

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
S.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA

RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO

Lotto 2

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione sulla classificazione geomeccanica – Lotto 2

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I R O F 0 2 R 6 9 R H G E 0 0 0 1 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Scuri	Sett.2021	F. M. Camli	Sett.2021	C. Urzuoli	Sett.2021	M. Comedini Sett. 2021



File:IR0F02R69RHGE0001003A

n. Elab.:16

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
3	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	6
3.1	ROCK MASS RATING (RMR)	6
3.2	Q-SYSTEM	12
3.2.1	<i>Resistenza dei giunti – modello Barton</i>	18
3.2.2	<i>Scelta dei parametri</i>	18
3.3	IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK & BROWN	19
3.4	CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	20

FIGURE



FIGURA 1.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA (DA BIENIAWSKI, 1989).	7
FIGURA 2.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI AD RQD (DA BIENIAWSKI, 1989).	8
FIGURA 3.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ (DA BIENIAWSKI, 1989).	8
FIGURA 4.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLA RELAZIONE TRA RQD E LA SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ (DA BIENIAWSKI, 1989).	9
FIGURA 5.	CLASSIFICAZIONE RMR, PUNTEGGI RELATIVI ALLE CONDIZIONI DEI GIUNTI (DA BIENIAWSKI, 1989).	9
FIGURA 6:	VALORI DI RQD E RISPETTIVO NUMERO DI GIUNTI PER METRO CUBO.	12
FIGURA 7:	NUMERO DI FAMIGLIE DI GIUNTI E RISPETTIVE CLASSI	13
FIGURA 8:	GIUNTI CON E SENZA CONTATTO TRA LE PARETI	13
FIGURA 9:	ESEMPI DI SUPERFICI DI GIUNTO CON DIVERSI VALORI DI JR	14
FIGURA 10.	UBICAZIONE DELLE STAZIONI GEOMECCANICHE ESEGUITE CON IL RISPETTIVO VALORE DI RMR.	21
FIGURA 11.	UBICAZIONE DELLE STAZIONI GEOMECCANICHE ESEGUITE CON IL RISPETTIVO VALORE DI RMR.	22
FIGURA 12.	UBICAZIONE DELLE STAZIONI GEOMECCANICHE ESEGUITE CON IL RISPETTIVO VALORE DI RMR.	22
FIGURA 13.	ISTOGRAMMA DI CONFRONTO DEI VALORI DI RMR-Q-GSI PER LE STAZIONI GEOMECCANICHE DEL LOTTO 2	23
FIGURA 14.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG1	24
FIGURA 15.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG2	25
FIGURA 16.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG3	26
FIGURA 17.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG5	27
FIGURA 18.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG6	28
FIGURA 19.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG7	29
FIGURA 20.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG8	30
FIGURA 21.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG9	31
FIGURA 22.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG10	32
FIGURA 23.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG11	33
FIGURA 24.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG12	34
FIGURA 25.	SCHEDA CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO SG15	35

TABELLE

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	3 di 35

TABELLA 1. PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE RMR E LORO COEFFICIENTI NUMERICI	10
TABELLA 2. COMPENSAZIONE DEI COEFFICIENTI NUMERICI IN BASE ALL'ORIENTAMENTO DEI GIUNTI.....	11
TABELLA 3. CLASSI DI ROCCIA DETERMINATE IN BASE ALLA SOMMA DEI COEFFICIENTI NUMERICI	11
TABELLA 4. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE CINQUE CLASSI DI AMMASSO	11
TABELLA 5: VALORI DI JR.	14
TABELLA 6: VALORI DI JA	15
TABELLA 7: VALORI DI JW	16
TABELLA 8: VALORI DI SRF.....	17
TABELLA 9 - VALORI DI ϕ_B PROPOSTI DA BARTON PER DIVERSI TIPI DI MATERIALE.....	19
TABELLA 10. QUADRO DI RIFERIMENTO DEI RILEVAMENTI GEOMECCANICI.	20
TABELLA 11. DATI DI RMR-Q-GSI DELLE STAZIONI GEOMECCANICHE DEL LOTTO 2.....	23

1 PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati delle stazioni geomeccaniche eseguite nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica della tratta P.M. 228-Castelplanio – Fase 1, facente parte del più ampio progetto di completamento della linea ferroviaria Orte-Falconara.

Il tracciato di progetto presenta una lunghezza complessiva di circa 21.5 km, ed è suddiviso in tre lotti così costituiti:

- Lotto 1: da P.M. 228-Bivio Nord Albacina 1 (pk 0+000) ad imbocco sud galleria Valtreara (pk 7+200);
- Lotto 2: da imbocco sud galleria Valtreara/Bivio Nord Albacina-S. S. Quirico 1 (pk 0+000) a Serra San Quirico/ Bivio Nord Albacina-S. S. Quirico 1 (pk 8+889.89);
- Lotto 3: da Serra San Quirico-Castelplanio 1 (pk 0+000) a Stazione di Castelplanio-Cupramontana/ Serra S. Quirico-Castelplanio 10 (pk 6+272.07).

In particolare il seguente documento tratta le stazioni geomeccaniche eseguite in corrispondenza del Lotto 2.

2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

AFTES (2003) Guidelines for characterisation of rock masses useful for the design and the construction of underground structures.

Barton N. (2011) “Near-surface rock engineering and fractured reservoirs rock mechanics, each linked by geophysics” – Short Course – Centro di GeoTecnologie Università degli Studi di Siena.

Barton N., Bieniawski, Z.T. (2008) – RMR and Q – Setting records. Tunnels & Tunnelling International, February.

Barton N., Lien R. & Lunde J. (1974) “Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics”, 6 (4).

Bieniawski, Z.T. (1989) – Engineering Rock Mass Classifications. – John Wiley & Sons.

Bruschi A. (2004) – Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica, Dario Flaccovio Editore.

Hoek & Marinos (2000). – GSI, a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442.

Hoek. E., Carranza-Torres C., Corkum B., Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition.

Hoek. E., Diederichs M.S. (2005) Empirical estimation of rock mass modulus, Int. J. Of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier.

ISRM (1978) Suggested methods for the description of discontinuities in rock masses.

NGI (2013) Using the Q-system. Rock mass classification and support design. Handbook.

AGI (1977) Raccomandazioni “Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.

AGI (1994) “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO – LOTTO 2					
Relazione sulla classificazione geomeccanica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	6 di 35

3 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Un ammasso roccioso è costituito da blocchi di materiale roccioso integro separati da giunti o da discontinuità. Il suo comportamento meccanico dipende quindi, sia dalle proprietà meccaniche del materiale roccioso intatto sia dalle caratteristiche delle discontinuità.

L'importanza relativa di questi due fattori è legata al rapporto tra la spaziatura delle discontinuità e la scala del problema in esame. Esistono, in linea generale, due approcci al problema: l'ammasso può essere considerato come un mezzo discontinuo nel quale i movimenti possono avvenire esclusivamente lungo le discontinuità, oppure può essere approssimato ad un mezzo continuo (sebbene fisicamente non lo sia) ai fini del problema in esame ed il suo comportamento descritto tramite parametri complessivi.

Seguendo il primo approccio è necessario, oltre che conoscere l'orientazione delle discontinuità, effettuare una stima della resistenza al taglio disponibile lungo i piani di discontinuità basata sulle caratteristiche misurate. Nel secondo caso si ricorre generalmente a schemi classificativi di tipo empirico (RMR – Bieniawski, 1989; GSI – Hoek & Marinos, 2000), che sono in grado di fornire i parametri progettuali di uso comune e che hanno dimostrato nel corso degli anni la loro validità ed applicabilità a casi reali.

