

**UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO**  
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

**INTERVENTI DI MANUTENZIONE  
DEL TERRITORIO MONTANO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

esteso ai comuni di: **CARTOSIO, CAVATORE, DENICE,**  
**MELAZZO, MERANA,**  
**MONTECHIARO D'ACQUI, MORBELLO, PARETO, PONTI**  
(1° LOTTO)

**RELAZIONE GEOLOGICA**

RIF. INT.: 2017\_74

DATA: 20 AGO.2018

IL RESPONSABILE **II R.U.P.**

Geom. Carla Moretti



I TECNICI

Dott. Geol. Andrea Silvio BASSO



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

**STUDIONOVI** Bruno-Chiarella

**STUDIO DI GEOLOGIA** Andrea Silvio Basso

Via Manzoni 14, 15067 NOVI L. (AL) tel. 0143 75470 - fax 0143 321409

# SOMMARIO

1.) PREMESSA .....	2
2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE .....	2
3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI .....	5
4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	6
5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	7
6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	8
7.) INDAGINI ESEGUITE .....	9
7.1.) RILIEVO GEOMECCANICO.....	9
8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	10
8.1.) PARAMETRI GEOTECNICI .....	10
9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	11
10.) CONCLUSIONI .....	14

## ALLEGATI

TAV.1 COROGRAFIA (SCALA 1:10.000)

TAV.2 PLANIMETRIA GENERALE (SCALA 1:500)

PARAMETRI SISMICI DI SITO

## **1.) PREMESSA**

La presente relazione predisposta dal geologo Andrea Basso, con studio In Ovada, via Lung'Orba Mazzini n. 95, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Piemonte al n. 334/A, è riferita all'Area d'intervento presso il Comune di Cavatore.

### *INTERVENTO IN PROGETTO*

L'intervento in progetto prevede la messa in sicurezza di un parete rocciosa (40 m x 10 m circa), ubicata lungo la Strada Comunale Valle, in prossimità dell'attraversamento del rio Ravanasco, sito in Comune di Cavatore (circa 2 km a nord-est del concentrico). Il consolidamento della parete rocciosa sarà effettuato mediante esecuzione di chiodature e posa di rete metallica, previo disgrego delle porzioni instabili.

### *INDAGINI ESEGUITE*

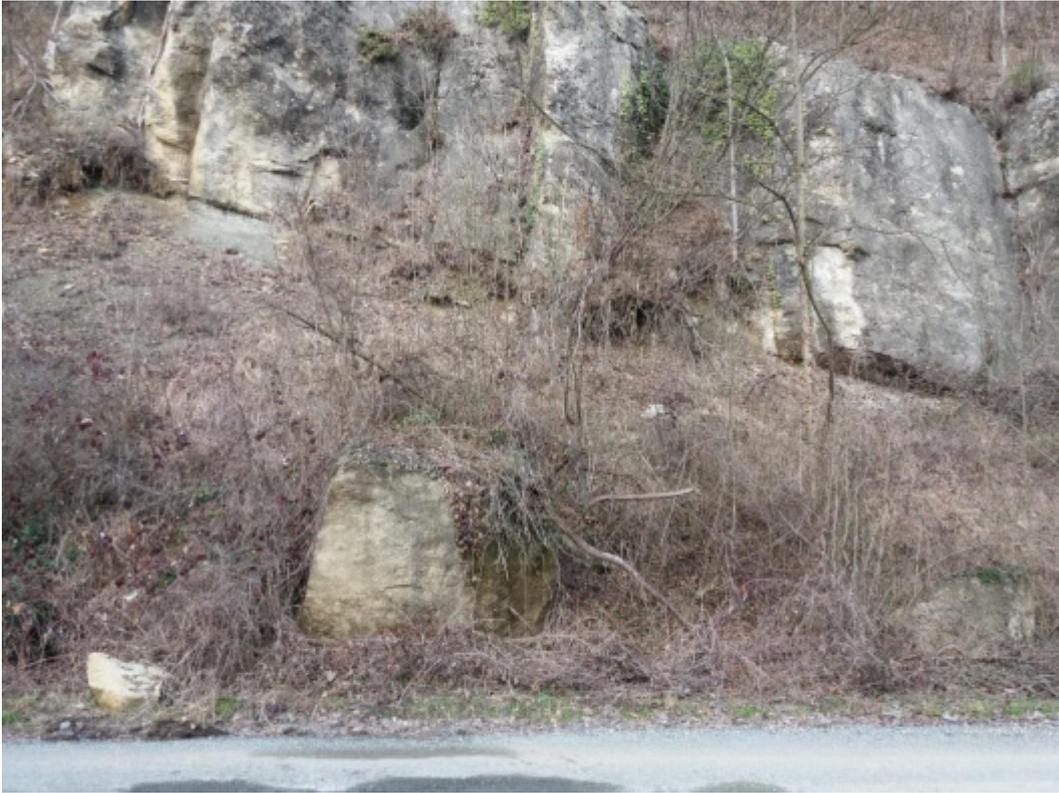
- Rilievo geomorfologico e geologico di dettaglio dell'area
- Rilievo geomeccanico
- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio.
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche del terreno.

