

Gemeinde Vintl
Comune di Vandoies



Provinz Bozen
Provincia di Bolzano

Geologischer Bericht Relazione Geologica



PROJEKT
PROGETTO

Bestimmung vom Sturzverhalten entlang der LS.40
zwischen km 0+700 und km 1+800 in der Gemeinde Vintl
Relazione geologica, verifica crolli lungo la SP.40 tra
km 0+700 e km 1+800 nel comune di Vandoies

AUFTRAGGEBER
COMMITTENTE

Amt 11.6 – Amt für Geologie und Baustoffprüfung
Eggentalerstraße 48
39053 Kardaun

DATUM
DATA

November 2014



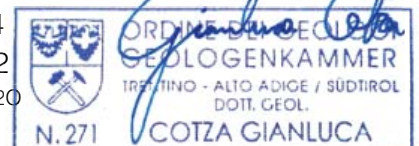
Dr. Geol. Gianluca Cotza

Büro für angewandte Geologie.ufficio di geologia applicata
Via Nittweg 13 - I-39026 Prad a.St./Prato a.St.

info@geologic.pro mobil +39-340-7340674

www.geologic.pro tel/fax +39-0473-616452

MwSt.-Nr. IT02769250214 P.IVA St.-Nr. CTZGLC74M06A9520



Dr. Geol Gianluca Cotza
Büro für angewandte Geologie.studio di geologia applicata

I-39026 Prad a. St, Tel.:+39-340-7340674
Via Nittweg 13 Fax.:+39-0473-616452

info@geologic.pro
www.geologic.pro

Cod.fisc./St.-Nr. CTZGLC74M06A952O
Part.IVA/MwSt.-Nr. 02769250214



Geologischer Bericht

zur

Bestimmung vom Sturzverhalten

entlang der LS.40

zwischen

km 0+700 und km 1+800

in der Gemeinde Vintl

Relazione geologica

relativa alla

verifica di caduta massi

lungo la SP.40

tra

km 0+700 e km 1+800

nel comune di Vandoies

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	- 4 -
2. Allgemeiner geologischer und geomorphologischer Überblick	- 6 -
3. Bestehende passive Schutzmaßnahmen	- 9 -
4. Sturzprozesse im Untersuchungsgebiet	- 10 -
5. Sturzsimulationen	- 12 -
5.1 Simulation der bestehenden Situation (Anlage 5, 6, 7)	- 13 -
5.2 Simulation der geplanten Situation (Anlage 8)	- 14 -
6. Schlussfolgerungen	- 19 -
7. Vorläufige Kostenschätzung	- 19 -

Indice

1. Premessa	- 4 -
2. Inquadramento geologico e geomorfologico	- 6 -
3. Misure di protezione passive esistenti	- 9 -
4. Processi dei fenomeni di crollo nell'area di progetto	- 10 -
5. Simulazione di caduta massi	- 12 -
5.1 Simulazione della situazione attuale (allegati 5, 6, 7)	- 13 -
5.2 Simulazione della situazione pianificata (allegato 8)	- 14 -
6. Conclusioni	- 19 -
7. Stima preliminare dei costi	- 19 -

Anhang/ allegati

1. Übersichtskarte
Corografia
2. Geologisch-, Geomorphologische Karte
Carta geologica-, geomorfologica
3. Detailierhebung der Ablösegebiete
Rilievo di dettaglio delle zone di distacco
4. Neigungskarte
Carta delle acclività
5. Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen – Wahrscheinliche Sturzausbreitung [%]
Simulazione con opere di protezione esistenti – probabilità di raggiungimento [%]
6. Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen – Mittelwerte der max. Spunghöhen [m]
Simulazione con opere di protezione esistenti – altezze di rimbalzo [m]
7. Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen –Impaktenergien [kJoule]
Simulazione con opere di protezione esistenti – energia cinetica [kJoule]
8. Sturzsimulation mit geplante Schutzmaßnahmen – Wahrscheinliche Sturzausbreitung – 2,0% [%]
Simulazione con opere di protezione pianificate – probabilità di raggiungimento – 2,0% [%]
9. Übersichtskarte: bestehende und geplante Schutzmaßnahmen
Corografia: opere di protezione esistenti e pianificate
10. Regelquerschnitt: Schutzdamm
Sezione tipo: vallo paramassi
11. Fotodokumentation
Documentazione fotografica

1. Vorwort

Im Auftrag vom Amt für Geologie und Baustoffprüfung 11.6 wurde ein geologischer Bericht zur Untersuchung der Steinschlaggefahr längs der Landesstraße LS.40 zwischen km 0+700 und km 1+800 in der Gemeinde Vintl erstellt.

Die Landesstraße war im untersuchten Abschnitt, im letzten Jahrzehnt von 5 größeren Blockschlagereignissen mit Einzelblockvolumen von bis zu 6,0 m³ und mehreren Steinschlägen mittleren Volumens betroffen. Die größeren Ereignisse hatten erheblichen Sachschaden an der Infrastruktur zur Folge und reichten bis zu den talseitig gelegenen Gehöften bzw. der Pustertaler Staatsstraße SS.49.

Die zahlreichen und ausgedehnten, aktiven Ablösegebiete ermöglichen keine effektive und dauerhafte Sicherung in der Felswand. Aus diesem Grund wurde das Büro für technische Geologie GEOLOGIC beauftragt die tatsächliche Gefährdung und der Zustand der Ablösegebiete untersucht und die bestmögliche Sicherungsvariante anhand von Sturzsimulationen ausgearbeitet wird.

Das Ziel der Untersuchung ist die Darstellung der Eingriffe, welche nötig sind um die Steinschlaggefahr im untersuchten Abschnitt auf der Landstraße LS.40, sowie auf dem talseitig verlaufenden Straßenabschnitt der Staatsstraße SS.49, dem westlichen Dorfbereich von Obervintl und einigen Gehöften entlang der Sturzbahn, auf ein annehmbares Minimum zu reduzieren.

Für den Bericht wurden folgende Unterlagen in Betracht gezogen:

- DTM der Autonomen Provinz Bozen (Rasterweite 2,5 x 2,5m) – Blatt 13173
- Technische Grundkarte 1:5.000 Blatt 13170
- Orthofotokarte 2006
- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (fogli 1 e 4°)
- IFFI Datenbank (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

1. Premessa

Su incarico dell'Ufficio di Geologia e Prove materiali 11.6 della Provincia di Bolzano è stata redatta la seguente relazione geologica relativa al rilievo con verifica del pericolo caduta massi lungo la SP.40 nel tratto compreso tra km 0+700 e km 1+800 nel comune di Vandoies.

Nel corso dell'ultimo decennio il tratto indagato è stato interessato da 5 crolli di notevoli dimensioni con volumi di massi singoli sino a 6,0 m³ e numerosi crolli di medie dimensioni; gli eventi di dimensioni maggiori hanno danneggiato seriamente l'infrastruttura, hanno raggiunto i masi posti a valle e in parte la strada statale della Val Pusteria SS.49.

Le numerose ed estese zone di distacco attive non permettono una messa in sicurezza effettiva e duratura della parete rocciosa. Per questo motivo l'ufficio per geologia tecnica, GEOLOGIC, è stato incaricato di determinare l'effettiva pericolosità e lo stato delle zone di distacco e per elaborare la migliore messa in sicurezza mediante simulazioni di caduta massi.

L'obiettivo dello studio è di illustrare gli interventi necessari per ridurre il pericolo di caduta massi lungo il tratto indagato sulla strada provinciale SP.40, il tratto della strada statale SS.49 e la zona occidentale dell'abitato di Vandoies di sopra e diversi masi situati lungo la zona di propagazione.

Per la relazione sono stati utilizzati i seguenti documenti:

- DTM della Provincia Autonoma di Bolzano (maglia 2,5 x 2,5 m) - foglio 13173
- carta tecnica 1:5.000 foglio 13170
- ortofoto 2006
- carta Geologica d'Italia 1:100.000 (fogli 1 e 4°)
- banca dati IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

Der gegenständliche Bericht beinhaltet folgende Untersuchungen:

- eine Analyse der im Projektgebiet aktiven Sturzphänomene anhand einer detaillierten Untersuchung der anstehenden Felsbereiche
- die Erhebung der möglichen maximalen Sturzvolumen, sowie der maximalen Einzelblockvolumen
- die Aufnahme von stummen Zeugen (rezente Ausbruchsnischen, Einschlagsmarken am Boden und auf Bäumen, Volumen und Reichweiten von Sturzblöcken)
- die Erhebung der Dämpfungsparameter, der Bodenrauigkeit und vom Baumbestand entlang der Sturzbahn
- eine Beurteilung der wahrscheinlichsten Sturzbahnen, der Sprunghöhen und der Impaktenergien
- die Ausarbeitung geeigneter Maßnahmen zur Reduzierung der Gefahr auf den wichtigsten Infrastrukturen im untersuchten Abschnitt
- eine vorläufige Kostenschätzung der notwendigen Sicherungsmaßnahmen

Die Analyse wurde anhand der Software RockyFor3D 5.1 durchgeführt. Rockyfor3D ist ein probabilistisches, prozessbasiertes 3D-Steinschlagmodell, das physikalisch basierte Algorithmen mit stochastischen Ansätzen kombiniert. Für eine detaillierte Beschreibung vom Simulationskode wird auf folgende Publikation verwiesen: Dorren, L.K.A., 2012. Rockyfor3D (v5.1) enthüllt - Transparente Beschreibung des kompletten 3D-Steinschlagmodells. ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 32 S.

Das 3D-Modell ermöglicht es die Trajektorien von Sturzprozessen räumlich zu berechnen und flächendeckende Aussagen über die potentiellen Wirkungsbereiche von Sturzereignissen zu treffen. Als Grundlage für die erforderlichen Daten dienen die geomorphologische Geländeaufnahme, die Aufnahme von Einschlagsmarken, die gemessenen Kluftabstände, das Volumen und die Form von Sturzblöcken entlang der Sturzbahn, die Erhebung der Bodenrauigkeit sowie der Dämpfungseigenschaften vom Untergrund und der Baumbestand.

La relazione contiene le seguenti indagini:

- l'analisi dei fenomeni di crollo attivi, effettuata in base a rilievi di dettaglio e geomeccanici delle pareti rocciose affioranti
- il rilievo dei possibili volumi massimi di crollo e dei volumi massimi di crollo singolo
- il rilievo di indicatori di attività come nicchie di distacco recenti, impatti lungo la traiettoria e sugli alberi, volumi e punti di arrivo di crolli
- rilievo dei parametri di smorzamento del terreno, della scabrezza del terreno, il numero e il diametro medio del tronco nelle zone omogenee del bosco
- la valutazione delle probabili traiettorie, delle energie cinetiche di impatto e delle altezze di rimbalzo
- l'elaborazione di misure e opere di protezione/mitigazione per ridurre il pericolo di frane dovuto a crolli sulle infrastrutture di rilievo nel tratto indagato
- una stima preliminare dei costi delle opere di messa in sicurezza

La verifica è stata eseguita con l'ausilio del software di simulazione crolli "RockyFor3D 5.1". Rockyfor3D è un modello di caduta massi in probabilistico e basato su processi, che combina algoritmi fisicamente basati con approcci stocastici. Per la descrizione del codice di calcolo si riferisce alla seguente pubblicazione: Dorren L.K.A. & Simoni, S., 2014. Rockyfor3D (V5.1) rivelato – Descrizione trasparente del modello 3D di caduta massi. ecorisQ Paper (www.ecorisq.org): 27 p

La modellazione tridimensionale permette il calcolo spaziale delle traiettorie dei fenomeni di caduta massi e la determinazione su intere aree dei possibili campi d'azione di eventi di caduta massi. Per reperire i dati necessari è stato eseguito un rilievo geomorfologico in campagna, il rilievo dei punti di impatto, la misura della spaziatura dei giunti, il rilievo del volume e della forma dei blocchi lungo le traiettorie di caduta, il rilievo della rugosità del terreno e le proprietà di smorzamento del suolo e tipo e quantità di alberi presenti.

2. Allgemeiner geologischer und geomorphologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt an der orographisch rechten Talflanke vom Pustertal, längs der LS.40 zwischen km 0+700 und km 1+800 und reicht von ca. 770 m bis 1150 m ü. M. Wie in der geologisch-, geomorphologischen Karte ersichtlich befinden sich im mehrere E-W streichende und bis zu 35 m hohe Steilwände an denen grobkörniger Brixner Granit ansteht. Die Steilwände sind Teil einer markanten stufenförmigen Morphologie, welche das Gelände großmaßstäblich gliedert. Die flachen Abschnitte sind besonders bergseitig der Schwalbenwand als E-W streichende Gräben und Vertiefungen ausgebildet, welche sicher strukturellen Ursprungs sind und möglicherweise auf eine relikte, tiefgründige Hangbewegung hinweisen.

Die Hauptstrukturen, welche die Morphologie im Bereich der Schwalbenwand bestimmen sind zwei subvertikale, jeweils NE-SW und WNW-ESE streichende Großklufsysteme und dazugehörnde Harnischflächen, sowie ein flach nach S bis SW einfallendes Trennflächensystem. Erstere bilden mit ihren zumeist mehrere hunderte Quadratmeter großen Trennflächen die Steilwände und die Zweiten begrenzen die dazugehörenden Flachzonen und Gleitflächen für Sturzkörper.

Die Lockergesteinsbedeckung besteht bergseitig vom Forstweg, der das Untersuchungsgebiet über der Schwalbenwand quert, vordergründig aus undifferenzierten glazialen Ablagerungen. Dabei handelt es sich um schwach schluffige Sande und Kiese mit gerundeten Steinen und Blöcken die hauptsächlich aus Granit bestehen. Talseitig der Forststraße steht vordergründig Hang- und Verwitterungsschutt an, im Ablagerungsbereich, unmittelbar talseitig der Steilwände kommt vordergründig Blockschutt vor.

Die aktive gravitative Hangentwicklung wird von den ausgedehnten Sturzblockfeldern talseitig der Felswände bestätigt.

Mit Ausnahme der recht einheitlichen Hauptklufsysteme variieren die Gebirgseigenschaften in Abhängigkeit von der Verbandsfestigkeit. Stark verallgemeinert können die geometrischen Eigenschaften der Haupttrennflächen entlang der Ausbruchzonen, überblicksmäßig folgendermaßen zusammengefasst werden:

2. Inquadramento geologico e geomorfologico

Il versante indagato si estende sul versante in destra orografica della Val Pusteria lungo la SP.40 tra il km 0+700 e km 1+800 da 770 m a 1150 m s.l.m. Come deducibile dalla carta geologica geomorfologica sono presenti diversi affioramenti rocciosi subverticali, orientati ca. E-W, alti sino a 35 e costituiti dal granito di Bressanone. Le pareti acclivi fanno parte di una marcata morfologia a gradoni che caratterizza il territorio a grande scala. I tratti pianeggianti, soprattutto a monte della parete "Schwalbenwand", sono dovuti a graben e depressioni sviluppati in direzione E-W con sicura origine strutturale e indicano possibilmente un movimento relitto deformativo profondo del versante.

Le strutture principali che definiscono la morfologia nella zona "Schwalbenwand" sono due sistemi di fratture subverticali, a direzione NE-SW e WNW-ESE e i relativi specchi di faglia così come un sistema di giunti immergente a basso angolo verso S sino a SW. I primi definiscono tramite le loro superfici di giunti grandi spesso alcuni centinaia di metri quadrati le pareti acclivi, i secondi delimitano le zone pianeggianti e le superficie di scivolamento per i corpi di crollo.

La copertura di terreno sciolto a monte della strada forestale che passa l'area a mezza costa, è sostanzialmente formato da depositi glaciali costituiti da massi e blocchi, arrotondati, principalmente granitici in abbondante matrice sabbiosa ghiaiosa, debolmente limosa. A valle delle pareti rocciose si concentrano soprattutto depositi di detrito e depositi a grossi blocchi, riferibili ai processi di dinamica di versante.

Lo sviluppo gravitativo attivo del versante è confermato dalla presenza a valle delle pareti rocciose di detrito costituito da blocchi di crollo.

Fatta eccezione per i sistemi di giunti principali abbastanza omogenei, le proprietà dell'ammasso roccioso variano in relazione al grado di "interlocking". Volendo generalizzare le proprietà geometriche dei principali sistemi di giunti lungo le zone di distacco, si può proporre il seguente riassunto.