Nel caso in esame, l'osservazione degli affioramenti disponibili e del loro comportamento fornisce indicazioni circa il ruolo delle discontinuità e delle proprietà macroscopiche dell'ammasso (si veda la relazione sulle attività di campagna).

Al fine della determinazione delle caratteristiche fisico – meccaniche del materiale intatto alla scala del campione si è fatto riferimento, ove possibile, alle prove di laboratorio, ai dati acquisiti durante le fasi rilevamento (martello di Schmidt, prove di indice manuale, ecc.), ed ai dati bibliografici.

3.1 Rock Mass Rating (RMR)

Il sistema RMR (Rock Mass Rating), noto anche con il nome di “Classificazione Geomeccanica”, venne sviluppato da Bieniawski a partire dal 1973 per gallerie in rocce competenti fratturate. Nella versione 1989 la classificazione dell'ammasso roccioso secondo il sistema RMR si basa sui seguenti sei parametri:

- Resistenza a compressione monoassiale del materiale intatto;
- Rock Quality Designation (RQD);
- Spaziatura delle discontinuità;
- Condizioni delle discontinuità;
- Condizioni dell'acqua nel sottosuolo;
- Orientazione delle discontinuità.

Bieniawski propone che ciascun parametro non debba necessariamente dare un ugual contributo al comportamento dell'ammasso roccioso. Esso applica pertanto a tali parametri una serie di intervalli di importanza: a punteggi più alto corrispondono condizioni dell'ammasso migliori. Per ogni famiglia delle discontinuità vengono valutate condizioni medie e i punteggi vengono interpolati utilizzando 5 tabelle di riferimento (charts A – E) (Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5).

La chart D (Figura 6) viene utilizzata se il parametro RQD, o il parametro che individua la spaziatura delle discontinuità, è mancante; l'interpolazione è basata sui dati di correlazione elaborati da Priest e Hudson (1976).

È assegnato ad ogni parametro un punteggio (rating) all'interno dell'intervallo di importanza che lo caratterizza ed infine si perviene ad un valore globale per l'ammasso sommando i punteggi relativi a ciascun parametro. Tale valore globale, ottenuto utilizzando i primi cinque parametri (RMRbase), viene ulteriormente affinato tenendo

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IROF	02	R69RH	GE0001003	A	7 di 35

conto di un sesto parametro che considera la compensazione dei coefficienti numerici in base all'orientamento dei giunti (RMRcorretto) rispetto allo scavo; nel caso in esame questo passaggio non è stato effettuato: è stato dunque calcolato solo RMRbase.

Il coefficiente RMR varia tra 0 e 100 e può essere suddiviso in 5 intervalli (0 ÷ 20, 21 ÷ 40, 41 ÷ 60, 61 ÷ 80, 81 ÷ 100) all'interno dei quali l'ammasso roccioso presenta diversi valori delle caratteristiche di resistenza, tempo medio di autoportanza e lunghezza massima di scavo stabile.

Nelle Tabella 3, Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6 sono riportati i parametri su cui si basa la Classificazione Geomeccanica RMR di Bieniawski.

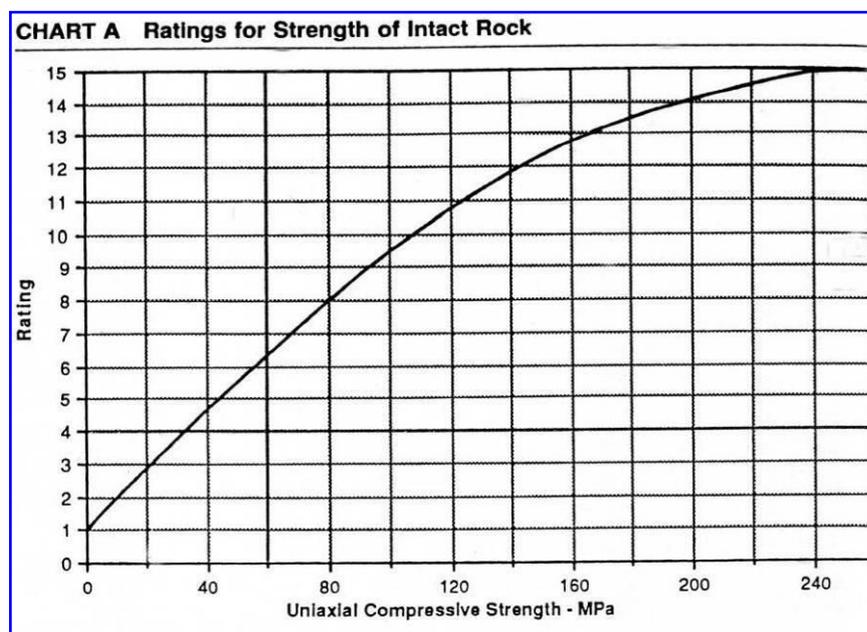


Figura 1. Classificazione RMR, punteggi relativi alla resistenza della roccia intatta (da BIENIAWSKI, 1989).



Figura 2. Classificazione RMR, punteggi relativi ad RQD (da BIENIAWSKI, 1989).

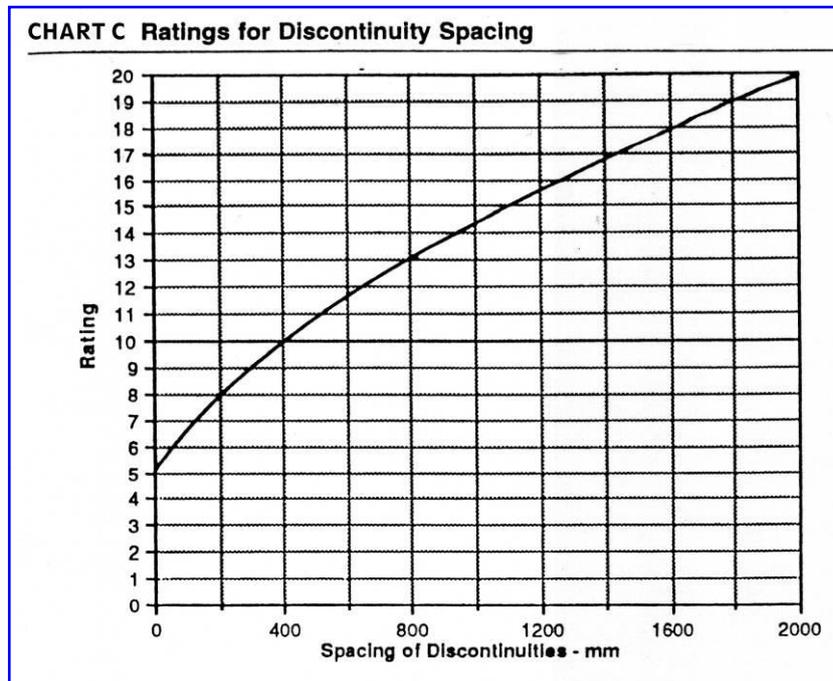


Figura 3. Classificazione RMR, punteggi relativi alla spaziatura delle discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).