## **2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE**

L'area soggetta a indagine fa parte del territorio comunale di Cavatore (AL), in corrispondenza della strada comunale Valle, ad una quota di circa 250 metri sul livello marino. L'area di studio si trova alla base di un versante fortemente acclive rivolto a sudest, a poche decine di metri di distanza dal corso del rio Ravanasco, e a una distanza di circa 2 km dal concentrico abitato di Cavatore.

La zona è cartografata sul Foglio 82 "Genova" della Carta d'Italia (scala 1:100.000) e sulla sezione 194140 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte.





Fotografie dell'area

### 3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

- D. M. 14 gennaio 2008  
"Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del C.S.LL.PP.  
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058  
Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89 e s.m e i.

#### 4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il substrato roccioso caratterizzante il territorio della zona è contraddistinto dalla presenza di successioni sedimentarie riferibili al Bacino Terziario Piemontese. Quest'ultimo si presenta come un'ampia depressione a sinclinale addossata all'Appennino Ligure, a Sud, e limitata a Nord dalla Collina di Torino, dallo Sperone di Tortona e dal margine della Pianura Padana. Si tratta di una sequenza di depositi marini, di riempimento di una vasta area, che, per effetto della subsidenza della zona settentrionale e del pulsare della catena alpina, presenta un tipico assetto monoclinale con immersione nord ed attenuazione delle pendenze verso la piana alessandrina. In questo settore, a causa dell'elevata subsidenza iniziata nel Pliocene e proseguita anche se con intensità decrescente fino al Quaternario Recente, la successione marina pliocenica raggiunge lo spessore di 2000 metri.

All'interno del territorio di Cavatore, tale successione risulta costituita dalle seguenti formazioni:

- *Formazione di Cremolino (Miocene inferiore)*
- *Formazione di Visone (Miocene inferiore);*
- *Marne di Rigoroso (Miocene inferiore-Oligocene superiore-medio);*
- *Formazione di Molare (Oligocene);*

Tali formazioni sono riportate dalla più recente alla più antica. Nell'area d'indagine è presente la *Formazione di Visone*, a cui può essere assimilato l'affioramento che costituisce la parete rocciosa oggetto dell'intervento, e la *Formazione delle Marne di Rigoroso*, le quali sono descritte sul foglio N. 82 "GENOVA" della carta geologica d'Italia 1:100.000, di cui di seguito viene riportato uno stralcio.



**Formazione di Visone:** *Alternanze di biocalcareni, biocalciruditi e areniti calcaree in strati decimetrici, con talvolta associati strati di marne e calcari.*

## 5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche morfologiche generali della zona sono determinate sia dalla natura litologica e strutturale del substrato geologico e sia da fattori morfogenetici legati a processi di degradazione e/o alterazione dei versanti.

In particolare, l'assetto monoclinale delle successioni sedimentarie caratterizzanti il substrato, con immersione degli strati generalmente verso N-NO, impone acclività moderate nei versanti settentrionali (assetto "a franapoggio") ed acclività più elevate nei versanti meridionali e orientali (assetto "a reggipoggio"). Tale diversificazione è inoltre influenzata dalla natura del substrato roccioso e quindi dalla presenza di contrasti litologici aventi differenti caratteristiche meccaniche (per esempio il contatto tra formazioni marnose o argillose e di formazioni arenaceo-sabbiose).

In questo contesto, l'area d'intervento si posiziona alla base di un versante collinare con pendenze alte rivolto a sudest, alla quota di circa 250 metri s.l.m.

