

**PIANO REGOLATORE GENERALE
DEL COMUNE DI BONDONE**

VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ DA CROLLO



REL. 3328/02/22

CV (maggio 2022)

"Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio "GEOLOGIA APPLICATA" (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)



PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI BONDONE

VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' DA CROLLO

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. | PREMESSA | 2 |
| 2. | QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.1 | NORMATIVA NAZIONALE | 4 |
| 2.2 | NORMATIVA LOCALE | 4 |
| 3. | VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E AMBIENTALE | 5 |
| 3.1 | CARTA DI SINTESI DELLE PERICOLOSITÀ | 5 |
| 3.2 | CARTA DELLE RISORSE IDRICHE | 6 |
| 4. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL COMUNE DI BONDONE | 7 |
| 4.1 | ASPETTI GEOLOGICI-STRUTTURALI E STRATIGRAFICI | 7 |
| 5.2 | ASPETTI GEOMORFOLOGICI | 14 |
| 5.3 | ASPETTI IDROGEOLOGICI | 16 |
| 5. | SIMULAZIONE DI CONDIZIONI DI CROLLO | 18 |
| 5.1 | INTRODUZIONE | 18 |
| 5.2 | CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL MODELLO | 19 |
| 5.2.1 | Forma dei blocchi | 20 |
| 5.2.2 | Tipologia di terreno | 20 |
| 5.2.3 | Modello del terreno | 20 |
| 5.2.4 | Analisi cinematica elementare: in caduta libera | 20 |
| 5.2.5 | Analisi cinematica complessa: forze di contatto, forze di attrito e rimbalzi | 22 |
| 6. | STUDIO DELLA COMPATIBILITA' | 29 |
| 6.1 | MACRO-AREA BAITONI SUPERIORE | 30 |
| 6.1.1 | Penalità da crollo e destinazione urbanistica | 30 |
| 6.1.2 | Specificità di carattere macro/meso-strutturale e opere di difesa | 31 |
| 6.1.3 | Simulazione traiettografica | 33 |
| 6.2 | MACRO-AREA BAITONI INFERIORE | 47 |
| 6.2.1 | Penalità da crollo e destinazione urbanistica | 47 |
| 6.2.2 | Specificità di carattere macro/meso-strutturale e opere di difesa | 48 |
| 6.2.3 | Simulazione traiettografica | 50 |
| 7. | VALUTAZIONI CONCLUSIVE SULLA COMPATIBILITÀ | 64 |
| 8. | VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE | 67 |

PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI BONDONE

VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' DA CROLLO

1. PREMESSA

La presente valutazione della compatibilità per crolli rocciosi è redatta su incarico e per conto del Comune di Bondone, a supporto del nuovo Piano Regolatore Generale.

Gli scriventi, già nel 2015, avevano intrapreso specifici studi per valutare la criticità geologica delle varianti inserite nel nuovo PRG in corso di elaborazione. L'iter dell'analisi fu poi tuttavia interrotto in attesa degli sviluppi amministrativi in sede Comunale.

Il presente documento sviluppa ora una analisi aggiornata del rischio da crolli nell'ambito relativo alle scelte urbanistiche inerenti il nuovo Piano Regolatore Generale comunale. L'analisi si basa sugli studi pregressi svolti nel tempo dagli scriventi e viene integrata da recenti sopralluoghi e approfondimenti supportati da nuovi strumenti informatici (RAMMS, si veda cap. 5) e recepisce la nuova normativa a livello provinciale in materia urbanistica e vincoli idrogeologici adeguando analisi e contenuti (Carta di Sintesi delle Pericolosità CsP - Deliberazione n. 1317 del 4 settembre 2020 della Giunta Provinciale). La Carta di Sintesi della Pericolosità (CSP), prevista dall'art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 individua le aree a diversa penalità ai fini dell'applicazione delle disposizioni relative all'uso del territorio previste dalla L.P. 27 maggio 2008, n.5 "Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale". In riferimento ai contenuti delle Norme d'Attuazione del PUP e alle *"Indicazioni e precisazioni per l'applicazione delle disposizioni previste per le aree a diversa penalità della CsP"*, le relazioni o gli studi di compatibilità rientrano in qualità di allegati quali parti integranti e sostanziali dei Piani Urbanistici.

Lo studio, sulla base delle considerazioni geologiche locali, esprime quindi le

valutazioni di merito inerenti la compatibilità delle trasformazioni urbanistiche e di utilizzo del suolo proposte nel nuovo PRG.

Di tutte le varianti analizzate nelle precedenti fasi di affinamento dello strumento urbanistico e che rientrano nel Piano, lo studio considera le 10 ricadenti in aree interessate da penalità da crollo che propongono una destinazione d'uso peggiorativa, causata dall'aumento del carico antropico e della vulnerabilità, e che necessitano quindi di uno studio di compatibilità già in sede di pianificazione, secondo l'articolo 16 comma 4 e quanto specificato al cap. 8.3 "Approvazione degli strumenti urbanistici" dell'ultimo aggiornamento, n. 379 del 18 marzo 2022, della Delibera n. 1317 e quanto dichiarato durante la Conferenza di Pianificazione tenutasi in data 12.01.2022. In fase di progettazione e al momento della descrizione esplicita della destinazione sarà necessario redigere uno studio di compatibilità ai sensi dell'Art.16 per restanti 44 varianti.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.LGS. 152/2006 – “Norme in materia ambientale”.
- DM 10 agosto 2012, n. 161 “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- D.P.R. 13/06/2017, n.120 – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle Terre e Rocce da scavo, ai sensi dell'Art.8 del D.L.12/09/2014 n.133,
- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 2018 – Testo Unico – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni. D.M. 17/01/2018
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7” Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”

2.2 NORMATIVA LOCALE

- L.P. 8 luglio 1976, nr. 18 “Norme in materia di acque pubbliche, opere idrauliche e relativi servizi provinciali”
- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA PROVINCIALE 26 gennaio 1987, n. 1-41/Legisl. “Approvazione del testo unico delle leggi provinciali in materia di tutela dell'ambiente dagli inquinamenti”
- Allegato C Carta di Sintesi della Pericolosità - Deliberazione n. 1317 del 4 settembre 2020 della Giunta Provinciale – Aggiornamento n.379 18 marzo 2022

3. VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO E AMBIENTALE

3.1 CARTA DI SINTESI DELLE PERICOLOSITÀ

La Carta di Sintesi delle Pericolosità prende in considerazione diversi tipi di fenomeni naturali che sussistono sul territorio provinciale inerenti fenomeni geologici, idrologici, nivologici e forestali.

Le Carte delle Pericolosità individuano le pericolosità dei singoli fenomeni idrogeologici, mentre la Carta di Sintesi delle Pericolosità recepisce i valori riportati (pericolosità alta, media, bassa e trascurabile) esprimendoli in classi di **penalità (P4 - Elevata, P3 - Media, P2 - Bassa e altri tipi di penalità, Zone da approfondire APP)** secondo le disposizioni contenute nel documento "Disposizioni tecniche per la predisposizione della Carta di Sintesi della Pericolosità". Di seguito si riporta la legenda della Carta di Sintesi della Provincia di Trento.

Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità

Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinarie

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------|
|  | P4 - elevata | art. 15 |
|  | P3 - media | art. 16 |
|  | P2 - bassa | art. 17 |

altri tipi di penalità

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|
|  | APP - aree da approfondire | art. 18 |
|  | PRV - residua da valanga | art. 18 |
|  | P1 - trascurabile o assente | art. 18 |

tutele speciali

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  | AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche | art. 14 |
|  | IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo | art. 18 |
|  | RSS - area di rispetto stazione sismometrica | art. 18 |
|  | stazione sismometrica | |

Figura 1 – Legenda Carta di Sintesi della Pericolosità

In Tav.2 si riporta una sovrapposizione delle varianti alla Penalità da crollo.

I vincoli urbanistici, e relative deroghe, generati dalle classi di penalità, sono riportati negli articoli 15-16-17-18 delle norme del PUP (l.p. n.15 del 2015).

Qui di seguito viene riportato in sintesi l'articolo 16 c.4 che interessa le trasformazioni urbanistiche previste dagli strumenti di pianificazione.

L'Art. 16 comma 4 così recita:

"Gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia previsti da nuovi strumenti di pianificazione o loro varianti in aree con penalità media sono ammessi solo se questi strumenti di pianificazione prevedono la realizzazione di apposite opere difensive che consentano il declassamento della pericolosità o l'adozione di misure di sicurezza adeguate in relazione ai fenomeni attesi. A tal fine gli strumenti di pianificazione e le loro varianti devono essere supportati dallo studio di compatibilità previsto dal comma 3. Le strutture provinciali competenti, in sede di esame delle previsioni degli strumenti di pianificazione secondo le procedure previste dalla legge urbanistica, si esprimono al riguardo con parere vincolante".

3.2 CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

Nel nuovo P.U.P. 2008 i vincoli sulle risorse idriche sono stralciati dalla carta di sintesi e normati al suo interno dall'articolo 21 e dalla relativa cartografia di accompagnamento.

Nel P.U.P. sono indicate le seguenti zone di tutela delle risorse idriche:

- Zone di tutela assoluta
- Zone di rispetto idrogeologico
- Zone di protezione

Gli interventi e le attività ammissibili all'interno delle sopra indicate zone sono definiti dalle relative Norme di Attuazione della Carta delle Risorse Idriche approvate con L.P.27/05/2008 n.5 art.21, comma 3 a cui si rimanda per ogni approfondimento. Si precisa che nessuna variante rientra nelle Zone sopraelencate (vedi TAV.3 allegata).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL COMUNE DI BONDONE

4.1 ASPETTI GEOLOGICI-STRUTTURALI E STRATIGRAFICI

Il settore d'interesse vede affiorare la successione mesozoica che caratterizza anche localmente l'intero versante idrografico sinistro della Valle del Fiume Chiese, separato tettonicamente dai terreni del Permiano e del Trias inferiore - medio dalla Linea delle Giudicarie Sud (NNE-SSO), che si collega alla Linea della Val Trompia (circa E-O) fra Storo e Ponte Caffaro. Questo settore si colloca all'interno di una più vasta area compresa fra il Lago di Garda ed il Lago d'Idro, ed è costituito principalmente da unità del Triassico superiore (Dolomia Principale e depositi coevi) a comportamento rigido-fragile sovrascorse, attraverso la Linea Tremosine-Tignale-Costa, durante le fasi neoalpine, sulle successioni giurassico-cretacico-terziarie in facies lombarda a comportamento reologico plastico, con vergenze orientali e sud-orientali (PICOTTI & PINI, 1988b). La conseguenza del diverso comportamento reologico ha consentito il buon stato di preservazione dei bacini intra-piattaforma, all'interno del blocco sovrascorso che appare tuttavia caratterizzato da fasci di faglie estensionali e linee di trasferimento (Figura 2).

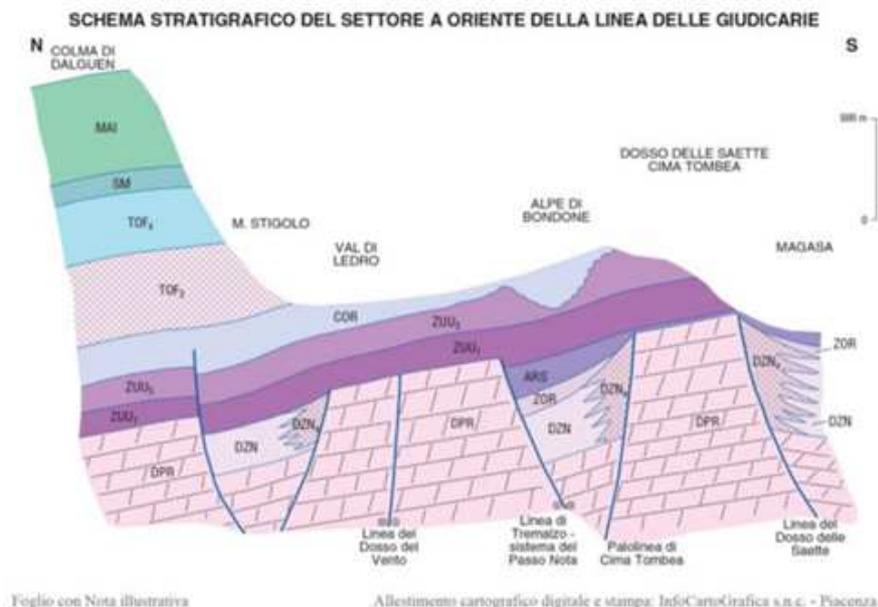


Figura 2 - Schema stratigrafico settore a oriente della linea delle Giudicarie

Questi sistemi di faglie individuano, nel settore fra il Lago di Garda ed il Lago d'Idro, numerosi bacini intra-piattaforma (individuabile nella DPR) di dimensioni

variabili ma generalmente ridotte (da 6 a circa 40 km²), allungati preferenzialmente secondo una direzione NE-SO. Nel settore considerato, da N verso S, si individuano i seguenti bacini:

- a) il Bacino del Monte Stigolo;
- b) il bacino dell'Alpo di Bondone – Monte Calva;
- c) il Bacino di Tremalzo.

Tutti questi bacini sono delimitati da sistemi di faglie sinsedimentarie a carattere distensivo a direzione circa NE - SO e/ NNE – SSO, cioè parallele alla scarpata Ballino Garda che costituisce il limite paleogeografico fra il Bacino Lombardo, ad O, e la Piattaforma di Trento ad E.

Il settore in esame che si colloca a S della *Linea del Doss del Vento* (Storo-Tremalzo per una migliore comprensione geografica) e ad Est della Valle del F. Chiese (margini S ed E del Foglio Bagolino, vedi Figura 10), è caratterizzato dalla presenza di potenti successioni coeve di bacino e di piattaforma triassiche. Gli originari rapporti laterali fra le varie unità litostratigrafiche sono ben conservati ed è riconoscibile il quadro paleogeografico triassico di questo settore del Bacino Lombardo. La fase di riattivazione neo-alpina ha solo debolmente deformato tali successioni, soprattutto quelle bacinali, così che l'area corrispondente al bacino dell'Alpo di Bondone è attualmente una struttura a sinclinale (SAb) con asse a direzione N 30°-40°E

Il Comune di Bondone è quindi caratterizzato da un substrato di rocce sedimentarie di età Triassico-Mesozoica appartenenti principalmente alla Formazione della Dolomia Principale (DPR) che costituisce le piattaforme tra le quali si sedimentavano i litotipi appartenenti al *Gruppo dell'Aralalta* di età Norico inferiore-medio, cui appartengono le *Dolomie Zonate* (DZN) e il *Calcere di Zorzino* (ZOR). Vediamo nel dettaglio.

UNITA' A – (DPR) DOLOMIA PRINCIPALE

Questa unità affiora estesamente lungo la Val di Ledro ed il versante idrografico sinistro della Valle del Fiume Chiese, dove raggiunge lo spessore di circa 1000 m, ed è caratterizzata da prevalenti cicli subtidali e peritidali del tutto analoghi a quelli descritti nelle classiche aree venete e trentine (BOSELLINI, 1965b; 1967; BOSELLINI & HARDIE, 1988). L'unità affiora nell'estremità

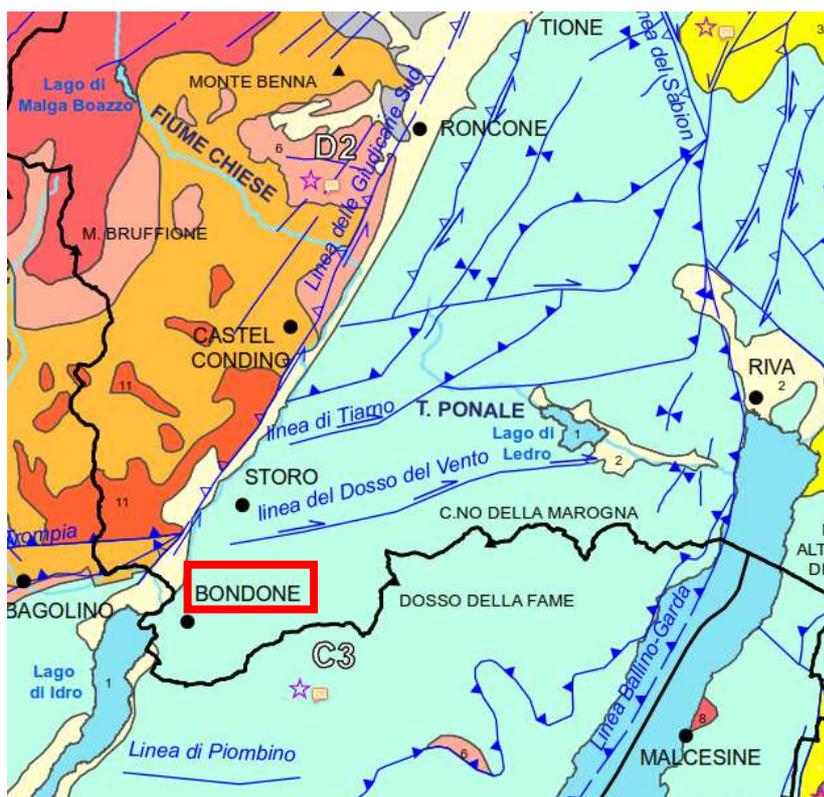
meridionale del settore ad ovest della Linea delle Giudicarie. Le facies caratteristiche della Dolomia Principale indicano deposizione in un contesto di piattaforma interna, localmente interessata da tettonica sindeposizionale con sviluppo di solchi intrapiattaforma dove si sviluppano le facies di margine e di pendio che costituiscono le due prossime Unità.

UNITA' B - (DZN) - DOLOMIE ZONATE

Tali litotipi si differenziano dal Calcare per la completa dolomitizzazione e per la granulometria media dei depositi più grossolana. All'interno di questa unità, oltre alla facies tipica, è possibile distinguere brecce di pendio e facies di margine (DZNa). Questa facies si sviluppa al tetto della Dolomia Principale e nelle aree ai margini delle piattaforme prossime ai solchi intra-piattaforma norici. Le facies di margine della Dolomia Principale sono strettamente associate ai depositi di *slope*, che non vengono tuttavia distinte nel foglio geologico di Bagolino.

Questi depositi si caratterizzano per una sorta di brecce clinostratificate, che rappresentano il raccordo naturale fra le aree di piattaforma ("paleoalti norici") e le aree bacinali, sono costituiti da corpi di brecce sedimentarie in prevalenza provenienti dalla piattaforma ed aventi dimensioni variabili da pochi cm fino ad un massimo di un metro. Queste facies affiorano estesamente a N dell'allineamento montuoso Cortina–Dosso delle Saette–Monte Caplone, dove costituiscono il margine meridionale del bacino Norico di Bondone

La facies tipica delle Dolomie Zonate (DZN) è costituita da una successione di dolomicriti e doloareniti, in strati di spessore variabile da pochi cm fino a 50-60 cm, di colore da grigio scuro a nero, alternate a corpi massicci di dolomie con spessori plurimetrici. L'unità affiora attorno all'abitato di Bondone fino alla parte alta della Valle della Setta (a N-O del massiccio dolomitico di Cortina – Dosso delle Saette), lungo il versante S della valle del Rio Torto (Valle di Lorina).



LEGENDA

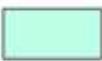
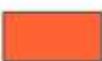
- 
 4 - Unità carbonatiche mesozoiche (Triassico superiore; Giurassico e Cretacico) delle Alpi Meridionali, prive di sovrainpronta metamorfica alpina, e delle Falde Austroalpine con sovrainpronta metamorfica alpina
- 
 7 - Unità carbonatiche e silico-clastiche permiane delle Alpi Meridionali
- 
 11 - Vulcaniti e altri prodotti vulcanoclastici associati permiani

Figura 3 - Estratto della Carta Geologico Strutturale del Trentino (PAT), evidenziato in rosso l'abitato di Bondone.

UNITA' C - (ZOR) - CALCARE DI ZORZINO

Il Calcarea di Zorzino è costituito da una successione di calcari micritici ricristallizzati e da dolomie nere in strati di spessore variabile da 1- 2 cm a 40-50 cm; presenti negli interstrati subordinate peliti molto fini, di colore nero o grigio-nerastro, fetide, con spessore massimo di 2-3 cm. All'interno dell'intera successione sono frequenti le laminazioni piano-parallele. Lo spessore dell'unità, all'interno dell'area considerata, varia dai circa 100 m nella zona del Rifugio Alpo (Bondone), agli oltre 200 m della Val di Setta alle poche decine di metri nella zona

dei Fienili di Lorina (base della successione della sinclinale di Tremalzo).

Le principali località di affioramento sono rappresentate dalla Valle Setta (a sud dell'abitato di Bondone) ed, in subordine, dalla Valle del Rio Torto (laterale della Valle di Lorina).

Queste ultime due Unità sono state interpretate come depositi risedimentati all'interno di bacini carbonatici anossici intra-piattaforma, dove l'unità a) costituisce le facies più grossolane e prossimali, mentre l'unità b) quelle più fini e distali. Nella schematizzazione di Figura 4, estratta dalle sezioni geologiche del Foglio Bagolino, che rappresenta una porzione di territorio in corrispondenza del fianco orografico sx della Valle del Chiese all'altezza di Storo, si dà chiara evidenza del contesto geologico e paleoambientale.

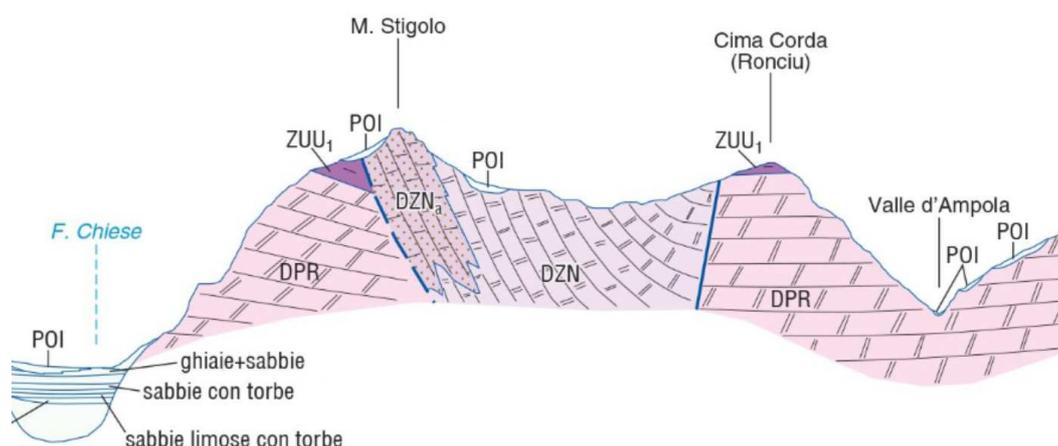


Figura 4 - Sezione geologica in corrispondenza del monte Stigolo

Nell'area in esame tali unità sono infine localmente ricoperte da sedimenti da glaciali a detritico-colluviali ed alluvionali appartenenti al *Sistema del Garda* (SGD) e al *Sistema del Po* (POI) di età pleistocenica superiore.

In Figura 5 viene riportato un estratto della Carta Geologica al 50.000 Foglio Bagolino dove si osservano i rapporti territoriali tra le Formazioni elencate.

In tutta la valle di Bondone fino alla quote di 700 m sono presenti depositi glaciali e di contatto glaciale (SGD) caratterizzati da prevalente materiale carbonatico derivato dai versanti e megablocchi di tonaliti – granodioriti. Nel limitrofo Foglio Salò, lungo la valle che sale da Ponte Saltone, depositi glaciali con megablocchi di tonaliti – granodioriti e gneiss sono segnalati fino alla quota di 830

m (HABBE, 1969) che potrebbe rappresentare il limite massimo LGM. Sul versante a monte di Ponte Saltone (q. 630 m) si è osservato un diamicton massivo a supporto di matrice sabbioso – ghiaiosa, a tratti limosa di colorazione bruno-grigio.

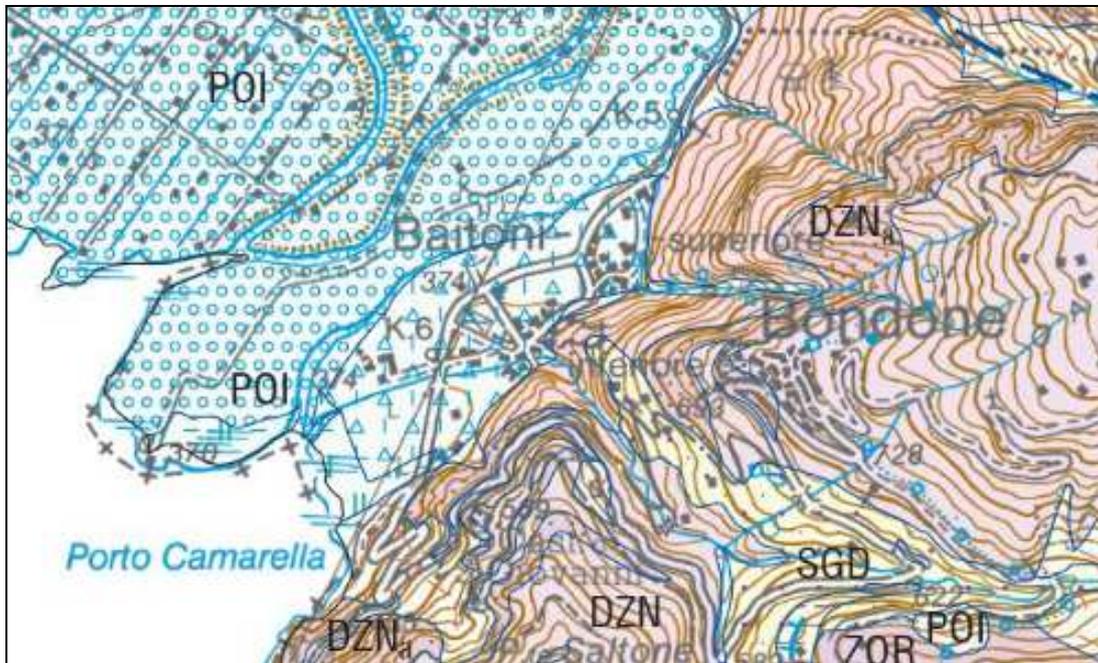


Figura 5 Estratto Foglio 079 Bagolino, Carta Geologica dell'ISPRA

I clasti hanno dimensioni medie tra 1 e 10 cm e sono costituiti in prevalenza da carbonati (Dolomia Principale, Dolomie Zonate, Calcare di Zorzino) da subarrotondati a subangolosi, quindi arenarie e vulcaniti permiane arrotondate e ben arrotondate, e tonaliti –granodioriti arrotondate di dimensioni medie di 5-50 cm, con blocchi fino oltre 1 m.

L'unità (POI) comprende invece tutti i depositi che si sono formati dopo l'esaurimento dei processi glaciali in un intervallo di tempo compreso tra la parte terminale del Pleistocene superiore e i giorni nostri. In generale si tratta di accumuli legati a processi deposizionali attivi o potenzialmente attivi, con suoli da assenti a mediamente sviluppati. Il sistema comprende quindi depositi riferibili a vari ambienti deposizionali: versante (da colluvio a frane), di debris-flow, di conoide (da conoide mista a conoide di frana sino a conoide alluvionale), fluviale, lacustre/palustre, di torbiera (vedi appunto zone prossime allo specchio lacustre corrispondenti alle zone più settentrionali di quello che erano i precedenti limiti del lago). Le alluvioni sono ricoperte e/o interdigitate con i conoidi di debris-flow e di tipo misto sviluppati allo sbocco delle maggiori valli laterali e che in molti casi

hanno confinato o deviato il corso d'acqua sul fondovalle principale. La piana alluvionale del Chiese fino alla sponda Nord del Lago d'Idro si allarga fino a 1,5 km ed è riempita da una potente successione di sedimenti del Fiume Chiese e del T. Palvico. Nel tratto tra Darzo e Ponte Caffaro (loc. Quadrelle e Palade) le facies a ghiaie prevalenti sono sostituite da facies lacustri-palustri con limi e limi sabbiosi talora con torba e sostanza organica. Lo spessore medio di questi depositi misurati nell'area artigianale di Storo (sondaggi Servizio Geologico P.A.T.) è di una decina di metri e poggiano su ghiaie e ghiaie grossolane interpretabili come gli apporti laterali dei conoidi di debris-flow di Darzo e Lodrone.

I depositi di origine mista e di debris-flow sono piuttosto diffusi alla base e lungo i versanti più acclivi, soprattutto sul fondovalle e i fianchi della valle del Chiese e delle maggiori valli laterali dove danno luogo a conoidi talora coalescenti. I conoidi in destra Chiese formano una fascia pressoché ininterrotta fino a Ponte Caffaro, mentre sono meno sviluppati o assenti sul fianco sinistro della valle. Questa asimmetria, legata alla diversa morfologia e litologia dei versanti, risponde anche in modo diretto alla presenza di deformazioni gravitative profonde comuni soprattutto in destra Chiese tra Prezzo e Ponte Caffaro. In generale i depositi misti e di debris-flow delle valli laterali sono costituiti da diamicton a supporto clastico o da ghiaie a matrice sabbiosa e localmente limosa. I clasti sono prevalentemente angolosi e subangolosi, subordinatamente molto angolosi, con litotipi di varia natura in relazione alla zona di alimentazione. La struttura del deposito è massiva, pur riconoscendo localmente lenti a diversa granulometrie che definiscono una grossolana stratificazione lungo il versante. Le facies sono caratteristiche dei depositi di debris-flow. Nel caso di Bondone abbiamo i due corpi detritivi di Baitoni Inferiore e Superiore che si spingono moderatamente nella piana del Chiese

Il "detrito di falda" si distribuisce ai piedi dei versanti inclinati e alla base delle pareti rocciose formando talora coltri pressoché continue. In molti casi le falde detritiche si generano a partire da una parete in roccia, come avviene sovente in presenza di rocce carbonatiche, in altri casi si distribuiscono con forma a ventaglio a partire dall'incisione che li alimenta, sebbene si siano potuti cartografati con il simbolo morfologico di cono detritico soltanto le forme di maggior estensione. In diverse situazioni, alla caduta per gravità si associano fenomeni di ruscellamento concentrato e di rimaneggiamento che possono assumere la forma di colate di

trasporto in massa (debris-flow), anche dove non specificamente indicati. La tessitura e composizione del detrito di falda ha una certa variabilità legata al litotipo prevalente nel versante interessato. In genere i depositi sono costituiti da ghiaie o ghiaie e blocchi con clasti da centimetrici a decimetrici angolosi e subangolosi, struttura aperta o parzialmente aperta e matrice da sabbioso-ghiaiosa a sabbioso-limosa in quantità variabile in funzione dei litotipi coinvolti. Lo spessore di questi depositi è molto variabile, ma può arrivare a qualche decina di metri lungo i versanti e alla base delle pareti più erodibili e/o intensamente tettonizzate come nel caso del versante NW di Cima Spessa.

Depositi palustri e torbiere si costituiscono per intercalazioni di argille e limi spesso laminati di color grigio scuro fino a nero quando molto ricche in sostanza organica. L'area di maggior estensione si incontra presso la zona umida soggetta a tutela in quanto biotopo, del canneto sulla sponda N del Lago d'Idro a Sud di Baitoni.

5.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

La morfologia di grande scala dei luoghi è molto coerente sia con gli aspetti litostratigrafici che strutturali. Nell'ambito del versante orografico sx della Valle del Chiese si osserva infatti quale aspetto caratterizzante, il passaggio dai depositi di piattaforma prevalenti (DPR) che si assottigliano progressivamente da Nord verso Sud fino a lasciare spazio ai depositi coevi bacinali clastici in corrispondenza del vallone che sale da Baitoni Superiore. Proseguendo verso Sud si osserva un paesaggio determinato da pendii piuttosto regolari a volte intervallati da ripidi dirupi come nel caso del Castello di S. Giovanni (Figura 6). Tali rilevanze morfologiche costituiscono le dolomie di margine piattaforma che "sfumano" nei depositi bacinali. Possiamo quindi affermare che i pendii che sovrastano la piana del Chiese all'altezza delle frazioni di Baitoni sono caratterizzati da pendii piuttosto regolari intervallati da locali "gradini" dolomitici che danno luogo a pareti di modesta altezza ($\approx 20\text{m}$). Più in alto e subito al top della DPR si osservano dei terrazzi morfologici favoriti dalla presenza dei depositi bacinali, quale appunto il terrazzo di Bondone (720m slm). Per il resto osserviamo i conoidi di Baitoni che si spingono nella piana del Chiese e che sono andati via via interdigitandosi con il sovra alluvionamento del solco glaciale e con i depositi di bassa energia afferenti la

zona lacustre del Lago d'Idro.



Fig. 9 – Successione bacinale del M. Calva, versante idrografico sinistro del Lago d'Idro. Notare gli speroni rocciosi affioranti ai piedi del versante settentrionale del rilievo (località Castello di S. Giovanni - sx nella foto) costituiti da dolomie di margine/slope che si interdigitano nei più erodibili depositi bacinali, a sud (dx nella foto).

Figura 6 Estratto da Trombetta et Al. - 2004

La parte restante di territorio è marcata da un pattern idrografico caratterizzato da profili piuttosto ripidi con incisioni piuttosto brevi a parte la Valle della Setta che si spinge dai 370m s.l.m. di Baitoni fino ai 1600m s.l.m. circa del coronamento.

Complessivamente nell'ambito del territorio osservato, ovvero interessato dalle varianti rientranti nel Piano, non sono emerse evidenze di fenomeni morfologici attivi importanti. Laddove le pareti rocciose sovrastano direttamente l'abitato si sono osservati interventi di mitigazione costituiti da rafforzamenti corticali di diverso tipo e da barriere paramassi. Solamente alcune varianti si trovano comprese in aree sensibili per crolli secondo i contenuti della CsP e di seguito si darà evidenza del dettaglio singolo prima di rimandare agli approfondimenti nell'ambito dei dedicati pareri di compatibilità. Per quanto riguarda i fenomeni di alluvionamento la CsP individua ambiti di attenzione idraulica in corrispondenza dei conoidi di Baitoni Inf. e Sup. così come lungo le rive del Lago nonché del Chiese che interessano alcune delle varianti del Piano.

