

COMUNE DI CARRARA
Società CAVE DI SPONDA S.r.l.



Piano di coltivazione della cava n. 64 “La Madonna”

Rilevamento strutturale dei fronti di escavazione e classificazione dell’ammasso
roccioso nell’area di progetto ed in suo intorno significativo

Relazione Tecnica

il Geologo

Ordine dei Geologi della Toscana n. 422
Dott. Geologo ROBERTO ANDREI
Roberto Andrei

INDICE

1) INTRODUZIONE	pag. 3
2) RILEVAMENTO STRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO NELL'AREA DI PROGETTO ED IN UN SUO INTORNO SIGNIFICATIVO	pag. 3
3) CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO E DETERMINAZIONE DEI RELATIVI PARAMETRI GEOMECCANICI	pag. 15
ALLEGATO A: Stendimenti	pag. 28

- l'originaria stratificazione S_0 desunta dalla giacitura del sistema di discontinuità K7 illustrata nelle tabelle 2, 3 e 4.



Foto n. 1: fronte principale del complesso estrattivo, in evidenza, il “verso di macchia” e i livelli fillosilicatici che individuano la S_1

La S_0 si presenta tendenzialmente a giacitura costante mentre la scistosità S_1 presenta immersione (tendenzialmente SSW) ed inclinazione variabili.

In tabella 1 è indicata la giacitura media di S_0 ed il trend di variazione di S_1 con definizione di $S_1(a)$ e $S_1(b)$.

Tab. 1

Scistosità	Giacitura media	
	imm	incl
S_0	320	28°
$S_1(a)$	190/210	45° - 55°
$S_1(b)$	215/240	50° - 60°

Nell'area esaminata si evidenzia la presenza di una fratturazione polispaziale, caratteristica comune a tutti i giacimenti lapidei, che separa porzioni prismatiche di roccia di dimensioni variabili: le fratture che separano le varie porzioni di roccia sono dette in gergo "*peli*", alcuni sistemi di discontinuità hanno differenze giacitureali che ne determinano un differente comportamento geomeccanico.

Sulla base di tale criterio classificativo i sistemi di discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso rilevato possono essere suddivisi in 8 famiglie a loro volta suddivise, per un totale di 12 sistemi di giunti, la cui giacitura media, numero di giunti di appartenenza e stendimenti di rilevazione sono riportati in tabella 2 per quanto riguarda il complesso estrattivo nella sua totalità e nelle tabelle 3 e 4 riferite rispettivamente al cantiere a cielo aperto ed in sotterraneo.

Tab. 2

Tabella riassuntiva fronti cava n. 64 "La Madonna"								
n° totale giunti	366	Lungh. totale stendimenti (m) 616.0						
Sistemi di discontinuità								
	imm	incl	%	apertura	JRC	frequenza	n° giunti	Stendimenti
				(mm)		(1/cm)		
Sistema K1	218	53	54.6	8.5	8.1	0.003247	200	tutti, esclusi St.25, StAr1, StAr2, StAr3
Sistema K2	311	80	10.4	1.4	7.6	0.000617	38	St10, St11, St12, St13, St14, St15, St16, St17, St18, StAr2, St.Ar3
Sistema K3(a)	32	46	6.6	0.5	5.5	0.000390	24	St1, St4, St5, St7, St8, St10, St11, St16, St18
Sistema K3(b)	74	38	0.8	1.0	5.0	0.000049	3	St9
Sistema K4(a)	184	77	7.4	2.0	7.1	0.000438	27	St3, St9, St14, St16, St19, StAr1, StAr2, StAr3
Sistema K4(b)	37	82	2.5	0.7	7.9	0.000146	9	St15, St19
Sistema K4(c)	16	84	2.5	0.7	6.1	0.000146	9	St9, St14
Sistema K5(a)	228	13	5.2	0.2	7.1	0.000308	19	St15, St18, StAr1, StAr2, StAr3
Sistema K5(b)	30	10	3.0	0.3	7.4	0.000179	11	St15
Sistema K6	114	46	4.37	1.1	6.6	0.000260	16	St3, St7, St12, St14, St15, St18, StAr1, StAr3
Sistema K7	320	28	0.82	0.4	8.3	0.000049	3	St20, St27
Sistema K8	112	77	1.91	0.5	9.6	0.000114	7	St20, St27

Tab. 3

Tabella riassuntiva fronti a cielo aperto cava n. 64 "La Madonna"								
n° totale giunti	306	Lungh. totale stendimenti (m)			506.2			
Sistemi di discontinuità								
	imm	incl	%	apertura	JRC	frequenza	n° giunti	Stendimenti
				(mm)		(1/cm)		
Sistema K1	220	52	55.6	9.3	8.1	0.003358	170	tutti (da St.1 a St.19)
Sistema K2	310	80	11.8	1.4	7.6	0.000711	36	St10, St11, St12, St13, St14, St15, St16, St17, St18, StAr2, St.Ar3
Sistema K3(a)	38	48	6.5	0.9	8.0	0.000395	20	St1, St4, St5, St7, St8, St10, St11, St16, St18
Sistema K3(b)	74	38	1.0	1.0	5.0	0.000059	3	St9
Sistema K4(a)	202	78	5.2	2.9	6.8	0.000316	16	St3, St9, St14, St16, St19, StAr1, StAr2, StAr3
Sistema K4(b)	37	82	2.9	0.7	7.9	0.000178	9	St15, St19
Sistema K4(c)	10	72	2.3	0.9	5.6	0.000138	7	St9, St14
Sistema K5(a)	230	13	5.9	0.3	7.1	0.000356	18	St15, St18, StAr1, StAr2, StAr3
Sistema K5(b)	30	10	3.6	0.3	7.4	0.000217	11	St15
Sistema K6	114	46	5.23	1.1	6.6	0.000316	16	St3, St7, St12, St14, St15, St18, StAr1, StAr3

Tab. 4

Tabella riassuntiva fronti in galleria cava n. 64 "La Madonna"								
n° totale giunti	60	Lungh. totale stendimenti (m)				109.8		
Sistemi di discontinuità								
	imm	incl	%	apertura (mm)	JRC	frequenza (1/cm)	n° giunti	Stendimenti
Sistema K1	207	57	50.0	3.6	7.7	0.002732	30	St20, St21, St22, St23, St24, St26, St27
Sistema K2	334	89	3.3	0.1	7.0	0.000182	2	St21, St27
Sistema K3(a)	29	60	6.7	1.8	9.5	0.000364	4	St20, St27
Sistema K4(a)	158	76	18.3	0.7	7.7	0.001002	11	St20, St23, St25, St26, St27
Sistema K4(c)	38	87	3.3	0.1	8.0	0.000182	2	St26, St27
Sistema K5(a)	207	10	1.7	0.1	7.0	0.000091	1	St27
Sistema K7	320	28	5.00	0.4	8	0.000273	3	St20, St27
Sistema K8	112	77	11.67	0.5	9.6	0.000638	7	St20, St27

2.1.3) Parametri caratteristici delle superfici di discontinuità

Il paragrafo illustra i risultati dell'elaborazione dei dati e la quantificazione dei parametri caratteristici dei vari sistemi di giunti individuati nell'ammasso roccioso.

La tabella 5 che segue riporta il numero dei giunti di ogni sistema di discontinuità rilevati in ogni singolo stendimento:

Tab. 5

Stendimento	n° giunti K1	n° giunti K2	n° giunti K3(a)	n° giunti K3(b)	n° giunti K4(a)	n° giunti K4(b)	n° giunti K4(c)	n° giunti K5(a)	n° giunti K5(b)	n° giunti K6	n° giunti K7	n° giunti K8	
St. 1	5	---	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 2	6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 3	6	---	---	---	2	---	---	---	---	1	---	---	
St. 4	4	---	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 5	6	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 6	9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 7	8	---	1	---	---	---	---	---	---	2	---	---	
St. 8	13	---	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 9	4	---	---	3	2	---	4	---	---	---	---	---	
St. 10	16	2	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 11	10	1	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 12	3	10	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	
St. 13	4	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 14	2	5	---	---	1	---	3	---	---	7	---	---	
St. 15	49	7	---	---	---	8	---	3	11	1	---	---	
St. 16	4	1	5	---	1	---	---	1	---	---	---	---	
St. 17	2	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 18	8	1	2	---	---	---	---	---	---	2	---	---	
St. 19	11	---	---	---	2	1	---	---	---	---	---	---	
St. 20	2	---	2	---	4	---	---	---	---	---	2	5	
St. 21	9	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 22	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 23	1	---	---	---	2	---	---	---	---	---	---	---	
St. 24	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
St. 25	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---	
St. 26	7	---	---	---	2	---	1	---	---	---	---	---	
St. 27	4	1	2	---	2	---	1	1	---	---	1	2	
St. Ar1	---	---	---	---	2	---	---	1	---	1	---	---	
St. Ar2	---	3	---	---	4	---	---	6	---	---	---	---	
St. Ar3	---	3	---	---	2	---	---	7	---	1	---	---	
Totale	200	38	24	3	27	9	9	19	11	16	3	7	Totale 366

l'analisi dei risultati del rilevamento strutturale (par. 2.1.2 ed Allegato A) e della tabella 5 mostra che la distribuzione dei vari sistemi di discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso esaminato è, in linea generale, disomogenea con una componente dominante costituita dalla famiglia K1 le cui discontinuità sono distribuite in quasi tutto il complesso estrattivo mentre le altre famiglie di discontinuità hanno distribuzione più limitata.

2.1.3.1) Spaziatura

La spaziatura è la distanza media tra due piani di frattura.

Viene definita come spaziatura dell'ammasso roccioso la distanza media tra tutti i piani di frattura misurati negli stendimenti e permette di analizzare la distribuzione areale della spaziatura e quindi la densità di fratturazione; essa viene espressa dal rapporto:

$$S = L/n \quad (1)$$

dove:

S : spaziatura

L : lunghezza totale degli stendimenti, pari a 616.0 m

n : numero delle superfici di frattura presenti negli stendimenti, pari a 366

il valore della spaziatura dell'ammasso roccioso rilevato è risultato pari a 1.68 m, con un valore ponderato di 2.32 m, ed indica che l'ammasso roccioso esaminato è caratterizzato da un medio grado di fratturazione.

La tabella che segue mostra i valori di spaziatura relativi ai cantieri a cielo aperto ed in galleria:

Tab. 6

Cantiere	Lunghezza stendimenti (m)	n° giunti	Spaziatura (m)	Valore ponderato della spaziatura (m)
cielo aperto	506.2	306	1.65	2.48
galleria	109.8	60	1.83	2.19

2.1.3.2) Persistenza e terminazione

La persistenza, denominata anche *estensione*, è la lunghezza di ogni superficie di discontinuità compresa tra 2 estremità che possono essere altre superfici di frattura, tale caratteristica è anche detta persistenza; il rilevamento di dettaglio eseguito ha mostrato che la totalità delle discontinuità si interseca senza una precisa gerarchia.

