




Impianto "PESCOAGANO"

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità

Comune di Pescopagano (PZ)

COMMITTENTE		COORDINAMENTO / MANDANTE		GEOLOGIA / MANDATARIA		
						
TITOLO ELABORATO				SCALA		
RILIEVI GEOMECCANICI (Allegato 9)				COMMESSA	1295	
				CODIFICA DOCUMENTO	1295-A-GE-D-12-0	
4						
3						
2						
1						
0	PROGETTO PRELIMINARE	07/05/2021	07/05/2021			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Questo disegno non può essere riprodotto, nè utilizzato altrove, nè ceduto a terzi in tutto o in parte senza il consenso scritto degli autori



Sommario

- 1 Premessa
- 2 Rilievo geomeccanico
 - 2.1 Introduzione
 - 2.2 Schede tecniche del rilievo geomeccanico e delle discontinuità
 - 2.2.1 Scanline 1
 - 2.2.2 Scanline 2
 - 2.2.3 Scanline 3
 - 2.2.4 Scanline 4
- 3 Caratterizzazione dell'ammasso roccioso
 - 3.1 Introduzione
 - 3.2 RQD (Rock Quality Designation)
 - 3.3 "RMR '89" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1989))
 - 3.4 Criterio di rottura della roccia

ALLEGATI :

- 1) Schede rilievo geomeccanico e documentazione fotografica
- 2) Point Load Test



1 Premessa

Nel presente elaborato si presentano i risultati del rilievo geomeccanico eseguito nell'ambito degli studi geologici e geotecnici propedeutici alla progettazione dell'impianto idroelettrico Saetta, in territorio di Pescopagano. L'attività di rilevamento è avvenuta su 4 linee di stazionamento, come meglio descritto nel seguito, avvalendosi sia di misure eseguite in proprio, sia di prove point load test eseguite su frammenti di roccia provenienti dagli affioramenti lapidei nei 4 punti di stazionamento ed eseguite presso il laboratorio Labor Geo di Matera. L'indagine è stata condotta in stretta collaborazione con i tecnici rilevatori di Terralab di Potenza.

I rilievi geomeccanici hanno interessato l'area di affioramento del Flysch Rosso, ad est di Pescopagano, nel bacino idrografico del torrente Ficocchia. In particolare, sono stati scelti 4 punti di misura, corrispondenti ad alcuni affioramenti del membro calcareo-marnoso della formazione geologica, costituiti da alternanze di calcareniti, calcilutiti e brecce calcaree, in strati e banchi di spessore pluridecimetrico. Il contesto geologico-strutturale è complesso e articolato, con presenza di strutture tettoniche che dissecano le formazioni geologiche affioranti. Alla scala di affioramento, i calcari si presentano intensamente fratturati, con diversi set di discontinuità e abbondante presenza di calcite, e localmente con evidenza di fasce cataclastiche.

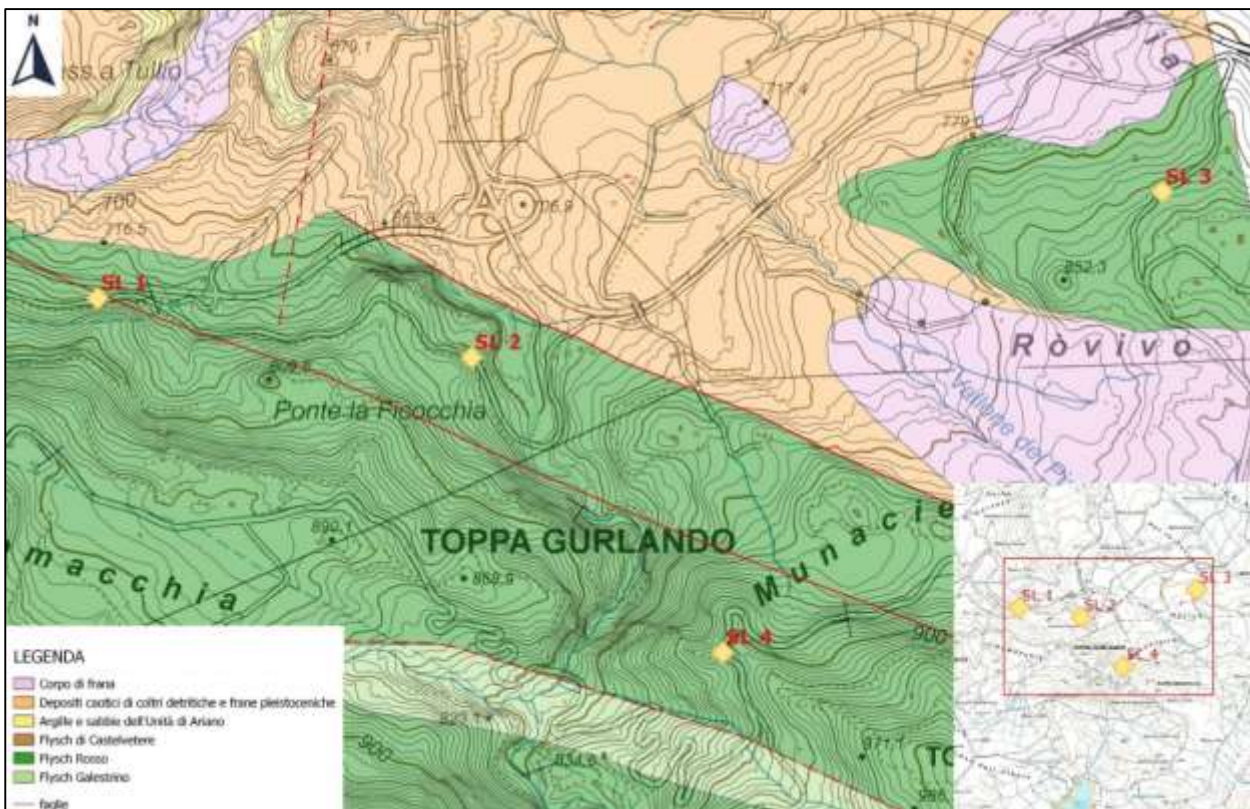


Figura 1. Cartografia con ubicazione delle stazioni di misura sulla base geologica.



2 Rilievo geomeccanico

2.1 Introduzione

Un ammasso roccioso può essere descritto attraverso le caratteristiche della roccia integra e delle discontinuità che la dissecano. Infatti, le discontinuità presenti in un ammasso roccioso, condizionano in modo più o meno evidente il comportamento meccanico dell'ammasso stesso. Per caratterizzare il modello geotecnico dell'ammasso verranno descritte le caratteristiche delle discontinuità considerando: orientazione e giacitura; apertura; spaziatura; persistenza; rugosità e riempimento delle discontinuità.

La fase di elaborazione dei dati ottenuti ha lo scopo di definire le principali famiglie di discontinuità presenti nell'affioramento e di attribuire a ciascuna di esse i valori rappresentativi per la loro caratterizzazione.

La maggior parte dei parametri misurati vengono definiti lungo una linea di misura (scanline), indicando opportunamente la distanza progressiva della discontinuità dal punto zero sullo stendimento di misura.

I valori delle giaciture dei sistemi di discontinuità sono rilevati con una bussola da geologo. La procedura consiste nella misura del valore d'immersione e nella corrispondente inclinazione della linea di massima pendenza della discontinuità.

In fase di rilevamento sono stati presi in considerazione tutti i sistemi presenti. Avendo a disposizione molti dati è indispensabile una rappresentazione che permetta di visualizzarli contemporaneamente. Riportando in proiezione stereografica i poli delle discontinuità dei differenti piani e contornando le linee di ugual densità (contour dei punti), dallo stereogramma si possono ricavare le giaciture dei sistemi principali dei giunti. Per una rappresentazione tridimensionale delle giaciture dei piani delle discontinuità è invece necessario usare una proiezione stereografica.

L'apertura tra le pareti della discontinuità è stata misurata perpendicolarmente alle stesse. In base alle misure effettuate le aperture al di sotto dei 0.5 mm sono state considerate chiuse, per le discontinuità maggiori sono stati espressi i valori. Per tutti i tipi di discontinuità è di grande interesse caratterizzare la tipologia del materiale di riempimento, infatti, la resistenza meccanica dell'ammasso dipende anche dalle caratteristiche di tale materiale.

Per la misura del valore della rugosità sulla superficie della discontinuità, è stato utilizzato il "Pettine di Barton" costituito da dentini metallici indipendenti che si adattano alla rugosità dei giunti e ne riproducono il profilo. Il profilo determinato è stato confrontato con le classi di scabrezza le quali permettono di classificare il parametro adimensionale (Joint Roughness Coefficient - JRC - ISRM, 1978) che esprime quantitativamente l'entità dell'asperità. Le classi principali si dividono in segmentata, ondulata e piana. Ogni classe comprende tre sottoclassi che classificano ciascuna superficie in rugosa, liscia e levigata corrispondenti a numeri romani progressivi da I a IX.

La persistenza della discontinuità rappresenta l'estensione areale o la dimensione di una



discontinuità entro un piano. Tale valore è utile per dare una misura grossolana dell'estensione areale e della profondità di penetrazione di una discontinuità. Il valore delle lunghezze delle tracce misurate per ogni sistema è stato descritto in base al seguente schema: persistenza molto bassa minore di 1 metro; persistenza bassa tra 1-3 metri; persistenza media tra 3-10 metri; persistenza alta tra 10-20 metri, persistenza molto alta per discontinuità maggiori di 20 metri.

La resistenza a compressione del materiale che caratterizza le pareti delle discontinuità, è stata misurata mediante prove eseguite con il Martello di Schmidt (sclerometro).

Lo sclerometro consiste di una massa calibrata spinta contro una superficie mediante una molla. Il valore del rimbalzo della massa viene misurato per mezzo di un ago scorrevole.

La superficie è stata saggiata varie volte, sono stati eseguiti 20 rimbalzi scartando i 5 valori più bassi ed i 5 più alti e mediando i valori rimanenti.

Nel caso specifico è stato utilizzato il modello tipo L della GEOHAMMER conforme agli standard (ISO/DIS 8045; EN 12 504-2; ASTM D5873-14) per materiale in roccia, avente un'energia d'impatto di 0,735 Nm e con un range di misura di 10-200 N/mm². Nel calcolo dei valori del rimbalzo sono state apportate le correzioni prendendo in considerazione l'orientamento del martello sulle superfici saggiate. In ogni caso, le misure sono state eseguite applicando lo sclerometro in direzione perpendicolare alla superficie della discontinuità. La superficie è stata saggiata diverse volte, sono stati eseguiti 20 rimbalzi per ogni punto di misura.

Preliminarmente al rilievo geomeccanico sono stati delimitati i domini di roccia su cui effettuare la scanline valutando l'altezza e la lunghezza dell'affioramento e naturalmente la giacitura del versante.

Sono stati oggetto del rilievo di dettaglio 4 stendimenti (scanline) di lunghezza variabile dai 2,20 ai 10 metri. Le scanline sono state tutte orientate parallelamente al versante, ed ortogonalmente ai piani di discontinuità che, nel caso in esame, sono rappresentati da joint (J), piani di faglia (F) e superfici di strato (S).



2.2 Schede tecniche del rilievo geomeccanico e delle discontinuità

La distribuzione statistica di punti in una proiezione stereografica (linee o poli di piani) è più facilmente rappresentabile facendo uso di linee che individuano aree al cui interno la densità dei punti è costante. I metodi per calcolare la densità dei punti in uno stereogramma si basano sul calcolo del numero di punti che ricadono all'interno di un'area campione. I dati vengono rappresentati mediante linee di uguale percentuale (contouring).

Tutti i dati di dettaglio rilevati lungo le linee di misura (scanlines) sono stati raccolti in apposite schede (Allegato 1), utili sia per l'archiviazione, sia per la rappresentazione delle informazioni. Tali schede sono state organizzate in tre diverse sezioni relative, rispettivamente, alle informazioni della scanline, delle discontinuità e delle misure con il martello di Schmidt.

