



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Comune di Grigno

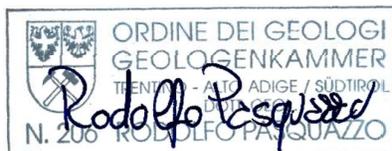
Committente:

COMUNE DI GRIGNO

PROGETTO: Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante
presente a monte del centro abitato nel comune di Grigno (Tn)

B) RELAZIONE GEOLOGICA

Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
CONFORME (contiene la relazione sulla modellazione sismica)



SERVIZI PER LA CONSULENZA GEOLOGICA E AMBIENTALE

Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante presente a monte del centro abitato
nel comune di Grigno (Tn)

SOMMARIO

INTRODUZIONE	3
1 RELAZIONE GEOLOGICA	5
1.1 Inquadramento rispetto agli strumenti normativi	6
1.1.1 Carta di sintesi geologica	6
1.1.2 Carta del rischio idrogeologico	7
1.2 Inquadramento geologico e geomorfologico	8
1.3 Situazione idrogeologica	9
1.3.1 Carta delle Risorse Idriche	9
1.3.2 Idrogeologia	10
1.3.3 Idrografia	10
1.4 Indagini eseguite	11
1.5 Modello geologico di riferimento	12
1.6 Terre e rocce da scavo	13
1.7 Modellazione sismica	14
1.7.1 Modello sismico del sito	14
2 CONCLUSIONI	16
1 RELAZIONE GEOTECNICA	18
1.1 Programma delle indagini e delle prove geotecniche	18
1.2 Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni e delle rocce	18
1.2.1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici → (Vk)	18
1.3 Modello geotecnico di riferimento	18
1.4 Verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU)	20
1.5 Resistenza dei terreni di fondazione	22
1.6 Analisi del dissesto a monte del nucleo abitato	22
2 CONCLUSIONI	24

INTRODUZIONE

Su incarico dell'amministrazione comunale del "Comune Di Grigno", è stato redatto il presente studio geologico tecnico a supporto del progetto per la **"Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante presente a monte del centro abitato nel comune di Grigno (Tn)"**.

Il presente studio è stato redatto per verificare le problematiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche relative al tratto di versante posto a nord del centro abitato di Grigno; le caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche del sottosuolo al fine di identificare le modalità di intervento per la messa in sicurezza delle aree in cui sono stati segnalati dissesti, che hanno comportato la caduta di massi dal versante verso le abitazioni e la sede del Municipio.

Di seguito si riporta un estratto del progetto (vedi figura **Figura 1** e **Figura 2**) che illustra lo stato dei luoghi e l'ubicazione dell'intervento in esame.



Fotografia 1. "Ortofoto satellitare 2017", scala a vista con indicati gli interventi.

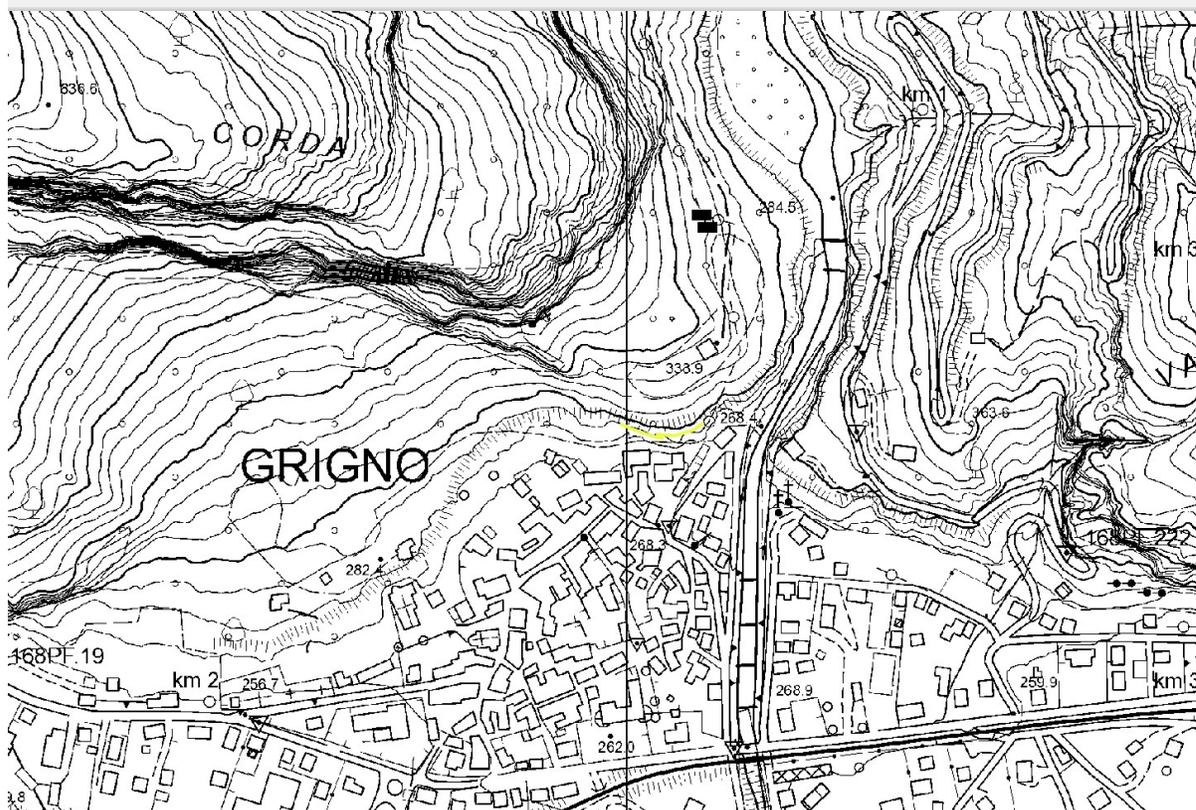


Figura 1. Estratto "Carta tecnica P.A.T. sez. 61160 "Grigno"

Il progetto, redatto dallo "Studio del Geologo Pasquazzo Rodolfo", è finalizzato alla realizzazione delle opere di messa in sicurezza del centro abitato nel Comune di Grigno. La parete rocciosa a monte dell'abitato ha un'altezza variabile da 10 a circa 25 metri, si presenta generalmente in uno stato fessurato molto marcato, con isolamento di porzioni rocciose di alcuni metri cubi e numerosi blocchi inferiori al mc.