Per questo motivo, per convenzione, si associa ai vari sistemi di fratturazione la lettera K seguita da un numero che ne indica la posizione nella scala delle densità.

Le terminazioni delle discontinuità sono utilizzate per il calcolo del cosiddetto "indice di terminazione" T_i :

$$T_i = \frac{100 N_r}{N_r + N_d + N_x} \quad (2)$$

dove:

N_r , N_d e N_x : numero totale di discontinuità la cui semitraccia termina rispettivamente in roccia, contro un'altra discontinuità o non è visibile.

L'indice T_i può essere calcolato sia cumulando tutti i dati che separatamente per i vari settori del complesso estrattivo.

Il valore di T_i relativo all'ammasso roccioso esaminato è riportato nella tabella che segue:

Tab. 7

Cava "La Madonna"	Indice di terminazione T_i
complesso estrattivo	18.9
cielo aperto	19.9
galleria	13.3

ed indica che, in linea generale, l'ammasso roccioso esaminato è costituito da blocchi ben sviluppati e distinti.

2.1.3.3) **Scabrezza**

La resistenza di un giunto è condizionata dal valore dell'angolo di inclinazione delle asperità e dal profilo di scabrezza o di rugosità.

Il parametro JRC in valore assoluto ed espresso mediante le classi di Barton è riportato, relativamente ad ogni sistema di discontinuità nelle tabelle relative agli stendimenti (Allegato A) e, relativamente ad ogni sistema di discontinuità, in tabella 2, 3 e 4 dalle quali si evince che la quasi totalità dei sistemi di discontinuità è caratterizzata da giunti con grado di rugosità medio/basso.

La tabella che segue illustra il valore medio ponderato di JRC relativo all'ammasso roccioso esaminato ed ai due cantieri (cielo aperto e galleria):

Tab. 8

Cava "La Madonna"	Valore medio ponderato di JRC	Classificazione di Barton (profilo)	
complesso estrattivo	7.6	4	6 – 8
cielo aperto	7.7	4	6 – 8
galleria	8.1	5	8 – 10

utilizzando la tabella di figura 1 unitamente al profilo tipico di ogni giunto riportato nelle tabelle relative alle misurazioni negli stendimenti, è stato determinato il valore di JRC_{20} , relativo a tratti di discontinuità della lunghezza di 20 cm per ogni giunto rilevato:

Relation between J_r and JRC_n Subscripts refer to block size (cm)		J_r	JRC_{20}	JRC_{100}
I	rough	4	20	11
	smooth			
	slickensided			
Stepped				
IV	rough	3	14	9
V	smooth	2	11	8
VI	slickensided	1.5	7	6
Undulating				
VII	rough	1.5	2.5	2.3
VIII	smooth	1.0	1.5	0.9
IX	slickensided	0.5	0.5	0.4
Planar				

Figura 1: relazione tra J_r e JRC_{20} (Barton e Bandis, 1992)

i valori risultanti di JRC_{20} relativi ad ogni sistema di discontinuità sono riportati in tabella 8a, 8b e 8c.

Tab. 8a : complesso estrattivo

Famiglia di discontinuità	Sistema di discontinuità	JRC ₂₀
K1	K1	11
K2	K2	1.5
K3	K3(a)	1.5
	K3(b)	11
K4	K4(a)	1.5
	K4(b)	1.5
	K4(c)	1.5
K5	K5(a)	11
	K5(b)	11
K6	K6	11
K7	K7	1.5
K8	K8	1.5

Tab. 8b : cantiere a cielo aperto

Famiglia di discontinuità	Sistema di discontinuità	JRC ₂₀
K1	K1	11
K2	K2	1.5
K3	K3(a)	1.5
	K3(b)	11
K4	K4(a)	1.5
	K4(b)	1.5
	K4(c)	1.5
K5	K5(a)	11
	K5(b)	11
K6	K6	11

Tab. 8c : cantiere in sotterraneo

Famiglia di discontinuità	Sistema di discontinuità	JRC ₂₀
K1	K1	11
K2	K2	1.5
K3	K3(a)	1.5
K4	K4(a)	1.5
	K4(c)	1.5
K5	K5(a)	11
K7	K7	1.5
K8	K8	1.5

2.1.3.4) **Apertura**

L'apertura del giunto è un parametro che permette di formulare valutazioni sulle caratteristiche di resistenza allo scorrimento; essa condiziona, inoltre, la presenza di materiale di riempimento.

Gli studi iniziati da Patton (1966) hanno stabilito che, in presenza di giunti scabri a contatto tra loro ed in assenza di materiale di riempimento:

- () per bassi valori della sollecitazione normale, lo scorrimento lungo il giunto si attua con lo scavalcamento delle asperità
- () per valori elevati della sollecitazione normale, il lavoro necessario allo scavalcamento delle asperità è maggiore di quello necessario a tagliarle, pertanto sono i parametri geomeccanici della roccia intatta (angolo di attrito e coesione) che condizionano lo scorrimento lungo il giunto

Le discontinuità contenenti materiale di riempimento, sia esso un deposito a granulometria molto fine, a comportamento geotecnico incoerente, oppure un litotipo di alterazione superficiale dell'ammasso marmoreo (costituito da limi debolmente sabbiosi), possono essere suddivisi in tre categorie:

- (a) giunti tipo “*non interfering*”: l’apertura del giunto è superiore all’altezza delle asperità
- (b) giunti tipo “*interfering*”: l’apertura del giunto è prossima all’altezza delle asperità
- (c) giunti tipo “*interlocking*”: l’altezza delle asperità è superiore all’apertura del giunto.

Nei giunti di tipo “*non interfering*” le caratteristiche di resistenza del giunto sono quelle proprie del materiale di riempimento.

Nei giunti di tipo “*interfering*” le caratteristiche di resistenza del giunto sono determinate sia da quelle del materiale di riempimento che del giunto; la resistenza allo scorrimento è legata inizialmente ai parametri geotecnici del riempimento e successivamente dai parametri geomeccanici caratteristici del giunto (JRC, JCS, angolo di attrito e coesione).

Nei giunti di tipo “*interlocking*” la resistenza allo scorrimento è legata ai parametri geomeccanici caratteristici del giunto (JRC, JCS, angolo di attrito e coesione).

Durante il rilevamento è stato rilevato che la quasi totalità dei giunti è in situazione di “*interlocking*” ed “*interfering*”.

Nelle tabelle 2, 3 e 4 è riportato il valore medio di apertura di ogni sistema di discontinuità.

La tabella 9 e gli istogrammi di figura 2a, 2b e 2c mostrano la distribuzione dell’apertura dei giunti:

Tab. 9

Classi di apertura (mm)	n° di giunti nel complesso estrattivo	n° di giunti nel cantiere a cielo aperto	n° di giunti nel cantiere in sotterraneo
0 - 1	260	220	40
2 - 5	70	51	19
6 - 10	15	15	-----
11 - 20	8	8	-----
21 - 100	11	10	1
> 100	2	2	-----

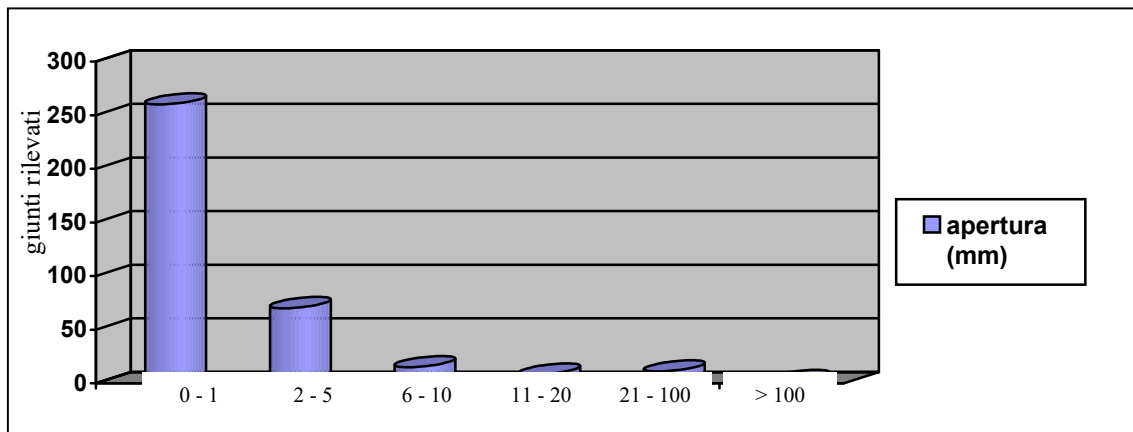


Figura 2a: distribuzione dell'apertura nell'ammasso roccioso rilevato nel complesso estrattivo

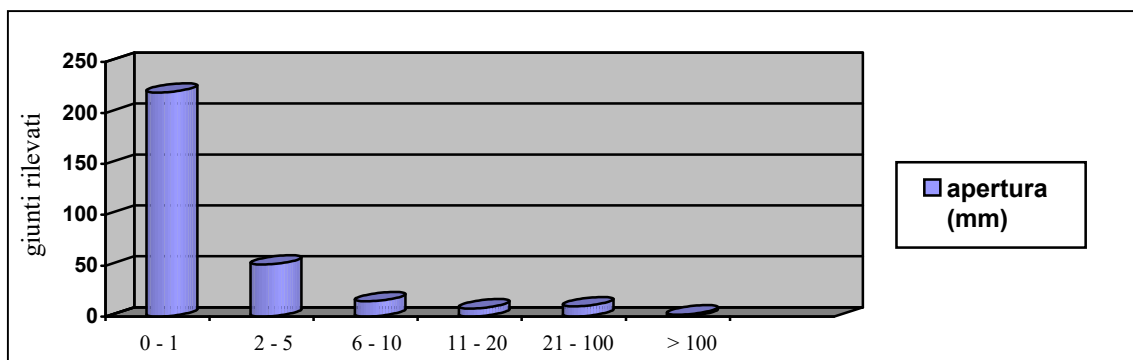


Figura 2b: distribuzione dell'apertura nell'ammasso roccioso rilevato nel cantiere a cielo aperto