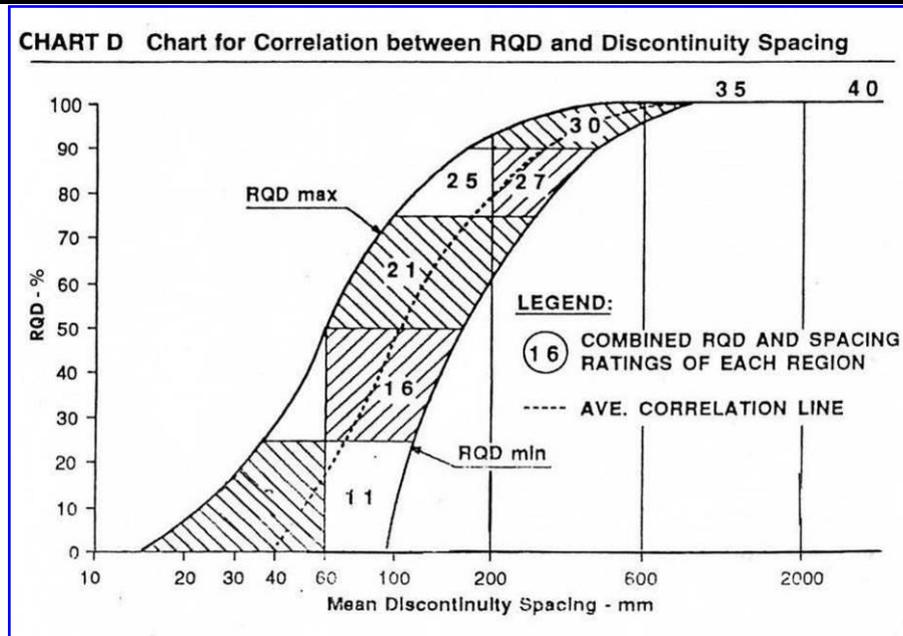


Figura 4. Classificazione RMR, punteggi relativi alla relazione tra RQD e la spaziatura delle discontinuità (da BIENIAWSKI, 1989).

CHART E Guidelines for classification of Discontinuity Conditions

Parameter	Ratings				
Disc. Length	< 1m	1 ÷ 3 m	3 ÷ 10 m	10 ÷ 20 m	> 20 m
	6	4	2	1	0
Separation	None	< 0.1 mm	0.1 ÷ 1 mm	1 ÷ 5 mm	> 5 mm
	6	5	4	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slikensided
	6	5	3	1	0
Infilling	Hard filling		Soft filling		
	None	< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Mod. weathered	Highly weathered	Decomposed
	6	5	3	1	0

Figura 5. Classificazione RMR, punteggi relativi alle condizioni dei giunti (da BIENIAWSKI, 1989).

Parametri		Intervallo di valori						
1	resistenza della roccia intatta	> 10	4 ÷ 10	2 ÷ 4	1 ÷ 2	preferibile la compressione		
	Point load test	> 250	100 ÷ 250	50 ÷ 100	25 ÷ 50	5 ÷ 25	< 1	
2	Resist. a compress. uniass	15	12	7	4	2	1	
	punteggio	90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	< 25		
3	RQD (%)	20	17	13	8	3		
	punteggio	> 200	60 ÷ 200	20 ÷ 60	6 ÷ 20	< 6		
4	spaziatura delle discontinuità (cm)	20	15	10	8	5		
	punteggio	sup. molto scabrose	sup. scabrose	sup. poco scabrose	sup. lisce	riemp. di argilla molle di spess. > 5 mm		
5	condizioni delle discontinuità	disc. chiuse e non continue	apertura delle discontinuità < 1mm	apertura delle discontinuità < 1mm	riemp. argilloso di spess. > 5 mm	disc. persistenti apert. > 5 mm		
	punteggio	pareti asciutte	pareti umide	pareti bagnate	disc. persistenti apert. 1 ÷ 5 mm	disc. persistenti apert. > 5 mm		
5	acqua nel sottosuolo (L/min)	30	25	20	10	0		
		venute d'acqua in 10 m di galleria	nessuna	< 10	10 ÷ 25	25 ÷ 125	> 125	
	punteggio	0	< 0.1	0.1 ÷ 0.2	0.2 ÷ 0.5	stiffidi		
		rapp. (press. nei giunti/tens. princ. .max)	compl. asciutta	umida	bagnata	venute d'acqua		
		15	10	7	4	0		

Tabella 1. Parametri della classificazione RMR e loro coefficienti numerici

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	11 di 35

direzione ed immersione delle discontinuità		molto favorevole	favorevole	indifferente	sfavorevole	molto sfavorevole
punteggio	gallerie	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25
	frane	0	- 5	- 25	- 50	- 60

Tabella 2. Compensazione dei coefficienti numerici in base all'orientamento dei giunti

somma dei punteggi (RMR)	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	20 ÷ 0
classe	I	II	III	IV	V
descrizione della roccia	molto buona	buona	discreta	scadente	molto scadente

Tabella 3. Classi di roccia determinate in base alla somma dei coefficienti numerici

classe	I	II	III	IV	V
tempo medio di auto portanza	20 anni	1 anno	1 settimana	10 ore	30 minuti
lunghezza max di scavo stabile	15 m	10 m	5 m	2.5 m	1 m
coesione dell'ammasso (kPa)	> 400	300 ÷ 400	200 ÷ 300	100 ÷ 200	< 100
angolo d'attrito interno (°)	> 45	35 ÷ 45	25 ÷ 35	15 ÷ 35	< 15

Tabella 4. Caratteristiche geomeccaniche delle cinque classi di ammasso

3.2 Q-System

La classificazione di Barton è stata sviluppata al Norwegian Geotechnical Institute nel 1974. Un consistente aggiornamento è stato eseguito prima nel 1993, poi nel 2002, introducendo in totale nel database quasi 2000 nuovi casi di studio. Il più recente aggiornamento, NGI 2013, riguarda invece solamente la parte relativa ai rinforzi nelle opere in sotterraneo.

La classificazione di Barton individua, tra gli altri, tre parametri fondamentali che influenzano la stabilità di un ammasso roccioso:

- Grado di fratturazione (Dimensione dei blocchi);
- Attrito lungo i giunti;
- Condizioni di stress.

Il valore di Q viene calcolato dalla:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

I valori indici sono:

1. RQD: rappresenta la sommatoria dei tratti con lunghezza superiore a 10cm rispetto alla lunghezza totale della carota o della scanline, è espresso come percentuale rispetto alla lunghezza totale;

1 RQD (Rock Quality Designation)			RQD
A	Very poor	(> 27 joints per m ³)	0-25
B	Poor	(20-27 joints per m ³)	25-50
C	Fair	(13-19 joints per m ³)	50-75
D	Good	(8-12 joints per m ³)	75-90
E	Excellent	(0-7 joints per m ³)	90-100

Note: i) Where RQD is reported or measured as ≤ 10 (including 0) the value 10 is used to evaluate the Q-value
 ii) RQD-intervals of 5, i.e. 100, 95, 90, etc., are sufficiently accurate

Figura 6: Valori di RQD e rispettivo numero di giunti per metro cubo.