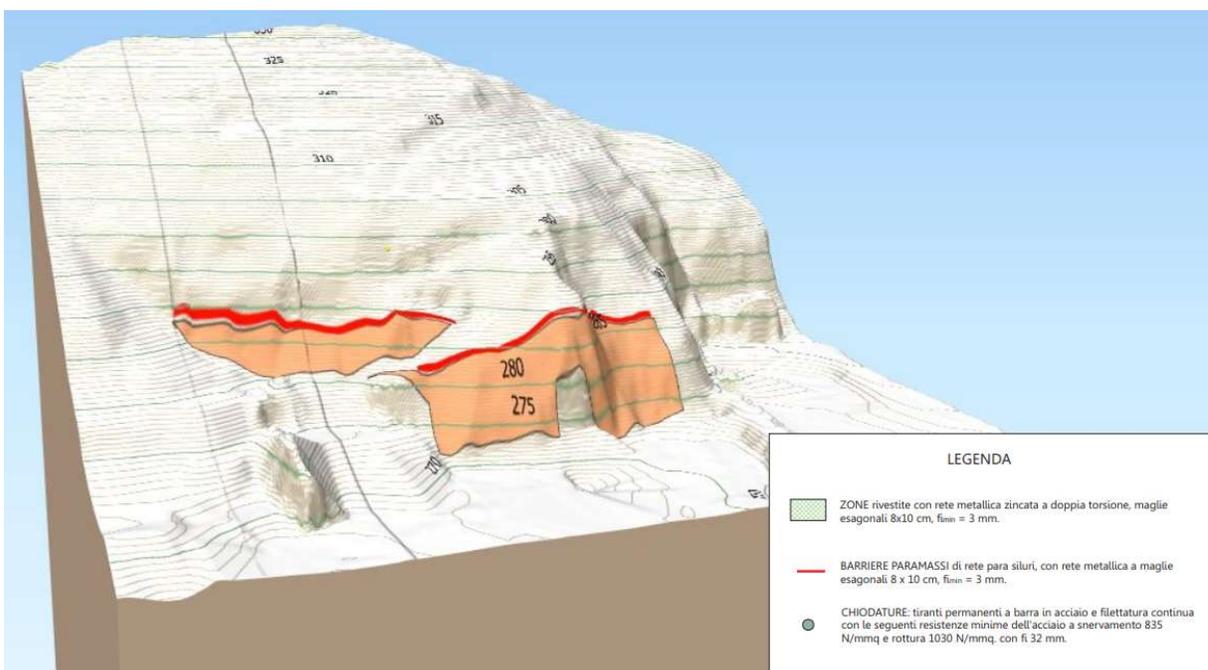


Figura 2. Planimetria e legenda degli interventi in progetto.

Di seguito, dopo la caratterizzazione e modellazione geologica del sito e la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni, si andranno a descrivere i criteri generali del progetto ed a condurre le verifiche della sicurezza e delle prestazioni al fine di prevenire gli effetti negativi sull'ambiente.

1 RELAZIONE GEOLOGICA

Attraverso la relazione geologica si andranno a definire, con preciso riferimento al progetto, i lineamenti geomorfologici della zona nonché eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità.

Si andranno inoltre a descrivere gli aspetti di pericolo e rischio idrogeologico riportati nella cartografia provinciale in vigore (P.U.P.), per fornire le indicazioni in merito al progetto di gestione delle terre e rocce da scavo indicando i principali elementi di natura sismica del sito su cui basare in seguito le considerazioni geotecniche.



Figura 3. Estratto dalla carta del Lidar con indicato l'intervento in progetto.

1.1 Inquadramento rispetto agli strumenti normativi

1.1.1 Carta di sintesi geologica

Dal confronto con l'ottavo aggiornamento della Carta di Sintesi Geologica entrato in vigore nel novembre 2015 a seguito della pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Trentino-Alto Adige.

L'area in esame a causa della sua generale acclività è compresa nelle: **AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA E IDROLOGICA** e ricade in una zona a bassa sismicità (zona sismica 3) (vedi estratto allegato).

In base a quanto suddetto il progetto è accompagnato dalla presente relazione geologica e geotecnica al fine di verificare che le opere ed i lavori in progetto nonché le modalità esecutive adottate siano conformi ad un corretto inserimento dell'intervento nel contesto geologico locale in rapporto alle problematiche geologiche esistenti.