5.3 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Nel territorio del Comune di Bondone sono censite 29 sorgenti; dal punto di vista idrogeologico l'area comunale non presenta particolarità di rilievo in quanto non esistono fattori strutturali fortemente predisponenti, salvo un reticolo di trascorrenti lungo il quale peraltro si allineano molte delle sorgenti presenti. Le zone in cui si osserva una certa concentrazione di risorgive captate sono essenzialmente due e riportate nelle figure di TAV.5 e fanno capo a due distinti raggruppamenti:

- Le sorgenti n.8757, 7002, 7003 e 7004 appartengono a circolazioni generalmente effimere e dovute a contatto da corpi detritici colluviali e till di alloggiamento sottostante; sono caratterizzate da portate generalmente basse eccetto la 7003 per la quale le portate sono dell'ordine dei 3-4 l/sec.
- Le sorgenti n.6994 (sorgente Valli bassa) e n.6995 (Valli alta) sgorgano anch'esse da ammassi detritici pur tuttavia in prossimità di un passaggio stratigrafico tra le Dolomie zonate e la Dolomia Principale sottostante. Dalle schede del Servizio Geologico si riprende quanto segue:

"La sorgente "Valli bassa" (6994) è stata scelta per il campionamento tra le fonti che riforniscono l'acquedotto di Bondone. Posta ad una quota di 803 m a pochi metri dal rio Valle, sgorga da depositi detritici con una portata media di 7.4 l/s. Poco a monte si trova la sorgente "Valli alta" (6995).

.....La sorgente libera "Fontanone" (9861) scaturisce a quota 560 m poco a sud del paese di Bondone, sulla riva destra del Rio Olte, con un deflusso medio di 4.5 l/s. Entrambe le sorgenti emergono da versanti impostati interamente su formazioni sedimentarie. L'acquifero della Valli bassa è composto da rocce dolomitiche della formazione della "Dolomia principale", mentre la sorgente Fontanone, a quota più bassa, è interessata in parte anche da unità prevalentemente calcaree, come ad esempio i Calcari di Zorzino. Questo quadro litologico si riflette nella composizione chimica delle acque sorgive analizzate. Valli bassa ha infatti una concentrazione di magnesio leggermente superiore.

La sorgente Fontanone, con una mineralizzazione maggiore testimoniata dalla conduttività superiore a 300 μ S/cm, mostra tenori maggiori di calcio e bicarbonato. In essa prevalgono anche solfati e cloruri. Entrambe le sorgenti mostrano concentrazioni di nitrati piuttosto elevate rispetto al valore medio

*delle sorgenti trentine poste in analoghi ambiti litologici, pari a circa 3 mg/l.
L'abbondanza di cloruri e nitrati è un indicatore di vulnerabilità delle sorgenti,
che tendono a subire contaminazioni legate alle attività antropiche."*

Le varianti al PRG previste non ricadono comunque né in zone di rispetto né di protezione degli acquiferi osservati.

5. SIMULAZIONE DI CONDIZIONI DI CROLLO

Di seguito si riporta la descrizione del principale strumento utilizzato per la verifica della compatibilità basata sull'analisi traiettografica, mentre la descrizione dei singoli scenari presi in carico dall'analisi della pericolosità e che si conclude con il parere di compatibilità (cap.6) per ogni singola variante viene riportata nello stesso capitolo.

5.1 INTRODUZIONE

Il simulatore di traiettorie utilizzato è RAMMS¹ (RAPid Mass Movements System) realizzato per simulare alcuni dei fenomeni di instabilità gravitativa dei versanti, nel caso specifico le traiettorie di caduta massi, permettendo di studiare e predire tutta una serie di parametri che concorrono alla definizione spazio-temporale della singola traiettoria di caduta.

In particolare, il modulo riguardante la caduta massi è usato per studiare il moto di corpi rigidi (massi) durante il fenomeno di caduta, al fine di modellare le traiettorie compiute dagli stessi in un terreno tridimensionale (Leine et al., 2013). Le traiettorie dei blocchi in caduta sono governate dall'interazione e in particolare dall'attrito tra roccia e pendio. Il modello contiene sei variabili di stato primarie: tre velocità traslazionali e tre velocità rotazionali del blocco in caduta. Da queste sei variabili è possibile ricavare l'energia cinetica, la distanza massima raggiunta dai blocchi, e le altezze di volo dei blocchi.

Il software utilizzato si differenzia anche dai moduli di caduta massi esistenti perché l'interazione roccia/suolo non è governata interamente dalla semplice meccanica di rimbalzo, ma dall'attrito (forze dissipative) tra roccia e suolo. Queste governano il movimento iniziale della roccia al momento del distacco. Inoltre, a differenza degli altri software di simulazione che applicano delle forme semplificate ai blocchi in caduta, RAMMS permette di considerare la forma reale del blocco, simulando tutti i movimenti compiuti dallo stesso: scivolamento (sleepage), rotolamento e rimbalzo.

¹ Il modello di simulazione **RAMMS:Rockfall** è stato sviluppato in collaborazione con il centro di meccanica dell'ETH di Zurigo e il team di programmazione RAMMS dell'istituto WSL per la ricerca relativa ai fenomeni valanghivi.

Rispetto agli altri modelli di simulazione che impiegano i coefficienti di restituzione apparente per modellare l'interazione roccia-versante, il Software RAMMS usa l'approccio corpo rigido-terreno applicando le forze di contatto alla superficie della roccia e agli angoli. Il vantaggio di tale metodo è quello di considerare fondamentale la forma reale del blocco nel processo di interazione roccia-superficie del versante, potendo in tal modo simulare realisticamente i movimenti che il blocco compie a contatto col pendio: scivolamento, rotolamento e rimbalzo. La variazione naturale dei salti è definita automaticamente dalla forma e dall'orientamento del blocco all'impatto. I parametri relativi alla definizione della tipologia di terreno non sono casuali, ma deterministici potendo esprimere la durezza e la tendenza generale che ha un terreno nel reagire a contatto con un blocco di roccia impattante. Questo approccio deterministico permette di semplificare e migliorare la costruzione degli scenari di pericolo.

In RAMMS il blocco di roccia è considerato come un poliedro convesso. Le forme dei blocchi possono essere forme geometriche semplici, oppure fornite da rilievi laser scanner sul campo. Un'altra caratteristica del modello è l'inclusione del moto di rotazione sia durante la fase aerea che durante l'interazione col pendio. In aggiunta, il terreno costituente il versante è modellato usando un DEM (Modello digitale di elevazione) ad alta risoluzione.

Nel caso in esame essa è riferita ai risultati delle considerazioni che andremo a riportare più avanti nel testo.

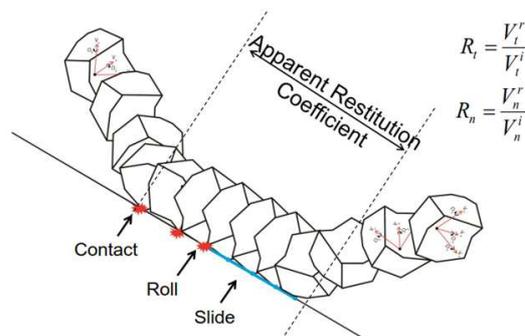


Figura 7 – Modello che sta alla base del moto di caduta massi simulato da RAMMS.

5.2 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL MODELLO

Di seguito si riportano le prerogative di input e modalità di trattamento dei dati da parte del software impiegato.

5.2.1 Forma dei blocchi

Il blocco tipo viene considerato per la massa e per la forma.

Il blocco ha tre gradi libertà traslazionali e tre gradi libertà rotazionali, considerati per descrivere la posizione del centro di massa della roccia $q_T = (X, Y, Z)$ in qualsiasi momento t nel quadro di coordinate del terreno con origine (O). Il ruolo della forma della roccia nella dinamica di runout è cruciale nel determinare il comportamento rotazionale e di rimbalzo.

5.2.2 Tipologia di terreno

Il simulatore RAMMS contiene sette categorie di terreno (tabella 1): molto morbido, morbido, medio morbido, medio, medio duro, duro, molto duro. In tabella 3 sono riportati i parametri.

5.2.3 Modello del terreno

RAMMS simula le traiettorie di caduta in un terreno tridimensionale rappresentato da un DEM ad alta risoluzione. Il DEM utilizzato è il LIDAR della PAT nella edizione 2014 caratterizzato da una accuratezza di 2 punti/mq adeguata per riconoscere le morfologie presenti sul terreno.

5.2.4 Analisi cinematica elementare: in caduta libera

Nella fase di caduta libera l'equazione che governa il moto è la seguente:

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{u}} - \mathbf{h}(q, u) = 0 \quad (\text{Vedi Leine et al., 2013})$$

Dove:

- M è la matrice di massa costante (contenente la massa e tre momenti d'inerzia I)
- u è il vettore che contiene le tre velocità traslazionali del blocco di roccia.

Durante la fase iniziale di caduta libera il moto del corpo roccioso è governato da un certo numero di forze che ne determinano la traiettoria:

- Forza gravitazionale (F_g) che agisce globalmente;
- Forza di resistenza (D) che rappresenta gli effetti degli alberi, e del suolo;
- Forze giroscopiche (G) che causa le forme irregolari dei blocchi possono far ruotare gli stessi intorno a un asse di rotazione.

Tutti i termini del vettore rappresentante la forza h sono una funzione della posizione "q" e della velocità "u" del masso:

$$h(q,u) = \begin{bmatrix} F_g + D \\ G \end{bmatrix}$$

| Category | Picture | Description | | | | | |
|-------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Extra Soft | | Very wet ground. Cannot cross without deep sink-in. No high vegetation. | Moor, turf, gley | Extra Hard | | Ground is very hard and is marginally deformed by rocks. No vegetation and no surface soil. | Bedrock, cliff |
| Soft | | Soft ground with many deep soil layers. Ground contains no large rock fragments. Often very moist. Foot inundations remain and are visible. Wet and deep surface soil. | Moist meadow | Snow | | Rocks slide on snow surface. | Snow |
| Medium Soft | | Rocks penetrate meadow surface leaving impact scars. Soil is deep, few rock fragments. Rank vegetation. | Meadow | | | | |
| Medium | | Meadow is deep, but contains rock fragments. The meadow can be covered with vegetation. Soil structure of a medium deepness. Rank vegetation. | Meadow | | | | |
| Medium Hard | | Penetration depths are small. Ground is flat. Rocky debris is present. Shallow surface soil. Usually little (initial) vegetation. | Non-paved mountain roads, mountain meadow, pebble | | | | |
| Hard | | Rocks jump over ground. Mixture of large and small rocks. Usually without any vegetation. | Rock scree, pebble, coarse rock, paved roads | | | | |

Tabella 1 – Categorie di terreno considerate da RAMMS nel modulo Rockfall

| Terrain | Mu_Min | Mu_Max | Beta | Kappa | Epsilon | Drag |
|-------------|--------|--------|------|-------|---------|------|
| Extra Soft | 0.2 | 2 | 50 | 1 | 0 | 0.9 |
| Soft | 0.25 | 2 | 100 | 1.25 | 0 | 0.8 |
| Medium Soft | 0.3 | 2 | 125 | 1.5 | 0 | 0.7 |
| Medium | 0.35 | 2 | 150 | 2 | 0 | 0.6 |
| Medium Hard | 0.4 | 2 | 175 | 2.5 | 0 | 0.5 |
| Hard | 0.55 | 2 | 185 | 3 | 0 | 0.4 |
| Extra Hard | 0.8 | 2 | 200 | 4 | 0 | 0.3 |
| Snow | 0.1 | 0.35 | 150 | 2 | 0 | 0.7 |

Tabella 2 – Parametri relativi alla tipologia di terreno, utilizzati di default dal software

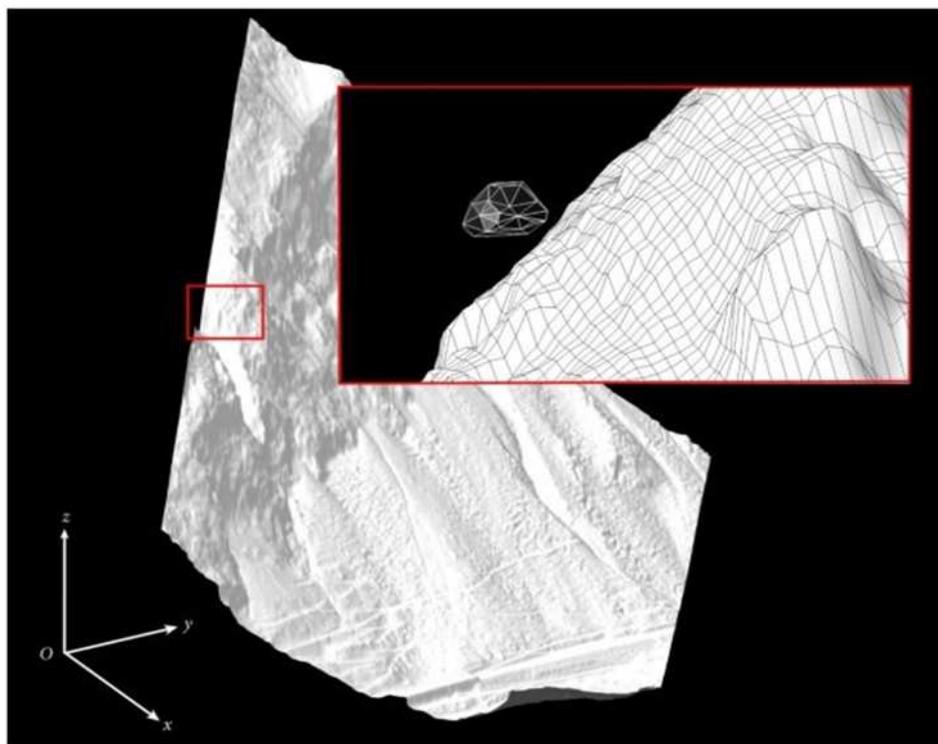


Figura 8: Modello 3D del terreno ad alta risoluzione con il riquadro che mostra la superficie tassellata del terreno con cui il blocco viene a contatto

5.2.5 Analisi cinematica complessa: forze di contatto, forze di attrito e rimbalzi

- Forze di contatto:

Nel momento in cui il blocco entra a contatto con la superficie del versante agiscono, intorno al punto di contatto, le forze di contatto (λ) e le forze di attrito (F_c). Tali forze sono considerate forze esterne che cambiano la direzione di movimento della roccia. Il contatto del corpo roccioso rigido viene rilevato

misurando continuamente la lunghezza dello spazio verticale gN tra gli spigoli del corpo roccioso (P) e le proiezioni degli stessi sul terreno (Q). Ci può essere un certo numero di forze di contatto attive a seconda della configurazione del corpo roccioso nel punto di contatto. Allora, quando $gN > 0$ non c'è contatto; quando $gN \leq 0$ c'è contatto e le forze di contatto λ , che agiscono nel punto di contatto P, vengono calcolate. In definitiva la combinazione tra forze di contatto e direzioni delle forze permette di simulare rotazioni e deviazioni tipiche dei fenomeni di caduta massi. La penetrazione minima con il terreno è consentita per consentire la valutazione della condizione di contatto. Questa è una penetrazione non fisica e puramente per scopi numerici. Le forze di contatto sono modellate come vincoli unilaterali rigidi con attrito di Coulomb usando approcci dinamici di contatto non approcci dinamici di contatto non lisci (vedi Acary e Brogliato, 2008, Glocker, 2001 e Moreau, 1988). Nella dinamica di contatto, le equazioni governative del moto diventano ora:

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{u}} - \mathbf{h}(q, u) = \mathbf{W}(q)\lambda$$

Inertial forces → External forces (gravity and drag)
Direction and magnitude of contact forces

dove la direzione delle forze di contatto è data da $\mathbf{W}(q)$. Ci può essere un certo numero di forze di forze di contatto attive a seconda della configurazione del corpo roccioso nel punto di contatto. In definitiva è la combinazione di queste forze λ (e le direzioni delle forze $\mathbf{W}(q)$) che permette le complesse rotazioni e deviazioni di traiettoria che sono inerenti alla caduta massi. Il vantaggio di questo approccio a corpo rigido a contatto duro è che le forze di contatto sono applicate direttamente su questi punti di contatto, rispettando la configurazione (orientamento e cinetica) dell'impatto.

- Forze di attrito:

RAMMS applica la legge d'attrito ai punti di contatto sulla superficie. Il modello considera i contatti non come singoli punti, ma come delle linee rendendo il fenomeno più duraturo e complesso. L'attrito non è costante durante la fase di contatto, infatti la sua evoluzione definisce l'altezza di volo e la velocità angolare della roccia. L'area di contatto tra blocco e superficie ha una componente normale (λN) della forza di contatto e due componenti tangenziali (λT_1 e λT_2). La componente normale garantisce il vincolo di non penetrazione del blocco, le

componenti tangenziali sono legate all'attrito di Coulomb e sono governate dalle leggi di contatto.

La componente normale λN è una forza normale valutata considerando tutti i periodi di contatto identificati con la funzione di gap g_N . La componente tangenziale λT è assunta tale per obbedire la legge di attrito di Coulomb.

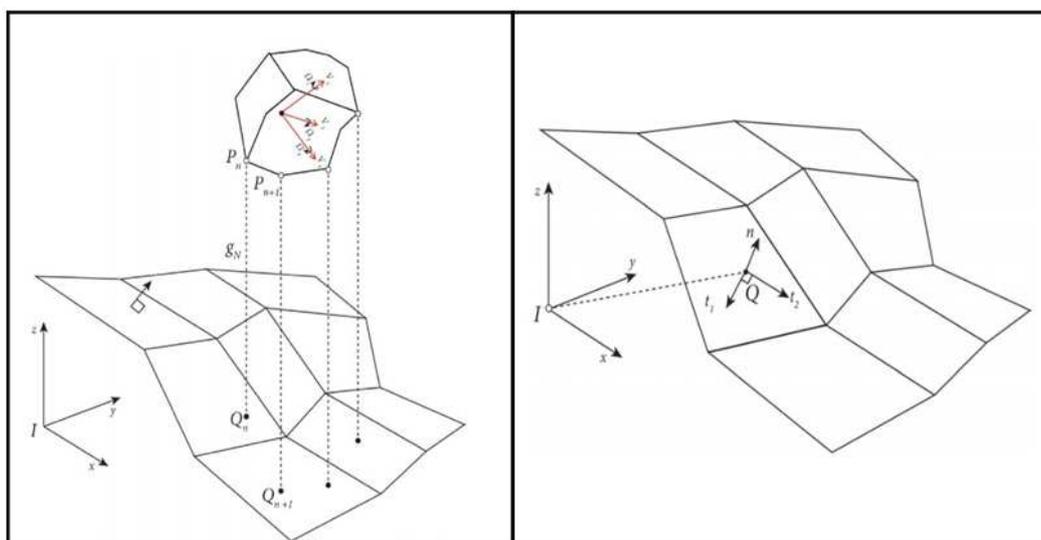


Figura 9 - Lo schema a sinistra mostra come rilevare il contatto, con la definizione del gap length (g_n). Lo schema a destra mostra la superficie di contatto con il punto di contatto Q rilevato con la funzione gap length (g_n).

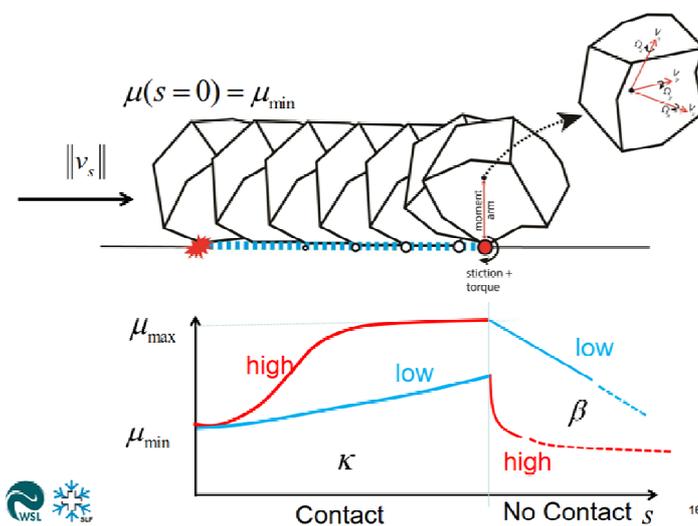


Figura 10 - Forze di attrito blocco terreno

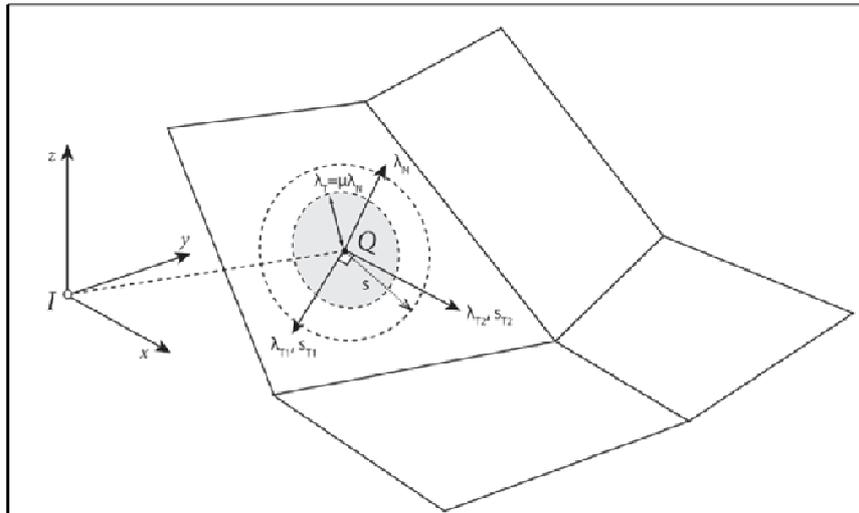


Figura 11 - forze d'attrito in corrispondenza dei punti di contatto

- Rimbalzi:

Le forze di contatto impulsive (rimbalzi) si verificano ogni volta che la funzione di gap rileva un contatto con velocità negativa $\gamma N < 0$, vale a dire che il punto si muoverebbe teoricamente attraverso la superficie del terreno se non trattato con la forza di contatto impulsiva. Questo richiede un salto di velocità tale che la velocità normale post impatto sia positiva. Questa legge d'impatto è basata sulla legge d'impatto newtoniana in cui le velocità normali di contatto pre e post impatto siano governate da εN il coefficiente di restituzione normale ($\varepsilon N = 1$ corrisponde alla restituzione completa della velocità normale, mentre un più piccolo εN dissipa energia). Generalmente questo valore è assunto molto basso. Inoltre, l'algoritmo relativo alle forze di contatto in un modello a corpo rigido considera la velocità angolare della roccia al contatto. Poiché le forze sono poi applicate in punti lontani dal centro di massa, e con una direzione che rispetta la configurazione d'impatto di un corpo con tre gradi di libertà traslazionale e rotazionale, le braccia possono agire generando rotazioni e rimbalzi che rappresentano la vera meccanica di un impatto.

- Attrito di contatto e resistenza:

Due forze fisicamente diverse si oppongono al movimento di una roccia in caduta: l'attrito radente e la resistenza. L'attrito radente agisce nei punti della superficie della roccia che sono in contatto con il terreno. Quando la roccia non è più in contatto, questo attrito non agisce più. Tuttavia, poiché questo attrito agisce

su un punto sulla superficie della roccia, genererà dei movimenti rotazionali. La parametrizzazione della forza di attrito è di grande importanza poiché controlla quando la roccia scivola, rotola o salta. La resistenza, d'altra parte, agisce nel centro di massa della roccia e quindi non crea momenti rotazionali aggiuntivi e agisce nella direzione opposta al movimento della roccia.

- Slittamento e attrito di Coulomb

Generalmente in un modello a corpo rigido vengono considerati solo i contatti tra corpi duri. In realtà l'interazione roccia-terreno varia in funzione del grado di deformabilità del terreno, pertanto è opportuno tener conto del grado di penetrazione e scivolamento del corpo roccioso. Per simulare la deformazione del terreno nell'ambito di un modello a corpo rigido è necessario introdurre un ulteriore attrito derivante dallo slittamento (s) che agisce durante lo scorrimento e tiene conto dell'accumulo di materiale che si genera davanti a sé. L'attrito dipendente dallo scorrimento è un'estensione dell'attrito di Coulomb in cui il valore di attrito μ è reso dipendente dalla distanza di slittamento (s) percorsa dal centro di massa $\mu(s)$.

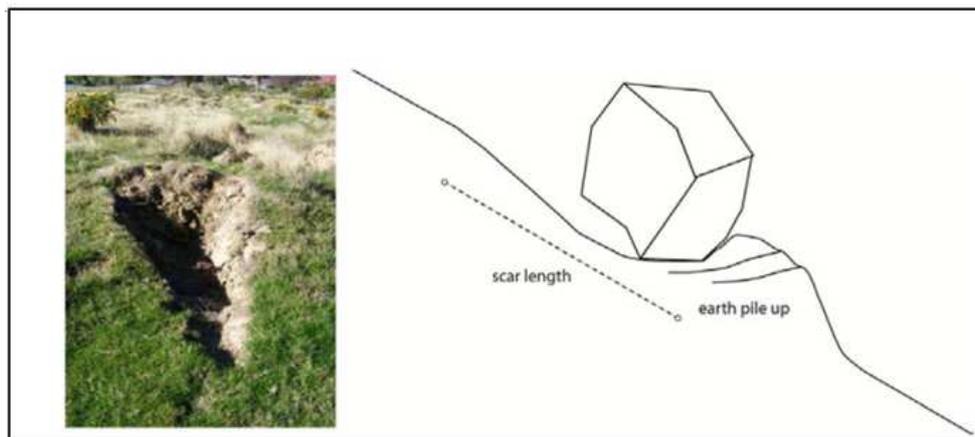


Figura 12 - Esempio di impatto di una roccia in un suolo morbido

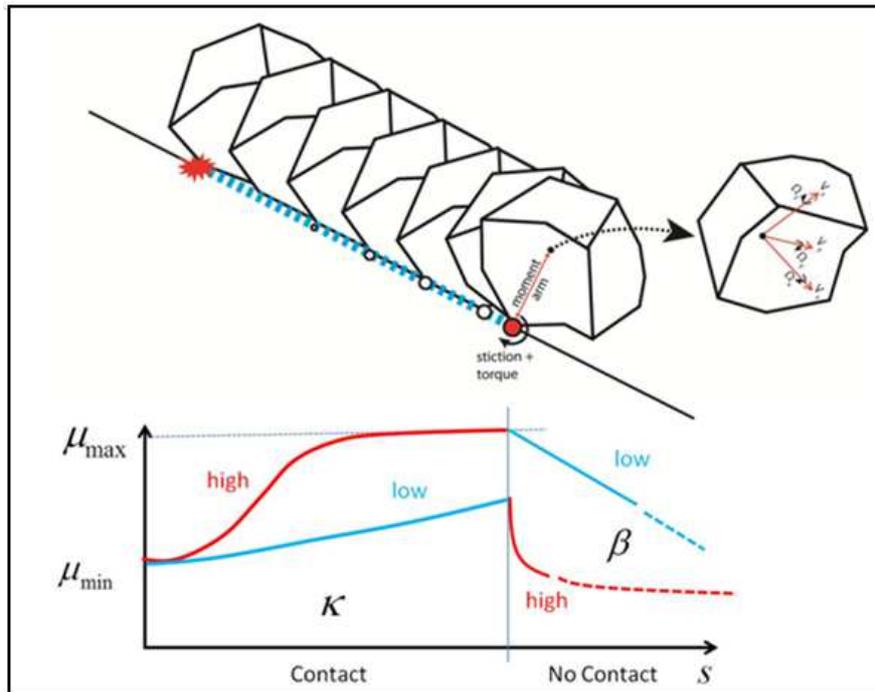


Figura 13 - L'attrito di slittamento in RAMMS è governato dalla legge di slittamento dipendente dal materiale

μ_{\min} , μ_{\max} e κ sono parametri del modello di attrito. L'attrito iniziale incontrato al contatto dove $s = 0$ è μ_{\min} . Durante il periodo di slittamento, μ tende verso μ_{\max} per grandi valori di slittamento, vedi figura sopra. Il parametro κ controlla quanto velocemente l'attrito aumenta da μ_{\min} a μ_{\max} . Tipicamente quando $\mu_{\min} < \mu_{\max}$ significa che l'attrito aumenta nel momento in cui la roccia è a contatto più a lungo con il terreno. È del tutto possibile che ci siano terreni a comportamento fragile dove si incontra il comportamento opposto ($\mu_{\max} > \mu_{\min}$). Invece, il parametro β controlla quanto velocemente l'attrito viene dissipato quando la roccia si allontana dal terreno. Se β è grande, l'attrito viene immediatamente rimosso quando la roccia si allontana dal terreno. Al contrario, quando β è piccolo, l'attrito radente può agire anche dopo che la roccia non è più in contatto con il terreno. Il parametro β è legato alla profondità di penetrazione della roccia nel terreno. Maggiore profondità di penetrazione (materiali più morbidi) sono associati a valori di β più piccoli.

- Attrito viscoplastico:

Un'ulteriore forza di trascinamento dipendente dallo slittamento viene introdotta per tenere conto della deformazione viscoplastica che si verifica nei terreni morbidi sotto l'impatto della roccia. Grandi deformazioni viscoplastiche si incontrano anche in materiali di substrato più duri come il ghiaione, dove lo sfregamento tra i granuli di ghiaione dissipa energia. L'attrito viscoplastico è proporzionale a v^2 del blocco in caduta e alla sua massa. Cioè, le rocce più pesanti e che si muovono più velocemente incontreranno più resistenza rispetto alle rocce più piccole che si muovono più lentamente, mentre penetrano la superficie del terreno. Infine, la forza di resistenza è proporzionale all'energia cinetica totale della roccia. Oltre alla resistenza la resistenza viscoplastica dovuta alla deformazione del terreno durante il contatto tra blocco e terreno, esiste un'altra forma di resistenza generata dalla presenza di vegetazione lungo il versante.

- Resistenza della vegetazione:

Il software permette di considerare il contributo offerto dalla vegetazione nello smorzare l'energia delle traiettorie ma in questo caso si considera nullo il contributo offerto.

I risultati prodotti dalle simulazioni e tradotti dapprima in stima del tipo di interazione suolo-traiettoria (influenza traiettografica da parte del rilievo) e successivamente in definizione per classi, delle velocità, altezze di rimbalzo, ed energie coinvolte, permettono di valutare anche e soprattutto attraverso sintetici scenari di probabilità di transito la sostenibilità delle nuove destinazioni d'uso.

6. STUDIO DELLA COMPATIBILITA'

In questo capitolo vengono prese in esame le varianti al PRG (ALL.1 Tav.1) che assumono rilevanza nel rapporto tra zonazione della penalità da crolli contenute nella CsP e destinazione d'uso di progetto, riportando per macro-aree i risultati delle simulazioni da crollo e il parere geologico conseguente, definito in base alle prescrizioni di legge. Nella Tav.1 viene riportato l'elenco delle **10** varianti individuate per significatività degli aspetti geologici-urbanistici che verranno trattate per gli aspetti specifici nel proseguo. Si precisa che le varianti identificate sono il risultato di una progressiva selezione accurata effettuata in accordo con l'Ufficio Tecnico e con il Servizio Geologico. I risultati conclusivi delle fasi analitiche che hanno preceduto quella finale, trovano corpo nel presente studio di compatibilità che riporta l'analisi relativa alle 10 varianti caratterizzate dalla compresenza delle seguenti caratteristiche:

- Variazione di tipo peggiorativa della destinazione d'uso
- Intercettazione di aree a Penalità da crolli P4 e P3

Le macro-aree e le varianti studiate che soddisfano queste due condizioni sono le seguenti:

| Macro-area | Varianti presenti |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Baitoni Superiore | 529, 616, 994, 1017 |
| 2. Baitoni Inferiore | 12, 76, 489, 730, 814, 891 |

Prima di riportare i risultati dell'analisi della pericolosità specifica passeremo alla rispettiva descrizione delle caratteristiche geologiche predisponenti la pericolosità. Per ogni macro-area, verrà di seguito descritto:

- La penalità da crollo e le destinazioni urbanistiche;
- Le specificità di carattere macro/meso-strutturale e le opere di difesa;
- Le simulazioni traiettografiche.

6.1 MACRO-AREA BAITONI SUPERIORE

6.1.1 Penalità da crollo e destinazione urbanistica

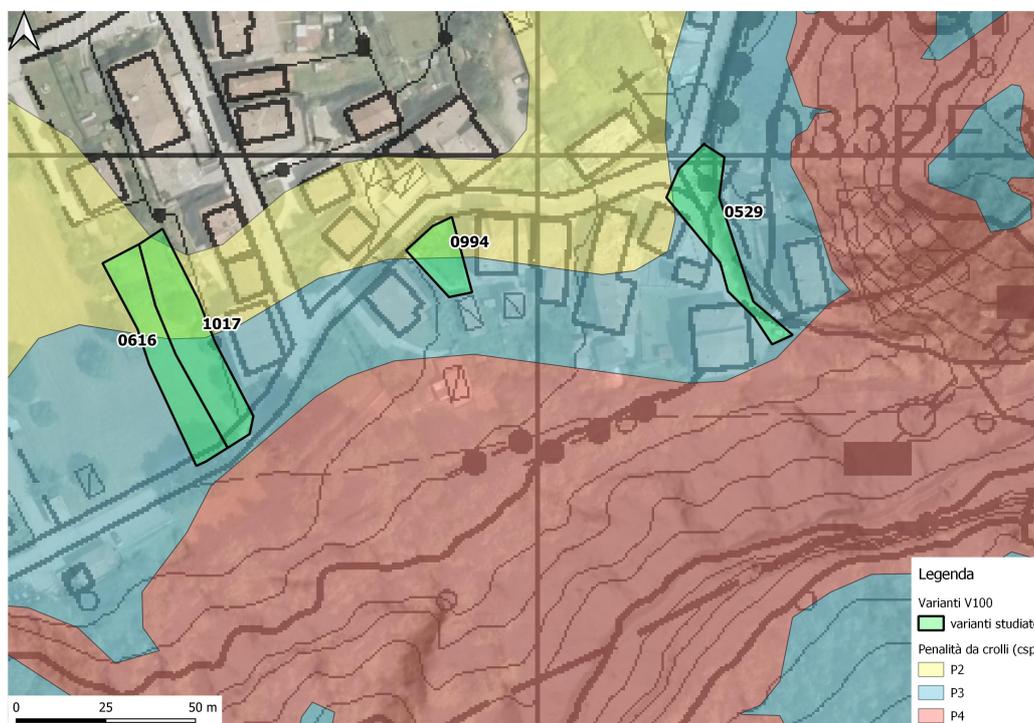


Figura 14 - Estratto Penalità da Crollo Baitoni Superiore

Secondo quanto riportato nella Carta di Sintesi della Pericolosità della Provincia Autonoma di Trento, nell'abitato di Baitoni Superiore, tra le varianti studiate nella presente relazione, 4 intercettano aree a penalità da crollo media e tre aree a penalità da crollo bassa. Tali varianti sono state studiate poiché la variazione di destinazione d'uso è di tipo peggiorativa. Di seguito si riporta la tabella elencante le varianti affiancate al livello di penalità, alla destinazione d'uso corrente e di progetto.