Nelle informazioni di carattere generale, sezione 1, sono compresi i dati identificativi del rilievo e la sua localizzazione; è specificato il numero di postazioni sulle quali sono state eseguite le prove con il martello di Schmidt. Oltre alla caratterizzazione della scanline e del tratto di pendio oggetto del rilievo geomeccanico, sono indicate anche eventuali osservazioni di carattere geologico e/o geomorfologico.

Nella seconda sezione sono riportati, per ciascuna discontinuità individuata lungo la scanline, i parametri principali (tipo di discontinuità, immersione, inclinazione, apertura, riempimento, rugosità e persistenza).

L'ultima sezione è dedicata alle misure effettuate con il martello di Schmidt le cui specifiche sono ampiamente descritte nel paragrafo introduttivo.

Le informazioni raccolte nelle schede sono funzionali alle successive elaborazioni per la definizione del comportamento meccanico dell'ammasso roccioso.

La classificazione di fronti rocciosi, secondo le metodologie usate maggiormente in campo geo-meccanico, ricavando per gli ammassi stessi il corrispondente indice di qualità, è stata eseguita con il software IS-GeoRocce di CDM DOLMEN e Omnia IS Srl. Inoltre è possibile la visualizzazione su stereogramma polare della giacitura delle discontinuità rilevate sul fronte con relativa rappresentazione della percentuale di densità dei poli.

2.2.1 Scanline 1

La scanline 1 è orientata E-W, ha una lunghezza di 6 metri ed è stata eseguita su una porzione di versante orientata 350/80 (immersione/inclinazione). La roccia affiorante è costituita da calcareniti grigie e rosa nelle porzioni alterate, con stratificazione variabile da 8 a 40 cm. Sono presenti vene millimetriche riempite da calcite. Le discontinuità riconosciute sono maggiormente rappresentate da joints.

Sono stati inseriti i seguenti piani di giacitura del fronte roccioso con i rispettivi valori di Dip e Dip-direction:



Indice	Nome Piano (J = joint; F = faglia; S = stratificazione)	Dip	Dip-direction
1	J	78	300
2	J	50	90
3	J	65	18
4	J	70	30
5	S	30	200
6	F	80	280
7	J	60	280
8	J	88	290
9	J	85	300
10	J	80	285
11	J	80	200
12	J	80	70
13	J	82	2
14	J	70	110
15	F	80	250
16	J	80	290
17	J	65	270
18	J	80	270
19	J	80	270
20	J	80	270
21	J	60	200

Fronte della scanline: dip (inclinazione) = 80 ; dipdir (immersione) = 350

Per questa stazione di misura sono riportate di seguito le principali famiglie di discontinuità individuate, con l'indicazione delle principali caratteristiche.

<i>Famiglia</i>	<i>Range (Dir Imm.)</i>	<i>n. misure</i>	<i>Media spaziatura (cm)</i>
1	2 – 30	3	25
2	270 – 300	11	28.1
3	70 – 110	3	15
4	200	3	45

Attraverso l'analisi delle spaziature medie è possibile anche una stima delle dimensioni medie dei blocchi rocciosi, corrispondente ad un valore l_b di 28,3 cm.

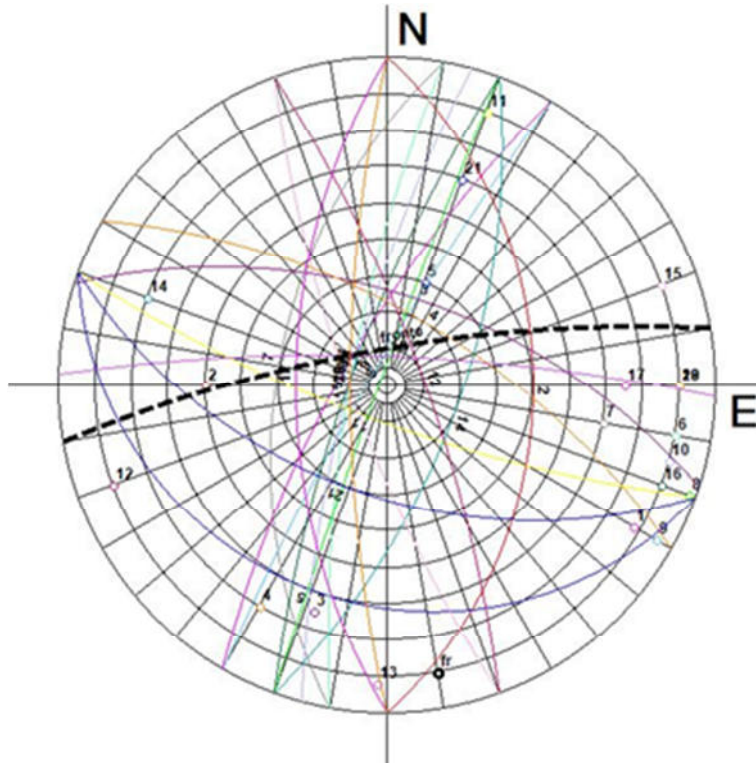


Figura 2. Stereogramma polare con piani e poli.

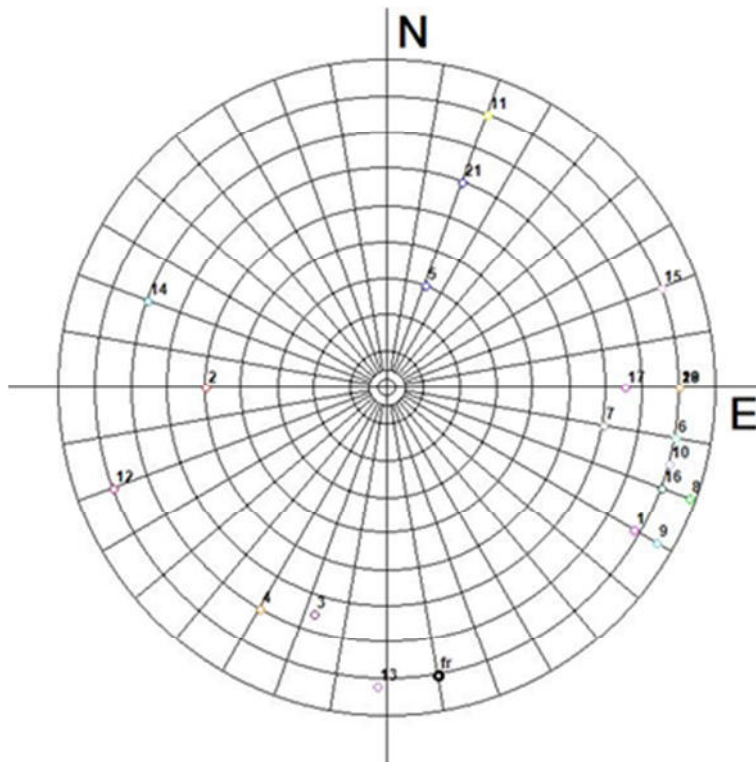


Figura 3. Stereogramma polare con poli.

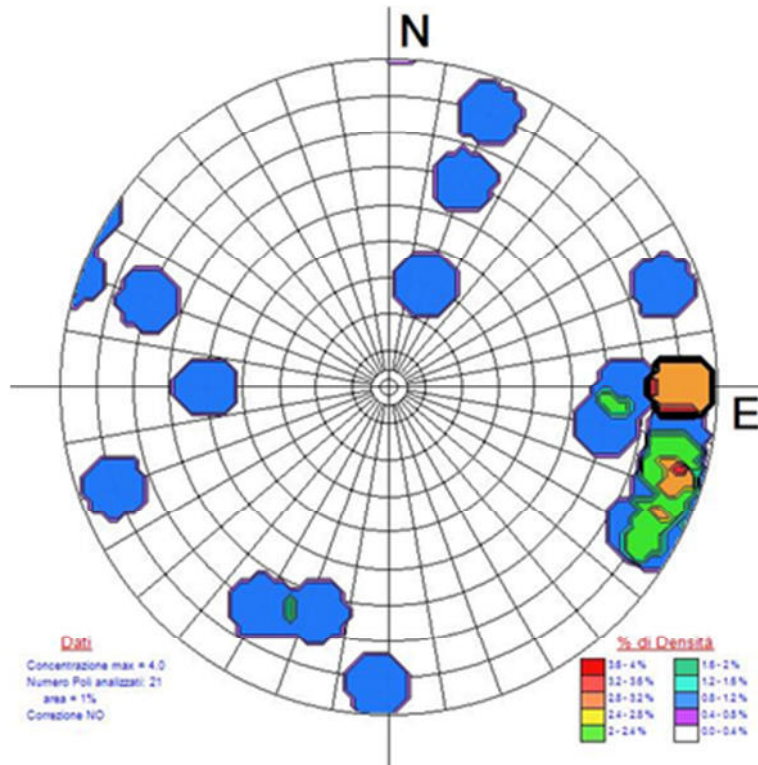


Figura 4. Rappresentazione poli in % di densità.

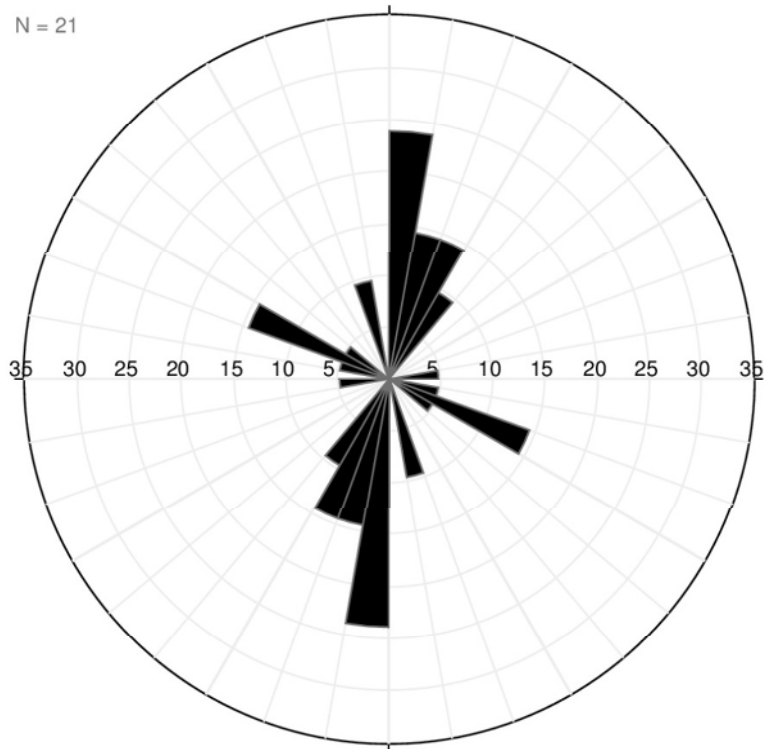


Figura 5. Rose diagram



2.2.2 Scanline 2

La scanline 2 è orientata E-W, ha una lunghezza di 2,20 metri ed è stata eseguita su una porzione di versante orientata 20/70 (immersione/inclinazione). La roccia affiorante è costituita da calcareniti stratificate di colore variabile da grigio a marroncino, intensamente fratturate e con vene di calcite. Le discontinuità riconosciute sono rappresentate da joint.

Di seguito i piani di giacitura del fronte roccioso con i rispettivi valori di Dip e Dip-direction:

Indice	Nome Piano (J = joint; F = faglia; S = stratificazione)	Dip	Dip-direction
1	J	80	100
2	J	70	100
3	J	60	90
4	J	60	105
5	J	84	5
6	J	70	60
7	J	55	130
8	J	70	20
9	J	80	340
10	J	85	70
11	J	65	330

Fronte: dip (inclinazione) = 70 ; dipdir (immersione) = 20

Per questa stazione di misura sono riportate di seguito le principali famiglie di discontinuità individuate, con l'indicazione delle principali caratteristiche.

Famiglia	Range (Dir Imm.)	n. misure	Media spaziatura (cm)
1	5 – 20	2	25
2	60 – 70	2	42.5
3	90 – 130	5	29
4	330 – 340	2	20

Attraverso l'analisi delle spaziature medie è possibile anche una stima delle dimensioni medie dei blocchi rocciosi, corrispondente ad un valore I_b di 29,1 cm.