2. J_n (Joint Set Number): indica il numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso. All'interno del conteggio devono essere considerati anche i giunti non appartenenti ad alcuna famiglia e considerati perciò *random*. Per capire meglio quali siano le principali famiglie di giunti, in funzione della loro orientazione è consigliabile plottare le giaciture dei giunti all'interno di *stereo net*, cosicché le differenti direzioni appariranno come aree a maggior concentrazione di punti nello stereogramma;

2 Joint set number		J_n
A	Massive, no or few joints	0,5-1,0
B	One joint set	2
C	One joint set plus random joints	3
D	Two joint sets	4
E	Two joint sets plus random joints	6
F	Three joint sets	9
G	Three joint sets plus random joints	12
H	Four or more joint sets, random heavily jointed "sugar cube", etc	15
J	Crushed rock, earth like	20

Note: i) For tunnel intersections, use $3 \times J_n$
ii) For portals, use $2 \times J_n$

Figura 7: Numero di famiglie di giunti e rispettive classi

3. J_r (Join Roughness Number): indica il grado di rugosità della famiglia più sfavorevole dal punto di vista della stabilità dell'ammasso. La rugosità deve essere stimata anche in base alla presenza e all'eventuale tipo di materiale di riempimento dei giunti, poiché, qualora le pareti del giunto non entrino in contatto tra loro durante lo scivolamento, la stima di tale parametro perde di significato (Figura 8). Per classificare i valori di rugosità (Tabella 5) di un giunto i profili ottenuti mediante il pettine di Barton devono essere confrontati con profili standard come quelli di Figura 9;

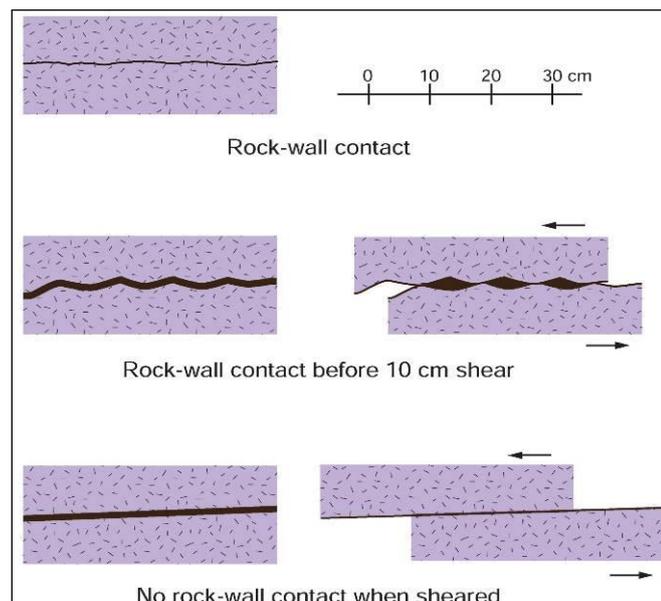


Figura 8: Giunti con e senza contatto tra le pareti

3 Joint Roughness Number		J_r
<i>a) Rock-wall contact, and</i> <i>b) Rock-wall contact before 10 cm of shear movement</i>		
A	Discontinuous joints	4
B	Rough or irregular, undulating	3
C	Smooth, undulating	2
D	Slickensided, undulating	1.5
E	Rough, irregular, planar	1.5
F	Smooth, planar	1
G	Slickensided, planar	0.5

Tabella 5: Valori di J_r .

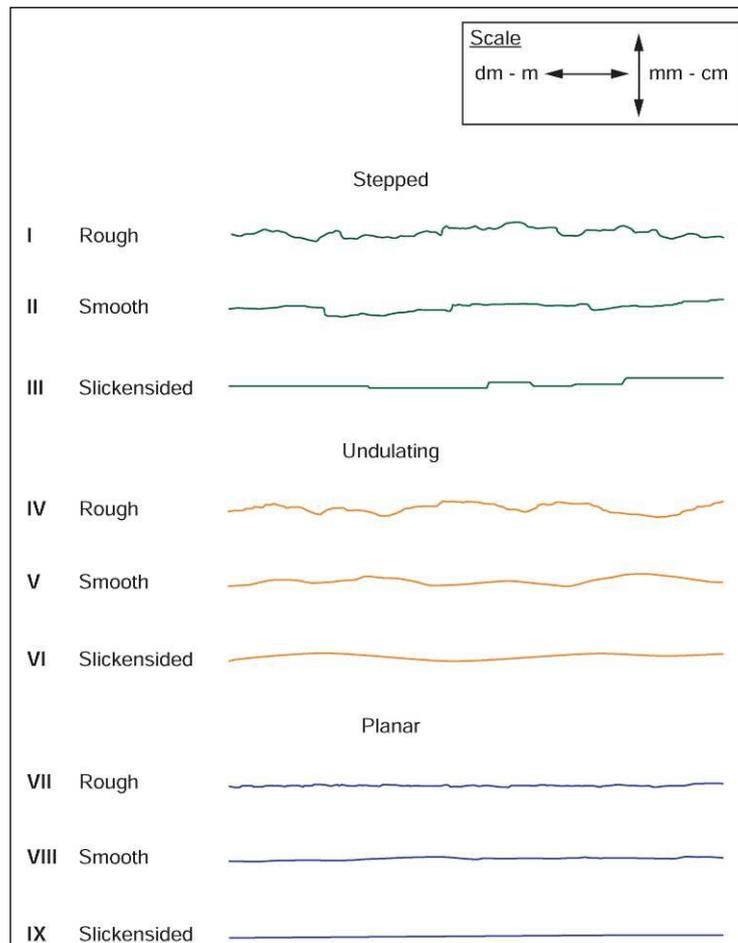


Figura 9: Esempi di superfici di giunto con diversi valori di J_r .

4. J_a (Join Alteration Number): indica il grado di alterazione delle fratture, determinato sulla famiglia di giunti più sfavorevole, e dipende dallo spessore e dalla natura del riempimento. I tre gruppi (Tabella 6) in

cui si classifica il riempimento dei giunti si basano sullo spessore e sul grado di contatto tra le pareti durante lo scorrimento lungo i piani di scivolamento. In Tabella 6 è indicato anche un valore approssimato dell'angolo di attrito Φ in funzione del grado di alterazione del giunto;

4 Joint Alteration Number		Φ_r approx.	J_a
a) Rock-wall contact (no mineral fillings, only coatings)			
A	Tightly healed, hard, non-softening, impermeable filling, i.e., quartz or epidote.		0.75
B	Unaltered joint walls, surface staining only.	25-35°	1
C	Slightly altered joint walls. Non-softening mineral coatings; sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	2
D	Silty or sandy clay coatings, small clay fraction (non-softening).	20-25°	3
E	Softening or low friction clay mineral coatings, i.e., kaolinite or mica. Also chlorite, talc gypsum, graphite, etc., and small quantities of swelling clays.	8-16°	4
b) Rock-wall contact before 10 cm shear (thin mineral fillings)			
F	Sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	4
G	Strongly over-consolidated, non-softening, clay mineral fillings (continuous, but <5mm thickness).	16-24°	6
H	Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but <5mm thickness).	12-16°	8
J	Swelling-clay fillings, i.e., montmorillonite (continuous, but <5mm thickness). Value of J_a depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	8-12
c) No rock-wall contact when sheared (thick mineral fillings)			
K	Zones or bands of disintegrated or crushed rock. Strongly over-consolidated.	16-24°	6
L	Zones or bands of clay, disintegrated or crushed rock. Medium or low over-consolidation or softening fillings.	12-16°	8
M	Zones or bands of clay, disintegrated or crushed rock. Swelling clay. J_a depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	8-12
N	Thick continuous zones or bands of clay. Strongly over-consolidated.	12-16°	10
O	Thick, continuous zones or bands of clay. Medium to low over-consolidation.	12-16°	13
P	Thick, continuous zones or bands with clay. Swelling clay. J_a depends on percent of swelling clay-size particles.	6-12°	13-20

Tabella 6: Valori di J_a

5. J_w (Join Water Number): indica le condizioni idrogeologiche dell'ammasso. Questo parametro risulta molto importante poiché l'acqua che circola nei giunti può ammorbidire o dilavare il riempimento minerale e ridurre, di conseguenza, l'attrito lungo le pareti del giunto. Inoltre l'acqua può ridurre lo stress normale alle pareti del giunto favorendo lo scorrimento relativo tra due blocchi. In Tabella 7 sono riportati i coefficienti di J_w relativi alle diverse condizioni idrogeologiche identificate nell'ammasso roccioso;

