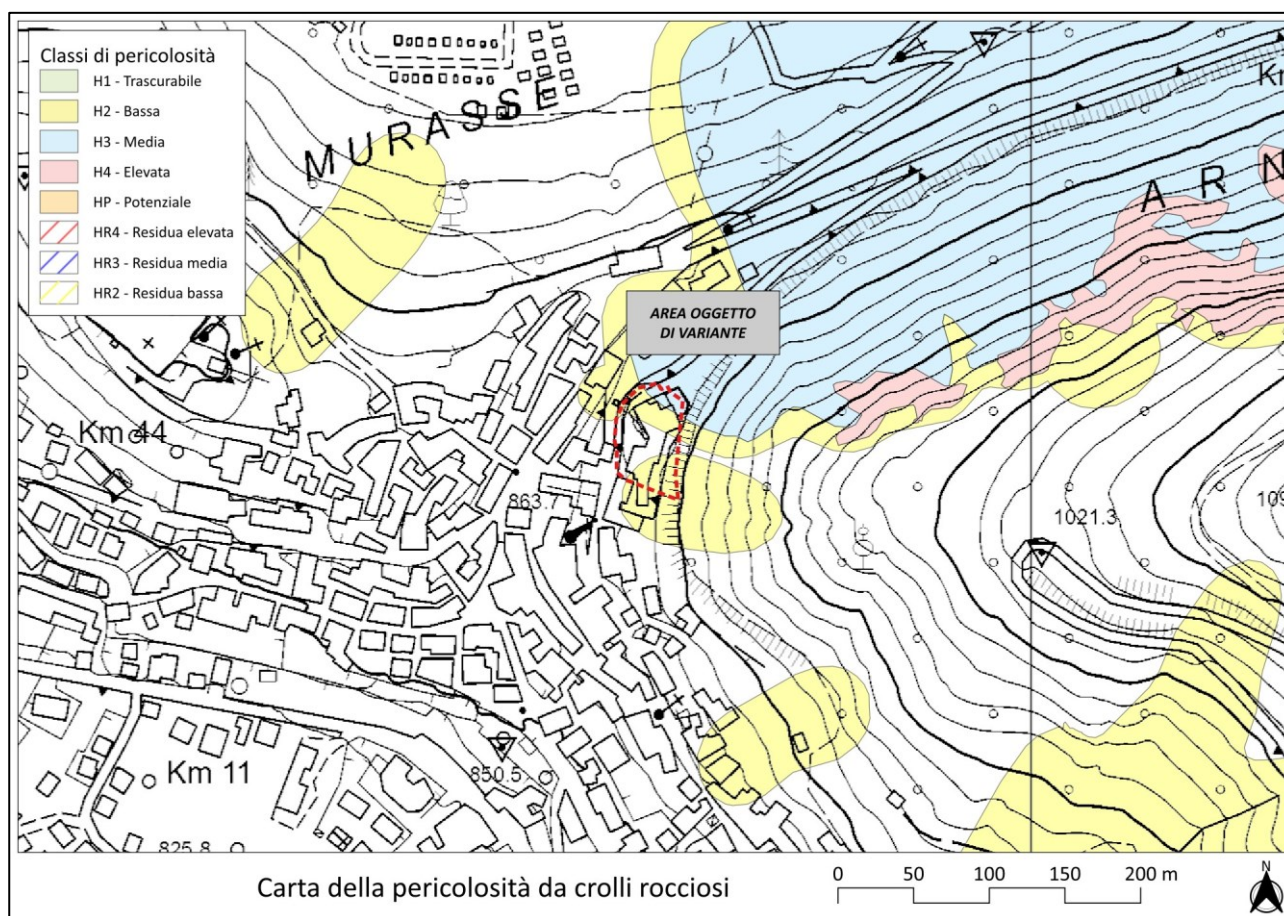


Figura 19. Carta pericolosità da crolli rocciosi (a scala 1:5.000)

9.2.2. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ PER FENOMENI LITOGEO MORFOLOGICI

L'area oggetto di intervento ricade in minima parte in area a pericolosità media (H3) e in area a pericolosità bassa (H2) per quanto concerne la pericolosità litogeomorfologica (Figura 20). Entrambe le classificazioni si registrano nelle parti marginali dell'area oggetto di variante urbanistica ed in particolare verso il lato nord-ovest (esclusivamente la pericolosità bassa) e lungo il lato est ovvero verso il monte dell'area d'interesse (pericolosità media e bassa). Tale classificazione è direttamente riconducibile alla configurazione morfologica del versante posto sia verso valle che immediatamente a monte dell'area di studio, caratterizzato da un sensibile incremento delle pendenze e alla presenza di litotipi con grado di fratturazione medio-elevato.

Alla luce delle caratteristiche rilevate, la pericolosità risulta quindi connessa prevalentemente alla morfologia del pendio piuttosto che alla presenza di dissesti attivi o di evidenze di instabilità significativa, configurandosi come un fattore da considerare nella definizione delle opere, senza tuttavia costituire, allo stato attuale, elemento ostativo alla variante in oggetto.

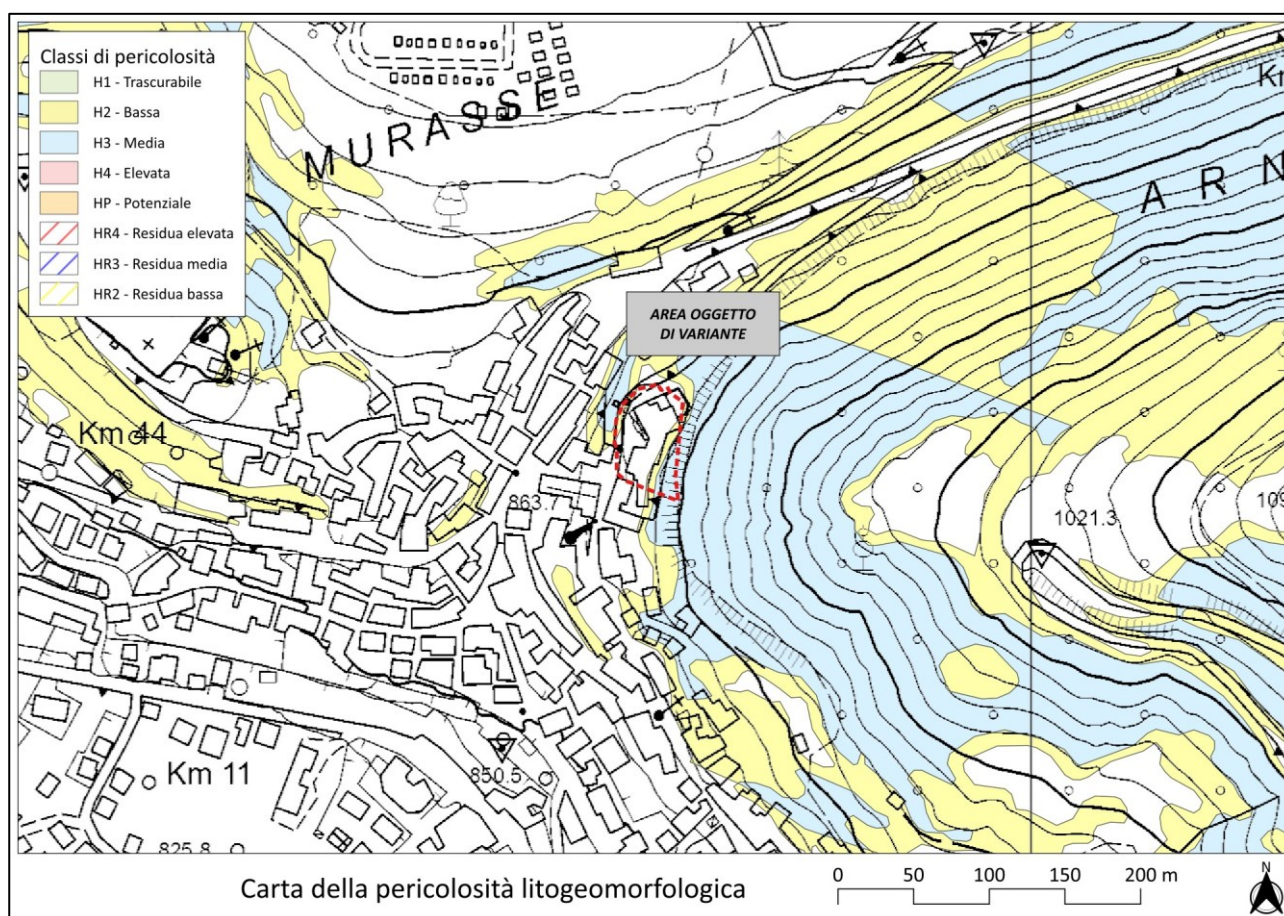


Figura 20. Carta pericolosità litogeomorfologica (a scala 1:5.000)

9.3. CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

Con la L.P. 27 Maggio 2008, n.5, art. 21, comma 3 è stata approvata la Carta delle risorse Idriche del PUP. Principalmente nella Carta di sintesi geologica della Variante 2000 al PUP sono state indicate tutte le sorgenti e pozzi selezionati (5.034 sorgenti e 127 pozzi), indipendentemente dalle loro caratteristiche fisiche e dal loro utilizzo. Mentre il nuovo PUP, al fine di conformare la normativa in materia e di evitare improprie limitazioni dell'uso del suolo, ha definito che le risorse idriche meritevoli di tutela sono quelle previste dal d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e pertanto quelle destinate al consumo umano e distribuite tramite pubblico acquedotto.

La Carta delle Risorse Idriche copre a scala 1:10.000 l'intero Trentino ed individua le seguenti aree di salvaguardia: a) zone di tutela assoluta; b) zone di rispetto idrogeologico; c) zone di protezione. Nella cartografia sono state altresì indicate con un simbolo puntuale blu anche tutte le altre sorgenti del catasto delle risorse idriche.

