



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA "ARDITO DESIO"



Anno accademico 2020-2021

Corso di Laurea in Scienze della Terra LM-74

Corso di

"RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO E IDROGEOLOGICO E LABORATORIO"

ESERCITAZIONI:

A - CARATTERIZZAZIONE MECCANICA ROCCE INTATTE E DISCONTINUITA'

Professoressa T. APUANI

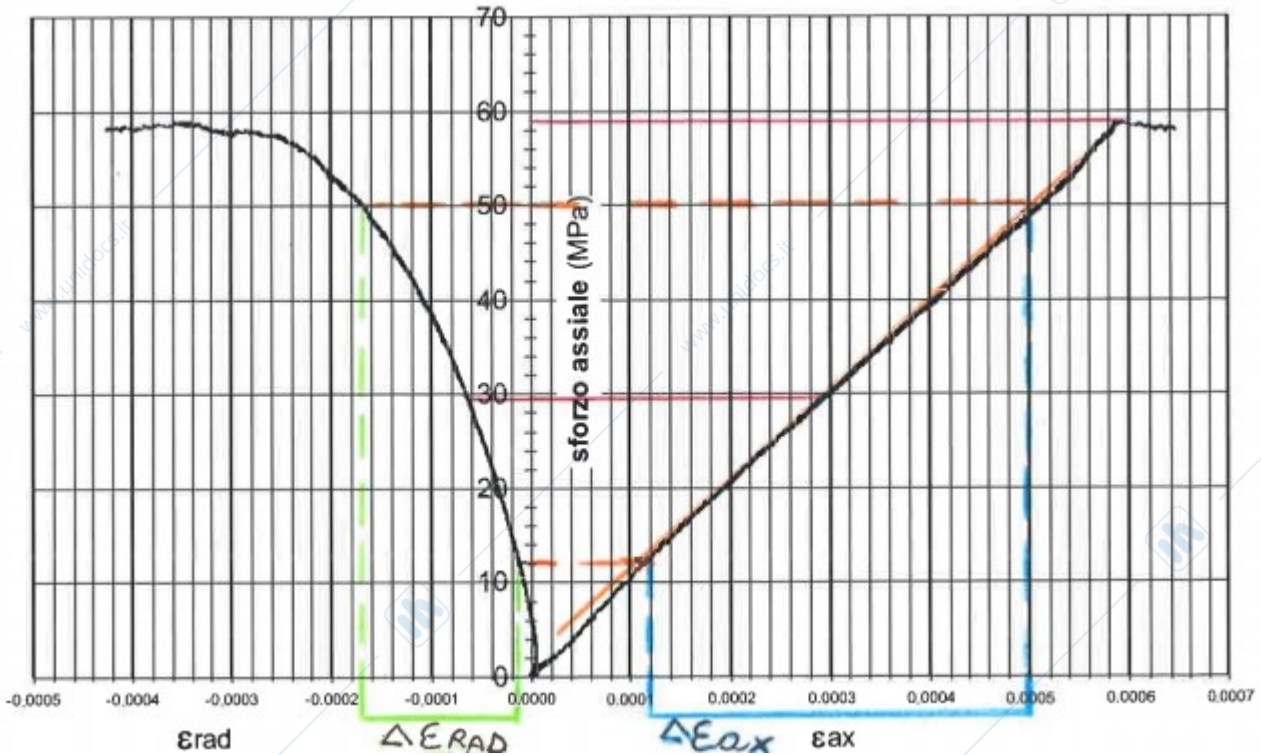
Studente:
Simone Signorini
Matr. N°: 983668

ESERCIZIO 1 – PROVA A COMPRESIONE MONOASSIALE

Dalle curve sforzo-deformazione determinare:

- La resistenza a compressione monoassiale σ_c
- Il modulo elastico E_{T50} e il coefficiente di Poisson al 50% di σ_c
- Classificare il materiale roccia secondo la classificazione tecnica di Deer & Miller

Campione A) CALCARE MARNOSO

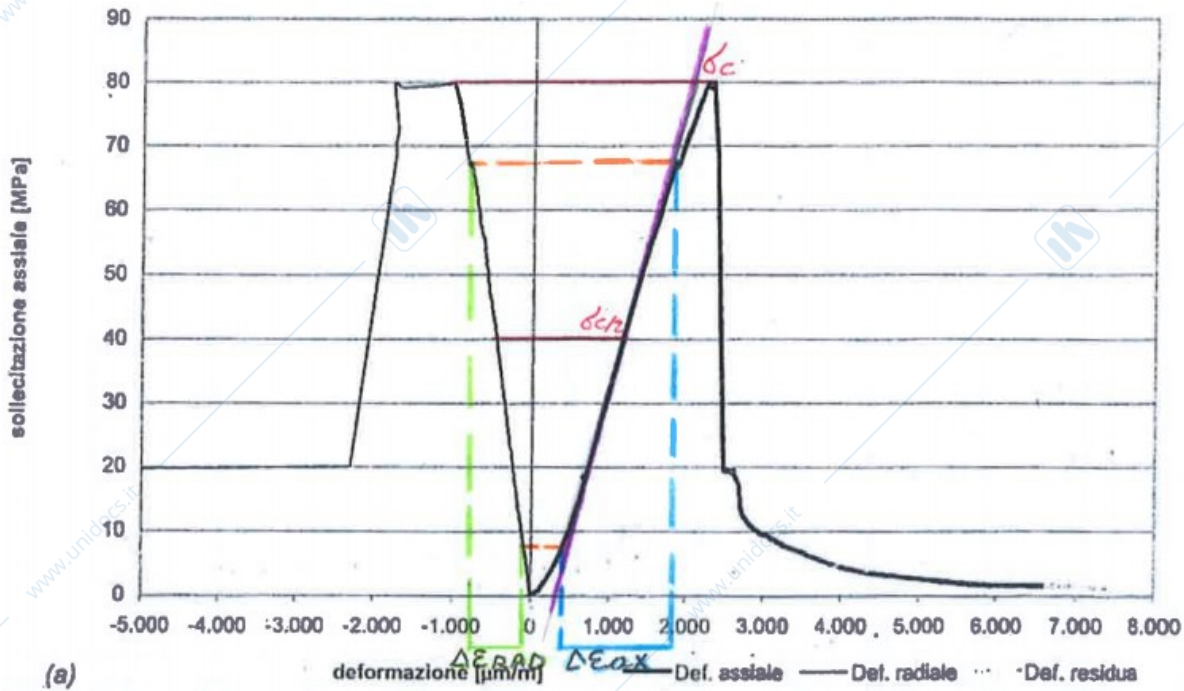


- ▶ $\sigma_c = 59 \text{ MPa}$ $\sigma_{cr} = 29,5 \text{ MPa}$
- ▶ $E_{T50} = \frac{\Delta \sigma_c}{\Delta \epsilon_{ax}} = \frac{(50 - 12) \text{ MPa}}{0,0005 - 0,00012} = 100.000 \text{ MPa} = 100 \text{ GPa}$
- ▶ $\nu = -\frac{\Delta \epsilon_{RAD}}{\Delta \epsilon_{ax}} = -\frac{(0,000012 - 0,00017)}{0,0005 - 0,00012} = 0,38$
- ▶ CLASSIFICAZIONE:
 $56 \text{ MPa} < \sigma_c < 112 \text{ MPa} \rightarrow C$
 $\frac{E_{T50}}{\sigma_c} = 1695 \rightarrow H$
 $C \left. \vphantom{C} \right\} CH$

La curva sforzo compressione non presenta una curva post picco, ad indicare una maggiore rigidezza della piastra rispetto il campione di calcare marnoso posto sotto esame.

Il risultato della classificazione tecnica di Deer e Miller identifica nel provino una resistenza media ed un rapporto tra il modulo elastico e lo sforzo di picco, molto elevato.

Campione B) CALCARE



$$\sigma_c = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cr} = 40 \text{ MPa}$$

$$E_{T50} = \frac{\Delta \sigma_c}{\Delta \epsilon_{ax}} = \frac{(68 - 8) \text{ MPa}}{(1,9 - 0,35) \cdot 10^{-3}} = \frac{60 \text{ MPa}}{1,55 \cdot 10^{-3}} = 38,7 \text{ GPa}$$

$$\nu = -\frac{\Delta \epsilon_{rad}}{\Delta \epsilon_{ax}} = -\frac{(0,1 - 0,7)}{(1,9 - 0,35)} = 0,38$$

CLASSIFICAZIONE:

$$56 < \sigma_c < 112 \text{ MPa} \rightarrow C$$

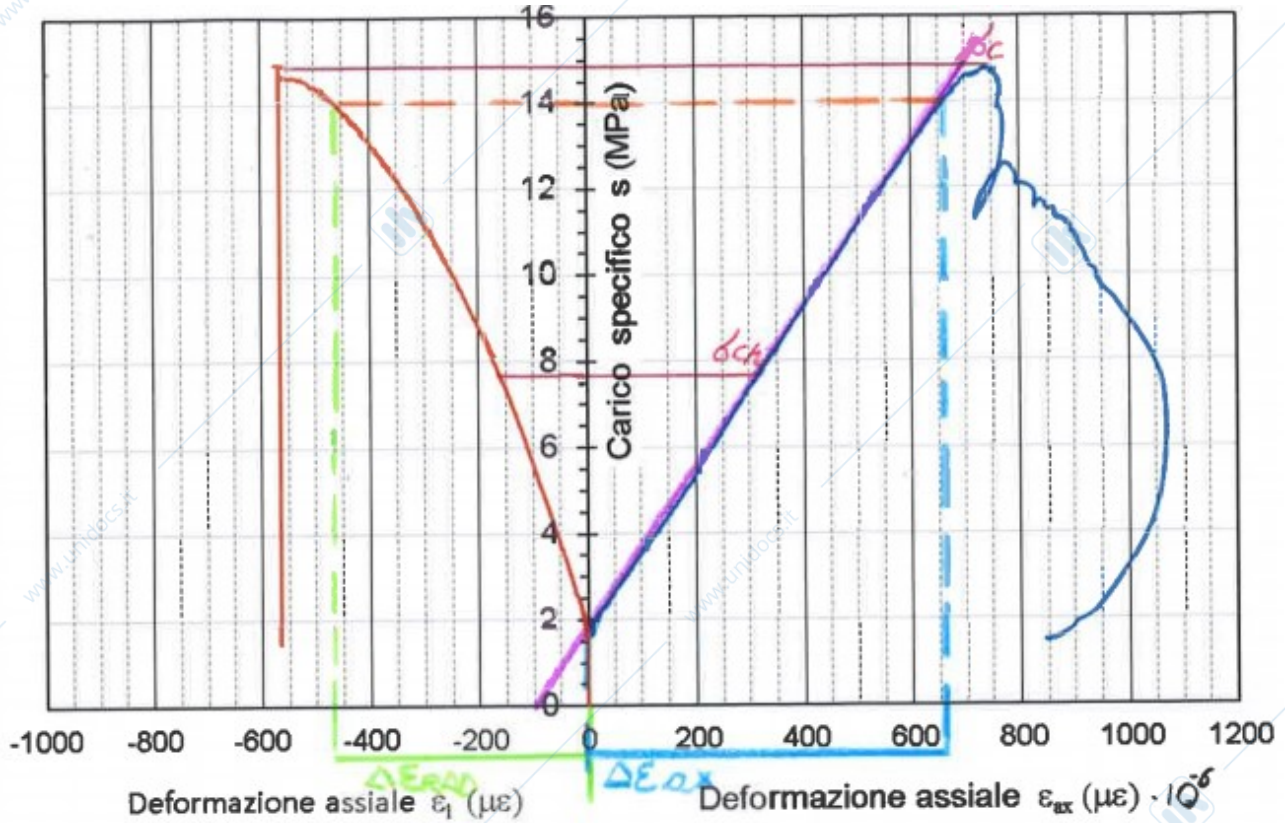
$$\frac{E_{T50}}{\sigma_c} = \frac{38710 \text{ MPa}}{80 \text{ MPa}} = 483,9 \rightarrow M$$

} CM

La curva sforzo compressione presenta una curva post picco, ad indicare una minore rigidezza della piastra rispetto il campione di calcare posto sotto esame.

Il risultato della classificazione tecnica di Deer e Miller identifica nel provino una resistenza media ed un rapporto tra il modulo elastico e lo sforzo di picco ottenuto medio.

Campione C) MARNA



$$\sigma_c = 14,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c/2} = 7,375$$

$$E_{T50} = \frac{\Delta \sigma_c}{\Delta \epsilon_{ax}} = \frac{(14 - 7,375) \text{ MPa}}{0,00066 - 0} = \frac{6,3 \text{ MPa}}{0,00066} = 9545 \text{ MPa} = 9,5 \text{ GPa}$$

$$\nu = -\frac{\Delta \epsilon_{rad}}{\Delta \epsilon_{ax}} = -\left(\frac{0 - 0,00043}{0,00066 - 0}\right) = 0,65$$

▶ CLASSIFICAZIONE:

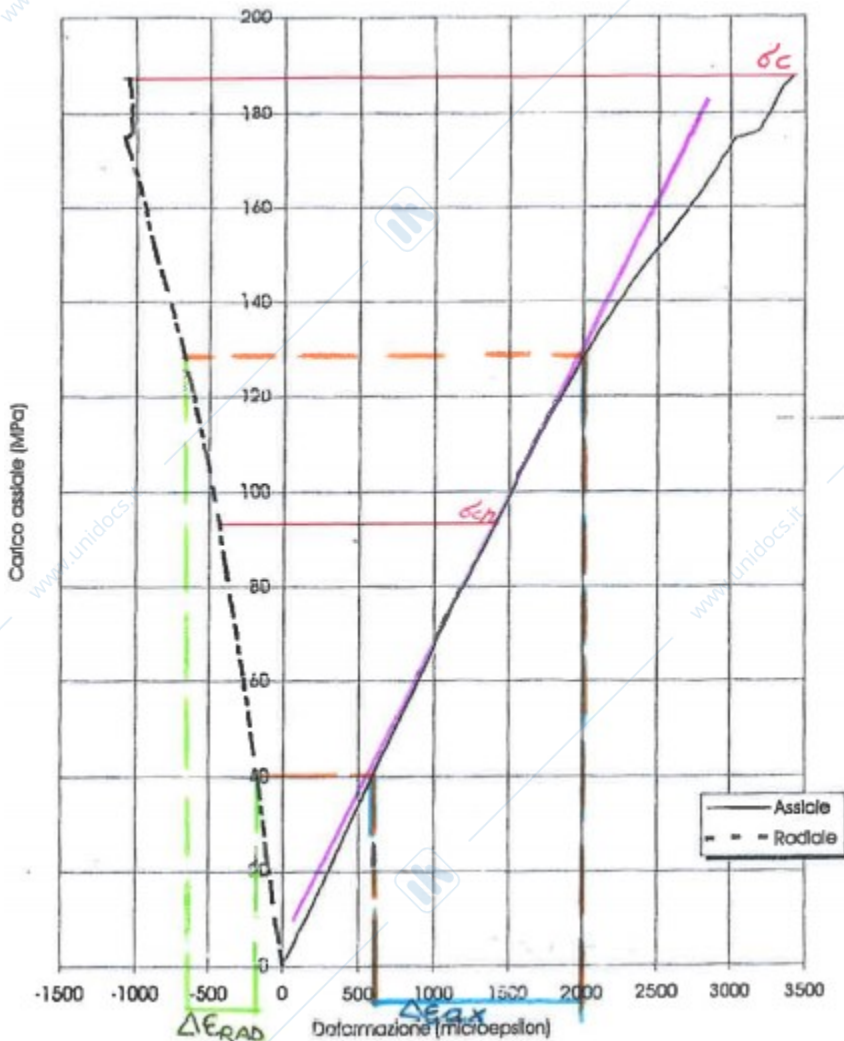
$$\sigma_c < 26 \text{ MPa} \rightarrow E$$

$$\frac{E_{T50}}{\sigma_c} = \frac{9545 \text{ MPa}}{14,75 \text{ MPa}} = 64,7 \rightarrow H \left. \vphantom{\frac{E_{T50}}{\sigma_c}} \right\} EH$$

La curva sforzo compressione presenta una curva post picco, ad indicare una minore rigidezza della piastra rispetto il campione di marna posto sotto esame. Con un andamento rappresentativo di una roccia che raggiunge rottura solo mediante ulteriore avvicinamento delle piastre.

Il risultato della classificazione tecnica di Deer e Miller identifica nel provino una resistenza estremamente bassa ed un rapporto tra il modulo elastico e lo sforzo di picco ottenuto, elevato.