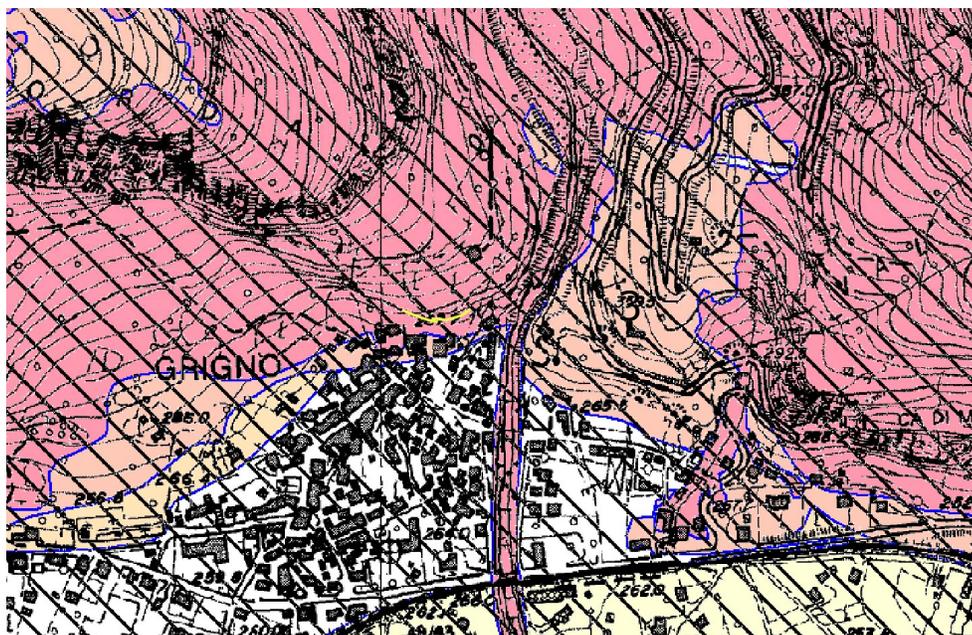


Figura 4. Estratto "Carta di Sintesi Geologica del P.U.P. – VIII aggiornamento – Foglio: sez. 61160 "Grigno" – scala a vista.

1.1.2 Carta del rischio idrogeologico

Gli interventi previsti si collocano in **un'area a rischio idrogeologico Moderato R1** (cfr. estratto in figura) e pertanto, secondo le norme di attuazione del PGUAP⁽¹⁾ i lavori in progetto sono compatibili con quanto consentito in tali aree.

Gli interventi previsti si collocano in un'area a rischio idrogeologico nullo, vedi estratto allegato. Secondo le norme di attuazione del PGUAP⁽¹⁾ i lavori in progetto sono pertanto compatibili con quanto consentito in tali aree.

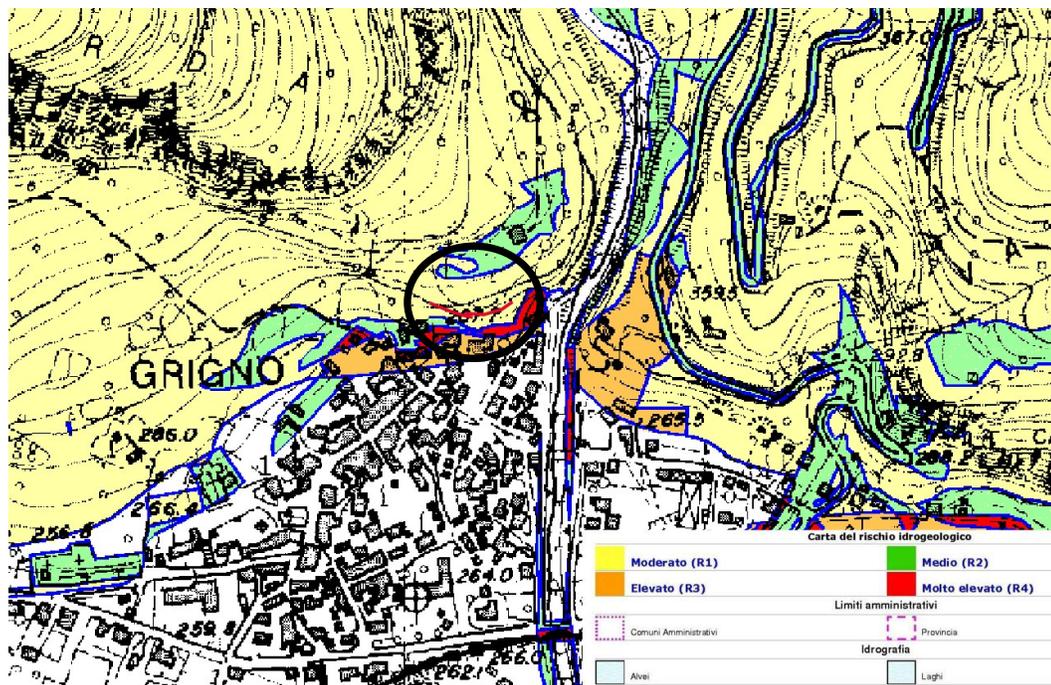


Figura 5. Estratto "Carta del Rischio Idrogeologico del P.G.U.A.P. – sez. 61160 "Grigno"

1.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area in esame è ubicata lungo il versante sud occidentale del monte Sasso Rosso, in una fascia a nord dell'abitato di Grigno, delimitata ad est dalla valle del Torrente Grigno e ad ovest dalla dorsale di Corda. Più in dettaglio l'area coincide con il ciglio superiore della scarpata che funge da raccordo con il versante montuoso ai piedi del quale sorge il centro abitato.