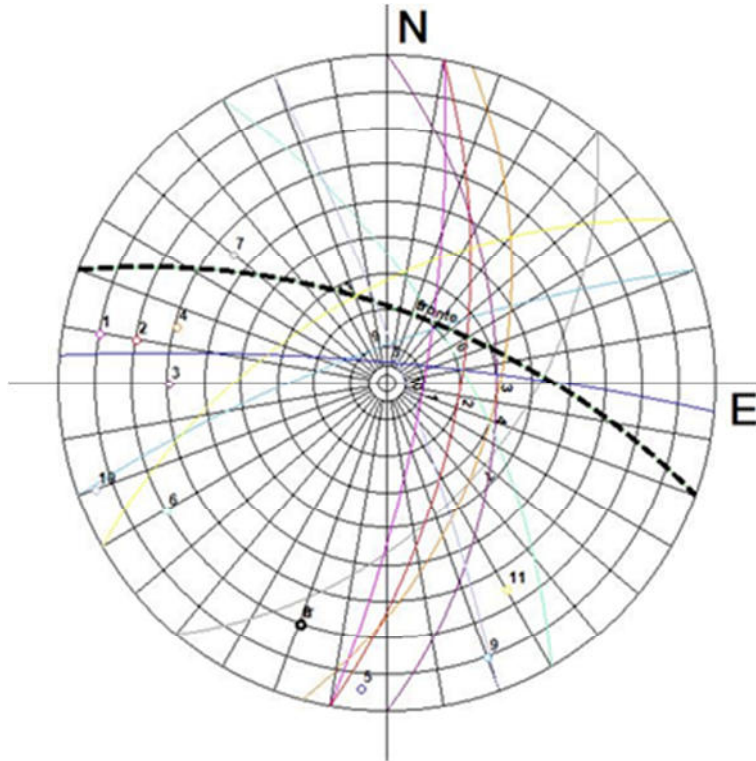


Figura 6. Stereogramma polare con piani e poli.

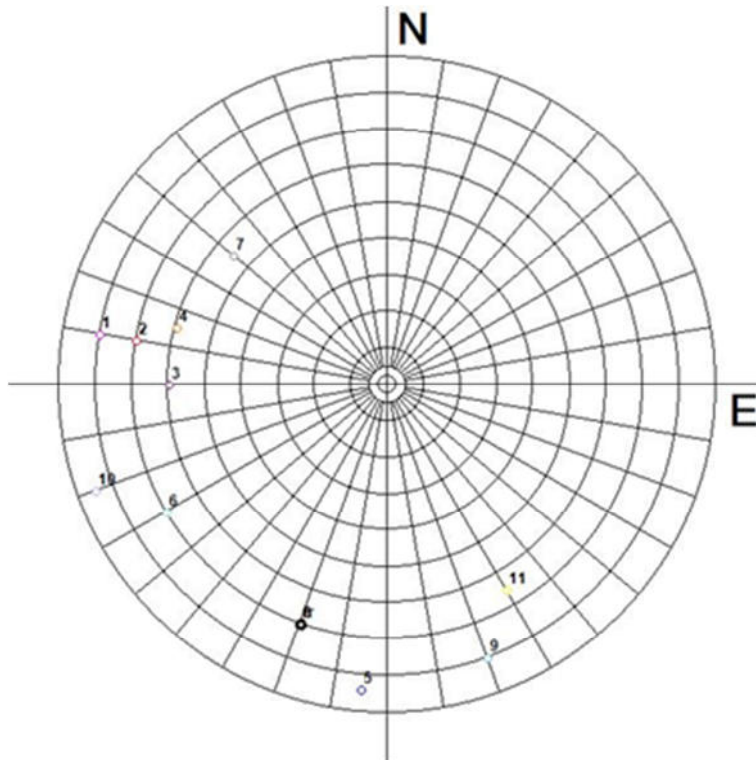


Figura 7. Stereogramma polare con poli.

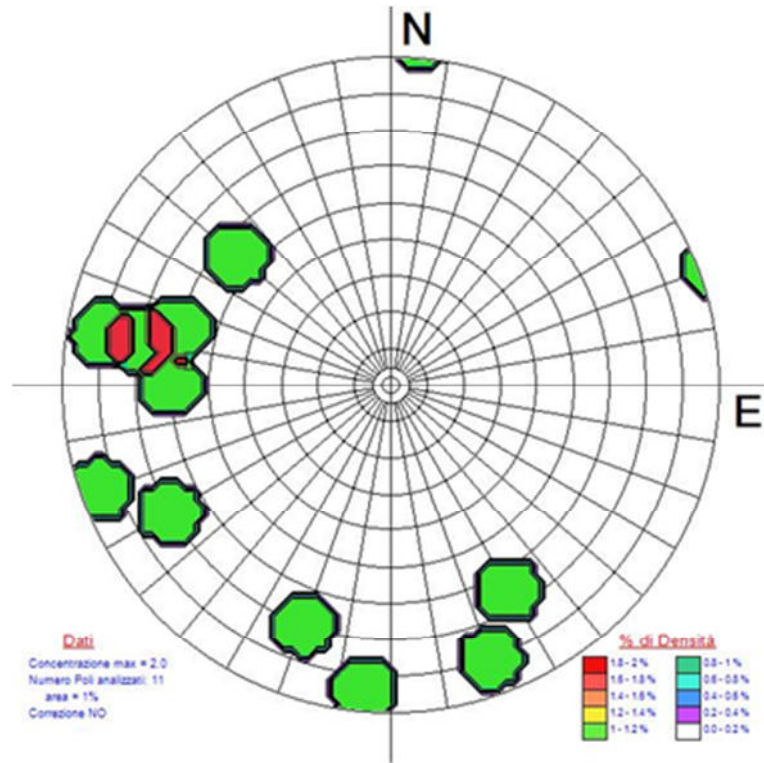


Figura 8. Rappresentazione poli in % di densità.

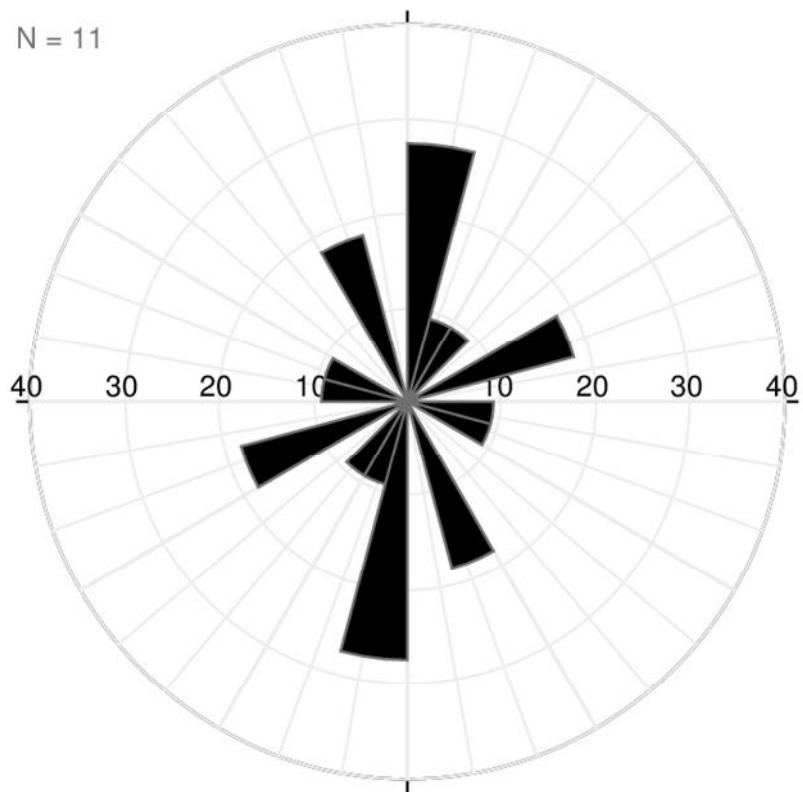


Figura 9. Rose diagram



2.2.3 Scanline 3

La scanline 3 è orientata NE-SW, ha una lunghezza di 8 metri ed è stata eseguita su una porzione di versante orientata 300/60 (immersione/inclinazione). Le rocce affioranti sono rappresentate da calcilutiti. Le discontinuità riconosciute sono rappresentate da joint e faglie.

Di seguito i piani di giacitura del fronte roccioso con i rispettivi valori di Dip e Dip-direction:

Indice	Nome Piano (J = joint; F = faglia; S = stratificazione)	Dip	Dip-direction
1	J	85	250
2	J	60	40
3	J	80	250
4	J	80	255
5	J	70	200
6	J	60	50
7	J	80	225
8	J	80	35
9	J	70	65
10	J	80	240
11	J	40	140
12	J	80	215
13	J	70	220
14	J	50	30
15	F	60	205
16	F	60	205
17	J	60	200
18	J	85	30
19	J	60	90
20	J	70	220
21	J	50	300
22	J	50	65
Fronte: dip (inclinazione) = 60 ; dipdir (immersione) = 300			

Per questa stazione di misura sono riportate di seguito le principali famiglie di discontinuità individuate, con l'indicazione delle principali caratteristiche.

Famiglia	Range (Dir Imm.)	n. misure	Media spaziatura (cm)
1	30 – 65	7	34.9
2	90 – 140	2	22.5
3	200 – 255	12	29.4

Attraverso l'analisi delle spaziature medie è possibile anche una stima delle dimensioni medie dei blocchi rocciosi, corrispondente ad un valore l_b di 28,9 cm.

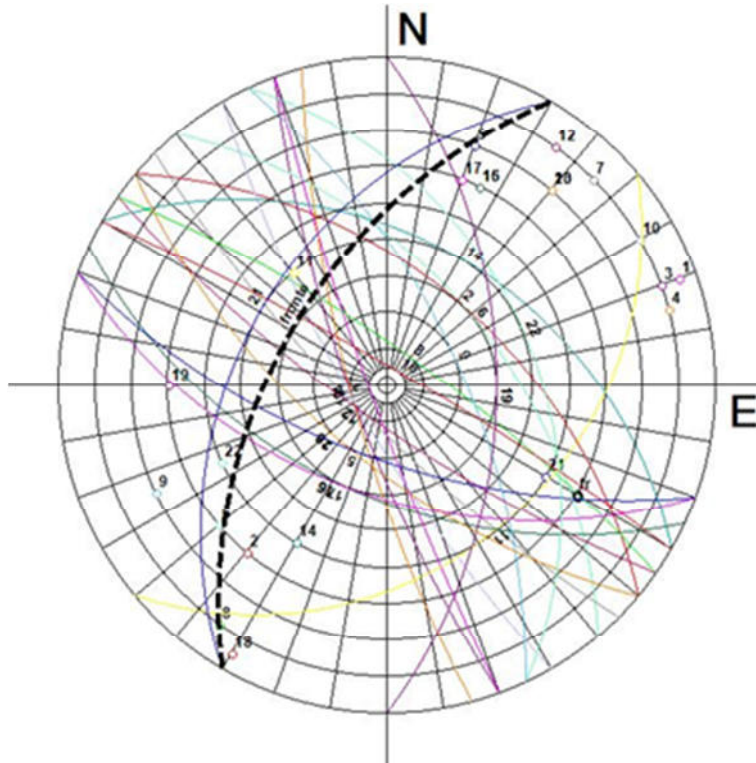


Figura 10. Stereogramma polare con piani e poli.