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente PdF 2000 | Descrizione tipologia | Pericolosità da crollo | | |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------|------------|
| | | | | P2 bassa | P3 media | P4 elevata |
| 529 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | | x | |
| 616 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 994 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | x | x | |
| 1017 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |

Tabella 3 - varianti Baitoni Superiore

6.1.2 Specificità di carattere macro/meso-strutturale e opere di difesa

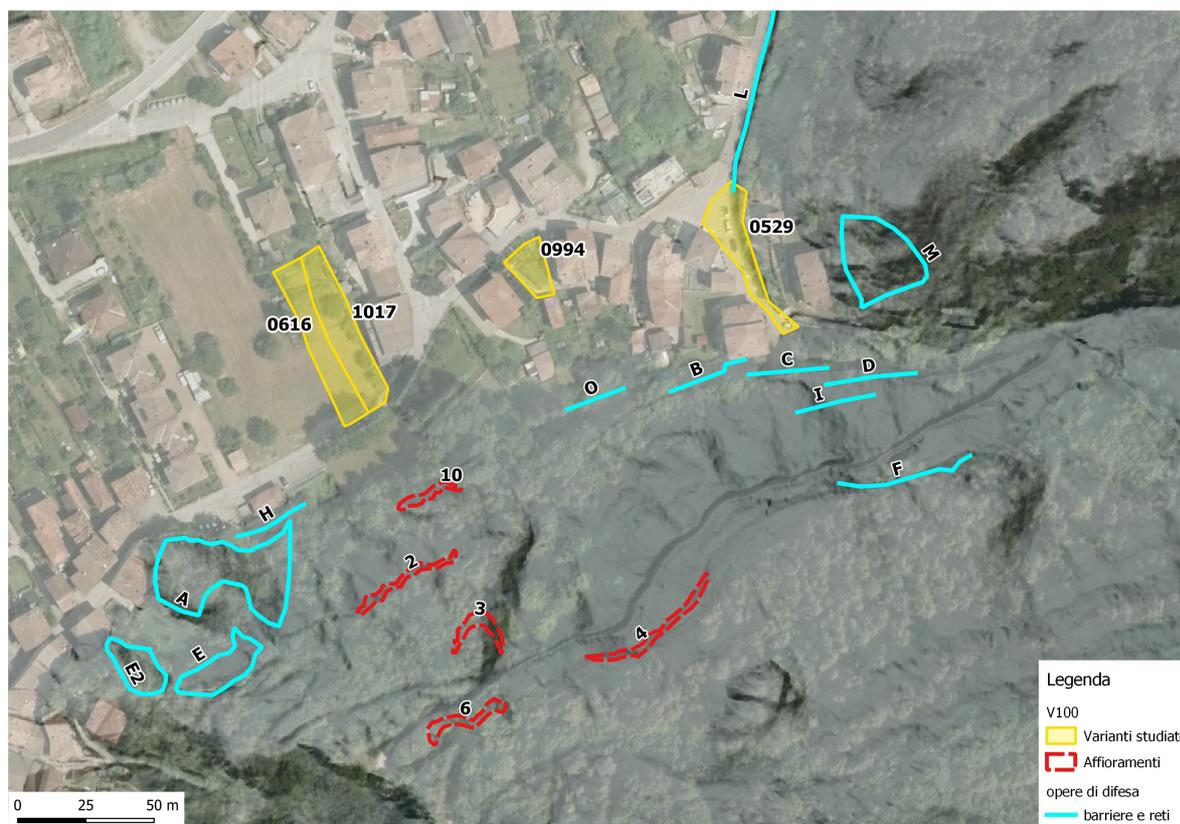


Figura 15 - Ubicazione affioramenti e opere di difesa a Baitoni Superiore

In seguito ai sopralluoghi effettuati, nell'area a monte dell'abitato di Baitoni Superiore sono state individuate pareti rocciose appartenenti all'Unità della Dolomia Principale, generalmente abbastanza massive, caratterizzate da materiale di piattaforma massiccio e governate, in prevalenza, da macrostrutture con direzione N310E (Figura 16).

Tali affioramenti sono per lo più distinti dall'assenza di evidenti segni di possibilità di distacco, il grado di fratturazione è generalmente basso con mesostrutture verticali poco pervasive e poco frequenti, salvo alcune eccezioni, dove però le pareti non si sviluppano molto in altezza. Ad una tale configurazione corrispondono volumi rocciosi unitari generalmente elevati e la mancanza di ricorrenti presupposti cinematici (strutture a franappoggio) sta alla base della scarsissima produttività dei versanti; esiste tuttavia la presenza di una fratturazione di piccola scala cui vanno ricondotti i prodotti rinvenuti ai piedi delle pareti rocciose ma che hanno dimensioni prevalentemente inferiori ai 0.25 m³; quei rari blocchi di volume importante sono decisamente attribuibili a depositi di origine

glaciale-postglaciale (figura 17).



Figura 16



Figura 17 - Deposito glaciale

I rilevamenti hanno portato ad evidenziare alcuni affioramenti moderatamente produttivi quali il numero 6 e la parte meridionale del numero 4 (figura 15), ubicati in prossimità del bivio lungo la strada forestale che da Baitoni Superiore sale a Bondone, nelle vicinanze del capitello. Ai piedi di tali affioramenti sono presenti numerosi blocchi di piccole dimensioni ($0.10 - 0.25 \text{ m}^3$), indice del susseguirsi di molteplici eventi di crollo, disposti lungo il margine lato valle della strada a modo di tomo naturale. Ulteriori blocchi provenienti da tali affioramenti sono stati rinvenuti lungo la valletta che a nord-est del capitello discende fino a fondo valle.

La porzione medio-basale del pendio è contraddistinta dalla presenza di depositi di versante caratterizzati da blocchi di dimensioni limitate, mediamente inferiori a 0.10 m^3 . Sono stati rilevati solamente alcuni massi sparsi di dimensioni maggiori, che non rientrano nella comune attività delle pareti in quanto molto più probabilmente attribuibili a fenomeni locali distinti da tempi di ritorno molto lunghi.

A valle degli affioramenti rocciosi, poco sopra al paese, sono presenti numerose opere di difesa. Sono state geolocalizzate 7 barriere paramassi e 4 reti in aderenza zincate (figura 15), realizzate a protezione dell'abitato.

Gli affioramenti coinvolti nelle simulazioni realizzate con RAMMS sono il numero 2, 3, 4, 6 e 10 (Figura 15).

6.1.3 Simulazione traiettografica

Alla luce dei dati forniti dai rilievi e dai sopralluoghi eseguiti, si è valutata la possibilità di distacchi di materiale lapideo da alcune delle pareti rocciose affioranti, presenti sui versanti a monte di Baitoni Superiore.

Alla base delle pareti rocciose è presente una copertura detritica con massi che mostrano, nella maggior parte dei casi, volumi inferiori al metro cubo (figure 18 e 19).

Nonostante l'elevata frequenza di blocchi di piccole dimensioni e la presenza di un substrato prevalentemente morbido, non si esclude la possibile rimobilitazione dei massi distribuiti lungo il versante. Pertanto, si è ritenuto necessario valutare la pericolosità da crollo integrando i riscontri di campagna negli input delle simulazioni numeriche dei fenomeni di caduta massi, le quali hanno consentito di stimare l'evoluzione stessa del fenomeno gravitativo attraverso la distribuzione dei parametri cinematici analizzati.

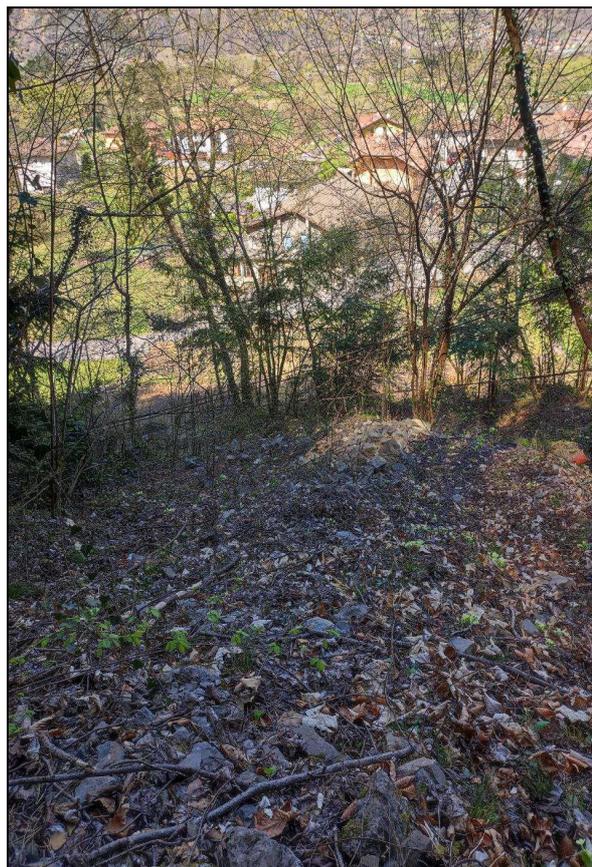


Figura 18 – Detrito presente lungo i versanti a monte di Baitoni Superiore



Figura 19 – Esempio di blocchi con $V < 1 \text{ m}^3$ (Baitoni Superiore)

- Scenari di simulazione

Le analisi specifiche si sono articolate in due scenari di simulazione con diversa volumetria del blocco di progetto (0.25m^3 e 1m^3). Si fa presente che, rispetto ai riscontri di campagna, entrambi i volumi sono da considerarsi cautelativi per la verifica del pericolo da crollo nell'areale indagato, pur tuttavia presentando

gli ammassi locali potenzialità in linea con il dato. Il netto prevalere delle granulometrie ridotte confermerebbe quell'assenza di presupposti cinematici (salvo rari casi) rilevata in seno agli ammassi osservati.

Nelle figure seguenti verranno mostrati i principali parametri di input utilizzati per le simulazioni eseguite (tipologia di terreno e forma del blocco di progetto).

La scelta del soiltype, della forma del blocco e delle volumetrie di progetto (volume osservato più frequente) deriva da un'analisi geologica, geomeccanica e strutturale di dettaglio che ha previsto: una prima fase di rilievi in parete che hanno consentito la valutazione delle condizioni di stabilità delle stesse; una seconda fase di rilievi alla base delle pareti che hanno permesso la valutazione del tipo di suolo e delle caratteristiche geometriche e dimensionali dei blocchi distribuiti lungo il versante.

- Soiltype e rockshape

Il modello RAMMS definisce il coefficiente di restituzione apparente mediante una meccanica d'impatto discreta a corpo rigido. Ogni categoria di terreno scelta definisce i parametri relativi alla legge di slittamento dei blocchi in caduta come valori di resistenza al suolo.

Il valore della resistenza al suolo tiene conto della resistenza viscoplastica legata alla deformazione del terreno durante l'impatto del blocco con il terreno. Di seguito viene riportata l'immagine relativa ai soiltype scelti per le simulazioni (figura 20)

I sopralluoghi eseguiti hanno permesso di osservare che i pochi blocchi di maggiori volumetrie risultano essere massivi e poco fratturati; ciò sta a significare più probabilmente che gli stessi mantengono il loro volume pressoché invariato durante la fase di caduta, dalla fase di distacco fino all'arresto in virtù del fatto che i salti morfologici (altezza delle pareti) è molto contenuta.

La presenza dominante di blocchi con volumetrie inferiori a 0.5 m^3 deriva principalmente dalla degradazione delle pareti stesse che superficialmente presentano un pattern fessurativo aperto e veicolo di apparati radicali.

Qui di seguito si riportano i modelli tridimensionali dei blocchi considerati nelle simulazioni per Baitoni Superiore.

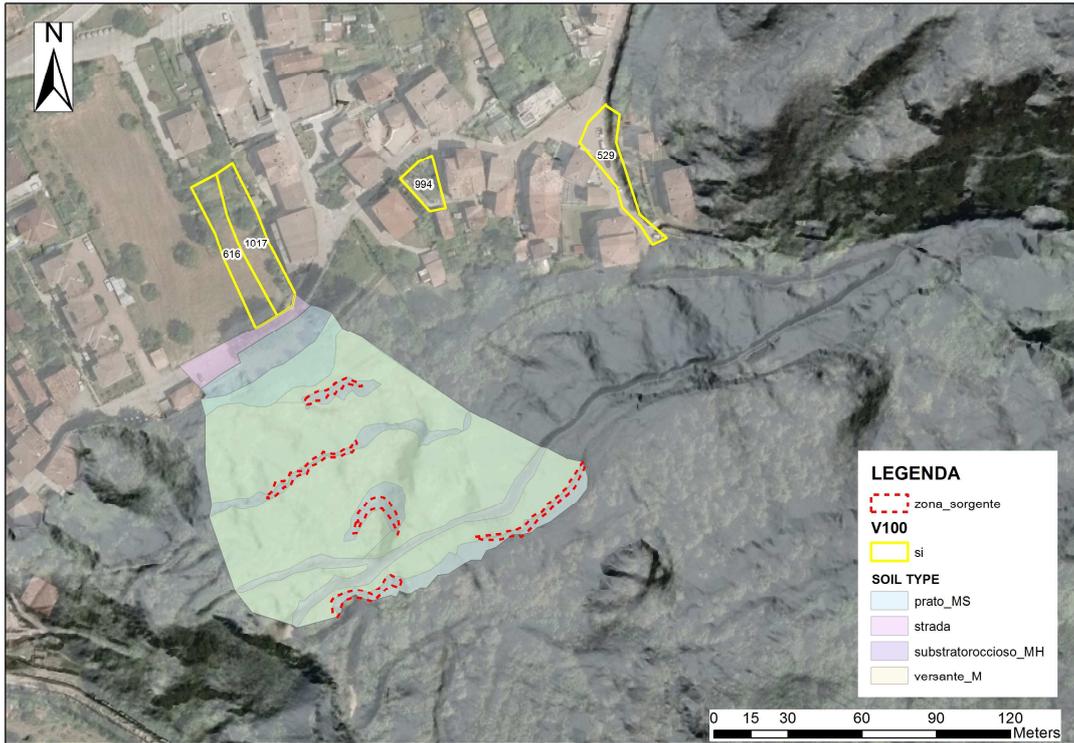
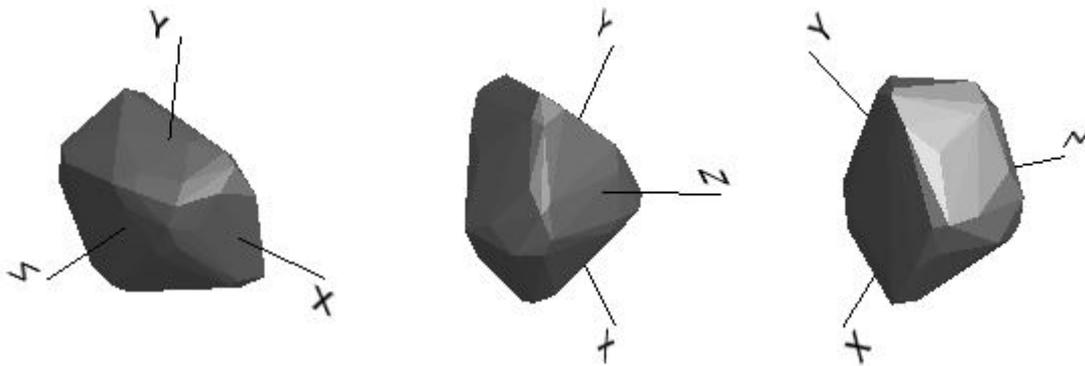
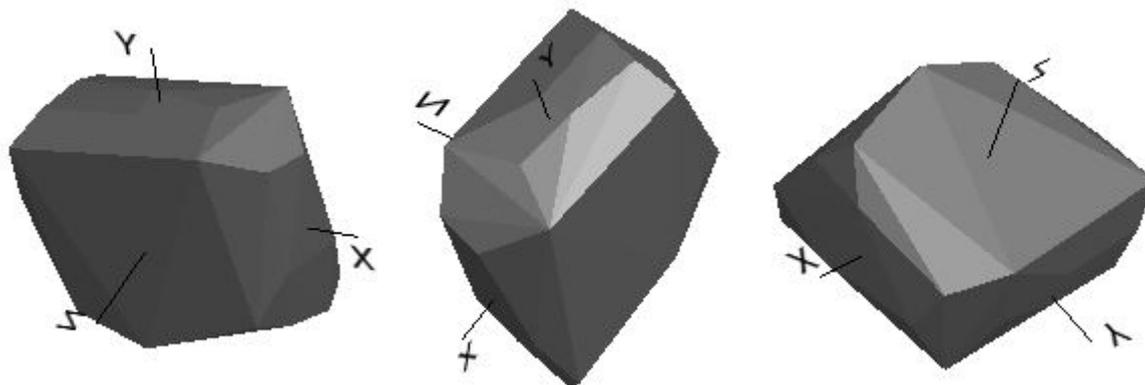


Figura 20 – Soiltype Baitoni Superiore

Rockshape 0.25 m³



Rockshape 1.0 m³



- *Scelta del volume di progetto*

Le simulazioni, eseguite a favore di sicurezza, hanno preso in considerazione i volumi cautelativi più rappresentativi del fenomeno: **0.25 m³ e 1 m³**. La scelta di simulare con differenti volumetrie dei blocchi è da correlare alla variabilità naturale dei fenomeni di crollo e alla loro dinamica.

- Risultati delle simulazioni di caduta massi

In questo paragrafo viene riportata la distribuzione, lungo il pendio, dei parametri cinematici analizzati per lo studio del moto di caduta massi. Le traiettorie simulate sono state confrontate in maniera critica con le informazioni geomorfologiche, litologiche e geomeccaniche ottenute dai vari sopralluoghi eseguiti sul campo.

Nelle tabelle seguenti si riporta un estratto dei valori medi dei parametri cinematici e del numero di traiettorie simulate.

- 0.25 m³

```

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile
Version 1.6.70
Scenario Name: BAITONISUP_0.25M3_2
Scenario Folder: E:\Simulazioni_Ramms_2022\BAITONISUP_0.25M3_2\output\BAITONISUP_0.25M3_2\
Simulation Started: Fri May 13 09:33:54 2022
Simulation Finished: Fri May 13 10:10:36 2022
Simulation Time (min): 36.7
Simulation Settings:
Nr_Source_Points: 151
Nr_Simulated_Rocks: 1
Nr_Random_Orientations: 50
Nr_Z-Offset_Iterations: 1
(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 50)
Total_Nr_Simulations: 7550
Simulation Results:
(Min/Mean/Max Values)
Jumpheights (m): 0.15 / 0.84 / 17.06
Velocities (m/s): 0.00 / 5.05 / 23.76
Kin. Energies (kJ): 0.00 / 12.46 / 198.17
Rot. velocities (rot s-1): 0.00 / 1.04 / 7.01
Average Slope (Degrees): 26.84 / 50.01 / 88.79
*****
Input Settings:
General:
Time Step (s): 0.010
Dump Step (s): 0.020
DEM File: BAITONISUP_0.25M3_2\BAITONISUP_0.25M3_2.xyz
DEM Resolution (m): 2.00
Calculation Domain: .\
Friction:
Overall Type: Medium
Additional Friction Areas:
substratoroccioso_MH.shp: Medium Hard
versante_M.shp: Medium
strada.shp: Medium
prato_MS.shp: Medium Soft
Forest/Moor:
open_forest.shp: Open Forest (20 m2/ha)
Release:
Type: Polygon Area
Polygon Shapefile: baitoni_sup\zona_sorgente.shp
Automatic Z-offset(s): 0.72 - 0.72 m
Rock:
Rock Density (kg/m3): 2700.00
Rock Volume (m3): 0.25
Rock Form: Real_Flat_1.6_0.2m3.pts
    
```

Tabella 4 - Logfile simulazione Ramms (Scenario Baitoni Superiore 0.25 m3)

- 1m³

```

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile
Version 1.6.70
Scenario Name: BAITONISUP_1M3_2
Scenario Folder: E:\Simulazioni_Ramms_2022\BAITONISUP_1M3_2\output\BAITONISUP_1M3_2\
Simulation Started: Fri May 13 09:25:25 2022
Simulation Finished: Fri May 13 10:10:37 2022
Simulation Time (min): 45.2

Simulation Settings:
Nr_Source_Points: 151
Nr_Simulated_Rocks: 1
Nr_Random_Orientations: 50
Nr_Z-Offset_Iterations: 1
(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 50)
Total_Nr_Simulations: 7550

Simulation Results:
(Min/Mean/Max Values)
Jumpheights (m): 0.14 / 1.52 / 20.13
Velocities (m/s): 0.00 / 7.73 / 28.37
Kin. Energies (kJ): 0.00 / 117.41 / 1086.83
Rot. Velocities (rot s-1): 0.00 / 1.01 / 4.71
Average Slope (Degrees): 24.08 / 53.18 / 88.59
*****
Input Settings:

General:
Time Step (s): 0.010
Dump Step (s): 0.020
DEM File: BAITONISUP_1M3_2\BAITONISUP_1M3_2.xyz
DEM Resolution (m): 2.00
Calculation Domain: .\

Friction:
Overall Type: Medium

Additional Friction Areas:
substratorocchioso_MH.shp: Medium Hard
strada.shp: Medium
versante_M.shp: Medium
prato_MS.shp: Medium Soft

Forest/Moor:
open_forest.shp: open Forest (20 m2/ha)

Release:
Type: Polygon Area
Polygon Shapefile: baitoni_sup\zona_sorgente.shp
Automatic Z-offset(s): 1.01 - 1.01 m

Rock:
Rock Density (kg/m3): 2700.00
Rock Volume (m3): 0.97
Rock Form: Flat_2.0_1.0m3.pts
    
```

Tabella 5 – Logfile simulazione Ramms (Scenario Baitoni Superiore 1 m3)

Il risultato delle simulazioni consente di mostrare l'andamento dei parametri di traiettorie lungo il versante quali altezza di volo, velocità dei blocchi in caduta, energia cinetica e probabilità di transito degli stessi. Per ogni scenario di simulazione è stato scelto un numero di lanci per ogni cella pari a 50 e una forma del blocco più realistica possibile che potesse rappresentare la forma più ricorrente dei blocchi osservati durante i sopralluoghi.

➤ **Volume di riferimento 0.25 m³**

Nel caso di Baitoni Superiore, i valori di altezza e/o rimbalzo per blocchi con volumetrie pari a 0.25 m³ mettono in evidenza come il moto verso valle sia associato ad un sostanziale rotolamento dei blocchi, infatti si osservano valori medi inferiori ai 2 m. Solamente in corrispondenza delle pareti rocciose ad andamento sub verticale o verticale dalle quali i blocchi si distaccano, le altezze di volo aumentano sensibilmente, raggiungendo valori di volta in volta dipendenti dalla locale condizione clivometrica.

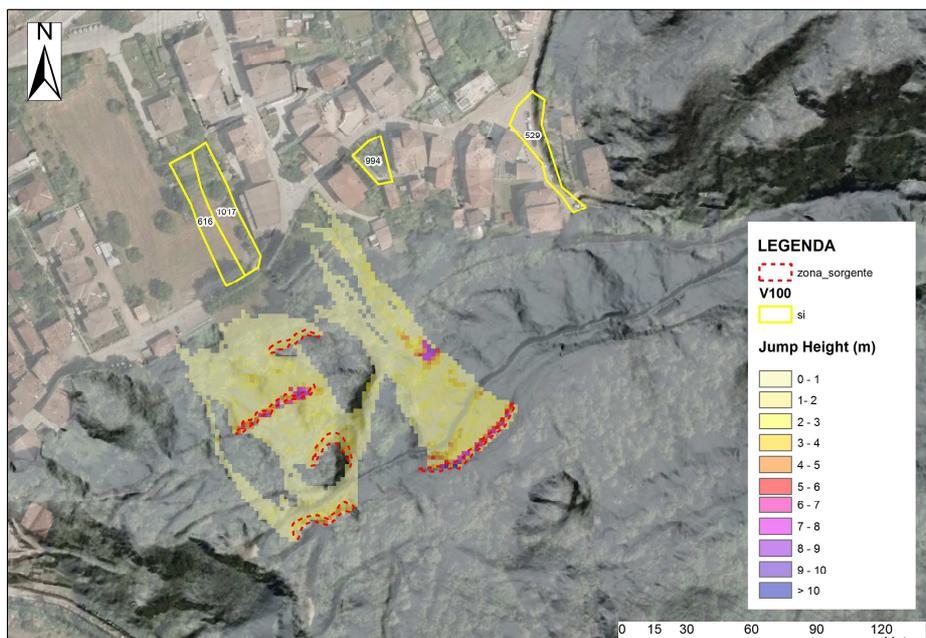


Figura 21 – Altezza di volo ($V: 0.25 \text{ m}^3$)

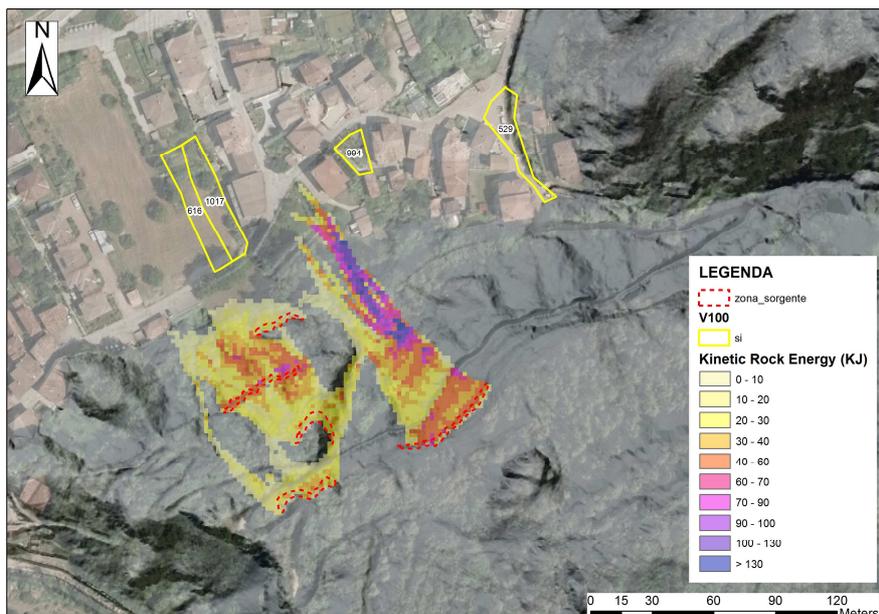


Figura 22 – Energia cinetica ($V: 0.25 \text{ m}^3$)

Per quanto concerne le energie cinetiche dei blocchi (Fig.22) la carta mostra come le maggiori energie si concentrano nella porzione di versante subito al di sotto delle aree sorgenti poste più a nord, raggiungendo valori che vanno oltre i 100 KJ. Questo comportamento è da correlare alla morfologia stessa del versante che presenta varie asperità topografiche con una pendenza medio-alta. Si osserva una progressiva riduzione delle energie lungo le porzioni di versante poste più a sud e nelle zone distali, dove le pendenze e le velocità diminuiscono, infatti i blocchi possiedono mediamente delle energie inferiori uguali ai 50 KJ. I risultati delle simulazioni risulterebbero piuttosto sostenibili, anche in questo caso, con l'andamento geomorfologico del versante e la dinamica del fenomeno analizzato.

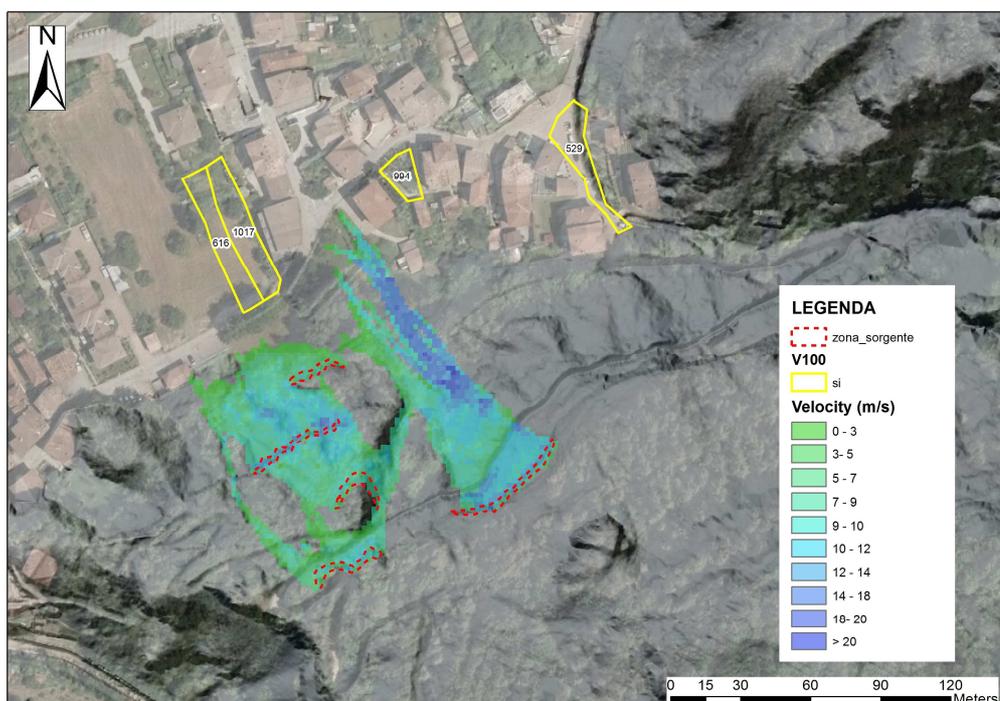


Figura 23 - Velocità ($V: 0.25 \text{ m}^3$)

L'analisi dei valori di velocità mette in risalto come i blocchi comincino a rallentare rapidamente con la diminuzione delle pendenze fino ad arrestarsi laddove è netto il differenziale clivometrico. Le velocità medie dei blocchi lungo il versante mostrano lo stesso decadimento delle energie cinetiche. I valori superano i 10 m/sec nel settore più a nord e ≈ 10 m/sec nel settore più a sud.

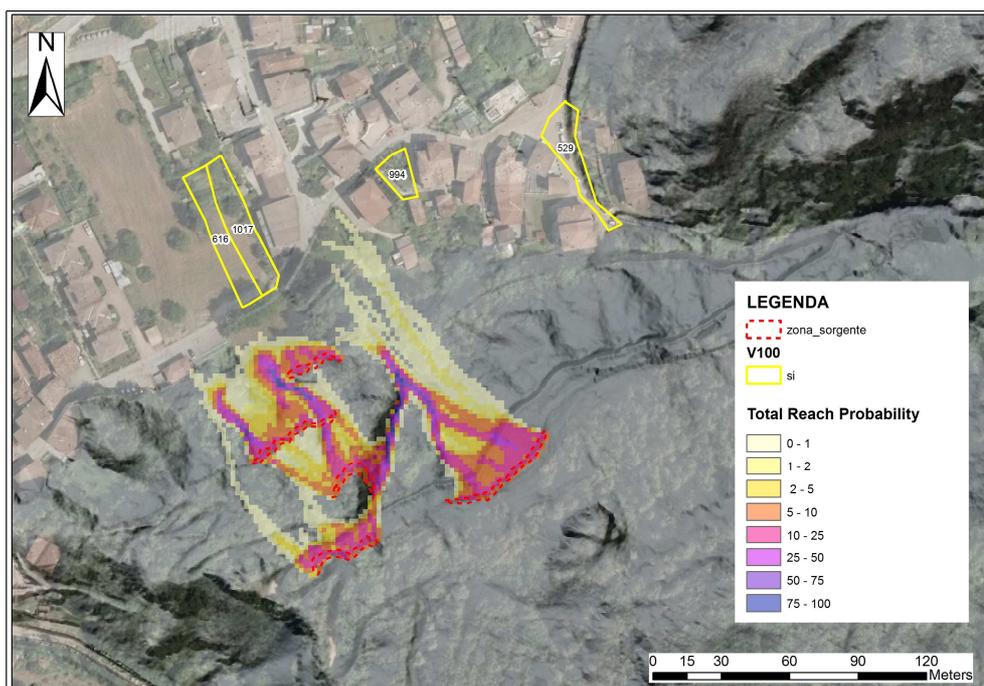


Figura 24 – Probabilità di transito (V: 0.25 m3)

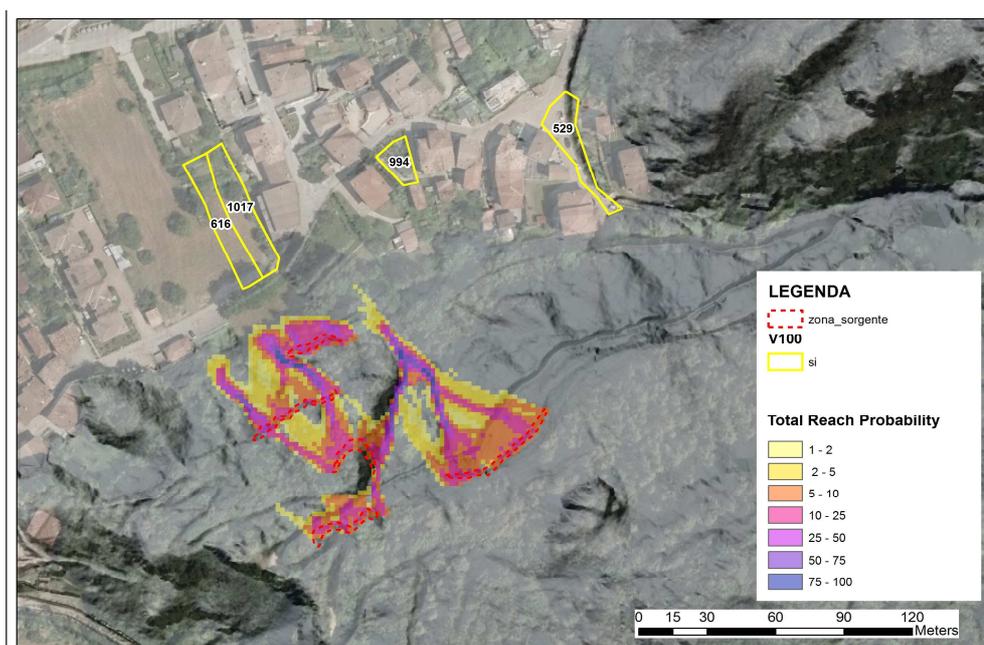


Figura 25 – Probabilità di transito con prima classe (0-1%) trascurabile. (V: 0.25 m3)

Si osserva che le maggiori probabilità di transito si concentrano lungo i principali collettori di transito (impluvi e piccole valli), raggiungendo valori intorno al 10-25% e 25-50% lungo il fondo delle depressioni morfologiche presenti. Invece, nelle aree circostanti le probabilità di transito presentano valori inferiori al 10%.