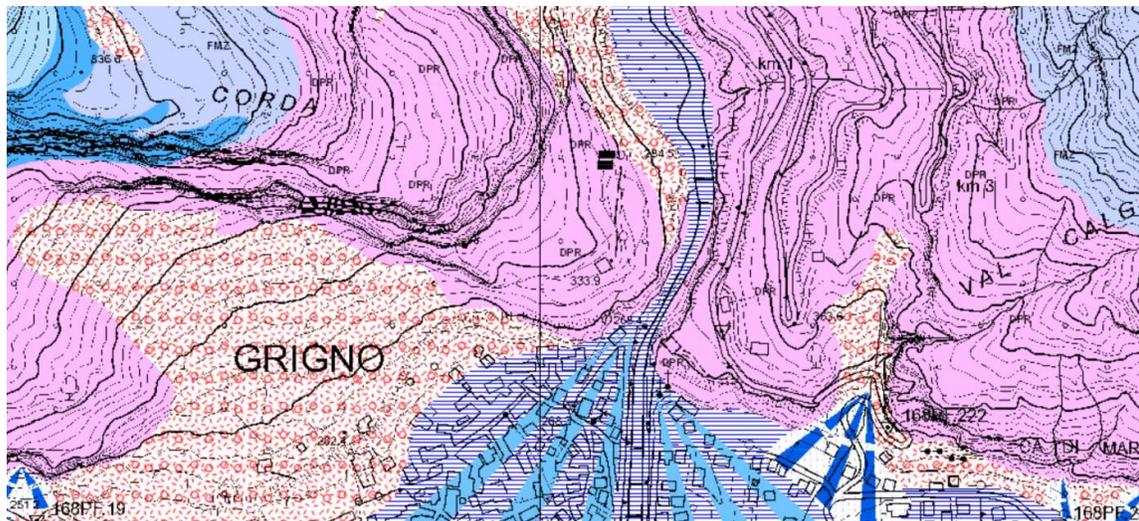
La parete, con substrato roccioso per lo più affiorante o subaffiorante presenta un'acclività media di 35-90° mentre la zona boscata a monte ha un'acclività media in diminuzione.

Quest'ultima è costituita da depositi di dolomitici, costituiti in prevalenza da ghiaia e ciottoli subspigolosi, immersi in un'abbondante matrice limoso-sabbiosa, come cortura della dolomia compatta, frammisti ad una copertura di origine eluvio-colluviale può avere uno spessore variabile; frequentemente si può individuare il materiale derivante dal disfacimento del substrato roccioso affiorante lungo il versante presente a monte dell'area in esame. Alla base delle pareti si rinvengono depositi detritici sabbioso-ghiaiosi con elementi a spigoli vivi e tessitura aperta.

La successione stratigrafica dell'area è la seguente:

DPR – Dolomia principale: Dolomie stromatolitiche chiare, dolomicriti grigio scure all'apice, fossilifere (megalodontidi e *Worthenia* sp.) doloareniti oolitiche in strati medio spessi. Spessore: 1200-1500 m. Età: Norico - Retico;

Nella figura di seguito si riporta un estratto dalla Carta Geologica realizzata dal servizio geologico della PAT e disponibile in rete sul webGIS.



GEOLOGIA

DEPOSITI QUATERNARI

 Deposito di versante

 DPR - DOLOMIA PRINCIPALE

 Conoide alluvionale e/o fluvioglaciale

Figura 6. Estratto, non in scala, dalla carta geologica PAT
(<http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/>)

1.3 Situazione idrogeologica

1.3.1 Carta delle Risorse Idriche

L'area interessata dai lavori in esame, come visibile nell'estratto riportato di seguito, **non si colloca** in un'area di rispetto idrogeologico protezione o tutela di sorgenti.

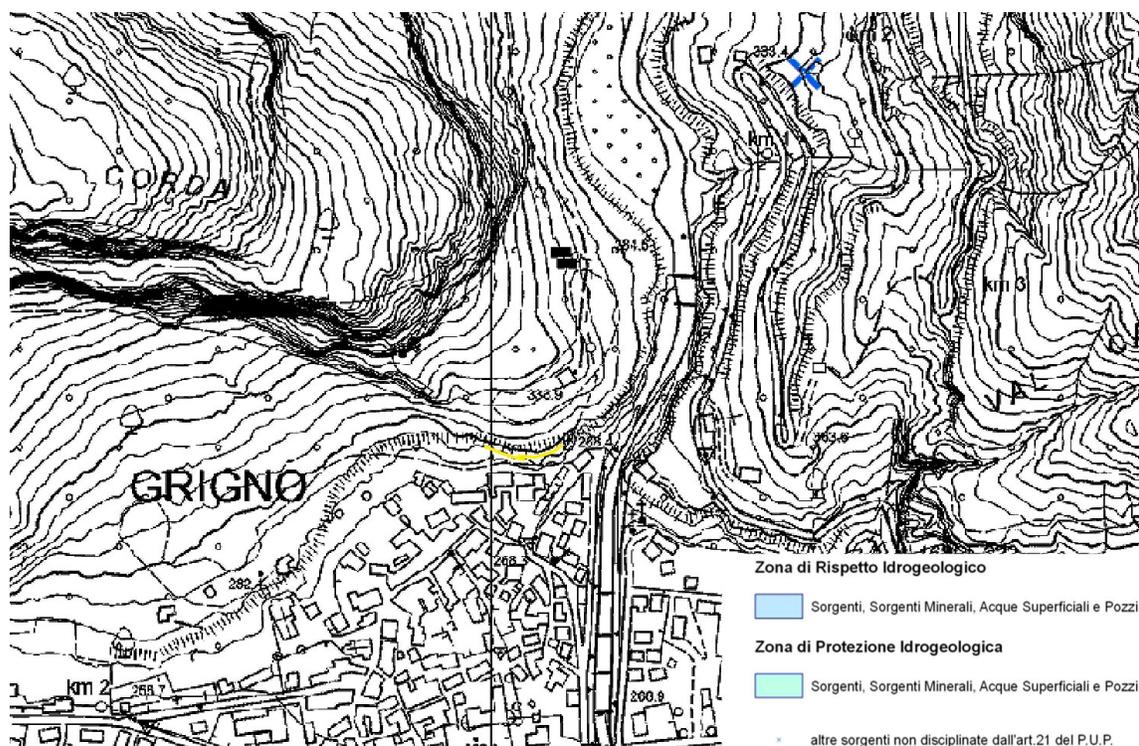


Figura 7. Estratto “Carta delle Risorse Idriche del P.U.P. – versione del 5 settembre 2008 – Foglio: sez. 061160 “Grigno” scala a vista, con indicata l’area di intervento e relativa legenda.