Trennflächensystem sistema di giacitura	K1	K1'	K2	K3	K4
Beschreibung descrizione	Störungen, Klüfte, Großklüfte, Harnischflächen faglie, fratture, fratture a mesoscala, specchi di faglia	Störungen, Klüfte, Großklüfte, Harnischflächen faglie fratture, fratture a mesoscala, specchi di faglia	Störungen, Klüfte, Großklüfte, Harnischflächen faglie, fratture, fratture a mesoscala, specchi di faglia	Klüfte, Großklüfte, Harnischflächen fratture, fratture a mesoscala, specchi di faglia	Klüfte, Großklüfte fratture, fratture a mesoscala
Gefüge orientamento	130-170/70-88	110-150/25-50	50-70/30-70	220/60 - 70	320/60-70
Persistenz [m] persistenza [m]	5 bis >50	10 - 50	5 - 30	3 - 40	5 - 20
Abstand [m] spaziatura [m]	1 - 10	2 - 25	1 - 15	1 - 5	1 - 5
Öffnung [mm] (oberflächlich) apertura [mm] (in superficie)	>10	>10	>10	>10	>10
Füllung rimpimento	--	--	--	--	--
Rauhigkeit (JRC) rugosità (JRC)	6 - 8	6	4 - 10	4 - 10	8 - 10

Tab.1: Felsmechanische Eigenschaften der vier Hauptklufsysteme./ Proprietà geomeccaniche dei quattro principali sistemi di giunti.

Neben der geomechanischen Erhebung wurden die Felsaufschlüsse im Untersuchungsgebiet systematisch auf mögliche Aktivitäten, Prädispositionen (Auflockerung, Verbandsfestigkeit, Stabilität, kinematische Ausbruchsmechanismen) kartiert. Das Ergebnis sind 11 Felsbereiche von denen 7 deutliche Aktivität zeigen. Das Ausbreitungsgebiet von Stürzen aus diesen Bereichen erreicht mit Sicherheit die Straße. (siehe Anhänge)

Zone A

Aus 3 Aufschlüssen im östlichen Abschnitt der Zone A können Stürze mit einem Einzelblockvolumen von 5,0 bis 5,6 m³ erfolgen. Im Detail befinden sich in der Zone A6 ca. 50 m³ Gesamtvolumen und östlich davon, bei A7 ca. 300 m³ im Grenzgleichgewicht. An der Basis bildet eine Harnischfläche Hf (115/58) die potentielle, leicht steiler als der Hang einfallende Bruchfläche. Die wichtigsten Großklufscharen zeigen kinematisch Gleiten in Richtung E entlang vom Verschnitt zwischen K1 und K2, Gleiten nach SSW entlang vom Verschnitt zwischen K3/K1 und ebenes Gleiten entlang von K1 in Richtung S.

Oltre al rilievo geomeccanico lo studio si è concentrato nel rilevare l'attività di movimento e le predisposizioni al crollo (detensionamento, grado di "interlocking", stabilità, meccanismi cinematici di innesco), che ha permesso di suddividere la zona complessivamente in 11 aree, tra cui 7 particolarmente attive. La zona di propagazione di crolli che si staccano da queste zone raggiungono sicuramente la sede stradale. (vedere allegati)

Zone A

Da 3 affioramenti nella parte orientale possono avvenire crolli con volumi singoli da 5,0-6,0 m³. In particolare nella zona A6 (vedasi allegati) sono presenti complessivamente 50 m³ e nella zona A7 ca. 300 m³ in equilibrio limite. Alla base lo specchio di faglia Hf (115/58) costituisce una superficie potenziale di rottura, immergente ad angolo leggermente più alto rispetto al versante. I principali sistemi di giunti mostrano uno scivolamento cinematico in direzione E lungo l'intersezione fra K1 e K2, scivolamento verso SSW lungo l'intersezione fra K3/K1 e scivolamento piano lungo K1 in direzione S.

Die Zone A7 wird mit 9 Glasspionen überwacht (siehe Fotodokumentation). Diese befinden sich befestigt an einigen kritischen Bereichen, welche derzeit keine Anzeichen von Bewegung zeigen, allerdings kann aufgrund vom beträchtlichen Gesamt- und Einzelblockvolumen angeraten werden die Zone mittels automatisierten Extensometersystemen und Datenübertragung zu überwachen. Die restliche Felswand zeigt bereichsweise (A2, A3, A4) einzelne Zonen mit Einzelsturzvolumen bis zu 4,5 m³ und durchwegs Bereiche mit möglichem Einzelsturzvolumen von 2,0 bis 3,0 m³.

Zone B

Diese Zone ist durch zwei große Harnischflächen Hf(210/35) gekennzeichnet, welche hangauswärts orientiert sind und als Gleitfläche ca. die Neigung vom Restreibungswinkel des Granits haben. Besonders in den Bereichen B3, B5, B6 und B7, welche in der Zone B die größten Einzelsturzvolumen mit 4,5m³ - 7,5 m³ aufweisen, führt das Gleiten nach K3 (parallel zur Harnischfläche) zur Ablösung von Sturzblöcken. Die Zone B7 (siehe Fotodokumentation) besteht aus zwei größeren Felskörpern mit Einzelvolumen von 20 m³ und 25 m³ (siehe Fotodokumentation), welche allseitig von offenen Klüften begrenzt sind und ebenfalls mittels automatisierten Extensometersystemen und Datenübertragung überwacht werden sollten. Die Bereiche B5 und B6 könnten mittels Felsvernagelung mit passiven Ankern stabilisiert werden, welche die Gleitsicherheit entlang der basalen Gleitfläche erhöhen.

Zone C

Die Zone C wurde im Abschnitt C3 mit Netzpanelen und Felsnägel im Kronenbereich stabilisiert. In der Zone befindet sich eine Harnischfläche, welche ebenso den unmittelbar westlich an den gesicherten Abschnitt anschließenden Felskörper als Gleitfläche begrenzt (siehe Fotodokumentation). Aus der Felswand sind Einzelsturzvolumen von 1,0 bis 3,0 m³ möglich.

Zone D, E

Beide Zonen zeigen aktive Abbruchbereiche mit Einzelsturzvolumen von ca. 1,2 m³, welche die LS.40 gefährden können.

Zonen F, G

Es handelt sich um Felsbereiche mit potentiell aktivem Steinschlag und Einzelsturzvolumen von 1,2 m³, welche die LS.40 mit geringer Wahrscheinlichkeit erreichen.

La zona A7 è monitorata con l'ausilio di 9 vetrini (vedere documentazione fotografica). Questi sono posizionati in punti strategici che al momento non mostrano alcun segno di movimento, tuttavia, visto il volume cospicuo e lo stato in equilibrio limite si consiglia di installare un sistema di monitoraggio di estensimetri automatizzato con trasmissione di dati. La parete rocciosa restante mostra singole zone (A2, A3, A4) con volumi singoli in potenziale distacco che raggiungono 4,5 m³ e zone con volumi singoli in potenziale distacco di 2,0 - 3,0 m³.

Zona B

Questa zona é caratterizzata da due specchi di faglia Hf(210/35) orientati a franapoggio e che presentano come superficie di scivolamento l'inclinazione dell'angolo di attrito residuo del granito. Soprattutto nelle zone B3, B5, B6, B7 che all'interno della zona B mostrano i maggiori volumi singoli da 4,5-7,5 m³, lo scivolamento verso K3 (parallelamente allo specchio di faglia) favorisce distacchi. In particolare la zona B7 (vedasi documentazione fotografica) è formata da due corpi rocciosi con volumi singoli di 20 m³ e 25 m³ rocciosi delimitati da fratturazione aperta. Si consiglia di monitorare la zona con un sistema di monitoraggio di estensimetri automatizzato con trasmissione di dati. Nelle zone B5 e B6 si consiglia l'uso di barre passive per aumentare la sicurezza lungo la superficie di scivolamento basale e stabilizzare così le zone.

Zona C

Nella zona C il tratto C3, la parte di testata, è stato messo in sicurezza con pannelli di rete e chiodatura passiva. Nella zona si trova uno specchio di faglia che delimita come superficie di scivolamento il corpo roccioso presente immediatamente a ovest della zona stabilizzata (vedere documentazione fotografica). Dalla parete rocciosa sono possibili distacchi con volumi singoli da 1,0 a 3,0 m³.

Zone D, E

Entrambe le zone mostrano attività di crollo con possibili distacchi sino a 1,2 m³ di volume singolo che mettono in pericolo la SP.40.

Zone F, G

Si tratta di zone rocciose con potenziali attività di crollo con volumi sino a 1,2 m³ che possono raggiungere la sede della SP.40 con bassa probabilità.

3. Bestehende passive Schutzmaßnahmen

Im Projektgebiet (siehe Anlage 9) sind entlang der hangseitigen Straßenstützmauer bis zu ca. km 1+450, fast durchgehend starre Steinschlagschutzzäune montiert, die mit Netzpannele verstärkt sind. Zwischen km 1+450 – 1+500 und km 1+175 – 1+215 befinden sich 3,0 m hohe Barrieren mit 1000 kJ Energiehaltevermögen, die z.T. durch Baumwurf beschädigt wurden. Zwischen km 1+010 – 1+120 befindet sich eine 4,0 m hohe, elastische Barriere mit 3000 kJ Energiehaltevermögen, zwischen km 0+930 – 0+960 befindet sich eine 4,0 m hohe elastische Barriere mit 2000 kJ Energiehaltevermögen und zwischen km 0+935 – 0+790 befindet sich ein auf der Innenseite mit Zyklopenmauerwerk verkleideter Schutzdamm aus Lockergestein. Eine 6,0 m hohe Barriere mit 5000 kJ schützt die Strecke zwischen km 1+290-1+330.



Foto1: Elastische Barriere: Energiehaltevermögen max. 1000 kJ; km 1+175 – 1+215; km 1+450 – 1+500./ Barriere deformabile, capacità di trattenuta di energia max: 1000 kJ; km 1+175 – 1+215; km 1+450 – 1+500

3. Misure di protezione passive esistenti

Nella zona di progetto (vedere allegato 9) sono presenti quasi ininterrottamente lungo il muro di sostegno stradale a monte fino al km 1+450 barriere paramassi rigide, rinforzate con pannelli in rete. Fra i km 1+450 - 1+500 e km 1+175 - 1+215 si trovano barriere alte 3,0 m e con capacità di assorbimento di energia di 1000 kJ, danneggiate in parte da cadute di alberi. Fra i km 1+010 - 1+120 si trova una barriera paramassi deformabile, alta 4,0 m e con capacità di assorbimento di energia di 3000 kJ, fra km 0+930 - 0+960 si trova una barriera deformabile alta 4,0 m con capacità di assorbimento di energia di 2000 kJ e fra i km 0+935 e 0+790 si trova un argine in materiale sciolto rivestito in massi ciclopici nel suo lato interno. Una barriera alta 6,0 m e con 5000 kJ protegge il tratto tra il km 1+290 e 1+330.



Foto 2: Starre Barriere: Energiehaltevermögen max. 500 kJ; bergseitige Böschungsmauer./ Barriera rigida, capacità di trattenuta di energia max: 500 kJ; sul muro di scarpata al lato monte



Foto 3: Elastische Barriere- Maccaferri: Energiehaltevermögen 3000 kJ; km 1+010-1+120./ Barriera deformabile - Maccaferri, capacità di trattenuta di energia 3000 kJ; km 1+010-1+120



Foto 4: Elastische Barriere - Maccaferri: Energiehaltevermögen 2000 kJ; km 0+930-0+960./ Barriera deformabile - Maccaferri, capacità di trattenuta di energia 2000 kJ; km 0+930-0+960

4. Sturzprozesse im Untersuchungsgebiet

Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Sturzprozesse sind grundsätzlich auf strukturell bedingte Ausbrüche einzelner Klufkörper bis mittelgroßer Felsvolumen zurückzuführen, welche durch geringe Scherfestigkeit entlang der z.T. offenen und ungünstig orientierten Kluftsysteme gekennzeichnet sind. Der Kluftwasser- oder Eisdruck nach anhaltenden Niederschlägen oder beim Frost- Tauwechsel, sowie der Wurzeldruck vom Baumbestand führen zur Auflockerung und schließlich zur Auslösung.

Großereignisse:

Zum Zeitpunkt der Untersuchung konnten im Untersuchungsgebiet keine Anzeichen von aktiven Zonen im Abbruchbereich festgestellt werden, welche auf Großereignisse mit Ausbruchvolumen von mehreren 1000 m³ deuten.

Die Zone A7 ist mit ca. 300 m³ Gesamtvolumen der größte potentiell aktive Bereich.

4. Processi dei fenomeni di crollo nell'area di progetto

I processi di crollo che si verificano nell'area di indagine sono principalmente riconducibili a distacchi di singoli blocchi fino a volumi di medie dimensioni dovuti alla struttura dell'ammasso roccioso. I corpi rocciosi di distacco sono caratterizzati da una bassa resistenza al taglio lungo i sistemi di giunti in parte aperti e orientati sfavorevolmente. La pressione dell'acqua o del ghiaccio all'interno dei giunti, dopo precipitazioni intense o fenomeni di crioclastismo così come la pressione esercitata dall'apparato radicale degli alberi portano al detensionamento e quindi al distacco.

Eventi di grandi dimensioni

Al momento delle indagini non sono stati riconosciuti segni all'interno dell'area di interesse di zone attive nell'area di distacco che possano essere riconducibile ad un evento di grandi dimensioni con un volume di distacco di alcuni 1000 m³.

La zona A7 presenta un volume complessivo di 300 m³ ed è la più grande zona potenzialmente attiva.

Mittel- bis Kleinereignisse:

Der wesentliche Prozess im Untersuchungsgebiet ist aktiver Stein- und Blockschlag der mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit (< 30 Jahre) den betroffenen Straßenabschnitt erreicht. Mögliche Gesamtausbruchsvolumen können mit bis zu 30 m³ angegeben werden und die Einzelblockvolumen erreichen bis zu 7,50 m³.

Zusammenfassend können folgende Aussagen getroffen werden:

- während des Sturzprozesses und der Interaktion entlang der Sturzbahn kommt es nur untergeordnet zur Fragmentierung größerer Felskörper in einzelne Sturzblöcke
- das Einzelblockvolumen, welches den unteren Abschnitt der Sturzbahn erreicht liegt mit mehr als 90% zwischen 0,5 – 1,4 m³; einige Sturzblöcke erreichen Volumen zwischen 1,5 – 5,5 m³ und einen relikten Sturzblock ein Volumen von ca. 70 m³.
- anhand der struktureologischen Messungen und vom Geländebefund kann davon ausgegangen werden, dass aus den ausgewiesenen Ausbruchgebieten, Sturzvolumen >1,50 m³ mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit (100% bis 82% in der Nutzungsperiode von 50 Jahren) auftreten.
- die Blockform ist durchwegs quaderförmig
- die Auswertung der Einschlagsmarken zeigt, dass die Sturzbewegung entlang der gesamten Sturzbahn überwiegend springend und rollend erfolgt und bergseitig der Straßenböschung maximale Sprunghöhen von < 4,0 m erreicht werden

Eventi di dimensioni medi e piccoli

Il processo principale nell'area di interesse è l'attiva caduta di massi e di blocchi che raggiunge il tratto stradale interessato con alta probabilità di accadimento (<30 anni). Possibili volumi complessivi di distacco possono essere quantificati in fino a 30 m³, e i volumi di crollo singolo raggiungono i 7,50 m³

In sintesi si possono fare le seguenti affermazioni:

- durante i processi di crollo e l'interazione lungo la traiettoria di caduta, la frammentazione di blocchi rocciosi maggiori in blocchi minori può verificarsi, in modo subordinato;
- il volume di crollo singolo che raggiunge l'estremo inferiore della traiettoria di caduta si colloca per più del 90% fra 0,5 – 1,4 m³; alcuni blocchi raggiungono un volume di 1,5 – 5,5 m³ e un blocco relitto mostra un volume di ca. 70 m³;
- grazie al rilievo geologico-strutturale e al sopralluogo si può assumere che dalle zone di distacco individuate si verifichino crolli con volumi >1,50 m³ con alta probabilità di accadimento (100% - 82% nel periodo di utilizzo di 50 anni);
- la forma del blocco é a parallelepipedo;
- l'analisi dei punti di impatto mostra che il movimento di crollo avviene lungo tutta la traiettoria di caduta con rimbalzi e rotolamenti e a monte della scarpata stradale si registrano altezze di rimbalzo massime di <4,0 m.

5. Sturzsimulationen

Die 3D Simulation ist aufgrund der beträchtlichen Ausdehnung unverzichtbar um eine sinnvolle, flächenhafte Verteilung der wahrscheinlichen Sturzausbreitung (Reach probability), der max. kinetischen Energien (E_{95CI}) und der max. Sprunghöhen (Ph_{95CI}) zu untersuchen und folglich Schutzdefizite aufzuzeigen und gezielt Schutzmaßnahmen zu planen.