Campione D) ORTOGNEISS



$$\sigma_c = 188 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c/2} = 94 \text{ MPa}$$

$$E_{T50} = \frac{\Delta \sigma_c}{\Delta \epsilon_{ax}} = \frac{(129 + 40) \text{ MPa}}{0,002 - 0,00065} = \frac{169 \text{ MPa}}{0,00135} = 125185 \text{ MPa} = 125,185 \text{ GPa}$$

$$\nu = -\frac{\Delta \epsilon_{RAD}}{\Delta \epsilon_{ax}} = -\frac{(200 - 650)}{(2000 - 650)} = 0,33$$

CLASSIFICAZIONE:

$$112 < \sigma_c < 224 \rightarrow B$$

$$\frac{E_{T50}}{\sigma_c} = \frac{125185 \text{ MPa}}{188 \text{ MPa}} = 666 \rightarrow M \quad \left. \begin{array}{l} B \\ M \end{array} \right\} BM$$

La curva sforzo compressione non presenta una curva post picco, ad indicare una maggiore rigidità della piastra rispetto il campione di ortogneiss posto sotto esame.

Il risultato della classificazione tecnica di Deer e Miller identifica nel provino una resistenza elevata ed un rapporto tra il modulo elastico e lo sforzo di picco ottenuto medio.

ESERCIZIO 2 – POINT LOAD TEST

Una prova di Point Load eseguita su calcare ha fornito il seguente risultato

$D = 74 \text{ mm}$, $P = 1250 \text{ kg}$.

→ Valutare la resistenza a compressione uniassiale del materiale.

La prima operazione da effettuare è quella di calcolare I_s :

$$I_s = \frac{P}{D^2} = 22,8 \text{ Kg/cm}^2 = 2,32 \text{ MPa}$$

La correzione grafica con opportuno grafico identifica un valore di $I_{s50} = 2,8 \text{ MPa}$

In questo modo è possibile calcolare la resistenza dei campioni con la formula:

$$\sigma_c = I_{s50} \times 23,7$$

Dal quale risulta una resistenza di $66,36 \text{ MPa}$, che può essere considerata una resistenza media, utilizzando la classificazione di Deer e Miller.

ESERCIZIO 3 - Elaborazione dei dati ottenuti da prove di POINT LOAD su campioni di CALCARE

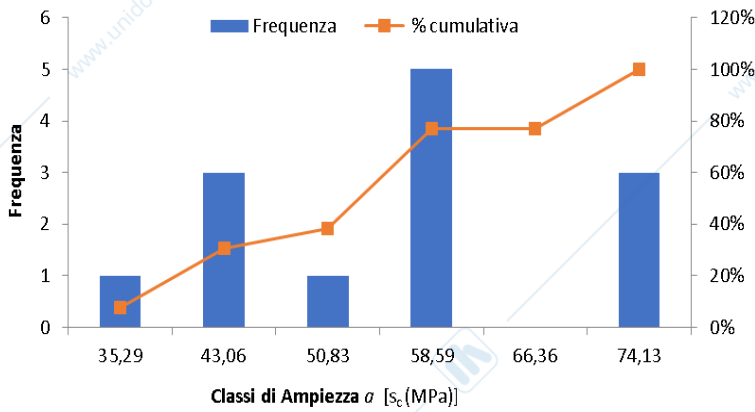
POINT LOAD STRENGTH TEST - PROVA DI RESISTENZA A CARICO PUNTIFORME											
Litotipo:		CALCARE						ASTM D5731-0			
campione n°	Forma	Dimensioni (mm)			Rapporti di forma		Direzione Carico ⊥ / / //	Carico a rottura (P) (kN)	n° frammenti -	Area (A) (mm ²)	D _e ² (mm ²)
		D	W	2L	L/D >0.5	D/W 0.3-1					
AT01_B_01	PP	54	65	90	VERO	0,83	//	9,2	4	3510	4471,34
AT01_B_02	PP	54	51	100	VERO	1,06	//	4,84	2	2754	3508,28
AT01_B_03	PP	49	50	90	VERO	0,98	//	5	2	2450	3121,02
AT01_B_04	PP	58	54	84	VERO	1,07	//	8,6	2	3132	3989,81
AT01_B_05	PP	50	48	90	VERO	1,04	//	6,74	2	2400	3057,32
AT01_A_01	PP	42	50	80	VERO	0,84	//	8,34	2	2100	2675,16
AT01_A_02	PP	49	50	96	VERO	0,98	//	2,2	3	2450	3121,02
AT01_A_03	PP	50	60	84	VERO	0,83	//	10,10	2	3000	3821,66
AT01_A_04	PP	49	52	95	VERO	0,94	//	5,20	2	2548	3245,86
AT02_A_01	PP	53	55	86	VERO	0,96	//	6,50	2	2915	3713,38
AT02_A_02	PP	62	62	73	VERO	1,00	//	12,60	2	3844	4896,82
AT02_B_01	PP	67	62	81	VERO	1,08	//	10,30	2	4154	5291,72
AT02_B_02	PP	47	61	56	VERO	0,77	//	9,50	2	2867	3652,23
AT02_B_03	PP	52	58	55	VERO	0,90	//	8,40	2	3016	3842,04
AT02_B_04	PP	53	59	68	VERO	0,90	//	6,30	2	3127	3983,44

POINT LOAD STRENGTH TEST - PROVA DI RESISTENZA A CARICO PUNTIFORME											
Litotipo:		CALCARE						ASTM D5731-0			
campione n°	Forma	Dimensioni (mm)			Rapporti di forma		Direzione Carico ⊥ / / //	Carico a rottura (P) (kN)	n° frammenti -	Area (A) (mm ²)	D _e ² (mm ²)
		D	W	2L	L/D >0.5	D/W 0.3-1					
RGM00-1609	PP	60	65	74	VERO	0,92	⊥	12,20	2	3900	4968,15
AT02_B_04	PP	55	66	85	VERO	0,83	⊥	13,20	2	3630	4624,20
AT02_B_05	PP	69	58	78	VERO	1,19	⊥	11,6	2	4002	5098,09
AT02_B_06	PP	52	59	91	VERO	0,88	⊥	12,3	2	3068	3908,28
AT02_B_07	PP	48	47	62	VERO	1,02	⊥	15,00	2	2256	2873,89
AT02_C_08	PP	51	57	68	VERO	0,89	⊥	11,30	2	2907	3703,18
AT02_C_09	PP	45	69	73	VERO	0,65	⊥	9,50	2	3105	3955,41
AT02_C_10	PP	69	71	75	VERO	0,97	⊥	8,60	3	4899	6240,76
AT02_A_11	PP	52	52	79	VERO	1,00	⊥	10,00	2	2704	3444,59
AT02_A_12	PP	51	53	82	VERO	0,96	⊥	14,00	2	2703	3443,31
AT02_A_13	PP	48	49	84	VERO	0,98	⊥	15,20	2	2352	2996,18
AT02_A_14	PP	47	40	90	VERO	1,18	⊥	13,20	2	1880	2394,90

Tabella riassuntiva della prova di Point Load effettuata con la direzione di carico parallela alla stratificazione. In cui è riportato anche un istogramma di frequenza che evidenzia le classi di ampiezza degli sforzi necessari a rompere i provini e la loro percentuale cumulativa.

N° numero tests	13	
	$I_{s(50)}$	σ_c
	MPa	MPa
min	1,5	35
max	3,0	71
Media aritmetica	2,4	53
Mediana	2,3	55
Dev st.	0,5	12
Classe di Ampiezza	7,8	

Istogramma della frequenza $s_c //$

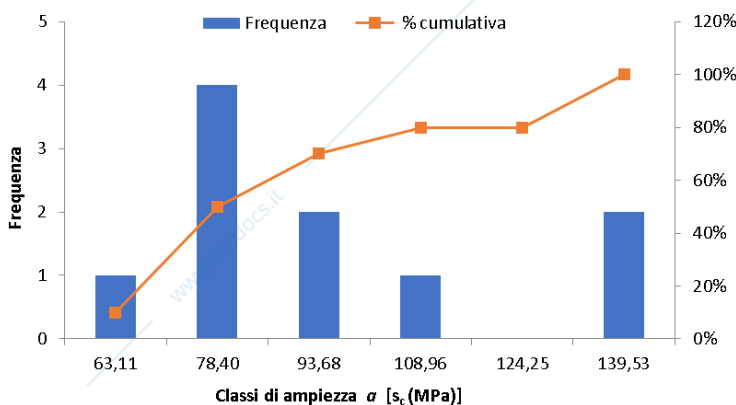


Classi	Frequenza	% cumulativa
35,29	1	8%
43,06	3	31%
50,83	1	38%
58,59	5	77%
66,36	0	77%
74,13	3	100%

Tabella riassuntiva della prova di Point Load effettuata con la direzione di carico perpendicolare alla stratificazione. In cui è riportato anche un istogramma di frequenza che evidenzia le classi di ampiezza degli sforzi necessari a rompere i provini e la loro percentuale cumulativa.

N° numero tests	10	
	$I_{s(50)}$	σ_c
	MPa	MPa
min	2,7	63
max	5,4	128
Media aritmetica	3,6	86
Mediana	3,3	78
Dev st.	1,0	24
Classe di Ampiezza	15,3	

Istogramma frequenze $s_c \perp$

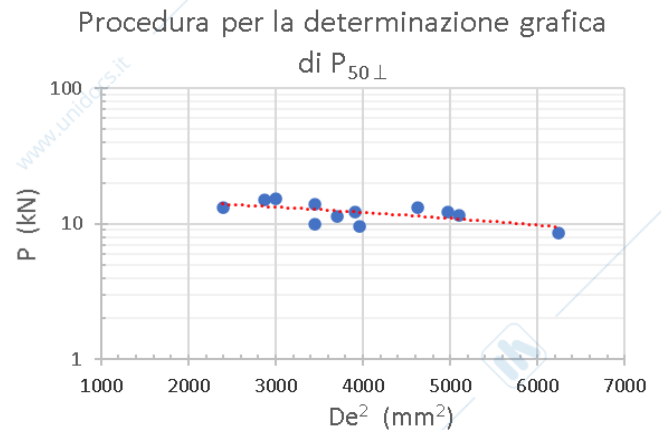
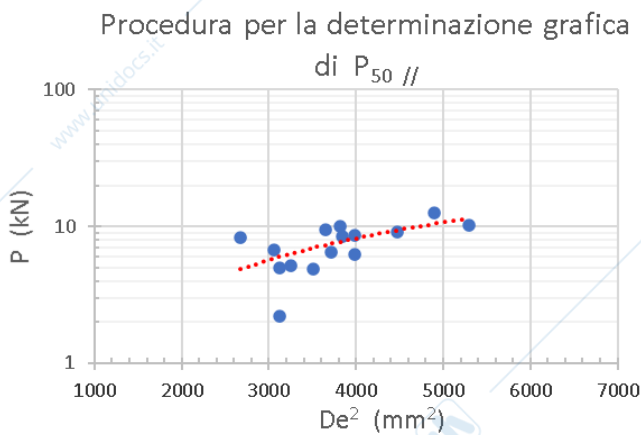


Classi	Frequenza	% cumulativa
63,11	1	10%
78,40	4	50%
93,68	2	70%
108,96	1	80%
124,25	0	80%
139,53	2	100%

I dati sono stati suddivisi in base alla direzione di carico rispetto alla direzione di stratificazione del campione. Da cui è stato possibile calcolare l'anisotropia delle due direzioni sia dalla media dell' $I_{s(50)}$, sia dai risultati della media aritmetica.

media $I_{s(50)}$ //	2,35	$\sigma_{c \perp}$ (MPa)
media $I_{s(50)}$ \perp	3,65	$\sigma_{c //}$ (MPa)
$I_{A(50)}$	0,65	da media $I_{s(50)}$ \perp e //
$I_{A(50)}$	0,61	da media arit. σ_c

In questo modo si sono elaborati i risultati in modo più diretto, creando grafici in cui sulle ascisse è presente il diametro nominale, mentre sulle ordinate la forza necessaria a rompere il campione.



Dai grafici si osserva che per le prove con direzione parallela alla direzione di stratificazione, aumentando l'area equivalente del provino, aumenta anche la forza necessaria a rompere il campione.

Mentre per le prove con direzione perpendicolare alla stratificazione la forza necessaria a rompere il campione aumenta più è piccola l'area equivalente del provino.

Oltre il metodo statistico è stato calcolato anche lo sforzo a rottura con il metodo grafico, i quali risultati sono riportati nella tabella seguente:

POINT LOAD STRENGTH TEST - PROVA DI RESISTENZA A CARICO PUNTIFORME											
Litotipo:	CALCARE		Note:	ASTM D5731-08 ; ISRM Suggested Method (1985)							
	Direzione Carico	Carico a rottura (P)	n° frammenti	Area (A)	D_e^2	D_e	F	I_s	$I_{s(50)}$	$\sigma_c (2)$	
	\perp / //	(kN)		(mm ²)	(mm ²)	(mm)	-	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Determinazione grafica $I_{s(50)}$	//	17,56			2500	50,00	1,00	7,02	7,02	166,47	
	\perp	13,50			2500	50,00	1,00	5,40	5,40	127,94	

Da questa si può osservare che gli sforzi medi ottenuti statisticamente dalle prove effettuate parallelamente alla stratificazione (53 Mpa), risultano molto minori (tre volte meno) rispetto i risultati ottenuti dalla determinazione grafica (166,5 Mpa). Mentre per quanto riguarda la determinazione grafica con direzione di carico perpendicolare alla stratificazione (127,9 Mpa), i risultati sono maggiori di quasi un terzo dei risultati statistici ricavati dalle prove su campo (86 MPa).

ESERCIZIO 4: Elaborazione i dati ottenuti da prove di POINT LOAD su campioni di ORTOGNEISS

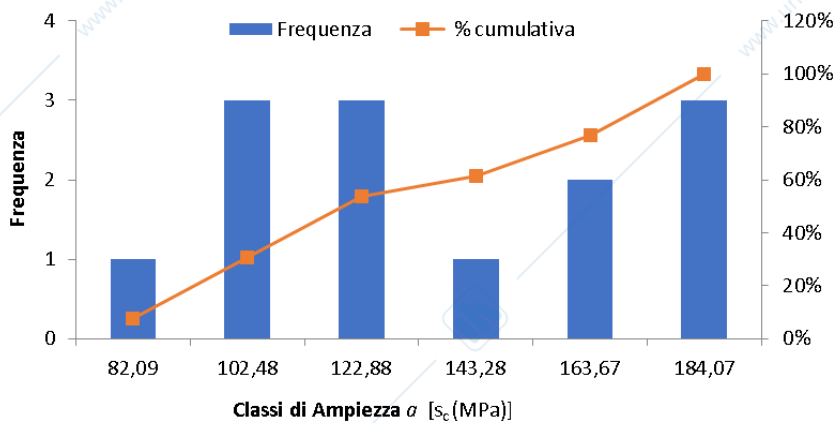
Tabella di elaborazione dei dati ricavati da prove di Point Load su campioni di ortogneiss a due miche, parallelamente alla

POINT LOAD STRENGTH TEST - PROVA DI RESISTENZA A CARICO PUNTFOR												
Litotipo:		ORTOGNEISS							ASTM D5731-08 ;			
campione n°	Forma	Dimensioni (mm)			Rapporti di forma		Direzione Carico	Carico a rottura (P)	n° frammenti	Area (A)	D _e ²	
		D	W	2L	L/D >0.5	D/W 0.3-1	⊥ / //	(kN)	-	(mm ²)	(mm ²)	(n)
rp01-le-01	pp	45	60	120	VERO	0,75	//	15	2	2700	3439,49	58
rp01-ld-01	pp	34	65	67	VERO	0,52	//	9	2	2210	2815,29	53
rp01 1a-01		45	55	80	VERO	0,82	//	12	3	2475	3152,87	56
rp06-6f-02		58	40	70	VERO	1,45	//	11	2	2320	2955,41	54
rp07-7b-02	pp	30	34	82	VERO	0,88	//	23	2	1020	1299,36	36
rp11-11e-		40	40	90	VERO	1,00	//	9	2	1600	2038,22	45
rp08-8a-02	pp	50	52	100	VERO	0,96	//	15	2	2600	3312,10	57
rp08-8d-02	pp	30	42	85	VERO	0,71	//	9,00	2	1260	1605,10	40
-b13-1	pp/ir	70	70	135	VERO	1,00	//	16,00	2	4900	6242,04	79
rp2a-01	pp	45	60	80	VERO	0,75	//	20,00	2	2700	3439,49	58
rp3a-02	pp	35	40	100	VERO	0,88	//	13,00	2	1400	1783,44	42
rp3f-02		30	45	90	VERO	0,67	//	13,00	2	1350	1719,75	41
rp3d.02	pp	30	40	75	VERO	0,75	//	12,00	2	1200	1528,66	39
rp2f-01		40	50	120	VERO	0,80	//-r	10,00	2	2000	2547,77	50
rp4a		30	60	80	VERO	0,50	//	14,00	2	1800	2292,99	47

Tabella riassuntiva della prova di Point Load effettuata con la direzione di carico parallela alla foliazione. In cui è riportato anche un istogramma di frequenza che evidenzia le classi di ampiezza degli sforzi necessari a rompere i provini e la loro percentuale cumulativa.