Dal punto di vista della dinamica delle acque superficiali, l'area in oggetto non risulta essere influenzata dalla dinamica fluviale, benché si trovi a poche decine di metri dal corso del rio Ravanasco il quale però non interferisce con il sito oggetto d'intervento; non si esclude, tuttavia, che vi possano essere fenomeni di corrivazione superficiale a seguito degli eventi meteorologici più intensi.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei versanti, il rilievo dell'area e la cartografia tematica disponibile hanno consentito di evidenziare la presenza di numerosi dissesti gravitativi di dimensioni limitate, classificabili come ribaltamenti e crolli di blocchi rocciosi, originati per distaccamento dalla parete rocciosa indagata di porzioni della stessa presenti su tutto il versante che diventano molto accentuati in corrispondenza della parete oggetto di intervento.

Le cause della frana sono da ascrivere a diversi fattori:

- la presenza di un sistema di fratture con giacitura sfavorevole rispetto all'orientazione dei fronti rocciosi, con giunti poco scabri, alterati ed allentati in superficie, anche per azione dei cicli di gelo-disgelo
- la presenza di bancate della facies arenacea rese aggettanti dalla progressiva erosione del piede, dove costituito dalla siltite più debole, alterata, laminata e friabile,
- la presenza nell'arenaria di giunti di strato anche se non frequenti suborizzontali, debolmente cementati,
- una complessiva resistenza medio-bassa dell'ammasso roccioso arenaceo, parzialmente alterato.
- La presenza di acqua nei giunti, non rilevata al momento dei rilievi, ma certamente presente nei periodi di pioggia.

Il meccanismo di rottura può essere schematizzato come l'azione composta di scivolamento e rotazione di blocchi rocciosi arenacei, non sostenuti alla base, lungo la superficie di frattura sfavorevole, la conseguente rottura a trazione lungo il giunto di strato al tetto e l'innescò dall'alto con propagazione verso il basso di una, o più, nuove fratture, anch'esse di trazione, nelle porzioni di ammasso che delimitavano lateralmente i blocchi critici. Alcune di queste fratture sono ben visibili nella zona di distacco.

## 6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in questione possono essere distinti tre termini:

- **Coperture superficiali eluvio-colluviali e detritiche** : costituite prevalentemente da argille limose con spessore inferiore al metro; risultano caratterizzate da permeabilità primaria da molto bassa a bassa.
- **Substrato arenaceo**: costituito da arenarie fratturate in blocchi alterate in superficie; sono caratterizzate da permeabilità per porosità media e da una permeabilità secondaria variabile in funzione del grado di fratturazione della roccia.
- **Substrato marnoso**: costituito da marne siltose molto fratturate; sono caratterizzate da permeabilità per porosità bassissima o nulla e da una permeabilità secondaria variabile in funzione del grado di fratturazione della roccia.

Il substrato marnoso, sostanzialmente impermeabile in condizioni di integrità, può essere caratterizzato localmente da permeabilità secondaria connessa alla presenza di fratturazioni e/o fessurazioni indotte da fenomeni deformativi successivi alla sua genesi. La conducibilità idraulica secondaria del substrato risulta fortemente influenzata sia dalla giacitura delle anisotropie planari caratteristiche del substrato, sia dalla natura e granulometria del materiale di riempimento.

In tale contesto idrogeologico, considerata l'orografia dell'area, la stratigrafia dei terreni (orizzonte di copertura avente permeabilità bassa per porosità su substrato arenaceo e marnoso) e i dati delle indagini eseguite non si rileva la presenza di una falda acquifera vera e propria, ma solo una circolazione subcorticale che ha sede all'interno della coltre sciolta ed è strettamente connessa al regime meteorico stagionale (risulta ridotta o assente nelle stagioni asciutte).

## 7.) INDAGINI ESEGUITE

Al fine di effettuare una adeguata caratterizzazione del sito, in relazione alla tipologia di opere a progetto, sono state condotte una serie di indagini in sito, mirate in particolare alla valutazione delle caratteristiche geotecniche del substrato, tramite il rilievo in sito.

Le indagini hanno compreso oltre al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, un rilievo geomeccanico sull'affioramento presente in prossimità della strada comunale, nel settore interessato dalla realizzazione delle opere di messa in sicurezza.