Die 3D Simulation wird anhand von 100 Stürzen pro Startzelle (2,5 x 2,5 m) durchgeführt, was einer Gesamtzahl von 207300 Stürzen entspricht. Als Grundlage dienen die Detailerhebungen in den 25 Ausbruchszonen (Anlage 3) und die abgeleiteten Projektsturzböcke. Als Projektblockvolumen wird jeweils die Masse vom max. erhobenen Einzelklufkörpervolumen zugrunde gelegt, das mit dem Sicherheitsfaktor von 1,2 multipliziert wird.

Der derzeit vorhandene Waldbestand wird ebenfalls berücksichtigt.

Gemäß der geltenden Norm UNI-11211-4 werden bei der Untersuchung die Einwirkungen (Projektenergie, Projektgeschwindigkeit und Abfanghöhe) bei jedem Impakt am Bauwerk berücksichtigt.

Bei den im vorliegenden Bericht durchgeführten Simulationen wird neben dem oben angeführten Sicherheitsfaktor auf der Projektblockmasse, die kinetische Energie mit der max. Projektgeschwindigkeit berechnet (gemäß UNI-11211-4 reicht das 95% Fraktile der Geschwindigkeit). Dies erhöht zusätzlich die Sicherheit.

Alle Simulationen berücksichtigen die bestehenden Steinschlagschutzmaßnahmen mit Energiehaltevermögen und installierten Höhen. Die untersuchten Ausbruchszonen entsprechen den im Gelände aufgenommenen aktiven Zonen, die besonders durch ungünstige Kluforientierungen charakterisiert sind oder Grenzgleichgewichtsbedingungen aufweisen.

Reach probability:

Die Wahrscheinlichkeit mit der ein Sturzblock eine bestimmte Zelle erreicht, errechnet sich aus dem prozentuellen Anteil an Sturzblöcken, welche einen bestimmten Bereich erreichen. Das Verhältnis berücksichtigt nur die Anzahl der betroffenen Startzellen von denen der Sturz gestartet ist und die Anzahl der Simulationen pro betroffener Startzelle.

5. Simulazione di caduta massi

Vista la notevole estensione dell'area di indagine la simulazione 3D è un metodo irrinunciabile per ottenere una distribuzione spaziale e ragionevole delle possibili aree raggiunte da un blocco (reach probability), delle massime energie cinetiche (E_{95CI}) e delle massime altezze di rimbalzo (Ph_{95CI}) e quindi per mostrare mancanze di protezione e progettare in modo mirato le opere di protezione.

La simulazione 3D è stata eseguita con 100 simulazioni per cella di partenza (2,5 x 2,5 m), che corrisponde a 207300 singole traiettorie. I rilievi di dettaglio nelle 25 aree di distacco (allegato 3) e le dimensioni dei blocchi di progetto costituiscono la base per la simulazione. È stato introdotto cautelativamente un coefficiente di sicurezza di 1,2 sulle masse del singolo blocco usate come blocco di progetto per la simulazione.

È stata considerata la presenza di vegetazione boschiva.

In linea con la norma UNI 11211-4 le simulazioni considerano le azioni sulle opere (energia di progetto, velocità di progetto, altezza di intercettazione) in corrispondenza del punto/punti di impatto/impatti con l'opera.

Il fattore di sicurezza di 1,2 applicato alla massa del blocco di progetto (riferito al massimo volume singolo presente in ogni zona di distacco) e il calcolo dell'energia di progetto con la massima velocità di progetto aumentano il margine di sicurezza (la norma UNI calcola l'energia con il frattile del 95%).

Tutte le simulazioni tengono conto delle protezioni paramassi esistenti con le loro capacità di assorbimento di energia e altezze installate. Le zone di distacco esaminate corrispondono alle zone attive rilevate in campagna, caratterizzate da sistemi di giunti particolarmente sfavorevoli o che mostrano caratteristiche di equilibrio limite.

Reach_probability:

mostra se è probabile (valori più elevati nella mappa) o improbabile (valori più bassi nella mappa ma sempre maggiori di zero) che un masso arrivi in una data cella. In ogni cella è rappresentato in % il seguente valore:
 $(Nr_passages*100)/(Nr_simulations_per_source_cell^*$

$(Nr_passages*100)/(Nr_simulations_per_source_cell*Nr_sourcecells)$ [%]

Ph_95Cl:

Die max. Sprunghöhen, senkrecht zur Sturzbahn gemessen, mit denen ein Sturzkörper eine Zelle passiert errechnet sich aus dem Mittelwert der maximalen Sprunghöhe des Massenschwerpunkts des Blockes (in m, gemessen in normaler Richtung zur Hangoberfläche) aller Blöcke, die die Zelle passieren.

E_95Cl:

Konfidenzintervall 95% (CI) aller max. kinetischen Energiewerte mit denen ein Sturzkörper eine Zelle passiert errechnet sich gemäß $95\%CI = E_mean + 2*Standardabweichung$, unter Annahme einer Normalverteilung. Diese kann als max. kinetische Energie gewertet werden, mit der ein Block eine Zelle passiert.

Die Ergebnisse der Simulationen sind im Anhang dargestellt und können folgendermaßen zusammengefasst werden:

5.1 Simulation der bestehenden Situation (Anlage 5, 6, 7)

Die Simulationen und die vorhandenen Abbruchvolumen zeigen, dass die starren Schutzzäune an der hangseitigen Stützmauer (Anlage 9) zur Reduzierung der Sturzenergie beitragen, aber größtenteils in Bezug auf das erhobene Blockvolumen unterdimensioniert sind. Diese werden mit einer Energiekapazität von 500 kJ berücksichtigt.

Folgende passive Schutzbauten sind als wirksam oder teilweise wirksam zu erachten:

- Schutzdamm Nr. 13, bei km 0+790 – 0+935,
- Schutzbarriere Nr. 10 zu 5000 kJ bei km 1+290-1+330,
- Schutzbarriere Nr. 11 zu 3000 kJ bei km 1+010-1+120,
- Schutzbarriere Nr. 12 zu 2000 kJ bei km 0+925 - 0+955,
- Schutzbarriere Nr. 14 zu 1000 kJ positioniert al km 1+180 - 1+210
- Schutzbarrieren Nr. 15, 16, 17, 18 zu 1000 kJ bei km 1+450 – 1+500

Nr_sourcecells) [%].

Ph_95:

la massima altezza di passaggio, misurata perpendicolarmente alla traiettoria, con la quale un blocco passa una cella si calcola dalla media dell'altezza massima del punto di massa del blocco (in m, misurato normalmente alla direzione della superficie del versante) di tutti i blocchi che passano la cella.

E_95Cl:

intervallo di confidenza pari al 95% (CI) di tutti i massimi di energia cinetica registrati in ogni cella, dove $95\%CI = E_mean + 2*deviazione\ standard$ del massimo valore in una cella, assumendo una distribuzione normale. Può essere considerata la massima energia cinetica di passaggio in ogni cella.

I risultati sono visibili negli elaborati allegati alla relazione e sono riassunti di seguito:

5.1 Simulazione della situazione attuale (allegati 5, 6, 7)

Le simulazioni e i volumi di distacco rilevati mostrano che le barriere rigide lungo il muro di sostegno a monte (allegato 9) contribuiscono a ridurre l'energia di impatto, ma che, in relazione al volume di blocco rilevato, sono per la maggior parte sottodimensionate. Sono state considerate con una capacità di assorbimento di energia di 500 kJ.

Le opere di protezione passive esistenti che risultano efficaci o parzialmente efficaci sono:

- il vallo paramassi n. 13 tra km 0+790 – 0+935,
- la barriera n. 10 da 5000 kJ positionata al km 1+290-1+330,
- la barriera n. 11 da 3000 kJ positionata al km 1+010-1+120,
- la barriera n. 12 da 2000 kJ positionata al km 0+925 - 0+955,
- la barriera n. 14 da 1000 kJ positionata al km 1+180 - 1+210
- le barriere n. 15, 16, 17, 18 da 1000 kJ positionate al km 1+450 – 1+500

Im untersuchten Abschnitt befindet sich die LS.40 innerhalb vom Ausbreitungsbereich von Sturzkörpern.

In Folge sind die Ergebnisse der durchgeführten „Simulation der bestehenden Situation“ in Tabellenform zusammengefasst. Die Wahrscheinlichkeit der Erreichbarkeit (reach probability), die max. kinetischen Energien (E_{95Cl}) und die max. Sprunghöhen (Ph_{95_CL}) beziehen sich auf Zonen welche zur Errichtung von passiven Schutzvorrichtungen geeignet sind. Die Wahl dieser Zonen erfolgt aufgrund der Simulationsergebnisse und der Zugänglichkeit zur Realisierung möglicher Bauwerke.

Zusammenfassend werden folgende Streckenabschnitte mit Schutzdefiziten ausgewiesen:

Nel tratto esaminato la SP.40 si trova all'interno dell'area di propagazione dei blocchi in caduta.

Di seguito si riassumono i risultati della "simulazione della situazione attuale" in forma tabellare. La probabilità di raggiungimento (reach probability), le energie cinetiche massime (E_{95Cl}) e le massime altezze di rimbalzo (Ph_{95_CL}) si riferiscono a zone idonee per la realizzazione di misure di protezione passive. La scelta di queste zone è stata effettuata in base ai risultati delle simulazioni e alla loro accessibilità per realizzare possibili opere.

Di seguito si riassumono i tratti che presentano mancanza di protezione:

km 0+750 – 0+790: Reach_probability: 2,7% E _{95Cl} : 4000 – 4500 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,5 m	km 1+340 – 1+390: Reach_probability: 14,0% E _{95Cl} : ≤6210 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,8 m
km 0+950 – 1+010: Reach_probability: 6,0% E _{95Cl} : ≤ 7230 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,5 m	km 1+400 – 1+430: Reach_probability: 18,0% E _{95Cl} : ≤5130 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,4 m
km 1+115 – 1+160: Reach_probability: 6,5% E _{95Cl} : ≤ 2830 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,5 m	km 1+500 – 1+535: Reach_probability: 15,0% E _{95Cl} : ≤1350 kJ Ph _{95 CL} : 2,0 – 2,5 m
km 1+175 – 1+270: Reach_probability: 16,0% E _{95Cl} : ≤ 2910 kJ Ph _{95 CL} : 3,0 – 3,6 m	km 1+630 – 1+700: Reach_probability: 17,0% E _{95Cl} : ≤ 2820 kJ Ph _{95 CL} : 2,0 – 2,7 m
km 1+270 – 1+290: Reach_probability: 16,0% E _{95Cl} : ≤ 4180 kJ Ph _{95 CL} : 2,5 – 3,6 m	

Tab.2: Streckenabschnitte mit Schutzdefizite./ Tratte identificate con i maggiori deficit di protezione

5.2 Simulation der geplanten Situation (Anlage 8)

Die Simulation der geplanten Situation wird mit den vorhanden und den geplanten Schutzbauwerken durchgeführt, welche auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse der bestehenden Situation eingeführt werden (Anlage 5, 6, 7).

5.2 Simulazione della situazione pianificata (allegato 8)

La simulazione viene effettuata introducendo opportuni interventi di difesa passivi, progettati in base ai risultati ottenuti nella simulazione della "situazione di protezione attuale" e considera tutte le opere presenti (allegati 5, 6, 7).

a.) Starre und elastische Steinschlagschutzbarrieren älterer Ausführung – bestehende Maßnahme/ **Barriere paramassi rigide e deformabili di vecchia fattura – opere presenti**

Die starren Schutzäune auf der hangseitigen Straßenstützmauer werden mit dem Energiehaltevermögen von 500 kJ, die Barriere Nr. 10, zwischen km 1+175 – 1+215 sowie die Barrieren Nr.15, 16, 17, 18 zwischen km 1+450 – 1+500 mit 1000 kJ simuliert.

Le barriere rigide sul muro di sostegno di monte lungo il tratto indagato della SP.40 sono considerate con una capacità energetica di 500 kJ e le barriere di vecchia fattura presenti tra il km 1+175 – 1+215 e km 1+450 – 1+500 con una capacità energetica cautelativa di 1000 kJ.

b.) Elastische Steinschlagschutzbarrieren und Schutzdämme rezenter Ausführung - bestehende Maßnahme/ **Barriere paramassi deformabili e valli paramassi di recente fattura – opere presenti**

Steinschlagschutzbarriere/ barriera paramassi	
Nr. 10: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	5000 kJoule 6,0 m 40,0m
Nr. 11: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	3000 kJoule 4,0 m 110,0 m
Nr. 12: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	2000 kJoule 4,0 m 30,0 m
Steinschlagschutzdamm/ argine vallo paramassi	
Nr. 13: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule ca. 3,0 m 140,0 m

Tab.3: Bestehende Maßnahmen – elastische Steinschlagschutzbarrieren und Schutzdämme rezenter Ausführung./ Opere esistenti – barriere deformabili e valli paramassi di recente fattura

c.) Elastische Steinschlagschutzbarrieren und Schutzdämme rezenter Ausführung – geplante Maßnahme/ **Barriere paramassi deformabili e valli paramassi pianificati – opere introdotte e verificate**

Steinschlagschutzbarriere / barriera paramassi	
Nr. 1: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	3000 kJoule 4,0 m 110,0m
Nr. 2: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	1500 kJoule 3,5 m 55,0 m
Nr. 6: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	3000 kJoule 4,0 m 60,0 m
Nr. 7: Energiehaltevermögen/ capacità energetica:	3000 kJoule

Höhe/ altezza:	4,0 m
Länge/ lunghezza:	90,0 m
Steinschlagschutzdamm/ argine vallo paramassi	
Nr. 3: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule ca. 3,5 m 70,0 m
Nr. 4: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule 4,0 m 55,0m
Nr. 5: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule 4,0 m 24,0 m
Nr. 8: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule 4,0 m 66,0 m
Nr. 9: Energiehaltevermögen/ capacità energetica: Höhe/ altezza: Länge/ lunghezza:	7500 kJoule 4,0 m 78,0 m

Tab.4: geplante Maßnahme - Elastische Steinschlagschutzbarrieren und Schutzdämme./ Opere pianificate – barriere deformabili e valli paramassi

Die folgende Tabelle fasst die Simulationsergebnisse der geplanten (grün) und bestehenden (rot) Schutzbauten zusammen, welche im Verhältnis zu den vorhandenen Volumen ausreichend dimensioniert sind.

La tabella seguente sintetizza i risultati delle simulazioni in corrispondenza delle singole opere pianificate (verde) e esistenti (rosso), che risultano essere adeguatamente dimensionate in relazione ai volumi coinvolti.

Nr./Schutzbautyp Nr./tipo d'opera	Energie- kapazität capacità energetica [kJ]	Höhe altezza [m]	E_95 fraktil/ frattile 95% [kJ]	E_98 fraktil/ frattile 98% [kJ]	Ph_95 fraktil/ frattile 95% [m]	Ph_98 fraktil/ frattile 98% [m]	Nr. registrierte impakte Nr. impatti registrati	Nr. passierende Blöcke Nr. blocchi passanti
Nr. 1 barriera paramassi/ Schutzbarriere	3000	4,0	2130	2401	1,5	1,7	15297	0
Nr. 2 barriera paramassi/ Schutzbarriere	1000	3,0	905	987	1,0	1,2	3786	2
Nr. 3 Schutzwall/ argine vallo	7500	3,5	2875	3308	1,8	2,1	17577	0
Nr. 4 Schutzwall/ argine vallo	7500	4,0	4022	4417	2,7	3,1	17075	6
Nr. 5 Schutzwall/ argine vallo	7500	4,0	3523	3840	2,2	3,0	9642	11
Nr. 6 barriera paramassi/ Schutzbarriere	3000	4,0	2602	2995	1,6	1,9	19586	9
Nr. 7 barriera paramassi/ Schutzbarriere	3000	4,0	2243	2523	1,2	1,4	8714	1

Nr. 8 Schutzwall/ argine vallo	7500	4,0	5235	6342	1,6	1,9	11301	18
Nr. 9 Schutzwall/ argine vallo	7500	4,0	4907	5560	1,6	2,0	7521	3
Nr. 15, 16, 17, 18 deformierbare Schutzbarrieren/ barriere deformabili km 1+450 – 1+500	1000	3,0	987	1066	1,7	2,1	3782	47
Nr.10 bestehende Schutzbarriere/ barriera esistente	5000	6,0	3810	4219	1,7	2,1	8082	4
Nr. 11 bestehende Schutzbarriere/ barriera esistente	3000	6,0	1260	2818	0,9	1,2	6213	56
Nr. 12 bestehende Schutzbarriere/ barriera esistente	2000	4,0	4664	6342	1,6	1,9	8276	147
Nr. 13 bestehender Schutzwall/ argine vallo esistente	7500	2,5	4011	5584	1,3	1,6	15481	35
keine Verbauung/ nessuna opera km 1+570 – 1+630								13

Tab. 5: Geplante Schutzmaßnahmen (grün), bestehende Schutzmaßnahmen (rot) und unverbaubarer Bereich (blau). Impaktenergie und Sprunghöhe der 95% und 98% Perzentile./ Opere pianificate (verde), opere esistenti (rosso) e tratto senza opere di protezione (blu). Energie di impatto e altezze di rimbalzo corrispondenti ai frattili del 95% e del 98%.