N° numero tests	13	
	$I_{s(50)}$	σ_c
	MPa	MPa
min	3,1	82
max	15,3	176
Media aritmetica	5,6	129
Mediana	4,8	121
Dev st.	3,0	33
Classe di Ampiezza	20,4	

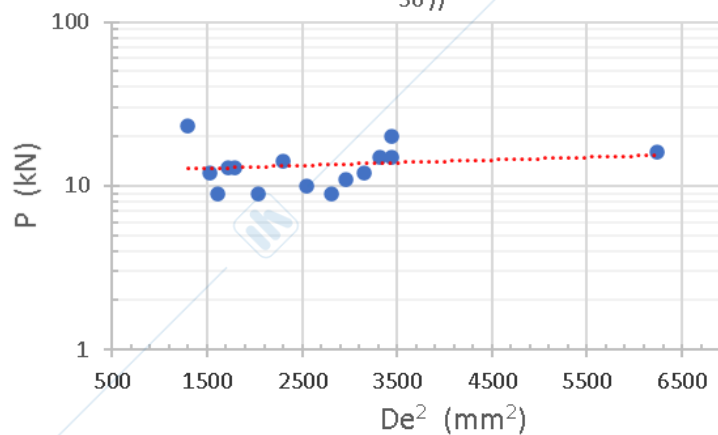
Istogramma della frequenza $s_c //$



Classi	Frequenza	% cumulativa
82,1	1	8%
102,5	3	31%
122,9	3	54%
143,3	1	62%
163,7	2	77%
184,1	3	100%

In questo modo si sono elaborati i risultati in modo più diretto, creando grafici in cui sulle ascisse è presente il diametro nominale, mentre sulle ordinate la forza necessaria a rompere il campione.

Procedura per la determinazione grafica di $P_{50} //$



Dal grafico si osserva che nelle prove con direzione parallela alla foliazione, aumentando l'area equivalente del provino si ha un andamento con un leggero aumento della forza necessaria a rompere il campione.

Oltre il metodo statistico è stato calcolato anche lo sforzo a rottura con il metodo grafico, i quali risultati sono riportati nella tabella seguente

POINT LOAD STRENGTH TEST - PROVA DI RESISTENZA A CARICO PUNTIFORME												
Litotipo:	ORTOGNEISS			Note:	ASTM D5731-08 ; ISRM Suggested Method (1985)							
	Direzione Carico ⁴			Carico a rottura (P) (kN)	n° frammenti	Area (A)	D _e ²	D _e	F	l _s	l _{s(50)}	σ _c (2)
	⊥	/	//			(mm ²)	(mm ²)	(mm)	-	(MPa)	(MPa)	(MPa)
determinazione grafica IS₅₀	//			13,50		2500	50,00	1,00	5,40	5,40	134,96	

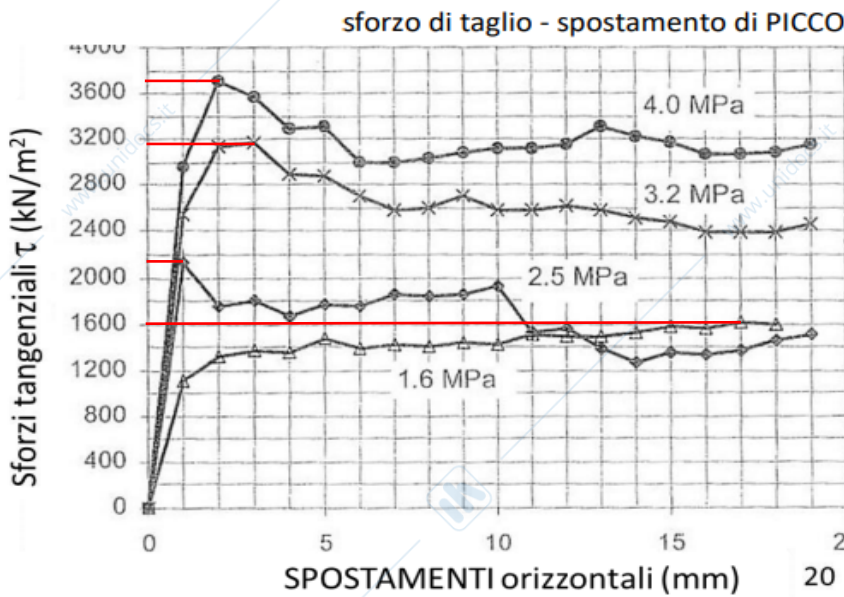
Da questa si può osservare che gli sforzi medi ottenuti statisticamente dalle prove effettuate parallelamente alla stratificazione (129 Mpa), risultano simili ai risultati ottenuti dalla determinazione grafica (135 Mpa).

ESERCIZIO 05 - PROVE DI TAGLIO SU GIUNTO IN ROCCIA

Dalle curve sforzo tangenziale -spostamento di picco e sforzo tangenziale - spostamento residuo ottenute con carichi normali alla discontinuità differenti da prove di taglio su giunto:

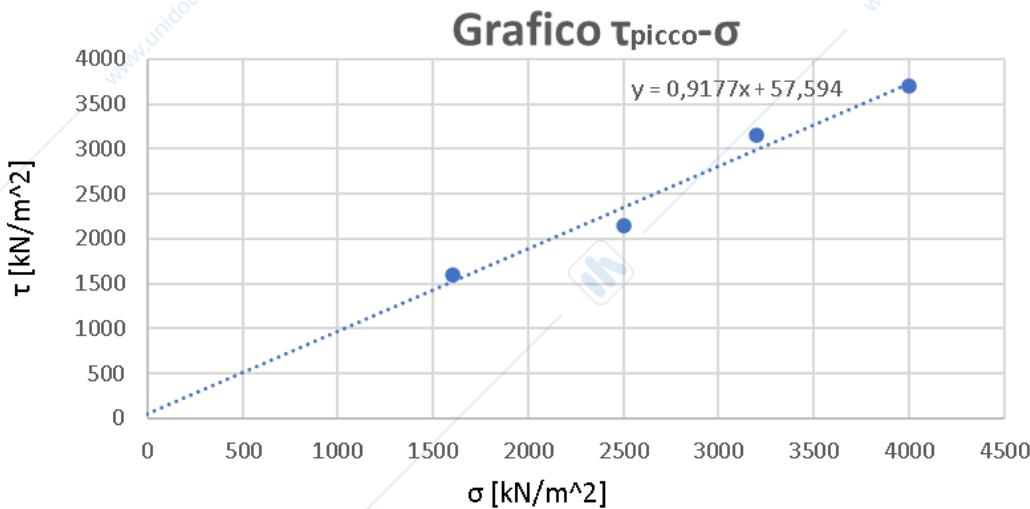
- Plottare i risultati di picco e residui su diagramma τ - σ ;
- Definire le equazioni di resistenza al taglio e determinare i parametri di resistenza di picco (c_p , Φ_p) . i parametri di resistenza residui (c_r , Φ_r)

Dal grafico sono stati evidenziati i valori di sforzo di taglio di picco ed è stata creata una tabella in cui ad è associata ad ogni sforzo normale il corrispondente sforzo tangenziale di picco.



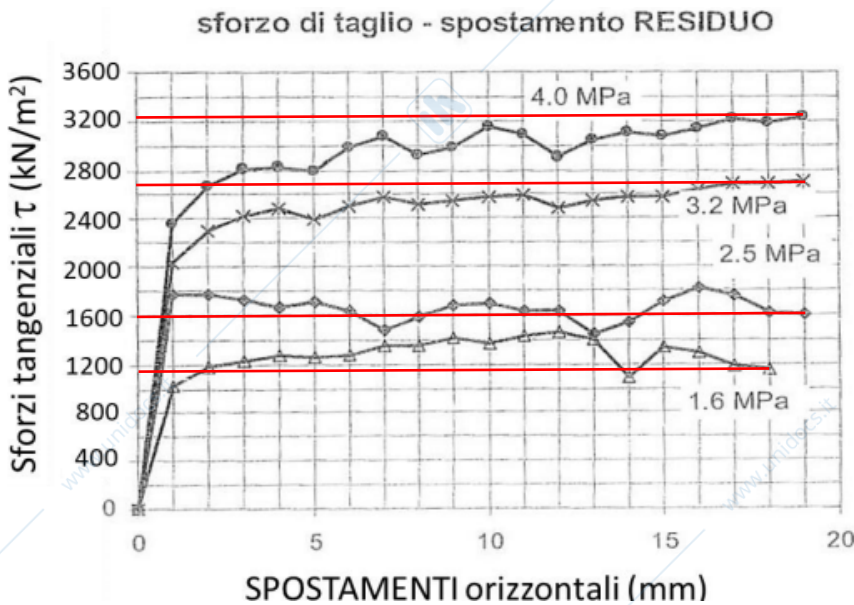
Sforzo - Spostamento di PICCO	
σ_N [kN/m ²]	τ_{picco} [kN/m ²]
1600	1600
2500	2150
3200	3150
4000	3700

In questo modo è stato possibile creare un grafico τ_{picco} - σ , da cui è stata trovata la retta che meglio approssima i risultati ottenuti, da cui sono stati ricavati la coesione c_p , come intercetta dell'asse delle ordinate e l'angolo di resistenza al taglio ϕ_p , come pendenza della retta rispetto l'orizzontale.



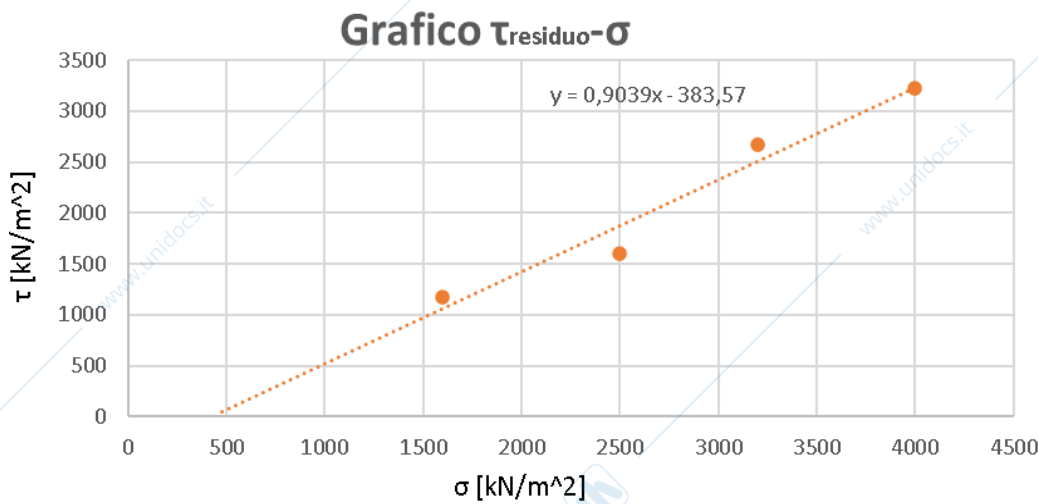
c'_p	57,5
ϕ_p (°)	42,5

Mentre dal grafico sforzo di taglio e spostamento residuo sono stati evidenziati i valori di sforzo tangenziale residuo ed è stata creata una tabella in cui ad è associata ad ogni sforzo normale il corrispondente τ residuo.



Sforzo - Spostamento di RESIDUO	
σ_N [kN/m ²]	$\tau_{residuo}$ [kN/m ²]
1600	1150
2500	1600
3200	2650
4000	3225

In questo modo è stato possibile creare un grafico $\tau_{residuo}-\sigma$, da cui è stata trovata la retta che meglio approssima i risultati ottenuti, da cui sono stati ricavati la coesione c_p , come intercetta dell'asse delle ordinate, che essendo minore di 0, è stata considerata nulla (uguale a 0) e l'angolo di resistenza al taglio ϕ_p , come pendenza della retta rispetto l'orizzontale.



c'_r	0
ϕ_r (°)	42,1

Esercizio 6 – AMMASSI ROCCIOSI

La scheda ottenuta dal rilievo geomeccanico RGM FB07 riporta i dati di terreno ed una prima elaborazione parziale. In più è stata effettuata una prova di compressione monoassiale su un campione prelevato dalla parete, la quale ha fornito una curva sforzo-deformazione. Con questi dati si deve:

- Elaborare i dati di RGM e fornire una esaustiva scheda di sintesi;
- Determinare la sua resistenza a compressione monoassiale σ_c e confrontare con il valore JCS calcolato dall'interpretazione dei dati di rilievo.

ee

Di seguito è riportata la scheda di sintesi dei dati ricavati dal rilievo geo-meccanico.

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO						
DESCRIZIONE DEL SITO E DELL'AMMASSO ROCCIOSO						
Operatore	Simone Signorini		Località		Coordinate	
Data	16/05/2021		Rasdegliia - Madesimo (SO)		Latitudine	Longitudine
Quota [m.s.l.m.]	1600				5145634	1524746
Orientazione Versante	182° - 002° (direzione media)	immersione/inclinazione	092° / 050°	Altezza[m]	6	Area [m]
Orientazione Affioramento	182° - 002° (direzione media)	immersione/inclinazione	092° / 055°	Larghezza[m]	15	90
Classe Litotecnica	resistente	Ammasso	lastriforme	Alterazione	decolorato	Instabilità
V.R.U.	(massimo) 400*300*150= 18 m ³		(medio) 40*30*5= 6 dm ³		GSI	58

Immagine/ Schizzo	Proiezione Stereografica	Descrizione Geologica															
		Paragneiss a due miche roccia scistosa a grana fine con livelli di quarzo, biotite, muscoviete. Formazione Falda Tambò Litotipo Paragneiss Indice di Fessurazione Volumetrico Jv 22,56 RQD % 40,56 Parametri di resistenza e deformabilità del materiale roccia															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Assunzioni</th> <th>Dati Sperimentali</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso di volume γ [kN/m³]</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Resistenza a compress monoax σ_c</td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Modulo elastico Et [GPa]</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rapporto di Poisson ν</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Assunzioni	Dati Sperimentali	Peso di volume γ [kN/m ³]	X		Resistenza a compress monoax σ_c		X	Modulo elastico Et [GPa]	X		Rapporto di Poisson ν	X	
	Assunzioni	Dati Sperimentali															
Peso di volume γ [kN/m ³]	X																
Resistenza a compress monoax σ_c		X															
Modulo elastico Et [GPa]	X																
Rapporto di Poisson ν	X																

Successivamente sono riportate tre classificazioni dell'ammasso roccioso:

ROCK MASS RATING (Bieniawsky 1989)		
PARAMETRO	COEFFICIENTI	
Resistenza a compressione	7	
RQD %	8	
Spaziatura	10	
Condizione delle discontinuità	Persistenza	25
	Apertura	
	Rugosità	
	Riempimento	
Alterazione		
Umidità	13	
RMR: 63		

Il quale stabilisce una buona qualità dell'ammasso roccioso.

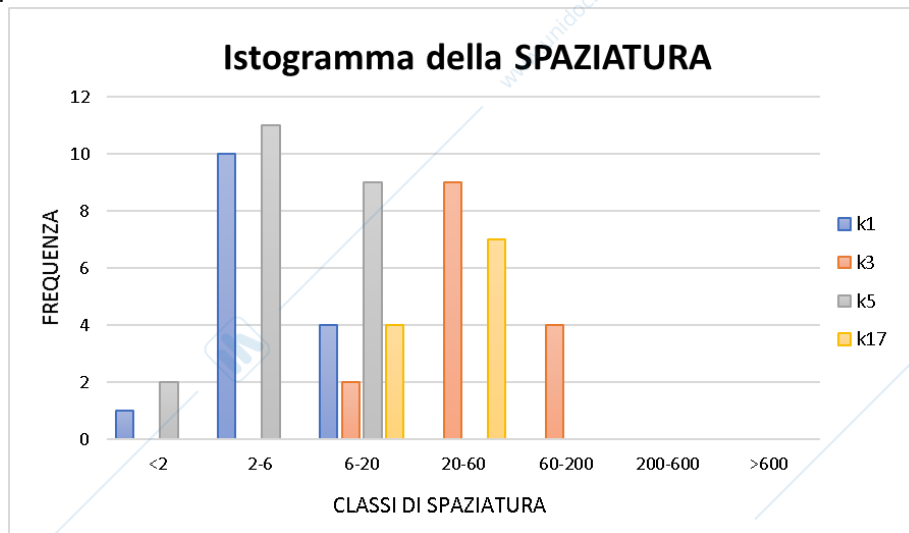
BASIC GEOLOGICAL DESCRIPTION (ISRM961)		
PARAMETRO	VALORI	COEFFICIENTI
Spaziatura	20,11 cm	L3
Intercetta	<6 cm	F5
Resistenza	866,76 kg/cm ²	S2
Angolo di attrito dei giunti	30°	A3
Alterazione	w2	W2
BGD: L3, F5, S2, A3, W2		

Q SYSTEM	
PARAMETRO	COEFFICIENTE
RQD %	63
Jn	15
Jr	3
Ja	1
Jw	0,66
SRF	5
Q SYSTEM: 1,66	

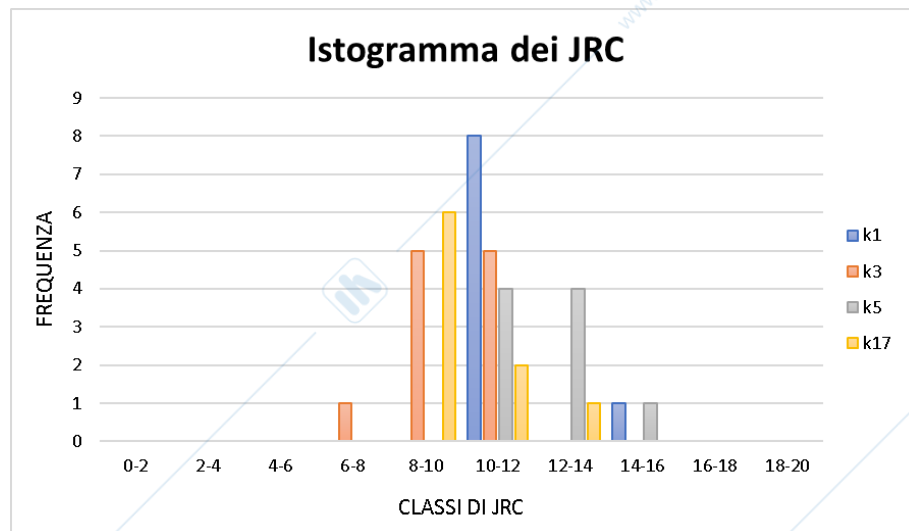
Il quale classifica l'ammasso roccioso come povero.