### 7.1.) RILIEVO GEOMECCANICO

Il rilievo è stato eseguito secondo il metodo RMR (Rock Mass Rating) di Bieniawski che consente di individuare le caratteristiche meccaniche principali dell'ammasso roccioso partendo dall'analisi dei 5 parametri di seguito descritti:

- *Resistenza del materiale roccia intatto*
- *RQD (Rock Quality Designation / Recupero Percentuale modificato)*
- *Spaziatura delle discontinuità*
- *Condizioni delle discontinuità*
- *Condizioni idrauliche*

Da tutto ciò si ottiene una suddivisione degli ammassi rocciosi in 5 classi dalla classe I (ottimo), alla classe V (pessimo), a ciascuna di queste classi corrispondono degli intervalli di valori, sia per quanto riguarda la coesione, sia per quanto riguarda l'angolo di attrito.

Di seguito si riportano i valori misurati in sito.

<i>S<sub>u</sub>:</i> <i>56.175 MPa</i>	<i>INDICE PARZIALE = 5.93</i>
<i>R.Q.D.:</i> <i>100 %</i>	<i>INDICE PARZIALE = 19.36</i>
<i>Spaziatura delle discontinuità</i> <i>3.6 m</i>	<i>INDICE PARZIALE = 20.00</i>
<i>Condizioni delle discontinuità</i> <i>Superfici rugose, mediamente alterate e con riempimento soffice &gt; 5 mm</i>	<i>INDICE PARZIALE = 10</i>
<i>Condizioni idrauliche</i> <i>Solo umidità</i>	<i>INDICE PARZIALE = 10</i>

La somma dei cinque indici parziali è 65.29; tale valore colloca l'ammasso roccioso nella classe III (mediocre) della classificazione RMR di Bieniawski.

In allegato si riportano i dati dettagliati della caratterizzazione geomeccanica eseguita.

## **8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Dal confronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento, con i dati delle indagini eseguite è stato possibile ottenere una caratterizzazione dell'ammasso roccioso interessato dall'intervento.

### 8.1.) PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dai risultati delle indagini eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi dell'ammasso roccioso descritto in precedenza.

angolo di attrito residuo	$\varphi$	=	30-35°
coesione residua	<b>C</b>	=	200-270 kPa
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	23 kN/m <sup>3</sup>

## 9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

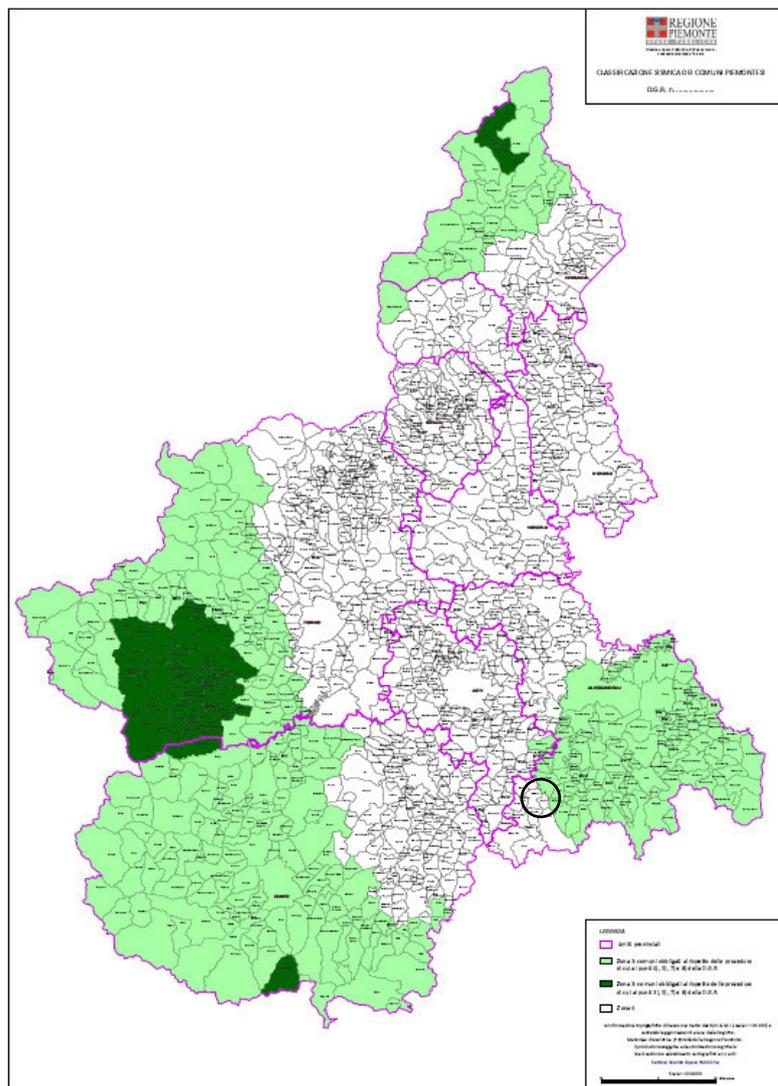
La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo ( $a_g$ ) i fattori amplificativi degli spettri ( $F_0$ ) ed i periodi  $T_c^*$  relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza.