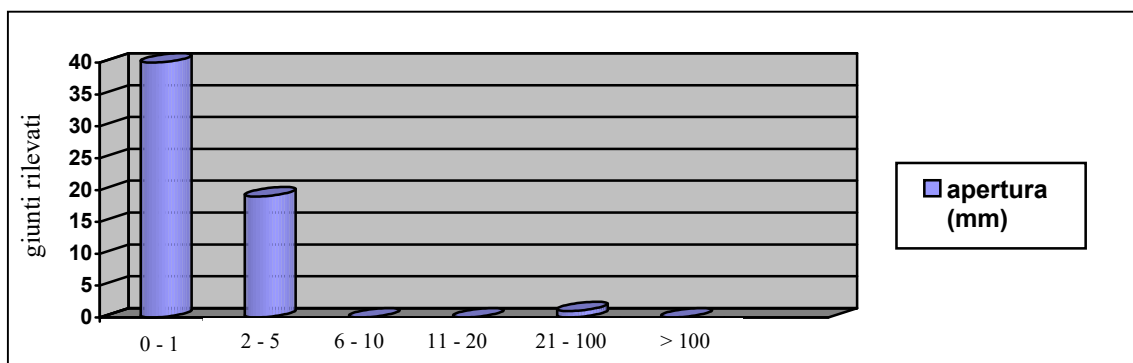


Figura 2c: distribuzione dell'apertura nell'ammasso roccioso rilevato nel cantiere in sotterraneo

la tabella 9 e le figure rivelano come la quasi totalità dei giunti in esposizione negli stendimenti ha apertura inferiore a 5 mm (90% del totale dei giunti rilevati), la maggior parte dei quali (78%) ha apertura inferiore a 1 mm; da tale dato si possono trarre le seguenti considerazioni:

- () si conferma quanto in precedenza affermato riguardo l'assenza di una significativa quantità di materiale di riempimento nelle discontinuità rilevate; pertanto si ritiene che la maggior parte dei giunti siano in situazione di “interlocking”;

() si può ragionevolmente supporre la presenza di ponti di roccia all'interno della quasi totalità delle discontinuità; costituiscono eccezione le 5 aree di finimento e le discontinuità con apertura maggiore di 5 mm che costituiscono il 10% del totale dei giunti rilevati.

Nelle tabelle relative agli stendimenti (Allegato A) è riportato il valore medio di apertura relativo ad ogni discontinuità individuata negli stendimenti; nella tabella che segue è riportato il valore medio ponderato.

Tab. 10

Cava "La Madonna"	Valore medio ponderato di apertura (mm)
complesso estrattivo	5.1
cielo aperto	5.7
galleria	2.1

2.1.3.5) **Resistenza delle pareti dei giunti**

Per la determinazione della resistenza delle pareti sono stati eseguiti tests sclerometrici sulle fratture che permettono il corretto posizionamento dello strumento.

Determinato il numero di rimbalzo N, mediante opportuni diagrammi di correlazione, è stato determinato il numero di rimbalzo R relativo al Martello di Schmidt e l'indice JCS (Joint Compressive Strenght) delle discontinuità mediante la seguente relazione:

$$\log (JCS) = 8.8 \times 10^{-4} \gamma R + 1.01 \quad (3)$$

dove:

γ : peso di volume della roccia, in kN/mc

R : numero di rimbalzo

Il valore della resistenza a compressione dei giunti JCS è riportato nelle tabelle relative agli stendimenti (Allegato A).

Il valore massimo di JCS è risultato pari a 573.48 (giunto 8 dello stendimneto St.1, giunto 7 dello stendimento St.9 87.27 Kg/cm²), il valore minimo di JCS è risultato inferiore a 100 Kg/cm² in corripendenza di alcune aree di finimento (stendimenti St.9 e St.10 dove predomina la componente fillosilicatica), ed il valore medio di JCS nell'ammasso roccioso esaminato è riportato in tabella 11.

Tab. 11

Cava "La Madonna"	Valore medio di JCS (Kg/cm ²)	Valore medio di JCS (MPa)
complesso estrattivo	412.47	40.45
cielo aperto	413.28	40.52
galleria	402.58	39.48

2.1.3.6) **Riempimento**

Quando la discontinuità è riempita da materiale, le caratteristiche di resistenza del giunto sono quelle proprie del materiale di riempimento.

A causa della ridotta apertura dei giunti e della scarsa presenza di riempimento non è stato possibile eseguire prove scissometriche in situ, atte a determinare i valori di resistenza al taglio del materiale di riempimento.

Come già affermato al paragrafo 2.1.3.4), che la quasi totalità dei giunti è in situazione di “*interlocking*” ed “*interfering*” e le caratteristiche della quasi totalità dei giunti determinano l’assenza di una significativa quantità di materiale di riempimento nelle discontinuità rilevate; costituiscono eccezione le 7 aree di finimento e le discontinuità con apertura maggiore di 5 mm (10% del totale dei giunti rilevati) per le quali potrebbe sussistere una situazione di “*non interfering*”.

2.1.3.7) Condizioni idriche dell’ammasso roccioso

L’argomento riguardante la permeabilità dell’ammasso roccioso rilevato e la direzione di scorrimento sotterraneo delle acque di infiltrazione è stato affrontato nella Relazione idrogeologica alla quale si rimanda per la definizione del grado di permeabilità, le direzioni di scorrimento idrico sotterraneo e l’interferenza con le sorgenti ad uso idropotabile.

3) CLASSIFICAZIONE DELL’AMMASSO ROCCIOSO E DETERMINAZIONE DEI RELATIVI PARAMETRI GEOMECCANICI

Per la classificazione dell’ammasso roccioso nell’area esaminata sono stati utilizzati il sistema di Palmström per la determinazione del Rock Mass Index (RMi) ed il sistema classificativo di Bieniawski (1989) per la caratterizzazione dell’ammasso roccioso.

3.1) IL ROCK MASS INDEX (RMi)

Gli stendimenti eseguiti, della lunghezza totale di 616.0 m, hanno permesso di rilevare 366 giunti ed effettuare la caratterizzazione geomeccanica dell’ammasso roccioso che costituisce l’area interessata dalle soluzioni progettuali ed un suo intorno significativo.

Analizzando:

- la densità di fratturazione dell’ammasso roccioso esaminato, illustrata nelle tabelle 2, 3 e 4;
- la correlazione tra le varie famiglie di discontinuità;

si possono individuare 3 ordini principali di discontinuità presenti in tutto l’ammasso roccioso esaminato:

a) Ordine 1: comprende la famiglia K1

b) Ordine 2: comprende la famiglia K4

c) Ordine 3: comprende la famiglia K2 relativamente all’intero complesso estrattivo ed al cantiere a cielo aperto e la famiglia K8 relativamente al cantiere in sotterraneo

ed una serie di giunti “*random*” che caratterizzano le altre famiglie.

Ai paragrafi 3.2) e 3.3) e nell’Allegato A sono illustrate le caratteristiche giaciture ed i parametri caratteristici delle discontinuità rilevate.

L’indice RMi è stato definito da Palmström (1995) con la relazione:

$$RMi = \sigma_c \times JP \quad (4)$$

dove:

RMi : Rock Mass Index

σ_c : resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta; cautelativamente si considera il valore di JCS (JCSn) misurato in situ e pari a 693.54 Kg/cm² (68.01 MPa).

JP : “jointing parameter”; è un coefficiente di riduzione che rappresenta le dimensioni del blocco elementare e la condizione delle sue facce mediante le loro proprietà frizionali e le dimensioni delle discontinuità: esso varia da 0 (roccia molto fratturata) a 1 (roccia intatta).

Il diagramma di figura 3 evidenzia i parametri che intervengono nella determinazione di RMi:

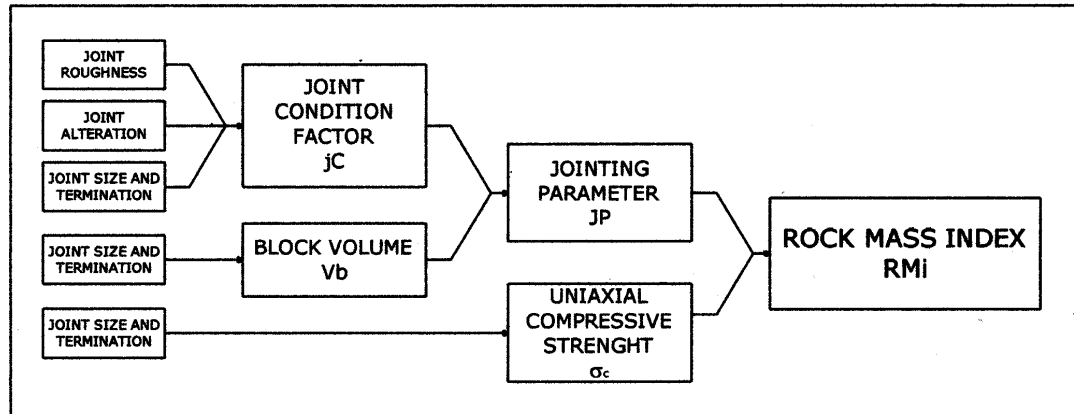


Figura 3: diagramma illustrativo dei parametri caratteristici per la determinazione di RMi

Per la determinazione di JP è stata utilizzata la seguente relazione:

$$JP = 0.2 jC^{1/2} \times V_b^D \quad (5)$$

dove:

JP : joint parameter

jC : fattore legato alle condizioni dei giunti, espresso dalla relazione

$$jC = jL \times jR/jA \quad (6)$$

jL : fattore di continuità dei giunti, espresso dal rapporto

$$jL = JCS_n / JCS_0 \quad (7)$$

dove :

JCS_n : parametro di resistenza relativo alla roccia intatta misurato in situ, risultato pari a 693.54 Kg/cm² (68.01 MPa)

JCS_0 : parametro di resistenza relativo alla roccia intatta misurato in laboratorio, che come risulta dai risultati di prove fisico meccaniche da archivio risulta pari a 127.5 MPa

sostituendo nella (7) risulta, sia per l'ammasso roccioso esaminato, $jL = 0.53$

jR : fattore di rugosità dei giunti, corrispondente al parametro Jr del Q-system (Barton et alii, 1974) e si esprime in funzione del profilo tipico riportato, relativamente ad ogni discontinuità rilevata, nelle tabelle relative agli stendimenti (Allegato A) che di JRC_{20} .

jA : fattore di alterazione dei giunti, corrispondente al parametro Ja del Q-system (Barton et alii, 1974), determinato utilizzando la tabella di figura 4:

4. Joint Alteration Number		ϕ , approx.	J_a
<i>a) Rock-wall contact (no mineral fillings, only coatings)</i>			
A	Tightly healed, hard, non-softening impermeable filling, i.e., quartz or epidote		0.75
B	Unaltered joint walls, surface staining only	25-35°	1.0
C	Slightly altered joint walls. Non-softening mineral coatings, sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	2.0
D	Silty or sandy-clay coatings, small clay fraction (non-softening)	20-25°	3.0
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°	4.0
<i>b) Rock-wall contact before 10 cm shear (thin mineral fillings)</i>			
F	Sandy particles, clay-free disintegrated rock, etc.	25-30°	4.0
G	Strongly over-consolidated non-softening clay mineral fillings (continuous, but < 5mm thickness)	16-24°	6.0
H	Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but < 5mm thickness)	12-16°	8.0
J	Swelling-clay fillings, i.e., montmorillonite (continuous, but < 5mm thickness). Value of J_a depends on percent of swelling clay-size particles, and access to water, etc.	8-12°	8-12
<i>c) No rock-wall contact when sheared (thick mineral fillings)</i>			
KLM	Zones or bands of disintegrated or crushed rock and clay (see G, H, J for description of clay condition)	8-24°	5, 6, or 8-12
N	Zones or bands of silty or sandy-clay, small clay fraction (non-softening)	-	5.0
OPR	Thick, continuous zones or bands of clay (see G, H, J for description of clay condition)	8-24°	10, 13, or 13-20

Figura 4: rating del parametro J_a (Q-system)

e risultato pari a 1.0

V_b : volume del blocco unitario o elementare; per la cui determinazione si rimanda al paragrafo 3.1.1)

D : fattore di correzione dipendente da jC espresso dalla seguente formula:

$$D = 0.37 jC^{-0.2} \quad (8)$$

sostituendo nella (6) e successivamente nella (8) sono stati determinati i valori di jC e D i quali, considerate le condizioni geostrutturali dell'ammasso roccioso esaminato e riferiti al cantiere a cielo aperto, in galleria ed all'intero complesso estrattivo sono risultati rispettivamente pari a 0.80 e 0.39

3.1.1) Determinazione di V_b

I piani che determinano il blocco unitario V_b sono costituiti dagli ordini illustrati in precedenza.

In presenza di 3 ordini di giunti il valore di V_b è definito dalla seguente relazione:

$$V_b = \beta \times J_v^3 \quad (9)$$

dove:

V_b : volume del blocco unitario o equivalente

J_v : numero dei giunti per mc; definito dalla relazione (12) (Palmström, 1982)

$$J_v = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + N_r / (5 \times \sqrt{A}) \quad (10)$$

dove:

S1, S2, S3: spaziatura media degli ordini di discontinuità 1, 2 e 3

N_r : n° di giunti "random" che caratterizzano altre famiglie e pari a 83 (intero complesso estrattivo), 68 (cantiere a cielo aperto) e 10 (cantiere in sotterraneo).

A : area dell'ammasso roccioso rilevato è pari a 22466 mq (intero complesso estrattivo e cantiere a cielo aperto) ed a 1674 mq (cantiere in sotterraneo).

sostituendo nella (10) si ottiene il relativo valore di J_v per l'ammasso roccioso che caratterizza l'area di progetto ed un suo intorno significativo, riportato nella tabella che segue:

Tab. 12

Cava "La Madonna"	J_v
complesso estrattivo	0.91
cielo aperto	0.85
galleria	0.71

β : coefficiente di forma del blocco, espresso dalla relazione di Palmström (11) generato dai giunti appartenenti ai 3 ordini di discontinuità

$$\beta = \frac{[S2/S1 + (S2/S1 \times S3/S1) + S3/S1]^3}{(S2/S1 \times S3/S1)^2} \quad (11)$$

con :

S1; S2; S3 : spaziatura media degli ordini di giunti che determinano il blocco

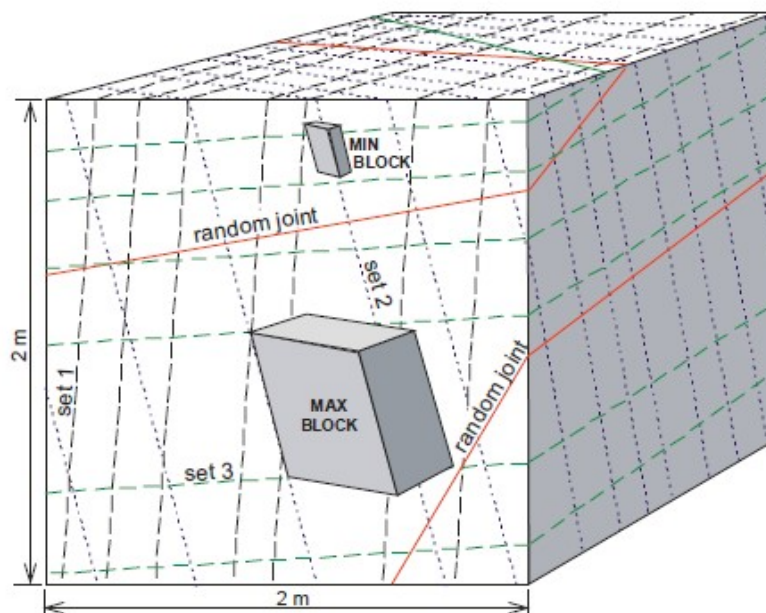


Fig. 5 : illustrazione della spaziatura S fra discontinuità adiacenti e del blocco unitario da esse definito (da Palmström, 2001)

sostituendo nella (11) è stato determinato il valore di β illustrato nella tabella che segue:

Tab. 13

Cava "La Madonna"	β
complesso estrattivo	37.83
cielo aperto	46.78
galleria	30.26

Sostituendo nella (9) si ottiene il valore di V_b riportato nella tabella che segue:

Tab. 14

Cava “La Madonna”	V _b (mc)
complesso estrattivo	50.24
cielo aperto	75.03
galleria	83.64

3.2) DETERMINAZIONE DI R_{Mi}

Sostituendo nella (5) è stato determinato il valore di JP, riportato nella tabella che segue:

Tab. 15

Cava “La Madonna”	JP
complesso estrattivo	0.81
cielo aperto	0.95
galleria	0.99

e, sostituendo nella (6), il valore di R_{Mi} per l’ammasso roccioso che caratterizza l’area esaminata, riportato in tabella 16

Tab. 16

Cava “La Madonna”	R _{Mi}
complesso estrattivo	55.37
cielo aperto	64.67
galleria	67.44

3.3) IL GEOLOGICAL STRESS INDEX (GSI) E LE SUE APPLICAZIONI

Il G.S.I., introdotto da Hoek (1995) e Hoek, Kaiser e Bawden (1995) permette di stimare la riduzione della resistenza degli ammassi rocciosi in differenti situazioni geologiche.

Esso è stato determinato mediante la metodica di Palmström.

Il G.S.I. può essere determinato, come proposto da Hoek (1999), mediante la tabella illustrata in figura 6:

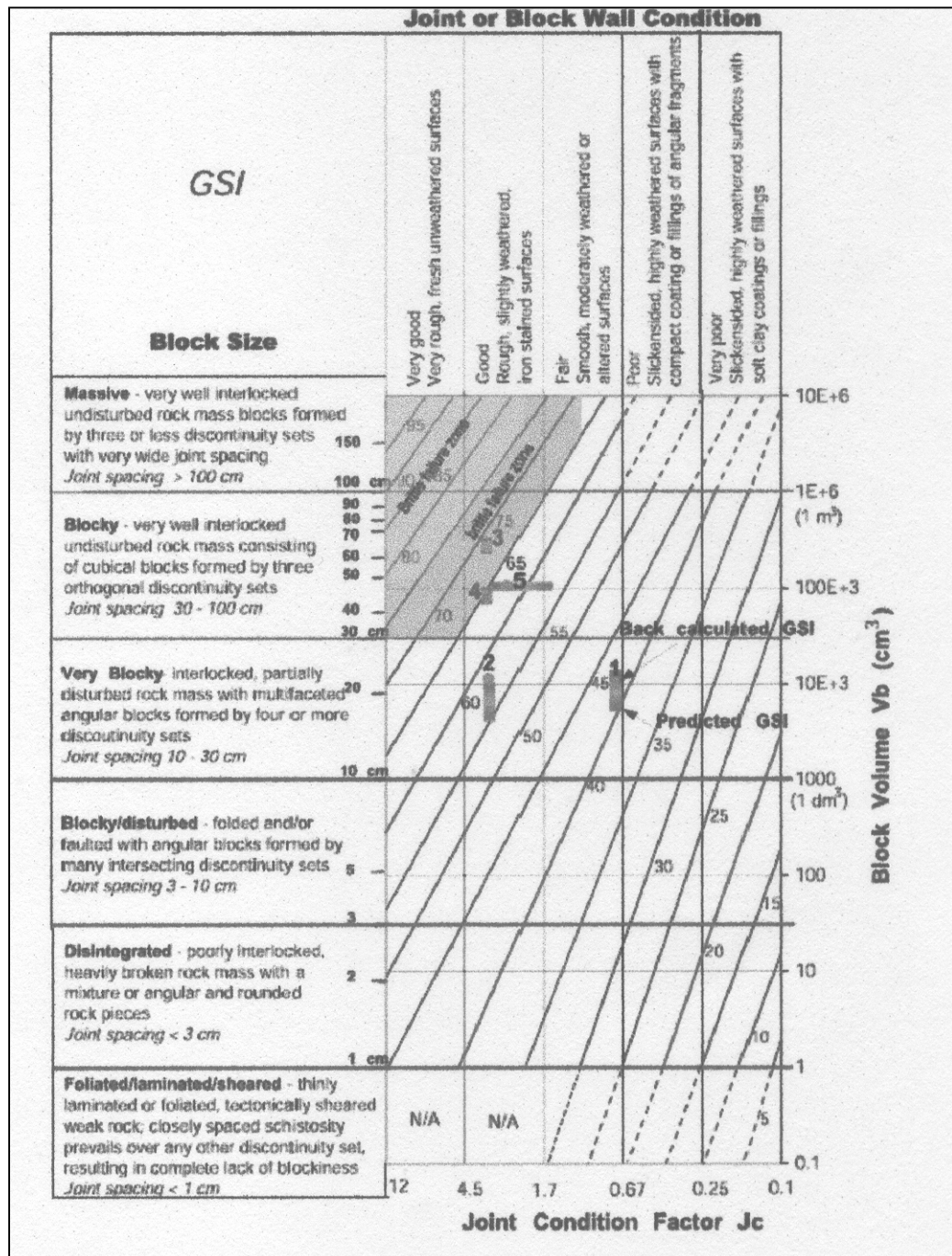


Figura 7 : tabella per la determinazione di GSI (Hoek, 1999) modificata da Cai, Kaiser et alii (2004)

Osservando la figura 7 si evince che il valore di GSI è stimabile sia per i cantieri a cielo aperto ed in sotterraneo e per l'intero ammasso roccioso esaminato area in 75, pertanto l'ammasso roccioso che costituisce l'area di progetto ed un suo intorno significativo è definito "Massive".

