



ALPIGEO - SOCIETA' COOPERATIVA
Iscrizione presso l'Albo Cooperative: A178313
C.F. e P.I. 02417840341
Via Barozzi, 45 - 32100 Belluno
Tel. 0437 34995 info@alpigeo.it



piazza IV Novembre, 15
36029 Valbrenta (VI)
C.F. e P.IVA: 04199270242
e mail: info@comune.valbrenta.vi.it
tel. 0424-99905

REGIONE VENETO

PROVINCIA VICENZA

Committente: COMUNE DI VALBRENTA
Piazza IV Novembre 15
36029 Valbrenta (VI)

Riduzione del pericolo per fenomeni di caduta
massi in località Saccon, nel Comune di
Valbrenta

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA
GEOMECCANICA

Data	Scala	Codice Elaborato
20/07/2021	-	PD.02.RGGG

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

Indice

1	Introduzione	3
1.1	Documenti di riferimento	3
1.2	Opere esistenti	3
1.2.1	Quadro normativo	3
2	Inquadramento geografico dell'area.....	5
3	Inquadramento geologico e geomorfologico generale dell'area	6
3.1	Morfologia del fondovalle.....	7
3.2	Morfologia del versante detritico	7
3.3	Morfologia delle pareti rocciose.....	7
4	Aspetti litologici locali.....	8
4.1	Terreni sciolti di copertura	9
4.1.1	Detrito di versante.....	9
4.1.2	Sedimenti fluvio-glaciali.....	10
4.1.3	Sedimenti alluvionali	10
4.2	Rocce del substrato.....	10
4.2.1	Gruppo dei Calcari Grigi.....	10
4.2.2	Formazione de Rosso Ammonitico	10
4.2.3	Formazione della Maiolica.....	11
4.3	Inquadramento idrologico ed idrogeologico	11
5	Aspetti geotecnici delle litologie presenti.....	12
5.1.1	Detrito di versante.....	12
5.1.2	Sedimenti fluvio-glaciali.....	12
5.1.3	Sedimenti alluvionali	12
5.1.4	Gruppo dei Calcari Grigi.....	12
5.1.5	Formazione de Rosso Ammonitico	13
5.1.6	Formazione della Maiolica.....	13
6	Analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso.....	13
6.1	Analisi storica del sito	13

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

6.2	Dati del rilievo geomeccanico	14
6.3	Classificazione dell'ammasso.....	14
6.3.1	Caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo il metodo di Romana e del BRMR	15
6.3.2	Caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo Hoek et al.	16
6.3.3	Stima dei parametri su giunto	17
6.4	Volume Roccioso Unitario.....	17
7	Tipologia degli interventi previsti dal progetto.....	18
8	Rilevato paramassi - Analisi di caduta massi	18
8.1	Algoritmo di calcolo	18
8.2	Criterio di scelta della sezioni di analisi	19
8.2.1	Parametri di input utilizzati nell'analisi	19
8.3	Analisi di caduta massi	20
9	Manutenzione delle terre rinforzate costituenti il rilevato paramassi	21
9.1	Generalità	21
9.2	Anomalie riscontrabili	21
9.3	Manutenzione	21
9.4	Programma di manutenzione	21

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

1 Introduzione

La presente Relazione Geologica-Geotecnica-Geomeccanica è parte integrante del Progetto Definitivo avente come scopo la *“Riduzione del pericolo per fenomeni di caduta massi in loc. Saccon nel comune di Valbrenta”*. Va specificato che con Legge della Regione Veneto n. 3 del 24 gennaio 2019 i Comuni di Campolongo sul Brenta, Cison del Grappa, San Nazario e Valstagna sono stati fusi in un unico Comune denominato *“Valbrenta”* a far data dal 30 gennaio 2019, per cui la vecchia dicitura *“Cison del Grappa”* non esiste più.

1.1 Documenti di riferimento

I documenti di riferimento principali rimangono i seguenti:

- *“INDAGINI GEOLOGICHE E GEOMECCANICHE relative agli interventi di riduzione del rischio geologico dovuto a fenomeni di crollo di roccia in località Saccon, nel comune di Cison del Grappa”* commissionata dalla AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI VICENZA DIPARTIMENTO GESTIONE DEL TERRITORIO U.C. DIFESA DEL SUOLO Contrà Gazzolle n° 1 allo studio Fenti nel 2006
- Documenti del progetto per lo *“Intervento per la riduzione del rischio geologico dovuto a fenomeni di crollo di roccia in località Saccon nel comune di Cison del Grappa”* condotto dalla Provincia di Vicenza (Area Lavori Pubblici Ambiente Territorio- Settore Lavori Pubblici – Difesa del suolo), nel 2009
- Relazione geologica geomeccanica dal titolo *“ODI – FONDO PER LO SVILUPPO DEI COMUNI DI CONFINE – Riduzione del pericolo per fenomeni di caduta massi in località Saccon, nel comune di Cison del Grappa: Relazione geologica sugli interventi (vedi Determinazione n. 34 del 29/06/82012)”*, condotta dallo studio Alpigeo nel 2012
- Relazione geologica geomeccanica e di caduta massi dal titolo *“Lavori di riduzione del pericolo per fenomeni di caduta massi in località Saccon, nel comune di Cison del Grappa”*, commissionata dall’Unione Montana Valbrenta al dr geol Matteo Isotton nel 2018.

Per il nostro studio si è attinto ove necessario ai succitati documenti.

1.2 Opere esistenti

Nell’area relativa al progetto non sussistono opere di difesa dalla caduta massi. Lineamenti di barriere paramassi sono state installate a seguito del progetto condotto dalla Provincia di Vicenza, nell’area immediatamente a sud della nostra. Esse vengono segnalate nelle tavole di progetto.

1.2.1 Quadro normativo

- Decreto 17 Gennaio 2018. Ministero Delle Infrastrutture e dei Trasporti. Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» (NTC18).
- Circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 7/2019
- DM 11 marzo 1988 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*
- Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 Istruzioni per l’applicazione del DM 11/03/1988
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”*;

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”
- D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - Norme in materia ambientale

Standard di riferimento:

- UNI ENV 1997-1:2005
- UNI 11211:2012 -1 – Opere di difesa dalla caduta massi – termini e definizioni
- UNI 11211:2012 -4 - Opere di difesa dalla caduta massi – progetto definitive ed esecutivo
- ISO 17746:2016 - Steel wire rope net panels and rolls — Definitions and specifications
- ISO 17745:2016 - Steel wire ring net panels — Definitions and specifications
- CIRIA– Rock netting systems – design, installation and whole-life management, 2018 draft reference manual
- BS 5930 Code of Practice for Site Investigations.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering) - The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014
- ISRM (International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering) - The Complete
- ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring:1974-2006
- ISO STANDARD 14688-1 First edition 2002-08-15 Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 1: Identification and description
- BS EN ISO 14689-1:2003 Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of rock — Part 1: Identification and description
- UNI EN 14490 – Execution of special geotechnical works – Soil nailing. -
- BS 8006-2:2010 - Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills – Soil nail design
- BS 8006-1:2010 - Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

2 Inquadramento geografico dell'area

L'area oggetto di questo lavoro si trova sulla sinistra idrografica del fiume Brenta, tra la valle del torrente Goccia e la valle del torrente Cismon. L'attività antropica si concentra nel fondovalle, dove è presente l'abitato di Cismon del Grappa, ed è pressoché assente salendo i ripidi versanti che raggiungono le imponenti pareti rocciose. In realtà in passato l'area attualmente ricoperta da un folto bosco era utilizzata per scopi agricoli, come testimoniano i numerosi muretti che localmente conferiscono a questi pendii un aspetto terrazzato.