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza

Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Cavatore**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)", in **ZONA 4** (pericolosità bassa).

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.



### **Parametri per la determinazione dell'azione sismica**

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito ( $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ )

### **Determinazione della categoria di suolo di fondazione**

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri ( $V_{s30}$ ); in questo caso la velocità delle onde di taglio è stata determinata tramite dati bibliografici. L'indagine ha consentito di individuare due unità litofisiche rappresentate dalla coltre superficiale e dal substrato; il valore medio di  $V_s$  stimato (e verificato in prima approssimazione con le indagini sismiche eseguite) per le due unità è di circa 400-500 m/s per la coltre e di 600-700 m/s per il substrato, tali velocità permettono di collocare il sito di interesse in **Categoria di suolo B**.

estratto da tabella 3.2.II - NTC 08

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 e 800 m/s.

### **Determinazione delle condizioni topografiche**

estratto da tabella 3.2.IV - NTC 08

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>T2</b>	Pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$

### **Determinazione delle caratteristiche dell'opera**

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 08

<b>TIPI DI COSTRUZIONE</b>		<b>Vita Nominale <math>V_N</math> (in anni)</b>
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥50

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

### ***Determinazione dei parametri sismici di sito***

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

periodo di riferimento della costruzione  
 $T_r$ : periodo di ritorno evento sismico  
 $a_g$ : accelerazione di riferimento del terreno  
 $F_o$ : fattore di amplificazione spettrale massima  
 $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

## 10.) CONCLUSIONI

L'intervento a progetto interesserà un settore del territorio Comunale di Cavatore, caratterizzato da una morfologia collinare con rilievi che presentano pendenze elevate. L'area di progetto è situata alla base di un versante esposto a sudest, alla quota di circa 250 metri s.l.m., a poche decine di metri di distanza dal rio Ravanasco.

Geologicamente la zona è caratterizzata da una successione quaternaria di ambiente marino, attribuibile alla *Formazione delle di Visone*, che presenta immersione in direzione nord-nordovest rendendo il versante subito al di sopra del tratto interessato dall'opera a "traverpoggio-reggipoggio". Questa formazione è composta da arenarie fratturate in blocchi, che poggiano su un substrato marnoso molto fratturato riferibile alla *Formazione delle Marne di Rigoroso*.

Ammantati sul substrato arenaceo e marnoso vi sono dei materiali di alterazione caratterizzati da granulometrie eterogenee, con spessori inferiori al metro e caratteristiche meccaniche scadenti.