1.3.2 Idrogeologia

La presenza del substrato dolomitico che si trova a profondità variabili, ricoperto da terreni prevalentemente a grana medio fine con permeabilità media, fa sì che l’acqua filtri nei terreni di copertura con moti prevalentemente verticali, fino a raggiungere il substrato roccioso nel quale scorre. È molto probabile che all’interno della coltre di materiali sciolti la presenza di livelli limosi fini possa impedire o limitare questa filtrazione in profondità favorendo l’instaurarsi di piccole falde sospese il cui andamento è condizionato dalla geometria dello strato impermeabile.

1.3.3 Idrografia

L’unico elemento del reticolo idrografico degno di nota è costituito dal torrente Grigno presente a poche centinaia di metri ad est dell’area in esame.

Il torrente è interessato da circolazione idrica durante tutto il periodo dell’anno, ed occasionali eventi di trasporto liquido si verificano in corrispondenza del disgelo o di forti e prolungate precipitazioni meteoriche.

1.4 Indagini eseguite

Per la caratterizzazione della porzione superficiale dell'ammasso roccioso si è proceduto all'esecuzione di un rilievo geomeccanico di dettaglio lungo il fronte di scavo e sulla sua sommità.

In tal modo è stato possibile stimare dei parametri di resistenza dell'ammasso **mediante la classificazione di Q System di Barton** e mediante la **classificazione di Bieniawsky**, modificata da Romana per la caratterizzazione dei versanti rocciosi che tiene conto della resistenza a compressione monoassiale, del Recupero Percentuale Modificato (RQD), della spaziatura delle discontinuità, delle condizioni delle discontinuità, della circolazione d'acqua, e dei rapporti tra il fronte di scavo la superficie di strato e le varie famiglie di discontinuità.

Per il parametro RQD⁽²⁾, in mancanza di carote di sondaggio, il valore è stato ricavato dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Calcolato RQD, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Bieniawsky:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A_2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A_2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A_2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A_2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

Tabella 1. Equazioni di Bieniawski per il calcolo del parametro RQD;

² dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.



Fotografia 2. Misurazione della resistenza a compressione della roccia in corrispondenza dell'area di studio con il martello di Schmidt, noto come sclerometro, ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978);

Il valore di resistenza a compressione monoassiale (σ_c) è stato ricavato in base alla stima del valore dell'indice di rimbalzo della prova sclerometrica (R), determinato in sito; il valore di RQD è stato misurato lungo il fronte dello sbancamento in esame e in corrispondenza della parte sommitale dell'ammasso.

Con tale metodo vengono considerati 6 parametri caratteristici della roccia, ognuno suddiviso in 4÷7 classi a ciascuna delle quali è attribuito un indice. La somma dei 6 indici costituisce il Rock Mass Rating (RMR) che consente di valutare la qualità dell'ammasso roccioso in termini di coesione ed angolo d'attrito.

1.5 Modello geologico di riferimento

I rilievi geomeccanici, le osservazioni dirette del sito interessato e l'analisi di dati bibliografici relativi all'area in esame hanno permesso di acquisire un sufficiente quadro geologico-geotecnico dell'area.

Le opere in progetto interesseranno prevalentemente il substrato roccioso dolomitico a tratti subaffiorante e ricoperto da depositi di alterazione.

Dall'esame dei dati disponibili è stato ipotizzato il seguente modello geologico per le aree di progetto:

Sigla	Litologia
Ver	Depositi detritici di alterazione del substrato (sabbie e ghiaie)
DPR	Dolomia principale

1.6 Terre e rocce da scavo

L'accertamento preliminare delle varie tipologie delle terre e rocce da scavo interessate dagli interventi e l'eventuale certificazione di sicura naturalità, ivi compresa l'assenza di un fondo naturale dovuto a stati di mineralizzazione diffusa è di competenza del geologo.

Le terre e rocce derivanti dalle attività di scavo dovranno essere gestite secondo il D.lgs. 152/2006 e successive modifiche; in particolare il D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, in vigore dal 22 agosto 2017 che sostituisce e riunisce in un'unica normativa tutta la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti. I lavori di messa in sicurezza della parete produrranno una quantità molto limitata di materiale (sicuramente inferiore a 6000 mc) e pertanto, l'area di lavoro è classificabile come "Cantiere di piccole dimensioni" (artt. 20 e 21 D.P.R. 120/17),

Ai sensi delle norme citate è possibile trattare il materiale di scavo come:

- 1) Materiale da riutilizzare a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato scavato (art. 185, comma 1, lettera c del D.Lgs. 152/2006) purché il materiale non sia contaminato;
- 2) Sottoprodotto (art. 4 D.P.R. n. 120/17, comma 2) purché le terre e rocce da scavo soddisfino i seguenti requisiti:
 - a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
 - b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di utilizzo per cantieri di piccole dimensioni di cui all'articolo 21, e si realizza:
 1. nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
 2. in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava.
 - c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- 3) Rifiuto: è sempre possibile conferire le terre come rifiuto in discarica o impianti di recupero con formulario (codice CER 17.05.04 – terre e rocce da scavo).

Per le terre e rocce provenienti da piccoli cantieri o da grandi cantieri non sottoposti a VIA/AIA, il produttore, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti,

riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, deve dimostrare che non siano superati i valori delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica o ai valori di fondo naturali e che non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee.

La sussistenza di tali condizioni è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà (art. 21 e Allegato 6 al DPR 120/17) che assolve la funzione del piano di utilizzo. La dichiarazione di utilizzo deve essere inviata, anche solo telematicamente, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo al Comune del luogo di produzione e all'agenzia per l'ambiente competente. I tempi previsti per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti possono essere prorogati una sola volta e per la durata massima di sei mesi in presenza di circostanze sopravvenute, imprevedute o imprevedibili.