In accordo con il periodico aggiornamento previsto dall'art. 21, comma 4, delle Norme di attuazione del P.U.P., l'attuale Quarto aggiornamento (del 21/11/2025 approvato con la Delibera di G.P. n. 1783) è stato predisposto a seguito delle seguenti verifiche:

1. *sussistenza dei titoli di concessione sia potabile sia mineraria ai fini della rappresentazione delle aree di salvaguardia delle fonti selezionate;*
2. *adeguamento della forma di alcune aree di salvaguardia in base a più attente valutazioni di carattere idrogeologico;*
3. *prima valutazione della rispondenza della rappresentazione in carta delle Zone di Tutela Assoluta di ampie dimensioni rispetto alle superfici effettivamente recintate attorno ai manufatti di captazione;*
4. *riposizionamento con maggiore precisione di 615 punti di captazione con adeguamento delle relative aree di salvaguardia.*

Come si evince dalla cartografia riportata in Figura 21, l'area di interesse non ricade all'interno delle aree di salvaguardia delle sorgenti; pertanto, non si rilevano criticità in tal senso né interferenze dirette con eventuali captazioni idropotabili.

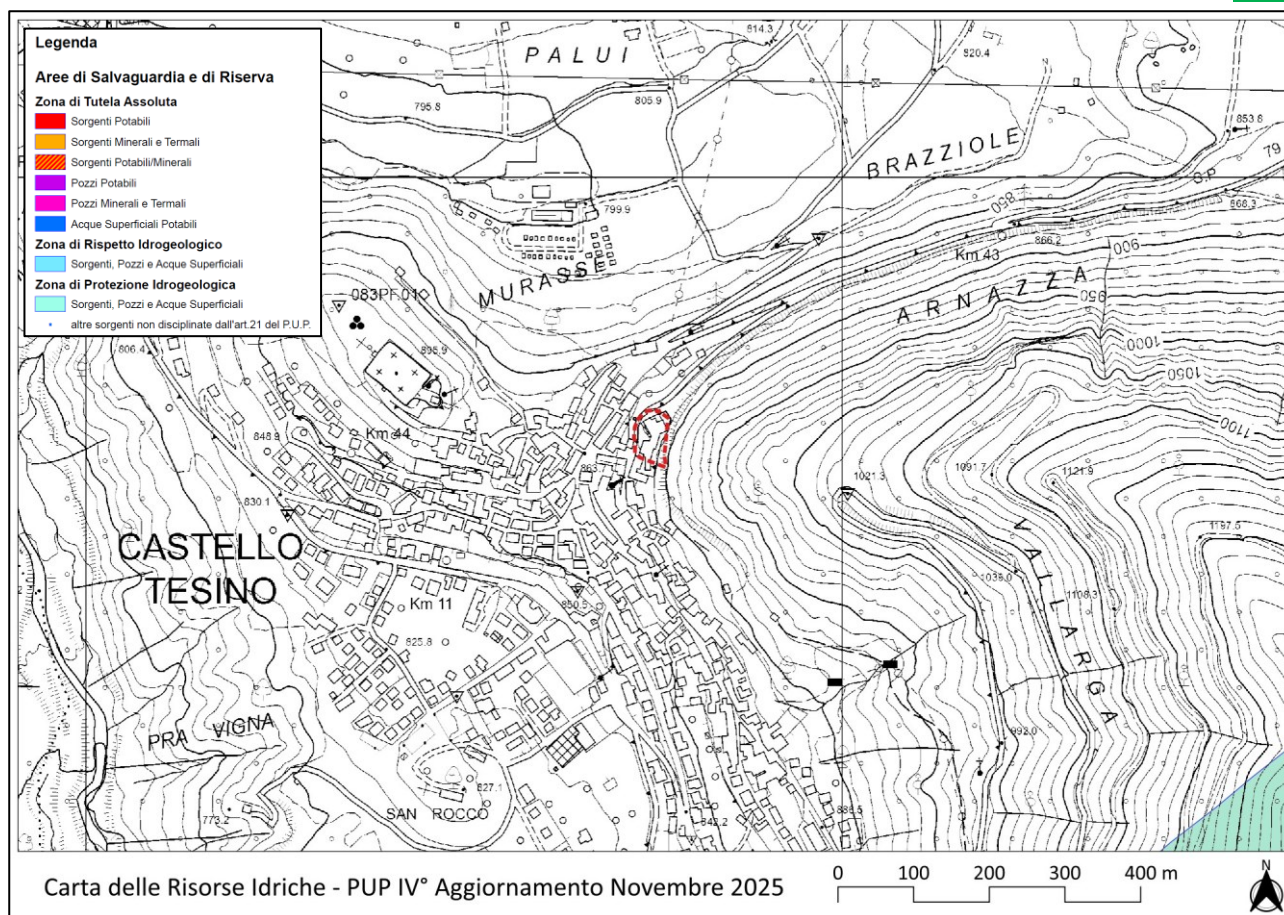


Figura 21. Carta delle Risorse Idriche (a scala 1:10.000)

10. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ FENOMENI DI CROLLO – STIMA PONDERATA DEGLI EFFETTI ATTESI

Il paragrafo ha l'obiettivo di fornire informazioni dettagliate sulle dinamiche di caduta massi e sulla probabilità di propagazione dei blocchi lungo il versante oggetto di studio. Nello studio è stato utilizzato il modello digitale provinciale con risoluzione 0,5*0,5 m.

Le simulazioni, condotte in campo tridimensionale, hanno permesso di valutare le dinamiche di caduta massi alla scala di versante ottenendo informazioni riguardo le traiettorie che assumono i massi in relazione alla morfologia del terreno.

Sulla base delle evidenze raccolte nel corso del sopralluogo e dell'analisi geomorfologica di dettaglio, il settore esaminato è caratterizzato dalla presenza di affioramenti rocciosi di limitata estensione, localmente subaffioranti lungo il versante, costituiti da roccia intensamente fratturata alla scala decimetrica. L'assetto rilevato non evidenzia pareti continue o fronti rocciosi estesi in grado di alimentare fenomeni di crollo di volume significativo; in prima approssimazione, pertanto, gli eventuali processi di distacco attesi possono essere ricondotti a cinematismi localizzati, con volumi unitari contenuti e traiettorie condizionate dalla morfologia del versante e dalla copertura vegetale presente.

La modellazione di caduta massi è stata effettuata utilizzando il software dedicato *Rockyfor3D v.6.1.0* (marzo 2026) della *EcorisQ* (*International Association for Natural Hazard Risk Management*. www.ecorisq.org). Il software utilizza una serie di files compilati con le informazioni necessarie a far girare il modello. I dati necessari consistono in un dataset di ASCII *rasters* (ESRI format) che definiscono la topografia e le caratteristiche superficiali del pendio così come le condizioni che regolano il rilascio dei blocchi di progetto.

I risultati della modellazione, implementati in ambiente GIS (Sistema Informativo Geografico), permettono di elaborare mappe del rischio 3D per identificare le aree più vulnerabili e ottenere inoltre i dati necessari per il dimensionamento degli interventi, quali ad esempio le altezze e le energie associate ai massi simulati.

Il programma durante la simulazione delle traiettorie di ogni singolo blocco rilasciato lungo il pendio, ed in ogni momento che uno stesso blocco sorvola o rimbalza in una cella, registra in un file formato *raster* il valore massimo delle variabili associate al moto del masso. Le informazioni di *output* del programma consistono in un dataset di file *rasters* aventi la medesima estensione spaziale, e risoluzione, del dataset di input.

I risultati del programma di calcolo, quindi, implementati in ambiente GIS (QGIS e SAGA), vengono sovrapposti su base cartografica (curve livello passo 1 m) sia per avere un riscontro di quanto modellato sia per avere una rappresentazione in grado di fornire immediatamente risultati chiari e comprensibili del fenomeno indagato.

Le principali informazioni ricavate sono:

- la "*Reach Probability*": rappresenta le zone dove esiste una maggior probabilità o improbabilità (valori inferiori > 0) che un masso arrivi in una data cella del modello digitale del terreno;

$$R_p = \frac{n.\text{passaggi per una data cella} * 100}{(n.\text{simulazioni per cella sorgente} * n.\text{celle sorgente})} [\%]$$

- Il valore dell'energia cinetica, espresso in kJ, registrato in ogni singola cella del modello digitale del terreno. Per il dimensionamento delle misure di mitigazione del rischio di caduta massi si è considerato il valore corrispondente al 95° percentile della distribuzione dei valori di energia cinetica registrati in ogni cella;
- Il valore di altezza di volo, espresso in m rispetto la verticale del pendio, registrato in ogni singola cella del modello digitale del terreno.

Per digitalizzare una mappa dell'intensità o del rischio in una determinata area studio basata sulle

informazioni di output del programma Rockyfor3D, la mappa della *Reach Probability* è una delle informazioni più utili per delineare realisticamente le zone di rotolamento. In modellazioni che prevedono 100 simulazioni per cella sorgente, come nel caso in oggetto, si possono ragionevolmente considerare *outlier* i valori inferiori a 1,0-1,5. Considerazioni in merito a questa soglia saranno effettuate nel paragrafo dedicato.

10.1. INDIVIDUAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI SUOLO LUNGO IL VERSANTE

Al fine di predisporre correttamente il modello del terreno da imputare nel software di modellazione caduta massi è indispensabile individuare le varie tipologie di suolo che caratterizzano il versante.