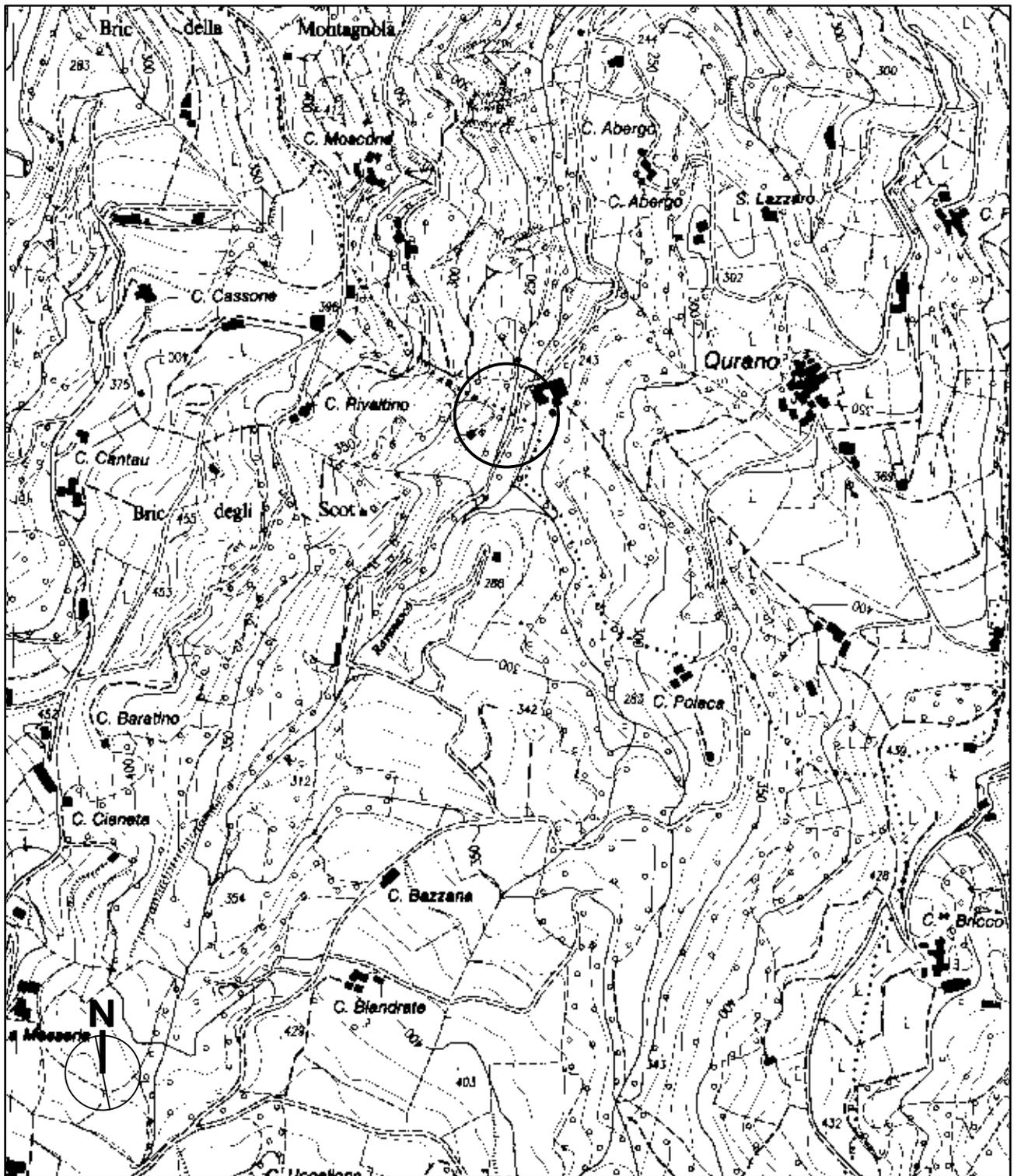
Il substrato terziario è costituito da sedimenti mediamente permeabili poggianti su sedimenti impermeabili; infatti i termini marnosi sono da considerare impermeabili; in ogni caso in questi materiali possono esistere dei piccoli acquiferi localizzati lungo i giunti di stratificazione e in corrispondenza di zone di fratturazione, ma anche al contatto coltre detritica-substrato. Pur non essendo presente una falda vera e propria, a seguito dei periodi di maggiore piovosità, si instaura una circolazione idrica all'interno della coltre di alterazione superficiale con possibile saturazione della stessa.

Da quanto esposto ne consegue che l'arenaria che costituisce la parete, risulta suddivisa in blocchi che variano da meno di 1m<sup>3</sup> ad alcuni m<sup>3</sup>, inoltre considerando che le superfici di discontinuità principali presentano un'interdistanza variabile tra 2 e 4 metri circa si consiglia di realizzare chiodature di lunghezza non inferiore ai 6 metri per garantire un adeguato immorsamento nel substrato stabile.