5 Joint Water Reduction Factor		J_w
A	Dry excavations or minor inflow (humid or a few drips)	1.0
B	Medium inflow, occasional outwash of joint fillings (many drips/"rain")	0.66
C	Jet inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints	0.5
D	Large inflow or high pressure, considerable outwash of joint fillings	0.33
E	Exceptionally high inflow or water pressure decaying with time. Causes outwash of material and perhaps cave in	0.2-0.1
F	Exceptionally high inflow or water pressure continuing without noticeable decay. Causes outwash of material and perhaps cave in	0.1-0.05
Note: i) Factors C to F are crude estimates. Increase J_w if the rock is drained or grouting is carried out ii) Special problems caused by ice formation are not considered		

Tabella 7: Valori di J_w

6. SRF (Stress Reduction Factor): descrive la relazione che intercorre tra stress e resistenza in un ammasso roccioso; in generale è di complessa definizione: è funzione dello stato tensionale in rocce massive o del disturbo tettonico. Può essere valutato, in special modo, con riferimento alle opere in sotterraneo, come rapporto tra la resistenza a compressione uniassiale e lo stress principale maggiore. Si possono distinguere 4 situazioni di stress principale (a, b, c, d) così come indicato in Tabella 8.

6 Stress Reduction Factor				SRF
a) Weak zones intersecting the underground opening, which may cause loosening of rock mass				
A	Multiple occurrences of weak zones within a short section containing clay or chemically disintegrated, very loose surrounding rock (any depth), or long sections with incompetent (weak) rock (any depth). For squeezing, see 6L and 6M			10
B	Multiple shear zones within a short section in competent clay-free rock with loose surrounding rock (any depth)			7.5
C	Single weak zones with or without clay or chemical disintegrated rock (depth \leq 50m)			5
D	Loose, open joints, heavily jointed or "sugar cube", etc. (any depth)			5
E	Single weak zones with or without clay or chemical disintegrated rock (depth > 50m)			2.5
Note: i) Reduce these values of SRF by 25-50% if the weak zones only influence but do not intersect the underground opening				
b) Competent, mainly massive rock, stress problems				SRF
		σ_c / σ_1	σ_1 / σ_c	
F	Low stress, near surface, open joints	>200	<0.01	2.5
G	Medium stress, favourable stress condition	200-10	0.01-0.3	1
H	High stress, very tight structure. Usually favourable to stability. May also be unfavourable to stability dependent on the orientation of stresses compared to jointing/weakness planes*	10-5	0.3-0.4	0.5-2 2-5*
J	Moderate spalling and/or slabbing after > 1 hour in massive rock	5-3	0.5-0.65	5-50
K	Spalling or rock burst after a few minutes in massive rock	3-2	0.65-1	50-200
L	Heavy rock burst and immediate dynamic deformation in massive rock	<2	>1	200-400
Note: ii) For strongly anisotropic virgin stress field (if measured): when $5 \leq \sigma_1 / \sigma_3 \leq 10$, reduce σ_c to 0.75 σ_c . When $\sigma_1 / \sigma_3 > 10$, reduce σ_c to 0.5 σ_c , where σ_c = unconfined compression strength, σ_1 and σ_3 are the major and minor principal stresses, and σ_θ = maximum tangential stress (estimated from elastic theory)				
iii) When the depth of the crown below the surface is less than the span: suggest SRF increase from 2.5 to 5 for such cases (see F)				
c) Squeezing rock: plastic deformation in incompetent rock under the influence of high pressure				SRF
		σ_1 / σ_c		
M	Mild squeezing rock pressure	1-5		5-10
N	Heavy squeezing rock pressure	>5		10-20
Note: iv) Determination of squeezing rock conditions must be made according to relevant literature (i.e. Singh et al., 1992 and Bhasin and Grimstad, 1996)				
d) Swelling rock: chemical swelling activity depending on the presence of water				SRF
O	Mild swelling rock pressure			5-10
P	Heavy swelling rock pressure			10-15

Tabella 8: Valori di SRF

Nell'equazione del Q il primo quoziente (RQD/Jn) è rappresentativo della dimensione dei blocchi isolati dai sistemi fratturativi, il secondo (Jr/Ja) è rappresentativo delle resistenza d'attrito disponibile al contatto tra i blocchi

e il terzo (J_w/SRF) tiene conto dell'influenza della circolazione d'acqua nell'ammasso e dello stato tensionale al contorno.

3.2.1 Resistenza dei giunti – modello Barton

Attraverso questo modello è possibile effettuare una stima della resistenza al taglio della discontinuità. Tale resistenza è funzione di:

σ = livello della tensione normale agente;

ϕ_b = angolo di attrito del materiale su cui avviene lo scivolamento (senza asperità);

i = angolo effettivo delle asperità.

E si esprime mediante la relazione:

$$\tau = \sigma \cdot \tan(\phi_b + i)$$

Data la difficoltà di misurare l'angolo delle rugosità "i" in una discontinuità reale, Barton (1973) ha proposto di sostituire tale angolo con il parametro JRC attraverso l'equazione:

$$\tau = \sigma \cdot \tan\left(\phi_b + JRC \log \frac{\sigma_c}{\sigma}\right)$$

Dove:

σ_c = resistenza alla compressione monoassiale della roccia intatta;

σ = tensione normale.

Per poter tenere conto del grado di alterazione delle pareti del giunto, Barton ha proposto di sostituire il valore σ con il parametro JCS (Coefficiente di resistenza del giunto) determinabile attraverso l'esecuzione di prove sclerometriche sulle pareti del giunto.

Se il valore della tensione normale è molto basso o nullo, il termine logaritmico tende all'infinito e la relazione perde di validità. In questo caso il valore massimo della parte di equazione sotto parentesi deve assumere un valore pari a 70° .

Il campo di validità per i valori JCS/σ è compreso tra 3 e 100. Per livelli tensionali molto alti ($JCS/\sigma = 1$) le asperità vengono tagliate e ci si riconduce all'equazione:

$$\tau = \sigma \tan \phi$$

3.2.2 Scelta dei parametri

Il valore dell'angolo di attrito di base da utilizzare nelle relazioni di Barton, dovrebbe essere determinato da prove di taglio eseguite su provini di roccia aventi superfici lisce.

In mancanza di tali prove, una stima di ϕ_b , si può avere utilizzando i valori proposti da Barton o desunti da bibliografia.

Roccia	phi di base
Conglomerato	35
Arenaria	26 - 35
Arenaria flyshoide	27 - 30
Calccare	31 - 37
Calccare microcristallino	37 - 41
Marna	28 - 31
Marna scagliosa	31 - 33
Siltite	31 - 33
Argillite	27
Basalto	35 - 38
Granito a grana fine	31 - 35
Granito a grana grossa	31 - 35
Porfirite	31
Dolerite	36
Anfibolite	32
Gneiss	26 - 29
Calcescisti	29 - 33
Argilloscisti	26 - 30
Scisti	25 - 30

Tabella 9 - valori di ϕ_b proposti da Barton per diversi tipi di materiale

Il valore di JRC può essere determinato mediante i profili standard di Barton, il valore del parametro JCS è ottenuto attraverso prove sclerometriche effettuate in sito (martello di Schmidt).

3.3 Il criterio di rottura di HOEK & BROWN

Il criterio di rottura di Hoek-Brown generalizzato per gli ammassi rocciosi (Hoek - Brown Failure Criterion, 2002 edition) rappresenta un inviluppo di rottura curvo che, al contrario del classico criterio di Mohr-Coulomb utilizzato nell'ambito della meccanica delle terre, non può essere descritto da una coppia di parametri (coesione ed angolo d'attrito) nel piano sforzo normale-sforzo di taglio.