Successivamente sono state creati degli istogrammi da cui si può osservare direttamente la distribuzione dei valori nelle varie discontinuità:

■ Della Spaziatura



■ Del JRC



Infine sono stati confrontati i valori di resistenza a rottura della prova di compressione monoassiale σ_c e i valori medi di JCS sulla superficie naturale, in quanto si sono considerati i valori più cautelativi.

JCS medio [MPa]	σ_c [MPa]
Superf. naturale	Sforzo a rottura
40,25	85
Ricavato dal martello di Schmidt	Ricavato dalla curva σ - ϵ

Dal confronto si può notare che i valori ottenuti dalla prova di compressione monoassiale risultano più del doppio dei valori ricavati dal martello di Schmidt.

ESERCIZIO 7 – Rilievi geomeccanici

Da un rilievo strutturale / geomeccanico speditivo sono state riconosciute 3 famiglie principali di discontinuità:

K1 (ST): discontinuità di stratificazione con spaziatura media di 30 cm

K2 : fratture parallele al pendio distanziate 45 cm

K3 : fratture normali alla stratificazione e distanziate 22 cm.

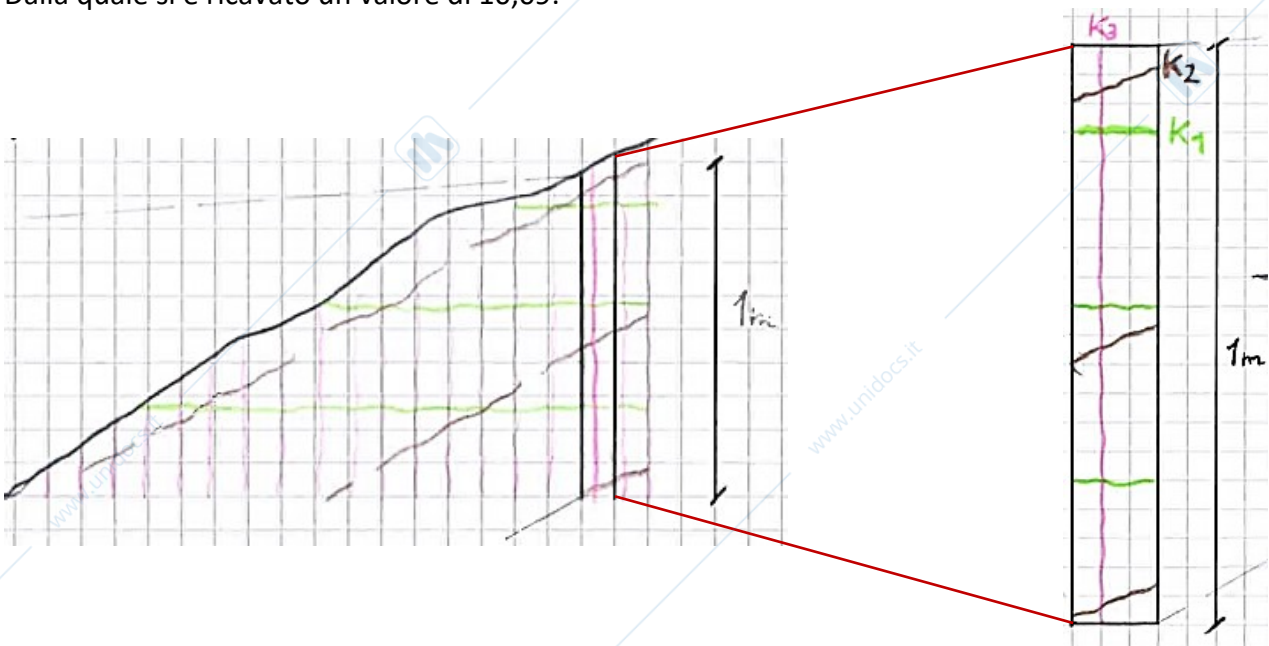
E si è effettuato una prova a carico puntiforme (Point Load) su un campione di una carota di 50 mm di diametro che ha dato un carico a rottura di 949 kg.

- Valutare la frequenza media volumetrica delle discontinuità e l'RDQ;
- Ricostruire graficamente una carota teorica con le caratteristiche di RQD precedentemente ricavate;
- Stimare la qualità dell'ammasso roccioso secondo l'abaco della figura allegata.

La frequenza media volumetrica delle discontinuità J_v è stata calcolata con la formula:

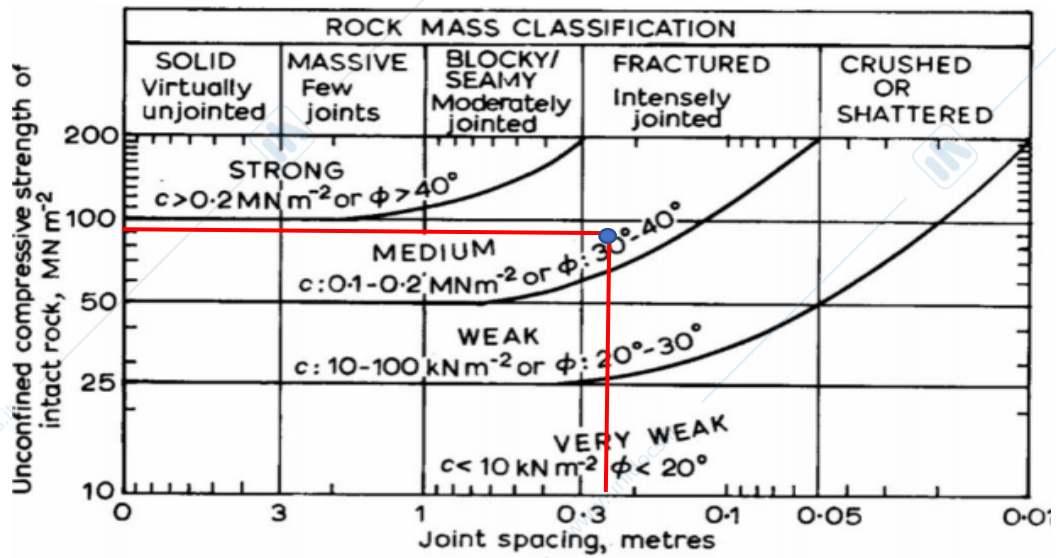
$$J_v = J_{vK1} + J_{vK2} + K_{vK3} = \frac{100}{K1} + \frac{100}{K2} + \frac{100}{K3}$$

Dalla quale si è ricavato un valore di 10,09.



Per stimare la qualità dell'ammasso roccioso però è prima necessario trovare lo sforzo a rottura σ_c dalla prova di Point load, il quale si effettua trovando I_s con la formula $I_s = P/D^2$, successivamente trovando I_{s50} utilizzando il grafico di riferimento e infine è stato possibile trovare σ_c moltiplicando I_{s50} per il fattore moltiplicativo 25. In questo modo $\sigma_c = 93 \text{ MN/m}^2$.

Così inserendo il valore di σ_c e la spaziatura media minima delle famiglie di discontinuità (0,22 m) è possibile stimare la qualità dell'ammasso roccioso.



La classificazione sopra riportata determina una qualità dell'ammasso roccioso media nel campo "fractured, intensely jointed".

Esercizio 8 – Rilievi geomeccanici

Su un versante subverticale, dove affiorano micascisti con peso di volume $\gamma = 2.55 \text{ t/m}^3$ l'ammasso roccioso è caratterizzato da tre sistemi principali di discontinuità:

$K_1=270^\circ/88^\circ$, parallela al pendio;

$K_2=85^\circ/06^\circ$, normale al pendio;

$K_3=259^\circ/26^\circ$ a franapoggio (base inferiore del blocco, $\alpha = 26^\circ$).

Tali sistemi isolano un blocco con le seguenti dimensioni:

altezza $H=3.2 \text{ m}$;

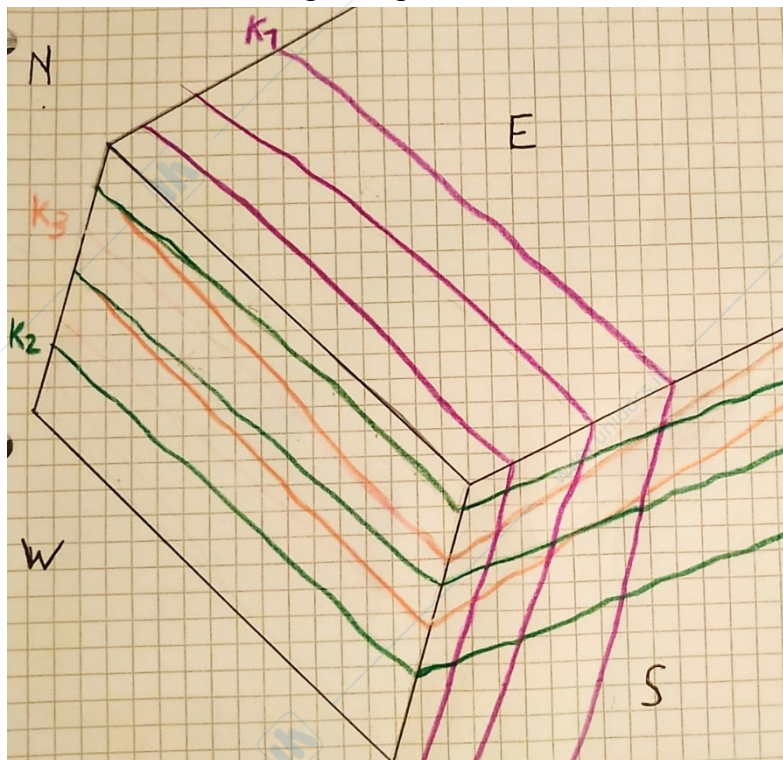
lunghezza $B = 2.8 \text{ m}$;

larghezza $L=4,1 \text{ m}$.

Poiché si intende costruire una condotta forzata ai piedi del versante:

- Schematizzare la situazione;
- Calcolare il peso di un blocco elementare e le componenti della forza peso lungo la discontinuità su cui è impostato un eventuale movimento del blocco e normalmente ad essa;
- Verificarne la stabilità con il metodo grafico riportato, sapendo che è stato calcolato un angolo d'attrito per K_3 pari a $\phi = 37^\circ$ per giunti rugosi e $\phi 25^\circ$ per giunti lisci.

Il blocco isolato è schematizzato nell'immagine seguente:



Per calcolare il peso del blocco bisogna prima trovare il volume del blocco che potrebbe destabilizzarsi, il Volume Roccioso Unitario (VRU), il quale si calcola con la formula:

$$VRU = \frac{H \times B \times L}{\sin \alpha \times \sin \beta \times \sin \gamma}$$

Con α , β e γ dati dall'angolo presente tra le differenti discontinuità (da proiezioni stereografiche).

Dalla quale si ottiene un $VRU = 87,47 \text{ m}^3$.

Mentre il peso del blocco si trova come prodotto tra il peso di volume del micascisto affiorante γ (2.55 t/m³) e il VRU (87,47 m³). In questo modo si ottiene un peso P di 218,65 tonnellate = 218.650 Kg.

Le componenti della forza peso lungo la discontinuità su cui è impostato un eventuale movimento del blocco (K3, inclinazione di 26°) e normale ad essa, sono ricavabili rispettivamente con le formule:

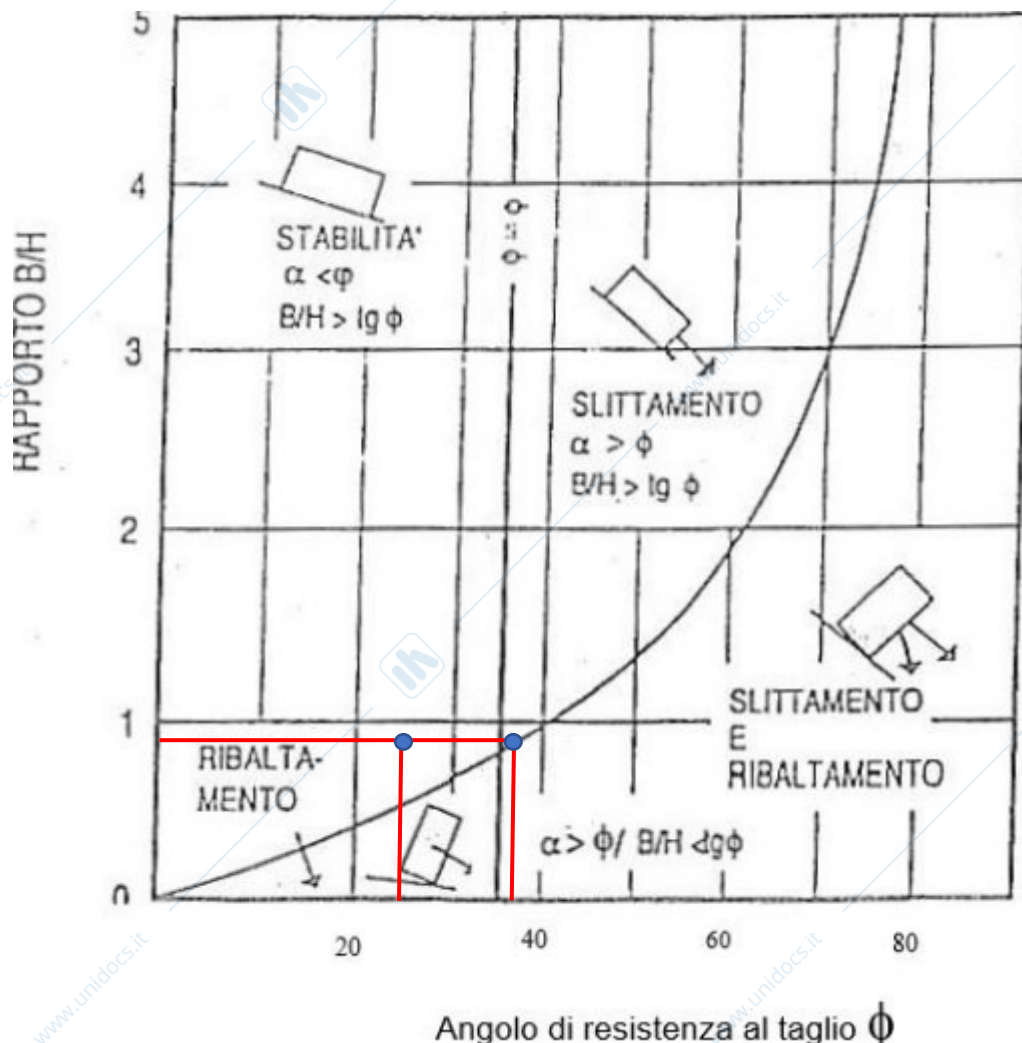
$$F_{p//} = P \times g \times \sin(26^\circ) = 8,52 \times 10^2 \text{ kN}$$

$$F_{p\perp} = P \times g \times \cos(26^\circ) = 1,97 \times 10^3 \text{ kN}$$

Con g la costante di gravità pari a 9,81 N/Kg.