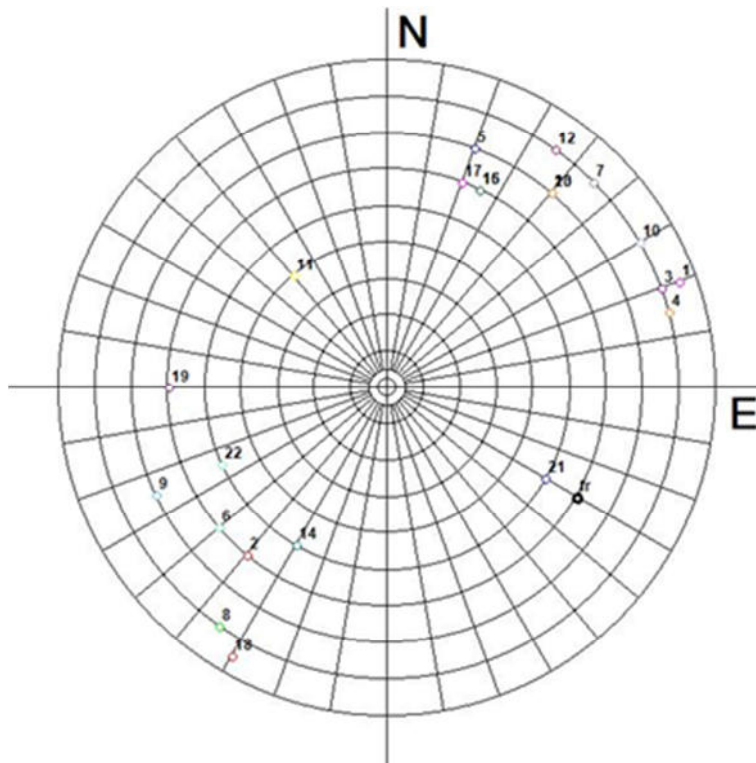


Figura 11. Stereogramma polare con poli.

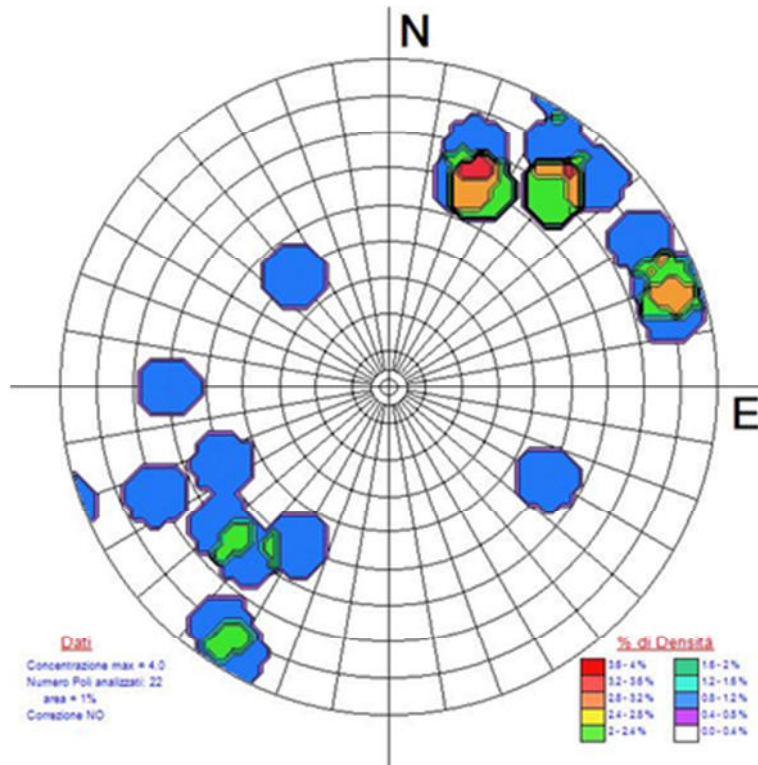


Figura 12. Rappresentazione poli in % di densità.

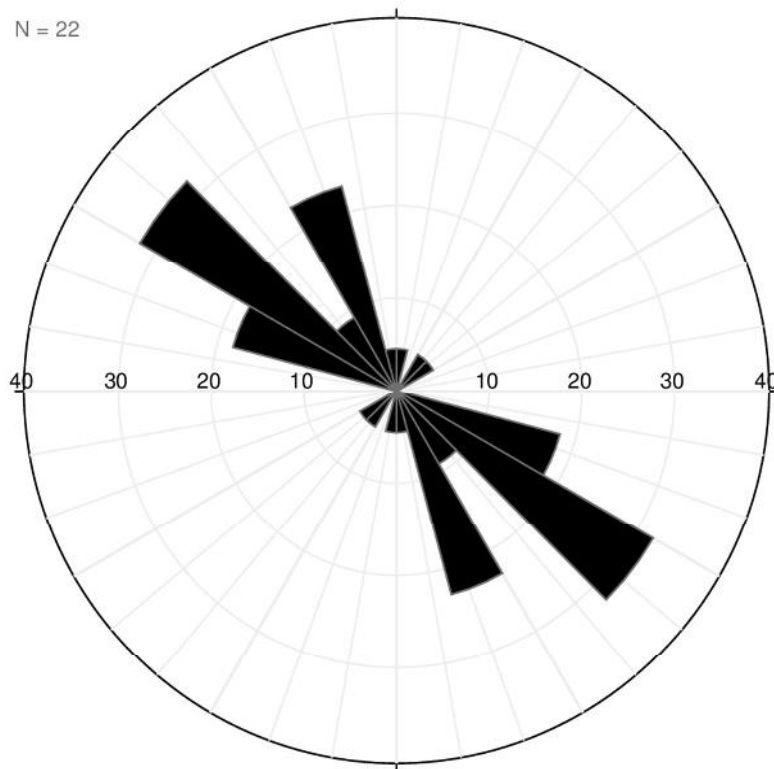


Figura 13. Rose diagram



2.2.4 Scanline 4

La scanline 4 è orientata NW-SE, ha una lunghezza di 10 metri ed è stata eseguita su una porzione di versante orientata 240/85 (immersione/inclinazione). Le rocce affioranti sono costituite da calcilutiti e brecce. Le discontinuità riconosciute sono rappresentate da joint e faglie.

Di seguito i piani di giacitura del fronte roccioso con i rispettivi valori di Dip e Dip-direction:

Indice	Nome Piano (J = joint; F = faglia; S = stratificazione)	Dip	Dip-direction
1	F	70	240
2	F	80	220
3	F	80	235
4	J	40	10
5	J	40	355
6	J	50	50
7	J	55	290
8	J	50	320
9	J	40	305
10	J	40	345
11	J	80	150
12	J	70	120
13	F	85	240
14	J	50	100
15	J	70	210
16	J	85	180
17	F	60	280
18	J	70	355
19	J	60	350
20	J	70	285
21	J	40	215
22	J	60	300
23	J	40	330
24	J	20	180
25	J	50	320
26	J	45	160

Fronte: dip (inclinazione) = 85 ; dipdir (immersione) = 240

Per questa stazione di misura sono riportate di seguito le principali famiglie di discontinuità individuate, con l'indicazione delle principali caratteristiche.

Famiglia	Range (Dir Imm.)	n. misure	Media spaziatura (cm)
1	100 – 120	2	21.5
2	150 – 180	4	25.3
3	210 – 240	6	20
4	280 – 305	5	25
5	320 – 355	7	17

Attraverso l'analisi delle spaziature medie è possibile anche una stima delle dimensioni medie dei blocchi



rocciosi, corrispondente ad un valore I_B di 21,8 cm.

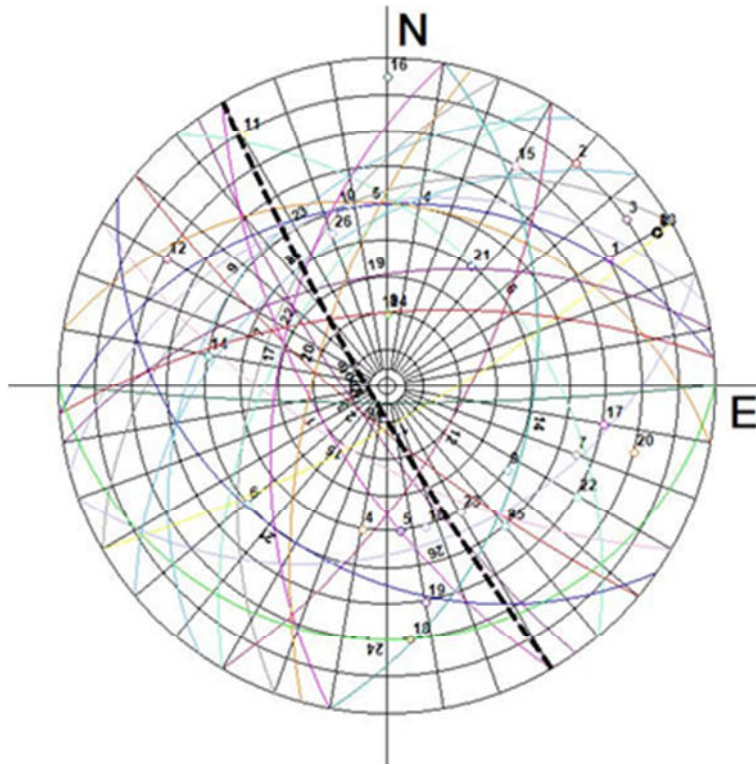


Figura 14. Stereogramma polare con piani e poli.

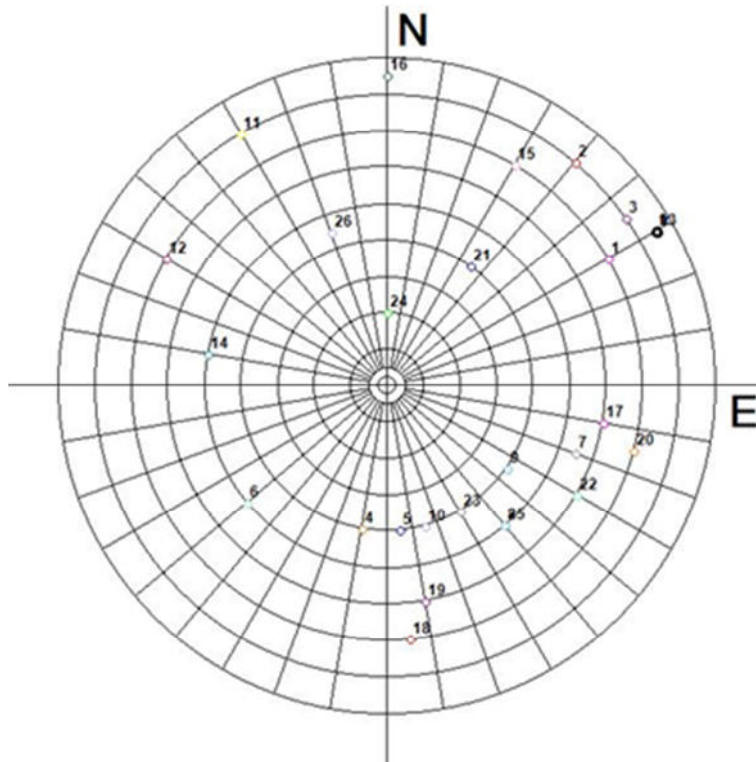


Figura 15. Stereogramma polare con poli.

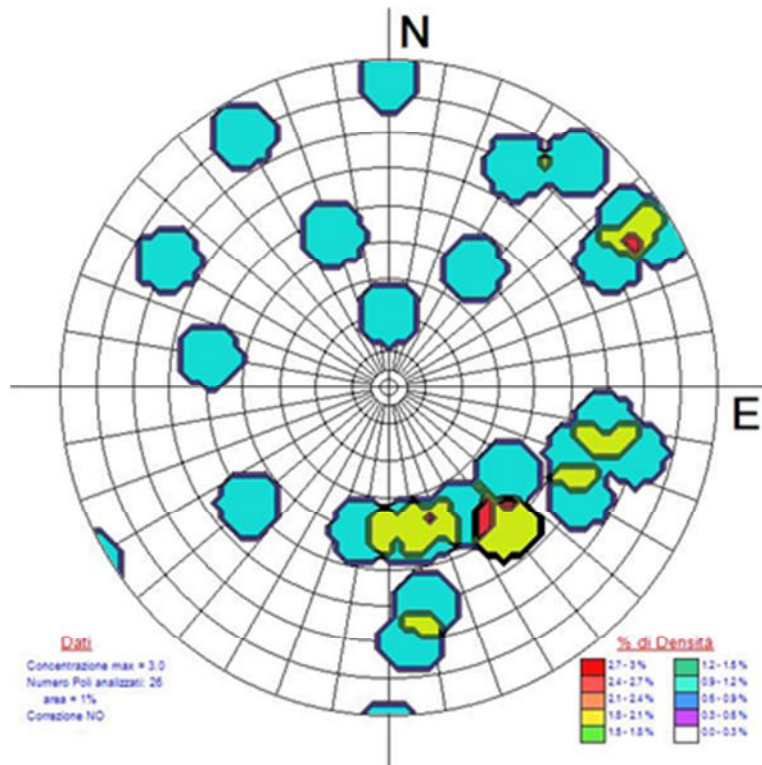


Figura 16. Rappresentazione poli in % di densità.