L'area in questione è rappresentata nella Carta Tecnica Regionale, scala 1:5000, agli elementi "083052 – Cismon del Grappa" e "083051 – Enego" (fig. 1).

L'area oggetto di questo lavoro si trova ad un'altitudine compresa fra 200 e 800 metri slm.

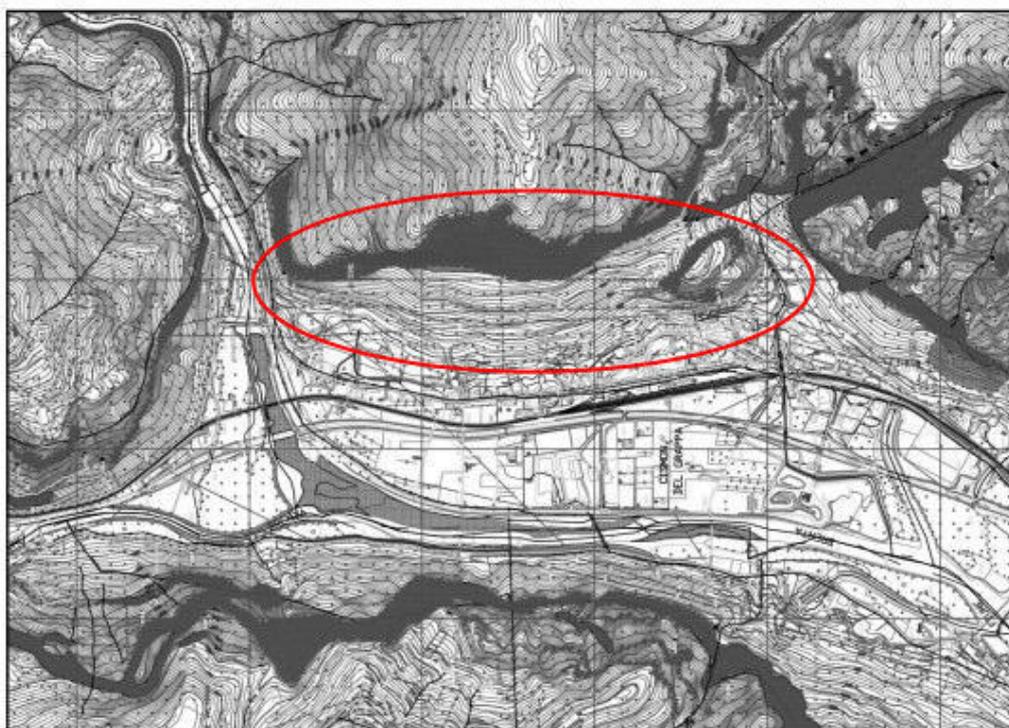


Fig. 1: estratto Carta Tecnica Regionale – Elementi 083052 – Cismon del Grappa, 083051 - Enego

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA



Foto 1: panoramica della parete rocciosa a monte del paese di Cison del Grappa (Foto tratta dalla relazione dello studio Fenti del 2006).

3 Inquadramento geologico e geomorfologico generale dell'area

Cison del Grappa si trova sulla sinistra idrografica del Fiume Brenta, all'interno di un'angusta valle, il cui fondo sub-pianeggiante è largo solamente 300 metri e termina su entrambi i versanti con ripide pareti rocciose che si innalzano verso il massiccio del Grappa ad Est e i contrafforti rocciosi di Enego ad Ovest. Le informazioni che si possono ricavare dalle rocce e dai sedimenti che affiorano in questa zona indicano come si tratti di una valle glaciale con rimodellamento fluviale. La morfologia attuale è il risultato dell'erosione che i corsi d'acqua e gli agenti atmosferici hanno operato a partire dall'ultima glaciazione ad oggi.

L'assetto strutturale dell'area in esame è legato all'alternanza di fasi compressive e fasi distensive che hanno interessato l'area durante tutta la sua storia fino ai grandi movimenti tettonici compressivi avvenuti durante l'Orogenesi Alpina. La disposizione delle valli e delle creste attuali deve in gran parte la sua origine proprio alle forme strutturali legate all'ultima fase compressiva durante la quale si sono innalzate le Dolomiti. La presenza di numerose faglie ha infatti creato delle fasce di substrato molto fratturato e alterato dove è stata più semplice l'erosione da parte dei fattori esogeni, che hanno agito in modo differenziale asportando il materiale meno competente e modellando i terreni e le rocce più tenaci.

Durante il Pleistocene Superiore queste aree furono direttamente interessate dal passaggio del ghiacciaio del Brenta che attraversò più volte queste zone, come testimoniano i numerosi depositi e forme lasciate sui versanti. I sedimenti glaciali, appartenenti più precisamente all'ultima espansione glaciale wurmiana che si verificò fra 24000 e 16000 anni fa, sono stati quasi completamente asportati dai corsi d'acqua o ricoperti da altri depositi. L'impronta glaciale è però facilmente visibile nel profilo trasversale che evidenzia la tipica sezione ad "U" che caratterizza le valli con questa genesi. Il fiume Brenta, unitamente al torrente Cison, al torrente Goccia e ad altri corsi d'acqua secondari, hanno poi inciso i versanti con profonde valli, facilitati dal particolare assetto tettonico che ha creato delle zone più erodibili rispetto ad altre. Il fondovalle principale è invece stato riempito da un grande spessore di depositi fluviali, tutt'ora in continua evoluzione in corrispondenza del letto del fiume. In questi depositi si possono osservare numerosissime litologie, provenienti dal bacino del fiume stesso, appartenenti alla serie stratigrafica della regione dolomitica.

Le rocce che costituiscono il substrato roccioso nell'area in questione, sono il risultato della deposizione sul fondo di un caldo mare tropicale, presente dal Triassico e al Cretaceo, di un enorme spessore di sedimenti. In particolare si possono individuare due massicci carbonatici posti in sinistra e destra Brenta, rappresentati dal Grappa e dall'Altopiano di Asiago, le cui caratteristiche strutturali, litologiche e morfologiche sono simili. La litologia prevalente è di tipo carbonatico con la tipica sequenza triassico-cretacea di ambiente veneto e rappresentata dalla Formazione della

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

Dolomia Principale alla base a cui segue il gruppo dei Calcari Grigi di età giurassica inferiore ed infine i calcari stratificati del Rosso Ammonitico Veronese, della Maiolica e della Scaglia Variegata Alpina.

3.1 Morfologia del fondovalle

I lineamenti morfologici generali del fondovalle sono connessi prevalentemente alla morfogenesi fluviale del F. Brenta. Il centro della valle è pianeggiante e costituito da importanti spessori di depositi fluviali accumulatisi in seguito all'ultima glaciazione. Spostandosi verso il versante questi terreni diminuiscono il loro spessore e lasciano spazio a depositi di origine glaciale, localmente ricoperti da detrito di versante. La morfologia relativamente regolare del fondovalle è interrotta da alcuni terrazzi fluviali creati in fase post-glaciale e ora mascherati dalla presenza del paese e delle strutture antropiche annesse.

3.2 Morfologia del versante detritico

Il versante esposto ad Ovest, sul quale sorge l'abitato di Cismon del Grappa, è interrotto da due profondi e stretti canali impostati su faglie e grandi fratture con direzione compresa tra N45W e N20W. Fra le pareti e il fondovalle pianeggiante si sviluppa un versante detritico con inclinazioni comprese tra $\sim 35^\circ$ e $40^\circ-45^\circ$.