Infine, per verificare la stabilità del blocco con il metodo grafico è necessario calcolare il rapporto $B/H = 2,8 \text{ m} / 3,2 \text{ m} = 0,875$ e considerare i due angoli di resistenza al taglio. In questo modo si hanno due casi:

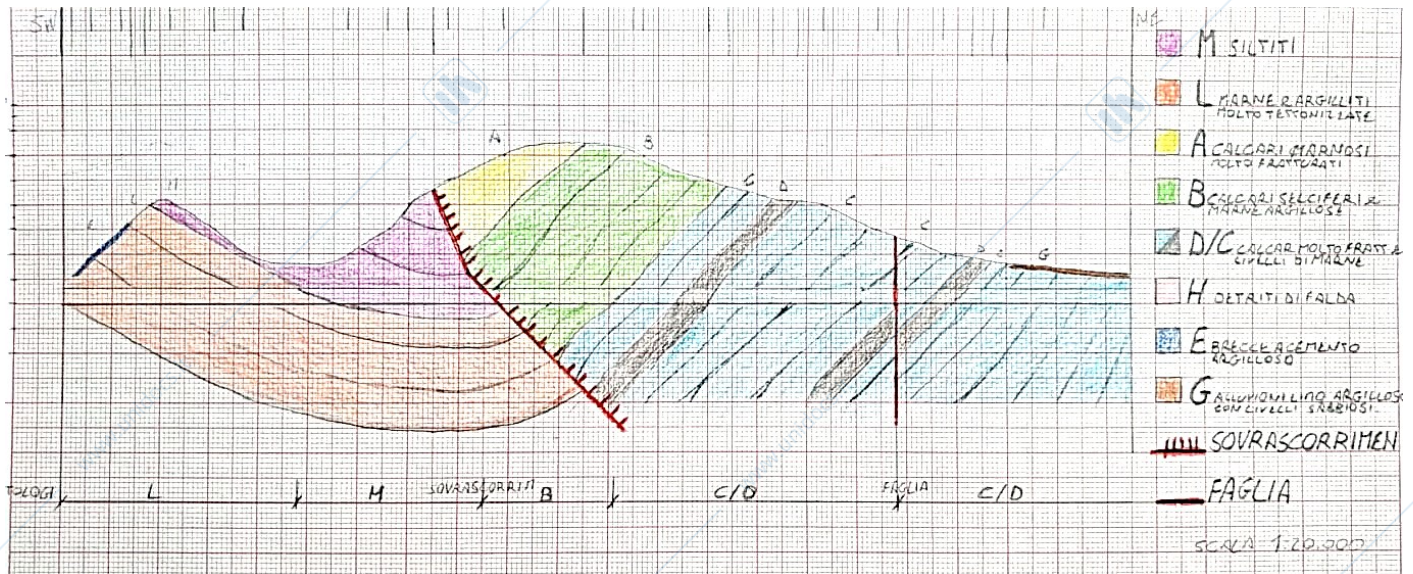
- Considerando l'angolo di attrito su giunti rugosi ϕ di 37° e la sua tangente, $Tg(37^\circ) = 0,75$. Si ottiene che $\alpha < \phi$, e che $B/H > Tg(37^\circ)$. Così si ha una situazione di stabilità del blocco;
- Considerando l'angolo di attrito su giunti lisci ϕ di 25° e la sua tangente, $Tg(25^\circ) = 0,47$. Si ottiene che $\alpha > \phi$, e che $B/H > Tg(25^\circ)$. Così si ha un possibile cinematismo di slittamento del blocco lungo la K3.



ESERCIZIO 09 - PROFILO GEOLOGICO PREVISIONALE DI UNA GALLERIA

Si deve progettare una galleria stradale lungo un allineamento nella carta geologica:

- Ricostruire il profilo geologico previsionale del tratto di galleria dalla carta geologica:



- Indicare quali sono i problemi di accesso alla galleria;
- Definire le zone di possibili venute d'acqua e di altri eventuali situazioni problematiche;
- Indicare la previsione di qualità dell'ammasso roccioso attraversato dallo scavo secondo la classificazione di Bieniawski agli imbocchi della galleria (imbocco Sud -Ovest e Nord-Est);
- Prevedere indicativamente la qualità dell'ammasso e i problemi esistenti lungo tutto il tracciato della galleria alle diverse progressive con il metodo di Rabcewicz-Pacher.

I problemi di accesso alla galleria:

→ L'imbocco a S-W presenta problemi legati alla condizione delle litologie superficiali, in quanto le marne e siltiti sono fortemente tettonizzate e sono caratterizzate da una stratificazione indistinta, pur identificando un rapporto con il versante a reggipoggio.

→ L'imbocco a N-E presenta sempre problemi di instabilità dati dalla forte fratturazione dei calcari che costituiscono le pareti del foro, ma anche problemi di instabilità legati ai depositi sciolti di origine alluvionale presenti allo sbocco della galleria.

Le zone di possibili venute d'acqua e di altri eventuali situazioni problematiche:

All'interno del foro ipotizzato per la costruzione della galleria sono presenti diverse zone di possibile venuta d'acqua, principalmente date dalle faglie e sovrascorrimenti che intercettano il perforo e le litologie sovrastanti, che creano vie preferenziali di infiltrazione d'acqua. Altre zone di venuta d'acqua possono essere i calcari fortemente fratturati, nei quali, anche in questo caso, l'acqua può trovare percorsi preferenziali per una possibile infiltrazione.

Dunque, nelle aree in cui sono presenti queste problematiche sarà necessario tener conto dei costi della progettazione ed esecuzione della impermeabilizzazione.

Ulteriori problemi sono quelli dovuti alla stratificazione di alcune litologie, come calcari selciferi alternati a marne argillose (B) e i calcari con livelli di marne (C/D), in quanto presentano una stratificazione ad alto angolo rispetto il perforo che potrebbero generare scivolamenti all'interno della galleria.

Classificazione di Beniaowski agli imbocchi della galleria:

IMBOCCO Sud-Ovest				
ROCK MASS RATING (Beniawski, 1989)				
Parametro		Valore	Coefficiente	
R1	RESISTENZA DEL MATERIALE ROCCIA	Is =3,26 Mpa	7	
R2	RQD	52%	13	
R3	SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'	8 cm	8	
R4	CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	PERSISTENZA	10-20 m	10
		APERTURA	1-5 mm	
		RUGOSITA'	Liscia	
		RIEMPIMENTO	< 5 mm	
		ALTERAZIONE	Alterata	
R5	VENUTE D'ACQUA	Asciutta	15	
RMR base			53	
Classe	III	Qualità Ammasso	Media	
R6	Direzione di percussione	Concorde all'immersione delle stratificaizoni	Immersione 20-45°	2
RMR*			51	

IMBOCCO Nord-Est				
ROCK MASS RATING (Beniawski, 1989)				
Parametro		Valore	Coefficiente	
R1	RESISTENZA DEL MATERIALE ROCCIA	Is =6,93 Mpa	12	
R2	RQD	65%	13	
R3	SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'	10 cm	8	
R4	CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'	PERSISTENZA	10-20 m	10
		APERTURA	1-5 mm	
		RUGOSITA'	Liscia	
		RIEMPIMENTO	< 5 mm	
		ALTERAZIONE	Alterata	
R5	VENUTE D'ACQUA	Umida	10	
RMR base			53	
Classe	III	Qualità Ammasso	Media	
R6	Direzione di percussione	Concorde all'immersione delle stratificaizoni	Immersione >45°	0
RMR*			53	

I quali definiscono una qualità dell'ammasso media (Classe III).

Previsione indicativa della qualità dell'ammasso e i problemi esistenti lungo il tracciato della galleria con il metodo di Rabcewicz-Pacher:

0-1 km: si incontra la litologia L fortemente tettonizzata a stratificazione indistinta, secondo il metodo Rabcewicz-Pacher questa litologia appartiene alla **classe III**, perché è contraddistinta da rocce molto alterate ci si aspetta che tendano a crollare compromettendo la sezione dello scavo.

1-1,9 km: si hanno le siltiti in strati, le quali sono inserite nella **classe I**;

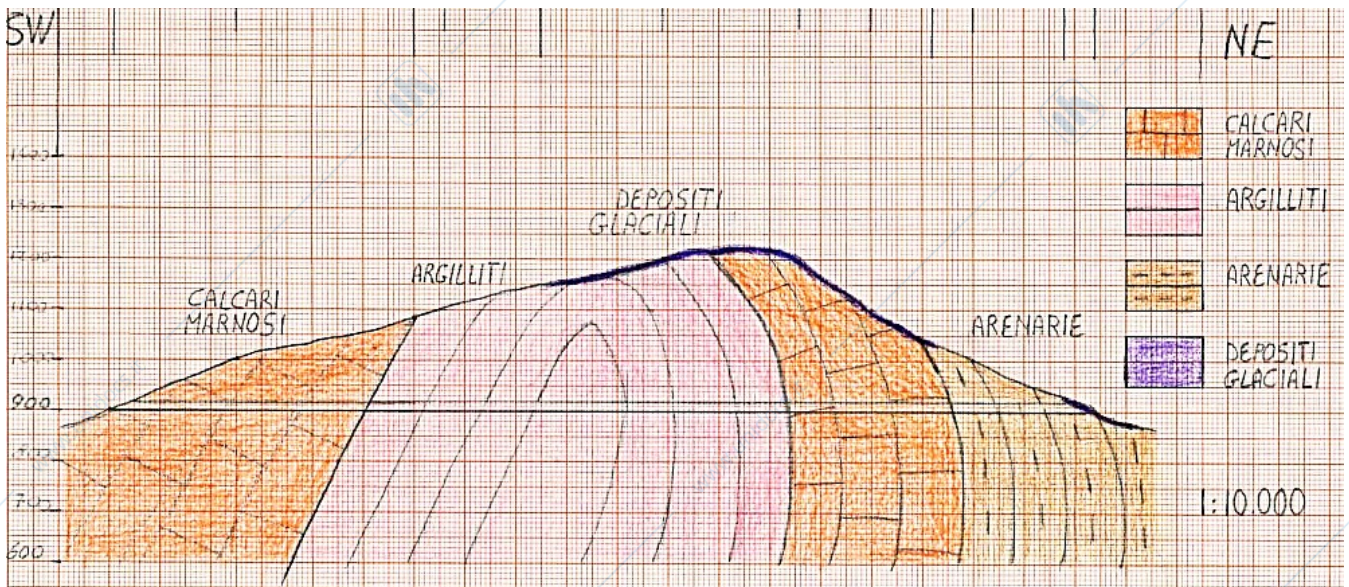
1,9-2,2 km: si hanno calcari selciferi alternati a marne argillose, in strati di 20-30 cm, che rientrano nella **Classe I**;

2,2-5 km: si hanno calcari in strati fortemente fratturati con livelli di marne fogliettate, associate alla **Classe III**;

Nell'ultimo tratto si prevede un possibile deposito alluvionale costituito da materiale limoso-argilloso con clasti fino al m³, appartenente alla classe **Vb**.

ESERCIZIO 010 - PROFILO GEOLOGICO PREVISIONALE DI UNA GALLERIA (D)

Eseguita la sezione geologica lungo l'asse del tracciato della galleria, posta a quota 900 m s.l.m., nell'immagine seguente, indicarne le problematiche principali:



Le problematiche principali si possono individuare a livello al chilometro 0,5 dall'imbocco S-W della galleria in quanto sono presenti litotipi plastici come argilliti, le quali, dato anche l'angolo di immersione elevato, possono innescare uno scivolamento. Ulteriore problema è possibile osservarlo al chilometro 1,65 dall'imbocco S-W, dove, secondo la sezione è riportato il contatto con le arenarie, che possono creare una via preferenziale di infiltrazioni d'acqua.

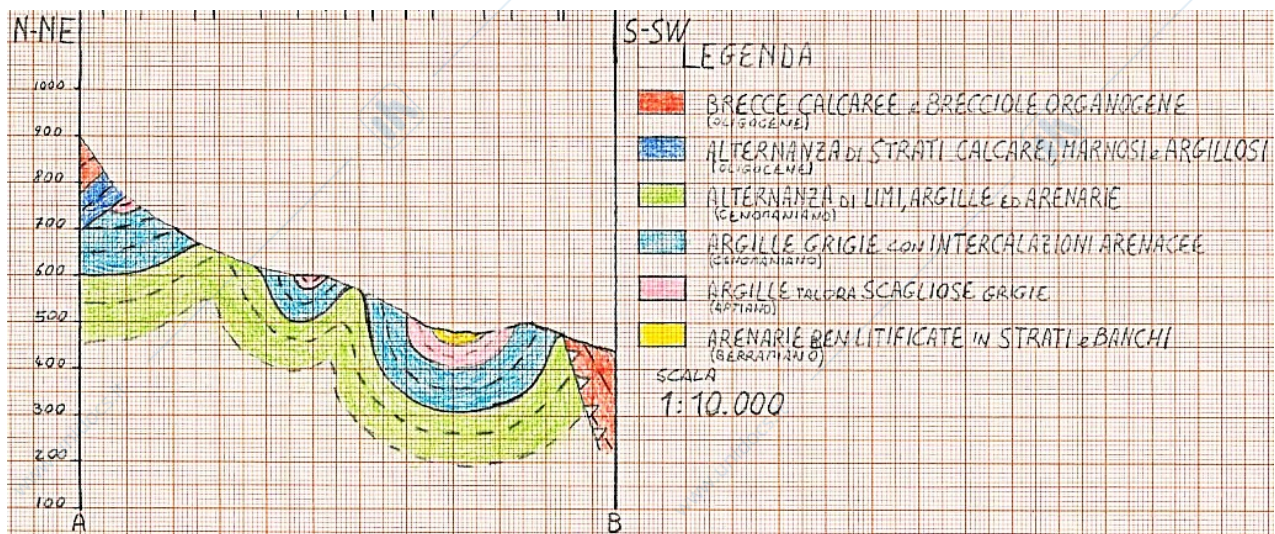
Queste zone in cui si possono riscontrare problemi possono essere meglio osservate attraverso sondaggi, utili a migliorare le conoscenze sulla qualità dell'ammasso roccioso e studiare il comportamento dei depositi sciolti. Le indagini indicate possono essere:

- Rilevamento diretto: per identificare meglio le giaciture dei litotipi superficiali e comprendere meglio la qualità degli ammassi rocciosi;
- HSVR: per individuare con maggior dettaglio il contatto tra deposito sciolto e copertura sedimentaria;
- Prospezioni Geoelettriche: per definire la resistività e ricavare indirettamente i parametri idraulici delle differenti litologie.

ESERCIZIO 011 - sezione GEOTECNICA

In relazione alla Carta geologica allegata è richiesto di:

- eseguire una sezione geologica lungo la traccia indicata nella stessa planimetria.



- descrivere gli assetti geologico, strutturale, morfologico e idrogeologico dell'area:

L'area d'interesse presenta un dislivello generale di circa 400 m, con un massimo di circa 900 m s.l.m. e un minimo di 300 m s.l.m., ed è caratterizzata dalla presenza di due impluvi e un displuvio posto al centro. Nell'area affiorano sia litologie del Cretaceo, continue e concordi tra loro, sia litologie più recenti del Paleogene, le quali presentano un rapporto di discordanza con le litologie più antiche prevalentemente sedimentarie terrigene. In più sono osservabili dei detriti di pendio recenti.

Sono presenti sia strutture di deformazione plastica quali pieghe, in cui si possono osservare nella sezione geologica gli assi delle anticlinali e sinclinali con direzione sub-verticale, che impostano un rapporto a reggipoggio o franapoggio con il versante, a seconda del lembo della piega affiorante; ma anche strutture di deformazione fragile, quali il sovrascorrimento con andamento NW-SE, che interessa le breccie calcaree e brecciole organogene a nummoliti e alveoliti, sovrascorse prevalentemente sopra le litologie cretacee; ma anche una faglia con direzione N-S, che non intercetta la sezione eseguita, pre-oligocenica.

L'assetto idrologico superficiale dell'area è influenzato principalmente dalla morfologia in quanto l'acqua scorrerà negli impluvi. Mentre lo scorrimento profondo è influenzato dalla presenza della faglia, la quale può presentare una via preferenziale per l'infiltrazione di acque superficiali, e da litologie calcaree, le quali possono subire un processo di carsismo e creare strutture di ambiente carsico superficiali e profonde.

- programmare, giustificandone l'utilità, eventuali indagini da eseguire nell'area.

L'area in cui è stata effettuata la sezione presenta litologie caratterizzate da una resistenza non elevata e una duttilità generalmente alta, portando l'area si presenta in generale non resistente ed incline a cinematismi plastici. Per questo motivo, è necessario eseguire:

- Rilevamento geologico-tecnico per individuare i caratteri principali delle litologie presenti e individuare le aree più critiche;
- Serie di carotaggi utili a definire la geometria della faglia e caratteristiche profonde delle litologie;
- Prospezioni geofisiche per comprendere le relazioni tra i differenti litotipi;
- Prove di permeabilità per ricavare i valori infiltrazione dei diversi litotipi.