La formulazione originale prevede la descrizione dell'inviluppo di rottura nel piano degli sforzi principali:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

σ_{ci} indica la resistenza a compressione uniassiale del materiale intatto;

m_b , s ed a sono costanti che caratterizzano l'ammasso roccioso.

Per quanto riguarda le costanti m_b , s ed a , Hoek, Carranza-Torres e Corkum (2002) hanno proposto le seguenti relazioni con l'indice GSI:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right);$$

in cui m_i è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura. Per la valutazione del parametro m_i si può inoltre fare riferimento alla seguente relazione essendo disponibili prove di trazione indiretta ("Brasiliana"):

$$m_i \approx \sigma_c / \sigma_t$$

σ_t indica la resistenza alla trazione indiretta

σ_c indica la resistenza a compressione uniassiale del materiale intatto

3.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Per la presente fase di progetto sono state eseguite e successivamente elaborate 12 stazioni geomeccaniche, ubicate lungo il tracciato delle opere in progetto in ragione dell'assetto litostratigrafico e tettonico.

Per i dettagli sui dati geologici e geomeccanici raccolti in sito si faccia riferimento alle schede riportate nel rapporto sulle stazioni geomeccaniche (elaborato IR0F02R69RHGE0001002A), secondo la seguente Tabella 10.

Unità geomeccaniche	Formazioni geologiche	Waypoint Geomeccanica
Calcere	Calcere Massiccio (MAS)	SG1, SG11
Calcere	Corniola (COI)	SG2
Calcere	Scaglia Bianca (SBI)	SG3
Calcere	Scaglia Rossa (SAA)	SG5, SG6, SG15
Calcere	Calcari Diasprigni (CDU)	SG7, SG12,
Calcere	Maiolica (MAI)	SG8, SG10,
Marna	Marne a Fucoidi (FUC)	SG9

Tabella 10. Quadro di riferimento dei rilevamenti geomeccanici.

I parametri per il calcolo degli indici di classificazione geomeccanica sono stati valutati per ognuna delle stazioni di rilevamento (SG).

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	21 di 35

I valori di Q sono calcolati in riferimento a un SRF pari a 2.5 in considerazione del fatto che gli ammassi rocciosi analizzati si trovano sulla superficie topografica.

I valori di GSI sono quelli stimati in campagna nel corso dei rilievi di terreno mediante gli abachi di riferimento.

Le ubicazioni delle stazioni di rilevamento geomeccanico sono riportate in Figura 10, Figura 11 e Figura 12.

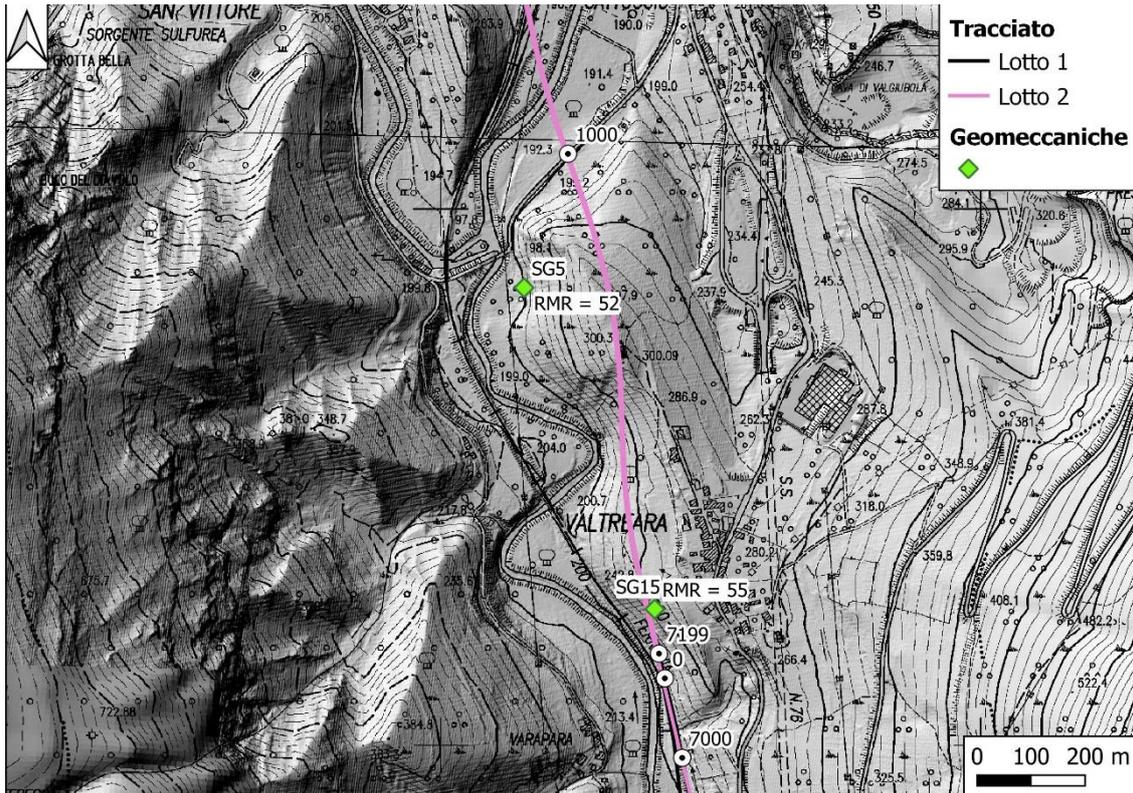


Figura 10. Ubicazione delle stazioni geomeccaniche eseguite con il rispettivo valore di RMR.

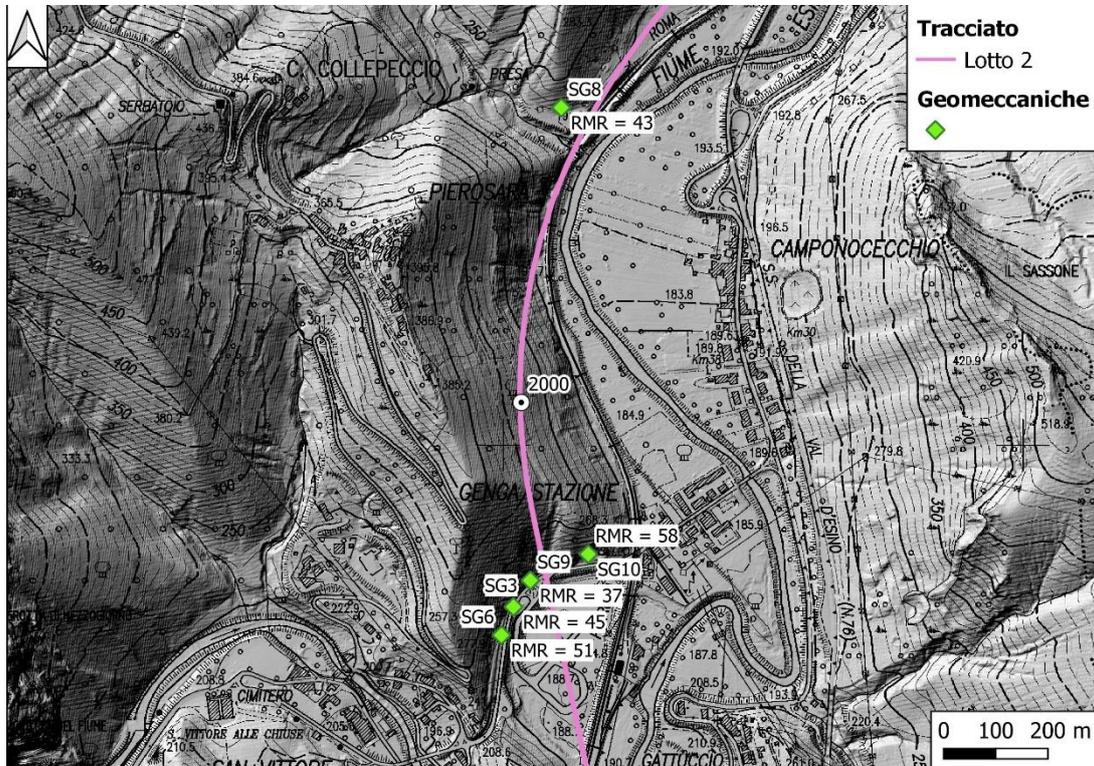


Figura 11. Ubicazione delle stazioni geomeccaniche eseguite con il rispettivo valore di RMR.