La tipologia di suolo è, infatti, utilizzata per definire la risposta elastica del substrato durante il rotolamento/rimbalzo dei massi, fattore determinante per la risposta del modello durante le simulazioni. Nel caso in oggetto è stato applicato un approccio morfologico calibrato sulle osservazioni in campo: si è associata ciascuna tipologia di suolo, con le proprie caratteristiche elastiche, a *range* prestabiliti di acclività ipotizzando che ai tratti più pendenti corrispondano valori di restituzione elastica più elevati in quanto si presume la roccia sia affiorante o quantomeno sub affiorante; ai tratti meno acclivi si sono associati valori inferiori di restituzione elastica in quanto è verificata la presenza di coltri di sedimento sciolto. In Figura 22 si riporta la tabella estratta direttamente dal manuale del software utilizzato "*Rockyfor3D (v5.2) revealed*" in cui sono riportati i vari tipi di suolo implementati nel software di simulazione caduta massi con i corrispondenti intervalli dei valori di elasticità (R_n – coefficiente di restituzione normale al piano). Questo parametro è utilizzato dal software per il calcolo della penetrazione del blocco nel terreno ad ogni rimbalzo simulato (Pichler et al. 2005).

I parametri che concorrono al calcolo della penetrazione dei blocchi nel terreno sono:

- il coefficiente di restituzione normale (R_n);
- il diametro dei blocchi (m);
- la massa dei blocchi (kg);
- la velocità di impatto di ciascun blocco (V in m/s).

Soiltype	General description of the underground	mean R_n value	R_n value range
0	River, or swamp, or material in which a rock could penetrate completely	0	0
1	Fine soil material (depth > ~100 cm)	0.23	0.21 - 0.25
2	Fine soil material (depth < ~100 cm), or sand/gravel mix in the valley	0.28	0.25 - 0.31
3	Scree ($\varnothing < \sim 10$ cm), or medium compact soil with small rock fragments, or forest road	0.33	0.30 - 0.36
4	Talus slope ($\varnothing > \sim 10$ cm), or compact soil with large rock fragments	0.38	0.34 - 0.42
5	Bedrock with thin weathered material or soil cover	0.43	0.39 - 0.47
6	Bedrock	0.53	0.48 - 0.58
7	Asphalt road	0.35	0.32 – 0.39

Figura 22. Tipologie di suolo da imputare nella modellazione caduta massi

Nell'immagine di seguito la mappa dei suoli utilizzati nelle simulazioni.

Nell'area di intervento sono stati inseriti: a) un suolo tipo 6 per le aree più acclivi dove affiora il substrato roccioso e b) un suolo tipo 4 per le aree dove la roccia si presume affiori al di sotto di un esiguo strato di copertura; si tratta per tanto di una soluzione cautelativa considerata la relativa omogeneità del versante oggetto di studio.

La discriminante per identificare il suolo 6 da quello 4 è l'acclività locale. Le celle del modello digitale con

acclività maggiore di 50° sono state considerate rappresentative di roccia in posto, mentre per valori inferiori è stato attribuito il suolo tipo 4.

Come si evince dall'estratto di Figura 23 ne risulta un quadro in cui le classi di suolo che determinano risposte elastiche maggiori si rinvencono nei tratti di versante più acclive dove affiora il substrato roccioso.

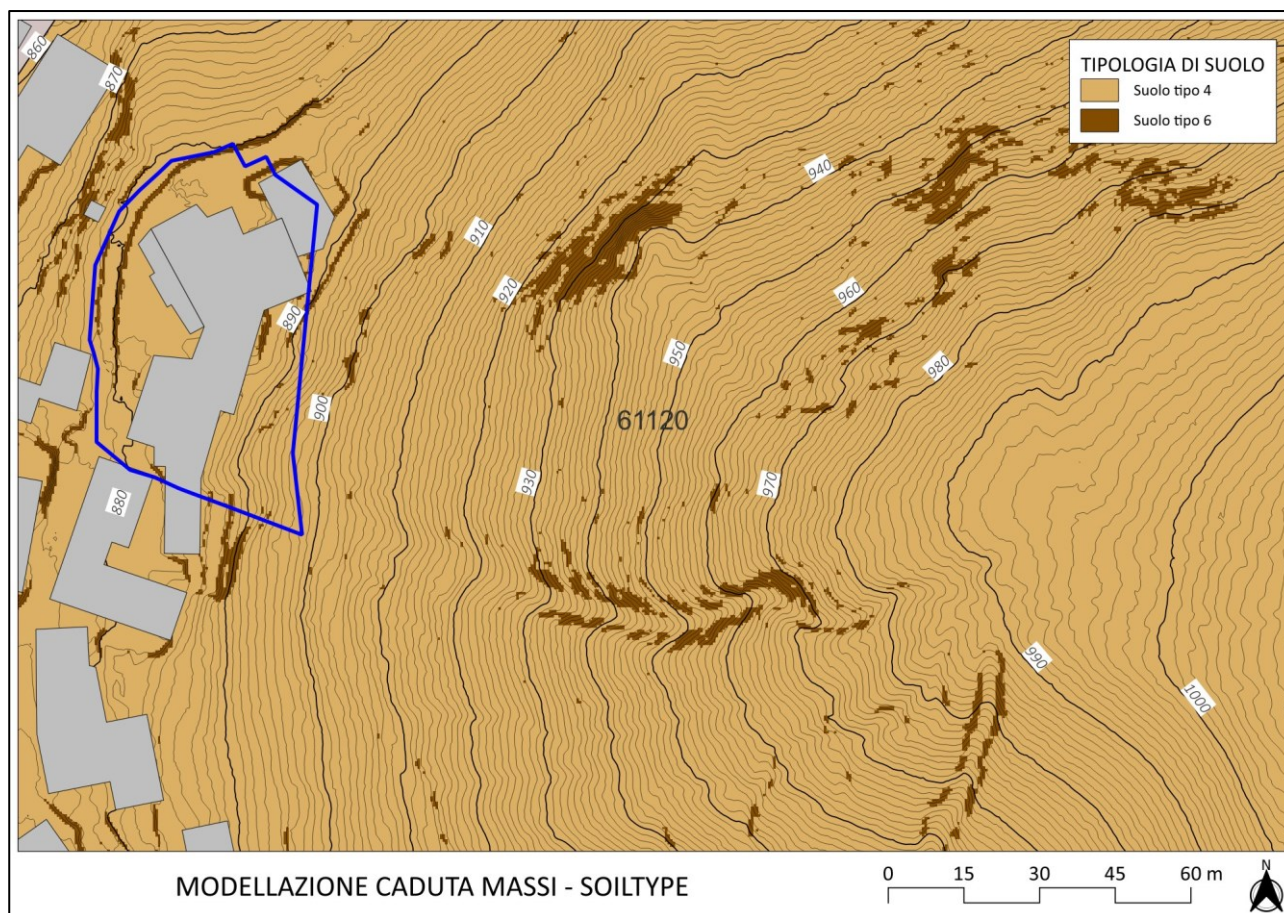


Figura 23. Estrapolazione mappa dei suoli



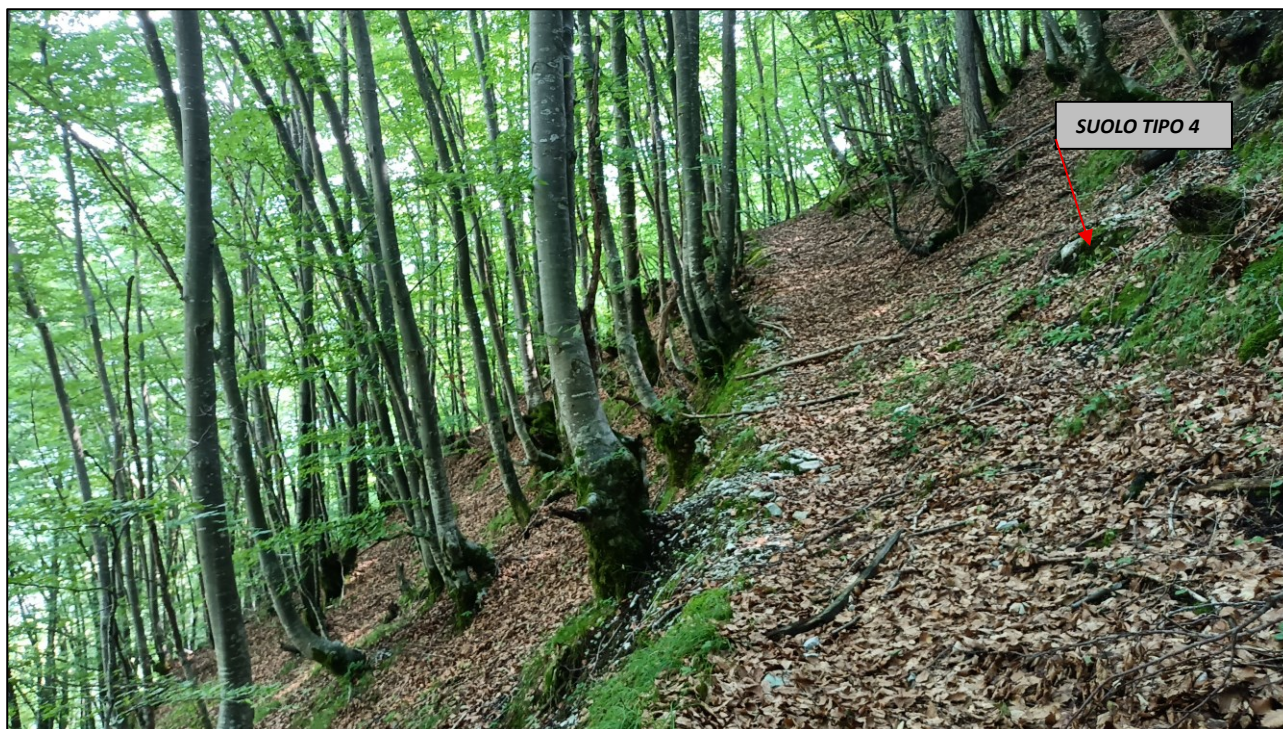


Figura 24. Tipologia di suolo lungo il versante

10.2. STIMA DEL PARAMETRO DELL'ASPERITÀ DEL VERSANTE

Il modello concettuale del pendio, per poter rappresentare realisticamente i processi oggetto di studio, deve contenere anche i valori di scabrezza.