ESERCIZIO 12 - Rappresentare su un reticolo di Schmidt in proiezione ciclografica e polare i piani di discontinuità con seguente orientazione:

A1 170°/10°

A2 280°/75°

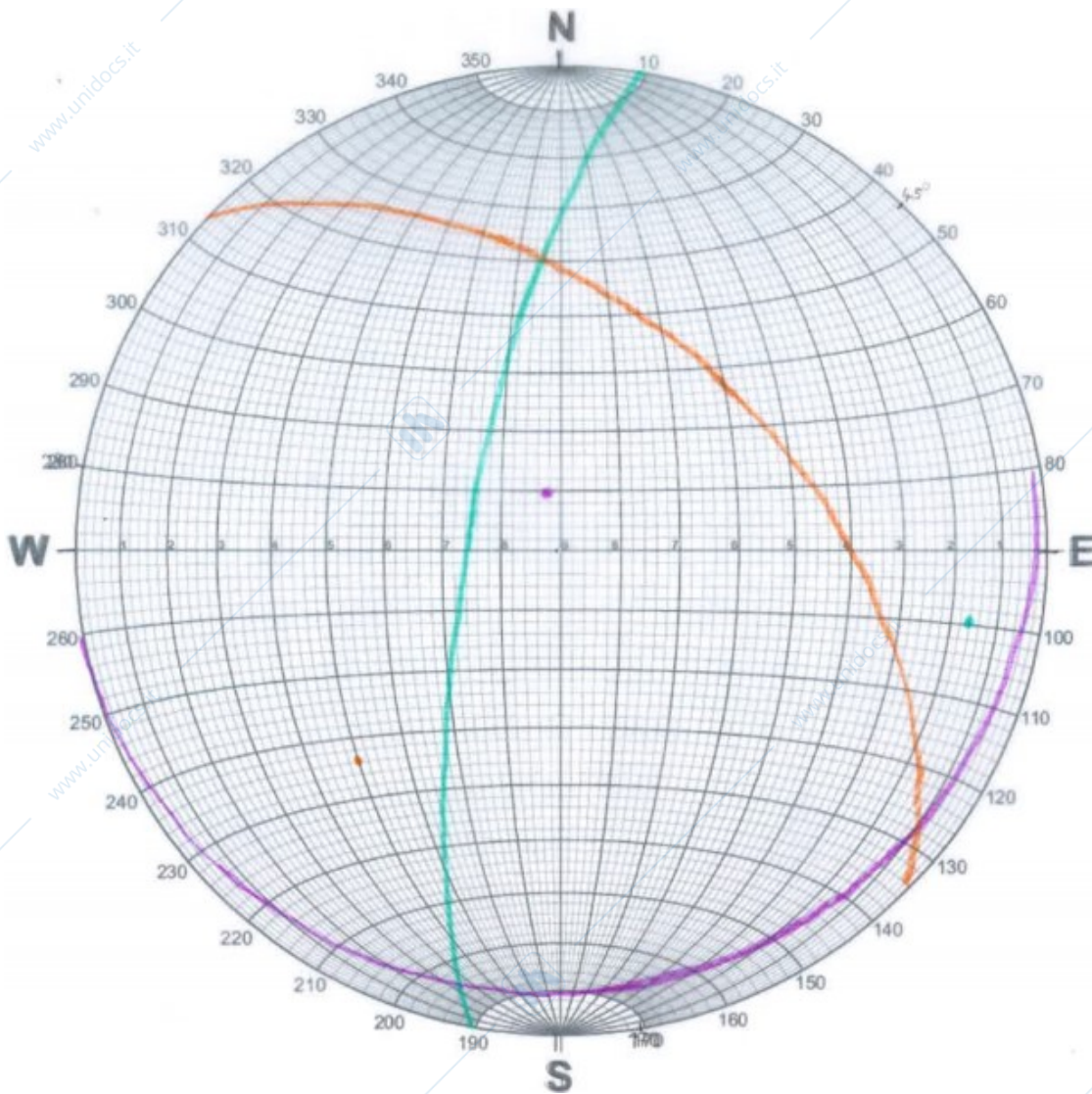
A3 45°/50°

Valutare l'intersezione dei piani:

A1 -A2:195°/10°

A1-A3:127°/7°

A2-A3:357°/40°



ESERCIZIO 13 - TEST DI MARKLAND

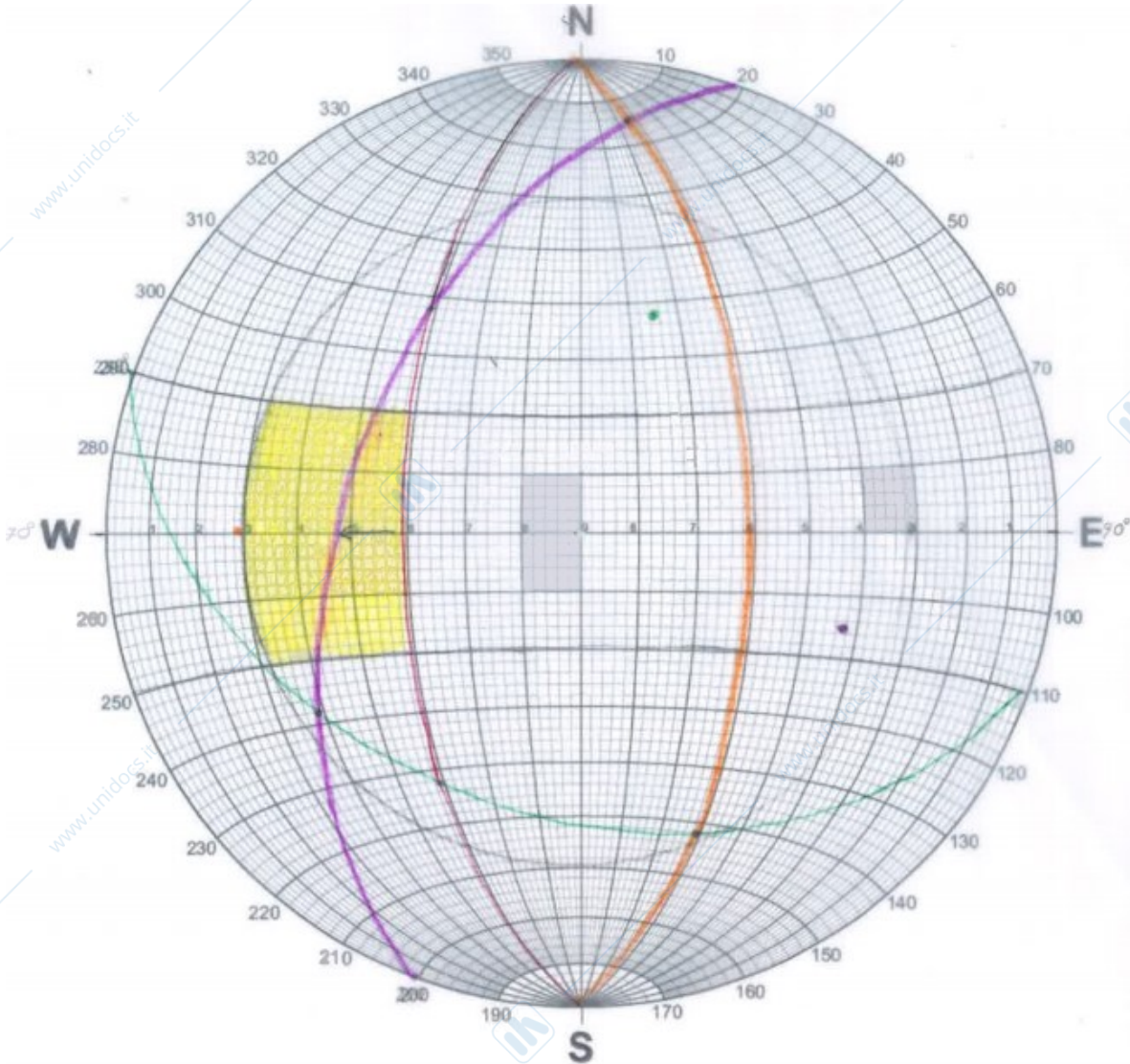
Verificare con il test di Markland la possibilità che si verifichino fenomeni di scivolamento planari e/o a cuneo o di ribaltamento di ammassi rocciosi, dalle seguenti giaciture medie e ammettendo un angolo d'attrito di 30° per tutte le discontinuità:

Pendio= $270^\circ/60^\circ$

A1 = $200^\circ/40^\circ$

A2 = $90^\circ/60^\circ$

A3 = $290^\circ/50^\circ$



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un pendio che presenta determinate discontinuità:

- Scivolamento planare lungo le discontinuità A3;
- Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra A1- A3 (poco probabile);
- Ribaltamento lungo A2.

ESERCIZIO 14 - TEST DI MARKLAND

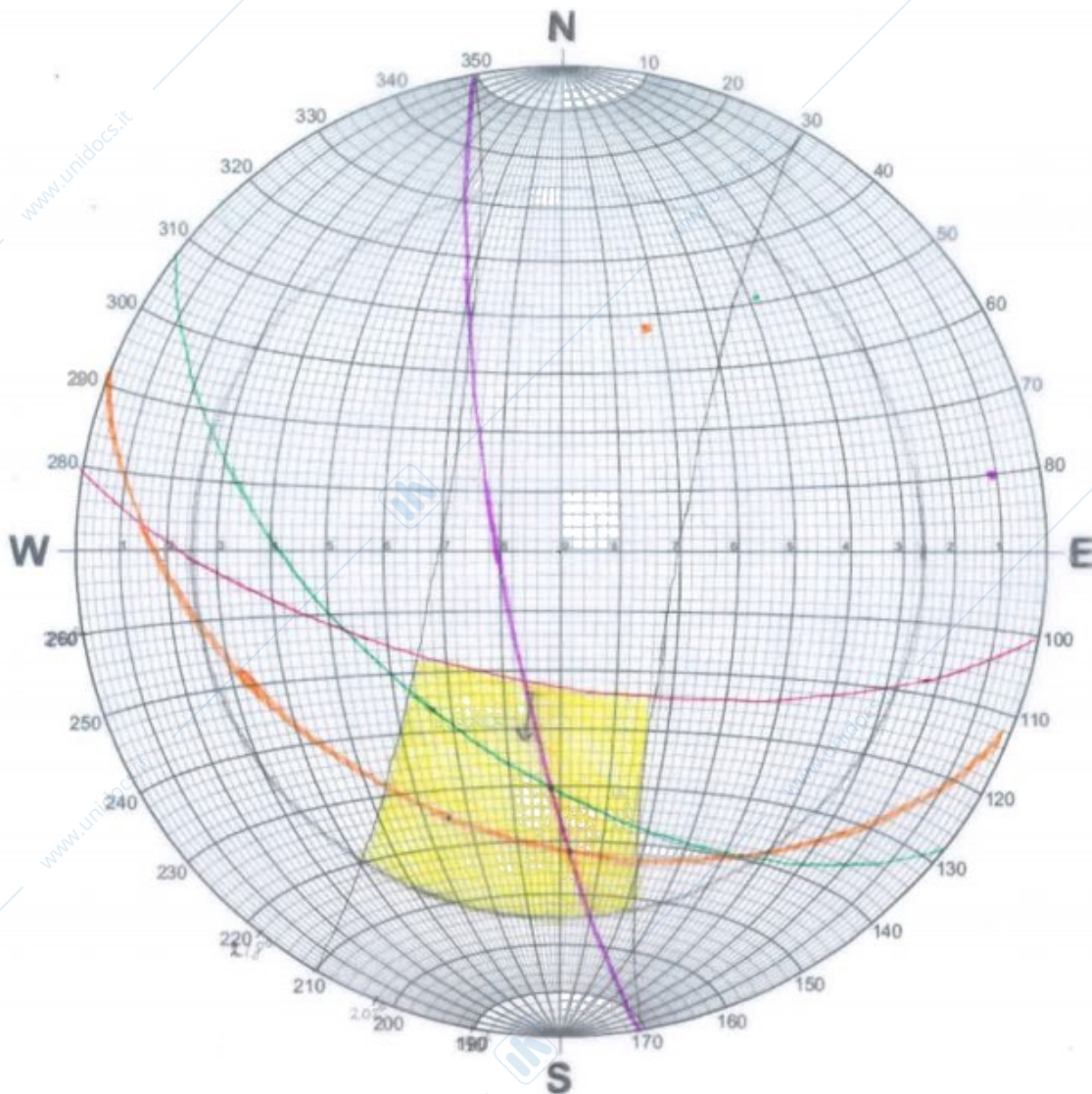
Verificare con il test di Markland la possibilità che si verifichino fenomeni di instabilità dell'ammasso roccioso dalle seguenti giaciture medie rappresentative e ammettendo un angolo d'attrito di 26° per tutte le discontinuità:

pendio = $190/68$

A1 218/56

A2 260/80

A3 202/41



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

→ Scivolamento planare lungo le discontinuità A1 e A3;

→ Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra A1-A2 e A2-A3.

IDENTIFICARE I POSSIBILI CINEMATISMI

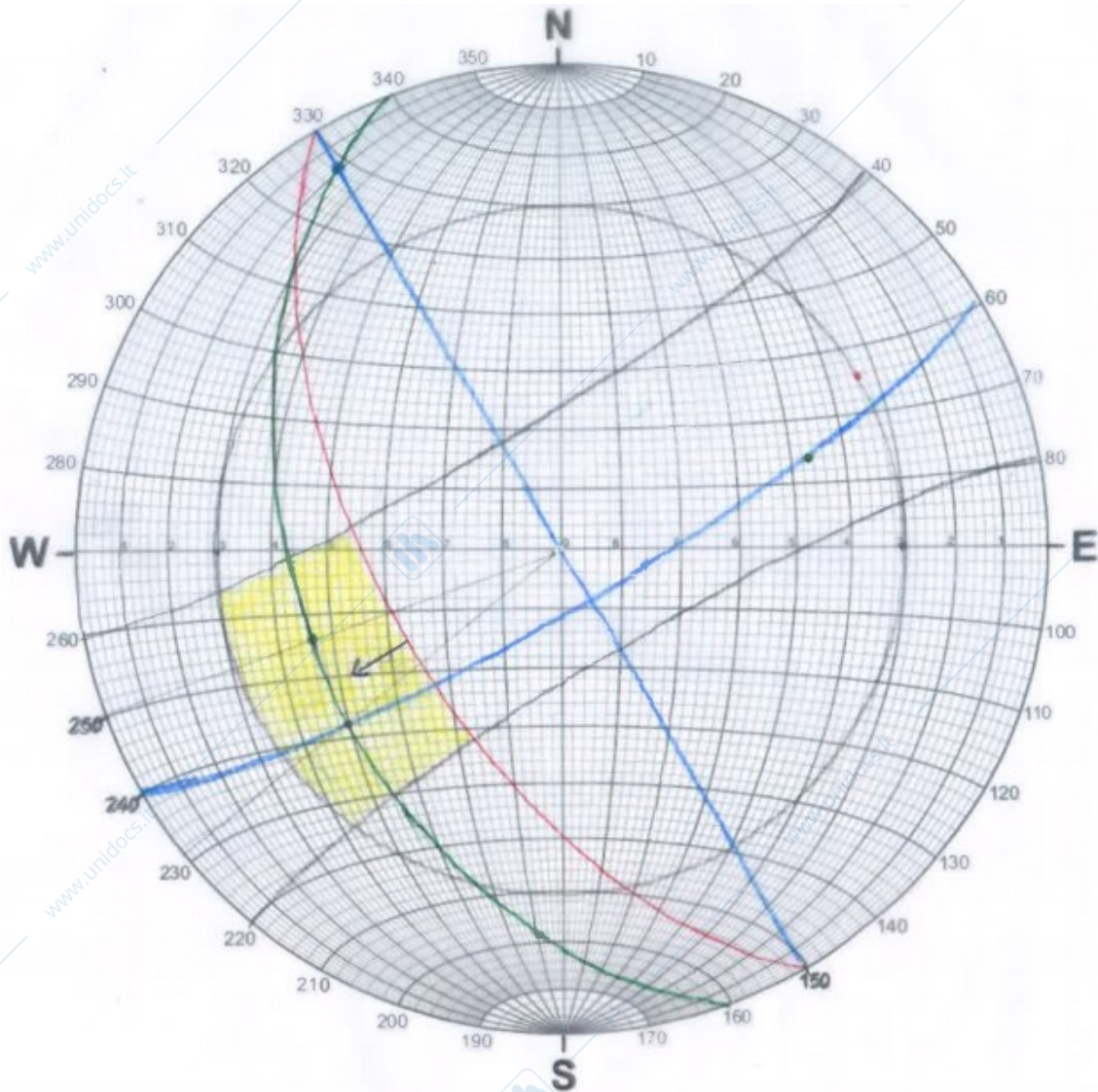
1) **Versante:** $240^\circ/60^\circ$

Scistosità: $250^\circ/45^\circ$

K1: $240^\circ/90^\circ$

K2: $150^\circ/80^\circ$

Angolo d'attrito (ϕ): 30°



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

- Scivolamento planare lungo i piani di scistosità;
- Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra la scistosità e K2;
- Ribaltamento lungo K1.