3.3) IL SISTEMA CLASSIFICATIVO DI BIENIAWSKI (1989) PER LA CARATTERIZZAZIONE GENERALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

3.3.1) Generalità

Il rilevamento strutturale di dettaglio ha permesso, mediante il sistema classificativo di Bieniawski (metodo RMR), la classificazione dell'ammasso roccioso dal punto di vista geomeccanico, quantificando i parametri di resistenza globale quali coesione ed angolo di attrito.

La classificazione di Bieniawski è basata sul rilievo di 6 parametri:

R1 : resistenza a compressione uniassiale

R2 : indice RQD

R3 : spaziatura dei giunti

R4 : condizioni dei giunti

R5 : condizioni idrauliche

R6 : orientazione dei giunti

ciascun parametro viene valutato in modo quantitativo assegnando un indice parziale; la somma algebrica degli indici parziali determina l'indice complessivo dell'ammasso roccioso.

La classificazione fornisce due valori di RMR (Rock Mass Rating):

- $RMR_{base} = BMR = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$

- $RMR_{corretto} = RMR = BMR + R6$

l'indice BMR permette di determinare i parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso mentre l'indice RMR si applica in sotterraneo e permette di determinarne la "classe di qualità".

Nei paragrafi che seguono è illustrata la determinazione dell'indice RMR e dei parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso esaminato.

3.3.2) Determinazione dell'indice RMR e dei parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso esaminato

3.3.2.1) **Determinazione di BMR**

I parametri sono stati determinati mediante l'elaborazione dei risultati del rilevamento strutturale e sono così definiti:

R1: resistenza a compressione uniassiale, cautelativamente, quale valore relativo alla roccia intatta è stato assegnato quello relativo alla resistenza a compressione uniassiale della massa marmorea non frantumata, pari a 693.54 Kg/cm² (68.01 Mpa, par. 3.3.5).

Per la determinazione di R1 è stata utilizzata la seguente tabella, basata sulla trasformazione dei grafici di Bieniawski in relazioni matematiche:

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	$A1 = 15$

la quale ha permesso di determinare un valore di R1 (A1 in tabella) per tutte le aree esaminate pari a 6.89.

R2: l'indice RQD (Rock Quality Designation) è definito come "recupero percentuale di carotaggio" e viene determinato analizzando il materiale risultante dai sondaggi geognostici; come per la

problematica in questione, in caso non sia disponibili materiale di carotaggio, l'indice RQD può essere determinato utilizzando la seguente relazione:

$$RQD = 115 - 3.3 \times J_v \quad (12)$$

dove:

J_v : numero dei giunti per mc, riportato in tabella 12; sostituendo nella (12), si è ottenuto un valore di RQD sempre superiore al 100%.

Per la determinazione di R2 è stata utilizzata la seguente tabella, basata sulla trasformazione dei grafici di Bieniawski in relazioni matematiche:

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

la quale ha permesso di determinare un valore di R2 ($A2$ in tabella) per tutte le aree esaminate pari a 20.00.

R3: spaziatura ponderata dei giunti (par. 2.1.3.1).

Per la determinazione di R3 è stata utilizzata la seguente tabella, basata sulla trasformazione dei grafici di Bieniawski in relazioni matematiche:

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

la quale ha permesso di determinare un valore di R3 ($A3$ in tabella) per tutte le aree esaminate pari a 20.00.

R4: condizioni dei giunti; il valore di R4 è la somma di 5 parametri numerici riferiti a:

persistenza dei giunti : V1

apertura dei giunti : V2

rugosità dei giunti : V3

alterazione delle pareti dei giunti : V4

materiale di riempimento : V5

Per la determinazione dei parametri V, e successivamente di R4, sono state utilizzate le seguenti tabelle, basate sulla trasformazione dei grafici di Bieniawski in relazioni matematiche:

PERSISTENZA (m)	V1	
< 1	6	
1 ÷ 3	4	
3 ÷ 10	2	
10 ÷ 20	1	
> 20	0	
APERTURA (mm)	V2	
Completamente chiuso	6	
< 0,1	5	
0,1 ÷ 1	4	
1 ÷ 5	1	
> 5	0	
RUGOSITA'	V3	
Molto Rugosa	6	
Rugosa	5	
Leggermente rugosa	3	
Liscia	1	
Levigata	0	
ALTERAZIONE	V4	
Non alterate	6	
Leggermente alterate	5	
Mediamente alterate	3	
Molto alterate	1	
Decomposte	0	
RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

le quali hanno permesso di determinare un valore di R4 riportato nella tabella che segue:

Tab. 17

Cava "La Madonna"	Parametro R4
complesso estrattivo	14
cielo aperto	14
galleria	15

R5: condizioni idrauliche; per la determinazione di R5 è stata utilizzata la seguente tabella, basata sulla trasformazione dei grafici di Bieniawski in relazioni matematiche:

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

la quale ha permesso di determinare un valore di R5 (A5 in tabella) per tutte le aree esaminate pari a 10.00.

Le tabelle 18, 19 e 20 riassumono i valori dei parametri sopra determinati e mostra il valore di RMR_b (BMR) relativo all'ammasso roccioso esaminato.

Tab. 18

Parametri		Complesso estrattivo	
		Valori	Indice
R1	Resistenza della roccia intatta	693.54 Kg/cm ²	6.89
R2	Indice RQD	100 %	20.00
R3	Spaziatura dei giunti	> 2.00 m	20.00
R4	Condizioni dei giunti	superfici leggermente rugose; apertura media 5.1 mm	14.00
R5	Condizioni idrauliche	umida	10.00
Indice BMR = ΣR		70.89	

Tab. 19

Parametri		Cantiere a cielo aperto	
		Valori	Indice
R1	Resistenza della roccia intatta	693.54 Kg/cm ²	6.89
R2	Indice RQD	100 %	20.00
R3	Spaziatura dei giunti	> 2.00 m	20.00
R4	Condizioni dei giunti	superfici leggermente rugose; apertura media 5.1 mm	14.00
R5	Condizioni idrauliche	umida	10.00
Indice BMR = ΣR		70.89	

trattandosi di analisi a cielo aperto in valore di BMR determinato corrisponde a quello di RMR ed inserisce l'ammasso roccioso esaminato in classe II di Bieniawski che lo definisce di qualità "buona".

Tab. 20

Parametri		Cantiere in galleria	
		Valori	Indice
R1	Resistenza della roccia intatta	693.54 Kg/cm ²	6.89
R2	Indice RQD	100 %	20.00
R3	Spaziatura dei giunti	> 2.00 m	20.00
R4	Condizioni dei giunti	superfici leggermente rugose; apertura media 5.1 mm	15.00
R5	Condizioni idrauliche	umida	10.00
Indice BMR = ΣR		71.89	

trattandosi di analisi in sotterraneo per la determinazione di RMR si applica a BMR un coefficiente di correzione A6, dipendente dall'orientamento delle discontinuità.

Tab. 21

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

osservando la giacitura dei vari sistemi di discontinuità in rapporto alla direzione di avanzamento, la condizione è “mediocre” e pertanto il coefficiente A6 è pari a - 5.

Il valore di RMR risulta pertanto pari a 65.89 che inserisce l’ammasso roccioso esaminato in classe III di Bieniawski che lo definisce di qualità “discreta”.

3.3.2.2) Parametri geomeccanici dell’ammasso roccioso, modulo di deformabilità e coefficienti m ed s

I parametri geomeccanici dell’ammasso roccioso determinati sono la coesione (C), l’angolo di attrito (ϕ) ed il modulo di deformabilità (E).

Essi sono stati determinati mediante le relazioni (BIENIAWSKI, 1989):

$$C = 5 \times \text{BMR} \quad (13)$$

e

$$\phi = 5 + \text{BMR}/2 \quad (14)$$

sostituendo nella (13) e nella (14) si ottengono i valori di C e ϕ , riportati nella tabella che segue:

Tab. 22

Cava “La Madonna”	Angolo di attrito (°)	Coesione (Kg/cmq)
complesso estrattivo	40.44	3.54
cielo aperto	40.44	3.54
galleria	40.94	3.59

Il valore del modulo di deformabilità E si ottiene dalla formula valida per $\text{RMRc} > 50$:

$$E = 2 \times \text{BMR} - 100 \quad (15)$$

è riportato nella tabella che segue:

Tab. 23

Cava “La Madonna”	Modulo di deformabilità E (GPa)
complesso estrattivo	41.78
cielo aperto	41.78
galleria	43.78

Utilizzando l'indice BMR sono stati determinati i valori dei coefficienti adimensionali m e s, così definiti:
ammasso indisturbato :

$$m_p = m_i e^{(\text{BMR}-100)/28} \quad (16)$$

$$s_p = e^{(\text{BMR}-100)/9} \quad (17)$$

ammasso disturbato :

$$m_r = m_i e^{(\text{BMR}-100)/14} \quad (18)$$

$$s_r = e^{(BMR-100)/6} \quad (19)$$

dove:

m_i : coefficiente adimensionale, che dipende dalle caratteristiche mineralogico – petrografiche della roccia e si determina mediante prove triassiali, considerato pari a 7 (Hoek, 1990)

BMR : indice di base di Bieniawski (tabella 8)

Sostituendo, si ottiene:

Tab. 24

Complesso estrattivo		
Ammasso roccioso esaminato	Coefficienti Adimensionali	
indisturbato	m_p	s_p
	2.48	3.93×10^{-2}
disturbato	m_r	s_r
	0.88	7.81×10^{-3}

Tab. 25

Cantiere a cielo aperto		
Ammasso roccioso esaminato	Coefficienti Adimensionali	
indisturbato	m_p	s_p
	2.48	3.93×10^{-2}
disturbato	m_r	s_r
	0.88	7.81×10^{-3}

Tab. 26

Cantiere in sotterraneo		
Ammasso roccioso esaminato	Coefficienti Adimensionali	
indisturbato	m_p	s_p
	2.57	4.40×10^{-2}
disturbato	m_r	s_r
	0.94	9.23×10^{-3}

il significato meccanico dei termini disturbato ed indisturbato è stato recentemente messo in discussione (Ribacchi, 1997) esaminando il comportamento di provini calcarei a diverso grado di fratturazione sottoposti a prove di compressione triassiale; è risultato che, mentre il valore della resistenza di picco ottenuta in laboratorio si accorda con quella ottenuta utilizzando le relazioni di Hoek-Brown per un ammasso roccioso definito indisturbato, i parametri di resistenza di laboratorio in condizioni residue non corrispondono con quelli di Hoek-Brown per un ammasso disturbato.