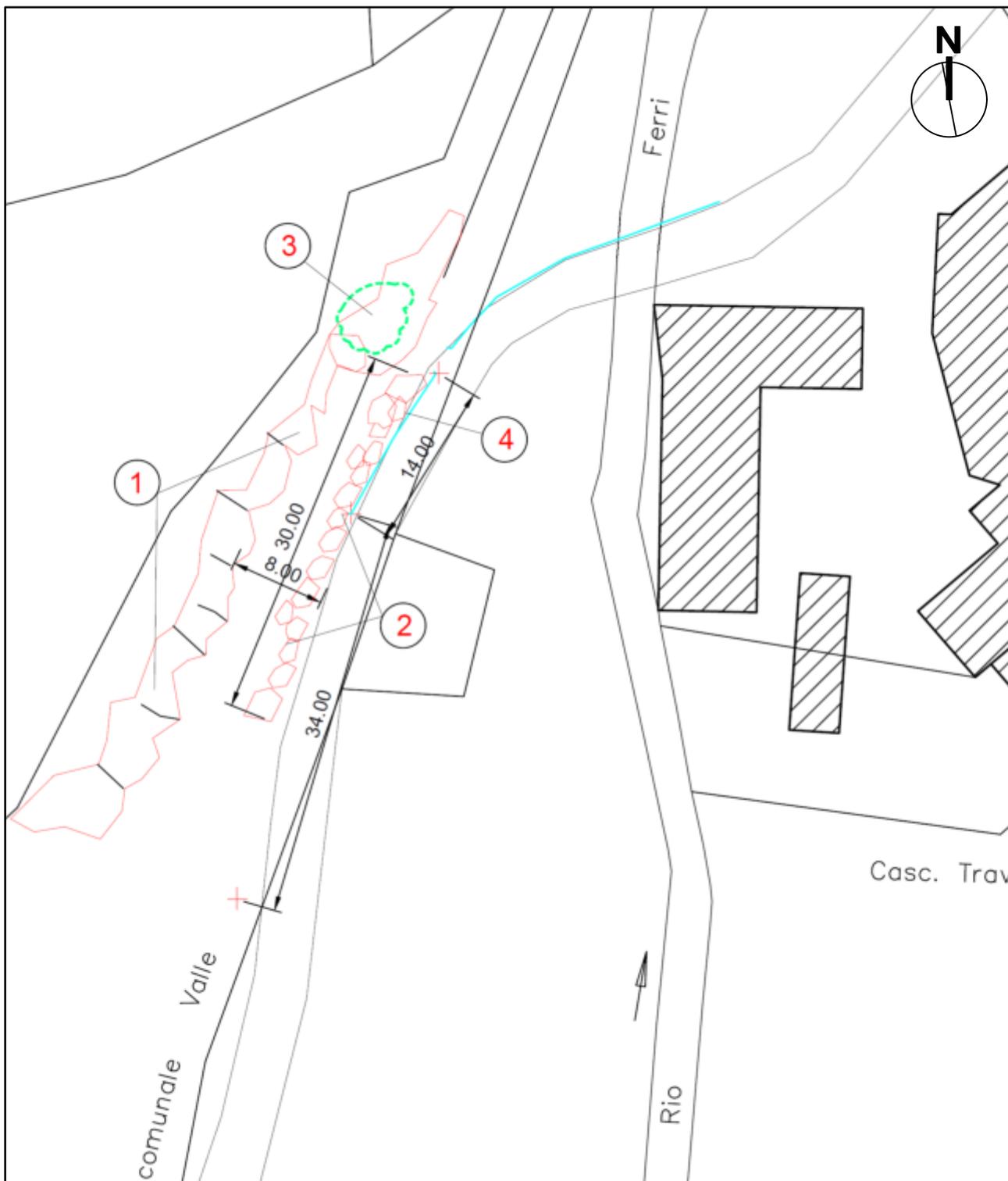
Ovada,



Andrea Basso geologo



Progetto: INTERVENTI DI MANUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO	tavola:  <b>01</b>
Committente: UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO	vrs: 01
Località/Comune: CAVATORE (AL)	data:
Elaborato: COROGRAFIA_STRALCIO CTR 194140	scala: 1:10.000



Progetto: INTERVENTI DI MATUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO	tavola: <b>02</b>
Committente: UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO	vrs: 01
Località/Comune: CAVATORE (AL)	data:
Elaborato: PLANIMETRIA GENERALE	scala: 1:500

# LA CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI (Bieniawski, Romana)

## 1.0 INTRODUZIONE

Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Le classificazioni di Bieniawski e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Bieniawski si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

## 2.0 VALORE DI A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale  $S_u$ .

### 2.0.1 La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale  $I_s$  che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale  $S_u$  mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di  $I_s$  secondo lo schema seguente:

$I_s$ (MPa)	K
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

## 2.0.2 Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è 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):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

## 2.0.3 Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di  $S_u$  può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l’unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione  $S_u$  è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniawsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI $S_u$ (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A1 = 0,025 S_u + 9$
$> 240$	$A1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniawsky nell’ultima versione del sistema (1989):

$S_u$ (MPa)	> 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 – 25	1 - 5	< 1
Coefficiente A1	15	12	7	4	2	1	0

### 3.0 VALORE DI A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \cdot 100$$

dove:

$L_c$  = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

$L_t$  = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata  $L_c$ .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