Aus den Simulationen geht hervor, dass sowohl die geplanten, als auch die bestehenden Schutzbauwerke von einer variablen Zahl an Stürzen überwunden werden.

Die Detailuntersuchung der Energien und der Sprunghöhen der einzelnen Stürze welche in der Tabelle 2 dargestellt sind, sowie die Wahrscheinlichkeit der Erreichbarkeit (Anlage 8) zeigen, dass die Anzahl der passierenden Stürze mit der großen Anzahl an Simulationen (100/Startzelle) einhergeht. Aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesen Stürzen um „Ausreißer“ handelt, welche im Sinne der Sicherung als „Restgefahr“ betrachtet werden können.

Dies gilt nicht für den Bereich mit der Barriere Nr. 12 (siehe Fig. 1) wo die passierenden Stürze im wesentlichen aufgrund der zahlreicher Überschreitungen der installierte Energiekapazität erfolgen.

Dalle simulazioni effettuate sembra che sia le opere pianificate che quelle esistenti sono superate da un numero variabile di blocchi.

Analizzando le energie e le altezze di rimbalzo dei singoli passaggi in dettaglio, i risultati esposti nella tabella n. 2, e la probabilità di raggiungimento (allegato 8) si può affermare che il numero di passaggi è dovuto all'alto numero di simulazioni (100/per cella di partenza). In base alla probabilità ridotta si ritiene che questi possibili crolli sono da considerare come dati anomali e relativamente alla messa in sicurezza come "pericolo residuo".

Questo non vale per il tratto con la barriera Nr. 12 (grafico di fig. 1), dove i blocchi che oltrepassano la barriera sono principalmente dovuti ai numerosi superamenti della energia di intercettazione installata.

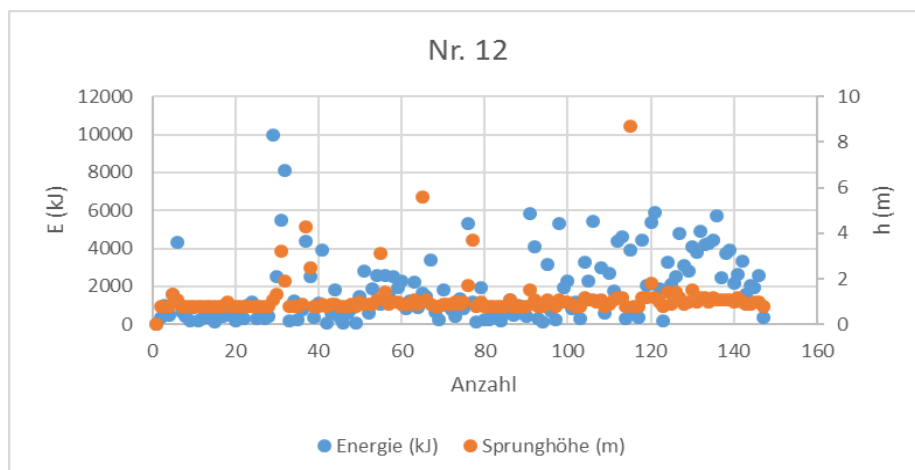


Fig.1: Energien und Sprunghöhen talseitig der Barriere Nr. 12./ Energie e altezze massime a valle della barriera Nr. 12. (crolli passanti la barriera)

Um die Gefahr in diesem Abschnitt zu reduzieren kann vorgeschlagen werden, den Damm Nr. 8 in Richtung Westen um 20 m zu verlängern.

Der Abschnitt zwischen km 1+570 – 1+630 wird von 13 Stürzen erreicht, die von insgesamt 21744 simulierten Stürzen aus den Zonen G1 und G2 stammen. In Anbetracht der großen Anzahl an durchgeführten Simulationen und der Wahrscheinlichkeit der Erreichbarkeit (Anlage 8) können diese als „Restgefahr“ betrachtet werden können.

In Anbetracht der großen, potentiell instabilen Felsvolumen in den Zonen A7 und B7 kann angeraten werden Bewegungen mittels automatisierten Extensometersystemen mit Datenübertragung entlang der am größten zu erwartenden Kluftversatz zu überwachen und gegebenenfalls die Zonen mit Sprengstoff zu beräumen.

Die Überprüfung der Einwirkung auf die bestehenden und geplanten Schutzbauten zeigt, dass die Energien und die Sprunghöhen des 95% Fraktils (gemäß UNI-11211-4), mit Ausnahme jener der Barriere Nr. 12 niedriger sind als die installierte Bauwerksenergien und Höhen.

Per ridurre la pericolosità del tratto si consiglia di allungare il vallo Nr. 8 per 20 m in direzione ovest.

Il tratto compreso tra il km 1+570 – 1+630 viene raggiunto da 13 blocchi che partono da complessivamente 21760 crolli simulati nelle aree di distacco delle zone G1 e G2. In relazione al numero di simulazioni effettuate e in base alla probabilità di raggiungimento molto ridotta (allegato 8) si ritiene che possibili crolli sono da considerare come “pericolo residuo”.

Dati i grossi volumi presenti nelle zone A7 e B7 si consiglia di monitorare possibili movimenti con sistemi di monitoraggio automatizzati p.e. estensimetri a barra con trasmissione dati automatizzata, posizionati nei punti di maggior spostamento e se necessario intervenire con disgiungimento tramite esplosivo.

La verifica dell'azione sulle opere di protezione esistenti e progettate mostra che le energie e le altezze di rimbalzo del 95% del frattile (secondo UNI - 11211-4) sono minori delle energie delle opere installate e altezze, con eccezione di quella registrata alla barriera n. 12.

6. Schlussfolgerungen

- Aus der geologisch geomorphologischen Untersuchung entlang der Felsaufschlüsse bergseitig der LS.40 geht hervor, dass aus 25 Zonen (Anlage 3) Stürze möglich sind, die in erster Linie auf ungünstige Klufforientierungen und/oder aufgelockerte Felsbereiche zurückzuführen sind.
- Die Projektsturzböcke der 25 untersuchten Zonen welche untersucht wurden stimmen mit den max. im jeweiligen Ausbruchgebiet festgestellten Blockvolumen überein, die mit einem Sicherheitsfaktor von 1,2 multipliziert wurden. Die Berechnung wird mit den maximalen Geschwindigkeiten durchgeführt.
- E_95CL zeigt die max. erreichten kinetischen Energien; entlang der Bereiche die zum Schutz am günstigsten sind, werden 7450 kJ talseitig der Zone A und ca. 6000 kJ talseitig der Zonen B5 und B6 erreicht (siehe Anlagen und Tab. 5 für Details).
- Ph_95CL zeigt die max. erreichten Sprunghöhen; entlang der Bereiche die zum Schutz am günstigsten sind, werden 3,5-4,0 m talseitig der Zone A und 3,0-3,5 m talseitig der Zonen B erreicht und 2,5-3,0 m talseitig der Zone G erreicht (siehe Anlagen).
- Zusammenfassend zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass 98,9% der simulierten Stürze von den geplanten und vorhandenen Schutzmaßnahmen aufgehalten werden. Die Barriere Nr. 15, der westliche Bereich der Barriere Nr. 13 und der Abschnitt mit der Barriere Nr. 12, halten bis zu 98,0% der simulierten Stürze auf (siehe Anlagen).
- Östlich vom bestehenden Damm übersteigt der 95% Fraktile der simulierten kinetischen Impaktenergie die Kapazität der 2000 kJ Barriere und es wird angeraten den geplanten Damm Nr. 8 nach Westen zu erweitern.

7. Vorläufige Kostenschätzung

Schutzbarrieren und Felssicherungen/barriere paramassi e messa in sicurezza :

6. Conclusioni

- l'analisi geomorfologica e geomeccanica lungo le pareti rocciose affioranti a monte della S.P.40 ha messo in evidenza la presenza di 25 zone (allegato 3) predisposte a distacchi per la presenza di orientamenti di giaciture particolarmente sfavorevoli e/o ammassi generalmente allentati.
- i blocchi di progetto delle 25 zone analizzate rispecchiano i volumi massimi rilevati, incrementati con un coefficiente di sicurezza pari a 1,2. Il calcolo considera le massime velocità (rotazionale e traslazionale).
- E_95_CL evidenzia le massime energie cinetiche raggiunte; nelle zone maggiormente favorevoli per realizzare interventi di protezione passivi i massimi valori raggiungono 7450 kJ a valle della zona A e ca. 6000 kJ a valle delle restanti zone (vedere allegati e Tab. 5 per dettagli).
- PH_95CL evidenzia le massime altezze di rimbalzo raggiunte; nelle zone maggiormente favorevoli per realizzare interventi di protezione passivi i massimi valori arrivano a 3,5-4,0 m nella parte a valle della zona A, 3,0-3,5 m a valle della zona B e 2,5-3,0 m a valle della zona G
- in sintesi la verifica con opere esistenti e pianificate mostra come il 98,9% dei crolli simulati, è trattenuto dalle opere pianificate e esistenti. La barriera Nr.15, la parte ovest della barriera Nr. 13 e la barriera Nr. 12 trattengono il 98,0% dei crolli simulati (vedere allegati).
- nel tratto ad est del vallo esistente, attualmente tracciato con la barriera da 2000kJ, il frattile del 95% delle energie cinetiche che impattano su di essa, supera l'energia installata e si consiglia di estendere l'opera Nr. 8 verso ovest (vedere allegati).

7. Stima preliminare dei costi

Ausführung von flexiblen Zink-Alu Steinschlag-Schutzzäune 3000 kJ Mindesthöhe 5,0 m./ Esecuzione di barriere paramassi deformabili in zinco/alluminio 3000 kJ altezza minima 5,0 m.	260,0 m	€ 298,02/m2 = € 387426,8
Ausführung von flexiblen Zink-Alu Steinschlag- Schutzzäune 1000 kJ Mindesthöhe 3,5 m/ Esecuzione di barriere paramassi deformabili in zinco/alluminio 1000 kJ altezza minima 3,5 m	40,0m	€ 252,21/m2 = € 35309,4
Bohrungen für Verankerungen, Anker, Mikropfähle oder Verankerungen der Steinschlagzäune./ Perforazione per ancoraggi, tiranti, micropali o ancoraggi barriere paramassi, con perforatrice pneumatica con martello fondoforo	430,0m	€ 121,14/m = € 52090,2
Lieferung und Einbau an Wänden oder Felshängen von Verankerungen aus Stabstahl B450C zur Sicherung von Felswänden. /Fornitura e posa in parete o pendici montuose di ancoraggi tramite tirafondi metallici per il consolidamento di pareti rocciose con barre d'acciaio B450C	430,0m	€ 31,05/m = € 13351,5
Monitoringsystem mit automatisierten Extensometersystem und Datenübertragung/ monitoraggio con sistema automatizzato e trasmissione dati	2	€ 12.500 = € 25.000
Kranwagen, mit Teleskopkran, einschließlich Antransport zur Baustelle und Abtransport von der Baustelle. /Autogru telescopica, compreso il trasporto al cantiere e dal cantiere.	24	€ 155,78/h = 3738,72
Rodungen./ Disboscamento compreso taglio di piante	1500m2	€ 2,80/m2 = € 4200,0
Deponiegebühren./ diritti di discarica	100 m3	€ 39,13/m3 = € 3913,0
Baustelleneinrichtung./ allestimento cantiere		€ 3000
Hubschrauber inklusive Pilot/ Elicottero, compreso pilota.	320 min	€ 26,60 = € 8512,0
Summe/ Somma		€ 536.541,0

Schutzdämme/valli paramasso:

Zyklopenmauerwerk in Trockenbauweise, aus Steinblöcken, Mindestabmessungen, wie sie von der BL angeordnet werden, inkl. Lieferung und Einbau./ Muratura ciclopica a secco con massi di dimensioni minime indicate dalla DL incl. fornitura e posa in opera	1752 m ³	€ 74,69/ m3 = € 130.856,88
Bewehrter Erdkörper mit Geogitter	2475,9 m ²	€ 210,00/m2 =€ 519.939,0
Errichtung von zement-gebundenen Tragschichten./ Esecuzione strato di fondazione in misto cementato	949 m ³	€42.60/m3 = 40.427,4
Drainagematerial/	400 m ³	€ 42,46/m3 = € 16984
Hydraulik-Bagger mit Raupen, Motorleistung: von 77 bis 101 kW (103 - 136 PS)	240 h	€ 80,41 / h = € 19298,4
Baustelleneinrichtung./ allestimento cantiere		€ 5000
Selbstfahrende Rüttelwalze./ Rullo vibrante semovente	80 h	€ 43,90 / h = € 3512
Lastwagen mit Kippbrücke, nach 3 Seiten kippbar, für Transport von Aushubmaterial, Steinblöcken, Zuschlagstoffen usw../ Autocarro con cassa per trasporto materiale di scavo, massi, inerti ecc. con	140 h	90,67/ h = € 12.693,8

Kranwagen, mit Teleskopkran, einschließlich Antransport zur Baustelle und Abtransport von der Baustelle. /Autogru telescopica, compreso il trasporto al cantiere e dal cantiere.	24 h	€ 155,78/h = 3738,72
Allgemeiner Aushub, maschinell ausgeführt, in Material jedwelcher Konsistenz und Natur/ Scavo di sbancamento eseguito con mezzi meccanici di scavo, in materiale di qualunque consistenza e natura	1800 m ³	€ 5,55/m ³ = € 9990,0
Allgemeiner Aushub in Pickelfels./ Scavo di sbancamento in roccia da piccone	150 m ³	€ 16,32/m ³ = € 2448,0
Rodungen./ Disboscamento compreso taglio di piante	1500m ²	€ 2,80/m ² = € 4200
Deponiegebühren./ diritti di discarica	100 m ³	€ 39,13/m ³ = € 3913,0
Summe		€ 773.000,0
TOTAL		€ 1.309.542

Die deutsche Version ist rechtsgültig.

Fa fede la versione in tedesco.