L'ampiezza di questa fascia del versante è minore a Sud (circa 200 metri), dove le pendenze si fanno subito più elevate fino a raggiungere, a monte del paese di Cismon, le pareti rocciose del promontorio de La Gusella. La profonda incisione compresa tra la Gusella e la retrostante parete di Saccon si è impostata lungo una grande faglia diretta N20W, subverticale, che ha condizionato anche la morfologia essenziale dell'intero versante di Saccon.

Proseguendo verso Nord l'ampiezza della valle aumenta e di conseguenza anche l'ampiezza di questa fascia detritica, con una sensibile diminuzione delle pendenze. All'altezza di Belvedere – Porteghetti, la falda detritica al piede della parete rocciosa verticale di Saccon si sviluppa su una larghezza di circa 300 m ed un dislivello di $\sim 125-150$ m, con inclinazione media di $\sim 26^\circ$. La parte superiore della falda ha inclinazioni che raggiungono e superano il valore di $30-35^\circ$, mentre la fascia inferiore è assai meno inclinata. Ciò è dovuto verosimilmente al fatto che la valle, nel postglaciale precoce, era ricoperta da una potente coltre di materiali fluvioglaciali, con morfologia terrazzata, solo in seguito ricoperti da detriti di falda di origine gravitativa. A testimonianza di ciò rimane l'evidente terrazzo fluvioglaciale ubicato tra Porteghetti e la casa al Colle S. Marco, emergente dalla falda detritica.

La presenza di questi terreni induce a ritenere che l'intera falda detritica compresa tra Cismon Centro e Porteghetti ricopra, su spessori decrescenti verso valle, una fascia di terreni alluvionali e/o fluvioglaciali, relitti delle prime fasi della morfogenesi postglaciale. La fascia superiore invece, al contatto con il piede della parete rocciosa, è caratterizzata da piccole conoidi separate da depressioni erosive, prevalentemente mascherate dalla folta vegetazione. Sono infine frequenti massi di dimensioni ultrametriche, testimoni di eventi franosi avvenuti in fase post-glaciale.

3.3 Morfologia delle pareti rocciose

La parete rocciosa del Monte Saccon che ha generato la potente fascia detritica al suo piede si sviluppa su una lunghezza di circa 1 Km e dislivelli compresi tra 300 e 450 m. La morfologia è tendenzialmente regolare, con ampi tratti di parete verticali le cui discontinuità principali sono costituite dagli strati; localmente tuttavia si osservano degli elementi isolati da canali erosivi o morfologie più articolate a dorsali e gradoni. Queste irregolarità sono conseguenti alle frequenti linee tettoniche secondarie, che indeboliscono l'ammasso roccioso localmente, favorendo così l'erosione dello stesso. Da queste forme provengono principalmente i fenomeni d'instabilità, con eventi di crollo, che possono raggiungere la sottostante falda detritica anche con elevate energie.

Come si può osservare lungo tutta la valle del Brenta tali situazioni vivono attualmente un periodo relativamente stabile, senza i grossi movimenti avvenuti nell'immediato post-glaciale. Tuttavia l'evoluzione geomorfologica continua a cui sono portate queste pareti rocciose induce il sottostante versante ad essere interessato da fenomeni di caduta massi.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

4 Aspetti litologici locali



Fig. 2: Carta geologica dell'area; dal lavoro dello Studio Associato di Geologia Applicata Fenti

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

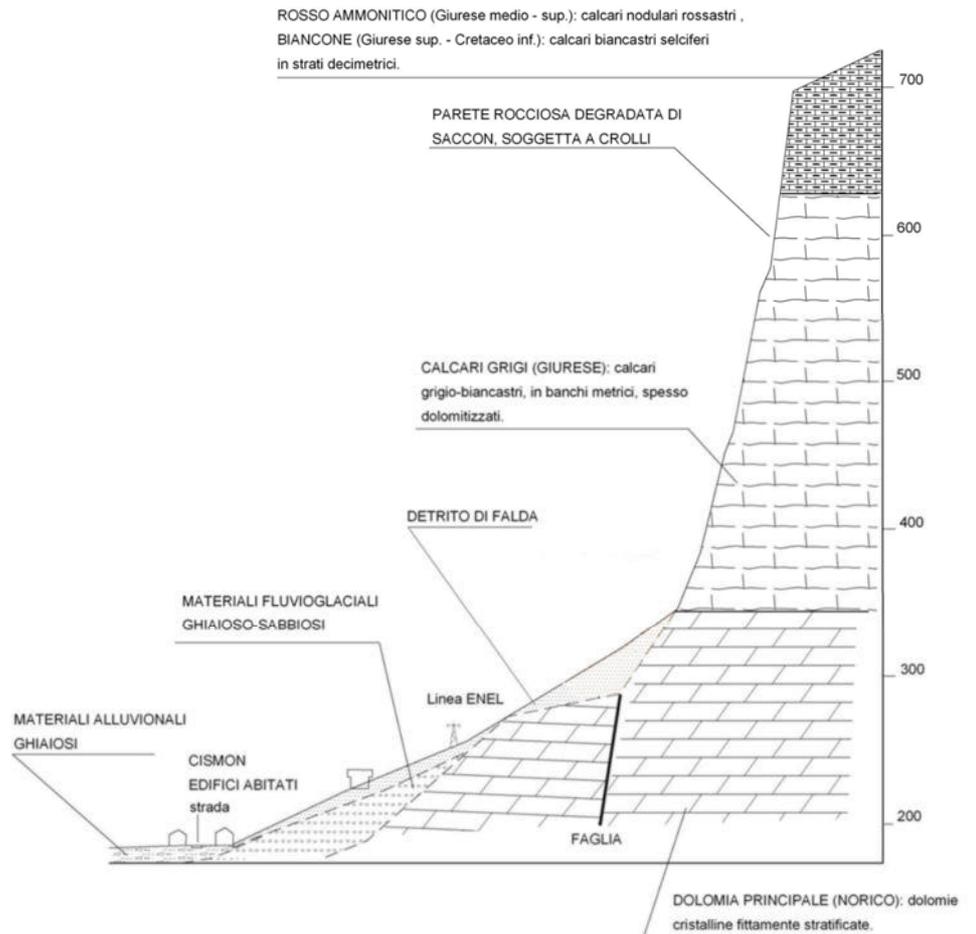


Fig. 3: Sezione geologica esemplificativa del versante in questione; dal la voro dello Studio Associato di Geologia Applicata Fenti (modificato)

Con riferimento alle fig. 2 e 3, nella zona di progetto si riconoscono i seguenti terreni e rocce:

4.1 Terreni sciolti di copertura

L'area in questione è stata interessata in passato da diversi fattori deposizionali; come descritto in precedenza si osservano nel centro della valle terreni di natura fluviale, fluvio-glaciale e glaciale, mentre spostandosi verso monte sono presenti potenti falde detritiche.

4.1.1 Detrito di versante

La falda detritica che raccorda il piede della parete rocciosa con il fondovalle alluvionale, si è generata per l'accumulo gravitativo di porzioni rocciose crollate dal soprastante monte Saccon. Questi terreni sono costituiti da blocchi e ciottoli con ghiaia e variabile percentuale di sabbia limosa. La componente fine, localmente, è stata dilavata via e accumulata dalle acque piovane e di ruscellamento all'interno di aree depresse, dove ha saturato gli spazi vuoti fra gli elementi più grossolani.

Le litologie che si osservano sono carbonatiche e tutte provenienti dalla serie stratigrafica che affiora a monte: sono pertanto presenti elementi appartenenti alle formazione litostratigrafiche del Gruppo dei Calcari Grigi, della Maiolica,

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

della Scaglia Variegata Alpina e del Rosso Ammonitico. Data la natura di questi sedimenti gli elementi si presentano spigolosi, anche se in qualche caso l'erosione chimica può avere arrotondato gli spigoli degli stessi.