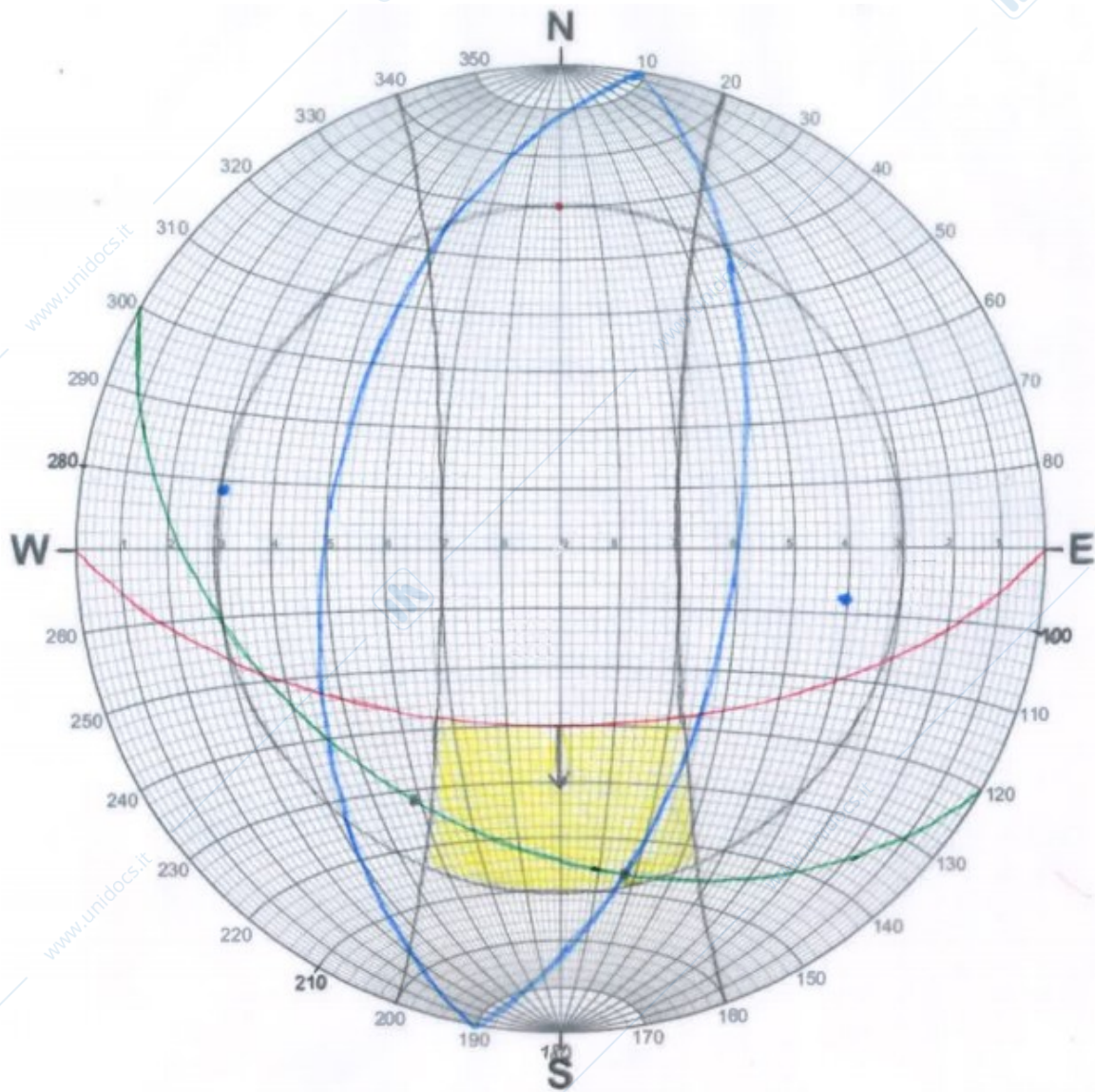
2) **Versante: 180°/60°**

Stratificazione: 210°/40°

K1:100°/60°

K2:280°/50°

Angolo d'attrito (ϕ): 30°



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

→ Scivolamento planare lungo i piani di stratificazione (poco probabile);

→ Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra la stratificazione e K2.

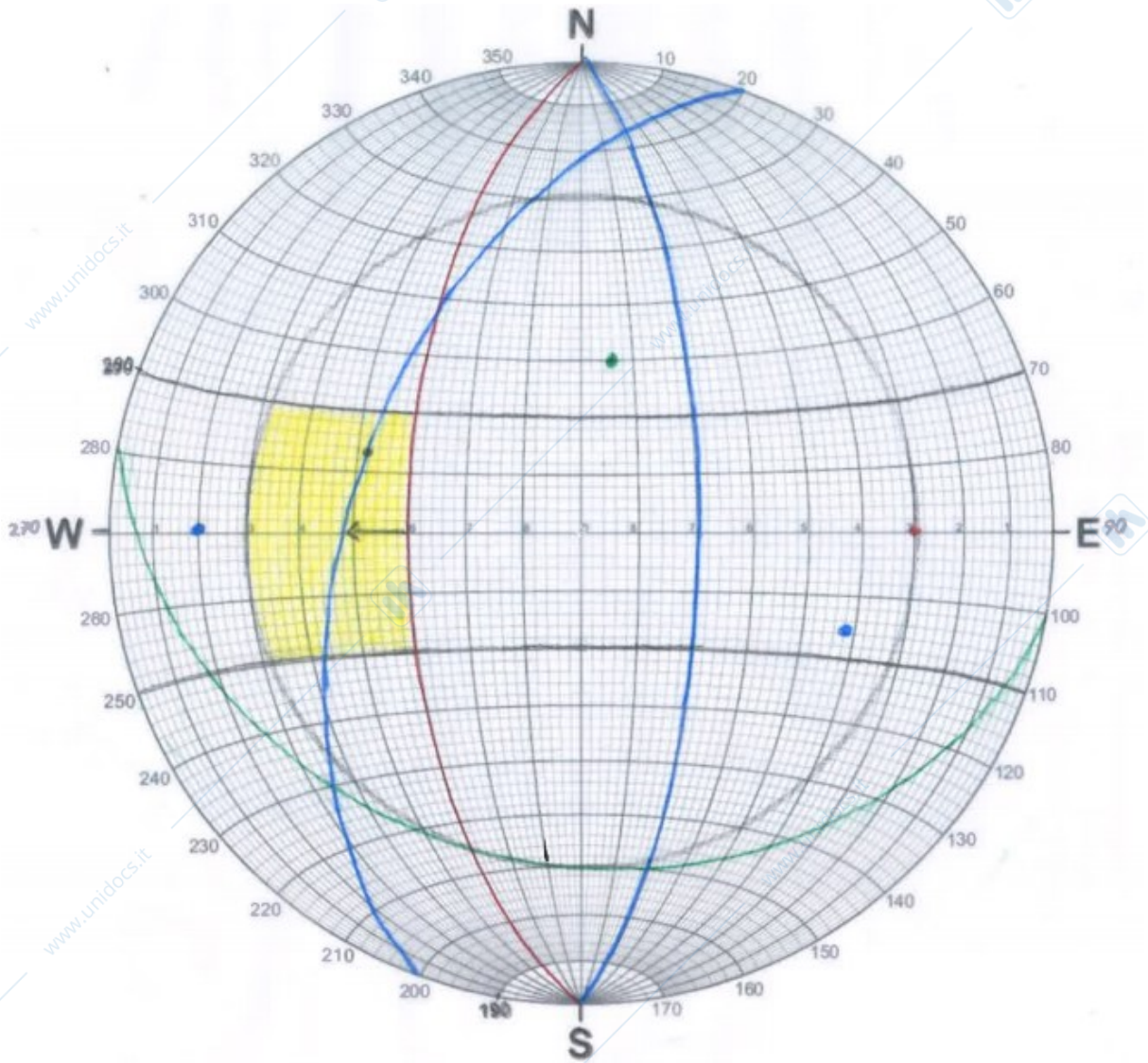
3) **Versante: 270°/60°**

Sciستosità: 190°/30°

K1: 90°/70°

K2: 290°/50°

Angolo d'attrito (ϕ): 30°



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

→ Scivolamento planare lungo le discontinuità K2;

→ Ribaltamento lungo K1.

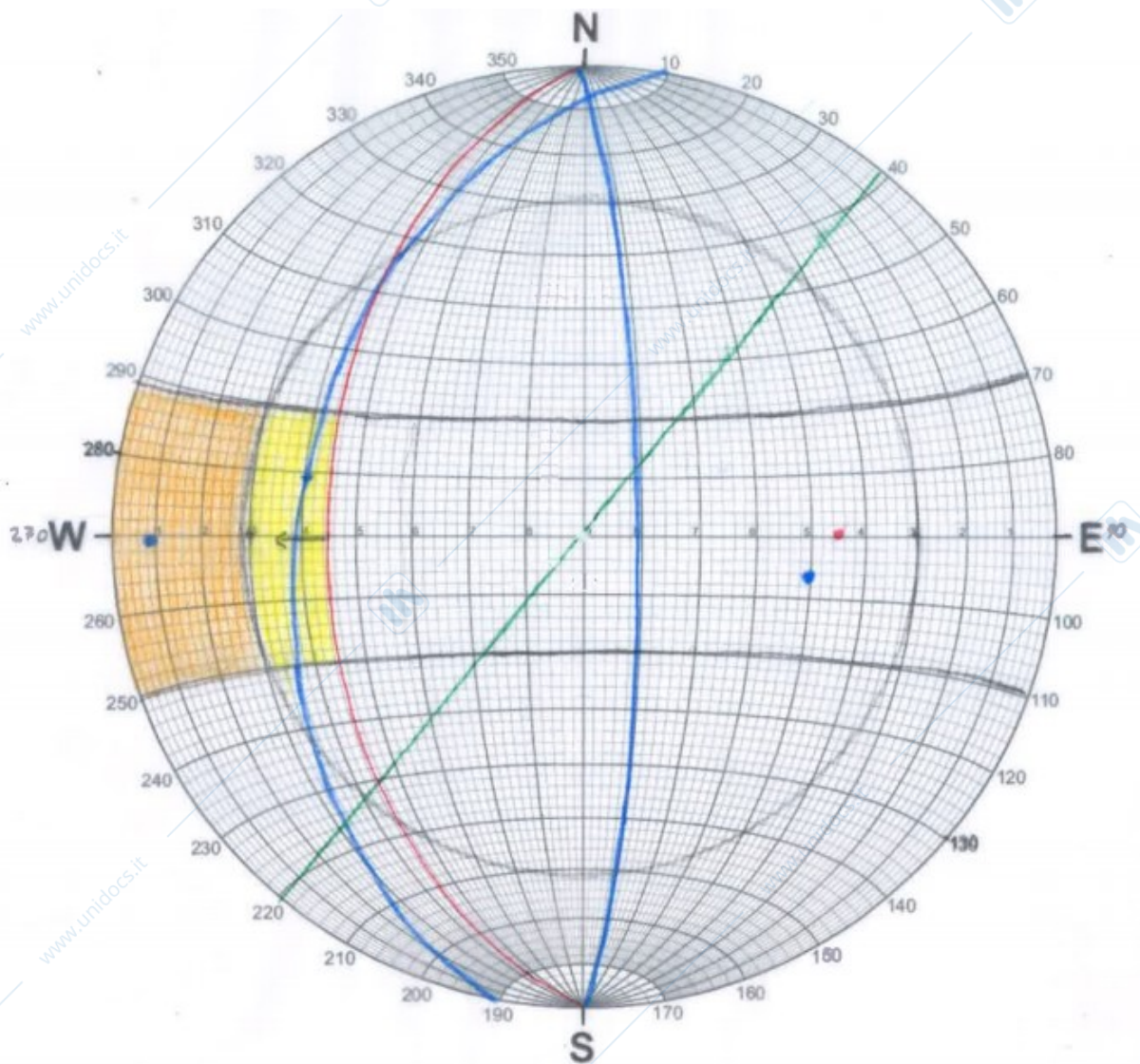
4) **Versante: 270°/45°**

Sciستosità: 130°/90°

K1: 280°/40°

K2: 90°/80°

Angolo d'attrito (ϕ): 30°



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

→ Scivolamento planare lungo le discontinuità K1;

→ Ribaltamento lungo K2.

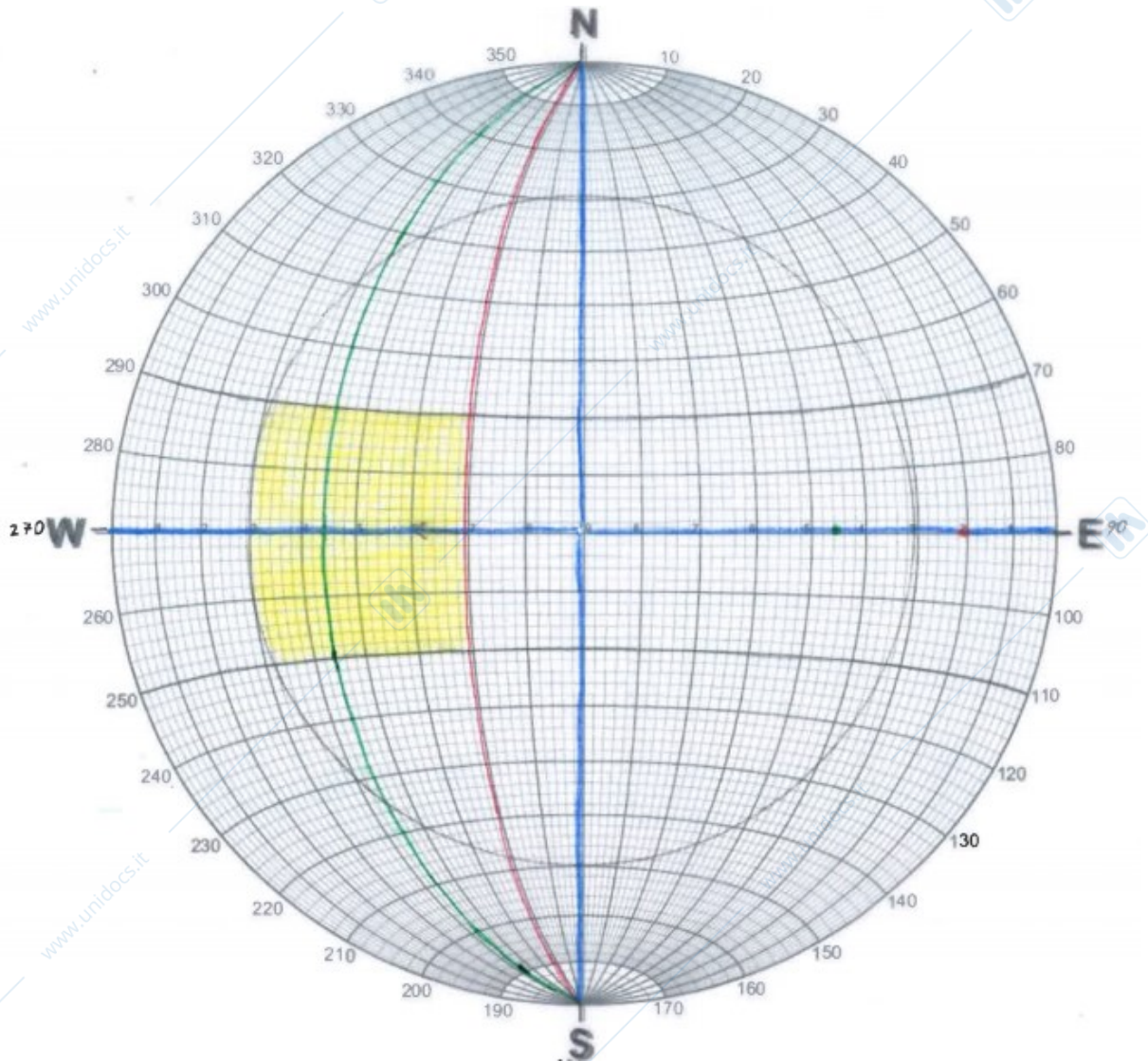
5) **Versante: 270°/70°**

Stratificazione: 270°/45°

K1: 90°/90°

K2: 180°/90°

Angolo d'attrito (ϕ): 30°



Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinatismi possibili lungo un versante che presenta determinate discontinuità:

- Scivolamento planare lungo il piano di stratificazione;
- Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra la stratificazione e K2;
- Ribaltamento lungo K1.