Bozen, November 2014

Dr. Geol. Gianluca Cotza



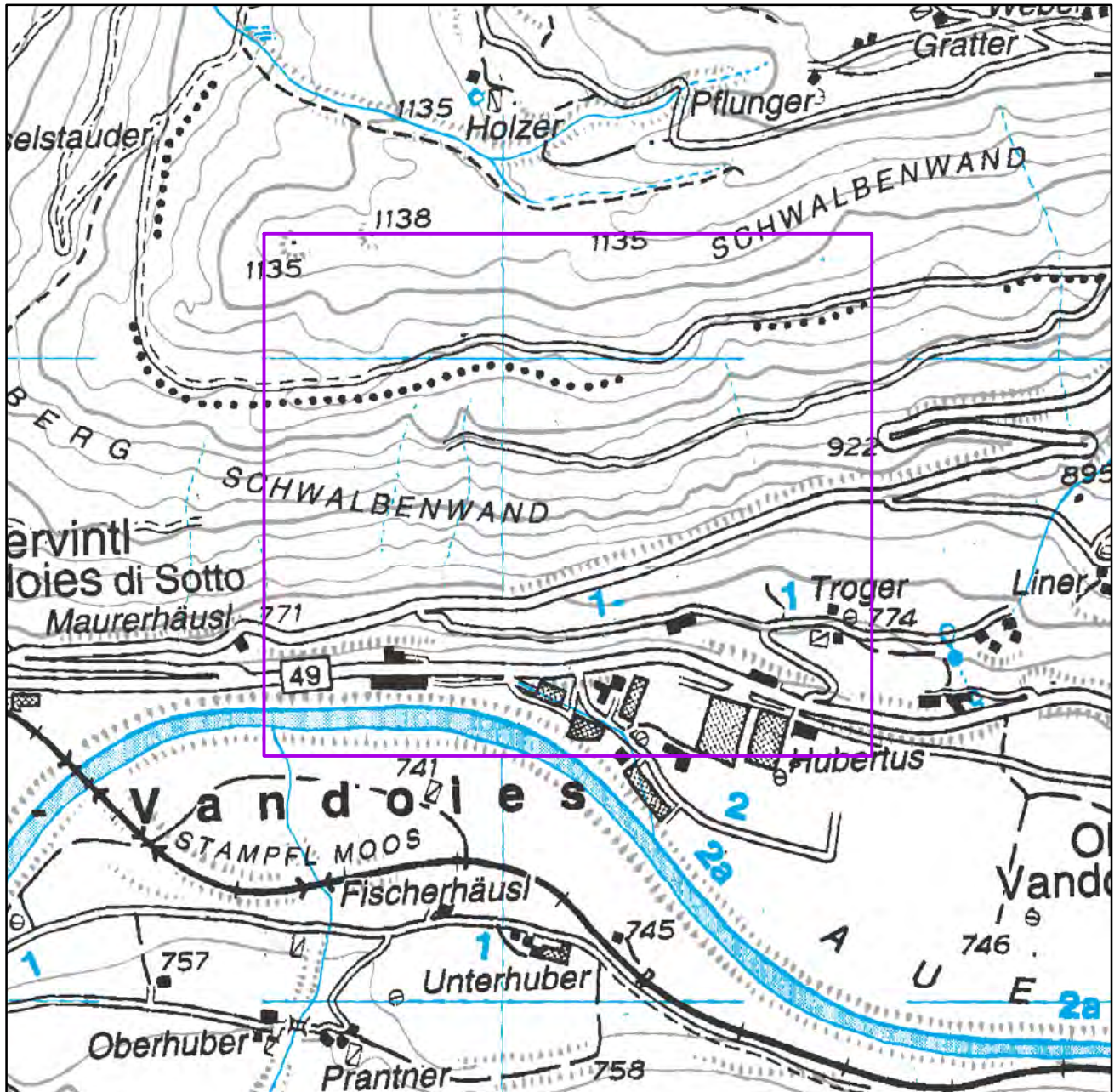


ANLAGE/ALLEGATO 1

Übersichtskarte

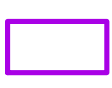
Übersichtskarte - Corografia

Anlage 1



1:10.000 N

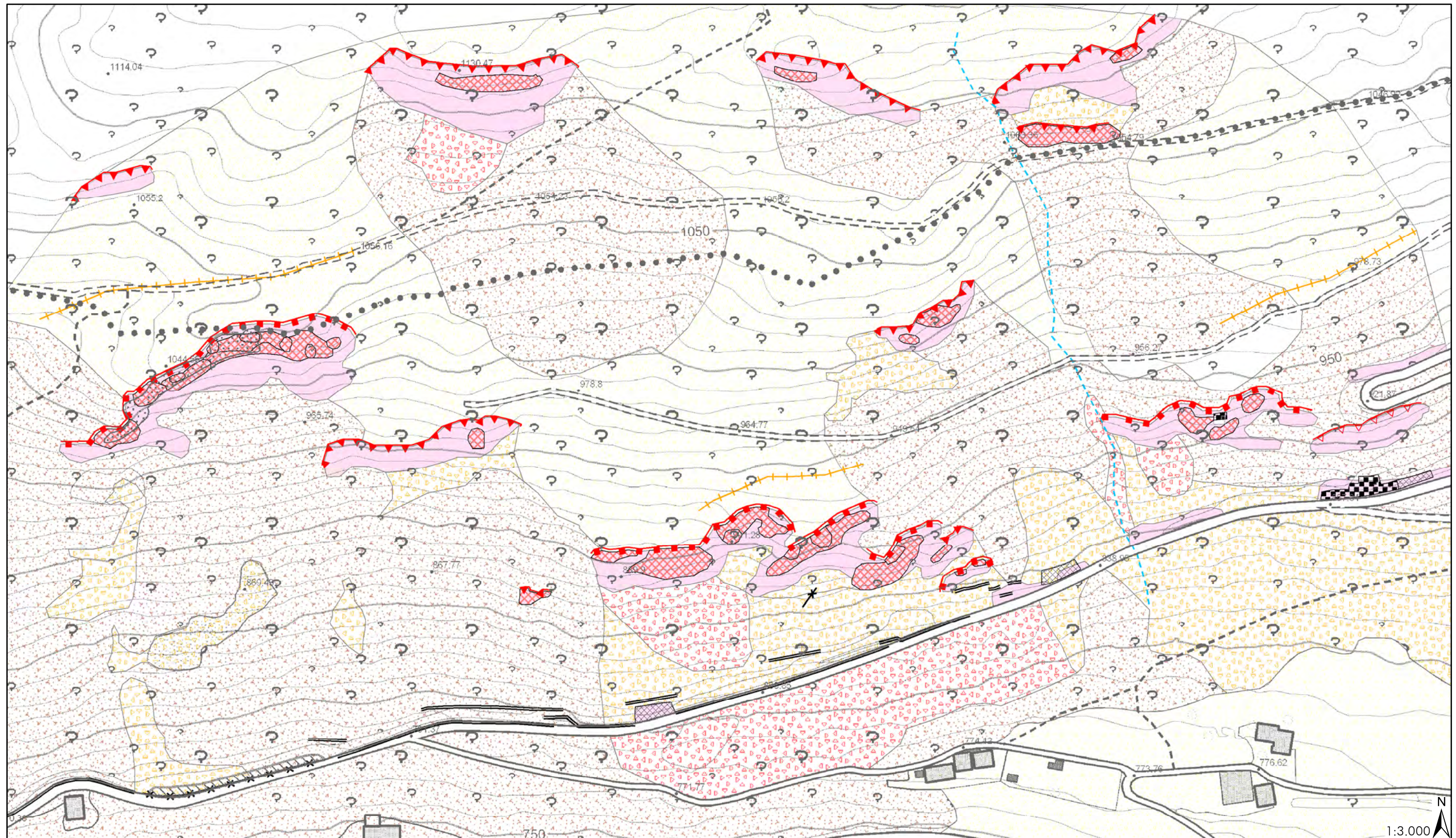
Legende - legenda

 Untersuchungsgebiet
area di indagine


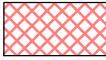

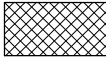

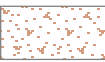


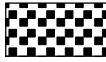

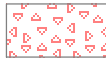

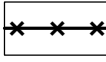

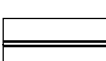




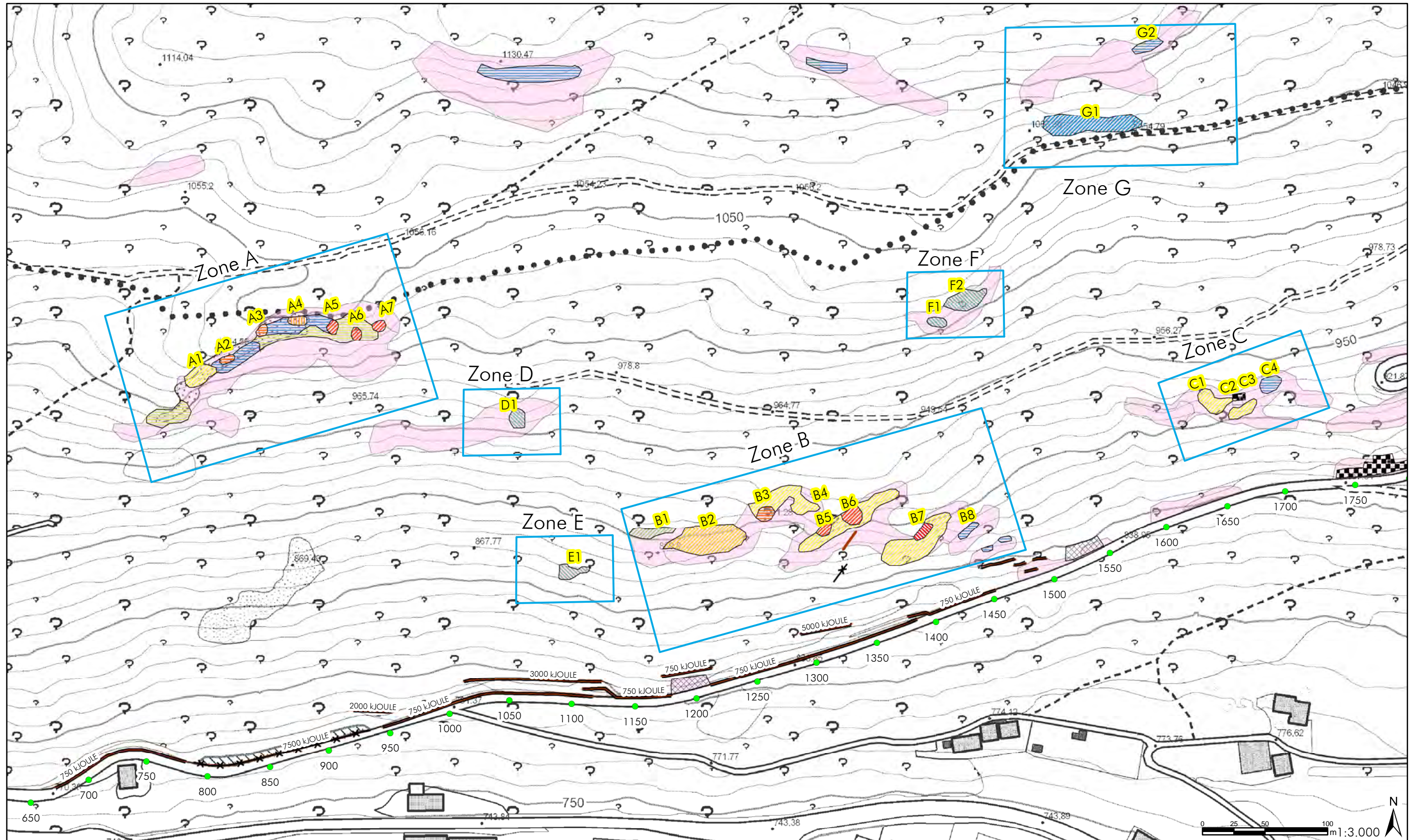
ANLAGE/ALLEGATO 2
Geologisch-, Geomorphologische Karte
Carta geologica e geomorfologica



Legende/legenda

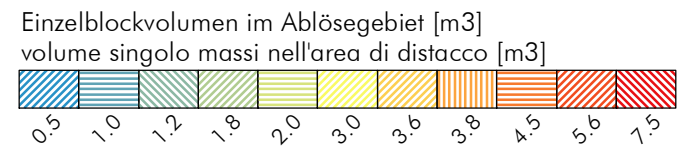
 Brixner Granit, anstehend granito di Bressanone, affiorante	 Ablösegebiet, Stein-, und Blockschlag area di distacco massi	 Anbruchkante Sturz, BlockØ > 2 m nicchia di distacco, Øblocchi > 2m	 anliegendes Schutznetz rete in aderenza	 Felsnagel bullone da roccia
 Sturz- u./o. Verwitterungsschutt detrito di falda- e/o di versante	 Blockschutt Ø < 0.5m detrito a grossi blocchi Ø < 0.5m	 Anbruchkante Sturz, BlockØ 0,5 - 2 m nicchia di distacco, Øblocchi 0,5 - 2 m	 Netzpanel pannello id rete	
 glaziale Ablagerung; undifferenziert deposito glaciale; non differenziato	 Blockschutt Ø > 0.5m detrito a grossi blocchi Ø > 0.5m	 Anbruchkante Sturz, BlockØ < 0.5 m nicchia di distacco, Øblocchi < 0.5m	 Steinschlagschutzdamm vallo paramassi	
		 morphologische Stufe gradino morfologico	 Steinschlagschutzzaun barriera paramassi	

ANLAGE/ALLEGATO 3
Detailerhebung der Ablösegebiete
Rilievo di dettaglio delle zone di distacco



Legende/legenda

- Brixner Granit, anstehend granito di Bressanone, affiorante
- A7 Detailzonen zone di dettaglio

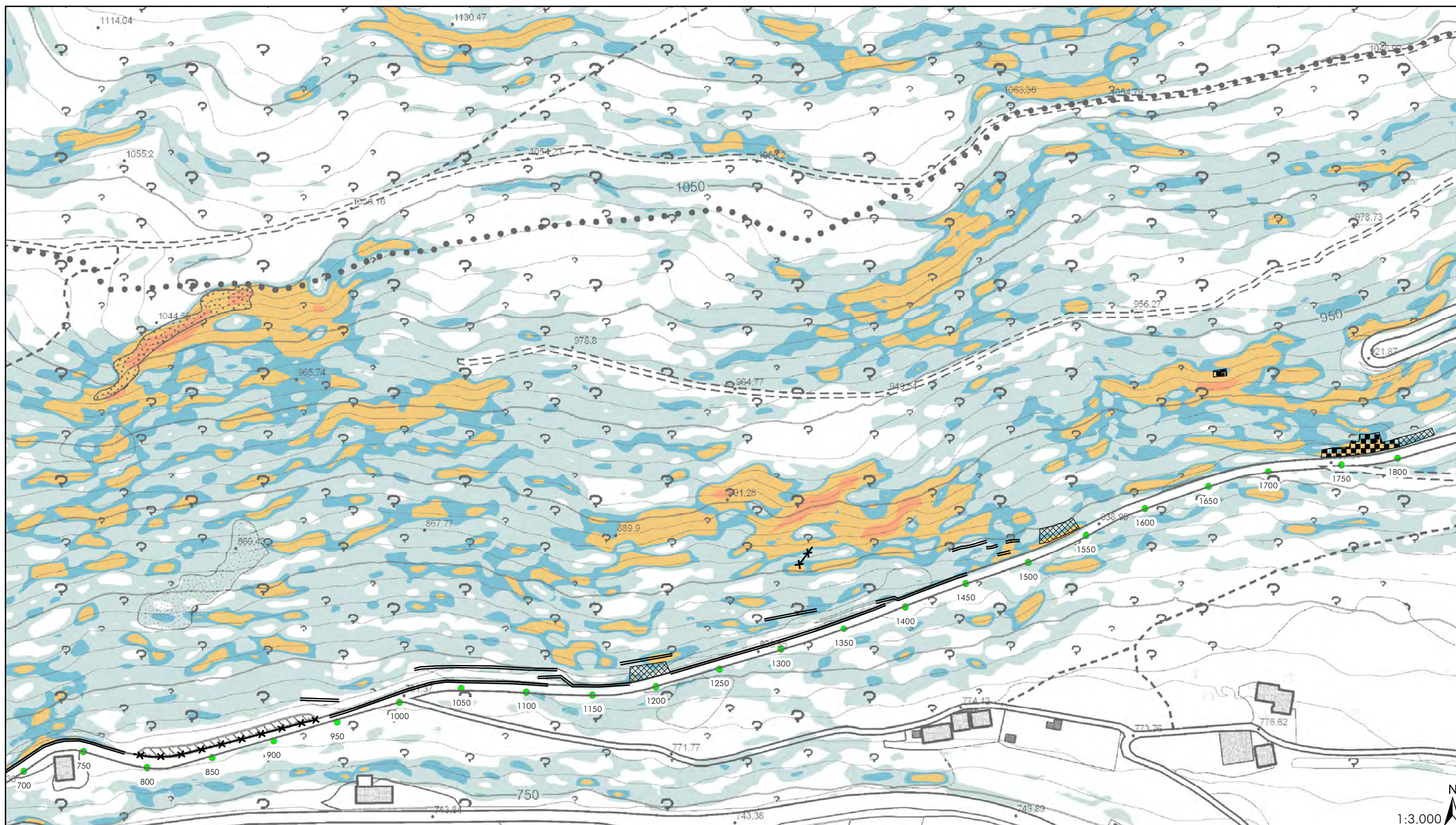


Bestehende Schutzverbauungen

- anliegendes Schutznetz rete in aderenza
- Netzpanel pannello id rete
- Steinschlagschutzdamm vallo paramassi
- Steinschlagschutzzaun barriera paramassi
- * Felsnagel bullone da roccia
- Kilometerangabe LS.40 chilometraggio LS.40

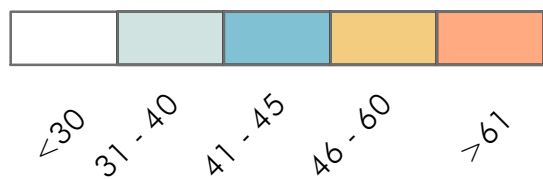
ANLAGE/ALLEGATO 4
Neigungskarte
Carta delle acclività

Neigungskarte/Cata delle acclività [°]


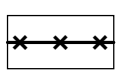
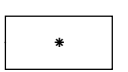

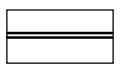



Legende

Neigung/acclività [°]



Bestehende Schutzverbauungen

- | | | |
|---|--|--|
|  anliegendes Schutznetz rete in aderenza |  Steinschlagschutzdamm vallo paramassi |  Felsnagel bullone da roccia |
|  Netzpanel pannello id rete |  Steinschlagschutzzaun barriera paramassi |  Kilometerangabe LS.40 chilometraggio LS.40 |