4.1.2 Sedimenti fluvio-glaciali

Localmente il detrito di versante non ha ricoperto i sedimenti depositati nell'immediato post-glaciale e costituiti da ghiaia e ciottoli sabbiosa con variabile percentuale di limo. Questi terreni si osservano, in forma di lembi relitti o di terrazzi al piede del versante, affioranti nei pressi di Porteghetti. A differenza dei soprastanti depositi di versante, le litologie che costituiscono questi sedimenti sono molto variabili e il grado di arrotondamento è pronunciato, indicando così il trasporto da aree sorgenti lontane.

4.1.3 Sedimenti alluvionali

Il ripiano alluvionale di fondovalle del fiume Brenta e le conoidi alluvionali del torrente Cismon e del torrente Goccia sono costituiti da sedimenti recenti e attuali trasportati dai corsi d'acqua. Si tratta di ciottoli e ghiaia, a composizione variabile, in abbondante matrice sabbioso-limosa, altamente arrotondati.

4.2 Rocce del substrato

Le rocce che costituiscono la parete del monte Saccon appartengono alla serie stratigrafica classica della regione dolomitica, più precisamente all'intervallo superiore dove si riconoscono facies di ambienti marini di età giurassica e cretacea. La presenza di grandi faglie non ha tuttavia sconvolto l'ordine deposizionale di questi strati e la sequenza stratigrafica che si osserva sulla parete a monte del paese di Cismon del Grappa è così composta:

- Gruppo dei Calcarei Grigi;
- Formazione del Rosso Ammonitico;
- Formazione della Maiolica.
- Formazione della Dolomia Principale: non affiora essendo ricoperta dalle falde detritiche

4.2.1 Gruppo dei Calcarei Grigi

Alla base della parete troviamo dei calcari, talora dolomitizzati, stratificati in grossi banchi, appartenenti alla formazione dei Calcarei Grigi (Giurese inferiore e medio p.p.). Nella sua porzione basale il litotipo è intensamente dolomitizzato e quindi la stratificazione sub-orizzontale è assai poco distinguibile. Invece nella parte alta della parete, i Calcarei Grigi, indenni da dolomitizzazione e da tettonizzazione, evidenziano una regolare stratificazione in grossi banchi.

Appartenendo ad un gruppo litostratigrafico composto da quattro formazioni, le rocce che costituiscono gli strati dei Calcarei Grigi presentano caratteristiche differenti salendo lungo la successione, passando da calcari prevalentemente micritici od oolitico bioclastici alla base, a calcari oolitici grossolani, a calcari marnosi e micritici bioclastici selciferi ed infine al tetto a calcari oolitici e oncolitici. Tra uno strato e l'altro sono generalmente presenti sottili livelli argillosi, facilmente alterabili ed erodibili.

4.2.2 Formazione de Rosso Ammonitico

Al tetto dei Calcarei Grigi è presente, con uno spessore di circa 20 metri, un intervallo di calcari nodulari rossastri appartenenti alla Formazione del Rosso Ammonitico. Più in dettaglio questa formazione è costituita da calcari di colore rosso-rosato o biancastri, se decolorati, con facies di mare profondo e abbondante contenuto in ammoniti. Queste rocce si presentano fittamente stratificate, con superfici di strato molto irregolari a causa della nodularità molto pronunciata,

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

localmente contenenti abbondanti noduli di selce. L'elevata componente terrigena all'interno di questi calcari rende difficile il verificarsi di fenomeni di carsismo che interessino questi strati. La formazione affiora sulla parete di Saccon, dove forma un orizzonte nella parte alta, fra i Calcari Grigi e la Maiolica.

4.2.3 Formazione della Maiolica

Il limite superiore del Rosso Ammonitico è transizionale: per progressiva perdita di nodularità e di colore, questa formazione passa ai calcari micritici bianchi a stratificazione regolare della formazione della Maiolica. Quest'ultima è caratterizzata da strati calcarei spessi mediamente da 10 a 20 cm fino ad un massimo di circa 50 cm, di colore bianco avorio con locali patine rugginose e frequenti noduli di selce grigia. Frequenti inoltre sono i giunti stilolitici, sottolineati da sottili livelli di argilla. In realtà verso la base, vicino alla transizione con il Rosso Ammonitico, si osservano strati calcarei più potenti, biancastri, che raggiungono anche il metro di spessore e sono in genere poco selciferi. Tipica di queste rocce è inoltre la frattura concoide.

Salendo la successione stratigrafica il contenuto terrigeno, quasi del tutto assente nella Maiolica inferiore, aumenta gradualmente fino al Livello Selli, orizzonte anossico che segna il passaggio alla soprastante Formazione della Scaglia Variegata Alpina.

La Formazione della Maiolica, data la litologia che la costituisce, è facilmente alterabile per azione chimica e le forme carsiche si osservano frequentemente sia sulle pareti che sui massi all'interno del detrito di versante.

4.3 Inquadramento idrologico ed idrogeologico

Sul versante detritico e sulla parete rocciosa calcarea l'idrografia è assai ridotta, a causa dell'elevata permeabilità dei terreni sciolti e delle rocce lapidee del substrato.

Nella piana alluvionale di fondovalle esiste certamente una falda acquifera poco profonda, localizzata nel potente materasso ghiaioso.

Il versante detritico evidenzia la presenza di due solchi di ruscellamento occasionale. Il primo, verso nord, è il rio Geron (foto 2), corso d'acqua demaniale, caratterizzato da portate effimere ed occasionali, ma con grande capacità erosiva e di trasporto in corrispondenza di eventi meteorici eccezionali o intensi e prolungati. Al di sotto del punto di attraversamento della pista di servizio in progetto è stato oggetto in passato di opere di regimazione (briglie, cunettoni in sassi cementati, ecc.). L'alveo è caratterizzato dalla presenza di blocchi anche di grosso volume, trasportati durante le rarissime piene (vedi foto nella documentazione fotografica allegata).

Più a sud è presente un ulteriore solco di erosione, sede di scorrimenti idrici e modesto trasporto solido in occasione di eventi eccezionali.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