La rugosità imputata nel modello non rappresenta la micro-topografia (es: ondulazioni del terreno) ma bensì gli ostacoli, costituiti in questo caso da massi e/o porzioni di roccia, situati lungo il pendio che vanno ad ostacolare la caduta del blocco. La scabrezza è determinata in campo individuando zone omogenee e viene espressa in termini probabilistici da tre classi di probabilità: rg70, rg20, rg10. Queste classi descrivono la probabilità che un masso ha di incontrare un ostacolo di una certa altezza lungo il suo percorso. Ognuna di queste classi è rappresentata da una mappa *raster* e corrisponde all'altezza in metri di un ostacolo rappresentativo (MOH) che un masso che cade incontra nel 70%, 20% e 10% dei casi, durante un rimbalzo nel poligono definito. In analogia a quanto effettuato per l'individuazione della tipologia dei suoli lungo il versante anche i parametri di rugosità sono stati calibrati seguendo un approccio morfologico e cautelativo al contempo.

Alle differenti tipologie di suolo e di materiale affiorante sono state associate proprie caratteristiche in termini di rugosità. Si ritiene di aver operato una soluzione cautelativa anche in questo caso.

Suolo tipo 4 (<i>slope</i> ≤ 50°)			Suolo tipo 6 (<i>slope</i> > 50°)		
RG10 [m]	RG20 [m]	RG70 [m]	RG10 [m]	RG20 [m]	RG70 [m]
0,07	0,06	0,04	0,10	0,05	0,03

Figura 25. Valori di rugosità inseriti nel programma di simulazione

Il parametro della scabrezza (MOH) ha un ruolo importante nel calcolo della velocità che ciascun blocco assume successivamente ad ogni impatto sul terreno. Infatti, esso concorre nel determinare il parametro R_t o coefficiente di restituzione tangenziale secondo la:

$$R_t = \frac{1}{1 + ((MOH + D_p) / R)}$$

Dove:

- MOH rappresenta l'altezza di un ostacolo dalla superficie del pendio;
- Dp è la profondità di penetrazione del blocco (m);
- R è il raggio del blocco in volo (m).

Il parametro Rt viene utilizzato poi nel calcolo delle componenti delle velocità che caratterizzano il blocco dopo ogni rimbalzo: la V_{t2} , o velocità tangenziale, la V_{n2} , o velocità normale, e la V_{rot2} , o velocità di rotazione.

$$V_{t2} = \sqrt{\frac{R^2 * (I * V_{rot1}^2 + RockMass * V_{t1}^2) * R_t}{I + RockMass * R^2}} \quad V_{n2} = \frac{-V_{n1} * R_n}{1 + (abs(V_{n1})/9)^2} \quad V_{rot2} = \min\left[\frac{V_{t2}}{R}, V_{rot1} + \frac{(V_{t1} - V_{t2}) * 2}{5 * R}\right]$$

Dove:

- V_{t1} , V_{n1} , V_{rot1} sono rispettivamente le velocità tangenziali, normali e di rotazione prima dell'impatto;
- R è il raggio del blocco in volo (m);
- I è il momento di inerzia.

I parametri della risposta elastica del terreno e dell'asperità del versante concorrono nel determinare le dinamiche di scoscendimento dei massi lungo il versante che viene approssimato ad una caduta in campo libero a traiettoria parabolica. Il percorso parabolico di ciascun masso simulato è calcolato con l'algoritmo standard che descrive il moto parabolico uniformemente accelerato in aria. Questo permette di determinare la posizione e la velocità di ogni blocco all'intersezione con la topografia 3D rappresentata dal modello di elevazione digitale del terreno.

10.3. INDIVIDUAZIONE DEL BLOCCO UNITARIO DI PROGETTO

Il sopralluogo in campo, effettuato nel corso del mese di giugno 2026, ha permesso di stimare qualitativamente il blocco unitario rappresentativo da assumere quale masso di progetto. In via cautelativa, sulla base delle condizioni osservate in sito e della limitata estensione degli affioramenti rocciosi presenti, è stato assunto un volume di progetto pari a $0,3 \times 0,3 \times 0,3$ m, corrispondente a circa $0,027 \text{ m}^3$.

Blocco unitario L: 0,3 m B: 0,3 m H: 0,3 m

Nelle impostazioni del software è stata imputata una variazione percentuale rispetto i volumi individuati pari al 5%.

Il volume di progetto assunto nella modellazione è riferito agli elementi lapidei di minore pezzatura potenzialmente mobilizzabili dagli affioramenti rocciosi locali e non ai blocchi isolati di maggiore dimensione ($\emptyset$ indicativo 0,5 – 0,7 m) osservati lungo il versante. Questi ultimi, riconducibili a massi erratici o elementi di origine glaciale, non sono stati considerati rappresentativi della sorgente di crollo diffusa oggetto di modellazione e, allo stato attuale, non presentano evidenze dirette di instabilità imminente. Essi vengono tuttavia considerati come elementi puntuali nell'ambito della gestione del pericolo residuo e saranno trattati nel successivo capitolo relativo alle prescrizioni operative, prevedendo interventi mirati di stabilizzazione in situ mediante funi, chiodature e/o ancoraggi opportunamente dimensionati.

Durante le simulazioni è stata assegnata una forma rettangolare ai blocchi. La forma concorre nel calcolo

della massa di ciascun blocco (*RockMass*), del suo momento di inerzia (*I*) e del suo raggio (*R*), parametri che come di seguito specificato concorrono nel condizionare il moto del blocco lungo il pendio.

Case Blockform 1 // rectangle
BlockVolume = $d1 * d2 * d3$;
BlockMass = RockDensity * BlockVolume;
*I = BlockMass * ($D_arr [1]^2 + D_arr [1] * D_arr [2] + D_arr [2]^2$) / 12;

10.4. INDIVIDUAZIONE AREE SORGENTE FENOMENI DI CROLLO

Le aree di distacco, cioè tutti quei punti in cui si prevede che un blocco possa essere mobilizzato verso valle, sono state individuate sulla scorta delle indagini effettuate in campo e delle analisi condotte in ambiente GIS. Le aree di distacco sono funzione del contesto geologico sito specifico: nel caso in oggetto si è ipotizzato che i distacchi rocciosi possano avvenire per aree in cui l'acclività del pendio raggiunge o supera i 50°. Nella mappa qui di seguito sono segnalate con dei poligoni di colorati le aree individuate come sorgente di distacco, durante l'operazione di analisi spaziali sono stati operati alcuni filtri (es. valore soglia area zona distacco) per eliminare i valori anomali ovvero quelli esterni l'area di interesse per non appesantire l'onere computazione.

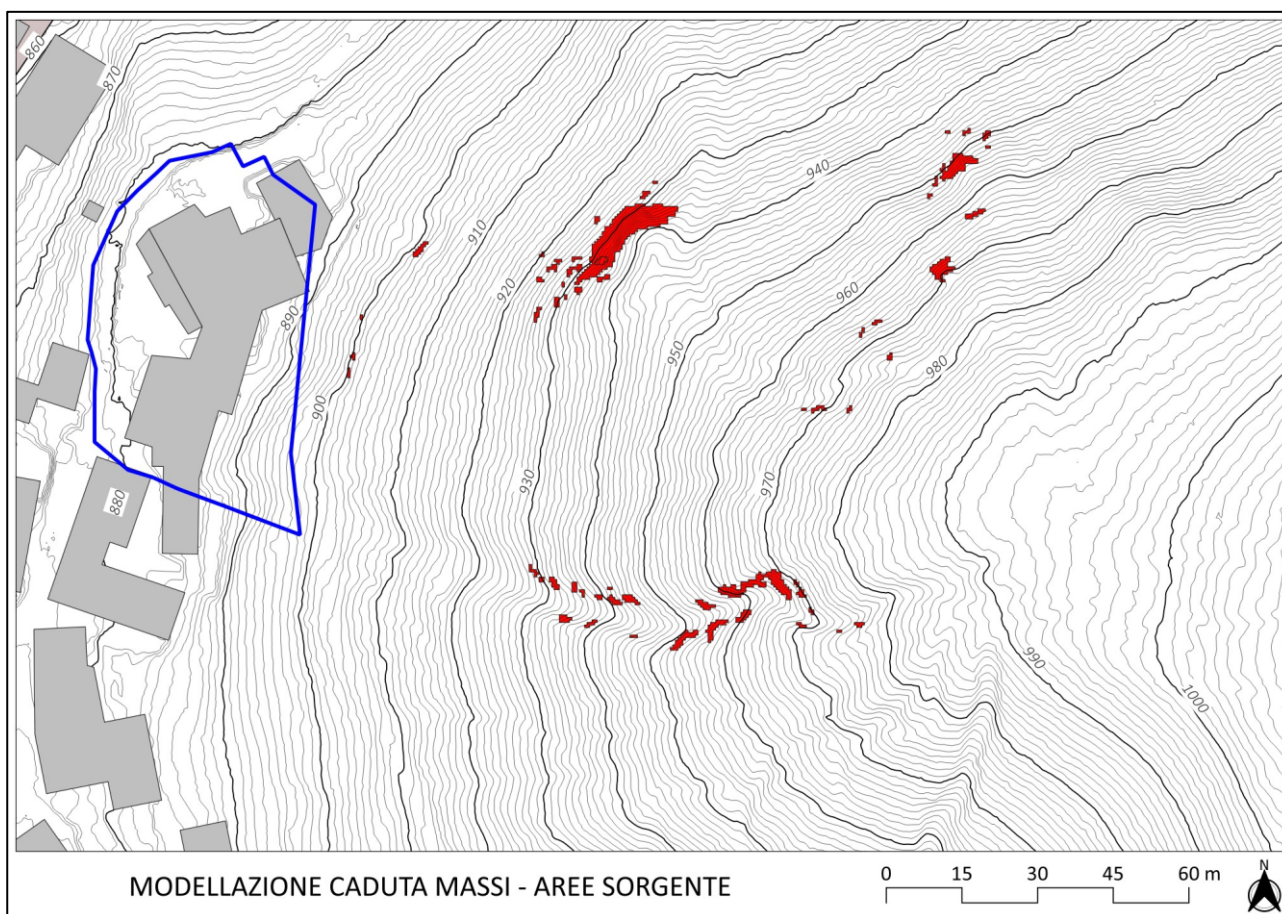


Figura 26. Individuazione aree di distacco relativa al substrato roccioso

Lo studio in oggetto è stato condotto specificatamente per la zona di interesse progettuale e non è estendibile a zone limitrofe a quelle di intervento.