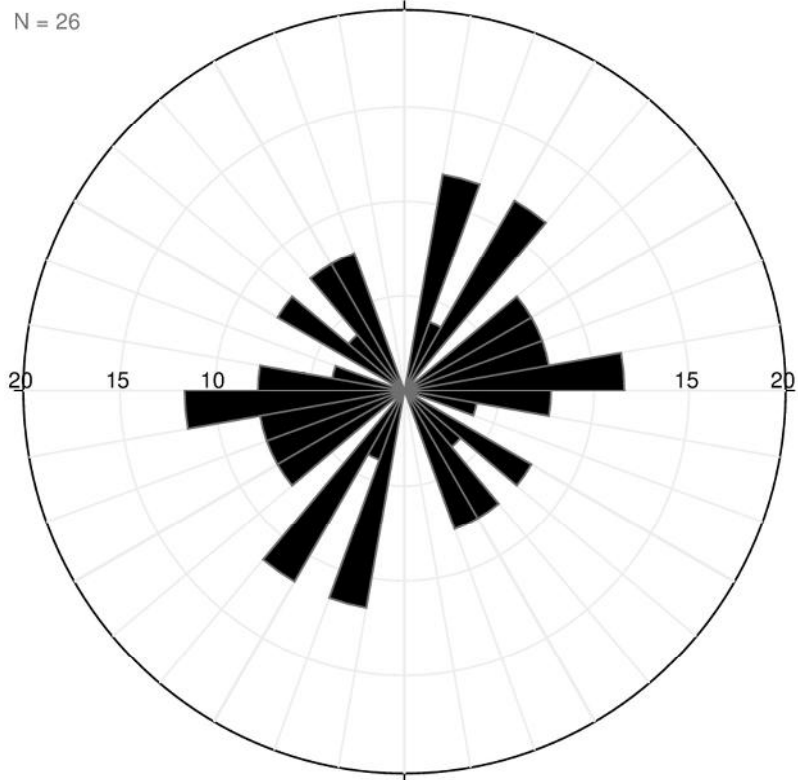


Figura 17. Rose diagram



3 Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

3.1 Introduzione

Gli indici di qualità degli ammassi sono parametri che consentono di valutare le principali caratteristiche dell'ammasso roccioso, in termini qualitativi e quantitativi. Per la classificazione di un ammasso roccioso sono disponibili numerosi metodi che si basano su dati di laboratorio raccolti esaminando campioni di roccia estratti dall'ammasso in esame e su misure raccolte direttamente in sito dall'operatore.

Utilizzando i dati del rilievo, nel nostro caso sono state eseguite le classificazioni riportate dei paragrafi successivi.

3.2 RQD (Rock Quality Designation)

Il grado di fratturazione dell'ammasso può essere stimato attraverso il calcolo dell'indice RQD (Rock Quality Designation) attraverso la formula:

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

dove:

L_c = lunghezze dei segmenti di roccia integra maggiori di 10 cm

L_t = lunghezza della linea di scansione

Su un ammasso roccioso, l'RQD può ricavarsi anche dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. L'indice RQD varia dallo 0% (ammasso roccioso estremamente fratturato) al 100% (ammasso roccioso poco fratturato) e su questa base è possibile effettuare una prima classificazione della qualità dell'ammasso (Tabella 1).

RQD (%)	Qualità dell'ammasso
< 25	molto scadente
25 - 50	scadente
50 - 75	mediocre
75 - 90	buona
90 - 100	molto buona

Tabella 2: Classificazione della qualità dell'ammasso in base all'RQD.

In corrispondenza dei 4 affioramenti rocciosi esaminati, sono state effettuate più misure di RQD, dalla cui media sono stati valutati gli indici rappresentativi per ciascuna stazione di misura, riportati di seguito:

SL1 : 73,25%

SL2 : 65,3%

SL3 : 76,4%

SL4 : 68,5%



3.3 "RMR '89" (Rock Mass Rating, Bieniawsky (1989))

In questa classificazione sono stati presi in considerazione diversi parametri determinati secondo metodi standard. Più in particolare l'indice RMR (Rock Mass Rating) o di Bieniawski prende in considerazione cinque proprietà:

P1: resistenza alla compressione uniassiale della roccia intatta

P2: indice RQD);

P3: spaziatura delle discontinuità;

P4: tipo e condizioni delle discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiali di riempimento);

P5: condizioni idrauliche delle discontinuità

P6: orientazione delle discontinuità.

Ad ogni valore o stima su ognuno dei parametri definiti corrisponde un coefficiente numerico, un parametro (rating) che contribuisce alla definizione per somme dell'indice RMR (Rock Mass Rating).

In particolare, l'RMR ricavato viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = P1 + P2 + P3 + P4 + P5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5) + P6$$

Viene così attribuita la relativa classe di appartenenza, precisamente cinque classi di roccia: I, II, III, IV, V definibili rispettivamente come ottima, buona, discreta, scadente e molto scadente (Tabella 2).

RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Classe	V	IV	III	II	I
Qualità	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima

Tabella 2: Classificazione geomeccanica RMR e classi di qualità.

Nella presente analisi, non essendo definibile la correlazione tra la giacitura delle discontinuità ed uno specifico problema geomeccanico, non è stato valutato il parametro P6 e, di conseguenza, l'indice RMR corretto.

Dal valore di RMR_b è possibile derivare i parametri caratteristici dell'ammasso che, secondo Bieniawsky, assumono il valore:

$$\text{coesione } c \text{ (KPa)} = 5 \text{ RMR}_b$$

$$\text{angolo di attrito } \phi = 0,5 \text{ RMR}_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E = 2 \text{ RMR}_b - 100 \quad \text{per } \text{RMR}_b > 50$$

$$E = 10^{(\text{RMR}_b - 10) / 40} \quad \text{per } \text{RMR}_b < 50$$

Per ciascuna scanline sono state ricavate le seguenti classificazioni:

**Scanline 1**

Parametri ricavati dai dati inseriti		
	Rating	Valore di provenienza
P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta)	1.4	Sigma c = 4.89 MPa
P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation))	14.4	RQD = 73,25 %
P3 (Spaziatura delle discontinuità)	8.8	Spaziatura = 0.3 m
P4 (Condizioni delle discontinuità)	12	v1 (- persistenza : 3 ÷ 10 m) : 2 v2 (- apertura : > 5 mm) : 0 v3 (- rugosità : Rugosa) : 5 v4 (- alterazione : Leggermente alterate) : 5 v5 (- riempimento : Soffice (> 5 mm)) : 0
P5 (Venute d'acqua):	15	nessuna
P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo):	n.d.	

RMR_a (asciutto) = 37

RMR_b (di base) = 52

Dall'indice RMR_b sono stati calcolati:

$c = 260.00$ [kPa]

$\phi = 31.00$ [°]

**Scanline 2**

Parametri ricavati dai dati inseriti		
	Rating	Valore di provenienza
P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta)	1.5	Sigma c = 5.91 MPa
P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation))	12.9	RQD = 65.3 %
P3 (Spaziatura delle discontinuità)	8.9	Spaziatura = 0.3 m
P4 (Condizioni delle discontinuità)	12	v1 (- persistenza : 3 ÷ 10 m) : 2 v2 (- apertura : > 5 mm) : 0 v3 (- rugosità : Rugosa) : 5 v4 (- alterazione : Leggermente alterate) : 5 v5 (- riempimento : Soffice (> 5 mm)) : 0
P5 (Venute d'acqua):	15	nessuna
P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo):	n.d.	

RMR_a (asciutto) = 35

RMR_b (di base) = 50

Dall'indice RMR_b sono stati calcolati:

$c = 250.00$ [kPa]

$\phi = 30.00$ [°]

**Scanline 3**

Parametri ricavati dai dati inseriti		
	Rating	Valore di provenienza
P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta)	1.2	Sigma c = 2.2 MPa
P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation))	15	RQD = 76.4 %
P3 (Spaziatura delle discontinuità)	8.9	Spaziatura = 0.3 m
P4 (Condizioni delle discontinuità)	10	v1 (- persistenza : 3 ÷ 10 m) : 2 v2 (- apertura : > 5 mm) : 0 v3 (- rugosità : Rugosa) : 5 v4 (- alterazione : Mediamente alterate) : 3 v5 (- riempimento : Soffice (> 5 mm)) : 0
P5 (Venute d'acqua):	15	nessuna
P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo):	n.d.	

RMR_a (asciutto) = 35

RMR_b (di base) = 50

Dall'indice RMR_b sono stati calcolati:

$c = 250.00$ [kPa]

$\phi = 30.00$ [°]

**Scanline 4**

Parametri ricavati dai dati inseriti		
	Rating	Valore di provenienza
P1 (Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta)	1.7	Sigma c = 8.12 MPa
P2 (Indice di recupero percentuale modificato RQD (RockQualityDesignation))	13.5	RQD = 68.5 %
P3 (Spaziatura delle discontinuità)	8.2	Spaziatura = 0.2 m
P4 (Condizioni delle discontinuità)	7	v1 (- persistenza : 10 ÷ 20 m) : 1 v2 (- apertura : > 5 mm) : 0 v3 (- rugosità : Leggermente rugosa) : 3 v4 (- alterazione : Mediamente alterate) : 3 v5 (- riempimento : Soffice (> 5 mm)) : 0
P5 (Venute d'acqua):	15	nessuna
P6 (Effetti della giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo):	n.d.	

RMR_a (asciutto) = 30

RMR_b (di base) = 45

Dall'indice RMR_b sono stati calcolati:

$c = 225.00$ [kPa]

$\phi = 27.50$ [°]



3.4 Criterio di rottura della roccia

Fra i criteri di resistenza meccanica degli ammassi rocciosi, il cui comportamento può essere assimilato a quello di un mezzo omogeneo equivalente, lo studio delle caratteristiche geomeccaniche si rifà al modello proposto da Hoek-Brown (1980). Il criterio basandosi sulla teoria della rottura fragile, ipotizza il comportamento del mezzo a rottura in termini di tensioni principali effettive a rottura secondo la seguente equazione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^{0.5}$$

dove σ'_1 e σ'_3 sono rispettivamente le tensioni efficaci a rottura maggiore e minore, σ_{ci} rappresenta la resistenza alla compressione uniassiale del materiale roccioso, m e s sono delle costanti del materiale.

Per determinare la resistenza della roccia si è utilizzato il software ORMAS V1.0: Online Rock Mass Strength.. Attraverso l'utilizzo di questo software sono stati ottenuti due grafici che riguardano la resistenza del materiale. Per ogni grafico sono riportati le relazioni tra gli involucri di resistenza di Mohr-Coulomb e di Hoek-Brown e i relativi parametri del materiale calcolati.