1.7 Modellazione sismica

1.7.1 Modello sismico del sito

In riferimento alla normativa in vigore in materia sismica tutto il territorio nazionale risulta a controllo sismico; nello specifico il territorio ascritto al Comune di Grigno appartiene ad una area di controllo sismico a sismicità **bassa (zona sismica 3)** ⁽³⁾.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.1.1.3 (NTC 2018). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.1 riportata nel § 3.3.2 (NTC 2018), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

Nel caso specifico, stando alle conoscenze di zona ed a quanto desunto durante i sopralluoghi effettuati, si può affermare che il sottosuolo è ascrivibile alla **Categoria A** "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizza da valori di velocità delle di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendente in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

La condizione topografica è la **T2** "superficie con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

³ Vedi allegato 3 della Delibera della Giunta Provinciale n. 1351 del 30 maggio 2008.

I parametri di pericolosità sismica, sono stati definiti attraverso uno specifico programma di calcolo (GeoStru software) considerando una **Vita Nominale di 100 anni** da cui risulta un **coefficiente d'uso** risulta pari a **2,0**.

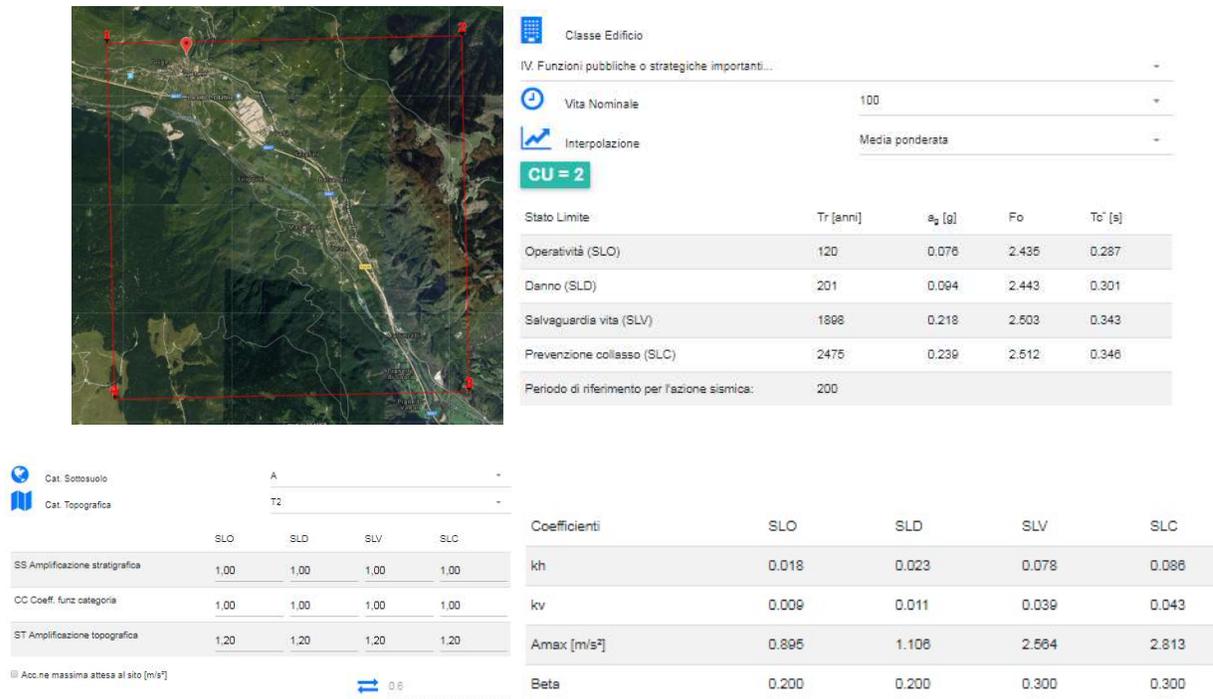


Figura 8. Area 2 - Estratto dall'applicativo della Geostru software
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

2 CONCLUSIONI

Sulla base degli elementi acquisiti, per mezzo delle osservazioni e rilievi di superficie, fatte a norma del **D.M. 17 gennaio 2018** nell'area d'intervento, si può affermare che **i lavori previsti per il "Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante presente a monte del centro abitato nel comune di Grigno (Tn)" eseguiti secondo le caratteristiche progettuali e le indicazioni geologiche descritte possono considerarsi conformi** alla situazione geologica, idrogeologica e geotecnica riscontrata nell'area.

Le modalità di progetto riferite al contesto morfologico e litostratigrafico di zona consentono di escludere ogni pregiudiziale di natura geologica e geotecnica.

Il presente elaborato costituisce la **Relazione Geologica** redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" - ed è pertanto un documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione allo svolgimento dei lavori.

Castel Ivano, dicembre 2018

Dott. Geologo Rodolfo Pasquazzo





Geol. Rodolfo Pasquazzo
Geologia Geotecnica Ambiente

Sede Via Degol, 12 - Loc. Strigno
38059 Castel Ivano (Tn)
Tel/Fax 0461 763725 Cell 333 3446320
Mail info@geologopasquazzo.it
P.I. 01828890226
C.F. PSQRLF72R21F205B



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Comune di Grigno

Committente:

COMUNE DI GRIGNO

Progetto: Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante
presente a monte del centro abitato nel comune di Grigno (Tn)

B) RELAZIONE GEOTECNICA

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

il geologo:

il progettista:

dott. Geol.
Rodolfo Pasquazzo



1 RELAZIONE GEOTECNICA

Attraverso la presente relazione geotecnica si andranno a definire la caratterizzazione e modellazione geotecnica dei terreni coinvolti nei lavori in oggetto, facendo riferimento a puntuali valutazioni ed indagini geotecniche sviluppate secondo gradi di approfondimento e di ampiezza commisurati alle diverse fasi progettuali.