10.5. SEZIONI DI CONTROLLO

Nel modello del pendio è stata inserita una sezione di controllo. Questa permette di registrare le informazioni relative alla velocità, all'energia, all'altezza di volo e all'angolo di incidenza di ogni massa simulato che viene da esse intercettato. La registrazione dei dati dei massi permette così di effettuare le necessarie statistiche affinché il progettista possa identificare le opere di mitigazione del rischio in rispetto alle raccomandazioni

normative vigenti. In particolare, nei risultati verranno presentati i valori di velocità di traslazione, di energia e di altezza di volo perpendicolare al pendio corrispondenti al 95° percentile della distribuzione di tutti i valori di energia e di altezza di volo registrati per ciascuna sezione di controllo.

Nel caso specifico alla sezione di controllo non è stata associata né un'energia di progetto né un'altezza nominale. I massi per tanto non vengono bloccati nella discesa finalizzando la simulazione sino ai massimi effetti prevedibili.

Nella tabella di seguito sono riportati: la lunghezza della tratta in pianta e la coordinata di inizio e di fine tratta. Le coordinate sono espresse secondo il sistema di riferimento ETRS89/UTM zone 32N (EPSG 25832). Le sezioni di controllo corrispondono alle barriere elastiche previste nel progetto definitivo.

Sezione di controllo	Sezione 1
Lunghezza (m)	80
Coordinata inizio (x,y)	703786, 5104685
Coordinata fine (x,y)	703763, 5104609

Figura 27. Sezioni di controllo (lunghezza e coordinate)

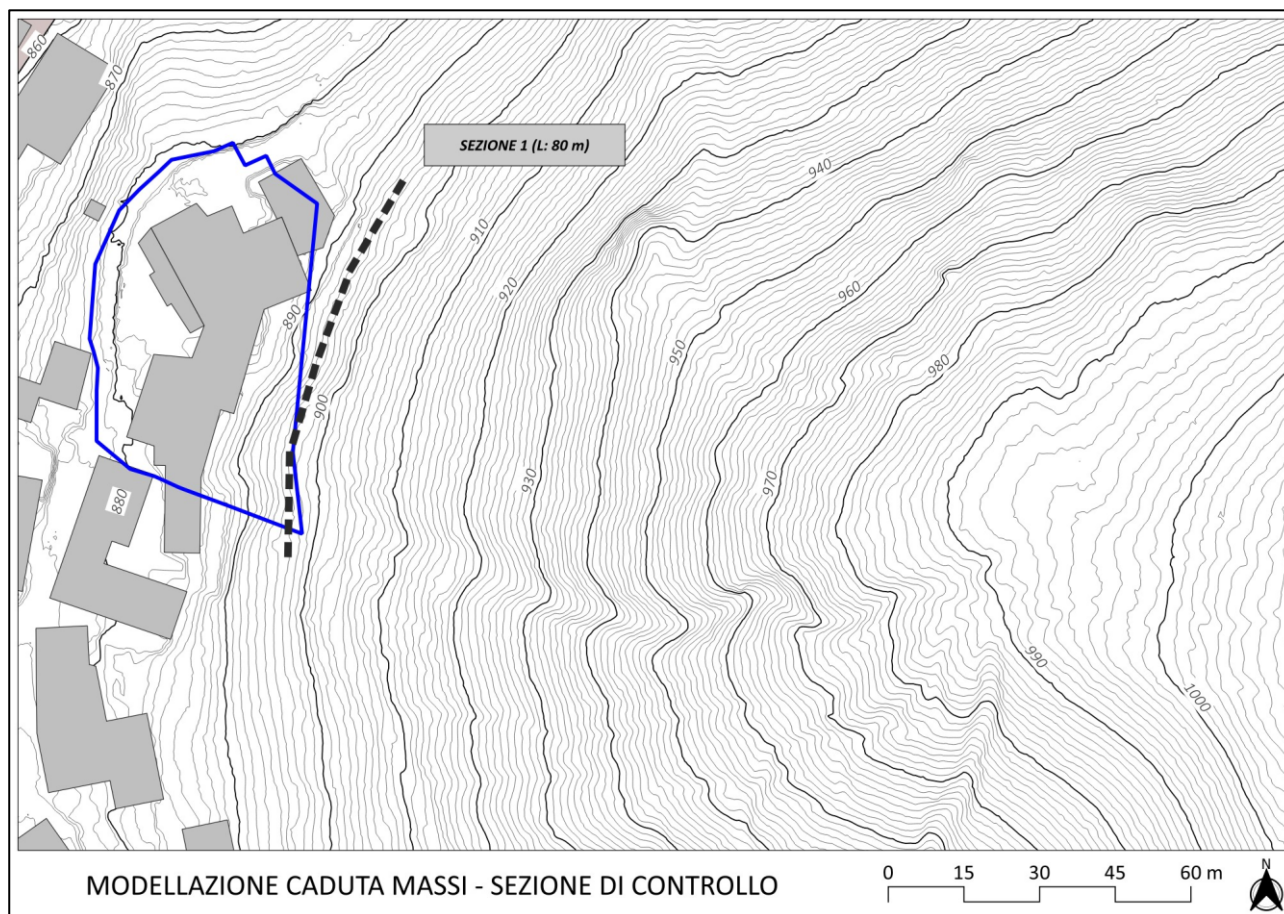


Figura 28. Posizione della sezione di controllo

10.6. DISCUSSIONE RISULTATI MODELLISTICI

Il paragrafo tratta delle simulazioni caduta massi condotte complessivamente su tutto il versante.

Determinato il modello concettuale del pendio sulla scorta delle indagini effettuate e identificate le condizioni di rilascio si è proceduto con le simulazioni.

Al fine di avere un dato robusto in termini statistici, ed individuare così le zone dove con maggior probabilità vengono a concentrarsi le traiettorie dei massi simulati, per ogni cella sorgente è stato scelto di imputare un numero di simulazioni pari a 100. NON è stata imputata alcuna un'altezza di volo iniziale e la variazione nelle dimensioni del masso di progetto è stata impostata pari a +/- 5 %.

```
Rockyfor3D v6.1.0 - Simulations completed on Wed Jul 01 15:06:14 2026

simulation started on Wed Jul 01 15:03:28 2026

simulation settings:
- rock volume variation = +/- 5 %
- "fix" nr. of simulations per source cell = 100
- total nr. of simulated trajectories = 412050
- additional initial fallheight = 0.00 m
- Simulation without forest and with nets

Simulated block volumes:
- min = 0.03 m3
- max = 0.03 m3
```

Figura 29. Impostazioni software simulazione caduta massi

Nei paragrafi che seguono la descrizione dei risultati delle simulazioni effettuate.

10.6.1. MASSIMI EFFETTI ATTESI – AREE DI PASSAGGIO DEI MASSI

La mappa riportata nella figura di seguito mostra la percentuale relativa della possibilità che una data cella del modello digitale del terreno possa essere raggiunta, o meno, da un blocco staccatosi dalle celle individuate come aree sorgente. Si osserva che le aree maggiormente interessate dal passaggio di blocchi rocciosi sono quelle immediatamente a ridosso delle aree sorgente; via via la probabilità decresce in relazione alle zone che morfologicamente sono più idonee a convogliare eventuali distacchi. Non sono stati considerati, cautelativamente, *outliers*.

Dalle simulazioni si evince che:

- la morfologia del pendio controlla significativamente le traiettorie dei massi simulati; in corrispondenza degli avvallamenti morfologici tendono a concentrarsi le traiettorie dei massi;
- alcune aree sorgente individuate durante il sopralluogo non producono effetti nell'area di interesse ma deviano verso nord;
- l'area di variante è potenzialmente interessata da traiettorie con valori di *reach probability* contenuti;