Scanline 1

Input Parameters:

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 4.89 MPa
GSI = 55
 m_i = 10
Disturbance Factor (D) = 0.5
Intact Elastic Modulus (E_i) = 2200.5 MPa
Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 4.89 MPa

Application Type: Slope

σ_{3max} = 0.13181266913632778 MPa
Unit Weight = 0.02 MN/m³
Slope Depth = 8 m

Hoek-Brown Criterion:

m_b = 1.1732
s = 0.0025
a = 0.5040

Mohr-Coulomb Fit:

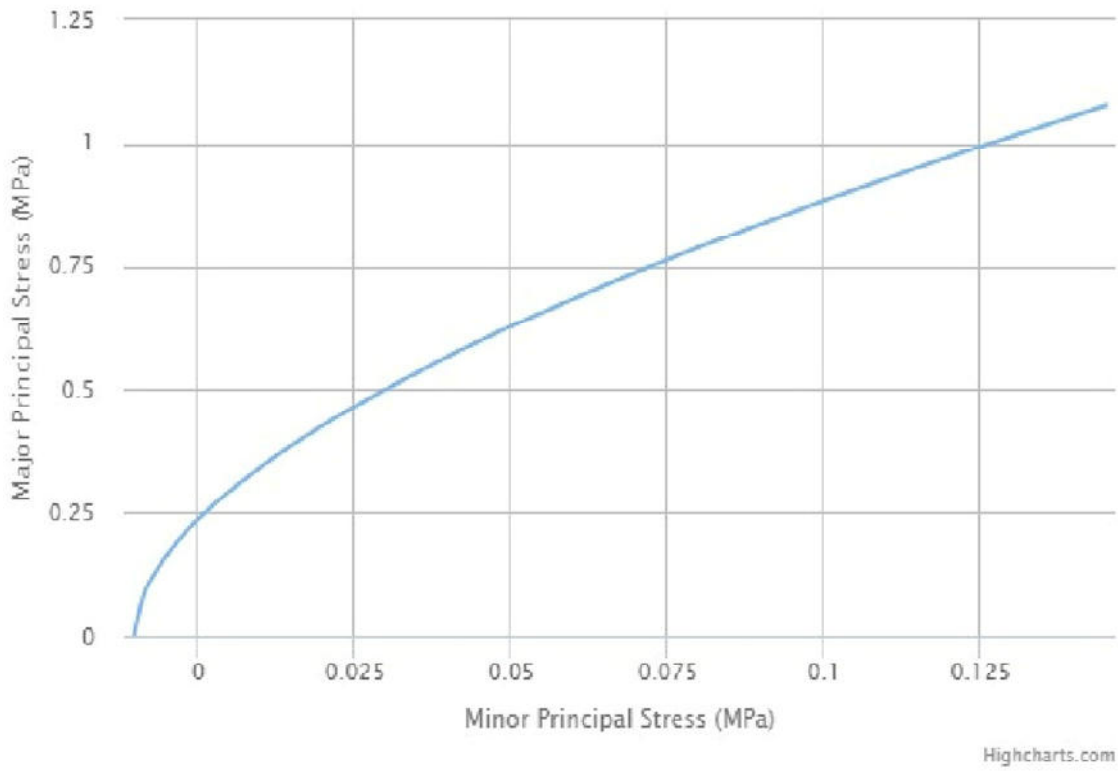
Cohesion (c) = 0.06 MPa
Friction Angle (ϕ) = 45.69 deg.

Rock Mass Parameters

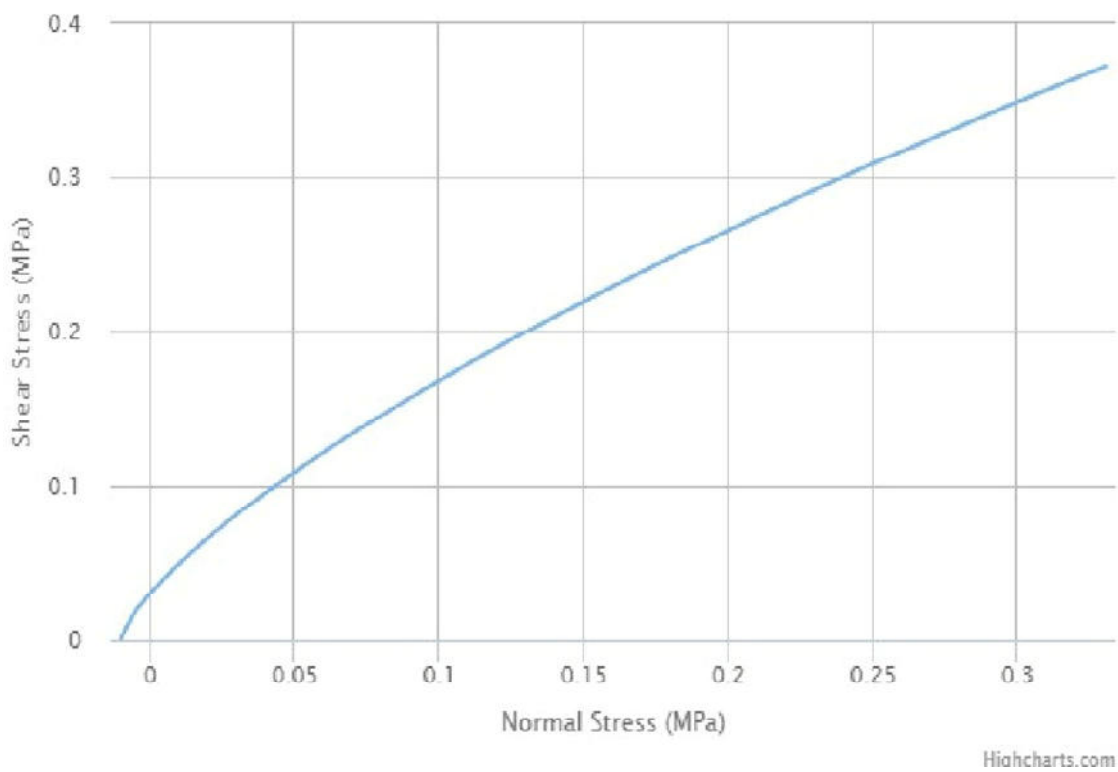
Tensile strength (σ_{gt}) = -0.0103 MPa
Uni. Comp. Strength (σ_{gc}) = 0.2376 MPa
Global Strength (σ_{gcm}) = 0.7148 MPa
Modulus of Deformation (E_{rm}) = 445.03 MPa



Major and Minor Principal Stresses



Shear and Normal Stresses





Scanline 2

Input Parameters:

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 6 MPa
GSI = 45
 m_i = 10
Disturbance Factor (D) = 0.5
Intact Elastic Modulus (E_i) = 2700 MPa
Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 6 MPa

Application Type: Slope

σ_{3max} = 0.0853917063231389 MPa
Unit Weight = 0.02 MN/m³
Slope Depth = 5 m

Hoek-Brown Criterion:

m_b = 0.7287
 s = 0.0007
 a = 0.5081

Mohr-Coulomb Fit:

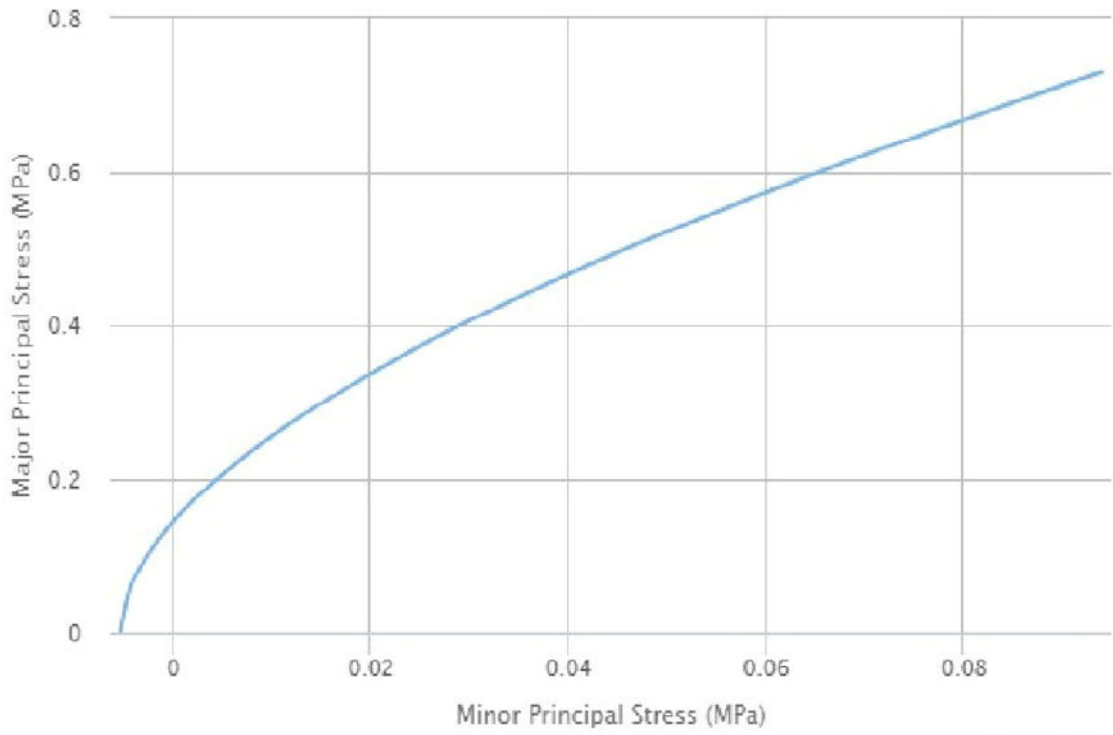
Cohesion (c) = 0.04 MPa
Friction Angle (ϕ) = 46.84 deg.

Rock Mass Parameters

Tensile strength (σ_{t}) = -0.0054 MPa
Uni. Comp. Strength (σ_{c}) = 0.1445 MPa
Global Strength (σ_{cm}) = 0.6655 MPa
Modulus of Deformation (E_{rm}) = 285.89 MPa

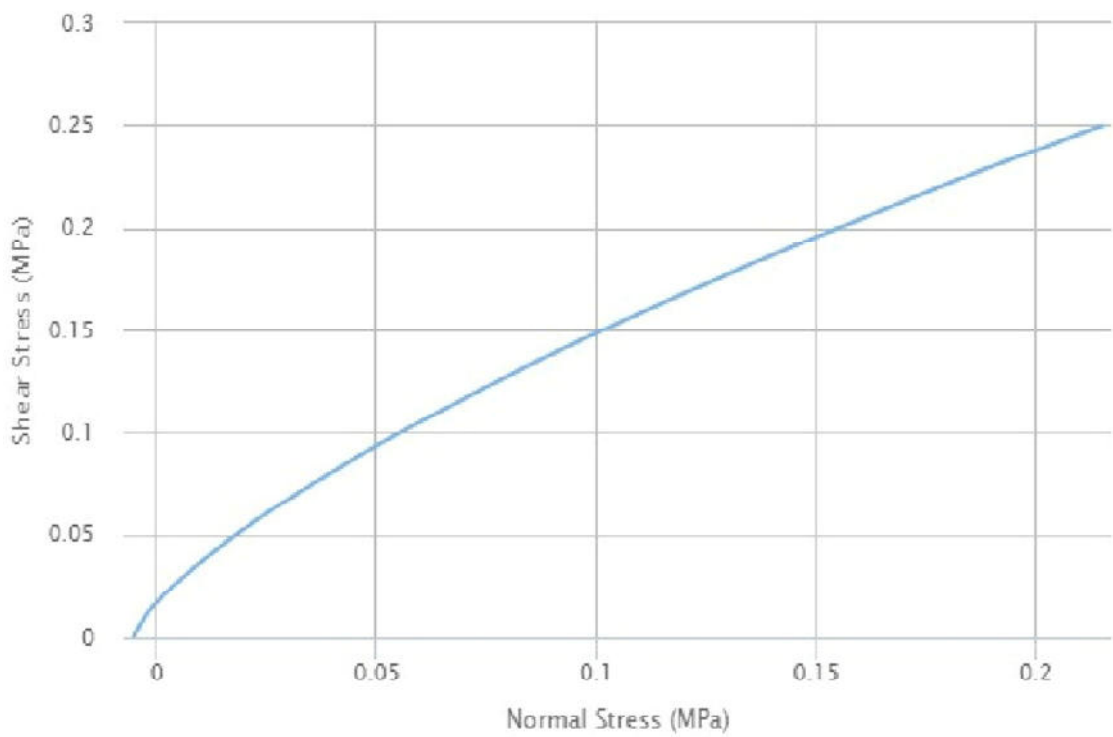


Major and Minor Principal Stresses



Highcharts.com

Shear and Normal Stresses



Highcharts.com



Scanline 3

Input Parameters:

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 2.2 MPa
GSI = 55
 m_i = 10
Disturbance Factor (D) = 0.5
Intact Elastic Modulus (E_i) = 990.0000000000001 MPa
Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 2.2 MPa

Application Type: Slope

σ_{3max} = 0.06528299978612069 MPa
Unit Weight = 0.02 MN/m³
Slope Depth = 4 m

Hoek-Brown Criterion:

m_b = 1.1732
 s = 0.0025
 a = 0.5040

Mohr-Coulomb Fit:

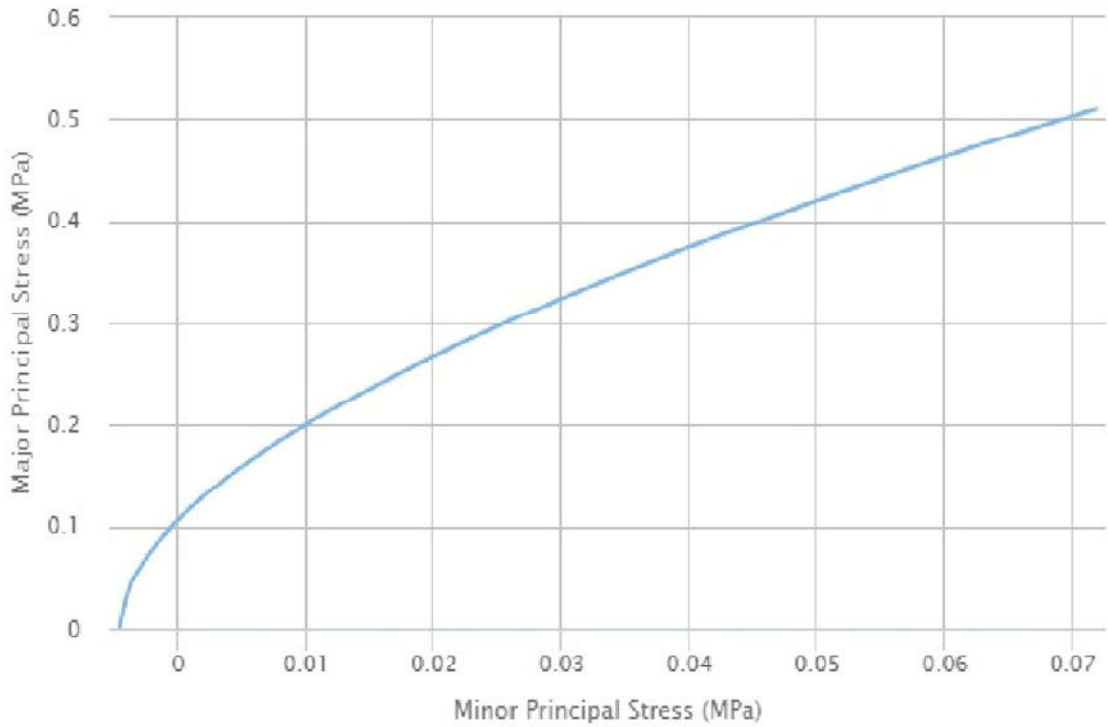
Cohesion (c) = 0.03 MPa
Friction Angle (ϕ) = 44.95 deg.

Rock Mass Parameters

Tensile strength (σ_{t}) = -0.0046 MPa
Uni. Comp. Strength (σ_{c}) = 0.1069 MPa
Global Strength (σ_{cm}) = 0.3216 MPa
Modulus of Deformation (E_m) = 200.22 MPa

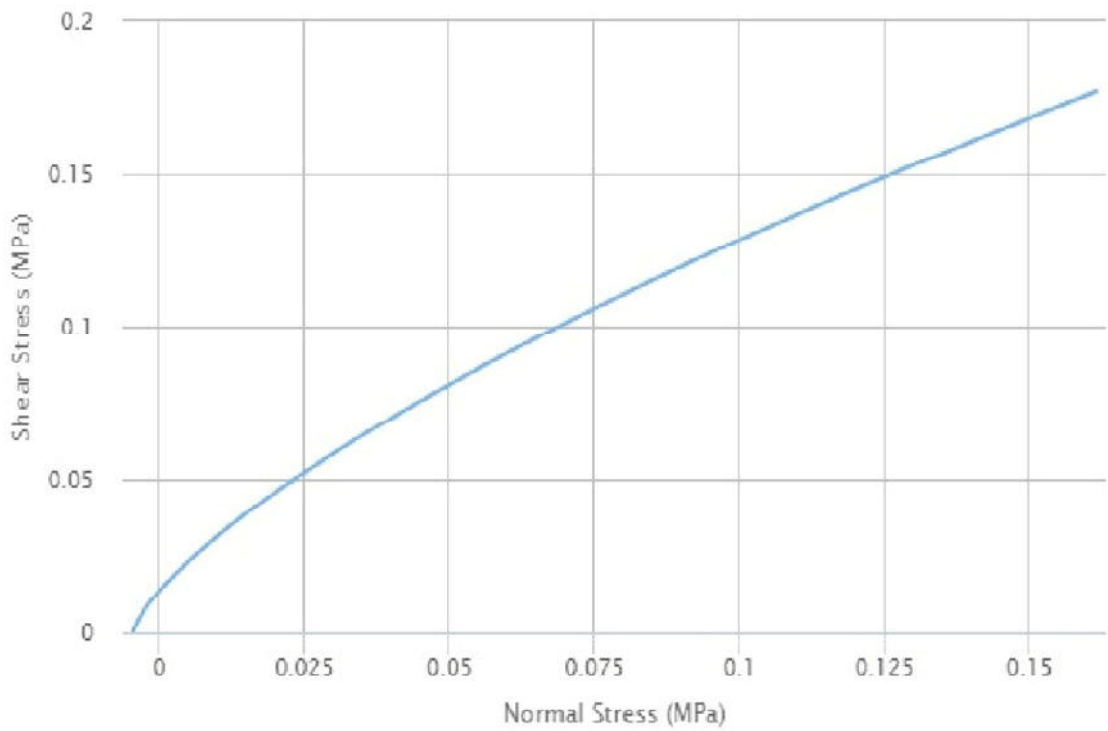


Major and Minor Principal Stresses



Highcharts.com

Shear and Normal Stresses



Highcharts.com



Scanline 4

Input Parameters:

Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 8.12 MPa
GSI = 60
 m_i = 10
Disturbance Factor (D) = 0.5
Intact Elastic Modulus (E_i) = 3653.999999999995 MPa
Intact Uni. Comp. Strength (σ_{ci}) = 8.12 MPa

Application Type: Slope

σ_{3max} = 0.13971843058979735 MPa
Unit Weight = 0.02 MN/m³
Slope Depth = 8 m

Hoek-Brown Criterion:

m_b = 1.4886
 s = 0.0048
 a = 0.5028

Mohr-Coulomb Fit:

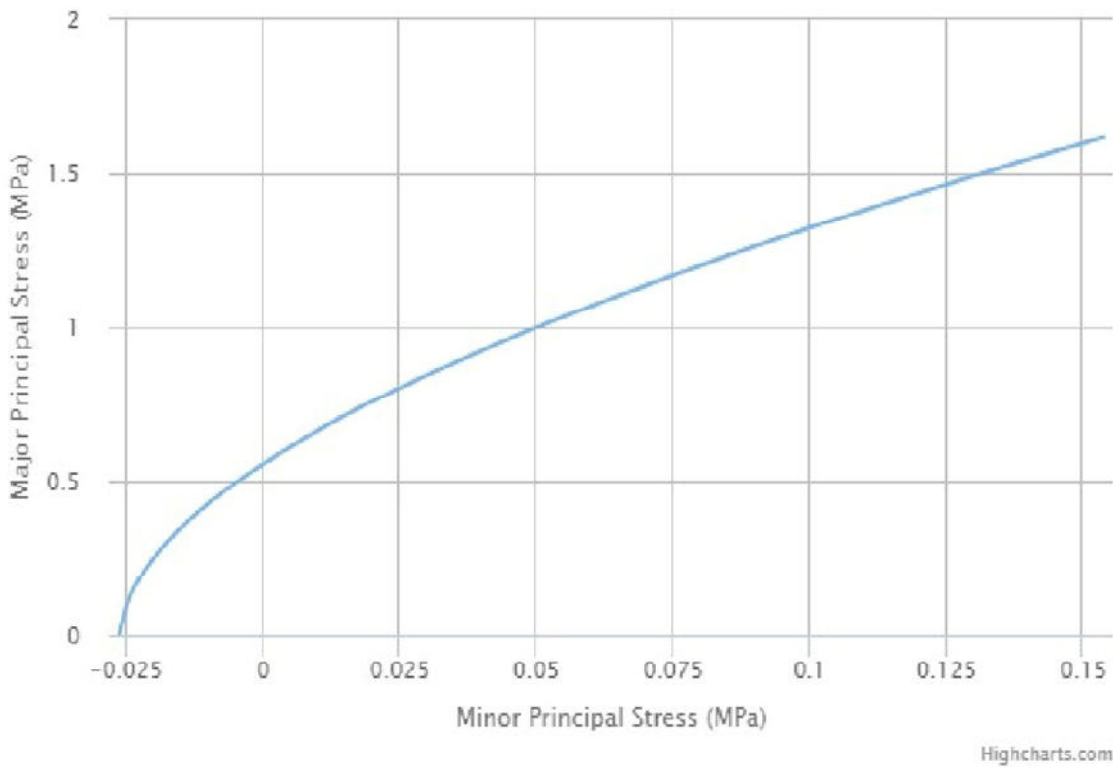
Cohesion (c) = 0.10 MPa
Friction Angle (ϕ) = 50.54 deg.

Rock Mass Parameters

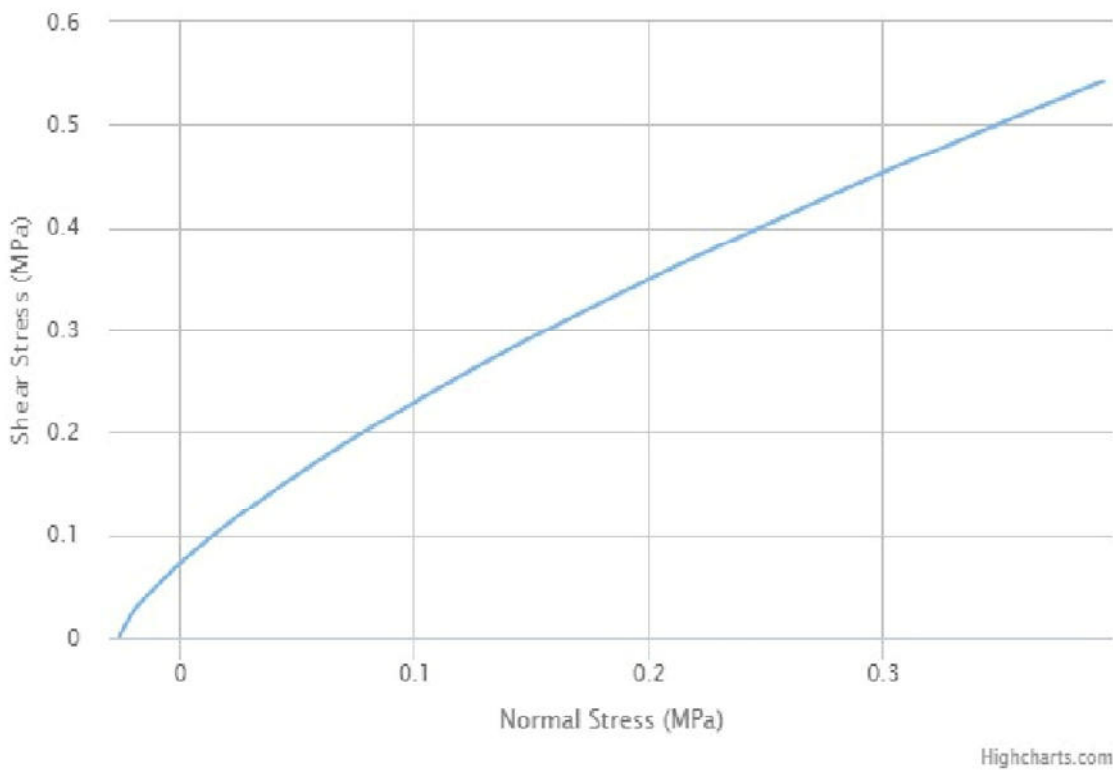
Tensile strength (σ_{t}) = -0.0263 MPa
Uni. Comp. Strength (σ_{c}) = 0.5557 MPa
Global Strength (σ_{cm}) = 1.3654 MPa
Modulus of Deformation (E_m) = 993.49 MPa