Nel caso specifico, per volumi di 0.25 m^3 , si osserva che solo traiettorie con probabilità inferiore all'1% raggiungono la zona di valle, pur rimanendo ancora distanti dalle varianti sottese.

➤ **Volume di riferimento 1.0 m³**

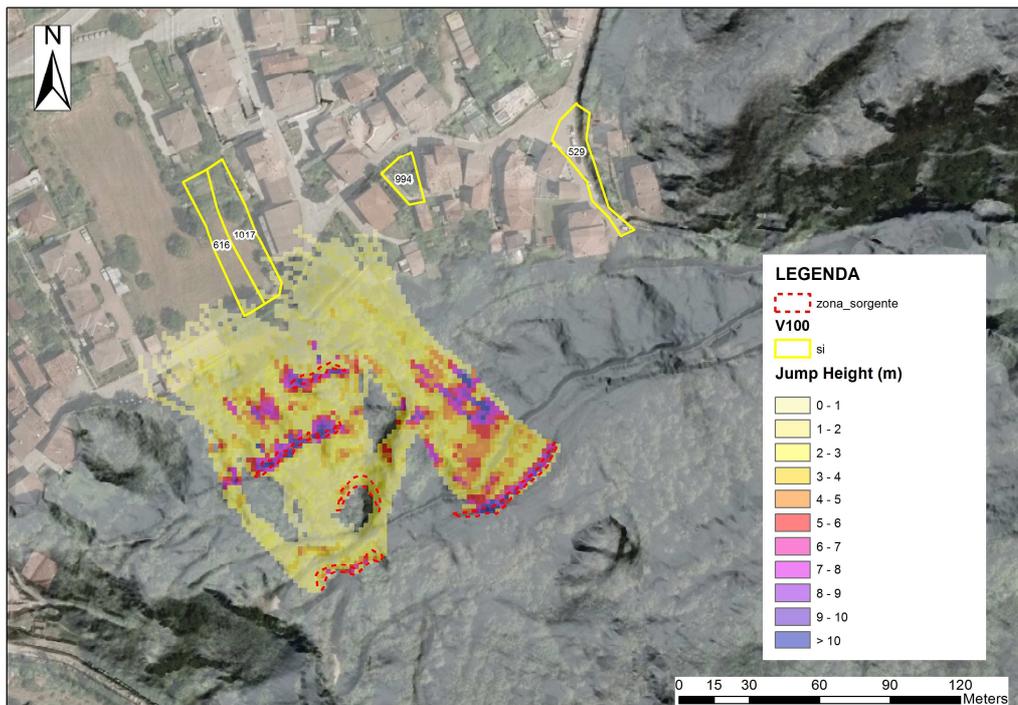


Figura 26 – Altezza di rimbalzo (V: 1.0 m³)

Per gli scenari simulati con volumetrie di progetto pari a 1 m^3 , si osservano valori medi delle altezze di volo leggermente superiori, ma con prevalenza di blocchi che hanno un'altezza di rimbalzo media tra 1 m e 2 m. Il parametro analizzato mostra valori medi superiori ai 2 m in corrispondenza di ostacoli topografici e appena al di sotto delle zone di distacco, compatibilmente con la dinamica del fenomeno di caduta e con la morfologia del versante. Infine, bisogna considerare che le altezze di rimbalzo sensibilmente più alte distribuite nella parte alta del versante si riscontrano nelle porzioni al di sotto delle zone sorgenti poste più a nord, in accordo con quanto scritto nei paragrafi precedenti.

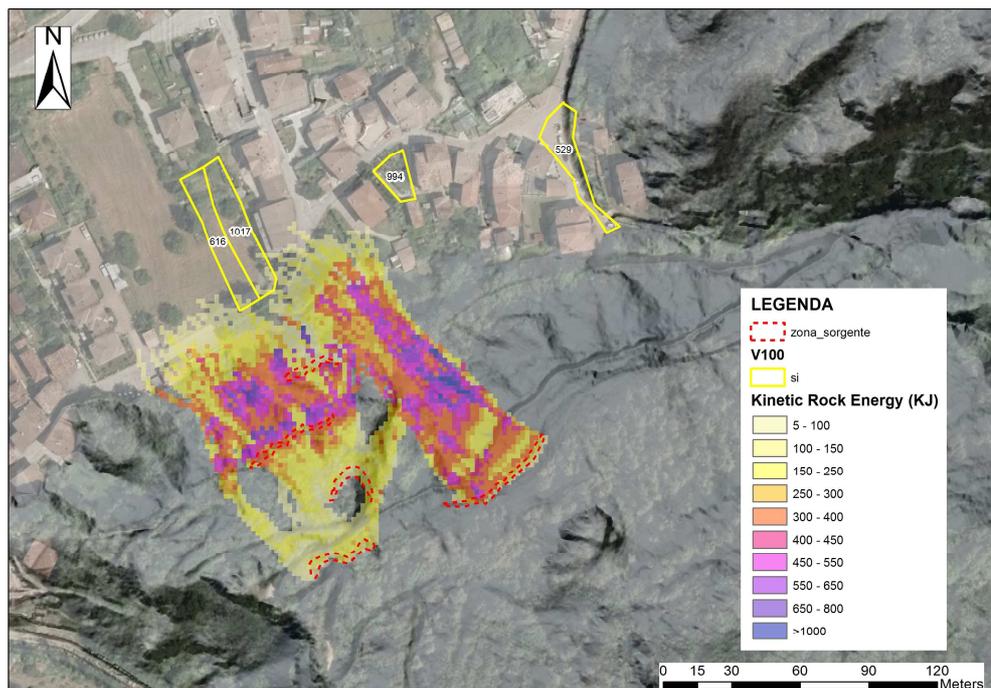


Figura 27 – Energie cinetiche ($V: 1.0 \text{ m}^3$)

Compatibilmente con le volumetrie maggiori, si osservano energie medie che sono comprese tra i 100 KJ e 200 KJ, per poi diminuire ai piedi del versante dove i terreni diventano più morbidi e le pendenze diminuiscono. Si osservano anche in questo caso le energie maggiori in corrispondenza di asperità topografiche e di zone più acclivi. L'energia cinetica è maggiormente distribuita sulla superficie del versante indagato con valori che, nonostante seguano lo stesso andamento degli scenari simulati con volumetrie del blocco di progetto pari a 0.25 m^3 , si osservano mediamente dei valori superiori a 300 KJ lungo gran parte del versante raggiungendo localmente valori che sono $>1000 \text{ KJ}$.

Per le velocità dei blocchi in caduta, anche nel caso specifico, la distribuzione del parametro cinematico presenta valori medi che sono pari a circa 10 m/sec, per aumentare in alcuni settori del versante in cui la pendenza aumenta e le asperità topografiche risultano essere maggiormente distribuite.

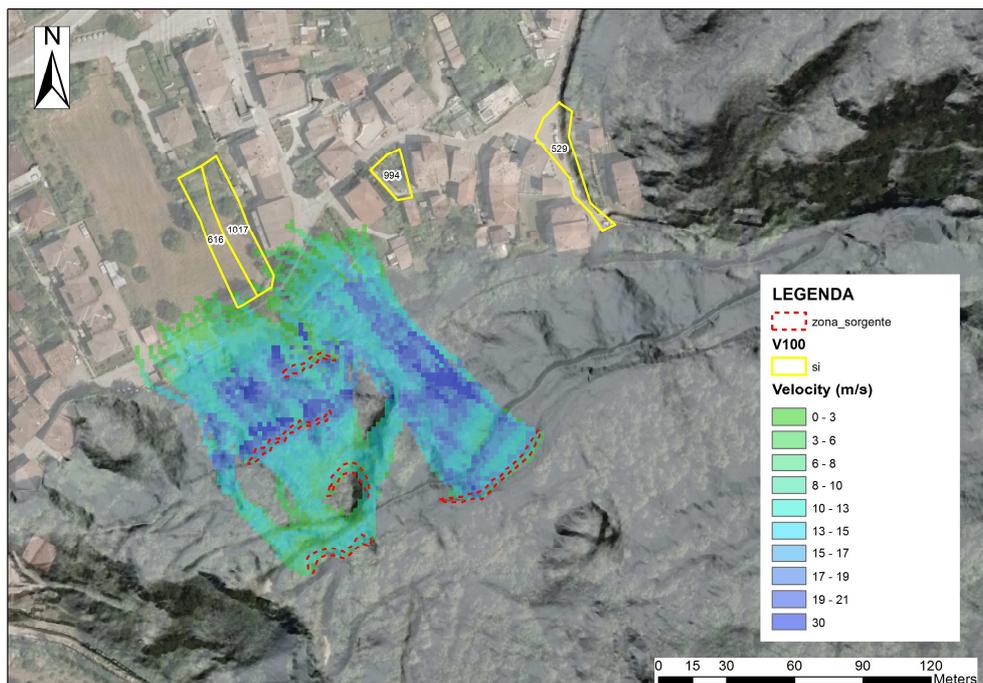


Figura 28 – Velocità (V: 1.0 m³)

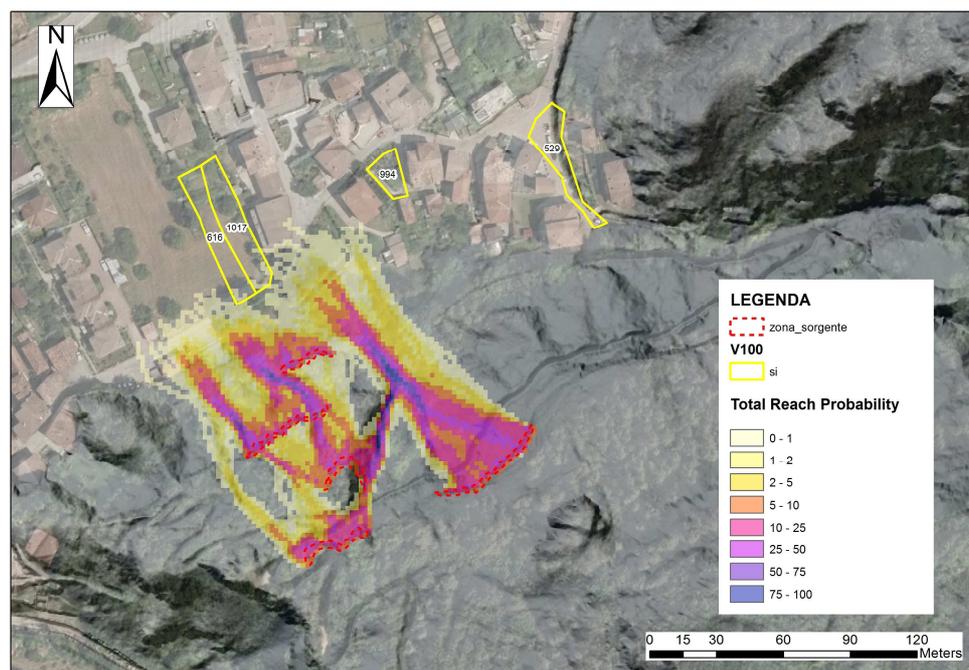


Figura 29 – Probabilità di transito (V: 1 m³)

La *total reach probability*, espressa in percentuale, consente di verificare e stabilire la probabilità di transito in un determinato punto del versante una volta avvenuto il distacco dall'area sorgente. Le maggiori probabilità di transito si concentrano lungo gli stessi collettori di transito (impluvi e piccole valli), mostrando valori intorno al 10-25% e 25-50% maggiormente distribuiti lungo il versante.

Invece, nelle restanti aree circostanti le probabilità di transito presentano valori inferiori al 10%.

Nel caso specifico, per volumi di 1.0 m^3 , si osserva che solo l'1-2 % dei blocchi in caduta raggiunge la zona di valle, ma è inferiore all'1% la probabilità che alcune delle traiettorie possano raggiungere alcune delle varianti indagate (1017 e 616).

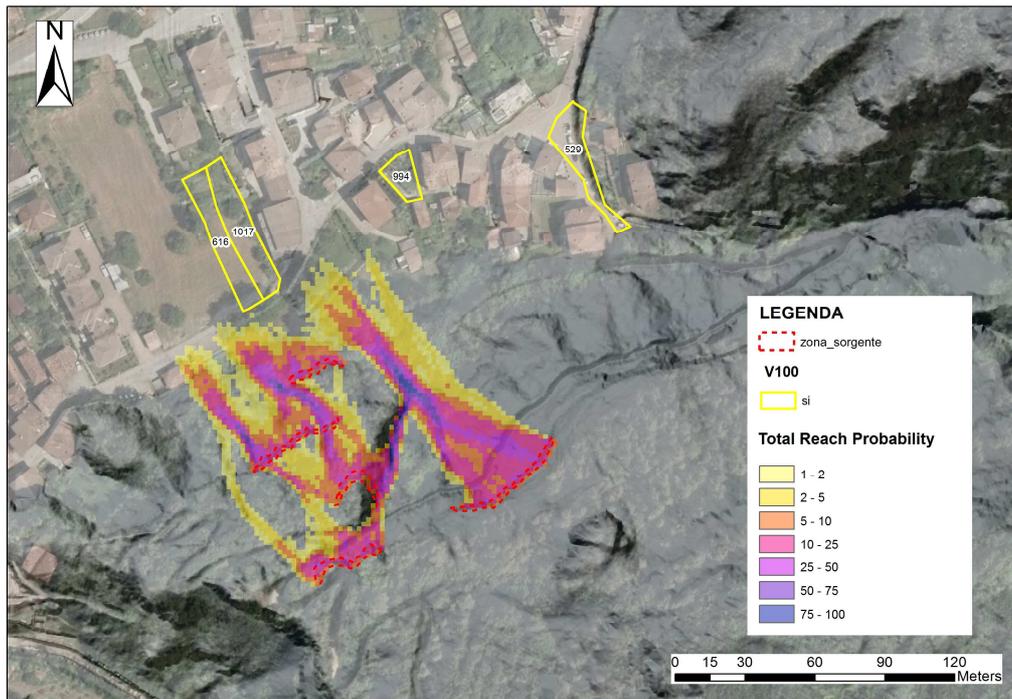


Figura 30 – Probabilità di transito con prima classe (0-1%) trascurabile. (V: 1 m^3)

6.2 MACRO-AREA BAITONI INFERIORE

6.2.1 Penalità da crollo e destinazione urbanistica

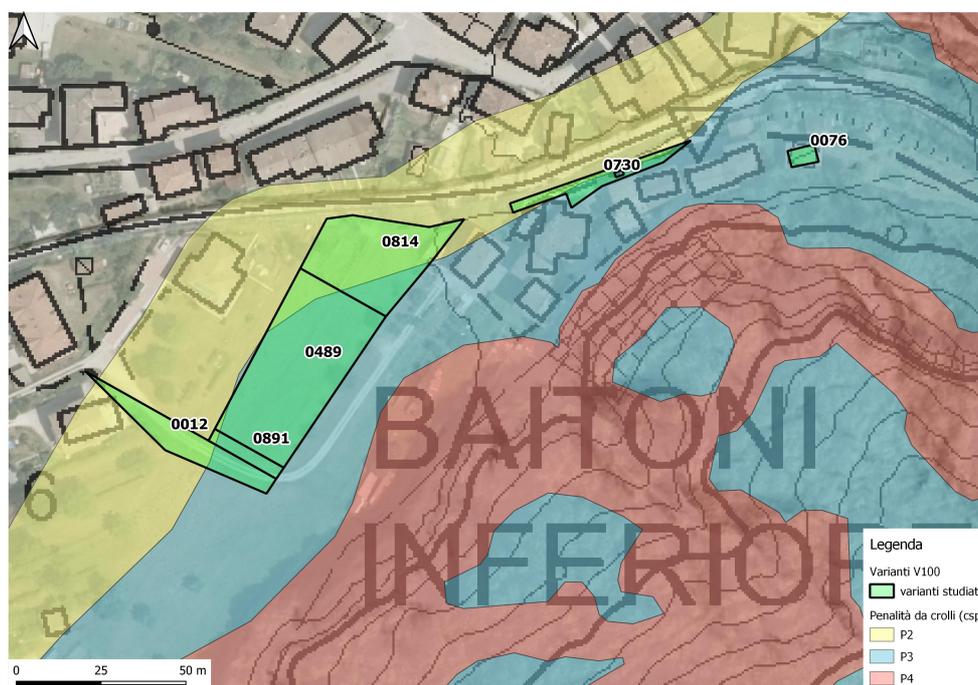


Figura 31 - Estratto Penalità da Crollo Baitoni Inferiore

Nell'abitato di Baitoni Inferiore, secondo quanto espresso nella Carta di Sintesi della Pericolosità, 6 varianti intersecano un'area a penalità da crollo media e quattro un'area a penalità da crollo bassa. Tali varianti sono state studiate poiché la variante di destinazione d'uso è di tipo peggiorativa. Di seguito si riporta la tabella elencante le varianti affiancate al livello di penalità, alla destinazione d'uso corrente e di progetto.

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente Pdf 2000 | Descrizione tipologia | Pericolosità da crollo | | |
|-------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------|------|
| | | | | P2 - bassa | P3 - media | P4 - |
| 12 | F303 Verde di protezione | ZONE C NUOVE ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 76 | A204 Risanamento conservativo | ZONE F3 VIABILITA' E INFRASTRUTTURE | F3.4 - Parcheggi multipiano | | x | |
| 489 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 730 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | x | x | |
| 814 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 891 | F417 Viabilità locale di progetto | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |

Tabella 6 - Varianti Baitoni Inferiore

6.2.2 Specificità di carattere macro/meso-strutturale e opere di difesa

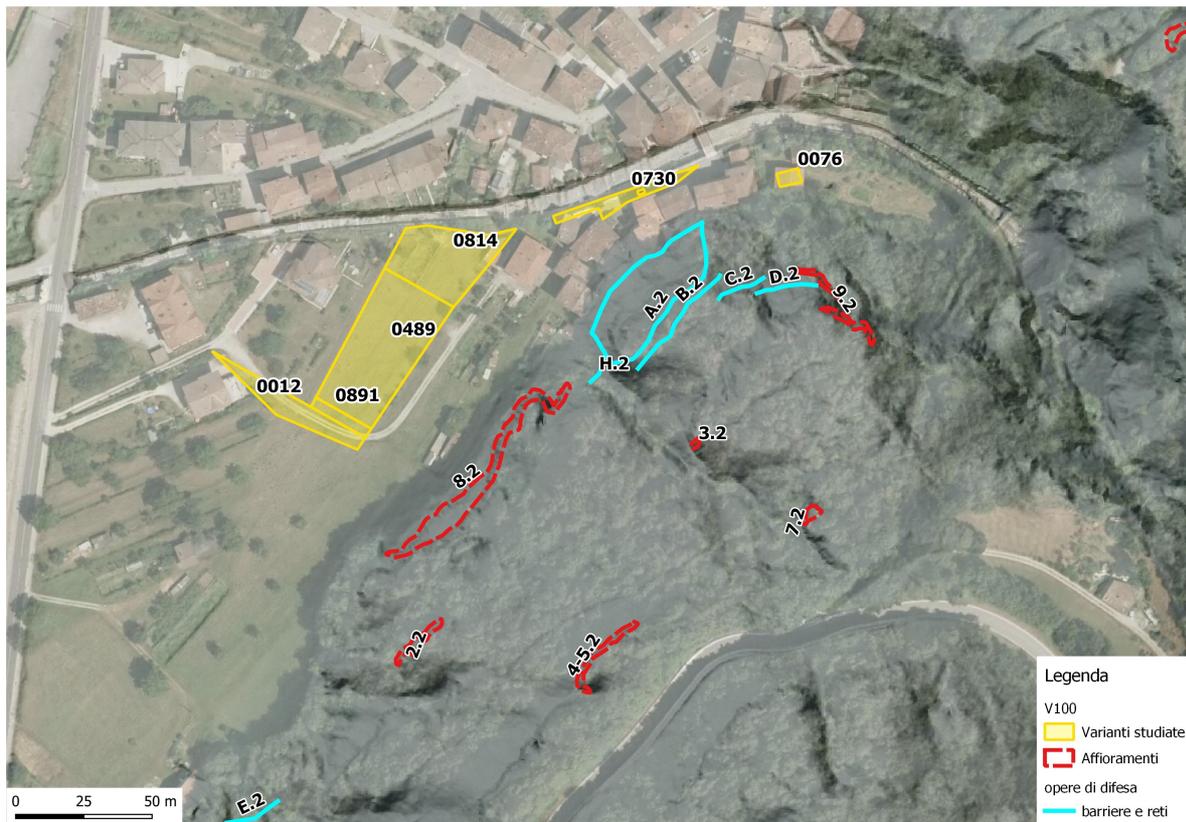


Figura 32 - Affioramenti e opere di difesa a Baitoni Inferiore

Il lato occidentale del versante soprastante l'abitato di Baitoni Inferiore è caratterizzato da pareti rocciose appartenenti all'Unità della Dolomia Principale (DPR) e delle Dolomie Zonate (DZN). Gli affioramenti, mediamente immergenti verso nord-ovest, sono prevalentemente massivi, caratterizzati da banconi massicci con pochi piani pervasivi e discontinuità a bassa persistenza a grande scala. Tali affioramenti sono per lo più poco produttivi, sono stati rinvenuti pochi blocchi rocciosi nelle aree boschive che si sviluppano dai piedi delle pareti fino a valle.

La zona che desta maggiore preoccupazione è la valletta che dall'affioramento 7.2 (figura 30) raggiunge il fondo valle passando per l'affioramento 3.2. Mentre le due pareti rocciose non mostrano evidenti segnali di possibili dislocazioni, a causa dell'aspetto generalmente massiccio e l'altezza poco sviluppata, nella parte basale della vallecchia si trovano invece numerosi blocchi anche di grandi dimensioni, presumibilmente di origine glaciale-postglaciale anche in virtù del grado di arrotondamento poco coerente con genesi di tipo diverso. Subito a valle di tale deposito è presente una barriera zincata in buone condizioni che delimita il

fenomeno, proteggendo la porzione di territorio sottostante.

Il lato nord-occidentale del versante, fianco sinistro della valletta da cui discende il rio Olte, presenta pareti rocciose verticali di notevoli dimensioni (H > 20m; affioramento 9.2) caratterizzate da strutture immergenti a S-SE. Localmente è stata rilevata una zona di distacco che presenta fessurazione subparallela al versante. Tale area risulta localmente molto produttiva per quanto riguarda i fenomeni da crollo in quanto esistono porzioni residuali disarticolate da frequenti mesostrutture a bassa persistenza (giunti di clivaggio sui quali è particolarmente efficace l'azione di detensionamento).

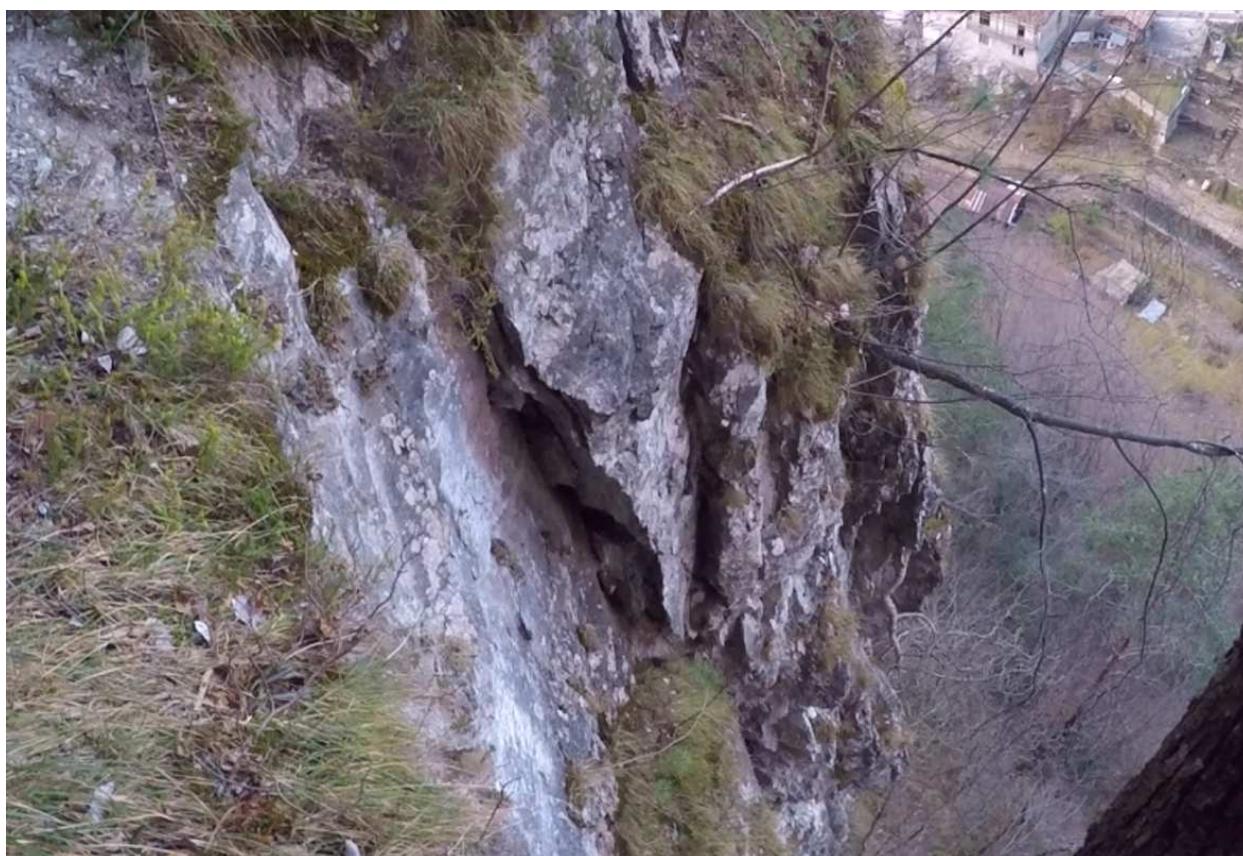


Figura 33 - Zona di distacco al di sopra dell'abitato

A valle degli affioramenti rocciosi, poco sopra al paese, sono presenti numerose opere di difesa. Sono state geolocalizzate 4 barriere paramassi e 1 rete in aderenza zincata (figura 32), realizzate a protezione dell'abitato.

Gli affioramenti coinvolti nelle simulazioni realizzate con RAMMS sono il numero 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 7.2, 8.2, 9.2 (Figura 32)

6.2.3 Simulazione traiettografica

Come per l'abitato di Baitoni Superiore, alla base delle pareti rocciose soprastanti Baitoni Inferiore è presente una copertura detritica con massi che mostrano, nella maggior parte dei casi, volumi di molto inferiori al metro cubo.

Nonostante l'elevata frequenza di blocchi di piccole dimensioni e la presenza di un substrato prevalentemente morbido, anche per Baitoni Inferiore non si esclude la possibile rimobilitazione dei massi distribuiti lungo il versante. Pertanto, si è ritenuto necessario valutare la pericolosità da crollo integrando i riscontri di campagna negli input delle simulazioni numeriche dei fenomeni di caduta massi, le quali hanno consentito di stimare l'evoluzione stessa del fenomeno gravitativo attraverso la distribuzione dei parametri cinematici analizzati.



Figura 34 – Esempi di alcuni blocchi con volumi <math>< 1\text{m}^3</math> (Baitoni Inferiore)



Figura 35 – Esempio di blocco arrestato da un albero (Baitoni Inferiore)

Scenari di simulazione

Anche in questo caso si sono considerati due scenari di simulazione con diversa volumetria del blocco di progetto (0.25 m^3 e 1 m^3). Si fa presente che, come per l'abitato di Baitoni Superiore, entrambi i volumi di progetto sono da considerarsi cautelativi per la verifica del pericolo da crolli nell'areale indagato.

Nelle figure seguenti verranno mostrati i principali parametri di input utilizzati per le simulazioni eseguite (tipologia di terreno e forma del blocco di progetto).

- Soiltype e rockshape

Di seguito viene riportata l'immagine relativa ai soiltype scelti per le simulazioni di Baitoni Inferiore e le forme di blocchi considerate.

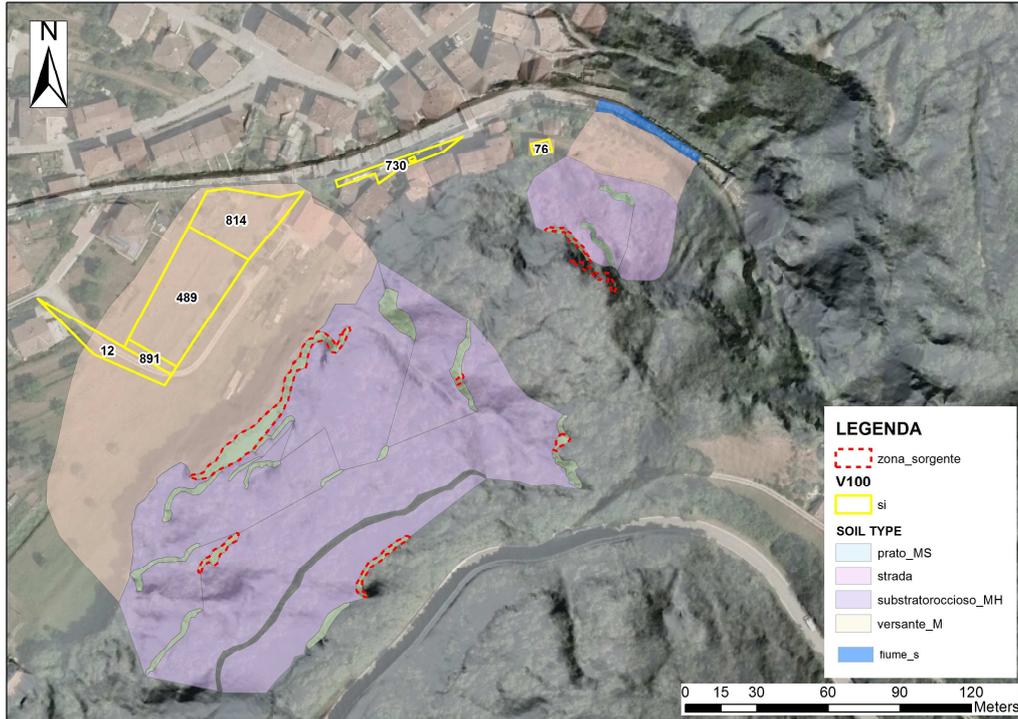
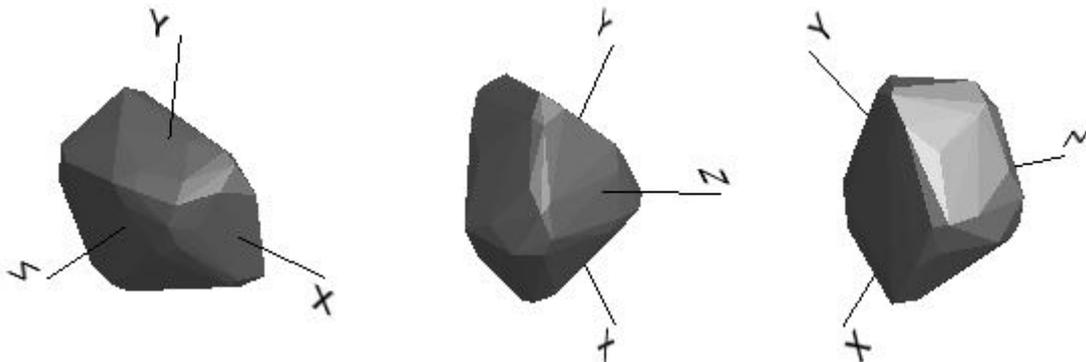
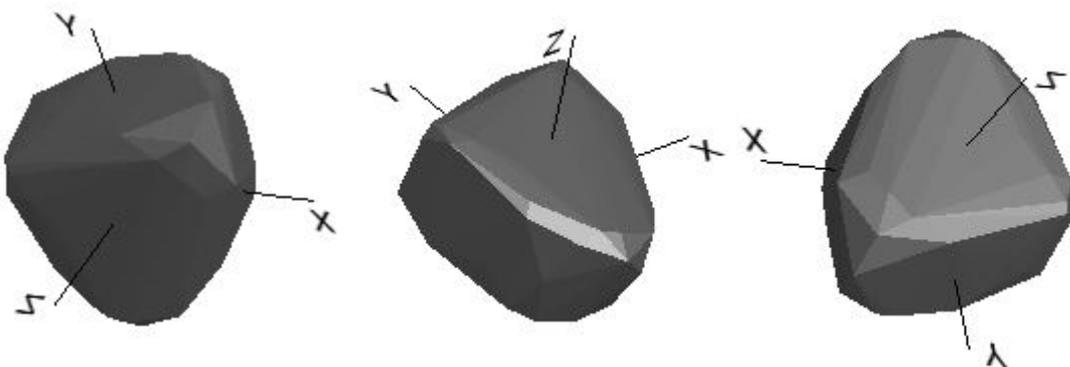


Figura 36 – Soiltype Baitoni Inferiore

Rockshape 0.25 m³



Rockshape 1.0 m³



- Scelta del volume di progetto

Le simulazioni, eseguite a favore di sicurezza, hanno preso in considerazione i volumi cautelativi più rappresentativi del fenomeno: **0.25 m³ e 1 m³**, dove quest'ultima classe si differenzia per forma rispetto a quella stabilita per Baitoni Superiore. Anche in questo caso la scelta di simulare con differenti volumetrie dei blocchi tiene conto, seppure in prospettiva cautelativa, di una certa variabilità del parametro.