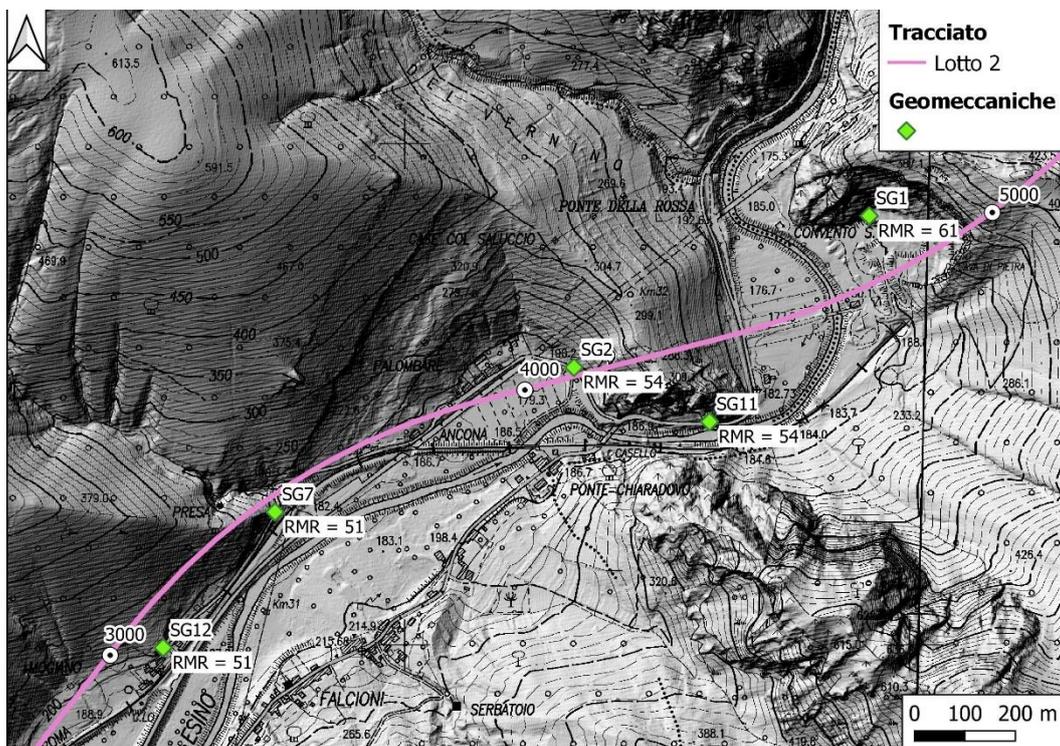


Figura 12. Ubicazione delle stazioni geomeccaniche eseguite con il rispettivo valore di RMR.

Relazione sulla classificazione geomeccanica

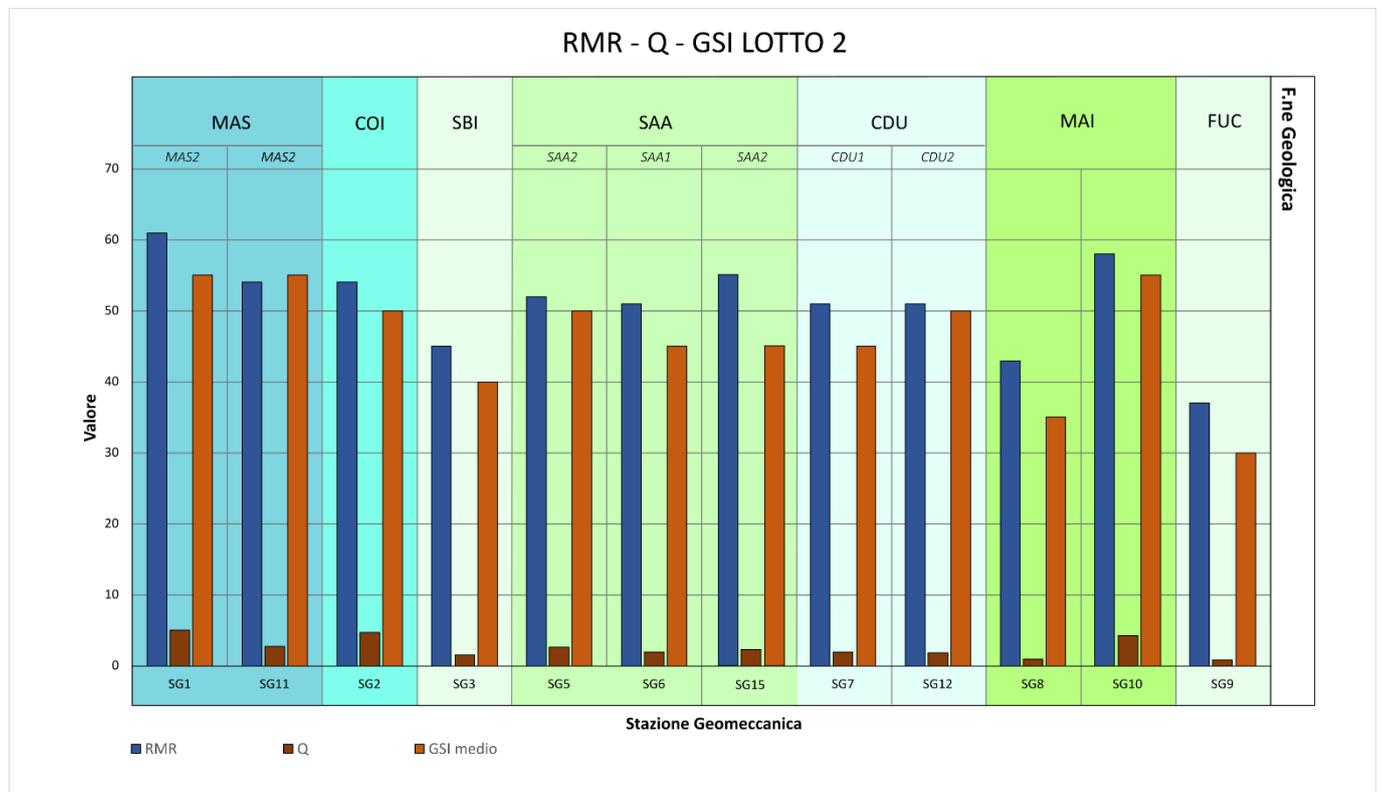
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	23 di 35

In Tabella 11 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riassunti i dati riguardanti le Stazioni Geomeccaniche, suddivise per litologia, sono specificati, laddove presenti, i nomi dei membri formazionali con i colori della legenda utilizzata per la cartografia geologica.