Carrara, li 08/08/2025

Il Geologo

ALLEGATO A: Stendimenti

STENDIMENTI A CIELO APERTO CAVA N. 64 "LA MADONNA"

Stendimento n. 1 St.1		Orientazione : N 65		Verso : WSW – ENE		Lunghezza : 10.0 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	230	45	0.00 (a 0.3 m da terra)	6 – 8		1.0	411.20	x
2	235	47	0.00 (a 0.1 m da terra)	6 – 8		chiusa		x
3	223	55	3.40	4 – 6		20.0	392.12	x
4	205	52	5.50	4 – 6		2.0		x
5	052	57	6.60	4 – 6		chiusa		d
6	055	52	7.90	8 – 10		1.0		d
7	048	48	9.50	18 – 20		5.0		d
8	212	58	10.00	4 – 6		50.0	573.48	x

Stendimento n. 2 St.2		Orientazione : N 120		Verso : ESE – WNW		Lunghezza : 7.0 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	235	47	0.60	10 – 12		chiusa		x
2	230	45	1.50	10 – 12		1.0		x
3	212	38	3.60	10 – 12		chiusa		x
4	215	42	4.00	10 – 12		1.0	340.02	x
5	232	35	6.00	10 – 12		chiusa	392.12	x
6	212	55	7.00	4 – 6		10.0	534.03	x

Stendimento n. 3 St.3		Orientazione : N 114		Verso : NNW – SSE		Lunghezza : 19.0 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	208	53	0.00	8 – 10		20.0	515.33	x
2	194	67	5.30	14 – 16		3.0	316.63	r
3	210	63	9.30	4 – 6		1.0	474.21	x
4	110	28	12.60	10 – 12		5.0	340.02	d
5	178	83	13.00	4 – 6		1.0		x
6	161	82	13.70	8 – 10		2.0	509.25	x
7	220	42	14.50	8 – 10		2.0	281.16	rx
8	222	40	16.00	4 – 6		chiusa		x
9	217	41	17.00	4 – 6		chiusa		x

Stendimento n. 4 St.4		Orientazione : N 67		Verso : WSW – ENE		Lunghezza : 10.6 m.		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		Classi di Barton	Profilo tipico			
1	220	55	0.00 (a 0.3 m da terra)	4 – 6		2.0	401.55	x
2	345	15	0.00 (a 0.8 m da terra)	4 – 6		1.0		x
3	038	68	3.00	6 – 8		chiusa	514.03	d
4	237	45	3.65	4 – 6		chiusa		d
5	357	29	6.40	4 – 6		chiusa		d
6	225	43	7.20	4 – 6		3.0		x
7	053	31	10.50	4 – 6		chiusa		d
8	238	49	10.60	8 – 10		3.0	514.03	x

Stendimento n. 5 St.5		Orientazione : N 64		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 7.6 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	238	49	0.00	8 – 10		3.0		x
2	058	43	1.20	4 – 6		2.0	348.20	d
3	220	55	compresa tra 1.30 e 1.70 *	8 – 10		20.0	515.33	x
4	217	49	2.50	4 – 6		1.0		x
5	218	48	2.60	4 – 6		chiusa		r
6	225	50	5.70	4 – 6		chiusa		rx
7	223	51	5.80	4 – 6		chiusa		rx

* strato fillosilicatico

Stendimento n. 6 St.6		Orientazione : N 46		Verso : SW – NE		Lunghezza : 11.0 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	235	51	0.00	8 – 10		30.0	411.20	x
2	232	43	0.20	4 – 6		chiusa		x
3	224	45	1.90	6 – 8		2.0	521.49	x
4	228	48	3.80	4 – 6		chiusa		x
5	226	49	4.30	4 – 6		chiusa		x
6	229	50	5.90	4 – 6		chiusa		x
7	232	53	7.80	4 – 6		2.0		x
8	230	50	10.10	4 – 6		chiusa		x
9	228	50	11.00	8 – 10		10.0	515.33	x

Stendimento n. 7 St.7		Orientazione : N 103		Verso : WSW – ENE		Lunghezza : 15.20 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	132	49	1.10	4 – 6		2.0	348.20	x
2	310	41	1.70	4 – 6		5.0	411.30	x
3	312	43	3.10	8 – 10		1.0		d
4	225	48	4.70	8 – 10		1.0		x
5	210	54	6.90	8 – 10		3.0		x
6	area di finimento da 6.90 a 9.20						261.80	x
7	232	51	9.20	8 – 10		100.0	479.88	x
8	228	46	10.70	4 – 6		chiusa		rx
9	291	26	12.10	8 – 10		1.0		x
10	127	32	16.20	8 – 10		1.0		x
11	218	43	12.00	18 – 20		100.0	401.55	x
12	226	45	12.75	18 – 20		10.0		x
13	223	52	14.30	6 – 8		chiusa		x
14	221	54	15.30	10 – 12		20.0		x
15	040	42	15.80 (a 0.3 m da terra)	10 – 12		3.0		d

Stendimento n. 8 St.8		Orientazione : N 60		Verso : WSW – ENE		Lunghezza : 15.80 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	238	58	0.00	4 – 6		2.0		x
2	227	50	1.40	4 – 6		2.0		x
3	236	60	3.40	4 – 6		chiusa		r
4	241	46	compresa tra 5.10 e 6.30 *	18 – 20		20.0		x
5	233	42	6.90	8 – 10		3.0		x
6	248	51	8.80	4 – 6		chiusa		d
7	234	43	11.30	4 – 6		chiusa		x
8	235	45	11.60	4 – 6		chiusa		x
9	230	40	11.70	4 – 6		chiusa		rx
10	218	43	12.00	18 – 20		100.0	401.55	x
11	226	45	12.75	18 – 20		10.0		x
12	223	52	14.30	6 – 8		chiusa		x
13	221	54	15.30	10 – 12		20.0		x
14	040	42	15.80 (a 0.3 m da terra)	10 – 12		3.0		d

* strato fillosilicatico

Stendimento n. 9 St.9		Orientazione : N 131		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 29.50 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	250	42	compresa tra 0.00 e 13.30 *	18 – 20		300.0	441.58 max 221.70 min	x
	256	41						x
2	233	44	9.80	8 – 10		2.0	< 100.0	r
3	075	32	13.00	4 – 6		1.0	316.63	d
4	area di finimento da 13.00 a 20.00							x
5	175	88	14.20	4 – 6		1.0	497.29	x
6	182	85	14.90	4 – 6		chiusa	369.51	x
7	012	82	16.80	4 – 6		5.0	573.48	x
8	078	34	20.00	4 – 6		1.0	463.08	x
9	026	85	22.10	8 – 10		3.0		x
10	358	85	23.10	4 – 6		1.0		x
11	246	42	23.20	8 – 10		1.0	340.02	x
12	area di finimento da 23.20 a 29.50						< 100.0	x
13	020	86	23.60	4 – 6		1.0		x
14	070	48	25.40	4 – 6		1.0		x
15	230	43	29.50	8 – 10		3.0	316.63	x

* strato fillosilicatico

Stendimento n. 10 St.10		Orientazione : N 36		Verso : ENE – WSW		Lunghezza : 61.50 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	197	48	0.00 *	8 – 10		20.0	316.63	x
2	183	46	2.90	6 – 8		50.0	281.16	x
3	206	43	7.00	4 – 6		10.0		x
4	030	31	8.80	6 – 8		chiusa		r
5	210	47	10.20	6 – 8		5.0		x
6	031	31	11.30	6 – 8		chiusa		r
7	216	51	14.50	6 – 8		1.0		x
8	214	49	15.60	14 – 16		20.0		x
9	211	45	18.30	6 – 8		30.0		x
10	208	46	20.30	8 – 10		10.0		x
11	206	45	26.50	6 – 8		50.0		x
12	210	49	30.60	6 – 8		1.0		x
13	313	82	35.80	4 – 6		chiusa	441.58	rx
14	205	56	36.70	18 – 20		5.0		x
15	212	53	38.90	10 – 12		50.0		x
16	215	48	42.00	18 – 20		5.0		x
17	290	76	44.80	4 – 6		1.0		rx
18	208	50	46.00	6 – 8		1.0		x
19	215	55	48.60	6 – 8		chiusa		rx
20	027	44	61.10	6 – 8		chiusa		rx
21	208	47	61.10 *	18 – 20		50.0	479.88 max < 100.0 min	x

* strato fillosilatico

Stendimento n. 11 St.11		Orientazione : N 40		Verso : WSW – ENE		Lunghezza : 37.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	222	45	0.0	6 – 8		esposta	369.51	x
2	220	46	3.2	6 – 8		2.0		x
3	220	45	4.4	6 – 8		chiusa		x
4	218	44	6.2	6 – 8		chiusa		x
5	224	42	7.5	6 – 8		chiusa		x
6	223	49	9.1	6 – 8		2.0	316.83	x
7	293	78	9.1	6 – 8		esposta	463.08	x
8	215	61	13.7	6 – 8		300.0	261.80	x
9	217	63	18.0	6 – 8		10.0		x
10	215	65	23.3	6 – 8		chiusa		x
11	303	38	27.4	6 – 8		chiusa		rd
12	220	52	32.7	6 – 8		chiusa		x
13	032	30	36.0	6 – 8		chiusa		r
14	033	31	37.0	6 – 8		chiusa		r

Stendimento n. 12 St.12		Orientazione : N 162		Verso : SSE – NNW		Lunghezza : 17.30 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	221	45	0.0	6 – 8		10.0	340.02	x
2	121	53	0.0	6 – 8		esposta	509.25	d
3	217	57	2.8	6 – 8		10.0		x
4	303	77	5.1	8 – 10		10.0		x
5	223	50	6.0	6 – 8		esposta	281.16	x
6	307	79	6.5	6 – 8		chiusa		x
7	305	81	6.7	6 – 8		5.0		x
8	307	83	7.3	6 – 8		chiusa		x
9	314	84	7.9	6 – 8		10.0		x
10	317	87	9.8	6 – 8		esposta		x
11	313	78	12.3	8 – 10		chiusa		x
12	318	87	15.3	8 – 10		chiusa		x
13	317	85	15.6	6 – 8		chiusa		x
14	315	84	16.8	6 – 8		chiusa		r

Stendimento n. 13 St.13		Orientazione : N 42		Verso : SSW – NNE		Lunghezza : 17.10 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ^q	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	226	61	0.0	6 – 8		esposta	261.80	x
2	295	45	0.5	6 – 8		5.0	401.55	d
3	307	75	2.4	6 – 8		2.0		d
4	304	77	4.2	6 – 8		1.0		d
5	218	63	9.0	6 – 8		2.0		x
6	220	63	13.6	6 – 8		1.0		x
7	225	61	17.1	6 – 8		esposta		x