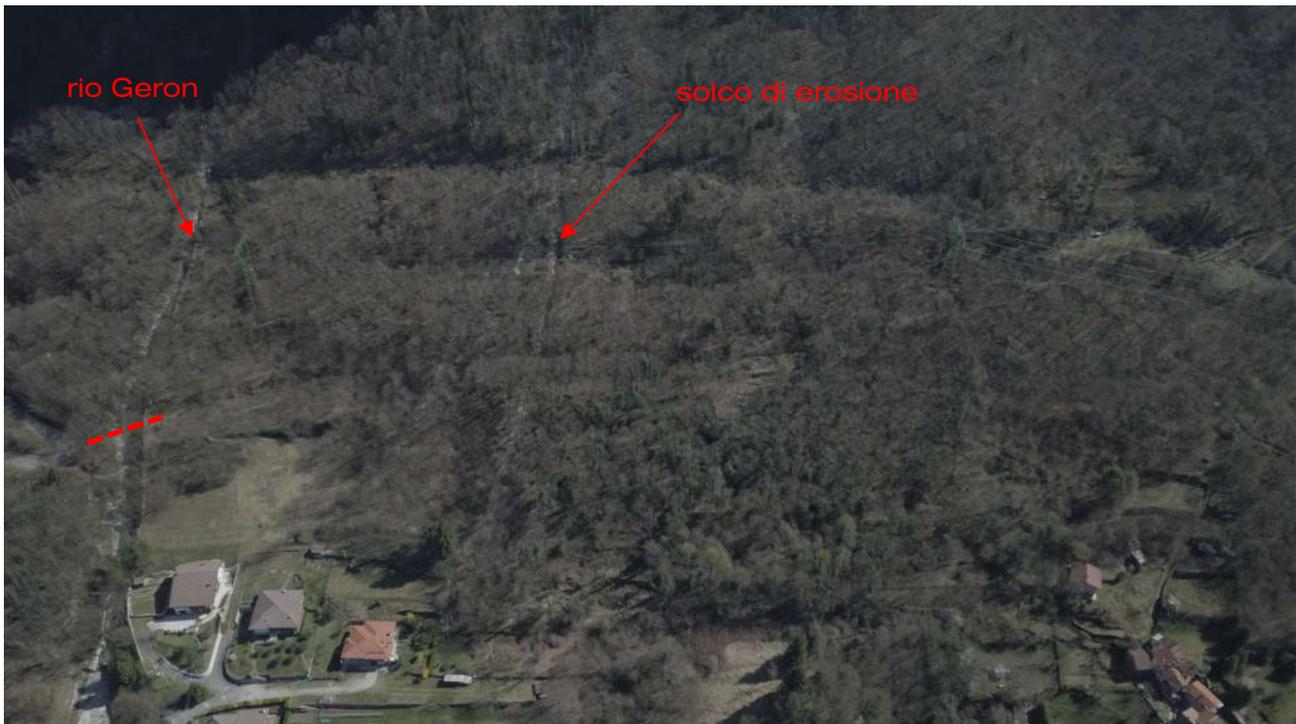


Foto 2: incisioni del versante interessate dalle opere. La linea tratteggiata indica il punto di attraversamento del rio Geron proposto per la costruzione del rilevato

5 Aspetti geotecnici delle litologie presenti

5.1.1 Detrito di versante

Le caratteristiche tecniche orientative sono le seguenti:

- Peso di volume: 18 - 19 kN/m³
- Coesione: 0 – 15 kPa
- Angolo d'attrito: 38 - 42°
- Permeabilità: molto elevata per porosità ($K=10^{-2} - 10^{-4}$)

5.1.2 Sedimenti fluvio-glaciali

Le caratteristiche tecniche orientative sono le seguenti:

- Peso di volume: 19 - 21 kN/m³
- Coesione: 5 – 10 kPa
- Angolo d'attrito: 30 - 35°
- Permeabilità: molto elevata per porosità ($K=10^{-2} - 10^{-4}$)

5.1.3 Sedimenti alluvionali

- Peso di volume: 19 - 20 kN/m³
- Coesione: 0 – 5 kPa
- Angolo d'attrito: 32 - 35°
- Permeabilità: molto elevata per porosità ($K=10^{-1} - 10^{-3}$)

5.1.4 Gruppo dei Calcari Grigi

Le caratteristiche orientative di queste rocce sono:

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

- Grado di suddivisione: in genere scarso. In settori particolari è intenso per la fratturazione portata dalla tettonizzazione;
- Struttura: stratificata in grossi banchi;
- Peso di volume: 26 - 27 kN/m³
- Resistenza alla compressione semplice: 80 – 120 MPa
- Permeabilità: media per fessurazione e carsismo;
- Spessore: circa 300 metri.

5.1.5 Formazione de Rosso Ammonitico

Le caratteristiche orientative di queste rocce sono:

- Grado di suddivisione: medio-elevato per la netta stratificazione;
- Struttura: stratificata in strati decimetrici;
- Peso di volume: 26 - 28 kN/m³
- Resistenza alla compressione semplice: 80 – 100 MPa
- Permeabilità: media per fessurazione;
- Spessore: circa 20 metri.

5.1.6 Formazione della Maiolica

Le caratteristiche orientative di queste rocce sono:

- Grado di suddivisione: elevato per fitta stratificazione;
- Struttura: fittamente stratificata in strati decimetrici;
- Peso di volume: 27 - 28 kN/m³
- Resistenza alla compressione semplice: 150 – 180 MPa
- Permeabilità: media per fessurazione e carsismo;
- Spessore: circa 200 metri.

6 Analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso

Si riportano di seguito i principali dati utili a descrivere le caratteristiche geomeccaniche della parete rocciosa interessata dai fenomeni di crollo. Le informazioni che vengono qui riportate sono ricavate da uno studio redatto nel 2006 dallo Studio Associato di Geologia Applicata Fenti. Tale lavoro era richiesto dalla PROVINCIA DI VICENZA – Dipartimento Gestione del Territorio U.C. Difesa del Suolo, Contrà Gazzolle n° 1, 36100 Vicenza, con disciplinare d'incarico n° 33 – prot. 74205 del 25-11-2005, allo scopo di svolgere indagini geologiche/geomeccaniche relative all'intervento di riduzione del rischio dovuto a fenomeni di crollo di roccia in località Saccon, nel Comune di Cison del Grappa.

Essendo il Rosso Ammonitico e la Maiolica normalmente caratterizzate da un elevato grado di fratturazione con Volumi Rocciosi Unitari molto piccoli, dell'ordine di 0,01-1 m³, la porzione di ammasso roccioso che presenta le maggiori problematiche dal punto di vista dei distacchi di volumi rocciosi è quella dei Calcari Grigi.

6.1 Analisi storica del sito

La fascia alla base del promontorio si è generata per il distacco dalla soprastante parete costituita da una sequenza di calcari più o meno dolomitizzati, grossolanamente stratificati, con giacitura da sub-orizzontale a lievemente inclinata, sempre affetti da una fitta fratturazione. Nel detrito di versante si osservano prevalentemente masse rocciose lastriformi con volumi compresi fra 1.5 e 3.0 m³, ma sono frequenti anche massi di dimensioni molto maggiori, risultato di fenomeni di crollo avvenuti nell'immediato post-glaciale.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

La storia del sito evidenzia come i crolli di grandi dimensioni siano avvenuti al ritiro dei ghiacciai, quando le condizioni ambientali sono mutate velocemente e alle pareti rocciose è venuto a mancare il “sostegno” del ghiaccio. Non si osservano lungo il pendio evidenze di crolli di questo tipo avvenuti recentemente, tuttavia da una prima analisi della parete si osservano alcune masse di decine di m³ delimitate da fratture. La stabilità di tali masse è incerta e non è possibile prevedere i tempi e le modalità di evoluzione della parete rocciosa.

Come osservato il distacco più frequente di materiale è costituito da masse comprese fra 1.5 e 3.0 m³, con valori più frequenti ~ 0,5 m³, che una volta raggiunta la falda detritica tendono a fermarsi per azione della fitta vegetazione o per l'effetto di rallentamento e cattura offerti dai terrazzamenti e dai frequenti ripiani a monte dei muri a secco (“masiere”). Si osservano infatti numerosi elementi lapidei di questa dimensione fermi sul versante.

Nel settore centrale la morfologia articolata comporta numerose situazioni più consistenti per rischio di crollo. Ivi infatti, sono frequenti le fratture parallele al versante, e sono evidenti alcune grandi fratture aperte che delimitano masse di decine o centinaia di m³, la cui giacitura corrisponde ai sistemi più frequenti. La stabilità di tali masse è incerta. Anche se non si sono verificati, negli ultimi decenni, fenomeni di crollo di dimensioni rilevanti (come si può constatare dalle condizioni di inattività delle barriere paramassi che si trovano a monte del paese), allo stato attuale delle osservazioni esistono, comunque, i presupposti perché si possano verificare crolli anche consistenti, contro cui nulla può fare la vegetazione o i terrazzi presenti.

Per inciso, a memoria d'uomo i locali ricordano solamente un evento di crollo importante, avvenuto nel primo dopoguerra, che ha interessato massi di alcuni metri cubi di grandezza.