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

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

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con  $n$  numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

### 4.0 VALORE DI A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A3 = 5 s + 10$
$> 2,0$	$A3 = 20$

## 5.0 VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = v1 + v2 + v3 + v4 + v5$$

I valori da assegnare sono:

### v1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	v1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

### v2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	v2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

### v3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	v3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

### v4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	v4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

## v5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	v5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

## 6.0 VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

## 7.0 VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniauskis risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

## 8.0 VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore  $RMR_c$  calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

$RMR_c$	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	$\leq 20$
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di  $RMR_b$  si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskis assumono il valore:

$$\begin{aligned} \text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} &= 5 RMR_b \\ \text{angolo di attrito di picco } \phi_p &= 0,5 RMR_b + 5 \\ \text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} &= 2 RMR_b - 100 \end{aligned}$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di  $RMR_b$  modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(RMR_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$GSI = RMR - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ( $A_5 = 15$ ). Tale relazione è da ritenersi valida per  $RMR > 23$ .

### 9.0 SLOPE MASS RATING (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMR_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniauskas per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al..

Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Planare	$\alpha_j - \alpha_f$					
Toppling	$\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
Cuneo	$\alpha_i - \alpha_f$					
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planare	$\beta_j$	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
Cuneo	$\beta_i$					
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Toppling	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planare	$\beta_j - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Cuneo	$\beta_i - \beta_f$					
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60

dove:

$\alpha_j$  = immersione del giunto

$\alpha_i$  = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\alpha_f$  = immersione del fronte del versante

$\beta_j$  = inclinazione del giunto

$\beta_i$  = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

$\beta_f$  = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

<b>METODO DI SCAVO</b>	<b>F4</b>
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

<b>SMR</b>	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
<b>CLASSE</b>	I	II	III	IV	V
<b>DESCRIZIONE</b>	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
<b>STABILITA'</b>	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
<b>MODO DI ROTTURA</b>	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
<b>STABILIZZAZIONE</b>	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

## 10.0 CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

### Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Indice di rimbalzo (R)=45  
Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=3  
Spaziatura delle discontinuità (s)=3.6 m  
Persistenza (continuità) del giunto = 3 - 10 m  
Apertura del giunto > 5 mm  
Giunto rugoso  
Pareti mediamente alterate  
Riempimento soffice > 5 mm  
Roccia umida  
Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni  
Orientamento mediocre

### Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
56.175	100

V1	V2	V3	V4	V5
2	0	5	3	0

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
5.9304	19.3560	20.0000	10.0000	10.0000	-7.0000

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

### Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
65.290	58.290	Terza	Mediocre

## Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
30.580	65.290	326.450	37.650	261.160	31.120

## Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione molto sfavorevole (< 5°)

Inclinazione dei giunti: condizione molto sfavorevole (> 45°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre (0°)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

## Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)

### Fattori di aggiustamento

F1	F2	F3	F4
1	1	-25	15

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

## Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
55.29	Terza	Mediocre

## Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Parzialmente stabile	Lungo piani o per cunei	Sistematica

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 44,643722  
longitudine: 8,469269  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15801	Lat: 44,6276	Lon: 8,4326	Distanza: 3412,894
Sito 2	ID: 15802	Lat: 44,6305	Lon: 8,5027	Distanza: 3025,848
Sito 3	ID: 15580	Lat: 44,6804	Lon: 8,4987	Distanza: 4698,704
Sito 4	ID: 15579	Lat: 44,6775	Lon: 8,4286	Distanza: 4945,709

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,018 g  
Fo: 2,581  
Tc\*: 0,160 [s]

### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,024 g  
Fo: 2,547  
Tc\*: 0,194 [s]

### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,056 g  
Fo: 2,568  
Tc\*: 0,289 [s]

### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,072 g  
Fo: 2,568  
Tc\*: 0,301 [s]

## Coefficienti Sismici

### SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,590  
St: 1,200  
Kh: 0,005  
Kv: 0,003  
Amax: 0,258  
Beta: 0,200

### SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,530  
St: 1,200  
Kh: 0,007  
Kv: 0,003  
Amax: 0,336  
Beta: 0,200

### SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,200  
Kh: 0,016  
Kv: 0,008  
Amax: 0,790  
Beta: 0,200

### SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,400  
St: 1,200  
Kh: 0,021  
Kv: 0,010  
Amax: 1,014  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 44.642761

longitudine: 8.468209