Stendimento n.14 St.14		Orientazione : discontinuità del “verso” Imm N 252; incl. 49°		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 52.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	098	50	1.40	4 – 6		chiusa		rx
2	096	51	2.50	4 – 6		chiusa		r
3	210	38	7.60	4 – 6		chiusa		r
4	118	42	7.60	4 – 6		2.0		r
5	004	74	13.30	4 – 6		1.0		x
6	121	38	13.60	4 – 6		3.0		r
7	310	66	14.30	10 – 12		chiusa		d
8	089	40	15.25	4 – 6		2.0		r
9	106	22	17.40	4 – 6		chiusa		r
10	084	46	23.25	4 – 6		chiusa		rx
11	220	89	23.80	4 – 6		chiusa		rx
12	351	89	24.20	4 – 6		chiusa		rx
13	353	78	29.00	4 – 6		chiusa		rx
14	312	48	37.15	4 – 6		chiusa		rx
15	312	72	39.35	4 – 6		chiusa		r
16	340	89	41.35	4 – 6		10.0		x
17	327	72	46.45	4 – 6		chiusa		r
18	315	75	48.80	4 – 6		chiusa		d
19	292	32	51.70	4 – 6		chiusa		r

Stendimento n. 15 St.15		Orientazione : N 45		Verso : NE – SW		Lunghezza : 52.50 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	221	57	0.0	8 – 10	V	esposta	365.14	x
2	217	61	1.0	6 – 8	V	chiusa		x
3	223	53	2.6	6 – 8	V	chiusa		x
4	040	09	2.6 a 0.7 m da terra	6 – 8	V	chiusa		r
5	214	55	3.2	6 – 8	V	chiusa		rx
6	217	56	3.7	8 – 10	V	1.0		x
7	215	57	5.6	8 – 10	V	1.0		x
8	218	57	5.9	8 – 10	V	1.0		x
9	226	23	6.5	6 – 8	V	chiusa		rx
10	214	56	6.7	8 – 10	V	1.0		x
11	214	62	6.9	8 – 10	V	esposta	382.91	x
12	211	14	6.9 a 1.9 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rd
13	219	59	8.0	6 – 8	V	1.0		x
14	223	57	9.0	8 – 10	V	1.0		x
15	220	12	9.0 a 3.5 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
16	225	55	9.9	8 – 10	V	1.0		x
17	042	05	10.3 a 4.0 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
18	219	54	10.4	8 – 10	V	chiusa		x
19	225	52	11.4	6 – 8	V	3.0		x
20	227	54	13.1	6 – 8	V	chiusa		x
21	215	56	13.9	6 – 8	V	1.0		x
22	225	58	14.2	6 – 8	V	1.0		x
23	295	79	14.4 a 2.0 m da terra	10 – 12	VIII	esposta		x
24	226	56	14.8	8 – 10	V	1.0		x
25	218	52	15.3	8 – 10	V	esposta	373.92	x
26	224	54	15.5	8 – 10	V	1.0		x
27	220	50	16.3	8 – 10	V	1.0		x
28	020	12	16.8 a 3.7 da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
29	215	51	16.9	8 – 10	V	1.0		x
30	305	72	16.9 a 3.8 m da terra	10 – 12	VIII	esposta	534.03	x
31	223	52	17.4	6 – 8	V	1.0		x
32	045	73	17.5	6 – 8	VIII	chiusa		x
33	297	80	17.6	10 – 12	VIII	esposta	560.02	rx
34	023	11	17.6 a 2.0 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
35	210	52	17.9	6 – 8	V	1.0		x
36	034	06	18.2 a 1.5 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
37	040	72	18.4	6 – 8	VIII	chiusa		x
38	025	10	18.8 a 2.5 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
39	210	54	19.1	6 – 8	V	chiusa		x
40	294	73	19.1 a 2.5 m da terra	10 – 12	VIII	esposta		x
41	229	56	20.1	6 – 8	V	3.0		x
42	294	73	20.4 a 3.5 m da terra	10 – 12	VIII	esposta		rx
43	210	57	20.5	6 – 8	V	chiusa		x
44	212	57	20.9	6 – 8	V	chiusa		x
45	210	59	21.7	8 – 10	V	esposta	356.57	x
46	027	20	23.5 a 1.0 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
47	043	85	24.0	8 – 10	VIII	2.0		x
48	210	48	24.2	6 – 8	V	chiusa		x
49	020	15	24.6 a 1.5 m da terra	6 – 8	V	chiusa		r
50	045	87	25.4	6 – 8	VIII	1.0		x
51	037	85	25.6	8 – 10	VIII	1.0		x
52	234	57	26.2	6 – 8	V	1.0		x
53	218	52	26.3	6 – 8	V	chiusa		x
54	030	88	26.5	8 – 10	VIII	1.0		x
55	034	84	26.6	6 – 8	VIII	1.0		x
56	022	81	26.9	8 – 10	VIII	chiusa		x
57	122	52	27.2 a 3.0 m da terra	6 – 8	VIII	chiusa		r
58	234	60	27.4	6 – 8	V	chiusa		x
59	208	89	27.5	8 – 10	VIII	chiusa		x
60	226	63	28.2	8 – 10	V	1.0		x
61	325	89	28.3	6 – 8	VIII	1.0		x
62	224	63	28.5	8 – 10	V	1.0		x
63	322	88	28.7	8 – 10	VIII	1.0		x
64	214	65	28.9	6 – 8	V	2.0		x
65	215	62	30.8	8 – 10	V	chiusa		x
66	223	59	32.5	8 – 10	V	2.0		x
67	area di finimento da 32.5 a 41.4						274.56	x
68	217	51	41.4	8 – 10	V	2.0		x
69	225	52	42.1	8 – 10	V	1.0		x
70	220	53	42.3	8 – 10	V	chiusa		x

71	041	09	42.3 a 1.5 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
72	223	52	43.0	8 – 10	V	chiusa		x
73	030	08	44.1 a 4.0 m da terra	8 – 10	VIII	chiusa		rx
74	031	06	44.1 a 3.6 m da terra	8 – 10	VIII	chiusa		rx
75	219	50	44.5	8 – 10	V	1.0		x
76	215	56	45.1	8 – 10	V	1.0		x
77	219	56	45.6	8 – 10	V	chiusa		x
78	221	57	46.3	8 – 10	V	chiusa		x
79	225	59	48.4	6 – 8	V	chiusa		x
80	222	57	48.6	6 – 8	V	chiusa		x
81	220	56	49.1	6 – 8	V	1.0		x

Stendimento n. 16 St.16		Orientazione : N 115		Verso : NNW – SSE		Lunghezza : 18.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	020	54	0.0	6 – 8	VIII	chiusa		x
2	224	58	8.0	6 – 8	V	esposta	392.12	x
3	034	57	8.0 a 3.5 m da terra	8 – 10	VIII	esposta		x
4	025	60	8.0 a 2.0 m da terra	6 – 8	VIII	esposta		x
5	210	88	8.0	6 – 8	VIII	1		dx
6	area di finimento da 8.0 a 10.6 *						287.92	x
7	329	73	10.6	6 – 8	VIII	2		x
8	216	62	11.5	6 – 8	V	esposta	348.20	x
9	022	56	12.2	6 – 8	VIII	1		x
10	027	57	12.4	8 – 10	VIII	2		x
11	219	57	18.0	6 – 8	V	1		x
12	222	55	18.0 a 1.0 m da terra	6 – 8	V	1		x

* strato fillosilatico

Stendimento n. 17 St.17		Orientazione : N 27		Verso : NNE – SSW		Lunghezza : 19.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	222	55	0.0	6 – 8	V	1		x
2	327	71	7.8	8 – 10	VIII	3		x
3	area di finimento da 7.8 a 19.0						294.85	
4	225	58	19.0	6 – 8	V	1		x

Stendimento n. 18 St.18		Orientazione : N 75		Verso : ENE – WSW		Lunghezza : 11.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	205	12	0.0 a 3.0 m da terra	6 – 8	V	chiusa		x
2	307	79	2.0 a 4.0 m da terra	6 – 8	VIII	esposta		r
3	045	62	2.3	6 – 8	VIII	chiusa		x
4	215	65	3.8	6 – 8	V	chiusa		x
5	043	57	4.1	6 – 8	VIII	chiusa		r
6	227	60	4.1	8 – 10	V	chiusa		x
7	118	65	4.2	8 – 10	V	chiusa		x
8	219	61	5.4	6 – 8	V	chiusa		x
9	213	52	6.9	6 – 8	V	chiusa		x
10	219	55	7.2	6 – 8	V	chiusa		x
11	220	54	7.4	6 – 8	V	chiusa		x
12	223	55	compresa tra 7.8 e 8.2 *	6 – 8	V	chiusa	301.93	x
13	223	50	10.8	6 – 8	V	chiusa		x
14	122	70	10.9	8 – 10	V	chiusa		x

* strato fillosilatico

Stendimento n. 19 St.19		Orientazione : N 31		Verso : NNE – SSW		Lunghezza : 22.20 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cm ²	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	203	51	3.8	6 – 8	V	esposta	373.92	x
2	211	59	5.5	6 – 8	V	1		x
3	208	84	5.5	6 – 8	VIII	1		rx
4	188	72	5.5	8 – 10	VIII	esposta		rd
5	223	78	5.8	6 – 8	VIII	chiusa		r
6	213	54	6.2	6 – 8	V	esposta		x
7	210	51	10.4	6 – 8	V	1.0		x
8	208	55	12.5	6 – 8	V	5.0		x
9	210	47	14.8	6 – 8	V	2.0		x
10	197	52	17.0	6 – 8	V	1.0		x
11	205	56	18.0	6 – 8	V	esposta		x
12	200	48	20.6	6 – 8	V	1.0		x
13	203	52	22.2 a 0.2 m da terra	6 – 8	V	esposta		x
14	205	53	22.2 a 2.2 m da terra	6 – 8	V	esposta		x

STENDIMENTI IN GALLERIA CAVA N. 64 "LA MADONNA"

Stendimento n. 20 St.20		Orientazione : N 114		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 19.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	118	75	2.8	10 – 12	VIII	1.0		d
2	120	82	3.9	10 – 12	VIII	1.0		x (t)
3	121	80	4.0	10 – 12	VIII	chiusa		x
4	165	72	4.9	6 – 8	VIII	chiusa		d
5	212	52	5.7	6 – 8	V	chiusa		x
6	030	68	6.9	10 – 12	VIII	2.0		x (t)
7	033	70	8.0	6 – 8	VIII	1.0		r
8	158	77	10.4	8 – 10	VIII	2.0		x (t)
9	168	72	12.3	8 – 10	VIII	chiusa		x (t)
10	212	54	12.5 a 1.5 m da terra	8 – 10	V	1.0		x (t)
11	165	79	13.2	6 – 8	VIII	1.0		x (t)
12	100	70	15.1	6 – 8	VIII	chiusa		rx (t)
13	107	72	17.3	6 – 8	VIII	chiusa		rx (t)
14	329	30	18.0	6 – 8	VIII	chiusa		r
15	321	25	18.9	8 – 10	VIII	1.0		x (t)