Per la stesura del presente documento si fa esplicito richiamo alla Relazione Geologica, tenendo anche conto della possibilità di modificare il modello geotecnico a seguito di misure e controlli in corso d'opera.

1.1 Programma delle indagini e delle prove geotecniche

Il contesto morfologico e litostratigrafico in cui si andrà ad operare risulta caratterizzato, da un'area dove sono potenzialmente incombenti dei fenomeni di instabilità o dissesto (colate detritiche, caduta massi, ecc.).

Le valutazioni su cui si fonda la relazione geotecnica in questa fase progettuale si basano su quanto osservato nel corso dei recenti sopralluoghi, sui rilievi geomeccanici su lavori condotti in zona in analoghi contesti morfologici e litostratigrafici.

1.2 Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni e delle rocce

1.2.1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici \rightarrow (Vk)

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018 – NTC 2018) impongono di definire per ogni livello del volume significativo di sottosuolo interessato dall'opera in progetto il "valore caratteristico" dei parametri che lo caratterizzano. *"Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito."* (§ 6.2.2 NTC).

Nel caso in esame è stato possibile ricostruire un valore indicativo e sufficientemente attendibile dei parametri geotecnici basandosi sulle osservazioni geologiche e geomorfologiche, su misure effettuate sul terreno e su dati esistenti (cfr. Relazione Geologica).

1.3 Modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto desunto dai rilievi effettuati, è possibile fornire il seguente modello

geotecnico.

Livello A: (da p.c. a 0,0~0,5 m da pc)

Si tratta di terreni derivati dall'alterazione del substrato costituiti da sabbie e ghiaie limose.

Ad essi è possibile assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Parametro	Peso di volume	Angolo di attrito interno	Coesione
Ver	γ [kN/m ³]	ϕ [gradi]	c [kN/m ²]
valore minimo	17,7	26°	2
valore massimo	20,5	33°	10
valore probabile	18,9	31°	3
valore caratteristico	19	30°	5,0
coeff Riduzione M2	1	tg ϕ 1,25	1,25
valore di progetto	19	24,5°	3,5

Tabella 2. Principali parametri geotecnici del Livello A.

Tali sedimenti se rimaneggiati perdono le loro caratteristiche geotecniche (soprattutto la coesione e l'addensamento), pertanto la stabilità dei riporti è funzione del solo angolo di attrito interno del sedimento.

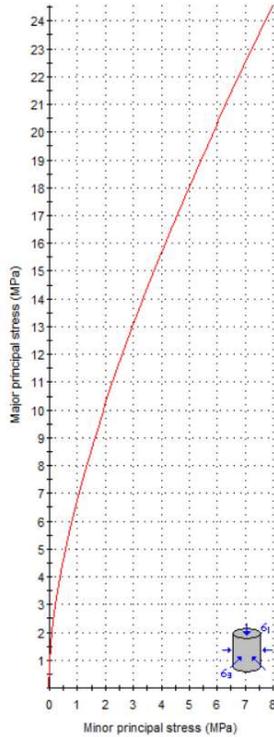
Livello B: (da 0,0~0,5 m da pc in approfondimento)

Si tratta del substrato roccioso costituito da Dolomia Principale stratificata.

Sulla base del rilievo geomeccanico eseguito che ha permesso di caratterizzare l'ammasso roccioso secondo la classificazione RMR di **Bieniawski (1989)** e con l'ausilio del programma "RocLab" (Rocscience), a questa unità è possibile assegnare i seguenti parametri geomeccanici medi:

Parametro			
Peso di volume	γ	25	(kN/m ³)
Resistenza a compr. uniassiale (roccia intatta)	σ_{ci}	35	(MPa)
Geological Strength Index (Hoek, 2002)	GSI	45	-
Rock Mass Rating (1989)	RMR	71	-
Modulo di deformazione (ammasso roccioso)	E_{rm}	12,5	(GPa)
Angolo di attrito	ϕ	38	°

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 32 MPa
GSI = 41 mi = 9 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
mb = 1.094 s = 0.0014 a = 0.511

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 1.330 MPa friction angle = 27.00 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.042 MPa
uniaxial compressive strength = 1.126 MPa
global strength = 4.341 MPa
modulus of deformation = 3369.57 MPa

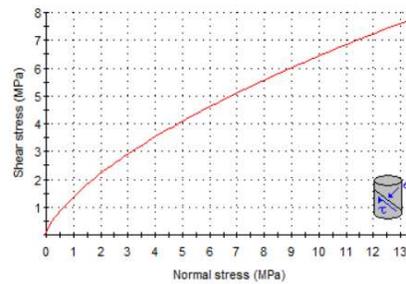


Tabella 3. Principali parametri geotecnici del substrato roccioso (Livello B).

La tabella di seguito riassume il modello geotecnico ed i valori caratteristici (V_k) potranno assumere a riferimento:

LIVELLO	Profondità	Peso di volume	Angolo di attrito	Coesione	Descrizione
	H (m da p.c.)	$\gamma_k(kN/m^3)$	ϕ_k (°)	$c'_k(kPa=kN/m^2)$	
Liv A	0,00 → ~0,50	19	30	5	
Liv B	Substrato roccioso	24	38	150	Mediocre

Tabella 4. Principali parametri geotecnici dei sedimenti e del substrato roccioso.