Al distacco di blocchi con questo volume viene attribuita una probabilità di accadimento medio alta per blocchi con volumi inferiori a 0.5 m³, rientrante in un contesto di attività più ricorrente (pur con tempi di ritorno elevati data la rarità dei testimoni rinvenuti) e probabilità di accadimento decisamente remota per blocchi con volumetrie maggiori o uguali a 1 m³.

Risultati delle simulazioni di caduta massi

In questo paragrafo viene riportata la distribuzione, lungo il pendio, dei parametri cinematici analizzati per lo studio del moto di caduta massi. Le traiettorie simulate sono state confrontate in maniera critica con le informazioni geomorfologiche, litologiche e geomeccaniche ottenute dai vari sopralluoghi eseguiti sul campo.

Nelle tabelle seguenti si riporta un estratto dei valori medi dei parametri cinematici e del numero di traiettorie simulate.

• 0.25 m³

```

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile
Version 1.6.70
Scenario Name: baitoniinf_0.25m3
Scenario Folder: E:\Simulazioni_Ramms_2022\baitoniinf_0.25m3\output\baitoniinf_0.25m3\
Simulation Started: wed Apr 20 09:53:41 2022
Simulation Finished: wed Apr 20 10:42:14 2022
Simulation Time (min): 48.5

Simulation Settings:
Nr_Source_Points: 190
Nr_Simulated_Rocks: 1
Nr_Random_Orientations: 50
Nr_Z-Offset_Iterations: 1
(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 50)
Total_Nr_Simulations: 9500

Simulation Results:
(Min/Mean/Max values)
Jumpheights (m): 0.01 / 0.96 / 20.20
Velocities (m/s): 0.00 / 4.95 / 22.52
Kin. Energies (kJ): 0.00 / 12.48 / 176.68
Rot. Velocities (rot s-1): 0.00 / 0.95 / 5.29
Average slope (Degrees): 25.88 / 55.14 / 88.60
*****
Input Settings:
General:
Time Step (s): 0.010
Dump Step (s): 0.020
DEM File: baitoniinf_0.25m3\baitoniinf_0.25m3.xyz
DEM Resolution (m): 2.00
Calculation Domain: .\

Friction:
Overall Type: Medium

Additional Friction Areas:
substratoroccioso_MH.shp: Medium Hard
versante_m.shp: Medium
strada_m.shp: Medium
prato_ms.shp: Medium Soft

Forest/Moor:
openforest.shp: Open Forest (20 m2/ha)

Release:
Type: Polygon Area
Polygon Shapefile: baitoni_inf\zoma_sorgente_baitoniinf.shp
Automatic Z-offset(s): 0.72 - 0.72 m

Rock:
Rock Density (kg/m3): 2700.00
Rock Volume (m3): 0.25
Rock Form: Real_Flat_1.6_0.2m3.pts
    
```

Tabella 7 – Logfile simulazione Ramms (Scenario Baitoni Inferiore 0.25 m3)

- 1m³

```

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile

Version 1.6.70

Scenario Name: baintoniif_1m3
Scenario Folder: E:\Simulazioni_Ramms_2022\baintoniif_1m3\output\baintoniif_1m3\

Simulation Started: wed Apr 20 10:12:47 2022
Simulation Finished: wed Apr 20 11:00:56 2022

Simulation Time (min): 48.2

Simulation Settings:
Nr_Source_Points: 190
Nr_Simulated_Rocks: 1
Nr_Random_Orientations: 50
Nr_Z-Offset_Iterations: 1
(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 50)
Total_Nr_Simulations: 9500

Simulation Results:

(Min/Mean/Max Values)
Jumpheights (m): -0.08 / 1.80 / 30.44
Velocities (m/s): 0.00 / 7.43 / 31.38
Kin. Energies (kJ): 0.00 / 115.11 / 1415.99
Rot. velocities (rot s-1): 0.00 / 0.98 / 5.20
Average slope (Degrees): 25.57 / 55.26 / 88.98

*****
Input Settings:

General:
Time Step (s): 0.010
Dump Step (s): 0.020
DEM File: baintoniif_1m3\baintoniif_1m3.xyz
DEM Resolution (m): 2.00
Calculation Domain: .\

Friction:
Overall Type: Medium

Additional Friction Areas:
substratoroccioso_MH.shp: Medium Hard
strada_m.shp: Medium
prato_ms.shp: Medium soft
versante_m.shp: Medium

Forest/Moor:
openforest.shp: Open Forest (20 m2/ha)

Release:
Type: Polygon Area
Polygon Shapefile: baitoni_inf\zoma_sorgente_baitoniinf.shp
Automatic Z-Offset(s): 1.14 - 1.14 m

Rock:
Rock Density (kg/m3): 2700.00
Rock Volume (m3): 0.97
Rock Form: Real_Flat_1.8_1.0m3.pts

```

Tabella 8 – Logfile simulazione Ramms (Scenario Baitoni Inferiore 1 m3)

Il risultato delle simulazioni consente di mostrare l'andamento delle traiettorie lungo il versante attraverso i parametri di output quali: altezza di volo, velocità dei blocchi in caduta, energia cinetica e probabilità di transito degli stessi. Anche per Baitoni Inferiore, per ogni scenario di simulazione è stato scelto un numero di lanci per ogni cella pari a 50 e una forma del blocco più realistica possibile tale da poter meglio rappresentare la forma reale dei blocchi osservati durante i sopralluoghi.

➤ **Volume di riferimento 0.25 m³**

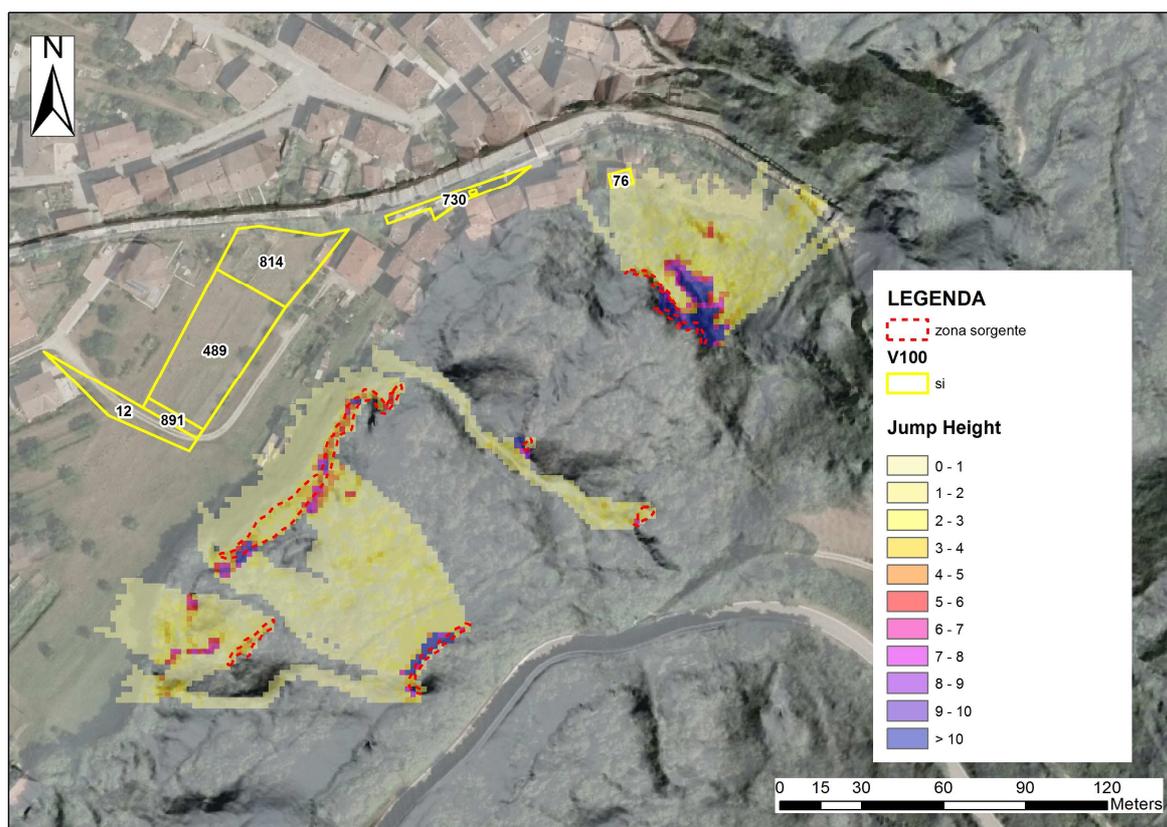


Figura 37 – Altezza di rimbalzo (V: 0.25 m³)

L'immagine in alto (figura 37) riporta l'andamento delle altezze di volo lungo il versante indagato. L'analisi dei valori di altezza e/o rimbalzo mette in evidenza come il moto verso valle sia associato ad un sostanziale rotolamento dei blocchi osservando quindi valori medi inferiori ai 2m. Solamente in alcuni punti (asperità topografiche, cambi di pendenze del versante, strade) le altezze di volo aumentano sensibilmente, raggiungendo valori che vanno oltre i 2 m; nel caso specifico si tratta delle zone appena al di sotto delle zone di distacco. Dunque, l'andamento delle altezze di volo è molto simile agli scenari simulati per Baitoni Superiore,

assumendo che le caratteristiche del versante e il comportamento cinematico non mostrano differenze sostanziali.

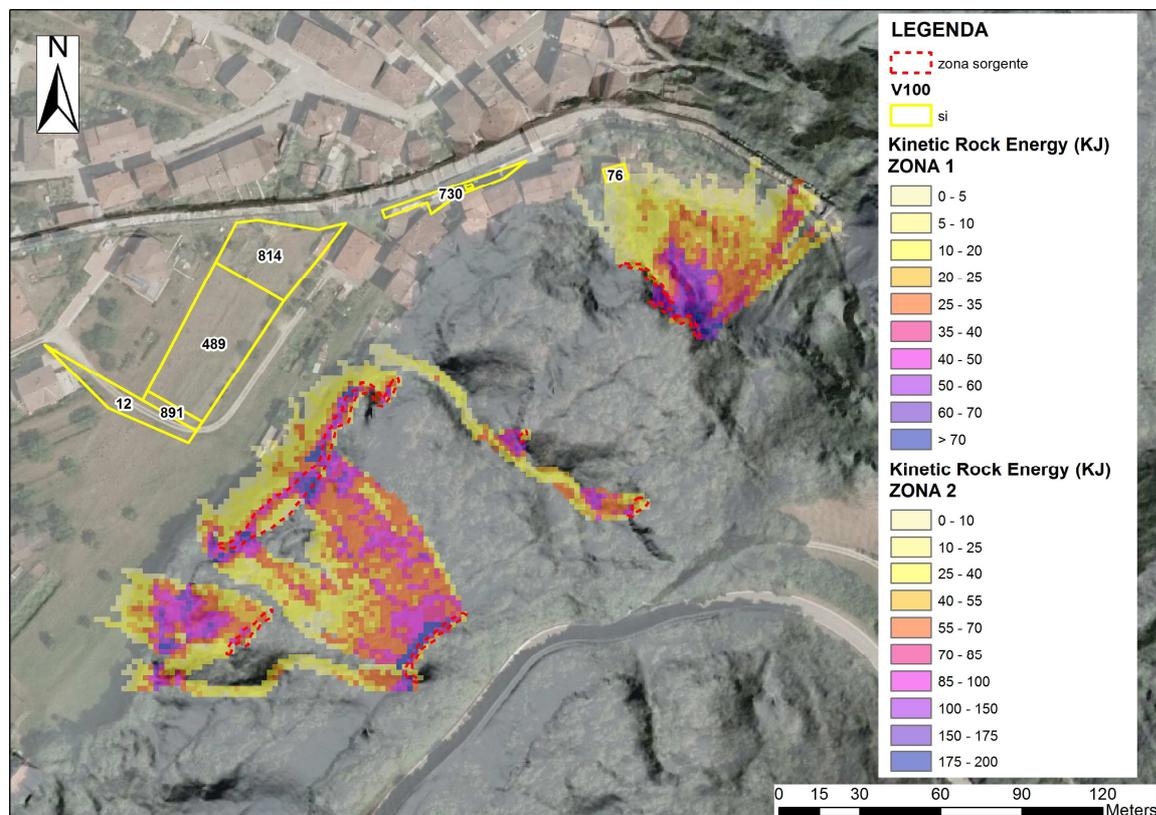


Figura 38 – Energie cinetiche (V: 0.25 m3)

Per quanto concerne le energie cinetiche dei blocchi, la carta mostra come le maggiori energie si concentrano lungo la parte alta del versante, appena al di sotto delle aree sorgenti e in corrispondenza di salti topografici, dove i blocchi acquistano velocità e possiedono energie medie comprese tra 50 KJ e 100 KJ. Si osserva una progressiva riduzione delle energie lungo il versante e nelle zone distali, dove le pendenze e le velocità diminuiscono, infatti i blocchi possiedono mediamente delle energie inferiori a 50 KJ. Questo comportamento è compatibile con l'andamento geomorfologico del versante e la dinamica del fenomeno analizzato.

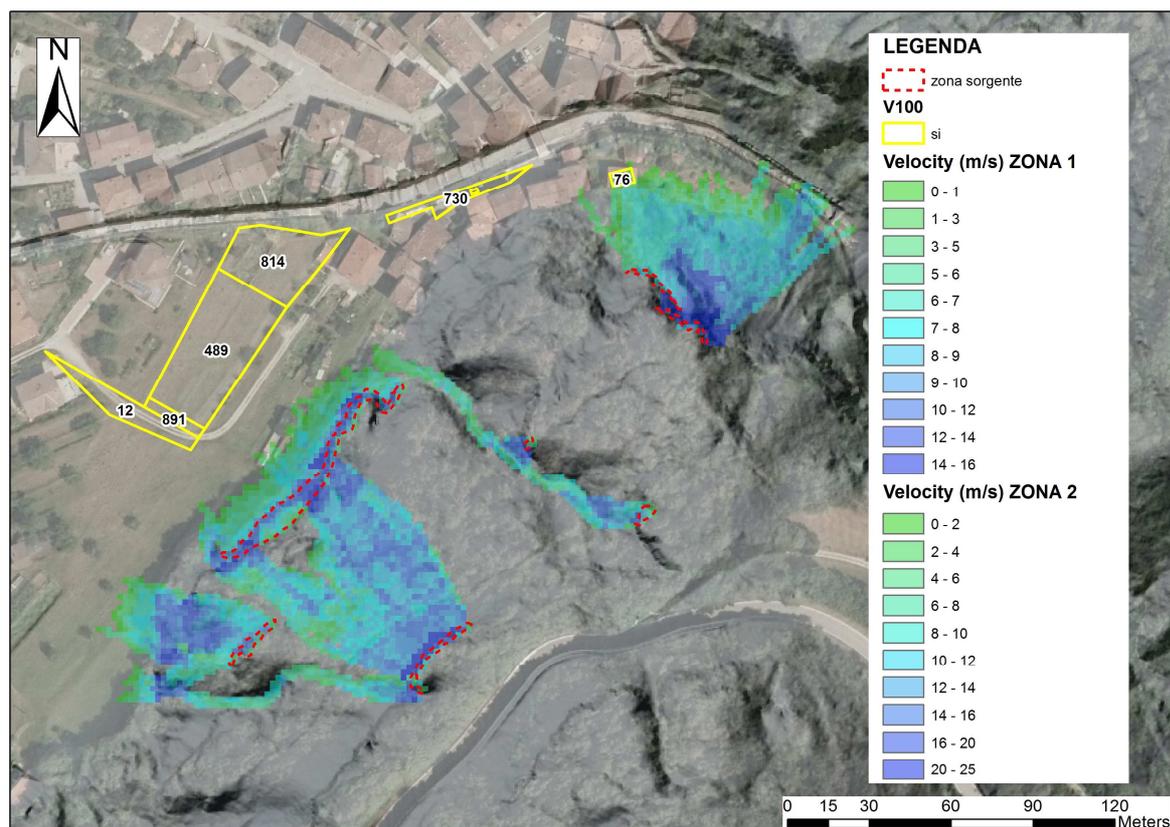


Figura 39 – Velocità (V: 0.25 m3)

La figura 39 riporta l'andamento delle velocità dei blocchi lungo il versante. Le velocità permettono di verificare le azioni agenti sulle opere di difesa passiva. L'analisi dei valori di velocità mette in risalto come i blocchi cominciano a rallentare man mano che diminuiscono le pendenze fino ad arrestarsi già in diretta prossimità del piede del versante. Le velocità medie dei blocchi lungo il pendio sono circa 10 m/sec, esse superano tale valore solo in corrispondenza di asperità topografiche, zone maggiormente pendenti e subito dopo la fase di distacco durante il moto di caduta libera.

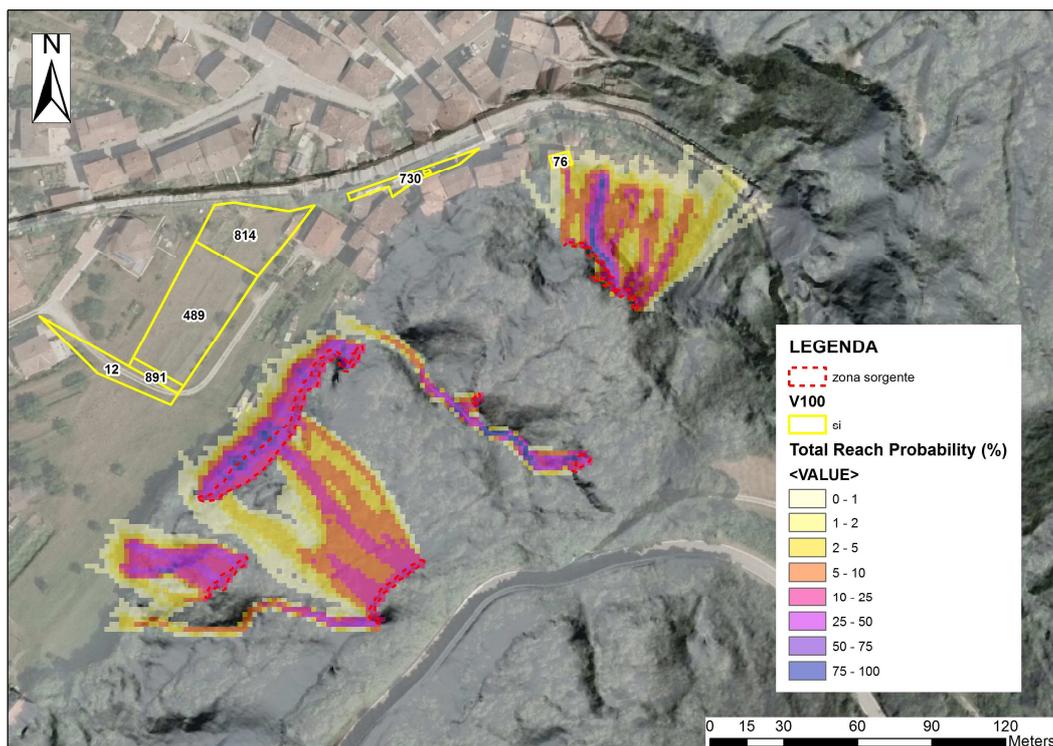


Figura 40 – Probabilità di transito (V: 0.25 m3)

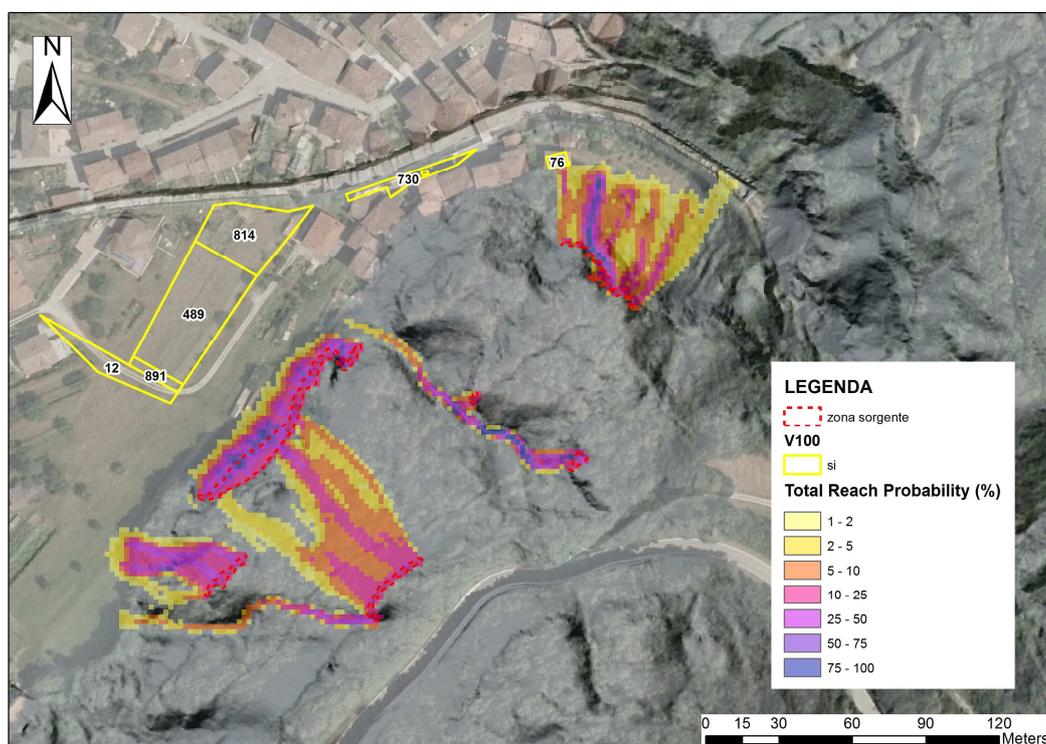


Figura 41 – Probabilità di transito con prima classe (0-1%) trascurabile (V: 0.25 m3)

Anche in questo caso si osserva che le maggiori probabilità di transito si

concentrano lungo i principali collettori di transito (impluvi e piccole valli), raggiungendo valori intorno al 10-25%, per poi diminuire nelle zone adiacenti a valori che sono inferiore al 10%. Si osservano probabilità di transito comprese tra il 25-50 % solo in corrispondenza del collettore presente nelle pareti esposte a NE, appena a monte della variante indagata numero 76.

➤ **Volume di riferimento 1.0 m³**

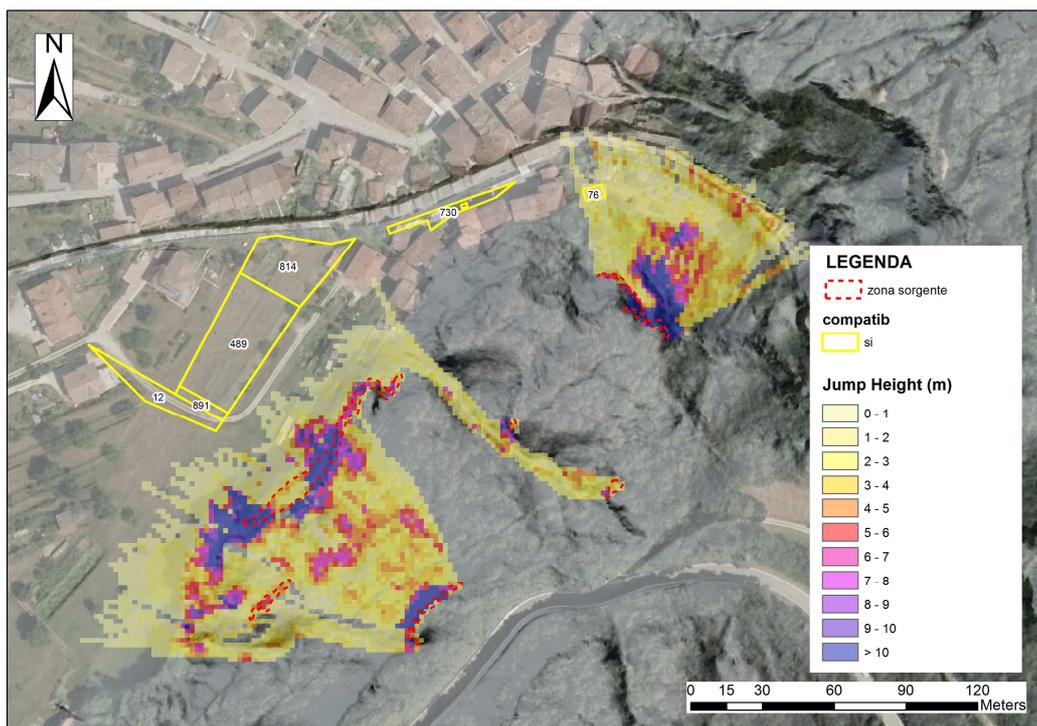


Figura 42 – Altezza di rimbalzo (V: 1.0 m³)

Anche per gli scenari simulati con volumetrie di progetto pari a 1 m³ si osservano valori medi delle altezze di volo leggermente superiori, ma con prevalenza di blocchi che hanno un'altezza di volo media tra 1 e 2 m. Il parametro analizzato mostra valori medi superiori ai 2 m in corrispondenza di ostacoli tipografici e appena al di sotto delle zone di distacco, compatibilmente con la dinamica del fenomeno di caduta e con la morfologia del versante.

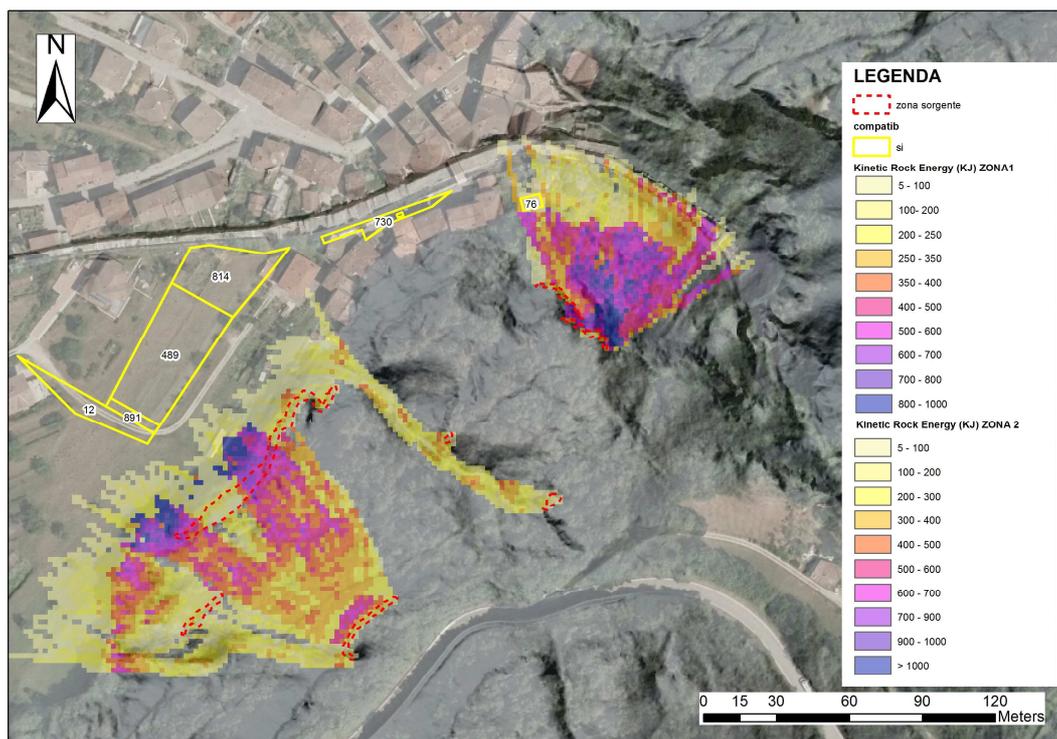


Figura 43 – Energie cinetiche (V: 1.0 m3)

Compatibilmente con le volumetrie maggiori si osservano energie medie che vanno oltre i 200 KJ, per poi diminuire velocemente ai piedi del versante dove i terreni presentano migliori capacità dissipative e le pendenze diminuiscono. Si osservano anche in questo caso le energie maggiori in corrispondenza di salti topografici e di zone maggiormente pendenti dove i blocchi acquistano velocità. A differenza del versante indagato esposto a NO, il versante esposto a NE presenta delle pendenze maggiori con pareti alte e ad andamento verticale, pertanto si osservano delle energie medie che vanno oltre i 400 KJ.

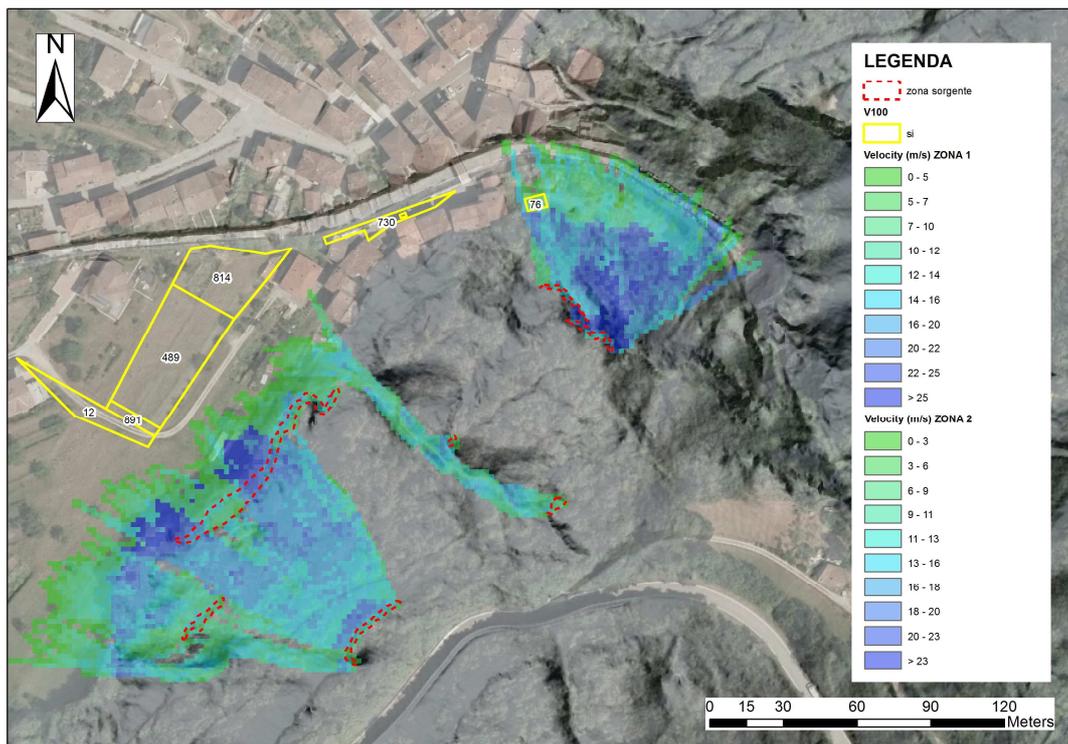


Figura 44 - Velocità (V: 1.0 m³)

Anche in questo caso, a causa delle maggiori volumetrie coinvolte, per le velocità si osserva in media un aumento del parametro lungo il versante, superando i 10 m/sec.