Tabella 11. Dati di RMR-Q-GSI delle stazioni geomeccaniche del Lotto 2

Formazione Geologica	Punto	Membro	RMR	Classe RMR	Q	Classe Q	GSI _{min}	GSI _{medio}	GSI _{max}
Calcarea Massiccio (MAS)	SG1	MAS2	61	II - Buono	5	V - Mediocre	50	55	60
	SG11	MAS2	54	III - Mediocre	2.7	VI - Scadente	50	55	60
Corniola (COI)	SG2	COI	54	III - Mediocre	4.7	V - Mediocre	45	50	55
Scaglia Bianca (SBI)	SG3	SBI	45	III - Mediocre	1.5	VI - Scadente	35	40	45
Scaglia Rossa (SAA)	SG5	SAA2	52	III - Mediocre	2.6	VI - Scadente	45	50	55
	SG6	SAA1	51	III - Mediocre	2	VI - Scadente	40	45	50
	SG15	SAA2	55	III - Mediocre	2.4	VI - Scadente	40	45	50
Calcari Diasprigni (CDU)	SG7	CDU1	51	III - Mediocre	2	VI - Scadente	40	45	50
	SG12	CDU2	51	III - Mediocre	1.8	VI - Scadente	45	50	55
Maiolica (MAI)	SG8	MAI	43	III - Mediocre	1	VI - Scadente	30	35	40
	SG10	MAI	58	III - Mediocre	4.3	V - Mediocre	50	55	60
Marne a Fucoidi (FUC)	SG9	FUC	37	IV - Scadente	0.8	VII - Molto scadente	25	30	35

In Figura 13 sono riportati in un grafico i valori di RMR, Q e GSI medio delle Stazioni Geomeccaniche distinte per Formazione geologica; sono specificati i membri formazionali.


Figura 13. Istogramma di confronto dei valori di RMR-Q-GSI per le stazioni geomeccaniche del Lotto 2

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	24 di 35

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG1

Località: Cava abbandonata Gola della Rossa

Data: 02/03/2021

Orientazione parete:

120	(dipdir)
76	(dip)

Litotipo:

MAS2

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	50%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 5$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

58.5

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

40.5

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

76.5

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

52.4

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	13	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	18	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)}$$

61

Figura 14. Scheda classificazione ammasso roccioso SG1.

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG2

Località: Ponte Chiaradovo - Palombare

Data: 02/03/2021

Orientazione parete:

190	(dipdir)
80	(dip)

Litotipo:

COI

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	70%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9.0	
Scabrezza del giunto	Jr	3.0	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2.0	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1.0	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 4.7$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

57.9

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

39.9

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

75.9

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

52.0

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	13	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	11	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)} =$$

54

Figura 15. Scheda classificazione ammasso roccioso SG2.

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	26 di 35

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG3

Località: Parcheggio Frasassi

Data: 02/03/2021

 Orientazione parete:

127	(dipdir)
84	(dip)

 Litotipo:

SBI

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	45%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9	
Scabrezza del giunto	Jr	1.5	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \text{1.5}$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

47.6

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

29.6

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

65.6

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

45.4

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	4	
Rock quality designation (RQD)	R2	8	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	10	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

45

Figura 16. Scheda classificazione ammasso roccioso SG3.

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	27 di 35

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG5

Località: Ponte sull'Esino - Via San Vittore

Data: 03/03/2021

Orientazione parete:

220	(dipdir)
70	(dip)

Litotipo:

SAA2

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	65%	
Numero famiglie di giunti	Jn	15	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 2.6$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

52.6

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

34.6

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

70.6

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

48.6

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	4	
Rock quality designation (RQD)	R2	13	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	12	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)}$$

52

Figura 17. Scheda classificazione ammasso roccioso SG5.

STAZIONE GEOMECCANICA:

SG6

Località: Stazione Genga - Parcheggio frasassi

Data: 03/03/2021

Orientazione parete:

85 (dipdir)
80 (dip)

Litotipo:

SAA1

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	55%	
Numero famiglie di giunti	Jn	15	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1.5	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 1.96$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

50.0

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

32.0

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

68.0

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

46.9

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	4	
Rock quality designation (RQD)	R2	13	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	11	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)} = 51$$

Figura 18. Scheda classificazione ammasso roccioso SG6.

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	29 di 35

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG7

Località: Strada Palombare-Mogiano

Data: 03/03/2021

Orientazione parete:

115	(dipdir)
75	(dip)

Litotipo:

CDU1

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	50%	
Numero famiglie di giunti	Jn	15	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 2.0$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

50.2

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

32.2

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

68.2

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

47.1

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	8	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	13	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)} = 51$$

Figura 19. Scheda classificazione ammasso roccioso SG7.

Relazione sulla classificazione geomeccanica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02	R69RH	GE0001003	A	30 di 35

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG8

 Località: Mogiano
 Data: 05/03/2021

 Orientazione parete:

145
65

 (dipdir) (dip)

 Litotipo:

MAI

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	40%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js) \quad Q = 1.0$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$\begin{aligned} RMR_{medio} &= 9 \ln(Q) + 44 = 44.0 \\ RMR_{min} &= 9 \ln(Q) + 26 = 26.0 \\ RMR_{max} &= 9 \ln(Q) + 62 = 62.0 \end{aligned}$$

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 = 43.0$$

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	4	
Rock quality designation (RQD)	R2	8	
Spaziatura giunti	R3	5	
Condizione giunti	R4	13	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5 \quad RMR_{(base)} = 45$$

Figura 20. Scheda classificazione ammasso roccioso SG8.

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG9

Località: Stazione Genga - Parcheggio Frasassi

Data: 05/03/2021

Orientazione parete:

145	(dipdir)
65	(dip)

Litotipo:

FUC

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	25%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 0.8$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

42.4

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

24.4

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

60.4

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

41.9

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	4	
Rock quality designation (RQD)	R2	3	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	7	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)}$$

37

Figura 21. Scheda classificazione ammasso roccioso SG9.

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG10

Località: Stazione Genga - Parcheggio Frasassi

Data: 05/02/2021

Orientazione parete:

150	(dipdir)
62	(dip)

Litotipo:

MAI

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	65%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	3	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 2.2$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

51.0

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

33.0

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

69.0

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

47.5

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	13	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	15	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)}$$

58

Figura 22. Scheda classificazione ammasso roccioso SG10.

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG11

Località: Ponte Chiaradovo

Data: 01/04/2021

Orientazione parete:

180	(dipdir)
89	(dip)

Litotipo:

MAS2

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	40%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9	
Scabrezza del giunto	Jr	2.0	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	2	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = \text{1.8}$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

49.2

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

31.2

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

67.2

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

46.4

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	8	
Spaziatura giunti	R3	6	
Condizione giunti	R4	18	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR_{(base)}$$

54

Figura 23. Scheda classificazione ammasso roccioso SG11.

STAZIONE GEOMECCANICA:
SG12

Località: Mogiano

Data: 01/04/2021

Orientazione parete:

125
70

 (dipdir)
(dip)

Litotipo:

CDU2

CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974)

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	60%	
Numero famiglie di giunti	Jn	9	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	3	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 1.8$$

Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)

$$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$$

49.2

$$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$$

31.2

$$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$$

67.2

Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$$

46.4

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	7	
Rock quality designation (RQD)	R2	8	
Spaziatura giunti	R3	8	
Condizione giunti	R4	13	
Condizioni idrauliche	R5	15	
Orientazione delle discontinuità	R6	0	

$$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(base)$$

51

Figura 24. Scheda classificazione ammasso roccioso SG12.