(t) : presente anche a tetto

(t) : presente anche a tetto

* limiti strato fillosilicatico

Stendimento n. 21 St.21		Orientazione : N 24		Verso : ENE – WSW		Lunghezza : 20.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	221	64	0.5	8 – 10	V	2.0		x (t)
2	218	55	1.0	8 – 10	V	60.0	373.92	x (t)
3	220	57	2.3	8 – 10	V	1.0		x (t)
4	332	89	5.1	6 – 8	VIII	chiusa		d
5	216	60	8.5	6 – 8	V	chiusa		x (t)
6	218	65	8.8 *	8 – 10	V	chiusa		x (t)
7	216	64	9.4 *	8 – 10	V	2.0		x (t)
8	212	60	13.6	6 – 8	V	chiusa		x(t)
9	210	58	15.1	6 – 8	V	chiusa		x(t)
10	215	62	19.6	8 – 10	V	1.0		x (t)

(t) : presente anche a tetto

* limiti strato fillosilicatico

Stendimento n. 22 St.22		Orientazione : N 24		Verso : ENE – WSW		Lunghezza : 13.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	202	59	0.5	8 – 10	V	3.0		x (t)
2	205	63	5.6	8 – 10	V	1.0		x (t)
3	212	65	11.6	8 – 10	V	chiusa		x (t)
4	210	60	13.0	8 – 10	V	chiusa		x (t)

Stendimento n. 23 St.23		Orientazione : N 116		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 8.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	195	41	0.0 a 2.0 m da terra	6 – 8	V	chiusa		rx
2	141	71	3.8	6 – 8	VIII	chiusa		x (t)
3	150	73	4.8	6 – 8	VIII	2.0		x (t)

Stendimento n. 24 St.24		Orientazione : N 25		Verso : SSW – NNE		Lunghezza : 6.10 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	205	58	1.5	6 – 8	V	2.0		x(t)
2	area di finimento da 1.5 a 2.5 *						261.80	
3	202	58	2.5	6 – 8	V	2.0		x(t)
4	208	55	6.1 a 4.0 m da terra	6 – 8	V	1.0		x(t)

(t) : presente anche a tetto

* strato fillosilicatico

Stendimento n. 25 St.25		Orientazione : N 116		Verso : ESE – WNW		Lunghezza : 5.40 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	144	74	5.4	6 – 8	VIII	2.0		x (t)

(t) : presente anche a tetto

Stendimento n. 26 St.26		Orientazione : N 26		Verso : NNE – SSW		Lunghezza : 8.30 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	157	77	0.0 a 2.0 m da terra	6 – 8	VIII	esposta	401.55	x (t)
2	032	85	1.1	8 – 10	VIII	esposta	534.03	d
3	152	79	1.1 a 2.0 m da terra	6 – 8	VIII	esposta	441.58	d
4	206	57	2.9	6 – 8	V	chiusa		x(t)
5	210	60	3.9	6 – 8	V	5.0		x(t)
6	200	57	7.9	6 – 8	V	2.0		x(t)
7	195	55	8.30 a 1.5 m da terra	6 – 8	V	2.0		x(t)
8	198	52	8.30 a 1.8 m da terra	6 – 8	V	5.0		x(t)
9	200	55	8.30 a 3.8 m da terra	6 – 8	V	3.0		x(t)
10	201	55	8.30 a 4.2 m da terra	6 – 8	V	3.0		x(t)

(t) : presente anche a tetto

Stendimento n. 27 St.27		Orientazione : N 118		Verso : WNW – ESE		Lunghezza : 30.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine dello stendimento (m)	Scabrezza		Apertura massima (mm)	Resistenza a compressione JCS ^(a) Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC Classi di Barton	Profilo tipico			
1	195	55	0.0 a 1.5 m da terra	6 – 8	V	2.0		x(t)
2	198	52	0.0 a 1.8 m da terra	6 – 8	V	3.0		x(t)
3	200	55	0.0 a 3.8 m da terra	6 – 8	V	3.0		x(t)
4	201	55	0.0 a 4.2 m da terra	6 – 8	V	3.0		x(t)
5	207	10	0.0 a 4.5 m da terra	6 – 8	VIII	chiusa		d
6	025	50	7.8	10 - 12	VIII	3.0		x(t)
7	167	78	8.7	8 - 10	VIII	chiusa		x(t)
8	170	79	9.1	8 - 10	VIII	chiusa		x(t)
9	105	80	14.3	8 - 10	VIII	chiusa		x(t)
10	028	53	14.4	8 - 10	VIII	1.0		d
11	110	80	14.9	10 – 12	VIII	1.0		x
12	335	89	21.6	6 – 8	VIII	chiusa		rx
13	044	88	22.5	6 – 8	VIII	chiusa		rx
14	310	30	25.5	8 – 10	VIII	chiusa		rx

(t) : presente anche a tetto

STENDIMENTI DA ARCHIVIO CAVA "MANDRIA" (2017)
(da Piano di Coltivazione autorizzato)

Stendimento da archivio Ar1		Orientazione : N 118		Verso : ESE – WNW		Lunghezza : 26.40 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine (m)	Scabrezza		Apertura (mm)	Resistenza a compressione JCS Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC classi di Barton	Profilo tipico			
1	223	15	7.0	6 – 8	VIII	2		x
2	195	78	7.5 (a 1.0 m da terra)	6 – 8	VIII	1	452.20	x
3	218	72	9.0	6 – 8	VIII	10	521.49	x
4	122	53	21.50	6 – 8	V	2		x

Stendimento da archivio Ar2		Orientazione : N 31		Verso : NNE – SSW		Lunghezza : 28.00 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine (m)	Scabrezza		Apertura (mm)	Resistenza a compressione JCS Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC classi di Barton	Profilo tipico			
1	238	10	0.0 (a 8.5 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
2	235	9	0.0 (a 7.7 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
3	235	9	0.0 (a 7.1 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
4	235	16	0.0 (a 6.1 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
5	235	15	0.0 (a 5.5 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
6	238	10	0.0 (a 2.7 m da terra)	6 – 8	V	chiusa		x
7	308	88	9.5	6 – 8	VIII	1		d
8	223	73	13.9	6 – 8	VIII	5		x
9	306	89	15.3	6 – 8	VIII	chiusa		d
10	220	73	17.9	6 – 8	VIII	10		x
11	218	71	20.8	6 – 8	VIII	10		x
12	305	87	24.6	6 – 8	VIII	1		rx
13	218	74	26.7	6 – 8	VIII	1		rx

Stendimento da archivio Ar3		Orientazione : N 135		Verso : NW – SE		Lunghezza : 18.50 m		
Discontinuità	Orientazione		Distanza dall'origine (m)	Scabrezza		Apertura (mm)	Resistenza a compressione JCS Kg/cmq	Persistenza
	imm	incl		JRC classi di Barton	Profilo tipico			
1	235	15	0.0 (a 2.5 m da terra)	6 – 8	V	1		x
2	230	12	0.0	8 – 10	V	1		x
3	231	10	2.7	6 – 8	V	chiusa		x
4	215	67	3.9	6 – 8	VIII	3		x
5	234	15	6.7	6 – 8	V	chiusa		x
6	234	11	7.3	6 – 8	V	chiusa		rx
7	237	12	8.3	6 – 8	V	chiusa		x
8	235	12	9.1	6 – 8	V	chiusa		x
9	133	45	10.0	6 – 8	V	esposta	373.92	x
10	308	83	10.0	6 – 8	VIII	chiusa		rx
11	300	82	10.5	6 – 8	VIII	chiusa		rx
12	307	85	11.1	6 – 8	VIII	1		x
13	208	74	18.5	6 – 8	VIII	2	421.09	x

Nelle tabelle sopra riportate sono illustrati, per ogni superficie di discontinuità, i seguenti dati e parametri caratteristici:

- n° della discontinuità ; numero progressivo che definisce il giunto
- Orientazione ; rappresenta i parametri giacitureali delle discontinuità quali immersione (“imm”) ed inclinazione (“incl”); i vari sistemi, i cui piani medi sono illustrati nelle tabelle 2, 3 e 4, sono indicati con diversa colorazione:

223; 49 : sistema K1
305; 81 : sistema K2
030; 68 : sistema K3(a)
070; 48 : sistema K3(b)
178; 83 : sistema K4(a)
045; 87 : sistema K4(b)
012; 82 : sistema K4(c)
211; 14 : sistema K5(a)
040; 09 : sistema K5(b)
110; 28 : sistema K6
329; 30 : sistema K7
118; 75 : sistema K8

- Posizione ; indica la posizione del giunto all’interno dello stendimento intesa come distanza orizzontale dall’origine.

La posizione del giunto è un parametro molto importante in quanto permette di determinare il valore della spaziatura; la spaziatura, definita come distanza media tra due discontinuità, permette di definire la distribuzione areale dei giunti e quindi la densità di fratturazione

- Scabrezza ; definisce le caratteristiche geometriche delle pareti delle superfici di frattura mediante il valore di JRC (*Joint Roughness Coefficient*) di Barton ; il profilo di scabrezza è stato determinato con profilometro per tratti di discontinuità della lunghezza di 10 cm e messo a confronto con le classi di scabrezza proposte da Barton, definendo il parametro JRC per ogni sistema di discontinuità
- Apertura ; distanza perpendicolare tra le pareti adiacenti della discontinuità: il valore riportato nelle tabelle si riferisce all’apertura massima
- Resistenza delle pareti dei giunti ; resistenza del materiale che costituisce le pareti della superficie di discontinuità. Si determina convenzionalmente definendo il parametro JCS (*Joint Wall Compressive Strenght*), determinato mediante l’esecuzione di tests con Martello di Schmidt o con tests sclerometrici opportunamente elaborati.

Le prove sono state effettuate sulle fratture che permettono il corretto posizionamento dello strumento.

- Persistenza ; lunghezza della traccia di ogni superficie di discontinuità in esposizione: tale caratteristica è anche detta estensione. Essa è stata definita mediante la sigla che, secondo lo schema seguente, caratterizza le estremità del giunto:

tipo x : il giunto è molto persistente e si estende oltre il campo visivo; esso viene definito “*sistematico*”

tipo d : il giunto si interrompe all’intersezione con un’altra discontinuità; esso viene definito “*sub-sistematico*”

tipo r : il giunto termina in roccia; esso viene definito “*non sistematico*”

tipo rx : il giunto termina in roccia ad un'estremità e continua oltre il campo visivo all'altra estremità; esso viene considerato a comportamento “*non sistematico*”.