Tutto ciò testimonia che la caduta di grossi volumi è alquanto rara e, pur avendo accertato il rischio di caduta massi nell'area investigata, permane il problema, irrisolvibile, della prevedibilità temporale degli eventi. È di fatto del tutto impossibile prevedere quando e con quale frequenza possono manifestarsi gli eventi di caduta massi.

6.2 Dati del rilievo geomeccanico

Il rilievo geomeccanico ha evidenziato la presenza, oltre alla stratificazione, di altri 3 sistemi di fratture/fagli oltre a sistemi minori di fratture variamente orientate. Essi vengono riassunte nella sottostante tabella.

Tipo	Giacitura media Dir. imm./incl.	Persistenza (m)	Spaziatura (m)	Apertura (mm)	Rugosità
S	suborizzontali 180-360/0-10	5-10	1-3	Chiusi	Lisci
K1	260-280 / 75-80	1-3	1-2	0-5	Poco rugosa
K1'	270/50	5-10	4-5	0	Rugosi
K2	190-10 / 85-90	2-3	1-2	0-5	Poco rugosa

Tab. 1: riassunto dei principali sistemi di discontinuità individuati con l'indagine geomeccanica

6.3 Classificazione dell'ammasso

Si riportano di seguito i principali dati utili a descrivere l'ammasso roccioso. Le informazioni che vengono qui riportate sono ricavate da uno studio redatto nel 2006 dallo Studio Associato di Geologia Applicata Fenti già citato sopra.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

L'ammasso roccioso a rischio di caduta massi è, come si diceva, prevalentemente costituito dalla formazione dei Calcari Grigi. Altre formazioni rocciose, quali il Rosso Ammonitico e la Maiolica, costituiscono localmente la sommità della grande parete rocciosa di Saccon su spessori di alcune decine di metri. Inoltre, queste due formazioni sono normalmente caratterizzate da un elevato grado di fratturazione con Volumi Rocciosi Unitari molto piccoli, dell'ordine di 0,01-1 m³.

6.3.1 Caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo il metodo di Romana e del BRMR

Con i dati geostrutturali raccolti e dalle osservazioni dei possibili cinematismi, è stata effettuata la classificazione dell'ammasso roccioso, secondo il metodo di ROMANA (1991). Ciò allo scopo di ottenere un'indicazione orientativa delle caratteristiche medie dell'ammasso roccioso, dei suoi parametri geomeccanici e sulla tipologia degli interventi di consolidamento. Si sottolinea che la classificazione di Romana è una modificazione della classificazione RMR di Bieniawski, adattata e migliorata per versanti e scarpate rocciose. In particolare il metodo consiste nella valutazione dell'indice correttivo per le orientazioni delle discontinuità (parametro "B" di Bieniawski) allo scopo di ottenere una stima più attendibile della stabilità dei pendii in roccia.

Pertanto l'indice S.M.R. (Slope Mass Rating) di Romana si ottiene per correzione dell'indice B.R.M.R. (Basic Rock Mass Rating) di Bieniawski, tramite la seguente relazione:

$$S.M.R. = B.R.M.R. + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Dove:

- *B.R.M.R.*: somma dei parametri R1-R2-R3-R4-R5 della classificazione di Bieniawski.
- *R1*: compressione monoassiale
- *R2*: R.Q.D.
- *R3*: spaziatura delle discontinuità
- *R4*: condizioni delle discontinuità
- *R5*: condizioni idrauliche

Poiché i fenomeni di instabilità si verificano principalmente nei Calcari Grigi Giuresi, i dati di seguito riportati si riferiscono solo a tale tipo litologico.

- Resistenza a compressione della roccia: questo parametro è stato stimato come precedentemente descritto. Intervallo di resistenza a compressione considerato 80 – 120 MPa
- R.Q.D. (Rock Quality Designation): intervallo 80-90 %
- Spaziatura dei giunti di discontinuità: la spaziatura è piuttosto variabile, ma mediamente superiore a 2 m.
- Condizioni dei giunti: le fratture sono in genere aperte da alcuni millimetri a qualche centimetro, da poco rugose a rugose, piane, non alterate.
- Condizioni idrogeologiche: i giunti si presentano asciutti o umidi.
- Orientazione dei giunti di discontinuità rispetto al versante: questo parametro di correzione è stato valutato con il metodo di Romana, come sopra esposto, in riferimento alle fratture disposte a franapoggio.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

Parametri di Romana:

- F1 = 1 (intervallo angolare tra la direzione del giunto (K1) e quella del versante = 10-20°)
- F2 = 1 (inclinazione del giunto >45°)
- F3 = -50 (intervallo angolare tra l'inclinazione del giunto e quella del versante = 0, -10°)
- F4 = 15 (tipo di pendio: versante naturale)

Dalla somma di questi parametri è stato ottenuto quanto segue:

SMR = 52, corrispondente ad una **classe III (discreta)**.

Dalla classificazione di Romana (1991) si ottengono le seguenti indicazioni: **ammasso roccioso parzialmente stabile, con possibilità di scivolamenti piani e grandi cunei**.

Le indicazioni proposte dalla classificazione per un indice SMR 52 sono: **ancoraggi, bullonaggi, valli al piede**.

6.3.2 Caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo Hoek et al.

Come ulteriore caratterizzazione dell'ammasso roccioso (Calcari Grigi) è stato utilizzato anche il moderno criterio di rottura di Hoek & Brown definendo i seguenti parametri:

- **GSI (Geological Strength Index):** è l'indice per la classificazione dell'ammasso roccioso con il metodo di Hoek & Brown che si basa sulle caratteristiche intrinseche dello stesso, senza tener conto di alcuni parametri considerati nella classificazione di Romana, come la presenza d'acqua e l'orientamento delle discontinuità. Tale parametro dipende essenzialmente dal grado di fratturazione dell'ammasso roccioso e dalle caratteristiche dei giunti di discontinuità.
- **"mi":** costante di Hoek & Brown per roccia intatta. Varia in base al tipo di roccia. I valori "mi" sono stati ricavati dalla tabella di "Hoek and Marinos 2000" (vedi tabella di seguito allegata), in quanto un valore più preciso è ottenibile solo in seguito a specifiche prove di laboratorio in celle triassiali.
- **Coefficiente di disturbo "D":** parametro riduttivo (HOEK, 2002) che tiene in considerazione le modalità di scavo ed il tipo di scavo (galleria o versante).
- **Altezza del versante "H":** dato correttivo dei parametri di Mohr-Coulomb (HOEK, 2002) che tiene in considerazione il rapporto tra caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso e le dimensioni del versante. Infatti, all'aumentare dell'altezza del versante si riduce il valore di angolo d'attrito e aumenta il contributo della coesione. (I risultati ottenuti sono prudenziali per scarpate di altezza minore di quella considerata).

Sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- **Tipo di roccia:** calcari talora dolomitizzati
- **GSI:** ammasso roccioso grossolanamente suddiviso, definibile come "blocky" con giunti poco rugosi e non alterati = 65 ± 5
- **Mi:** 12
- **σ_c :** 1200 Kg/cm²
- **Peso di volume γ :** 27 kN/m³

La valutazione di questi parametri viene effettuata tramite formule empiriche che correlano i valori di H. & B. con quelli di Mohr-Coulomb, per ammasso roccioso su versante (HOEK, 2002): i parametri variano sensibilmente in funzione dell'altezza del versante, che nel caso specifico è stata considerata pari a ~85 m.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

Parametri medi dell'ammasso roccioso (H. & B.):

- Resistenza a compressione = 22,6 MPa
- Resistenza a trazione = -1 MPa
- Modulo di deformabilità E = 38.800 MPa

Da questi tramite inviluppo non lineare possiamo stimare i seguenti parametri secondo Mohr –Coulomb:

- Coesione C = 4,2 MPa (42 Kg/cm²)
- Angolo d'attrito $\varphi = 49^\circ$

6.3.3 Stima dei parametri su giunto

La parete rocciosa presenta numerose masse le cui condizioni di stabilità dipendono soprattutto dalle caratteristiche geomeccaniche dei giunti. Pertanto di seguito si riporta una stima dei parametri geotecnici dei giunti; tali parametri vengono stimati con il criterio di Barton-Bandis.