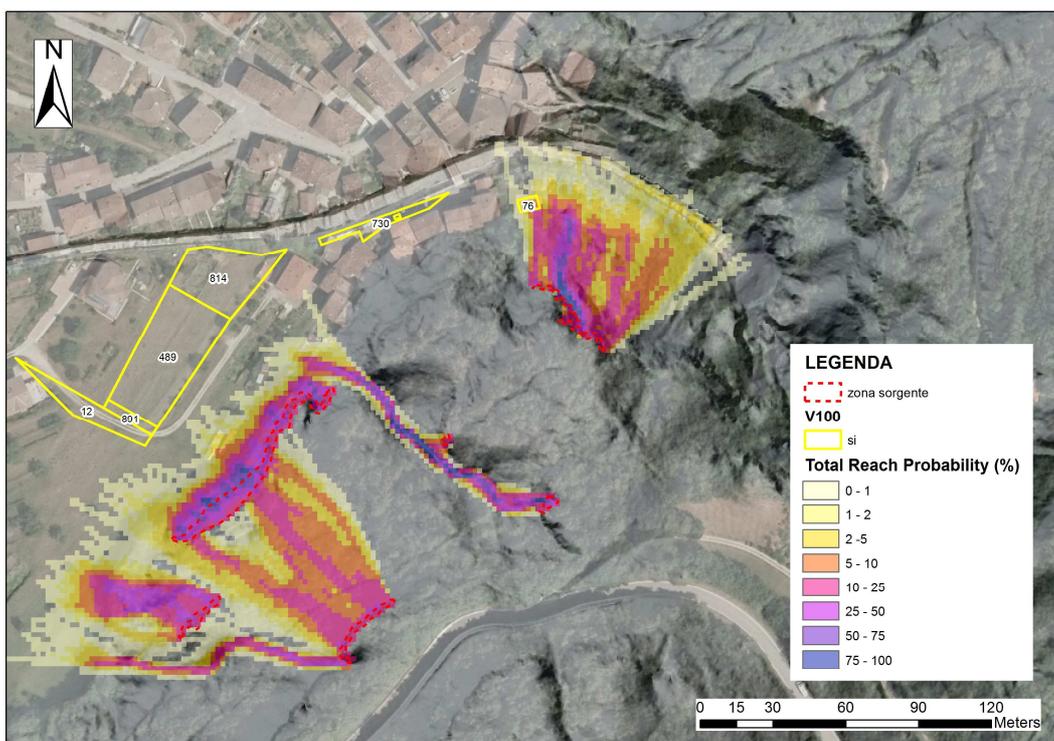


Figura 45 - Probabilità di transito (V: 1 m³)

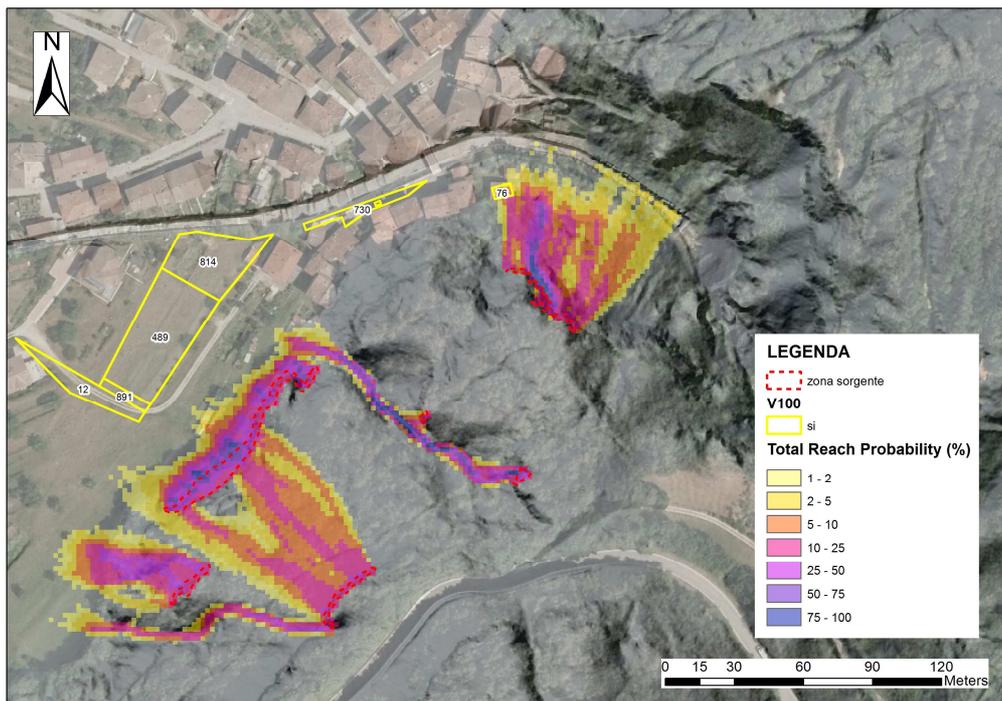


Figura 46 – Probabilità di transito con prima classe (0-1%) trascurabile. ($V: 1 \text{ m}^3$)

Si osserva ancora che le maggiori probabilità di transito si concentrano lungo i principali collettori di transito (impluvi e piccole valli), raggiungendo valori intorno al 10-25%, per poi diminuire nelle zone adiacenti a valori che sono inferiore al 10%. Si osservano probabilità di transito comprese tra il 25-50% e 50-75% solo in corrispondenza del collettore presente nelle pareti esposte a NE, appena a monte della particella indagata numero 76 e lungo l'impluvio presente nel versante esposto a NO. LO scenario probabilistico depurato della frazione 0-1% mostra come gli arresti delle traiettorie coincidano in realtà con il piede del versante ovvero laddove si azzera l'inclinazione topografica.

7. VALUTAZIONI CONCLUSIVE SULLA COMPATIBILITÀ

Sulla base delle indagini complessivamente effettuate viene di seguito valutata la compatibilità geologica delle varianti al PRG mettendo anche a confronto gli scenari traiettografici (ai fini cautelativi viene scelto lo scenario relativo ai volumi da 1mc) con le opere di difesa esistenti.

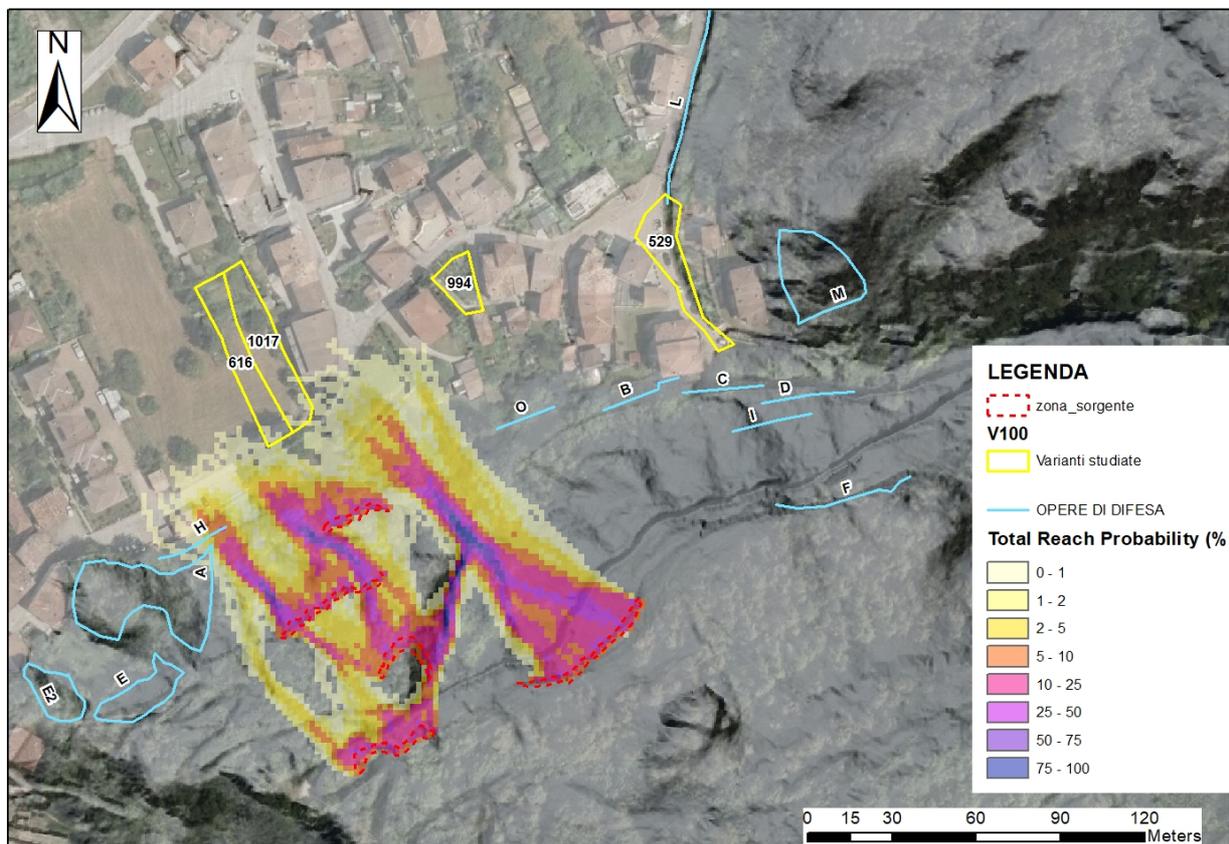


Figura 47 - Probabilità di transito (1 m^3) e opere di difesa Baitoni Superiore

Dall'osservazione della figura 46 si deduce che, per quanto riguarda l'abitato di Baitoni Superiore, per volumi di 1 m^3 solo l'1-2% dei blocchi in caduta raggiunge la zona di fondo valle, ma la probabilità che alcune varianti (616 e 1017) possano essere raggiunte da tali masse ricade nel range di probabilità 0-1%. La variante 994 non viene nemmeno intercettata dalle traiettorie simulate, mentre la variante 529 risulta essere largamente protetta dalle barriere e dalle reti ubicate su entrambi i versanti del Rio Laf (di Bondone). Relativamente a quest'ultima variante citata, per la quale si prevede un cambio di categoria e non di destinazione d'uso (da Zone A di interesse storico a zona A403 Spazio pubblico da riqualificare), si è ritenuto non indispensabile eseguire simulazioni specifiche, per le quali si rimanda

alla fase di progettazione a definizione compiuta della destinazione finale di tale spazio.

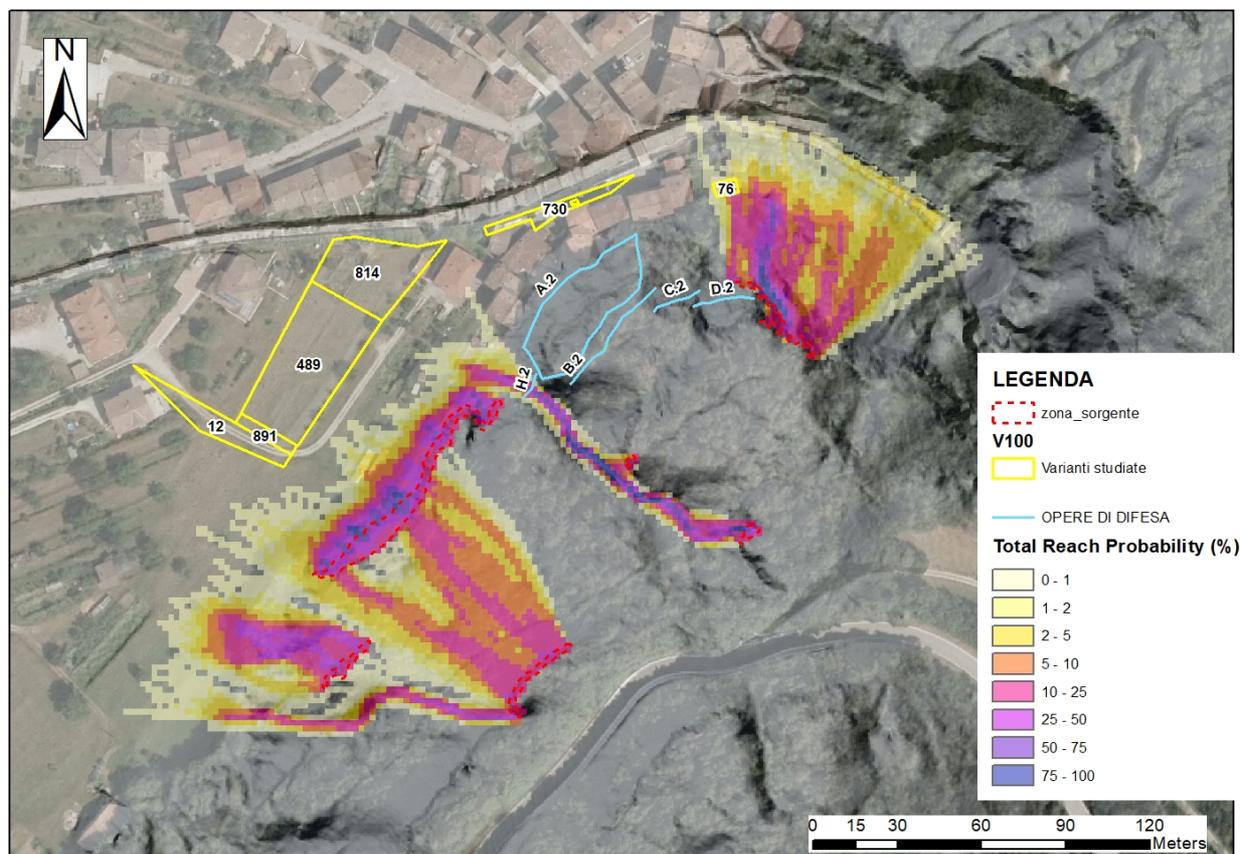


Figura 48 - Probabilità di transito (1 m^3) e opere di difesa Baitoni Inferiore

In merito all'abitato di Baitoni Inferiore, le maggiori probabilità di transito per blocchi di 1 m^3 si concentrano lungo i principali collettori di transito, raggiungendo valori intorno a 10-25%, per poi diminuire nelle zone adiacenti fino a valori inferiori al 10%. Si segnalano probabilità di transito comprese tra il 20-25% e il 50-75% sul versante esposto a NE e lungo l'impluvio presente nel versante esposto a NO. Nessuna delle varianti studiate a valle del versante di NO (12, 489, 814 e 891) viene intercettata dalle traiettorie elaborate. La variante 730 si colloca oltre la prima fila di case ubicate subito sotto le pareti rocciose rafforzate da reti in aderenza zincate e sulle quali sono state installate barriere paramassi e di conseguenza non risente della pericolosità da crolli. Per quanto riguarda invece la **variante 76**, posizionata subito a valle delle pareti rocciose esposte a NE, si osservano probabilità di transito pari a 5-10%, **di conseguenza la variante non è compatibile.**



Riassumendo si definiscono nella tabella seguente le valutazioni di compatibilità per le varianti studiate.

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente Pdf 2000 | Descrizione tipologia | Parere |
|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| 12 | F303 Verde di protezione | ZONE C NUOVE ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 76 | A204 Risanamento conservativo | ZONE F3 VIABILITA' E INFRASTRUTTURE | F3.4 - Parcheggi multipiano | Non compatibile o predisporre opere di difesa |
| 489 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 529 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 616 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 730 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 814 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 891 | F417 Viabilità locale di progetto | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 994 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 1017 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |

Tabella 9 - Pareri compatibilità da crolli

Per i dettagli delle singole varianti studiate, si rimanda all'Allegato 1 (Tavv.4-13).

8. VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

Come concordato con il Servizio Geologico e quale evidenziazione in sede di Conferenza di Pianificazione (verbale n.1/2022 d.d.12.01.2022) che rileva la difficoltà ad interpretare e paragonare la destinazione vigente con quella di progetto, in fase di progettazione e al momento della descrizione esplicita della destinazione sarà necessario redigere uno studio di compatibilità ai sensi dell'Art.16 per le seguenti varianti, rimandando all'allegato 1 per i dettagli (Tavv.15-18):

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente Pdf 2000 | Pericolosità da crollo | | |
|-------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------|--------------|
| | | | P2 - bassa | P3 - media | P4 - elevata |
| 29 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 31 | E104 Area agricola di pregio | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | | X | X |
| 30 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 88 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 96 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 204 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 241 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 257 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 259 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 294 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 300 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 329 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 339 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 386 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 412 | F301 Area a verde pubblico | ZONE F2 VERDE E SPORT | X | X | |
| 435 | F305 Area a parcheggio | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | X |
| 438 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | X | X | |
| 439 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 449 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 505 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 511 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 519 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 565 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 597 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 612 | E104 Area agricola di pregio | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | X | X | |
| 712 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 743 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 747 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 750 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 773 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 804 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 858 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 859 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 861 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 872 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 906 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 908 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | X | X | |
| 932 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 942 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 946 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 947 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 961 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 989 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | X | X | |
| 1019 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE B ESISTENTI DI COMPLETAMENTO | X | X | |

Tabella 10 - Varianti da studiare in fase di progettazione



ALLEGATO 1

Tavole grafiche

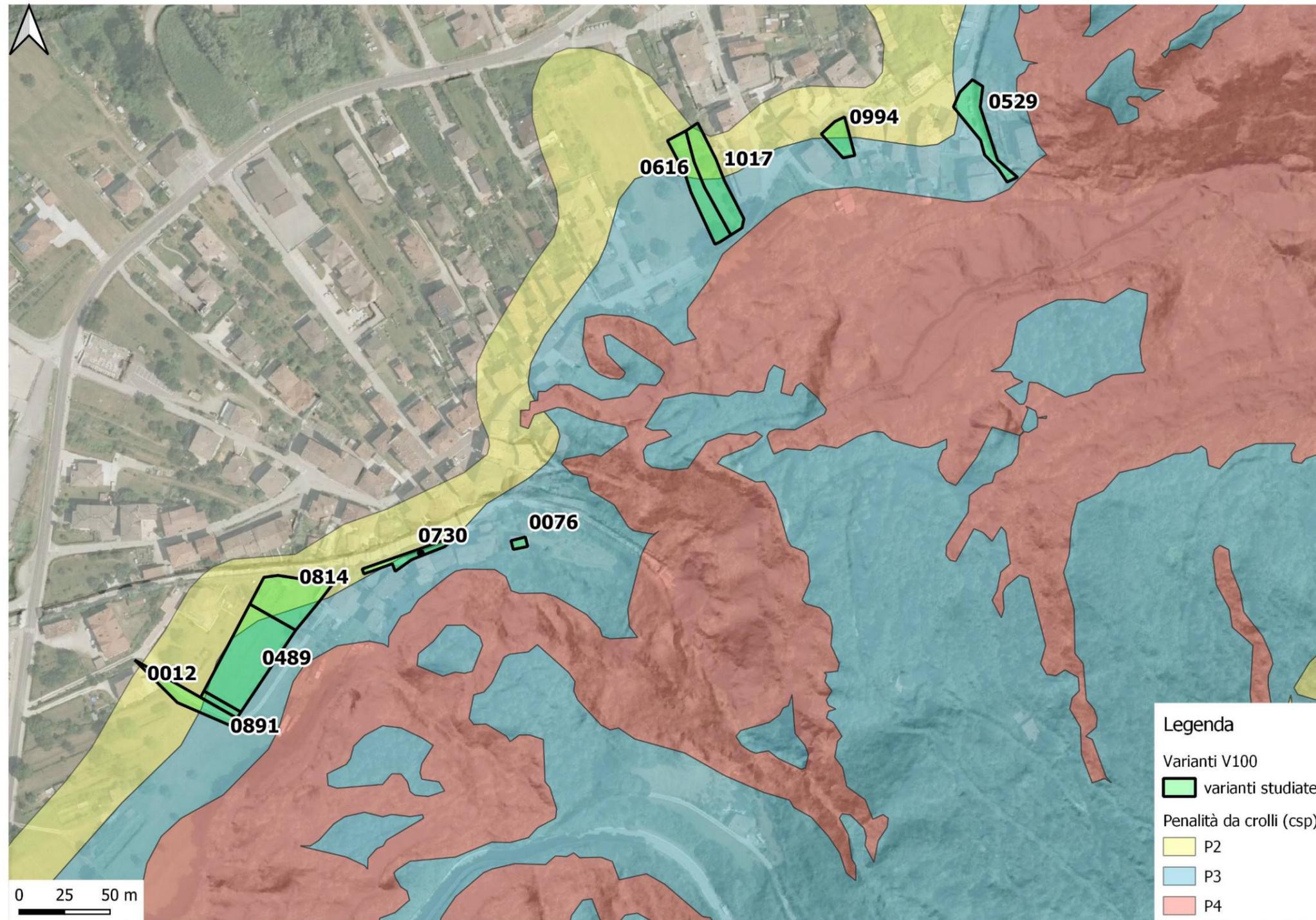


ELENCO DELLE VARIANTI ESAMINATE

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente Pdf 2000 | Descrizione tipologia | Pericolosità da crollo | | |
|-------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------|------|
| | | | | P2 - bassa | P3 - media | P4 - |
| 12 | F303 Verde di protezione | ZONE C NUOVE, ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 76 | A204 Risanamento conservativo | ZONE F3 VIABILITA' E INFRASTRUTTURE | F3.4 - Parcheggi multipiano | | x | |
| 489 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 529 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | | x | |
| 616 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 730 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | x | x | |
| 814 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 891 | F417 Viabilità locale di progetto | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |
| 994 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | x | x | |
| 1017 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | x | x | |

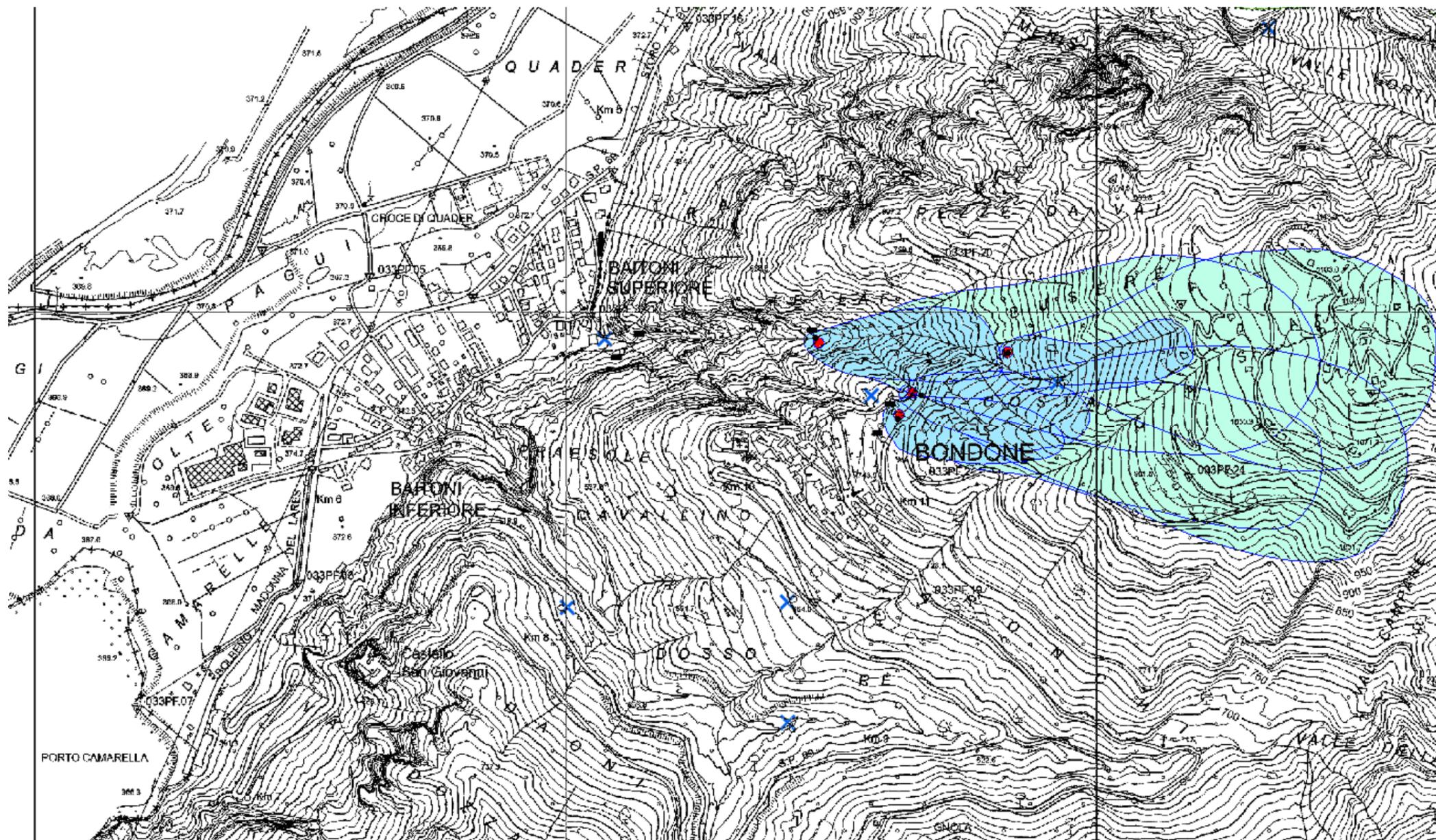


UBICAZIONE DELLE VARIANTI DI RILEVANZA GEOLOGICA URBANISTICA – PENALITÀ DA CROLLI





CARTA DELLE RISORSE IDRICHE



- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zona di Tutela Assoluta | Zona di Rispetto Idrogeologico |
|  Sorgenti |  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi |
|  Sorgenti Minerali | Zona di Protezione Idrogeologica |
|  Acque Superficiali |  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi |
|  Pozzi | |
| |  altre sorgenti non disciplinate dall'art.21 del P.U.P. |



VARIANTE 12 (nuova codifica V1000)

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

F303 Verde di protezione

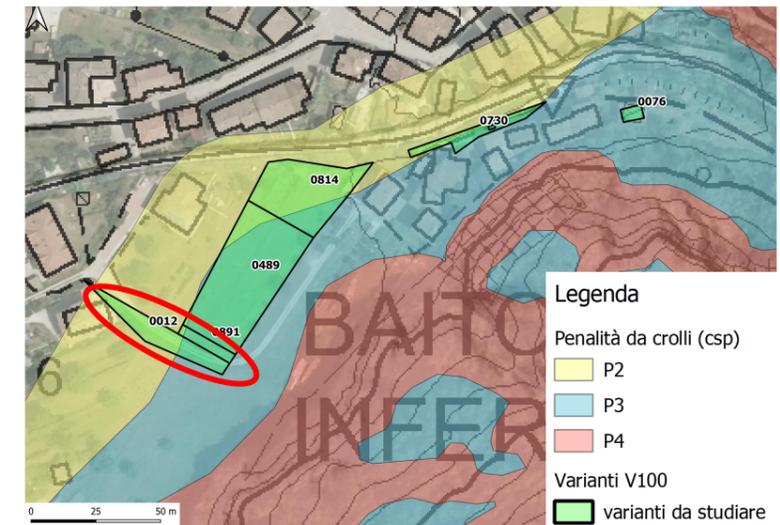
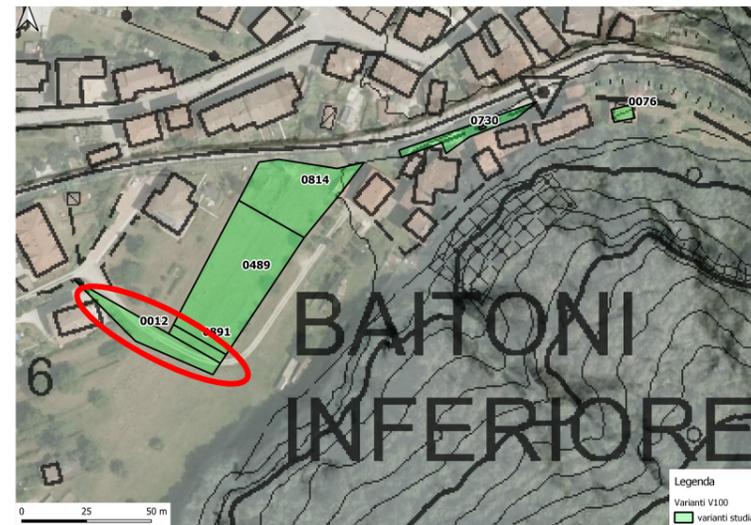
Penalità da crolli (CSP):

P3 - **P2** (art.16 e 17)

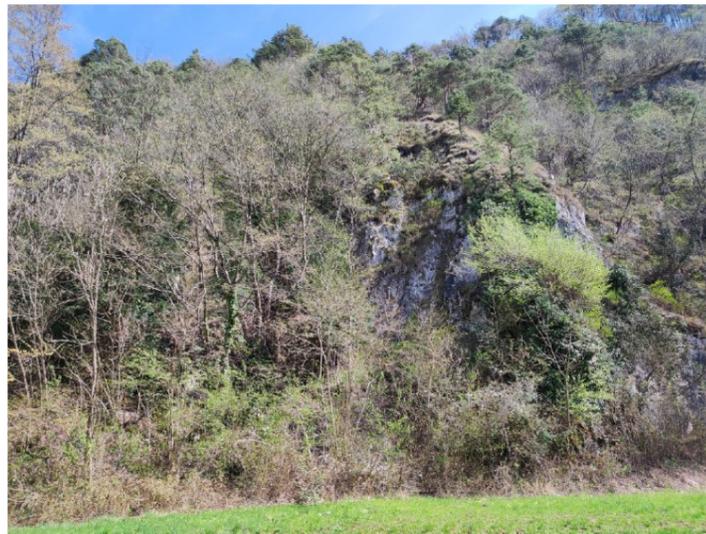
Opere di difesa

Variante ubicata a notevole distanza dalle pareti

Parere: **COMPATIBILE**



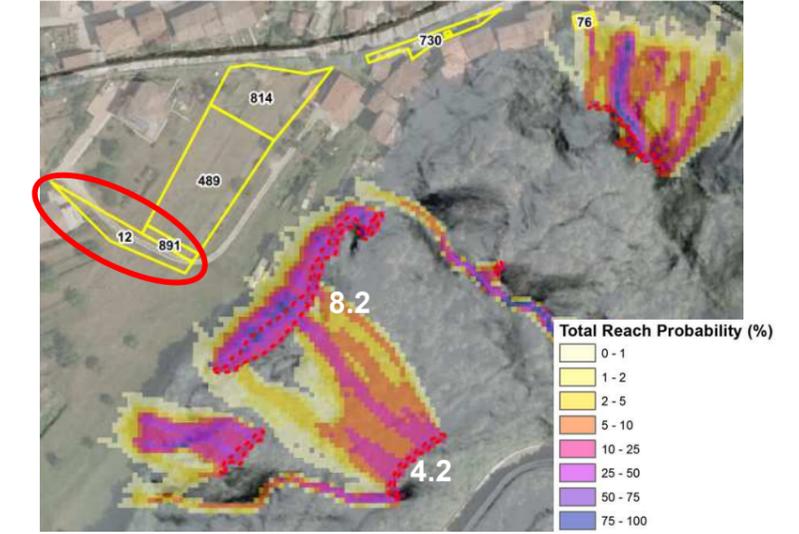
Affioramento 8.2



Blocchi alla base dell'affioramento 8.2



Total reach probability 0.25 m³



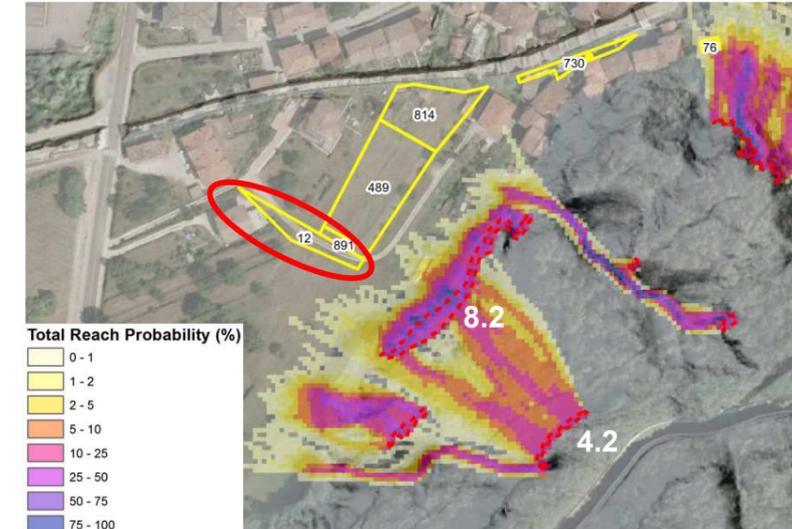
Affioramento 4.2



Blocchi alla base dell'affioramento 4.2



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 76

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE F3 VIABILITA' E INFRASTRUTTURE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

A204 Risanamento conservativo

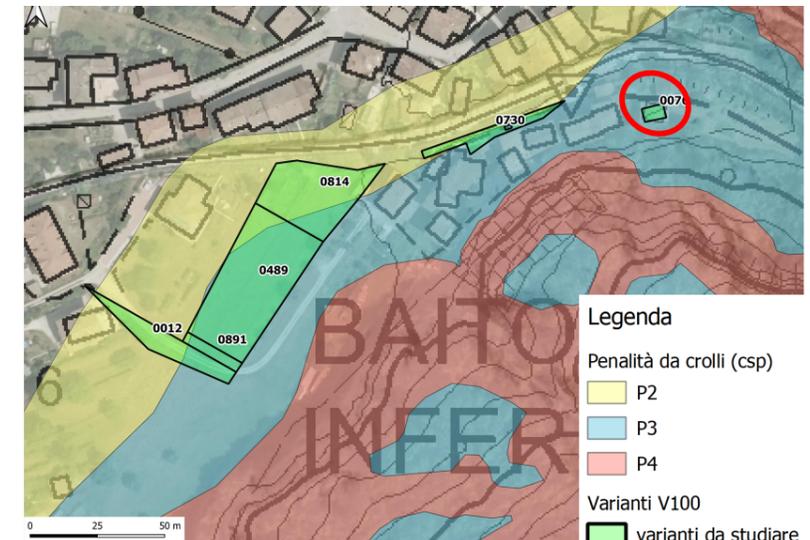
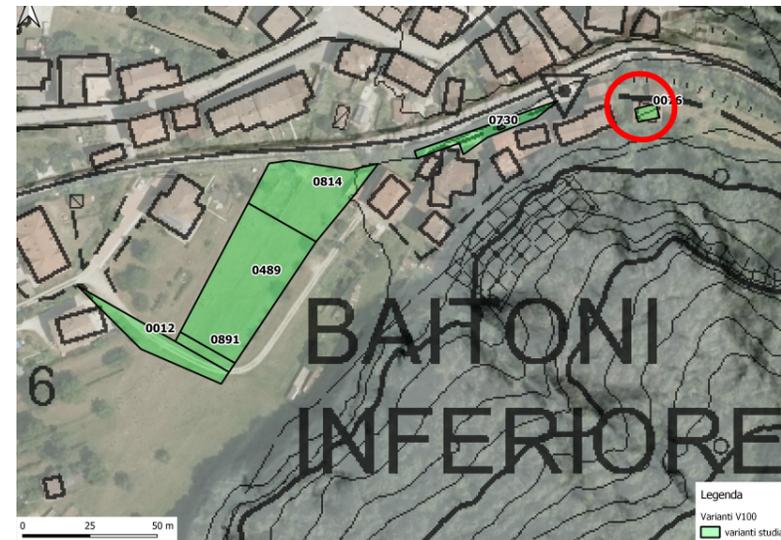
Penalità da crolli (CSP):