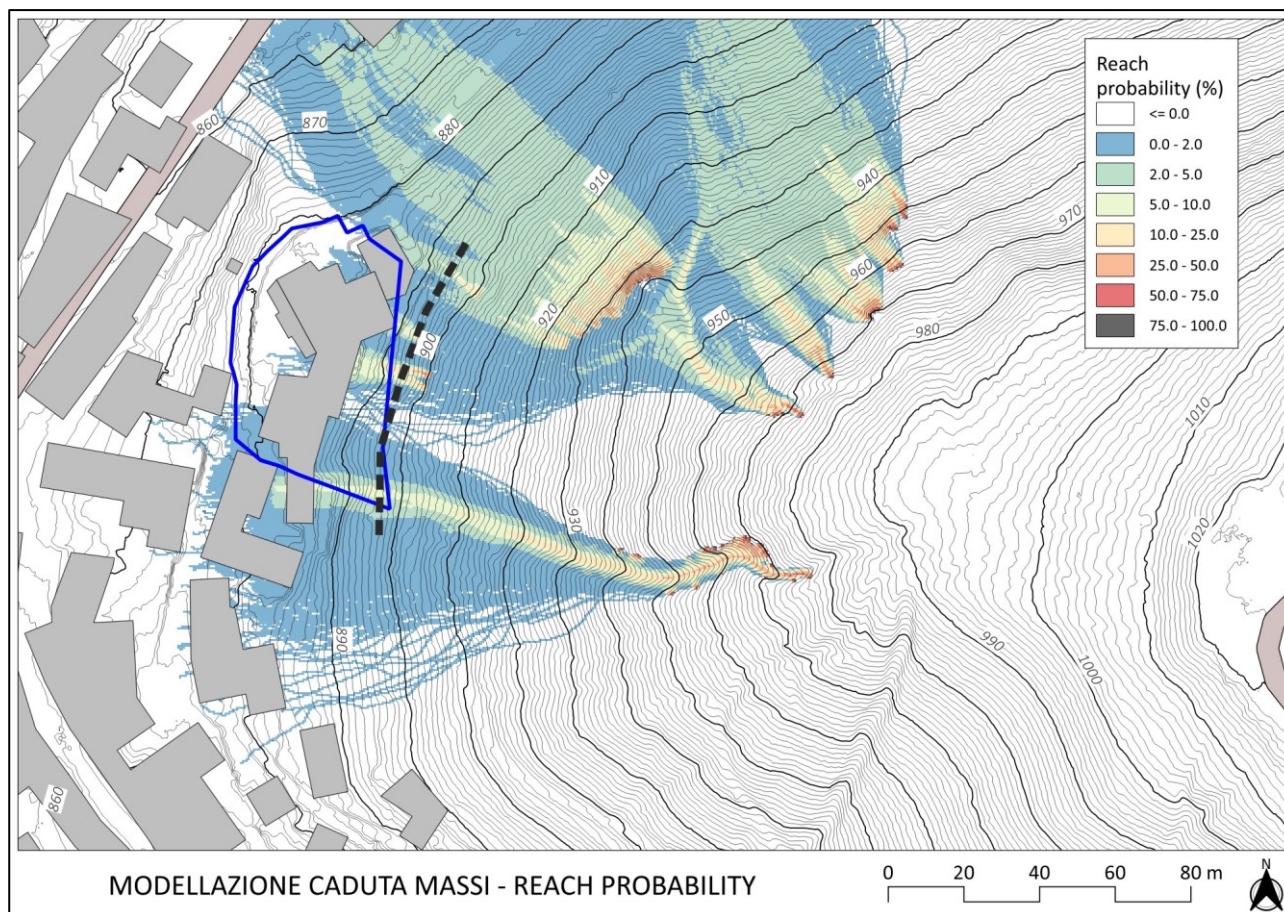


Figura 30. Mappa "reach probability" (scala a vista)

10.6.2. MASSIMI EFFETTI ATTESI - ENERGIE CINETICHE

Dalle modellazioni effettuate si può osservare che i valori di dell'energia cinetica (95° percentile della distribuzione di tutti valori di energia registrati in ogni cella ad ogni passaggio di un masso simulato) risultano assai contenute senza grosse variazioni in termini di classe energetiche. Nel dettaglio:

- gran parte dell'area di indagine, stante le ridotte volumetrie dei blocchi riscontrati rientra nella classe energetica ≤ 10 kJ;
- alcuni brevi tratti di versante sono caratterizzati da energie relativamente maggiori e comprese tra 10 e 50 kJ.

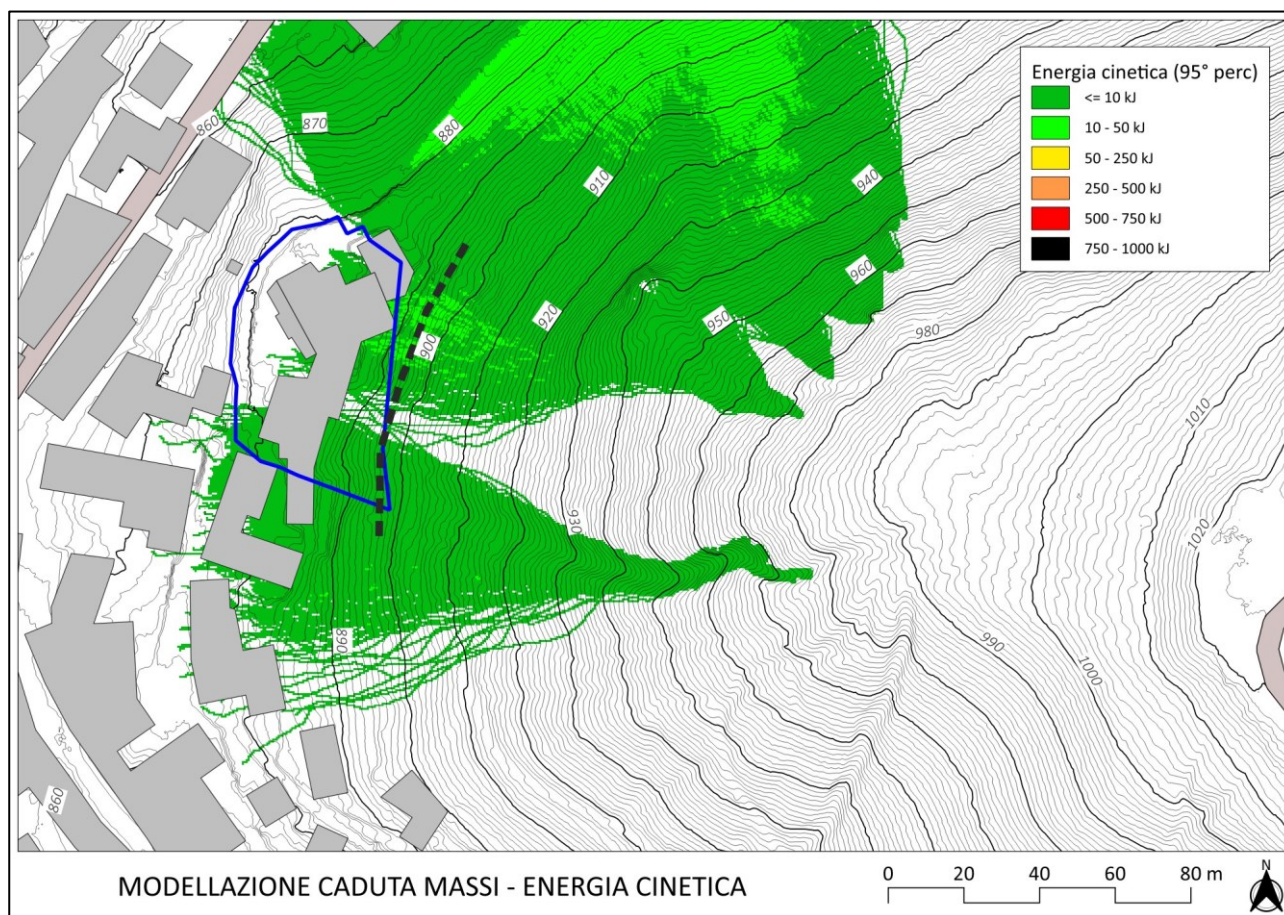


Figura 31. Mappa "Energia cinetica" 95° percentile (scala a vista)

10.6.3. MASSIMI EFFETTI ATTESI - ALTEZZE DI VOLO

Per quanto riguarda le altezze di volo che raggiungono i massi (95° percentile della distribuzione di tutti valori di altezza di volo misurata verticalmente rispetto il pendio registrati in ogni cella ad ogni passaggio di un masso simulato) si osserva che essa è massima in corrispondenza ai salti morfologici presenti lungo il pendio (es: pareti rocciose e balze morfologiche). Lungo gran parte del versante i balzi si limitano alla classe di altezza di volo pari a 1,0 - 2,0 m.

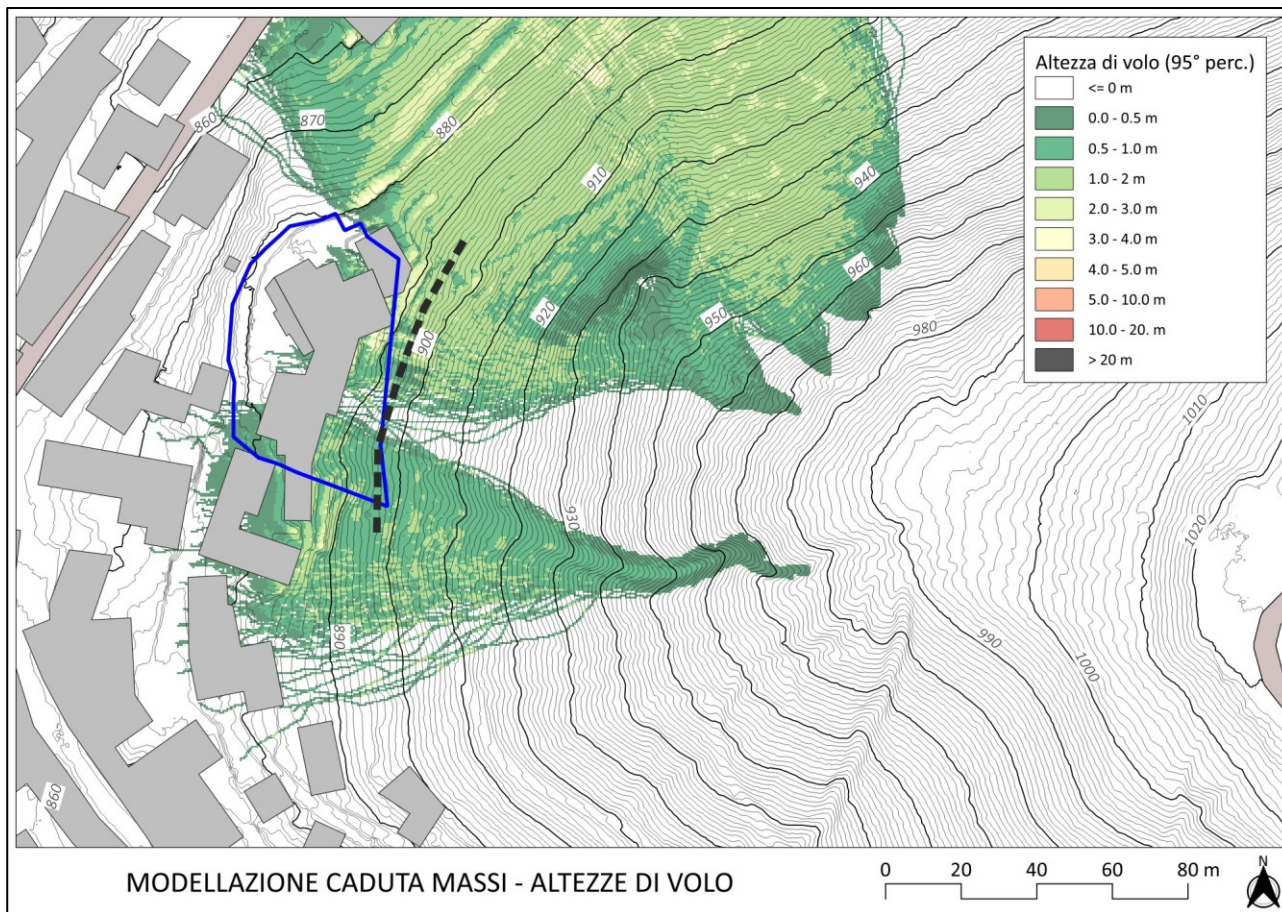


Figura 32. Mappa "altezze di volo" 95° percentile (scala a vista)