1.4 Verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU)

Le verifiche previste dal **D.M. 17 gennaio 2018** (NTC) devono essere condotte adottando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (γ_ϕ γ_C γ_γ) rispettivamente definiti per le **AZIONI (A1 e A2)**, per i **PARAMETRI GEOTECNICI (M1 e M2)** e per le **RESISTENZE (R1, R2 e R3)**. Le Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.I e 6.8.I. (NTC 2018) con i coefficienti sono riportate di seguito.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{e1}

Tabella 5. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6. Coefficienti parziali dei parametri geotecnici del terreno

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 7. Coefficienti delle resistenze parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Tabella 8. Coefficienti delle resistenze parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di opere in terreni sciolti e fronti di scavo

La verifica **di stabilità globale** deve essere effettuata secondo l'**Approccio 1** - *Combinazione 2: (A2+M2+R2)*

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali **seguendo almeno uno dei due approcci definiti di seguito.**

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU **strutturali (STR)** e **geotecnici (GEO)** si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

DA1.1 - Approccio 1:

- *Combinazione 1: (A1+M1+R1)*

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

1.5 Resistenza dei terreni di fondazione

I lavori in progetto prevedono la realizzazione di opere strutturali; saranno realizzate delle sistemazioni con opere di ingegneria naturalistica (rete armata con pannelli e chiodature) e un la messa in opera di barriere paramassi da 2000KJ con montanti e funi (h=3 m). Si ritiene che la resistenza dei terreni di fondazione sia compatibile con le esigenze progettuali.

1.6 Analisi del dissesto a monte del nucleo abitato

La zona oggetto dello studio ha presentato già in tempi passati fenomeni di dissesto geologico legati essenzialmente a caduta massi.

Ad oggi lungo questo tratto di versante sono presenti alcuni blocchi in precarie condizioni di equilibrio che dovranno essere ancorati o disgiunti, assieme ad alcuni speroni che sono in equilibrio precario.

Visto il continuo susseguirsi di eventi e la presenza di numerose abitazioni poco a valle del fronte roccioso, l'amministrazione comunale ha fatto predisporre un progetto per poter procedere alla messa in sicurezza di questo tratto di versante.

Per mettere in sicurezza il versante compreso tra le abitazioni e il fronte roccioso si prevede il rivestimento della parete con reti metalliche a doppia torsione.

Il tratto da consolidare con interventi in parete si sviluppa linearmente su di un fronte di circa 70 metri di lunghezza (2 tratti di barriere paramassi), attraversato da un sentiero che conduce a monte, suddiviso in due aree contigue ma distinte.

Sono inoltre previsti interventi di bloccaggio e interventi di consolidamento di porzioni rocciose. Tali interventi verranno effettuati utilizzando un pannello di rete in fune ancorato al versante (vedi tavole di progetto).

Gli interventi previsti sono riassunti nella tavola planimetrica generale e verranno descritti secondo la distinzione fatta in precedenza.

Il rivestimento di pareti rocciose mediante reti metalliche ha il duplice scopo di bloccare e trattenere in parete gli elementi lapidei ed evitare il continuo progredire del fenomeno di erosione; la rete metallica dovrà pertanto essere il più possibile aderente alla parete rocciosa.

Per garantire l'aderenza si prevede il fissaggio della rete mediante funi metalliche ancorate con chiodi in barre con golfaro.

Il dimensionamento della maglia di chiodi e la lunghezza dei chiodi stessi è stato fatto con considerazioni geomorfologiche sulla parete, valutando la regolarità o meno della superficie rocciosa, lo stato fessurativo della roccia e lo spessore dello strato alterato.

Una volta decisa la maglia per ogni singola zona (vedi tavole di progetto) si è effettuato un dimensionamento di progetto dei chiodi in acciaio.

I chiodi, oltre a trattenere la rete in parete, hanno lo scopo di consolidare la parete rocciosa aumentando lo spessore di roccia compatta e limitando il progredire della disgregazione superficiale.

Il dimensionamento dei chiodi viene fatto valutando l'equilibrio attuale della porzione libera di roccia nella singola maglia (per la quale si impone il fattore di sicurezza unitario) e calcolando il numero di chiodi per avere un coefficiente di sicurezza pari a 1,3. Il calcolo può essere eseguito considerando la resistenza a taglio dell'acciaio.

La messa in sicurezza avverrà con le seguenti operazioni:

- ispezione del versante con sistemazione o disgaggio di eventuali trovanti presenti;
- disgaggio della parete per circa 20 m di altezza e 70 m di lunghezza per una superficie complessiva di circa 250 m²;
- demolizione dei blocchi di maggiori dimensioni;
- posizionamento di 2 tratti di barriere paramassi alti 4 m da 40 metri di lunghezza;
- opere di ripristino e mitigazione ambientale;
- posizionamento di rete metallica armata a doppia torsione opportunamente rinforzata con chiodi e funi di legatura nelle zone più fratturate;
- consolidamento mediante chiodatura;

2 CONCLUSIONI

Sulla base degli elementi acquisiti per mezzo delle osservazioni e rilievi di superficie nell'area d'intervento fatte a norma del D.M. 17.01.2018, si può affermare che i **lavori previsti per il progetto "Messa in sicurezza della caduta di blocchi dal versante presente a monte del centro abitato nel comune di Grigno (Tn)" eseguiti secondo le caratteristiche progettuali e le indicazioni geologiche descritte possono considerarsi conformi** alla situazione geologica, idrogeologica e geotecnica riscontrata nell'area.

Su richiesta del committente si sono redatte la relazione geologica e la relazione geotecnica a supporto del progetto per i lavori in oggetto.

Le modalità di progetto riferite al contesto morfologico e litostratigrafico di zona consentono di escludere ogni pregiudiziale di natura geologica e geotecnica.

Il presente elaborato, redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", costituisce la **Relazione Geotecnica** ed è pertanto un documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione allo svolgimento dei lavori.

La relazione geotecnica dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle N.T.C..

Castel Ivano, Dicembre 2018

Dott. Geologo Rodolfo Pasquazzo