Il criterio riconduce tutta la resistenza al taglio del giunto ad un angolo d'attrito di picco φ_p che dipende dalle caratteristiche essenziali del giunto, quali la rugosità JRC e la resistenza JCS. Questi fattori incrementano l'angolo d'attrito residuo φ_r del giunto alterato.

Da una valutazione tramite programma di calcolo, è stato possibile stimare approssimativamente i parametri coesione e angolo d'attrito di Mohr-Coulomb su giunto medio:

- Coesione C = 0,03 MPa
- Angolo d'attrito $\varphi = 48^\circ$

Si sottolinea che uno dei valori richiesti nel metodo di Barton è σ_n , i parametri del giunto dovrebbero essere rivalutati specificamente per ogni singola massa di cui si voglia verificarne la stabilità.

Pertanto i parametri sopra riportati sono una stima orientativa dei valori su giunto.

6.4 Volume Roccioso Unitario

La determinazione del Volume Roccioso Unitario (VRU) utilizzato nelle verifiche, è stato scelto in linea con le determinazioni scaturite dagli studi pregressi, in particolare quello già citato del 2006, nel quale, sulle 6 sezioni di studio, si erano osservate energie che all'altezza dell'area dove sono previste le opere di ritenuta erano comprese tra 5.000 e 10.000 KJ (con velocità di 15-20 m/s).

Con questi presupposti il dimensionamento del rilevato è stato fatto sulla base di un VRU di 9 m³. Questo VRU è supposto cautelativo in quanto si ritiene plausibile supporre che queste rocce, costituite da litotipi calcareo dolomitici interessati da vari sistemi di fratture (vedi tab. 1), nel caso si verifichi il distacco delle suddette "cospicue porzioni di ammasso", queste, prima di giungere alla base del versante, si riducano da un unico blocco in uno sciame di blocchi di dimensioni minori del VRU considerato.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

7 Tipologia degli interventi previsti dal progetto

Nelle sue linee generali le tipologie dei principali interventi previsti dal progetto definitivo sono le seguenti:

- Messa in opera di un rilevato paramassi in terre rinforzate

In calce al testo viene fornita una sezione tipologica del rilevato in terra rinforzata bifacciale.

8 Rilevato paramassi - Analisi di caduta massi

Il dimensionamento delle opere di ritenzione passiva (in questo caso rilevato paramassi), viene elaborato su un approccio di tipo statistico, in quanto le variabili che definiscono le azioni agenti di progetto (volume del blocco di progetto, cinematico di caduta lungo il pendio, ecc.) sono spesso affette da un'elevata incertezza.

Per questa analisi si è fatto riferimento alla norma UNI 11211-4:2012 «Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo» che fornisce indicazioni di dettaglio sul dimensionamento delle opere di difesa passive (e.g. verifica dell'energia, dell'altezza dell'opera e della distanza di sicurezza).

Data la conformazione irregolare del versante e l'estesa copertura vegetale che ne maschera l'andamento locale e la mancanza di rilievi dettagliati e robusti maggiormente aderenti alla realtà, per le analisi di caduta massi si è ritenuto sufficiente utilizzare un codice di calcolo monodimensionale. Il codice di calcolo impiegato è il modello monodimensionale Rocfall (codice commerciale), che simula in modo stocastico la caduta di blocchi considerati puntiformi (lumped mass) nelle equazioni del moto, e come dotati di dimensione nel calcolo delle energie e dei coefficienti di restituzione lungo un profilo rappresentativo di un versante tenendo in conto di: (a) geometria del profilo e sua variabilità locale; (b) rimbalzo e rotolamento in funzione delle caratteristiche del versante; (c) variazione dei coefficienti di restituzione e dell'angolo di attrito dinamico al rotoscivolamento; (d) quota e posizione del punto di distacco del blocco; (e) massa del blocco; (f) velocità iniziale (componenti orizzontale e verticale).

I pendii sono stati caratterizzati dal punto di vista dinamico considerando l'interazione tra masso in caduta e terreno (per il significato dei parametri caratterizzanti si rinvia al manuale del software Rocfall 6.0 della RocScience Inc, e alla letteratura tecnica, in particolare a D. Wyllie Rockfall Engineering, 2015, CRC Press).

8.1 Algoritmo di calcolo

I parametri di calcolo introdotti nel programma sono trattati in modo probabilistico vero, facendoli oscillare con il metodo di Montecarlo entro l'intervallo. Il programma si basa sulle seguenti equazioni, che stabiliscono la perdita di velocità a seguito degli impatti e rimbalzi sul pendio:

I coefficienti di restituzione stabiliscono la perdita di velocità a seguito degli impatti con le seguenti equazioni generali:

$$V_{NB} = R_N V_{NA}$$

$$V_{TB} = R_T V_{TA}$$

dove:

V_{NB} , V_{TB} , V_{NA} , V_{TA} = componenti della velocità normali (N) e tangenziali (T) prima dell'impatto (A) e dopo l'impatto (B)

R_N = coefficiente di restituzione normale

R_T = coefficiente di restituzione tangenziale

I coefficienti di restituzione normale e tangenziale derivano da dati di bibliografia e dall'interazione dei seguenti fattori:

- natura e spessore dei terreni di superficie
- copertura vegetale
- velocità di caduta
- dimensioni dei massi.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

Per la descrizione del moto dei corpi che è piuttosto complessa, si rinvia al manuale dell'utente del software (www.rocscience.com) e al citato testo Rocfall Engineering di Duncan Wyllie, CRC press, 2015. Maggiori informazioni si trovano nella "Relazione Tecnica di Dimensionamento delle Barriere Paramassi".

Nello svolgimento delle verifiche l'assunzione dell'angolo d'attrito Φ comporta l'ipotesi che il movimento del blocco in caduta sia di scivolamento; viceversa, assumere nullo l'angolo comporta un moto di puro rotolamento.

Poiché la sezione topografica utilizzata è comunque approssimata poiché il pendio non è "liscio", nel calcolo di solito si introduce una "rugosità" imponendo delle variazioni con legge di distribuzione normale alle coordinate topografiche.

L'energia cinetica totale acquisita a seguito della caduta, viene calcolata con la nota relazione classica dell'energia cinetica:

$$E_k = \frac{1}{2} M V^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

dove

M = massa in caduta

V = velocità di caduta in traslazione

I = momento d'inerzia del masso

ω = velocità angolare del masso

Il tutto viene poi moltiplicato per un fattore di sicurezza

Infine la massa del blocco di progetto è definita come il prodotto del volume del blocco di progetto per il peso specifico della roccia, moltiplicato per un coefficiente di sicurezza.

8.2 Criterio di scelta della sezioni di analisi

Per fornire una valutazione delle potenziali energie in gioco e delle possibili altezze di rimbalzo lungo il pendio in caso di crollo di una porzione di ammasso roccioso vengono generalmente effettuate delle verifiche traiettografiche lungo sezioni rappresentative. Per coerenza con gli studi precedenti sono state nuovamente verificate le sezioni 1, 2 e 3 del progetto di fattibilità. Esse corrispondono all'incirca alle sezioni 6, 4 e 2 (rispettivamente) della Relazione Fenti del 2006.