10.7. DEFINIZIONE DEI FENOMENI ATTESI (CROLLI ROCCIOSI) E PRESCRIZIONI OPERATIVE SULLA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI

Le simulazioni condotte con Rockyfor3D, impostate assumendo quale riferimento il blocco unitario di progetto pari a circa 0,03 m³, evidenziano un quadro energetico complessivamente modesto. I valori restituiti dal modello indicano energie cinetiche generalmente contenute entro pochi kJ, con valore al 95° percentile prossimo a 10 kJ. Anche le altezze di volo risultano limitate, con valore al 95° percentile pari a circa 1,0 m.

Tali risultati sono coerenti con il quadro geomorfologico osservato in sito, caratterizzato dalla presenza di affioramenti rocciosi discontinui e di limitata estensione, interessati da fratturazione minuta, dai quali possono originarsi prevalentemente elementi lapidei di piccola pezzatura. La modellazione non evidenzia pertanto condizioni riconducibili a fenomeni di crollo ad elevata energia, ma piuttosto dinamiche locali di rotolamento o rimbalzo contenuto di blocchi decimetrici lungo il versante. In termini di effetti attesi, il fenomeno può quindi essere ricondotto a una caduta massi di bassa energia, con traiettorie relativamente poco sviluppate e valori di altezza di passaggio tali da poter essere intercettati mediante un'opera passiva di limitata altezza, opportunamente dimensionata e posizionata lungo il margine di valle del settore interessato. La barriera paramassi/paradetriti dovrà essere scelta tenendo conto dei valori energetici più cautelativi restituiti dalla modellazione, adottando un adeguato margine prestazionale rispetto all'energia al 95°-98° percentile e garantendo un'altezza utile compatibile con le altezze di transito calcolate, comprensive del necessario franco di sicurezza. Si ribadisce che tali risultanze sono riferite agli elementi lapidei di minore pezzatura potenzialmente mobilizzabili dagli affioramenti rocciosi locali. I blocchi isolati di maggiore dimensione osservati in sito, riconducibili a massi erratici o elementi glaciali, non sono stati assunti quale volume rappresentativo nella modellazione, ma vengono considerati separatamente nell'ambito delle prescrizioni operative qui di seguito specificate.

Alla luce delle risultanze della modellazione traiettografica e delle condizioni geomorfologiche rilevate in sito, si prescrive la realizzazione di un'opera di protezione passiva tipo barriera paramassi/paradetriti, da ubicarsi lungo il settore di valle dell'area interessata dove è stata collocata la sezione di controllo inserita nel modello, in posizione per tanto idonea all'intercettazione degli elementi lapidei potenzialmente mobilizzabili dagli affioramenti rocciosi presenti sul versante.

L'opera dovrà avere energia nominale non inferiore a 50 kJ e altezza utile non inferiore a 2,0 m, valori ritenuti adeguati rispetto agli effetti attesi dalla modellazione, che evidenziano energie cinetiche e altezze di transito contenute. La barriera dovrà essere installata secondo le indicazioni del produttore le cui fondazioni dovranno essere dimensionate secondo un'apposita relazione di calcolo che tenga conto dei parametri di resistenza del terreno e delle caratteristiche degli elementi strutturali.

La scelta di una barriera con energia nominale pari o superiore a 50 kJ introduce un margine cautelativo rispetto ai valori energetici restituiti dalla simulazione, consentendo di intercettare gli elementi lapidei di minore pezzatura potenzialmente mobilizzabili lungo il versante e di garantire un presidio passivo proporzionato al quadro di pericolosità locale.

Per quanto riguarda i blocchi isolati di maggiore dimensione individuati lungo il versante, riconducibili verosimilmente a massi erratici o elementi di origine glaciale, si prescrive la loro stabilizzazione puntuale in situ mediante funi metalliche, chiodature e/o ancoraggi opportunamente dimensionati. Gli elementi individuati risultano concentrati in pochi punti del versante, indicativamente due/tre settori, e sono facilmente raggiungibili sia da valle sia da monte, in ragione della morfologia non particolarmente acclive e della buona accessibilità complessiva dell'area. L'intervento si configura pertanto come una misura localizzata, tecnicamente semplice e poco invasiva, finalizzata alla mitigazione cautelativa del pericolo residuo nel lungo termine. La stabilizzazione dei blocchi maggiori non è connessa a evidenze di instabilità

imminente, ma risponde a un criterio prudenziale di gestione del versante, volto a evitare che l'evoluzione naturale delle condizioni superficiali possa, nel tempo, determinare situazioni di maggiore criticità. Nelle foto qui sotto i tre punti in cui sono stati osservati i blocchi di cui sopra.



11. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ PER FENOMENI LITOGEO MORFOLOGICI

Ai fini della verifica delle condizioni litogeomorfologiche del settore interessato dalla variante, è stato eseguito un sopralluogo specifico, esteso all'intero versante posto a monte e a tergo dell'area in esame. L'ispezione di campagna ha consentito di osservare direttamente l'assetto morfologico locale, la distribuzione degli affioramenti rocciosi, le condizioni delle coperture superficiali e gli eventuali elementi geomorfologici significativi ai fini della valutazione della pericolosità.

Lungo buona parte del versante si rileva la presenza di roccia affiorante o subaffiorante, generalmente mascherata in modo discontinuo dalla copertura vegetale e da sottili coltri detritico-eluviali. Il substrato roccioso si presenta diffusamente fratturato, con discontinuità pervasive e locale scomposizione dell'ammasso in elementi di dimensione prevalentemente decimetrica. La classificazione a penalità media risulta limitata alla porzione di versante retrostante il fabbricato esistente ed è da ricondurre principalmente alle condizioni generali di acclività del pendio, all'assetto morfologico locale e alla presenza di litotipi di scarsa qualità. L'area edificata dove sorge l'ex casa di riposo, e che risulta pressoché pianeggiante, è in zona a penalità trascurabile o, al più, per un brevissimo tratto in area a penalità bassa.

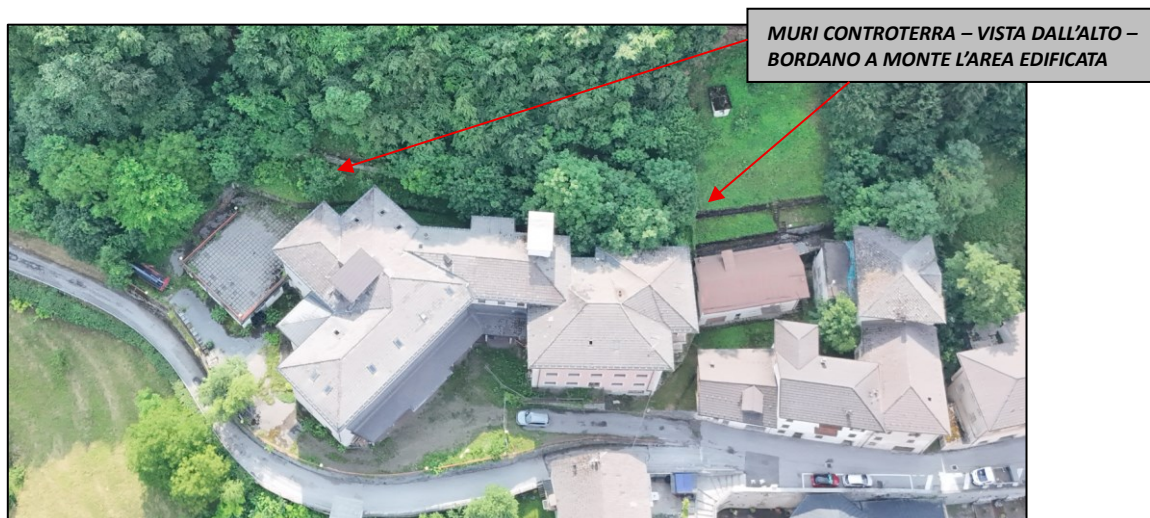
Qui di seguito alcune foto scattate nell'area immediatamente a monte del fabbricato.





A monte del fabbricato esistente si rileva, inoltre, la presenza di opere di sostegno costituite da muri controterra, localmente anche di altezza significativa, realizzati lungo il margine retrostante l'area edificata. Non è stato possibile ricostruire con certezza l'epoca di realizzazione di tali manufatti; tuttavia, per collocazione e funzione, essi appaiono verosimilmente connessi alla sistemazione originaria dell'area e alla realizzazione del fabbricato principale.

Tali opere hanno determinato una regolarizzazione dei fronti posti immediatamente a monte dell'edificio, consentendo il contenimento delle porzioni di versante più prossime all'area edificata. In termini litogeomorfologici, i muri controterra esistenti rappresentano quindi un elemento significativo di presidio locale, in quanto contribuiscono alla stabilità dei fronti retrostanti il fabbricato e limitano l'evoluzione superficiale dei terreni direttamente interferenti con l'area edificata.