ANLAGE/ALLEGATO 5

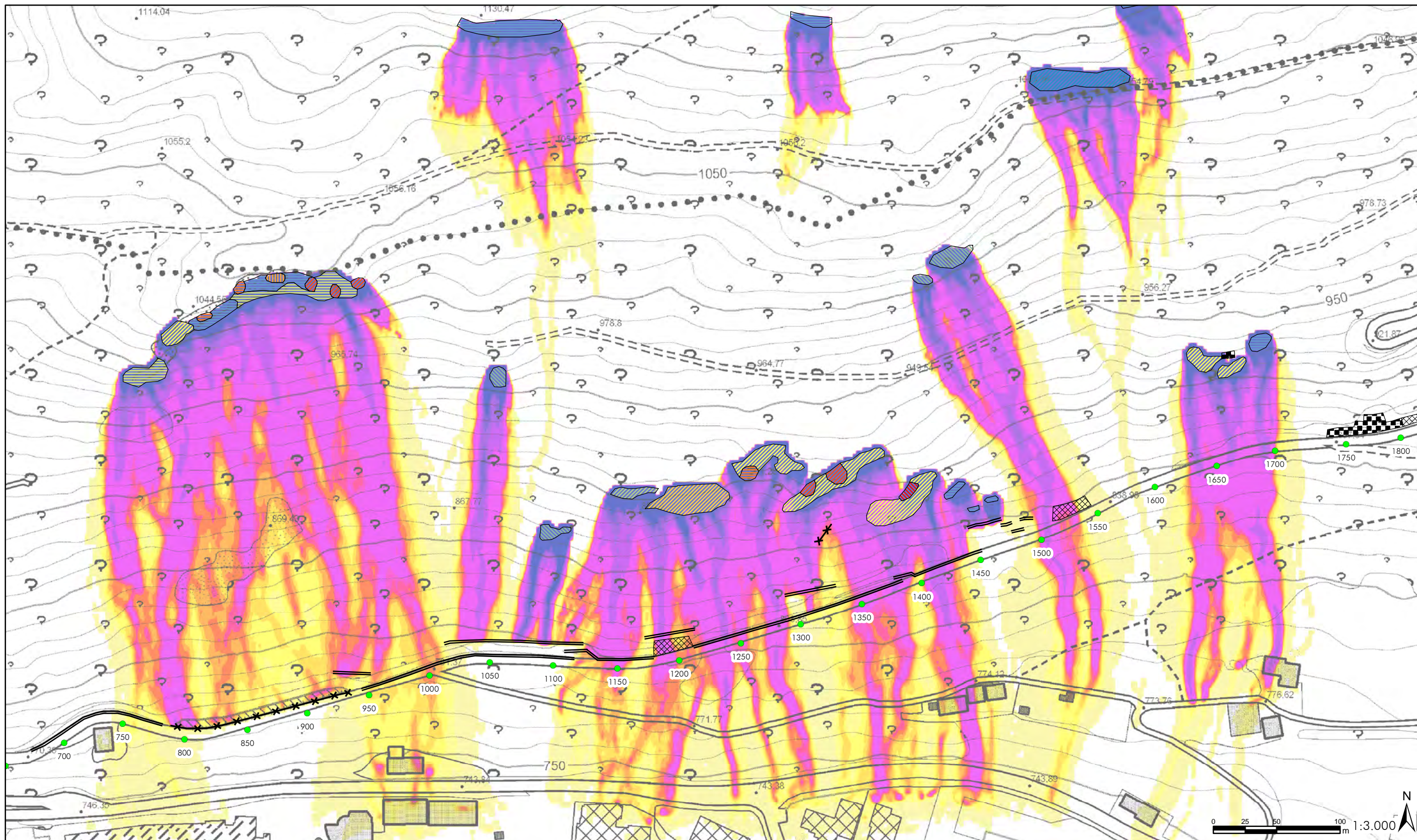
Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen –

Wahrscheinliche Sturzausbreitung [%]

Simulazione con opere di protezione esistenti –

probabilità di raggiungimento [%]

Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen – Wahrscheinliche Sturzausbreitung [%]
 Simulazione con opere di protezione esistenti – probabilità di raggiungimento [%]

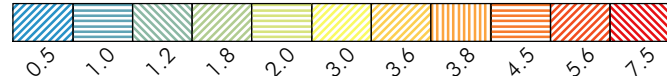


Legende

Reach_probability - %



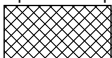
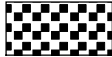
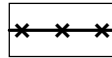
Einzelblockvolumen im Ablösegebiet [m3]
 volume singolo massi nell'area di distacco [m3]





Kilometerangabe LS.40
 chilometraggio LS.40



Bestehende Schutzverbauungen
 opere di protezione esistenti

-  anliegendes Schutznetz
rete in aderenza
-  Netzpanel
pannello id rete
-  Steinschlagschutzdamm
vallo paramassi

-  Steinschlagschutzzaun
barriera paramassi
-  Felsnagel
bullone da roccia

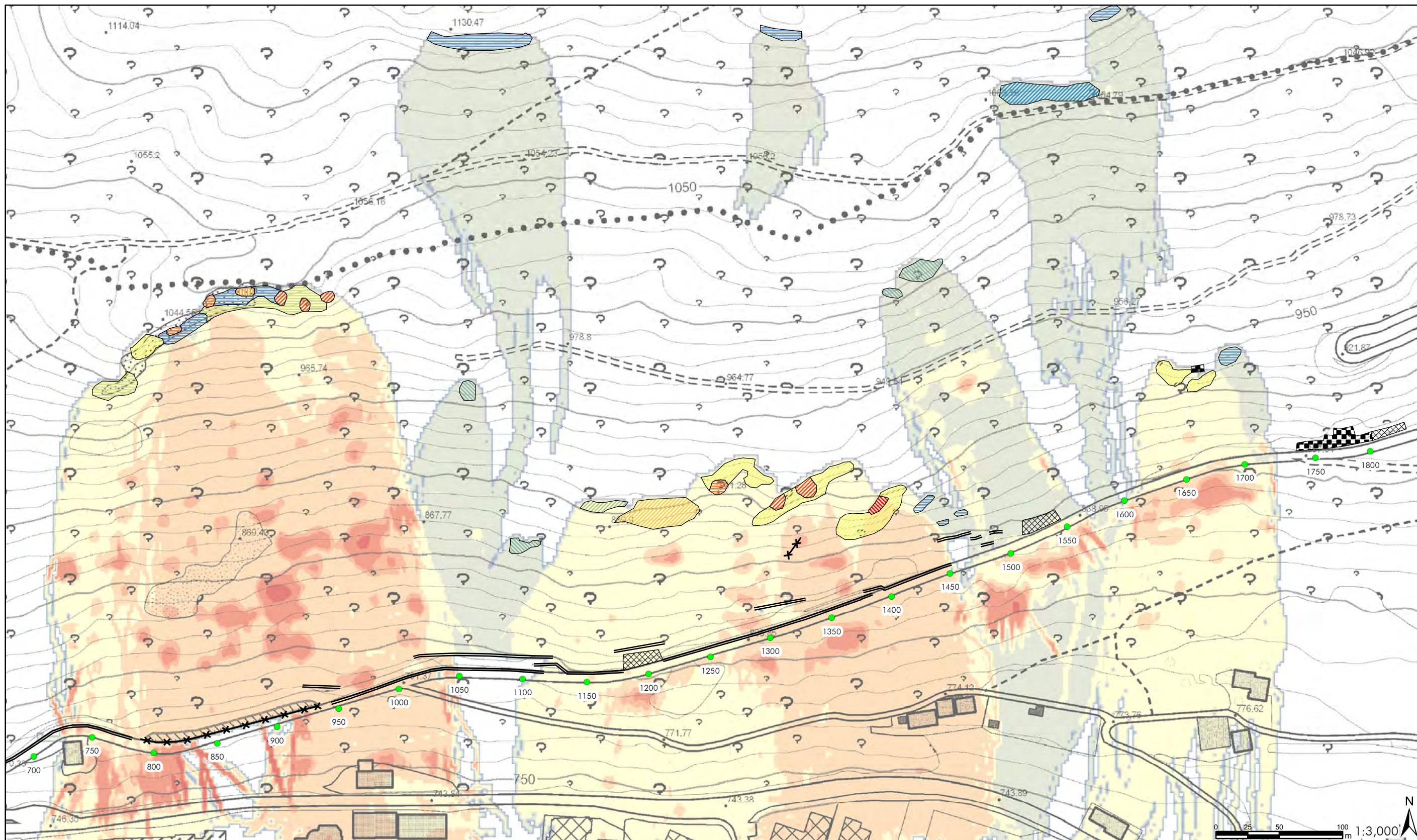


ANLAGE/ALLEGATO 6

Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen –
Mittelwerte der max. Spunghöhen [m]

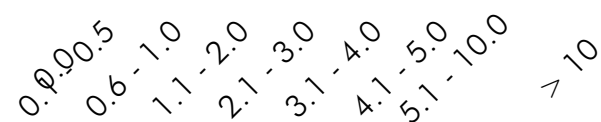
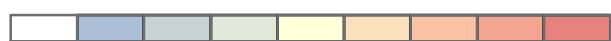
Simulazione con opere di protezione esistenti –
altezze di rimbalzo [m]

Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen – max. Spunghöhen [m]
 Simulazione con opere di protezione esistenti – altezze di rimbalzo [m]

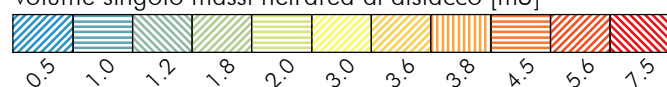


Legende

Ph_95CI - Sprunghöhe/altezza di rimbalzo [m]



Einzelblockvolumen im Ablösegebiet [m3]
 volume singolo massi nell'area di distacco [m3]



● Kilometerangabe LS.40
 chilometraggio LS.40

Bestehende Schutzverbauungen
 opere di protezione esistenti

- anliegendes Schutznetz
rete in aderenza
- Netzpanel
pannello id rete
- Steinschlagschutzdamm
vallo paramassi
- Steinschlagschutzzaun
barriera paramassi
- Felsnagel
bullone da roccia

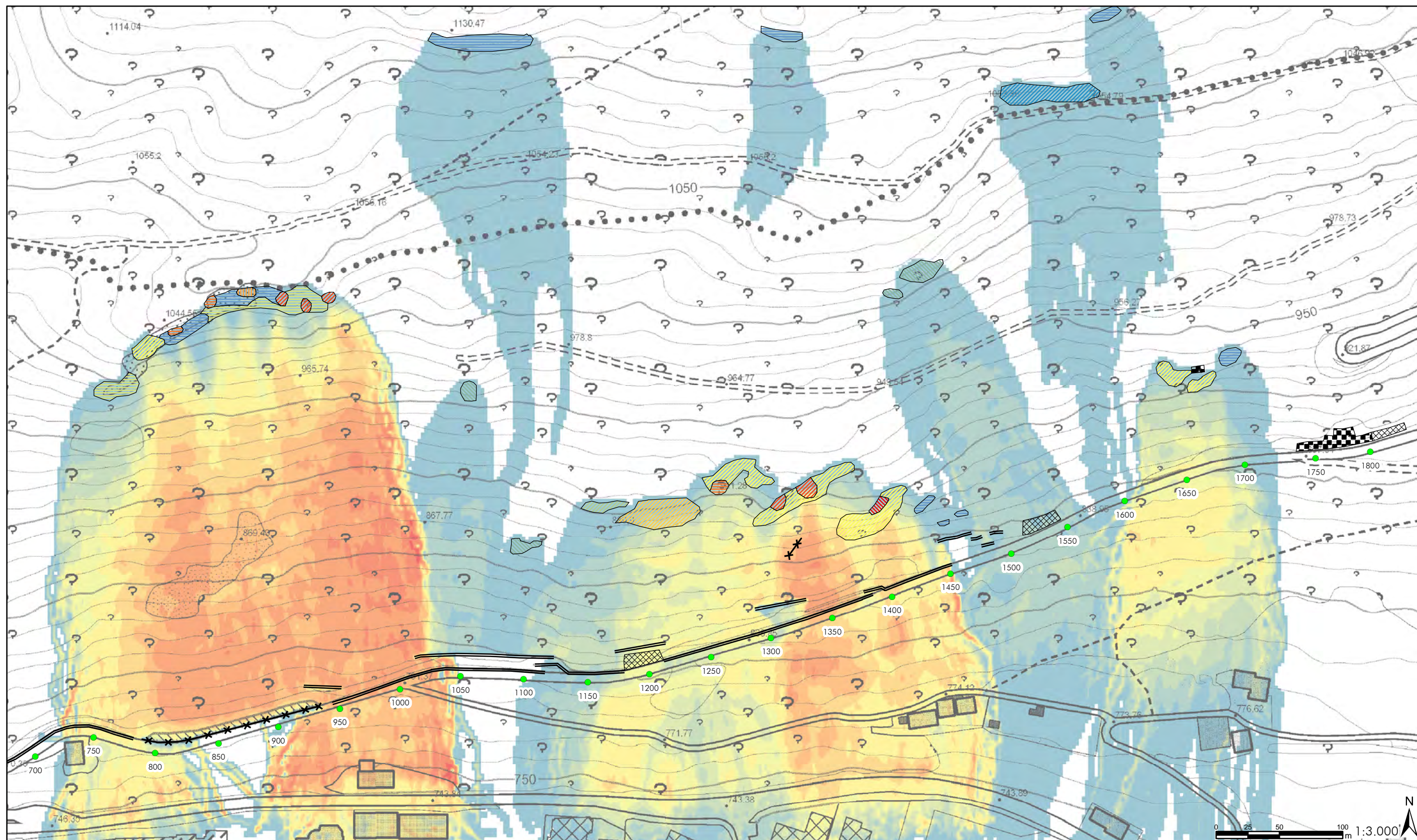


ANLAGE/ALLEGATO 7

Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen –
Impaktenergien [kJoule]

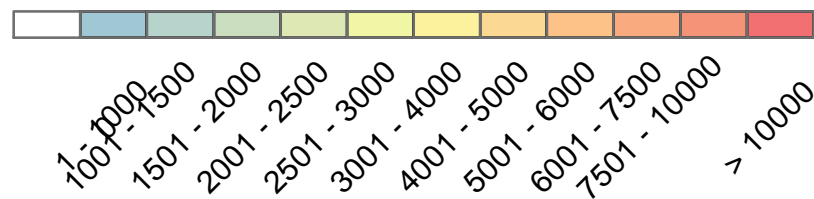
Simulazione con opere di protezione esistenti –
energia cinetica [kJoule]

Sturzsimulation mit bestehenden Schutzmaßnahmen – Impaktenergien [kJoule]
 Simulazione con opere di protezione esistenti – energia cinetica [kJoule]

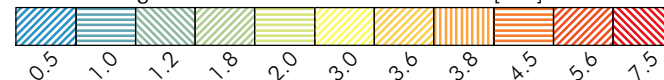


Legende

E_95CI - kin. Energie/energia cinetica [kJoule]



Einzelblockvolumen im Ablösegebiet [m3]
 volume singolo massi nell'area di distacco [m3]



Kilometerangabe LS.40
 chilometraggio LS.40



Bestehende Schutzverbauungen
 opere di protezione esistenti

- anliegendes Schutznetz
rete in aderenza
- Netzpanel
pannello id rete
- Steinschlagschutzdamm
vallo paramassi
- Steinschlagschutzzaun
barriera paramassi
- Felsnagel
bullone da roccia