Major and Minor Principal Stresses



Shear and Normal Stresses





ALLEGATI

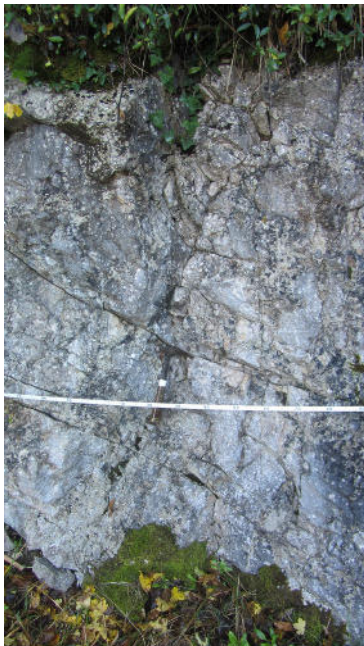
- SCHEDE RILIEVO GEOMECCANICO e DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- POINT LOAD TEST



CODICE SCANLINE: SL01			
N. misura	1	2	
Progressiva	2.2	5.1	
Orientamento martello	←	←	
VALORI	1	60	45
	2	62	48
	3	60	44
	4	56	46
	5	56	42
	6	54	46
	7	58	48
	8	60	50
	9	60	46
	10	58	50
	11	58	50
	12	58	48
	13	60	48
	14	60	48
	15	58	48
	16	58	50
	17	58	48
	18	58	50
	19	56	50
	20	56	50
Media delle misure	58.4	47.4	
Note	Martello in posizione orizzontale.		



scanline **SL01** - report fotografico





CODICE SCANLINE: SL02			
N. misura	1		
Progressiva	2.00 m		
Orientamento martello	←		
VALORI	1	40	
	2	42	
	3	40	
	4	42	
	5	42	
	6	44	
	7	46	
	8	46	
	9	46	
	10	40	
	11	42	
	12	44	
	13	46	
	14	46	
	15	42	
	16	44	
	17	42	
	18	42	
	19	42	
	20	44	
Media delle misure	43.4		
Note	Martello in posizione orizzontale		



scanline SL02 - report fotografico





CODICE SCANLINE: SL03									
Rif.	Distanza Origine mt.	Type F=faglia J=giunto L=strato	Dir.imm.	Incl.	Apertura	Riempimento	Rugosità	Persistenza MoltoBassa < 1 m Bassa 1-3 m Media 3- 10 m Alta 10-20 m MoltoAlta >20 m	Spaziatura (cm)
1	0.2	J	250	85	1 cm	detrito sciolto	4	media	25
2	0	J	40	60			4	media	34
3	0.55	J	250	80	3 cm	argilla	4	media	40
4	1.3	J	255	80	3 cm	argilla soffice	4	media	60
5	1.8	J	200	70	1 cm	argilla soffice	4	media	33
6	2.2	J	50	60	< 1 cm	vuota	4	media	50
7	2.8	J	225	80	15 cm	detrito + argilla	4	alta	16
8	3	J	35	80	1 cm	argilla	4	alta	40
9	3.05	J	65	70	2 mm	vuota	2	bassa	20
10	3.15	J	240	80	1 cm	detrito sciolto	4	alta	
11	3.8	J	140	40	5 mm	vuota	2	alta	20
12	4.1	J	215	80			2	alta	27
13	4.3	J	220	70	1 cm	argilla	2	alta	20
14	4.85	J	30	50	1 cm	detrito + argilla	2	bassa	30
15	5.3	F	205	60		breccia di faglia	7	molto alta	
16	6.45	F	205	60		breccia di faglia	7	molto alta	
17	6.5	J	200	60			2	molto alta	30
18	6.8	J	30	85	1 cm	argilla	4	alta	40
19	6.9	J	90	60	3 cm	argilla	2	alta	25
20	7.4	J	220	70	3 cm	argilla	2	bassa	14
21	7.8	J	300	50			4	media	20
22	8	J	65	50			4	alta	30



CODICE SCANLINE: SL03			
N. misura	1	2	
Progressiva	1.2	4	
Orientament o martello	←	←	
VALORI	1	50	50
	2	50	54
	3	52	56
	4	48	56
	5	52	56
	6	54	56
	7	54	56
	8	50	56
	9	54	56
	10	54	60
	11	52	60
	12	54	58
	13	50	52
	14	54	60
	15	54	60
	16	54	60
	17	54	60
	18	54	58
	19	52	58
	20	52	60
Media delle misure	52.4	57.1	
Note	Martello in posizione orizzontale.		



scanline **SL03** – report fotografico





CODICE SCANLINE: SL04			
N. misura	1	2	
Progressiva	0	5.6	
Orientament o martello	↖ 15°	←	
VALORI	1	60	50
	2	62	56
	3	64	54
	4	62	58
	5	60	58
	6	62	58
	7	64	54
	8	64	58
	9	64	58
	10	66	60
	11	62	60
	12	62	60
	13	60	58
	14	62	58
	15	64	60
	16	66	60
	17	66	54
	18	62	60
	19	64	58
	20	66	60
Media delle misure	63.1	57.6	
Note	Misura 1: martello inclinato di 15°. Misura 2: martello in posizione orizzontale.		



scanline SL04 – report fotografico



Verbale Accettazione N. 12RP/2020 Del 02.12.2020 Certificato di prova N. xxxxxR Del 29.12.2020

Committente	STUDIO FROSIO s.r.l.
Indirizzo	
Progetto/Lavoro	

Località prelievo campione:	PESCOPAGANO (PZ)		
Sondaggio n°	Campione n°	SL1	Profondità:
Tipo contenitore	Busta in plastica sigillata		
Descrizione campione:	Calclutite di colore marrone chiaro, porosa		

**POINT LOAD TEST
(NORMA ISRM 1985)**

Stato del campione	Rimaneggiato
--------------------	--------------

DATI PROVINO DI FORMA IRREGOLARE					VALORI A ROTTURA				
N° provino	W (cm)	D (cm)	De (cm)	De ² (cm ²)	P (kN)	Is (MPa)	F	Is (50) (MPa)	σ _r (MPa)
1	11.20	68.0	31.15	970.19	27.00	0.28	0.81	0.22	5.40
2	12.50	68.0	32.91	1082.80	27.50	0.25	0.83	0.21	5.05
3	15.00	68.0	36.05	1299.36	26.50	0.20	0.86	0.18	4.22
VALORI MEDI						0.25	0.44	0.20	4.89

Dove:
W = Larghezza del provino (valore medio)
D = Distanza fra i punti di contatto
P = Carico a rottura
F = Fattore correttivo relativo alla forma del provino
Is = Indice di resistenza
Is (50) = Indice di resistenza corretto
σ _r = Resistenza a compressione

Data Inizio Prova: 29.12.2020

Data Fine Prova: 29.12.2020

Verbale Accettazione N. 12RP/2020 Del 02.12.2020 Certificato di prova N. xxxxxR Del 29.12.2020

Committente	STUDIO FROSIO s.r.l.
Indirizzo	
Progetto/Lavoro	

Località prelievo campione:	PESCOPAGANO (PZ)		
Sondaggio n°	Campione n°	SL2	Profondità:
Tipo contenitore	Busta in plastica sigillata		
Descrizione campione:	Calclutite di colore marrone - grigiastro con struttura isotropa		

**POINT LOAD TEST
(NORMA ISRM 1985)**

Stato del campione	Rimaneggiato
--------------------	--------------

DATI PROVINO DI FORMA IRREGOLARE					VALORI A ROTTURA				
N° provino	W (cm)	D (cm)	De (cm)	De ² (cm ²)	P (kN)	Is (MPa)	F	Is (50) (MPa)	σ (MPa)
1	12.80	51.3	28.92	836.48	26.30	0.31	0.78	0.25	5.90
2	13.00	51.3	29.15	849.55	26.20	0.31	0.78	0.24	5.81
3	12.50	51.3	28.58	816.88	26.40	0.32	0.78	0.25	6.03
VALORI MEDI						0.32	0.44	0.25	5.91

Dove:
W = Larghezza del provino (valore medio)
D = Distanza fra i punti di contatto
P = Carico a rottura
F = Fattore correttivo relativo alla forma del provino
Is = Indice di resistenza
Is (50) = Indice di resistenza corretto
σ = Resistenza a compressione

Data Inizio Prova: 29.12.2020

Data Fine Prova: 29.12.2020

Verbale Accettazione N. 12RP/2020 Del 02.12.2020 Certificato di prova N. xxxxxR Del 29.12.2020

Committente	STUDIO FROSIO s.r.l.
Indirizzo	
Progetto/Lavoro	

Località prelievo campione:	PESCOPAGANO (PZ)		
Sondaggio n°	Campione n°	SL3	Profondità:
Tipo contenitore	Busta in plastica sigillata		
Descrizione campione:	Calclutite di colore marrone chiaro, porosa		

POINT LOAD TEST
(NORMA ISRM 1985)

Stato del campione	Rimaneggiato
--------------------	--------------

DATI PROVINO DI FORMA IRREGOLARE					VALORI A ROTTURA				
N° provino	W (cm)	D (cm)	De (cm)	De ² (cm ²)	P (kN)	Is (MPa)	F	Is (50) (MPa)	σ _r (MPa)
1	13.50	99.0	41.26	1702.55	16.80	0.10	0.92	0.09	2.17
2	13.52	99.0	41.29	1705.07	17.00	0.10	0.92	0.09	2.20
3	13.49	99.0	41.25	1701.29	17.20	0.10	0.92	0.09	2.23
VALORI MEDI						0.10	0.44	0.09	2.20

Dove:
W = Larghezza del provino (valore medio)
D = Distanza fra i punti di contatto
P = Carico a rottura
F = Fattore correttivo relativo alla forma del provino
Is = Indice di resistenza
Is (50) = Indice di resistenza corretto
σ _r = Resistenza a compressione

Data Inizio Prova: 29.12.2020

Data Fine Prova: 29.12.2020

Verbale Accettazione N. 12RP/2020 Del 02.12.2020 Certificato di prova N. xxxxxR Del 29.12.2020

Committente	STUDIO FROSIO s.r.l.
Indirizzo	
Progetto/Lavoro	

Località prelievo campione:	PESCOPAGANO (PZ)		
Sondaggio n°	Campione n°	SL4	Profondità:
Tipo contenitore	Busta in plastica sigillata		
Descrizione campione:	Calclutite di colore marrone grigiastro, con struttura isotropa		

**POINT LOAD TEST
(NORMA ISRM 1985)**

Stato del campione	Rimaneggiato
--------------------	--------------

DATI PROVINO DI FORMA IRREGOLARE					VALORI A ROTTURA				
N° provino	W (cm)	D (cm)	De (cm)	De ² (cm ²)	P (kN)	Is (MPa)	F	Is (50) (MPa)	σ _r (MPa)
1	7.15	61.3	23.62	557.97	26.80	0.48	0.71	0.34	8.23
2	7.45	61.3	24.12	581.76	26.90	0.46	0.72	0.33	7.99
3	7.35	61.3	23.96	573.96	27.10	0.47	0.72	0.34	8.14
VALORI MEDI						0.47	0.44	0.34	8.12

Dove:
W = Larghezza del provino (valore medio)
D = Distanza fra i punti di contatto
P = Carico a rottura
F = Fattore correttivo relativo alla forma del provino
Is = Indice di resistenza
Is (50) = Indice di resistenza corretto
σ _r = Resistenza a compressione

Data Inizio Prova: 29.12.2020

Data Fine Prova: 29.12.2020