Qui di seguito alcuni dettagli. I muri controterra appaiono integri ed in buono stato.





11.1. DEFINIZIONE DEI FENOMENI ATTESI (LITOGOMORFOLOGICI) E PRESCRIZIONI OPERATIVE SULLA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI

Sulla base delle osservazioni condotte in sito, i fenomeni attesi nel settore retrostante il fabbricato esistente possono essere ricondotti principalmente alla combinazione tra la presenza di substrato roccioso affiorante o subaffiorante, diffusamente fratturato, e le condizioni di moderata acclività del versante. In particolare, la formazione della Scaglia Rossa, osservata localmente in affioramento, si presenta con assetto fratturato e localmente scomposto in elementi di dimensione prevalentemente decimetrica, condizione che può favorire, nel tempo, modesti processi di degradazione superficiale dell'ammasso roccioso.

I fenomeni potenzialmente configurabili sono pertanto riconducibili a dinamiche superficiali e localizzate, quali il distacco di piccoli elementi lapidei, il rilascio di materiale detritico minuto, il lento rimaneggiamento delle coltri eluvio-detritiche presenti sul pendio e modesti fenomeni di scivolamento o colamento superficiale in occasione di eventi meteorici intensi. Non si riconoscono invece evidenze morfologiche riferibili a fenomeni gravitativi profondi o a dissesti attivi di versante, né condizioni tali da far ipotizzare cinematismi estesi in grado di coinvolgere in modo generalizzato l'area edificata.

Va tuttavia evidenziato che la porzione di versante immediatamente a monte del fabbricato risulta già

interessata dalla presenza di opere di sostegno costituite da muri controterra, localmente anche di altezza significativa. Tali manufatti, presumibilmente realizzati contestualmente alla costruzione dell'edificio principale o comunque nell'ambito della sistemazione originaria dell'area, svolgono una funzione di contenimento e regolarizzazione dei fronti retrostanti lo stabile.

La presenza di tali strutture costituisce un elemento rilevante nella valutazione della stabilità dei luoghi, in quanto consente di ritenere già mitigati, almeno nella fascia direttamente interferente con il fabbricato esistente, i principali effetti attesi legati all'acclività del versante e alla fratturazione del substrato roccioso. I muri controterra contribuiscono infatti al contenimento dei fronti a monte dell'area edificata, limitando la possibilità di arretramento locale, rilascio di materiale superficiale o evoluzione diretta del pendio verso il manufatto.

In sintesi, la porzione di versante immediatamente retrostante il fabbricato risulta già interessata dalla presenza di opere di contenimento e stabilizzazione, costituite da muri controterra che hanno di fatto regolarizzato e presidiato i fronti a monte dell'area edificata. Alla luce delle osservazioni condotte, il quadro locale odierno può quindi essere ricondotto a condizioni di sostanziale stabilità, in assenza di evidenze di dissesto attivo o di fenomeni evolutivi in atto direttamente interferenti con il manufatto esistente. Tale valutazione risulta adeguata alla presente fase di verifica della compatibilità urbanistica, fermo restando che l'approfondimento delle condizioni geologiche, geotecniche e strutturali delle opere esistenti rientra nella normale prassi progettuale delle successive fasi edilizie, qualora gli interventi previsti dovessero interferire direttamente con i manufatti di sostegno o modificarne l'assetto.

Nelle successive fasi di recupero edilizio, non essendo allo stato attuale noto il dettaglio progettuale degli interventi previsti, tali opere potranno essere mantenute nella loro configurazione attuale, qualora compatibili con il progetto, oppure consolidate mediante interventi puntuali, quali tiranti, chiodature o altri sistemi equivalenti, nel caso si ritenga opportuno incrementare ulteriormente il livello di sicurezza del versante. Qualora invece le esigenze progettuali rendessero necessaria la modifica, la rimozione o la sostituzione dei muri esistenti, tali interventi dovranno essere preceduti da specifiche analisi geologiche, geotecniche e strutturali di dettaglio, finalizzate a garantire il mantenimento delle attuali condizioni di stabilità del fronte retrostante il fabbricato.

12. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA COMPATIBILITÀ DELLA VARIANTE RICHIESTA

Il presente Studio di Compatibilità è stato redatto a supporto della variante puntuale V.P.02 al Piano Regolatore Generale del Comune di Castello Tesino, finalizzata alla modifica della destinazione urbanistica delle pp.ed. 1875, 1794/1 e 1794/2 e della p.f. 3550, da area per attrezzature civili-amministrative di livello locale, area assistenziale, ad area per edilizia abitativa pubblica/convenzionata. La variante riguarda il recupero e la rifunzionalizzazione dell'immobile esistente, attualmente inutilizzato, privilegiando il riuso del patrimonio edilizio già insediato rispetto a nuove trasformazioni di suolo.

Le verifiche condotte hanno preso in esame le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e di pericolosità dell'area, con particolare riferimento alle penali individuate dalla Carta di Sintesi della Pericolosità e dalle Carte della Pericolosità provinciali. L'area di variante interessa settori classificati con penali media, bassa e trascurabile/assente, riconducibili principalmente alla possibile pericolosità da crolli rocciosi e alla pericolosità litogeomorfologica, mentre non sono state riconosciute interferenze dirette con corsi d'acqua attivi, sorgenti o aree di salvaguardia idropotabile.

Per quanto riguarda i fenomeni di crollo, il sopralluogo e la modellazione traiettografica hanno evidenziato un quadro complessivamente contenuto. Gli affioramenti rocciosi presenti lungo il versante risultano discontinui, di limitata estensione e costituiti da roccia diffusamente frantumata alla scala minuta; non sono state riconosciute pareti rocciose continue o fronti morfologicamente rilevanti in grado di alimentare fenomeni di crollo di volume significativo. Le simulazioni condotte con Rockyfor3D, assumendo un blocco unitario di progetto pari a circa 0,03 m³, indicano energie cinetiche modeste e altezze di volo contenute, compatibili con fenomeni di bassa energia legati alla mobilitazione di elementi lapidei decimetrici.

In ragione di tali risultanze, la compatibilità della variante è subordinata alla realizzazione di un'opera passiva tipo barriera paramassi/paradetri, da collocarsi lungo il settore di valle dell'area indagata, in corrispondenza della sezione di controllo considerata nella modellazione. L'opera dovrà avere energia nominale non inferiore a 50 kJ e altezza utile non inferiore a 2,0 m, con fondazioni e ancoraggi dimensionati mediante apposita relazione di calcolo. Tale soluzione introduce un margine cautelativo rispetto agli effetti attesi e consente di intercettare gli elementi lapidei minori potenzialmente mobilizzabili dagli affioramenti rocciosi locali.

I blocchi isolati di maggiore dimensione osservati lungo il versante, riconducibili verosimilmente a massi erratici o elementi glaciali, non sono stati assunti quale volume rappresentativo nella modellazione dei crolli diffusi, in quanto non riferibili alla sorgente rocciosa minuta oggetto di simulazione. Essi sono stati tuttavia specificamente considerati nella gestione del pericolo residuo e dovranno essere stabilizzati puntualmente in situ mediante funi metalliche, chiodature e/o ancoraggi opportunamente dimensionati. Considerata la loro concentrazione in pochi punti e la buona accessibilità del versante, tale intervento assume carattere localizzato, poco invasivo e cautelativo nel lungo termine.

Per quanto concerne la pericolosità litogeomorfologica, la penali media interessa principalmente la porzione di versante retrostante il fabbricato esistente ed è riconducibile alla combinazione tra acclività locale, presenza di substrato roccioso affiorante o subaffiorante e caratteristiche litologico-strutturali della Scaglia Rossa, osservata in sito come roccia diffusamente frantumata. Non sono tuttavia state rilevate evidenze di dissesti attivi, fenomeni gravitativi profondi o condizioni di instabilità generalizzata del versante.

La porzione immediatamente a monte dell'edificio risulta inoltre già interessata dalla presenza di muri controterra, localmente anche di altezza significativa, presumibilmente realizzati nell'ambito della sistemazione originaria dell'area. Tali opere hanno di fatto regolarizzato e presidiato i fronti retrostanti il fabbricato, contribuendo alla stabilità locale e limitando l'evoluzione diretta del pendio verso l'area edificata. Allo stato attuale, il quadro locale può quindi essere ricondotto a condizioni di sostanziale stabilità, ferma restando la necessità di approfondimenti geologici, geotecnici e strutturali nelle successive fasi edilizie.

qualora gli interventi previsti interferiscano con tali manufatti, ne modifichino l'assetto o ne richiedano la sostituzione.

Alla luce delle analisi svolte, delle evidenze raccolte in campo e delle prescrizioni sopra richiamate, si ritiene che la variante puntuale V.P.02 sia compatibile con il quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e di pericolosità locale. La compatibilità è da intendersi subordinata al rispetto delle prescrizioni operative indicate nel presente elaborato, con particolare riferimento alla realizzazione della barriera paramassi/paradetriti, alla stabilizzazione puntuale dei blocchi isolati maggiori e alla conservazione, verifica o eventuale adeguamento delle opere di sostegno esistenti nel caso di interferenza con i futuri interventi edilizi.

In conclusione, le trasformazioni urbanistiche previste non determinano un aggravio delle condizioni di pericolosità esistenti, né introducono elementi incompatibili con l'assetto geologico e morfologico locale, a condizione che le successive fasi progettuali recepiscano le misure di mitigazione e gli approfondimenti indicati. La variante può pertanto essere valutata favorevolmente sotto il profilo della compatibilità geologica e geomorfologica, ai sensi degli artt. 16 e 17 delle Norme di Attuazione del PUP.

Pinzolo, giugno 2026

Il tecnico geologo

Dott. Giuliano Lorenzetti