ANLAGE/ALLEGATO 8

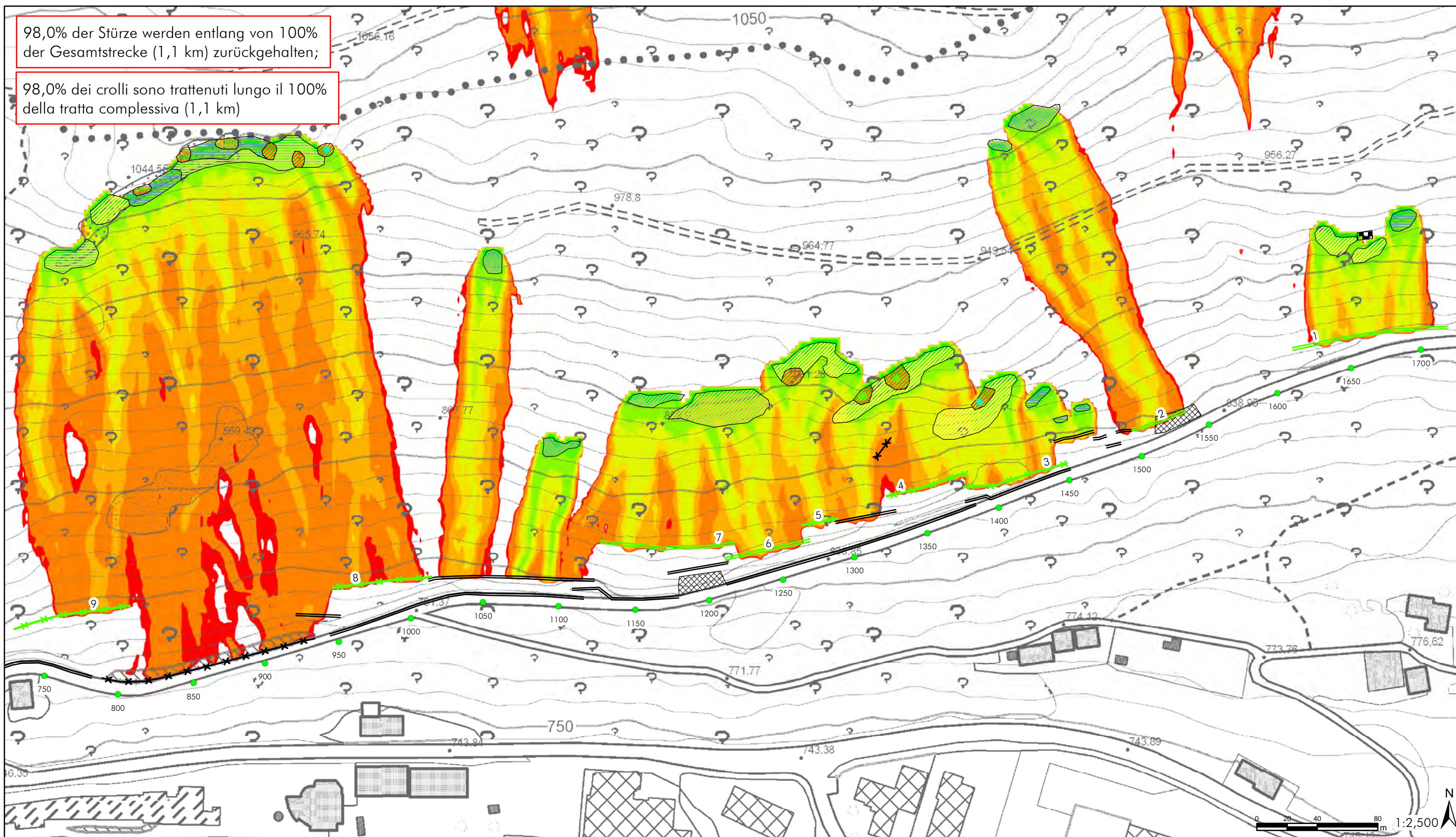
Sturzsimulation mit geplante Schutzmaßnahmen –

Wahrscheinliche Sturzausbreitung 2,0 [%]

Simulazione con opere di protezione pianificate –

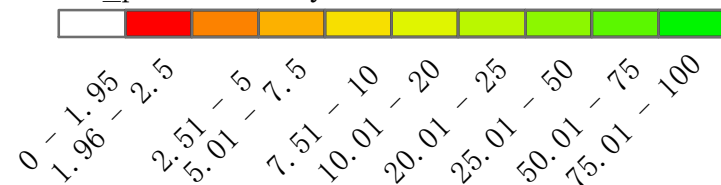
probabilità di raggiungimento 2,0 [%]

Sturzsimulation mit geplante Schutzmaßnahmen – Wahrscheinliche Sturzausbreitung [%]
 Simulazione con opere di protezione pianificate – probabilità di raggiungimento [%]

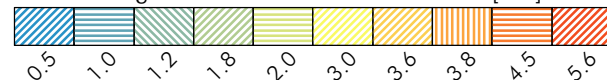


Legende

Reach probability - %



Einzelblockvolumen im Ablösegebiet [m3]
 volume singolo massi nell'area di distacco [m3]



Kilometerangabe LS.40
 chilometraggio LS.40

Geplante Schutzverbauungen
 opere di protezione pianificate

- Steinschlagschutzdamm vallo paramassi
- Steinschlagschutzzaun barriera paramassi
- Felsnagel bullone da roccia
- Monitoring mit Kluffextensimeter monitoraggio con estensimetri a barra

ANLAGE/ALLEGATO 9

Übersichtskarte:

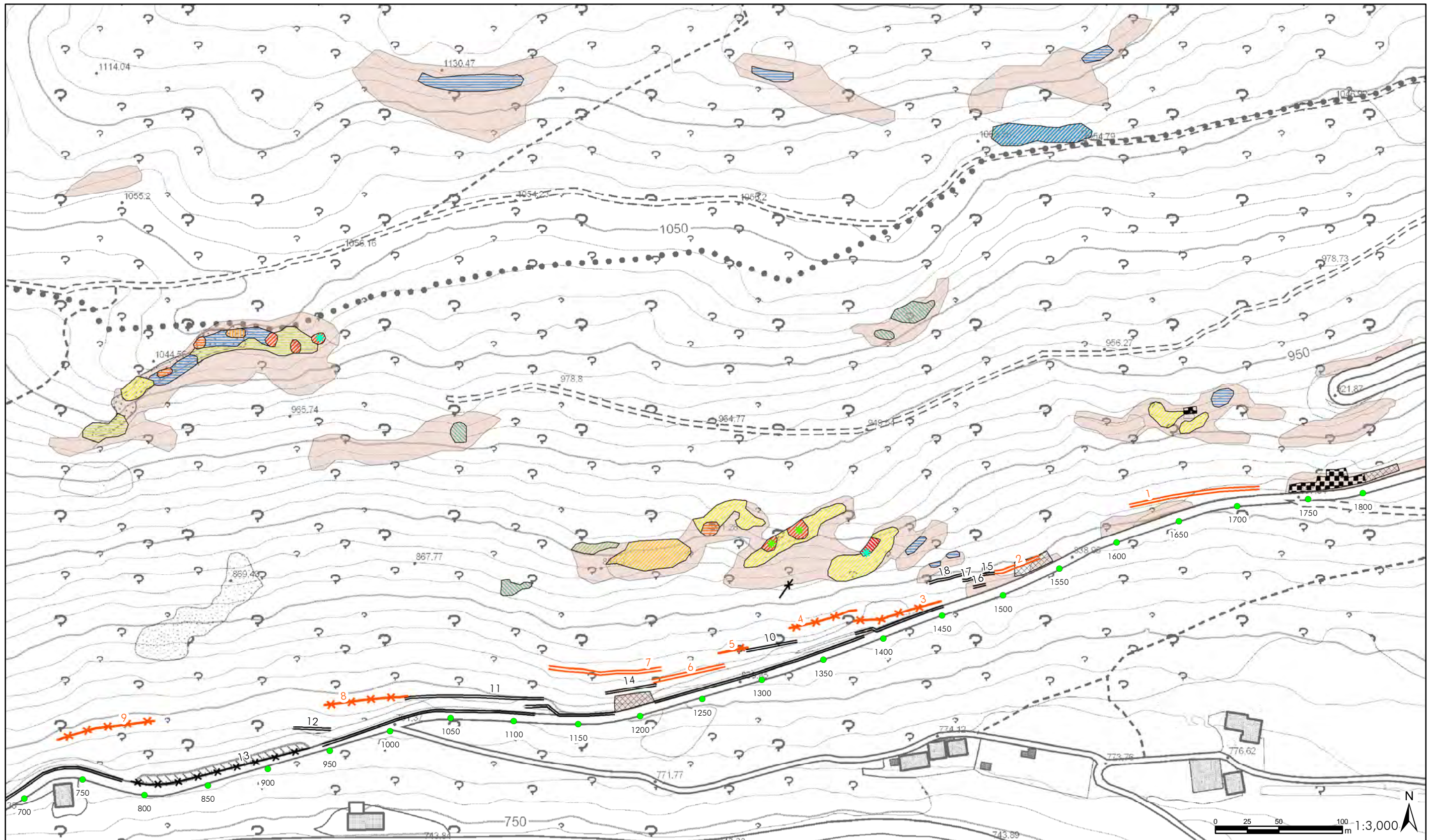
bestehende und geplante Schutzmaßnahmen

Corografia:

opere di protezione esistenti e pianificate

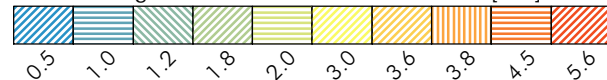
Übersichtskarte: geplante und bestehende Schutzmaßnahmen

Corografia: opere di protezione esistenti e pianificate



Legende

Einzelblockvolumen im Ablösegebiet [m3]
 volume singolo massi nell'area di distacco [m3]



Kilometerangabe LS.40
 chilometraggio LS.40

Felsaufschluss
 roccia affiorante

Geplante Schutzverbauungen
 opere di protezione pianificate

Steinschlagschutzdamm
 vallo paramassi

Steinschlagschutzzaun
 barriera paramassi

Felsnagel
 bullone da roccia

Monitoring mit Kluffextensiomter
 monitoraggio con estensimetri a barra

Bestehende Schutzverbauungen
 opere di protezione esistenti

anliegendes Schutznetz
 rete in aderenza

Netzpanel
 pannello id rete

Steinschlagschutzdamm
 vallo paramassi

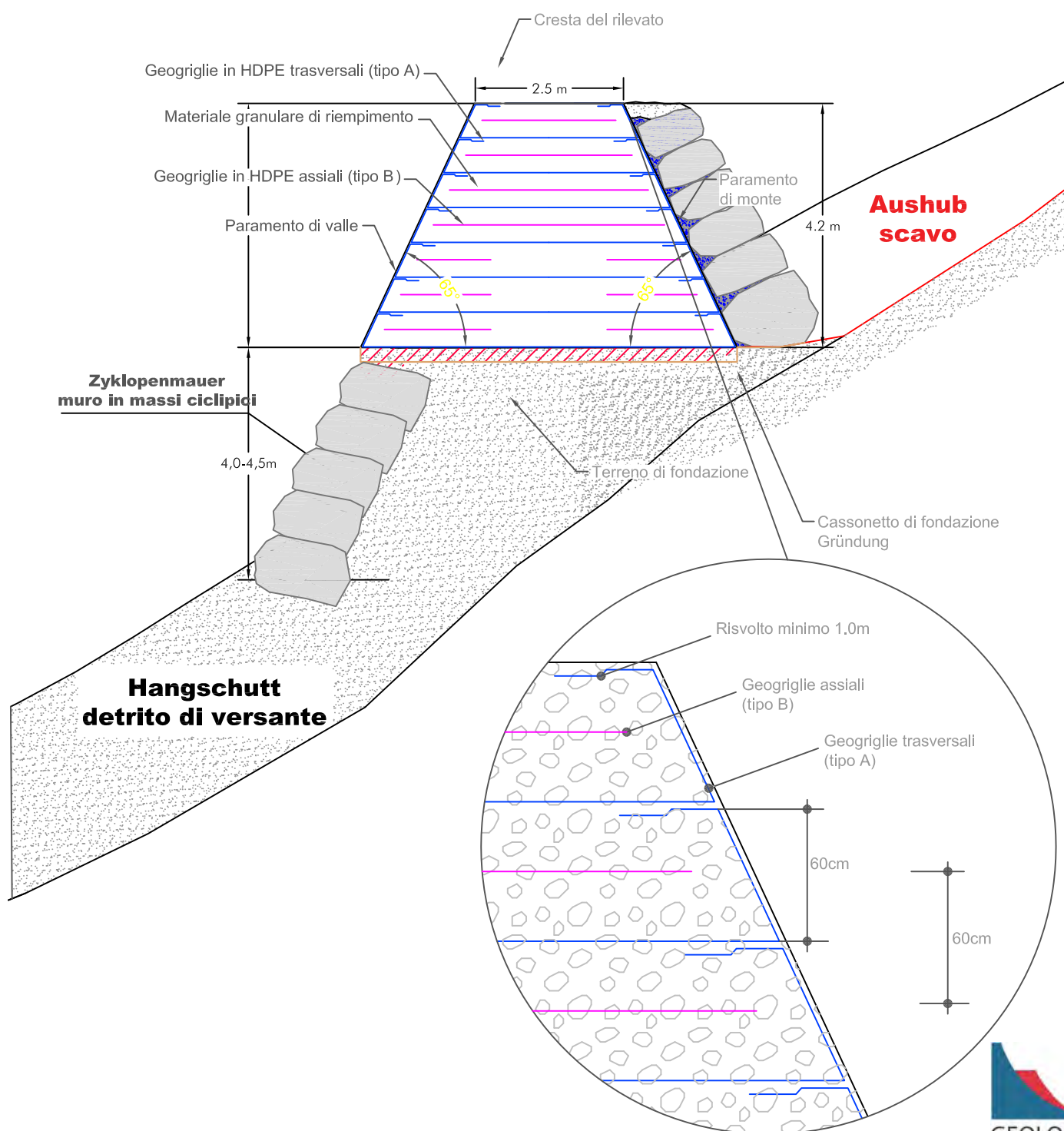
Steinschlagschutzzaun
 barriera paramassi

Felsnagel
 bullone da roccia

ANLAGE/ALLEGATO 10
Regelquerschnitt: Schutzdamm
Sezione tipo: vallo paramassi

Schutzdamm: Regelquerschnitt Vallo paramassi: Sezione tipo

Maßstab/ scala 1:100



ANLAGE/ALLEGATO 11
Fotodokumentation
Documentazione fotografica

Fotodokumentation/documentazione fotografica



Zone A1: Kluftsystem K1(160/70) ist am persistent und parallel zur Felswand; begünstigt ebenes Gleiten in Richtung S aus subvertikaler Wand

Zona A1: sistema di giunti K1(160/70) mostra la maggiore persistenza ed è parallelo alla parete rocciosa; favorisce lo scivolamento in direzione S dalla parete subverticale



Zone A2: Rezenter Blockschlag; Einzelblockvol. 1,5- 3,0 m³

Zona A2: crollo recente; volume blocco singolo 1,5- 3,0 m³



Zone A2: Aktive Ausbruchzone: Einzelblockvol. 1,5- 3,0 m³; Gleiten entlang vom Verschnitt zwischen K3(210/30) u. K1(100/80)

Zona A2: Zona di distacco attiva: volume blocco singolo 1,5- 3,0 m³; scivolamento lungo il piano di intersezione tra K3(210/30) u. K1(100/80)



Zone A3: Aktive Ausbruchzone: Ebenes Gleiten nach K1'(130/45); K1' ist sehr persistent und bildet die bevorzugte Entlastungskluft; Einzelblockvolumen: 1,0-3,0 m³

Zona A3: Zona di distacco attiva: scivolamento lungo il piano di K1'(130/45); K1' è molto persistente e rappresenta il piano di "detachment" preferenziale



Zone A5: Überhängender Felsbereich

Zona A5: sperone roccioso



Zone A6: Stark aufgelockerte Zone; schwache Aktivität; ca. 50 m³ Gesamtvolumen; max. Einzelblockvolumen: >5,0 m³

Zona A6: zona fortemente allentata; debole attività; volume max. blocco singolo >5,0 m³



Zone A7: Blick Richtung E; im Grenzgleichgewicht befindende, stark aufgelockerte Zone mit ca. 300 m³ Gesamtvolumen; max. Einzelblockvolumen 5,0-6,0 m³; basale Harnischfläche Hf(115/58); Kluffflächen K1(130/85), K1'(150/50), K2(60/35), K3(220/60-75)

Zona A7: vista in direzione E; zona in equilibrio limite con ca. 300 m³ Vol. complessivo; volume max. blocco singolo 5,0-6,0 m³; piani dei giunti K1(130/85), K1'(150/50), K2(60/35), K3(220/60-75)



Zone A7: Detaillansicht; der aufgelockerte Bereich wird mit 9 Glasspionen versehen, die alle intakt sind

Zona A7: vista di dettaglio; la zona allentata è monitorata con 9 placchette in vetro tutte intatte



Zone A7: Detailansicht Fußbereich (oben) und Kopfbereich (unten) mit offenen Klüften

Zone A7: Detailansicht der Glasspione

Zona A7: dettaglio del piede (sopra) e della parte sommitale (sotto) con fratturazione aperta

Zona A7: dettaglio delle placchette in vetro



Zone B1: Persistentes Kluftsystem K1(160/85) begrenzt stark aufgelockerte Zone mit Zugrissen; geneigte Kiefern; Harnischfläche Hf(210/30) bildet die basale Gleitfläche; max. Einzelblockvolumen ca. 1,8 m³