Per il dimensionamento delle opere di difesa passive molto importante risulta la scelta della sorgente dei massi. Nella nuova sezione di studio in via conservativa è stata considerata come "area sorgente" tutta la fascia di affioramento roccioso pur con dei distinguo rispetto al litotipo presente.

8.2.1 Parametri di input utilizzati nell'analisi

Ai fini della simulazione, sono stati adottati i seguenti parametri geomeccanici di input:

- base topografica di input: da nostro rilievo;
- velocità di caduta iniziale: 1 m/s; nella determinazione delle velocità non sono state considerate possibili sollecitazioni aggiuntive provenienti da input sismici. La sismicità del sito influisce sulla frequenza e diffusione degli eventi di caduta, ma non sulla loro intensità, perché l'accelerazione sismica non è in grado di sviluppare lanci di oggetti (C. Richter, 1958 – Elementary seimology, W.H Freeman, Pag 134) tali da modificare in modo significativo la dinamica di caduta. Inoltre l'effetto sulle difese paramassi è nullo perché si tratta di opere flessibili
- sorgenti di distacco lineari (in quanto non riconoscibili con certezza sorgenti "puntuali");
- densità della roccia: 2700 kg/m³;
- 2000 simulazioni per ogni sorgente di distacco di tipo lineare;

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

- parametri inerenti al coefficiente di restituzione normale R_n , al coefficiente di restituzione tangenziale R_t , e all'angolo di attrito al rotoscivolamento ϕ , come esposti in Tabella 2. Per il loro utilizzo nelle simulazioni si è tenuto conto che il punto di distacco si posiziona in genere su affioramenti rocciosi, mentre il percorso dei massi si sviluppa prevalentemente lungo un pendio ricoperto da depositi detritici.

Tipologia deposito	R_n	R_t	Φ (°)
Affioramenti calcareo dolomitici	0.53 ($\sigma = 0.04$)	0.99 ($\sigma = 0.04$)	30 ($\sigma = 1^\circ$)
Affioramenti Rosso Ammonitico	0.45 ($\sigma = 0.04$)	0.90 ($\sigma = 0.04$)	30 ($\sigma = 1^\circ$)
Falda detritica	0.28 ($\sigma = 0.04$)	0.83 ($\sigma = 0.04$)	30 ($\sigma = 1^\circ$)

Tab. 2: coefficienti di restituzione del terreno adottati nell'analisi caduta massi

- Volume Roccioso Unitario (VRU): la "fascia sorgente" è stata suddivisa sulla base della carta geologica di fig. 2: nella parte superiore dove affiora il Rosso Ammonitico è stato considerato un VRU di circa $0,5 \text{ m}^3$ ($1500 \text{ kg} \pm 200 \text{ kg}$), mentre lungo la porzione calcareo dolomitica è stato utilizzato un VRU di $9 - 10 \text{ m}^3$ ($23400 \text{ kg} \pm 2700 \text{ kg}$).
- Lungo la sezione è stato posto un "collettore" nella posizione considerata più idonea per la messa in opera delle opere di ritenzione. In pratica il collettore è un punto di studio delle velocità e delle altezze dei massi "lanciati" dal programma, a seguito del quale si possono dimensionare le relative difese.

Per la taratura, il calcolo è stato reiterato modificando i parametri d'ingresso fino a che la distribuzione dei punti di arresto delle traiettorie lungo il pendio è divenuta simile diviene simile a quella riscontrata nei rilievi di campagna.

8.3 Analisi di caduta massi

I risultati sono esposti in forma grafica in allegato dove sono riportati:

- Profilo topografico con le traiettorie di caduta e l'interposizione di una sezione di analisi (collettore) nella posizione considerata idonea per la messa in opera delle opere di difesa paramassi di progetto.
- Grafico con la distribuzione statistica delle altezze di caduta registrate in corrispondenza del collettore proposto;
- Grafico con la distribuzione statistica delle velocità di caduta registrate in corrispondenza del collettore proposto.

I due grafici ed i valori corrispondenti sono fondamentali per la successiva verifica del rilevato di progetto.

I risultati evidenziano che dove potrebbe essere collocata la struttura di difesa passiva, le traiettorie nel 95% dei casi hanno velocità e altezza sul pendio misurata sulla verticale, rispettivamente inferiori a (Tab. 3):

Sezione di riferimento	Velocità al collettore 95% percentile (m/s)	Altezza di rimbalzo al collettore 95% percentile (m)
1	23.4	4.6
2	24.3	1
3	24.0	1.6

Tab. 3: velocità di caduta e altezze di caduta dei massi misurate a livello dei collettori

Si noti che l'altezza di caduta, calcolata con procedure di massa puntiforme, deve essere corretta della dimensione reale del masso di progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

9 Manutenzione delle terre rinforzate costituenti il rilevato paramassi

9.1 Generalità

Le terre rinforzate devono essere preparate in maniera opportuna per consentire ai materiali utilizzati di svolgere il loro compito di contenimento e di stabilizzazione. Fissare le reti ai picchetti inseriti nel terreno e ricoprire con terreno vegetale soprattutto in prossimità dei bordi esterni. Per agevolare la filtrazione ed il drenaggio dei versanti seminare con specie erbacee selezionate.

9.2 Anomalie riscontrabili

Difetti di tenuta delle reti o delle griglie, con conseguente perdita di materiale, fenomeni di corrosione delle strutture portanti delle terre, difetti di attecchimento delle piante erbacee, mancanza di terreno che mette a nudo la struttura delle terre rinforzate.

9.3 Manutenzione

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DIRETTAMENTE DALL'UTENTE: controllo a vista.

MANUTENZIONE DA ESEGUIRE A CURA DEL PERSONALE SPECIALIZZATO:

sostituzione delle parti danneggiate, pulizia, sistemazione degli ancoraggi, sistemazione materiale, pulizia.

Le ditte fornitrici dei singoli elementi dell'opera, forniranno le schede tecniche, di istruzione, manutenzione, dismissione e relativi elaborati grafici. Forniranno inoltre schede diagnostiche, schede normative, il tutto per poter procedere alla raccolta delle informazioni per il monitoraggio periodico delle prestazioni e ad un corretto intervento manutentivo.

9.4 Programma di manutenzione

SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI l'opera deve garantire le prestazioni richieste dalla normativa sopra citata.

SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI: verifica integrità piante, controllo delle reti, controllo ancoraggi, controllo materiale di riempimento, controllo della stabilità del sistema, verifiche elettriche per la corrosione delle armature delle terre armate.

SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI:

riassunti nella tabella a seguire:

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA-GEOMECCANICA

controllo generale della struttura	mensile
eliminare tutti i depositi e la vegetazione eventualmente accumulatasi sui gabbioni.	semestrale
verificare la stabilità dei gabbioni controllando che le reti siano efficienti e che non causino la fuoriuscita dei conci di pietra	semestrale
verifica della tenuta delle griglie e delle reti nonché l'ancoraggio ai relativi picchetti	annuale
risistemazione degli ancoraggi delle reti o griglie; riempimento di eventuali vuoti presenti	annuale
verifiche elettriche per la corrosione delle armature delle terre armate	ogni 5 anni
sistemare i gabbioni e le reti in seguito ad eventi meteorici eccezionali e in ogni caso quando occorre.	quando occorre
sostituzione parti danneggiate e/o usurate	quando occorre
pulizia degli elementi	quando occorre
interventi di riparazione	quando occorre

SEZIONE TIPOLOGICA VALLO PARAMASSI

scala circa 1:50