P3 (art.16)

Opere di difesa

Barriera C.2 e D.2

Parere: **NON COMPATIBILE**



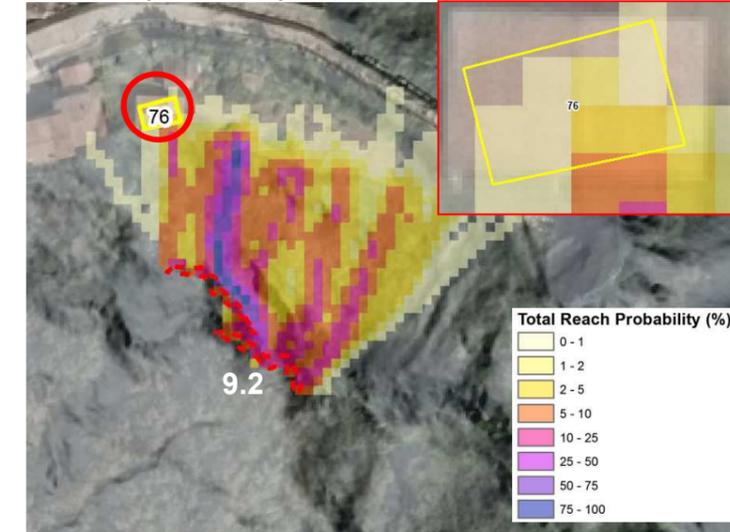
Affioramento 9.2



Blocchi a lato dell'edificio V.76



Total reach probability 0.25 m³



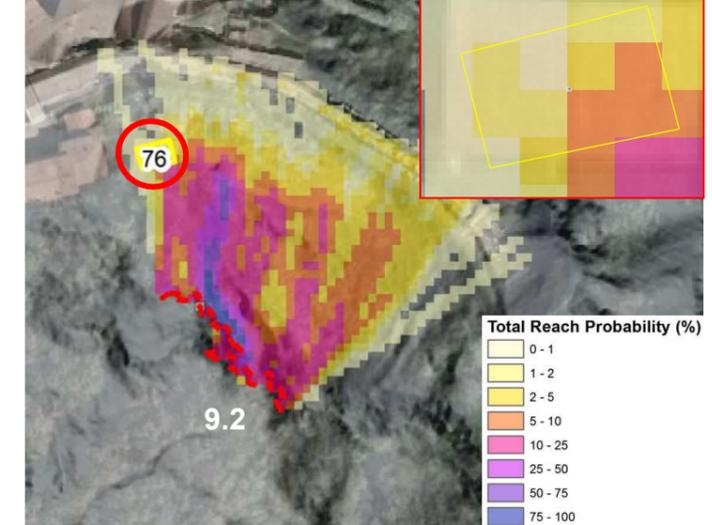
Affioramento 9.2



Affioramenti e opere di difesa



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 489

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

B103 Area residenziale di completamento

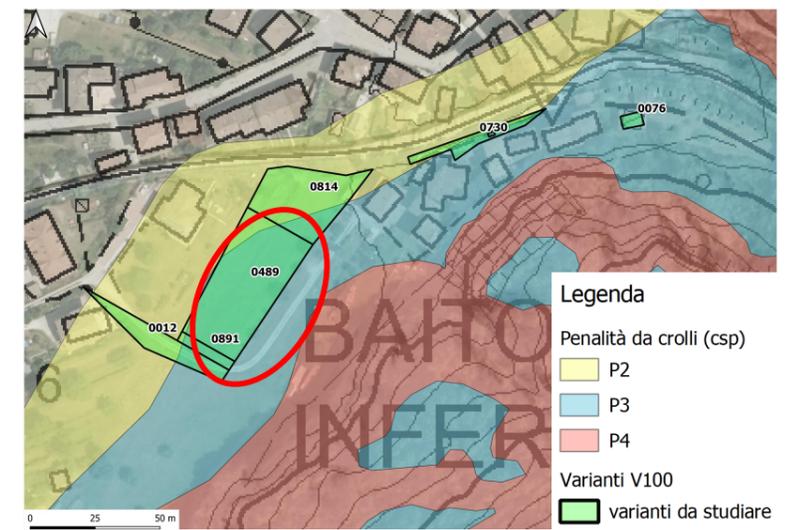
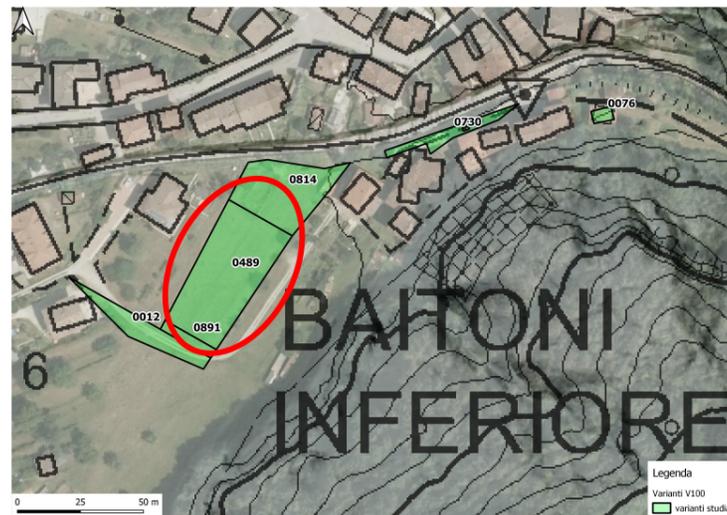
Penalità da crolli (CSP):

P3 - P2 (art. 16 e 17)

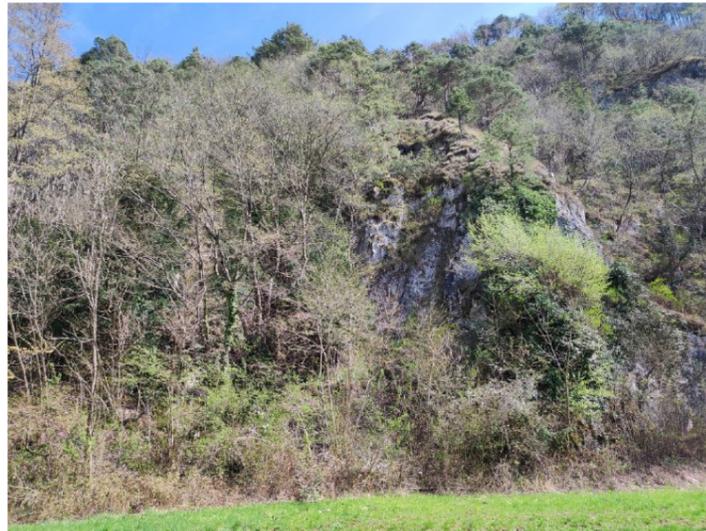
Opere di difesa

Variante ubicata a notevole distanza dalle pareti

Parere: **COMPATIBILE**



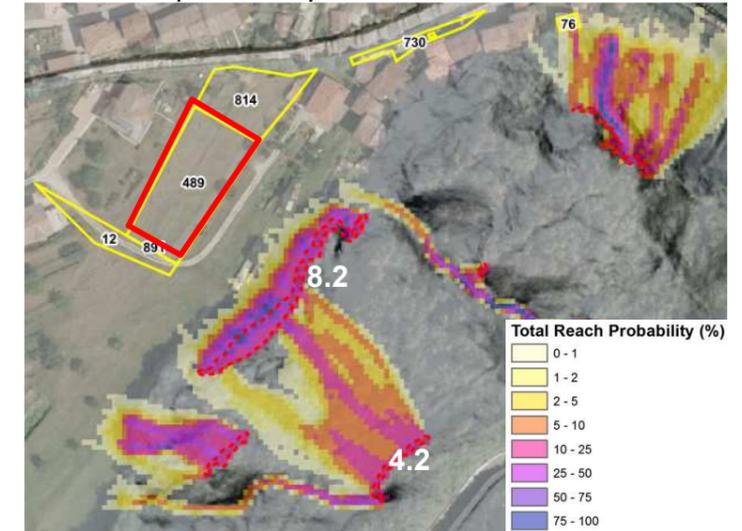
Affioramento 8.2



Blocchi alla base dell'affioramento 8.2



Total reach probability 0.25 m³



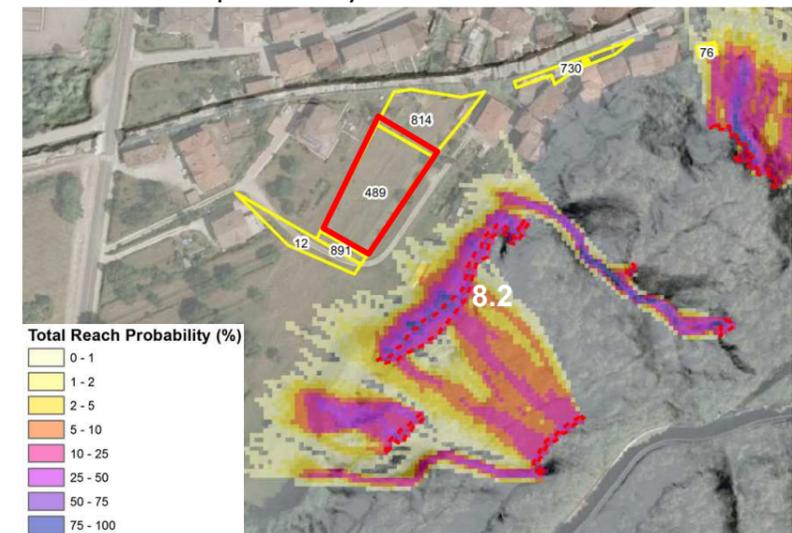
Affioramento 4.2



Blocchi alla base dell'affioramento 4.2



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 529

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE A DI INTERESSE STORICO

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

A403 Spazio pubblico da riqualificare

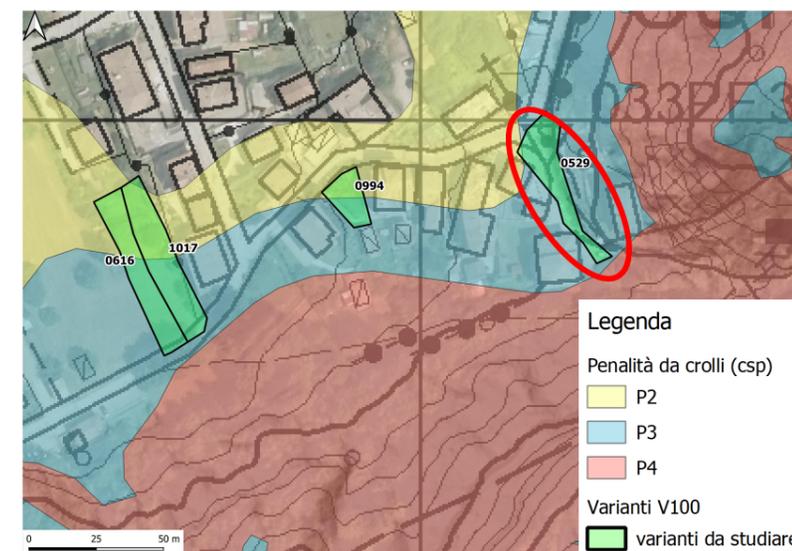
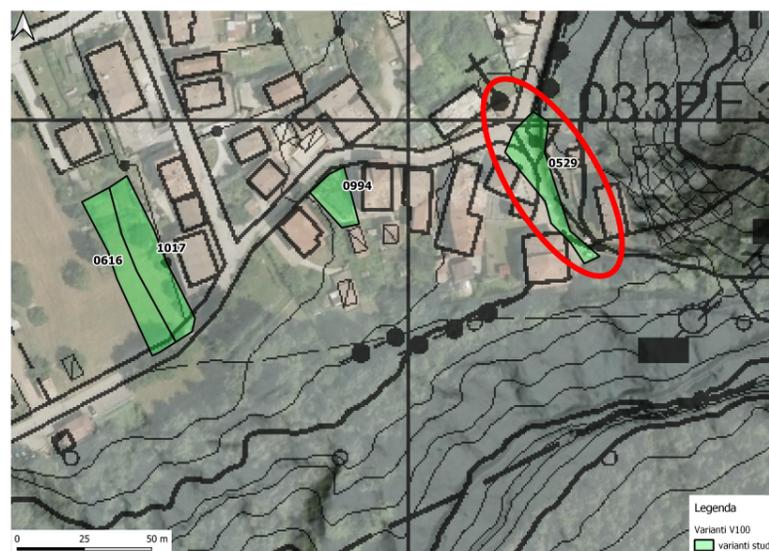
Penalità da crolli (CSP):

P3 e P2 (art.16)

Opere di difesa

Rete F e M, barriere C, D, I

Parere: **COMPATIBILE**

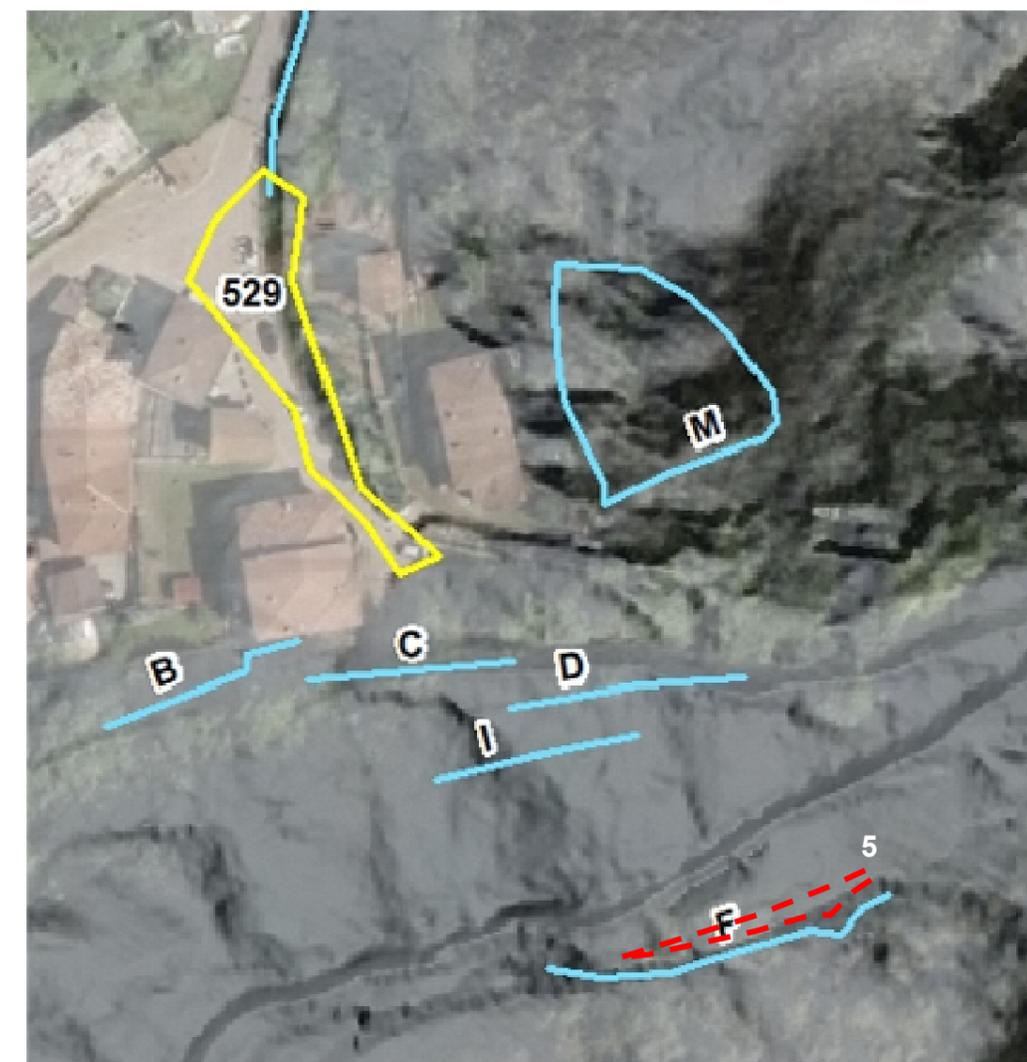
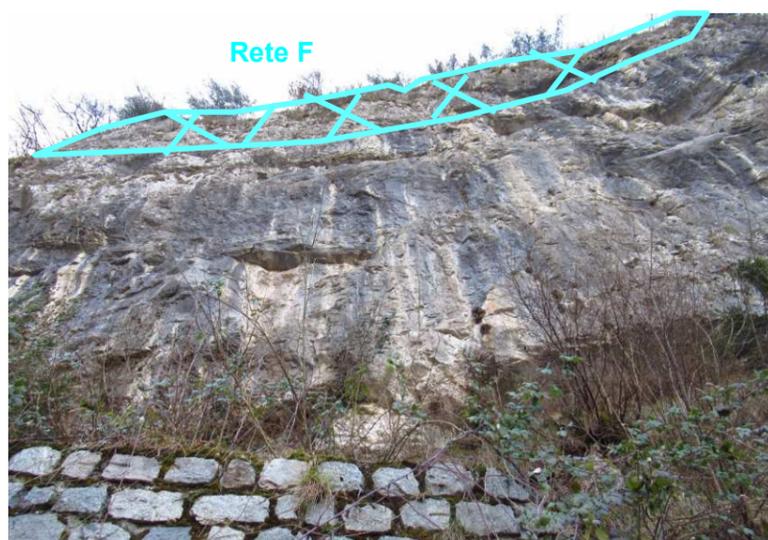


Opere di difesa

Vista affioramento 5



Affioramento 5 e rete F





VARIANTE 616

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE A DI INTERESSE STORICO

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

B101 Area residenziale esistente saturata

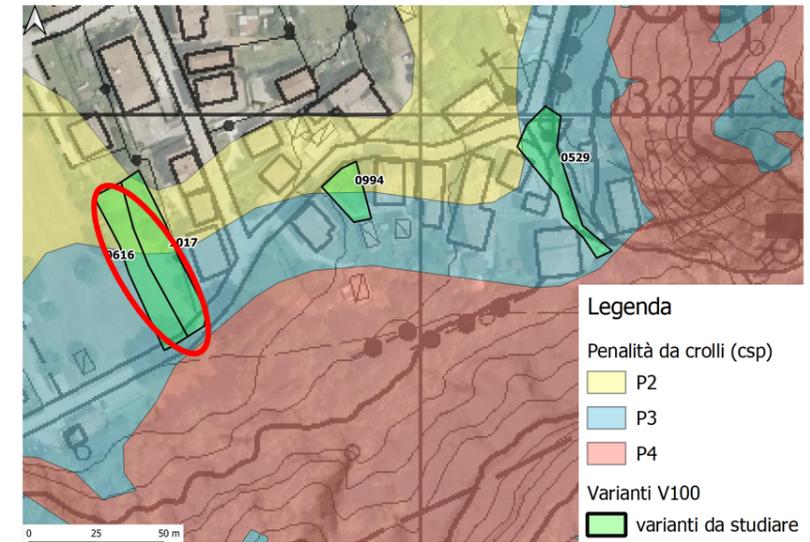
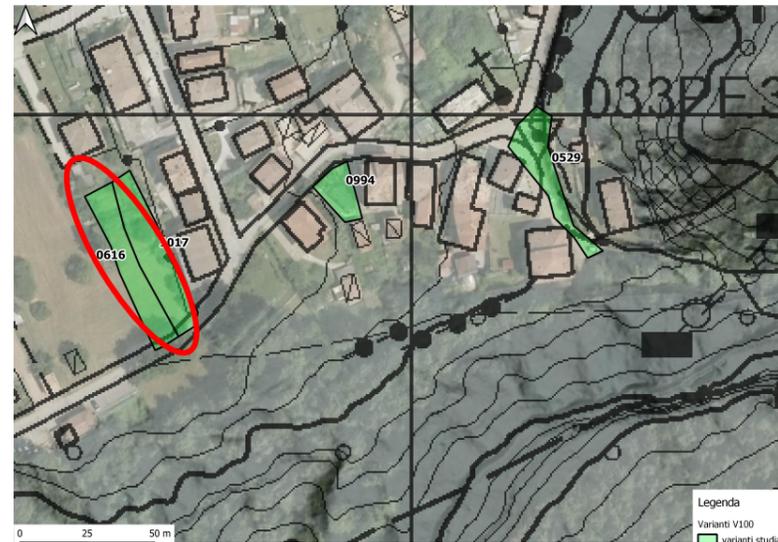
Penalità da crolli (CSP):

P3 e P2 (art.16)

Opere di difesa

Variante situata a moderata distanza dalle pareti

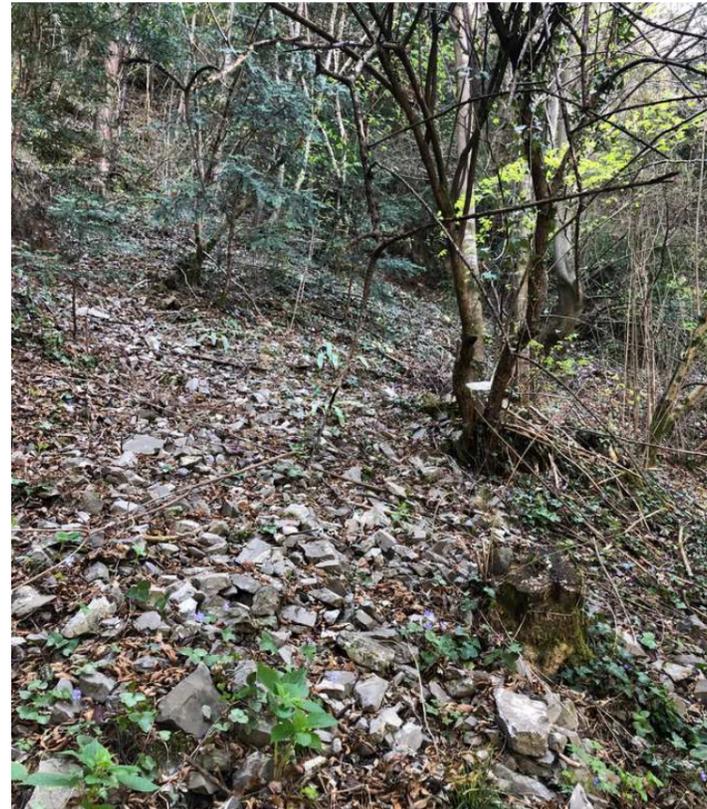
Parere: **COMPATIBILE**



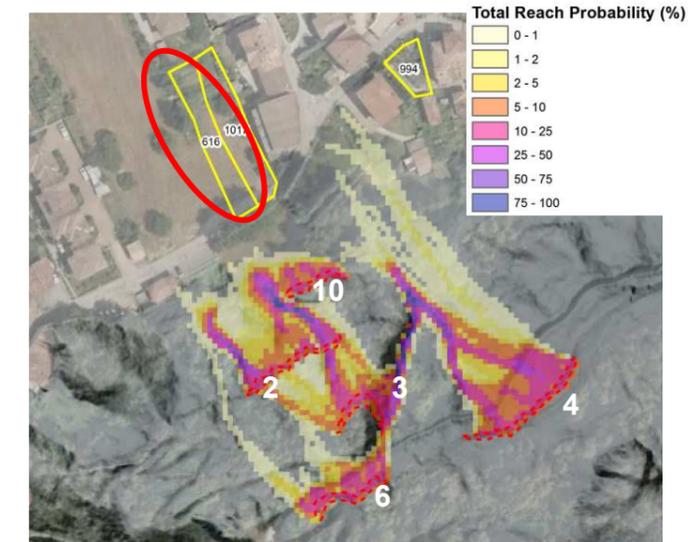
Affioramento 2



Bosco sotto affioramento 2



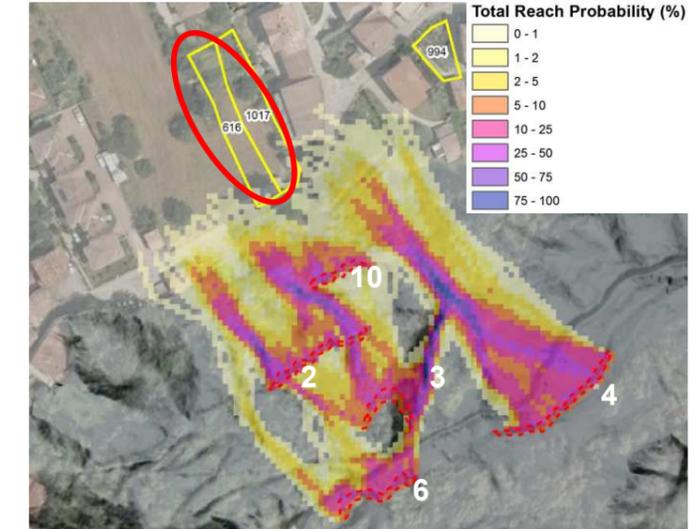
Total reach probability 0.25 m³



Posizione affioramento 10



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 730

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE A DI INTERESSE STORICO

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

A403 Spazio pubblico da riqualificare

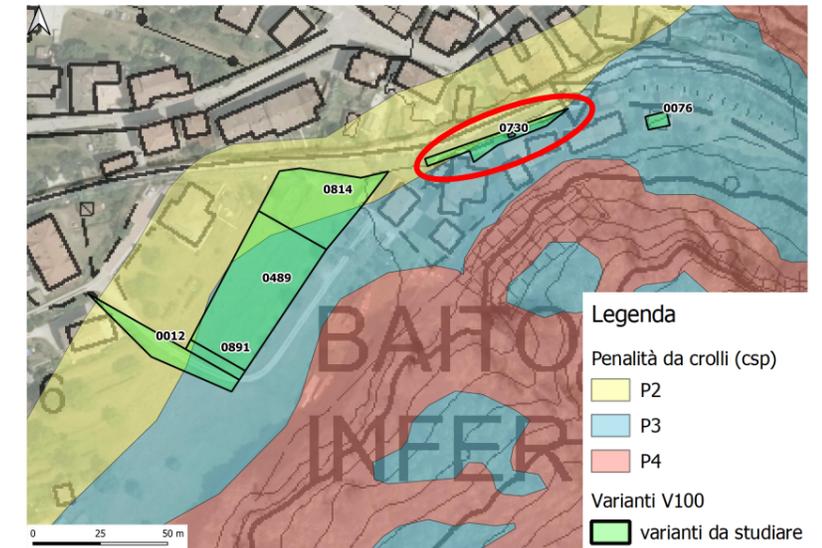
Penalità da crolli (CSP):

P3 - P2 (art. 16 e 17)

Opere di difesa

Variante distante dalle pareti e protetta da rete A.2 e barriera B.2

Parere: **COMPATIBILE**



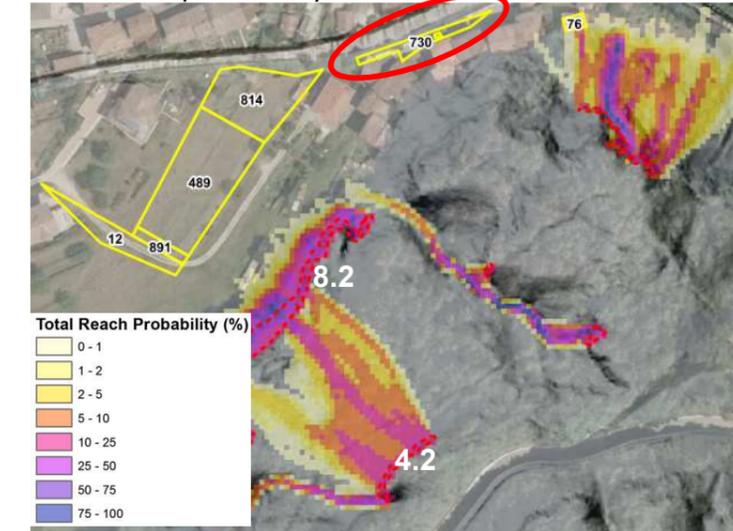
Affioramento 8.2



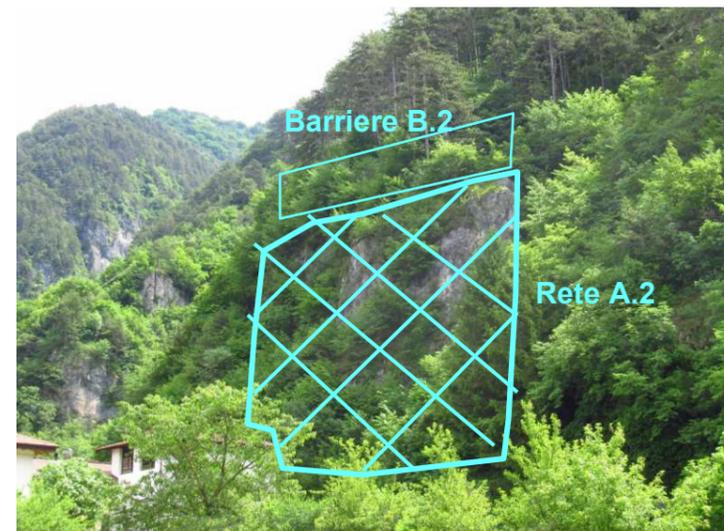
Blocchi alla base dell'affioramento 8.2



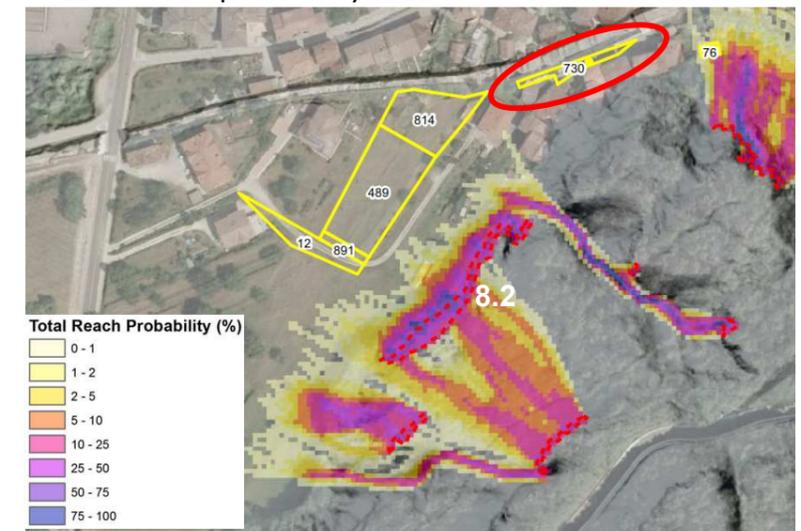
Total reach probability 0.25 m³



Opere di difesa



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 814

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

B103 Area residenziale di completamento

Penalità da crolli (CSP):

P3 - P2 (art. 16 e 17)