Zona B1: sistema di giunti persistente K1(160/85) delimita zona molto allentata con fratture a trazione; pini inclinati; specchio di faglia Hf(210/30) forma il pinaco di scivolamento basale; volume max. blocco singolo ca. 1,8 m³



Zone B2: Felsaufschluß mit offenen, nicht gefüllten Klüften; max. Einzelblockvolumen ca. 3,6 m³

Zona B2: affioramento roccioso con fratturazione aperta, non riempita; volume max. blocco singolo ca. 3,6 m³



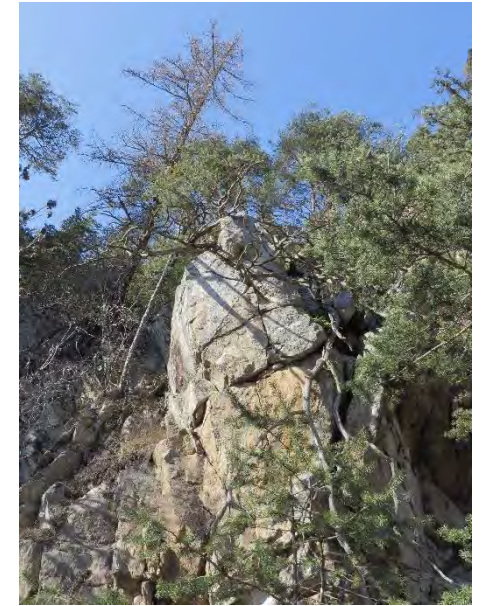
Zone B3: Aktive Ausbruchzone, offene Klüfte begrenzen Einzelkluftkörper mit max. Volumen von $4,5 \text{ m}^3$

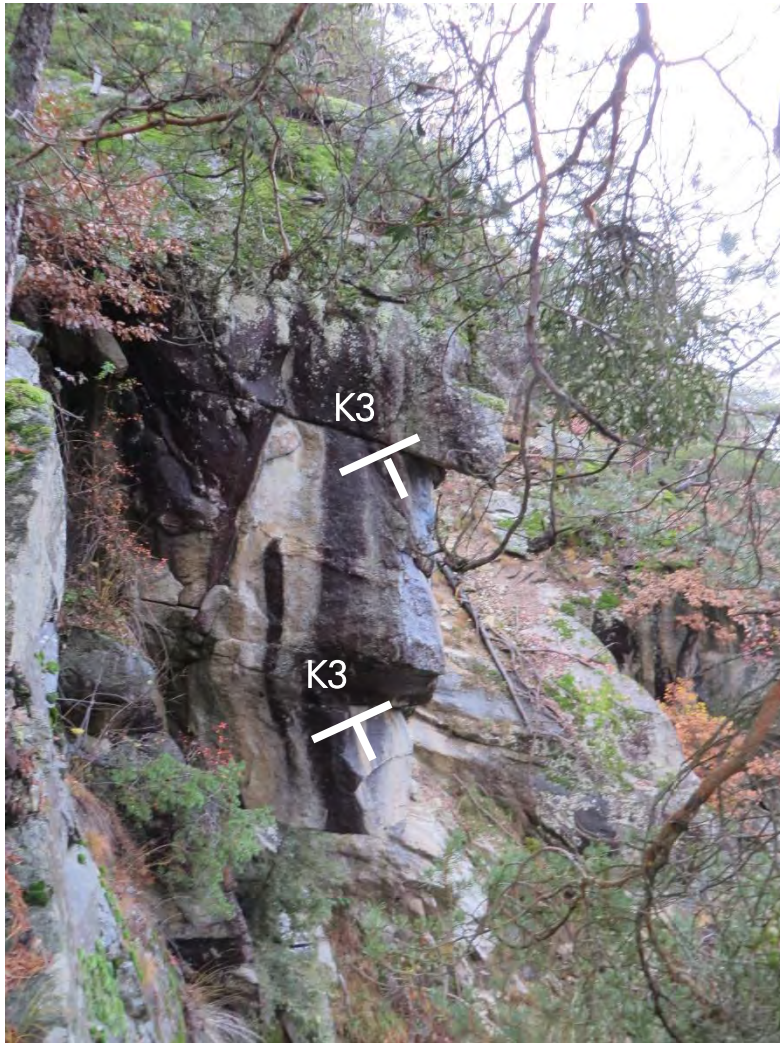
Zone B3: Zona di distacco attiva; fratturazione aperta delimita volumi rocciosi con volume max. di $4,5 \text{ m}^3$



Zone B4: basale Harnischfläche Hf(210/35) ermöglicht ebenes Gleiten; max. Einzelkluftkörper ca. $3,0 \text{ m}^3$

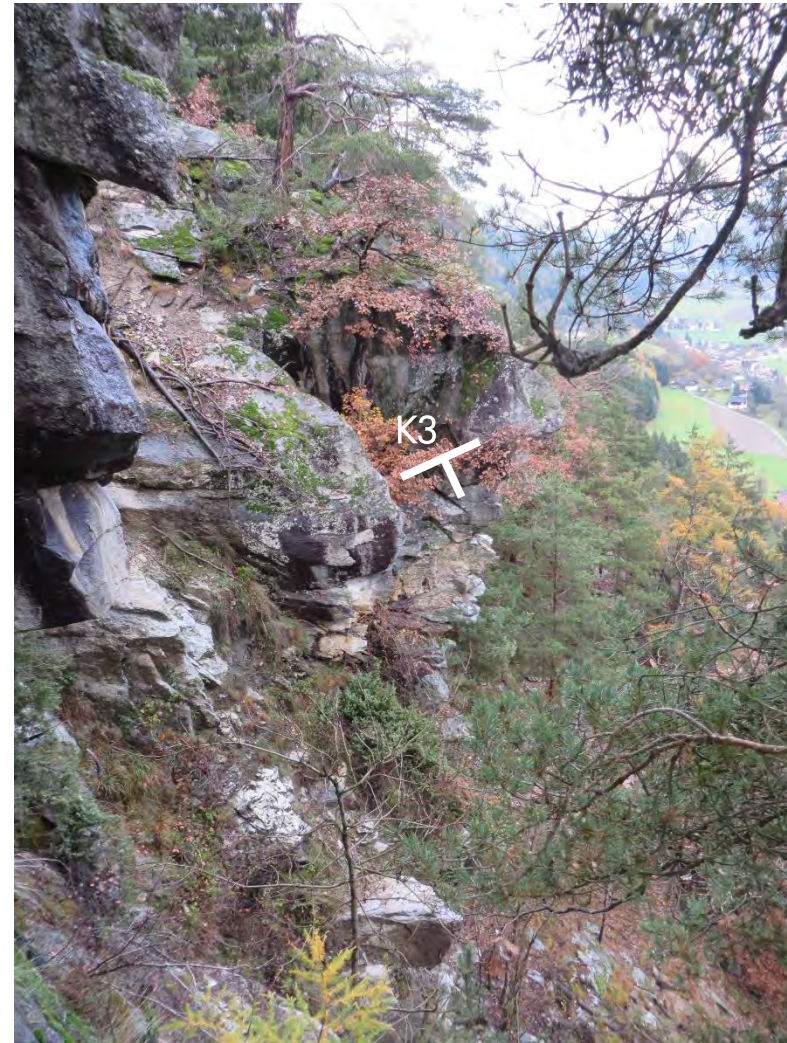
Zona B4: specchio di fagli basale Hf(210/35) con potenziale scivolamento; volume max. blocco singolo ca. $3,0 \text{ m}^3$





Zone B5: Einzelluftkörper $>5,5\text{m}^3$ von Gleitfläche K3(220/35) begrenzt, K1(140/80) und K4 (320/85) begrenzen die Klufkörper

Zona B5: volume max. blocco singolo $>5,5\text{m}^3$ delimitato da piano di scivolamento K3(220/35); K1(140/80) e K4 (320/85) delimitano i corpi rocciosi



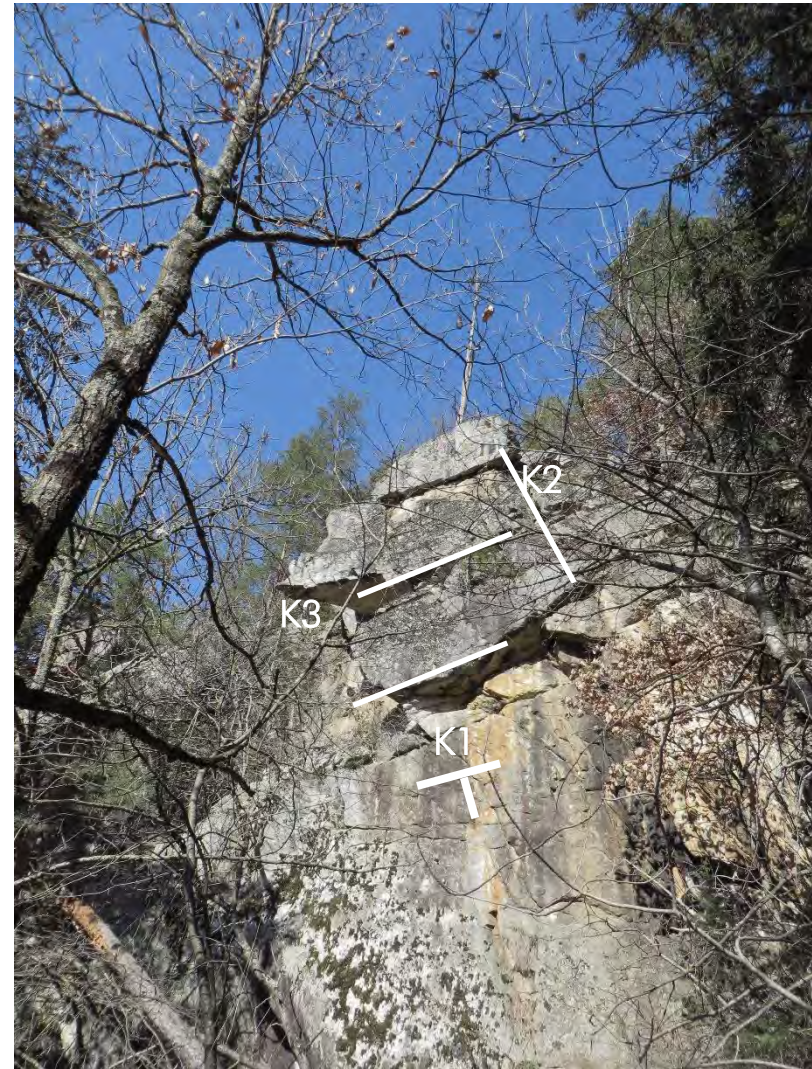
Zone B6: Einzelluftkörper $>5,5\text{m}^3$ von Gleitfläche begrenzt K3(220/35)

Zona B6: volume max. blocco singolo $>5,5\text{m}^3$; delimitato da piano di scivolamento K3(220/35)



Zone B7: Zwei Klufkörper zu jeweils 20 m³ und 25 m³, rückseitig von K1 (140/85), K2(250/65) und an der Basis von K3(210/25) begrenzt (Blick nach E)

Zona B7: due corpi rocciosi con volumi di 20 m³ und 25 m³, delimitati a tergo da K1 (140/85), K2(250/65) e alla base da K3(210/25) (vista vero E)



Zone B7: Zwei Klufkörper zu jeweils 20 m³ und 25 m³ rückseitig von K1 (140/85), K2(250/65) und an der Basis von K3(210/25) begrenzt (Blick nach N)

Zona B7: due corpi rocciosi con volumi di 20 m³ und 25 m³, delimitati a tergo da K1 (140/85), K2(250/65) e alla base da K3(210/25) (vista vero N)



Zone B7: wie oben; Kopfbereich mit Blickrichtung W
Zona B7: come sopra; sommità con vista verso W



Zone B7: wie oben; Kopfbereich mit Blickrichtung S
Zona B7: come sopra; sommità con vista verso W



Zone C1: Ausbruchzone Blockschlag; max. Einzelblockvol. bis 3,0 m³
 Zona C1: zona di distacco massi; volume max. blocco singolo sino a 3,0 m³

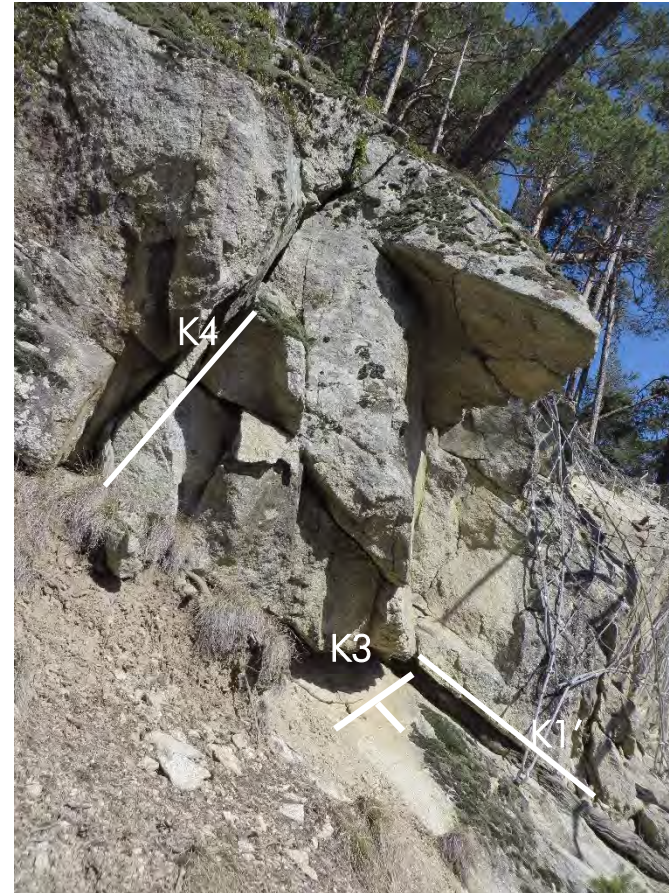


Zone C2: Harnischfläche Hf(225/42) begrenzt Felskörper und ermöglicht ebenes Gleiten in Richtung SW; max. Einzelblockvol. bis 3,0 m³
 Zona C2: piano di scivolamento Hf(225/42) delimita corpo roccioso; potenziale scivolamento in direzione SW: volume max. blocco singolo sino a 3,0 m³



Zone C3: Mit Netzpanele und Felsnägel gesicherte Zone

Zona C3: zona messa in sicurezza con chiodatura e pannelli di rete



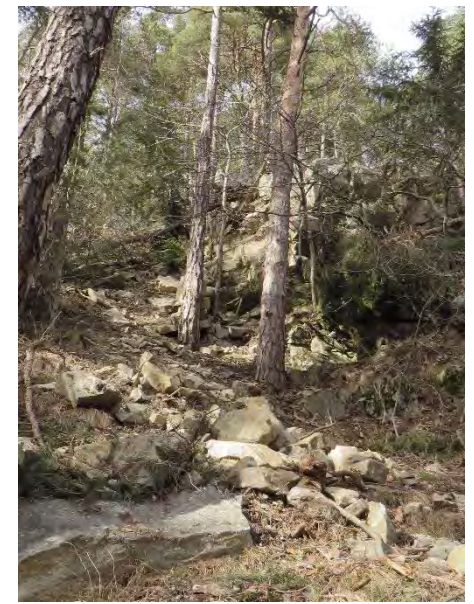
Zone C3: unmittelbar westlich der Zone: von offenen Klüften begrenzter Kluttkörper; Gleitfläche K1'(160/58) und K3(250/50); Zugriß K4(320/60); max. Einzelblockvol. bis 3,0 m³

Zona C3: confinante a W alla zona: fratturazione aperta delimita blocchi; piano di scivolamento K1'(160/58) e K3(250/50); frattura a trazione K4(320/60); volume max. blocco singolo sino a 3,0 m³



Zone D1: Aufgelockerte Bereiche mit Einzelblockvol. bis 1,2 m³

Zona D1: zone allentate con volume max. blocco singolo sino a 1,2 m³



Zone E1: aktive Ausbruchzone mit Einzelblockvol. bis 1,2 m³

Zona D1: zona di distacco attiva con volume max. blocco singolo sino a 1,2 m³



Zone F1: Ausbruchzone mit Einzelblockvol. bis 1,2 m³

Zona F1: zona di distacco attiva con volume max. blocco singolo sino a 1,2 m³



Zone F2 (oben): Ausbruchzone mit Einzelblockvol. bis 1,2 m³

Zona F2 (sopra): zona di distacco con volume max. blocco singolo sino a 1,2 m³



Zone G2 (unten): potenzielle Ausbruchzone mit Einzelblockvol. bis 1,0 m³

Zona G2 (sotto): potenziale zona di distacco con volume max. blocco singolo sino a 1,0 m³