Opere di difesa

Variante ubicata a notevole distanza dalle pareti

Parere: **COMPATIBILE**

Affioramento 3.2



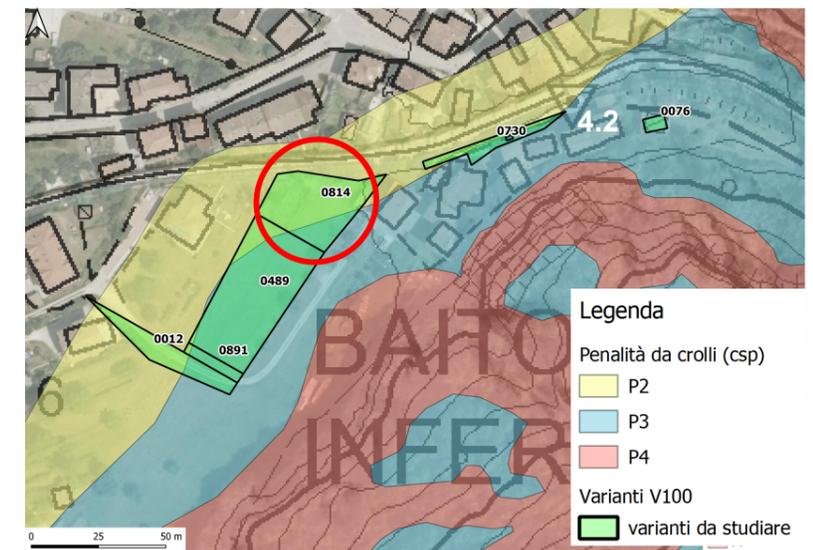
Affioramento 7.2



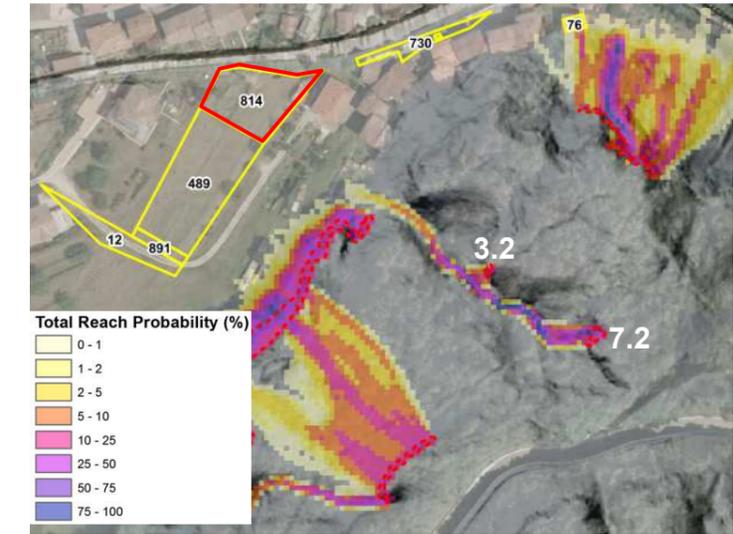
Vista parete dalla particella



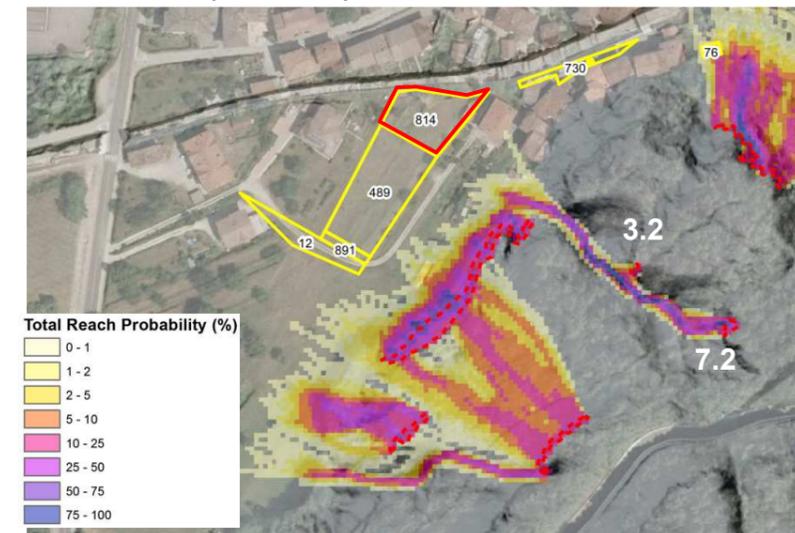
Bosco sotto l'affioramento 7.2



Total reach probability 0.25 m³



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 891

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

F417 Viabilità locale di progetto

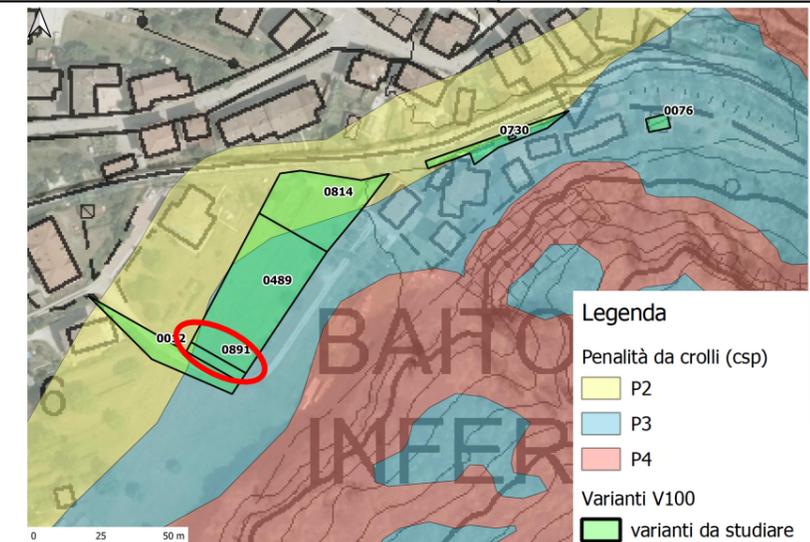
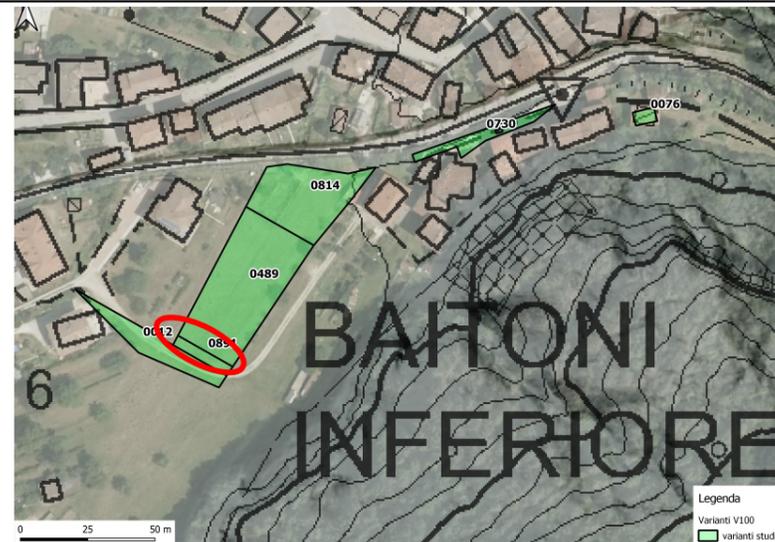
Penalità da crolli (CSP):

P3 - P2 (art. 16 e 17)

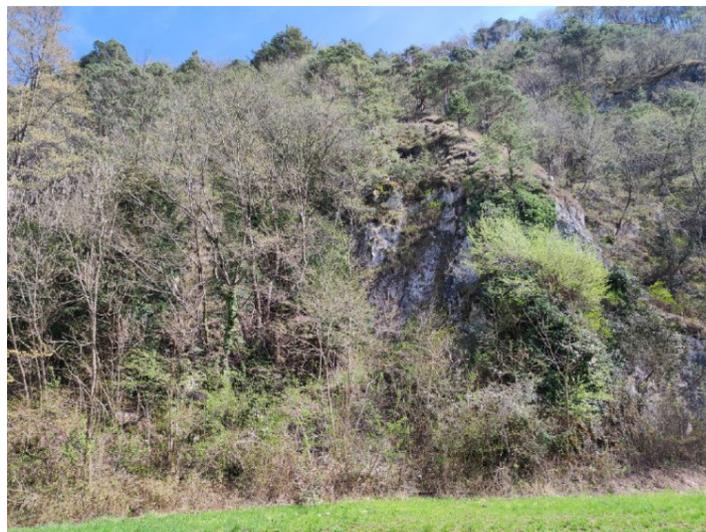
Opere di difesa

Variante ubicata a notevole distanza dalle pareti

Parere: **COMPATIBILE**



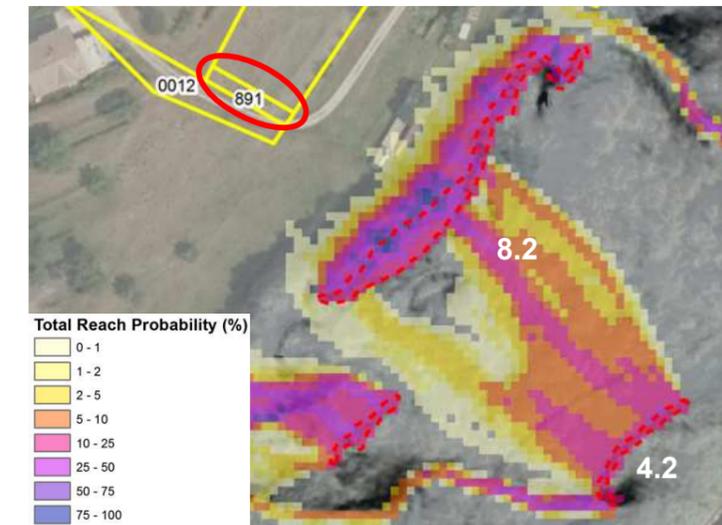
Affioramento 8.2



Blocchi alla base dell'affioramento 8.2



Total reach probability 0.25 m³



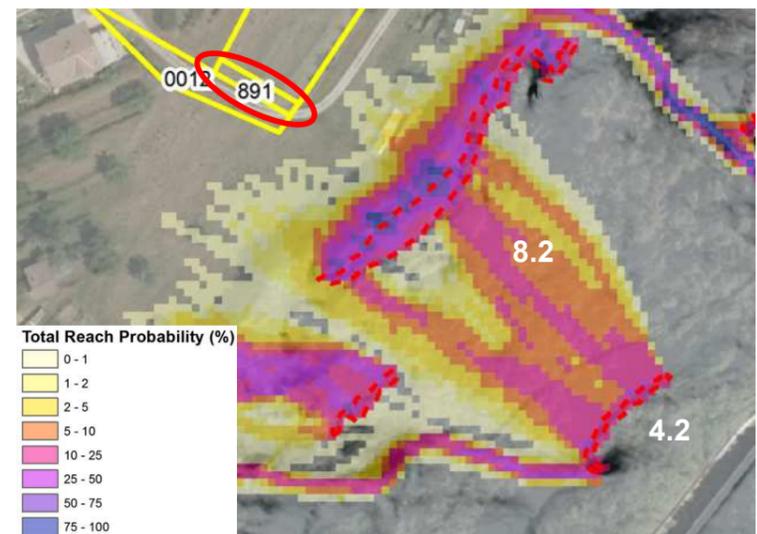
Affioramento 4.2



Blocchi alla base dell'affioramento 4.2



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 994

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE A DI INTERESSE STORICO

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

B101 Area residenziale esistente saturata

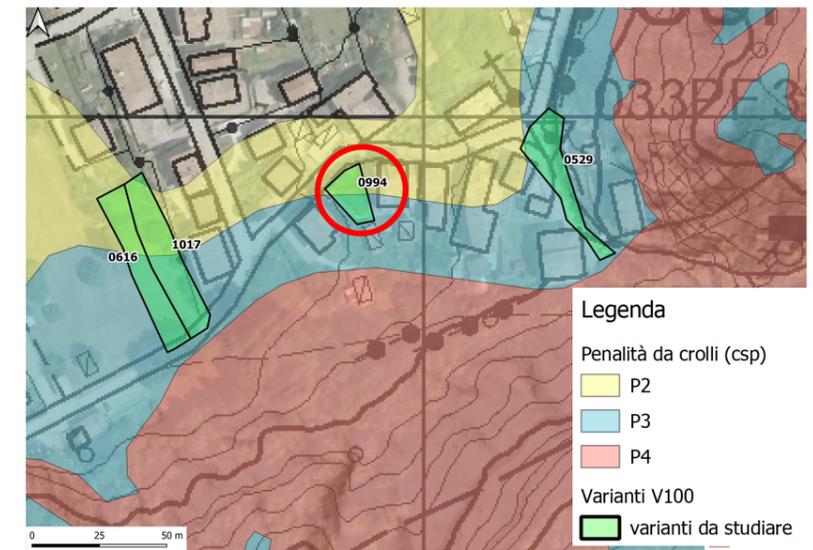
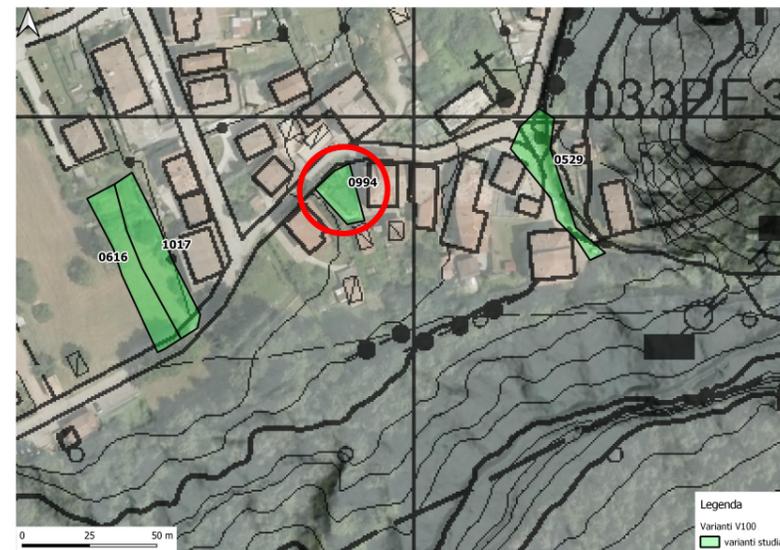
Penalità da crolli (CSP):

P3 e **P2** (art.16)

Opere di difesa

Barriera O

Parere: **COMPATIBILE**



Affioramento 4



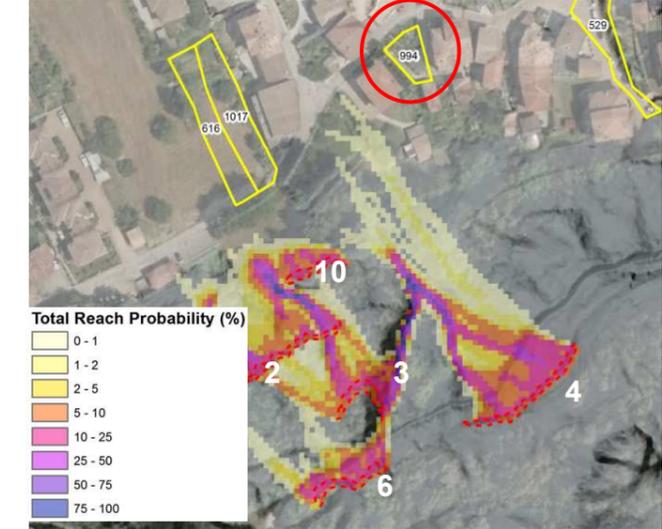
Affioramento 6



Blocchi alla base dell'affioramento 6



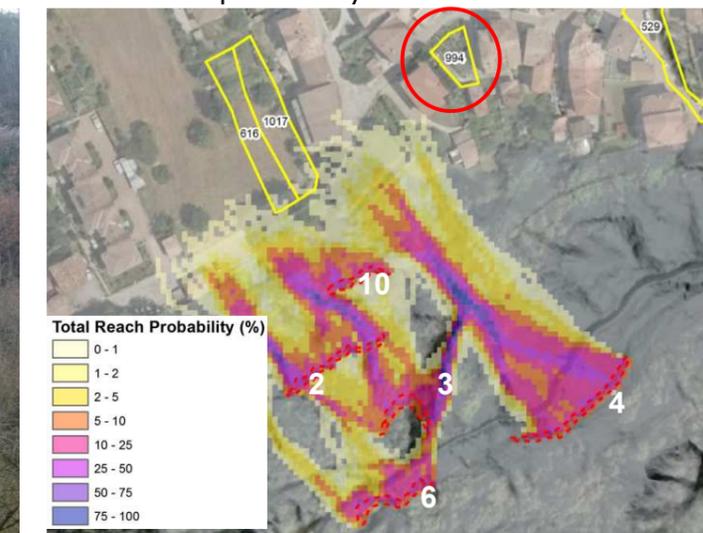
Total reach probability 0.25 m³



Opere di difesa



Total reach probability 1 m³





VARIANTE 1017

Valore d'uso del suolo vigente:

ZONE E AGRICOLE FORESTALI E INCOLTE

Nuovo valore d'uso del suolo (previsione urbanistica):

F301 Area a verde pubblico

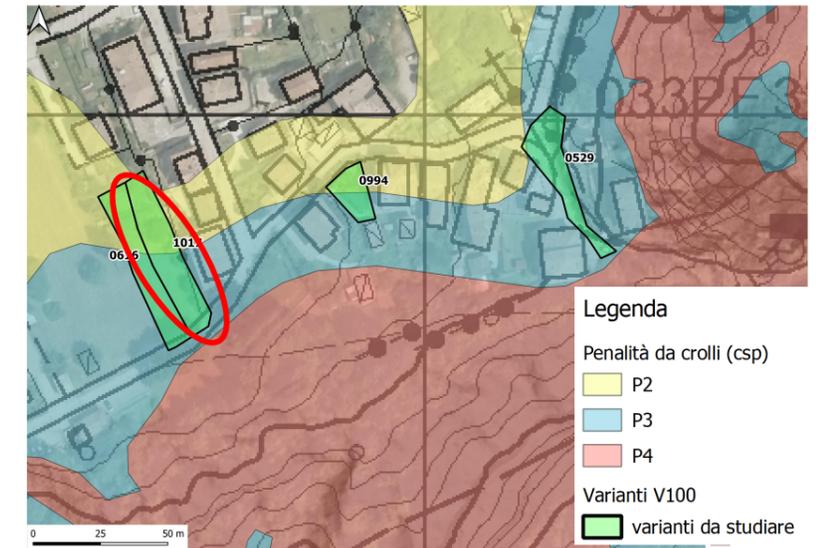
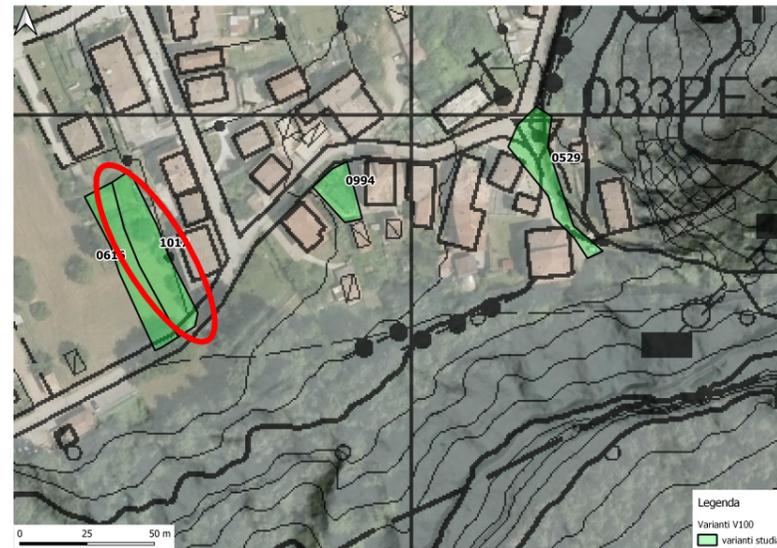
Penalità da crolli (CSP):

P3 e P2 (art.16)

Opere di difesa

Variante situata a moderata distanza dalle pareti

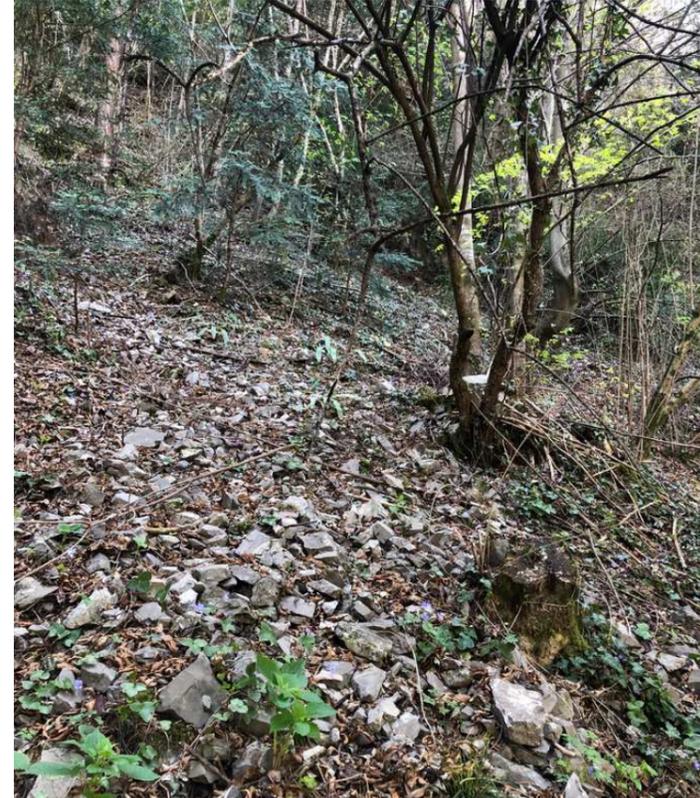
Parere: **COMPATIBILE**



Affioramento 2



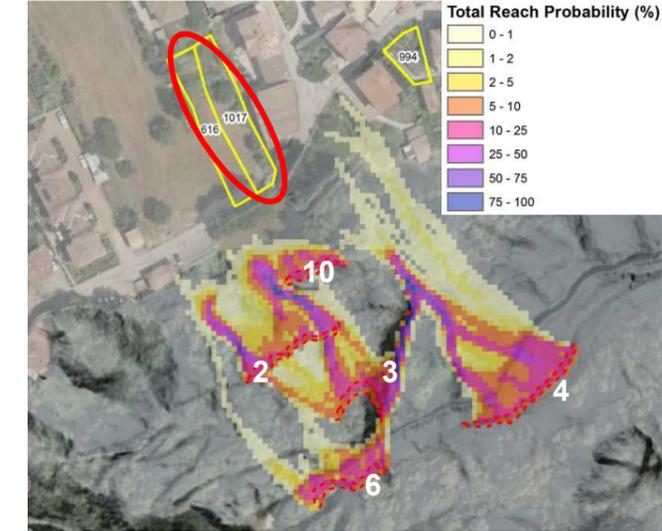
Bosco sotto affioramento 2



Posizione affioramento 10



Total reach probability 0.25 m³



Total reach probability 1 m³

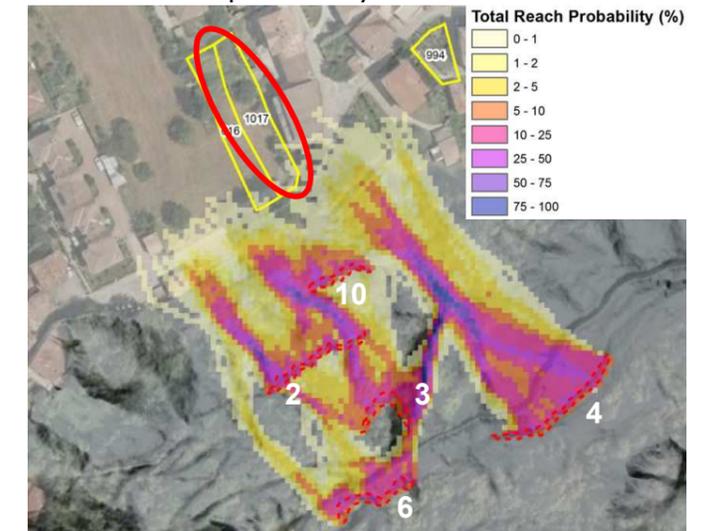




TABELLA RIASSUNTIVA PARERE PENALITÀ DA CROLLO

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente PdF 2000 | Descrizione tipologia | Parere |
|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| 12 | F303 Verde di protezione | ZONE C NUOVE ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 76 | A204 Risanamento conservativo | ZONE F3 VIABILITA' E INFRASTRUTTURE | F3.4 - Parcheggi multipiano | Non compatibile o predisporre opere di difesa |
| 489 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 529 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 616 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 730 | A403 Spazio pubblico da riqualificare | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 814 | B103 Area residenziale di completamento | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 891 | F417 Viabilità locale di progetto | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |
| 994 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | A1 - Nuclei storici | Compatibile |
| 1017 | F301 Verde pubblico - parco pubblico | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI, INCOLTE | E7 - Verde privato | Compatibile |



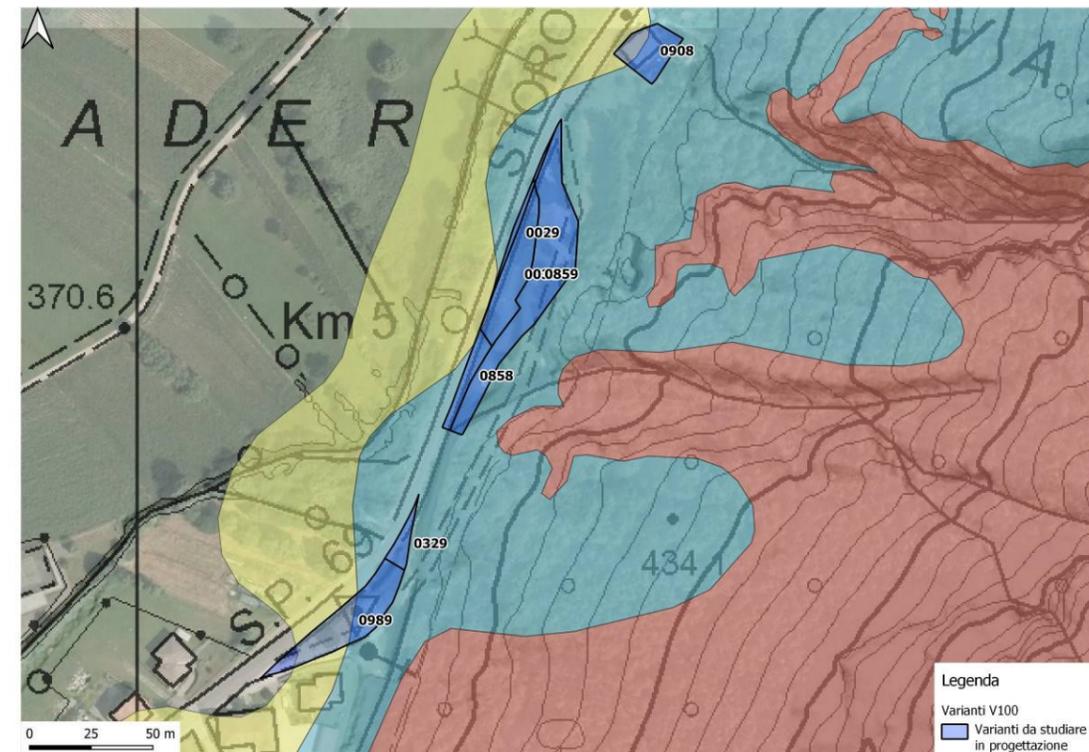
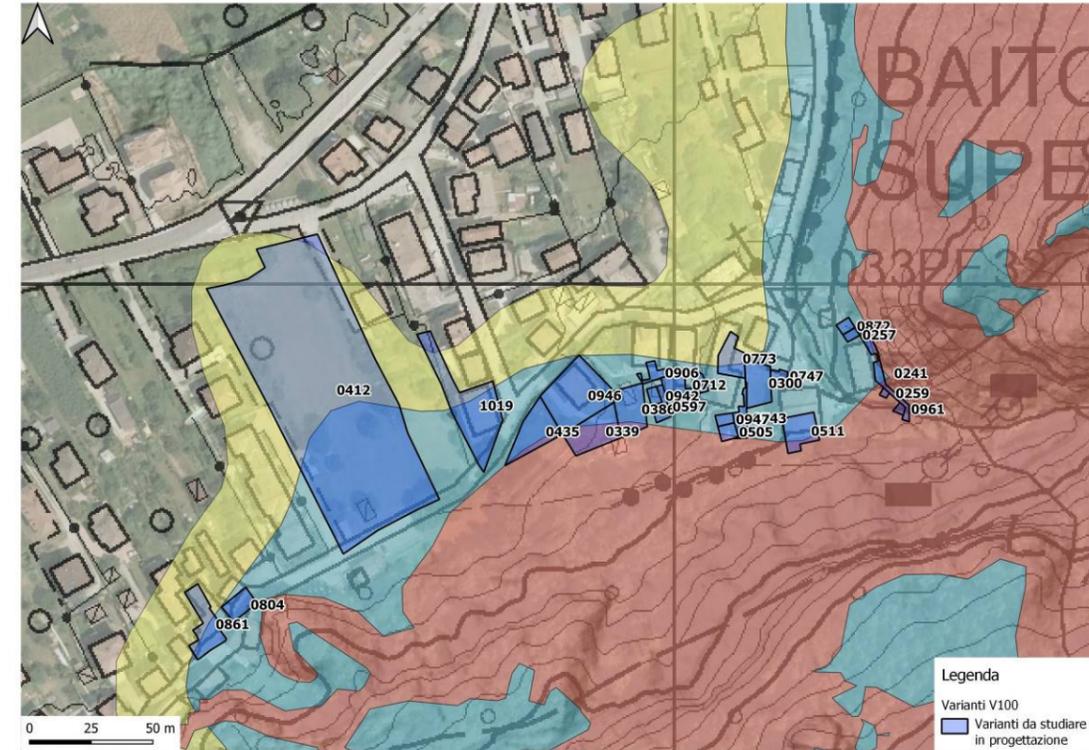
VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

| N. Variante | Destinazione di progetto | Destinazione vigente Pdf 2000 | Pericolosità da crollo | | |
|-------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------|--------------|
| | | | P2 - bassa | P3 - media | P4 - elevata |
| 29 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 31 | E104 Area agricola di pregio | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | | X | X |
| 30 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 88 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 96 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 204 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 241 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 257 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 259 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 294 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 300 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 329 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 339 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 386 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 412 | F301 Area a verde pubblico | ZONE F2 VERDE E SPORT | X | X | |
| 435 | F305 Area a parcheggio | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | X |
| 438 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | X | X | |
| 439 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 449 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 505 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 511 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | X |
| 519 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 565 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 597 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 612 | E104 Area agricola di pregio | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | X | X | |
| 712 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 743 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 747 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 750 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 773 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 804 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 858 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 859 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | | X | |
| 861 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | X | X | |
| 872 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 906 | H101 Area a verde privato | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 908 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE E AGRICOLE, FORESTALI E INCOLTE | X | X | |
| 932 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 942 | A204 Risanamento conservativo | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 946 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 947 | A205 Ristrutturazione edilizia | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | X | |
| 961 | A404 Spazio privato degli edifici | ZONE A DI INTERESSE STORICO | | | X |
| 989 | F303 Verde di protezione | ZONE F3 VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE | X | X | |
| 1019 | B101 Area residenziale esistente satura | ZONE B ESISTENTI DI COMPLETAMENTO | X | X | |



VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

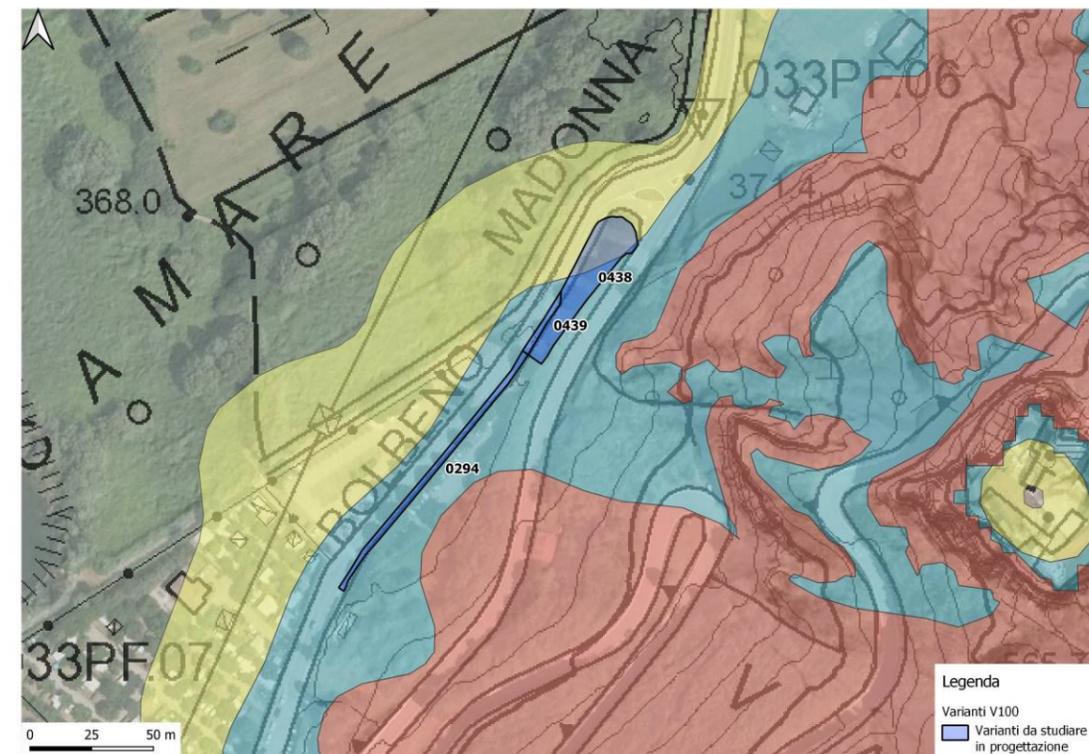
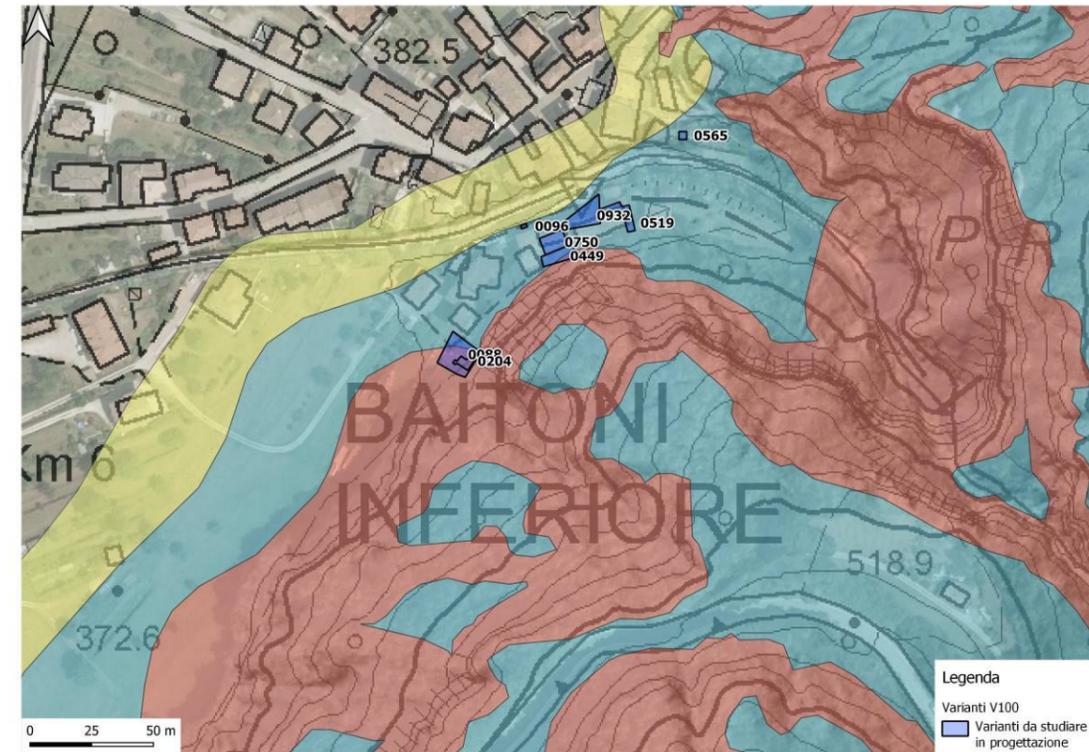
Baitoni Superiore





VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

Baitoni Inferiore





VARIANTI DA STUDIARE IN FASE DI PROGETTAZIONE

Bondone