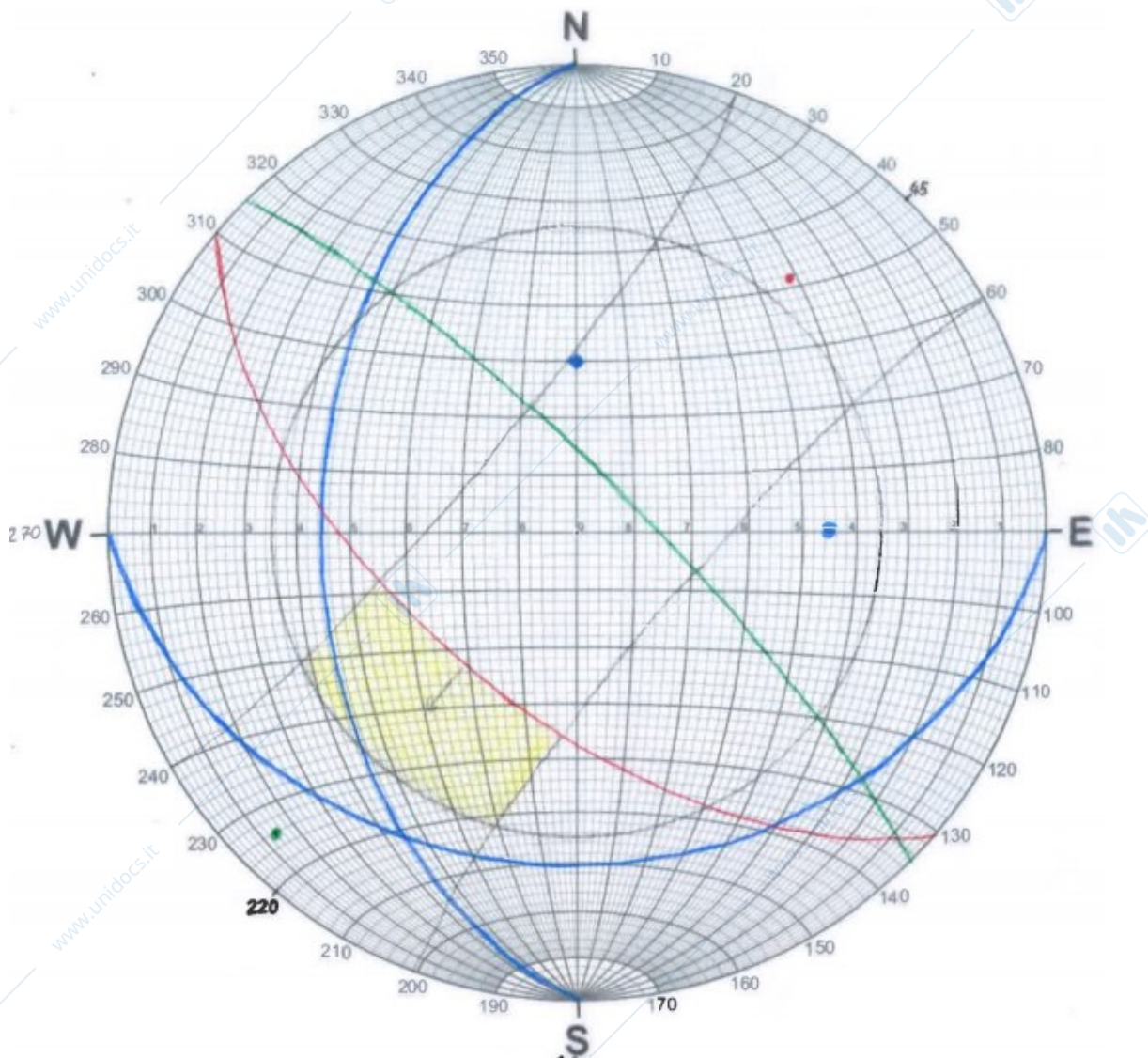
6) **Versante: 220°/60°**

Scistosità: 45°/80°

K1: 270°/45°

K2: 180°/30°

Angolo d'attrito (ϕ): 35°



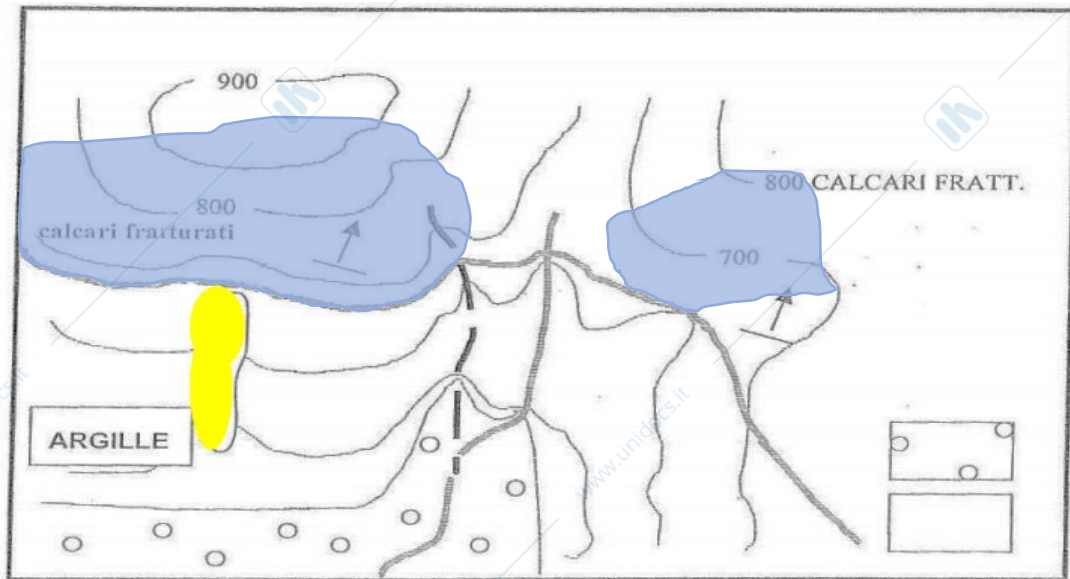
Con l'utilizzo del Test di Markland è stato possibile individuare i cinematismi possibili lungo un pendio che presenta determinate discontinuità:

→ Scivolamento a cuneo lungo i piani creati dall'intersezione tra K1 e K2 (poco probabile);

→ ribaltamento lungo il piano di scistosità.

ESERCIZIO 013 – 2 – CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI

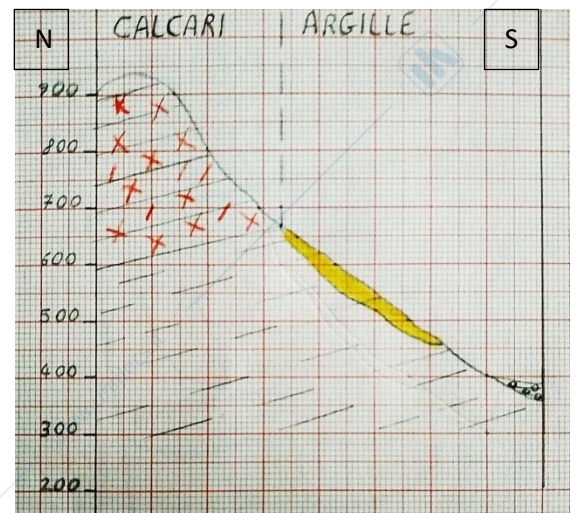
Indicare e delimitare le aree che si ritengono soggette ad un possibile movimento franoso e delimitarle, indicando il tipo di movimento atteso:



Un possibile futuro movimento franoso può essere previsto osservando un precedente fenomeno di instabilità o le litologie presenti e il loro rapporto con il versante.

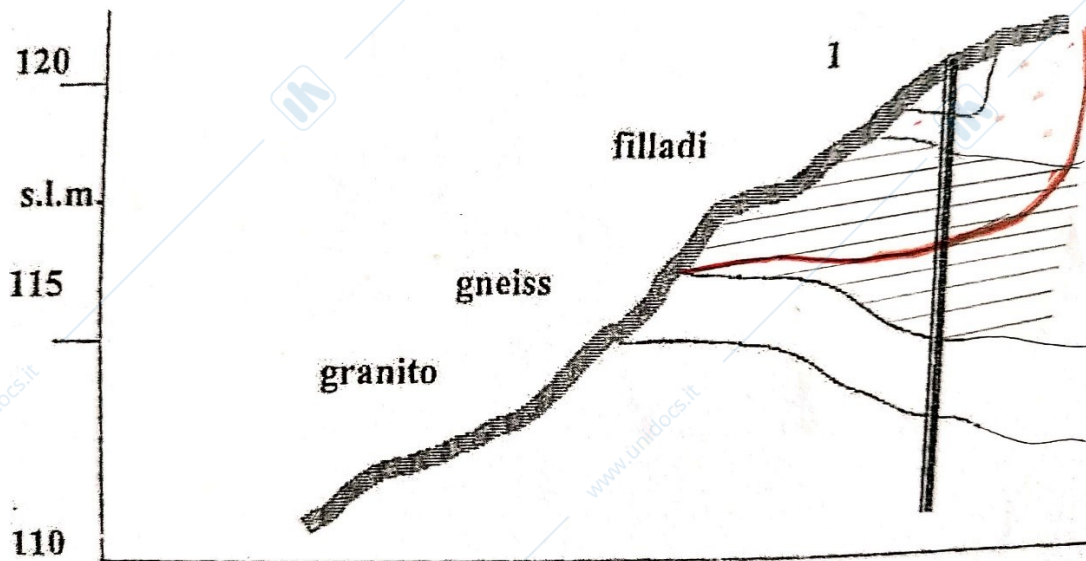
L'unico indice di instabilità è la frana avvenuta e delimitata dal contorno giallo, ora quiescente, la quale si può però riattivare e creare ulteriori fenomeni franosi, tipo colamento o cedimenti laterali.

Altra area in cui si individua un possibile movimento franoso è nella zona in cui affiorano calcari fratturati disposti a reggipoggio rispetto il versante, indicato con l'area azzurra. Soprattutto al contatto tra argille e calcari.



ESERCIZIO 013 - 3

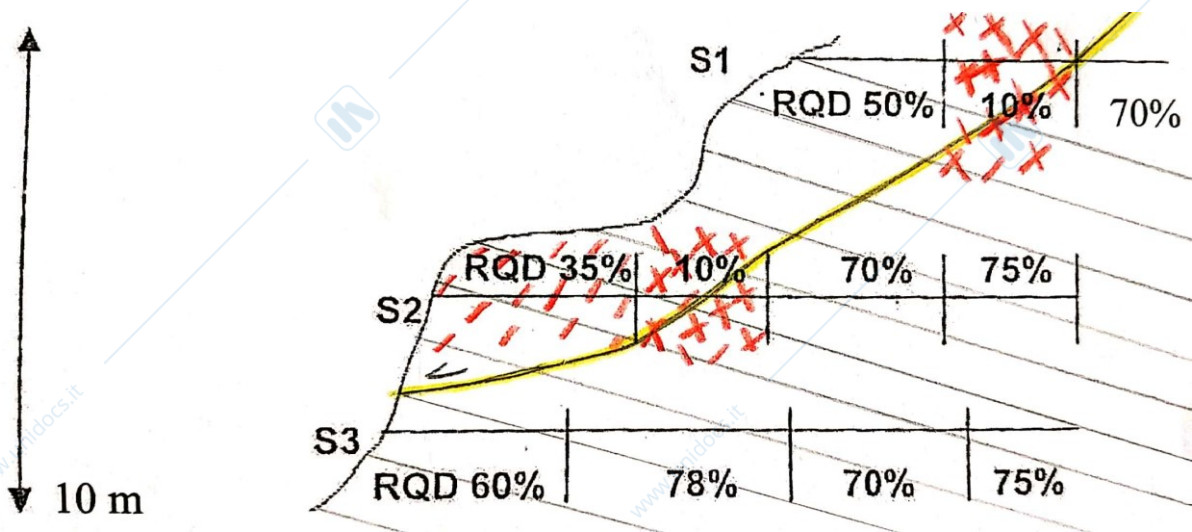
Dal sondaggio verticale eseguito e la ricostruzione delle litologie presenti si illustri dove si ritiene che si trovi la superficie di rottura di un possibile dissesto che può interessare il versante (linea rossa).



La superficie di rottura di un possibile dissesto sul versante è stata ipotizzata considerando le filladi come litologia più favorevole affinché si crei una superficie di rottura, sia per la giacitura dei piani in cui è suddivisa, sia per la sua natura duttile e in questo caso fratturata con cataclasi e specchi di faglia disposti a franapoggio con inclinazione minore del versante. Queste condizioni sono tutte favorevoli ad un innesco di una frana per scivolamento nella porzione di versante in cui è presente la roccia filladica.

ESERCIZIO 013 - 4

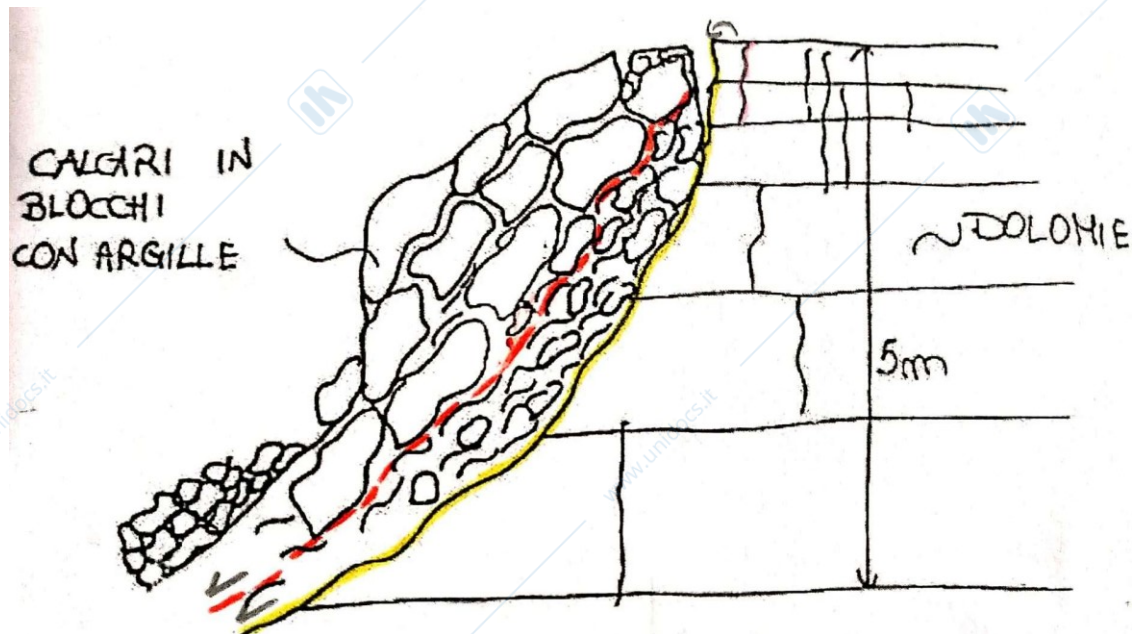
Si indichi la posizione delle eventuali superfici di rottura lungo un versante formato da calcari disposti a reggipoggio:



Dai risultati di RQD (%) ottenuti dai sondaggi orizzontali effettuati negli ammassi rocciosi del versante, si sono riscontrate aree in cui sono presenti litotipi altamente fratturati e poco continui. Da questi valori è stato dunque possibile correlare le zone ad elevata fratturazione ed identificare una eventuale superficie di rottura che possa creare instabilità nel versante per crollo o ribaltamento.

ESERCIZIO 013 - 5

In base alla ricostruzione della geologia del versante data dallo schema, si indichino i motivi dello stato di instabilità:



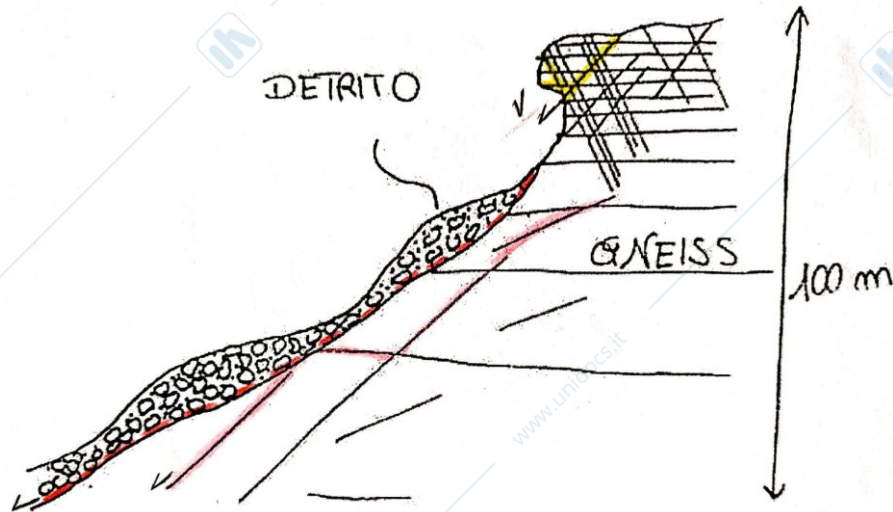
Lo stato di instabilità presente nel versante ricostruito è dato innanzitutto dalla presenza di una superficie di contatto acclive tra i calcari a blocchi con una alta componente argillosa e la dolomia, roccia più competente, creando una superficie di scivolamento del materiale sovrastante.

Ulteriore fattore predisponente ad una possibile instabilità è la differenza di plasticità tra i calcari e le argille che può innescare una cinematica per scorrimento o colate delle argille nella zona di aumento della componente argillosa. Infine, ultimo fattore predisponente per una possibile instabilità è la presenza di fratture verticali nella dolomia che può isolare dei blocchi e destabilizzare il versante ed evolvere in una frana per ribaltamento.

Come fattore innescante possono essere considerate le precipitazioni, mentre un fattore preparatorio può essere l'alterazione dei blocchi calcarei creata dal lavoro dell'acqua e fasi di rigonfiamento delle argille.

ESERCIZIO 013 - 6

In base alla ricostruzione della geologia del versante data dallo schema, si indichino i tipi di cinematismi ritenuti più probabili e i motivi dello stato di instabilità, nonché le ulteriori indagini da eseguire sul versante.



I cinematismi possibili che possono interessare il versante sono:

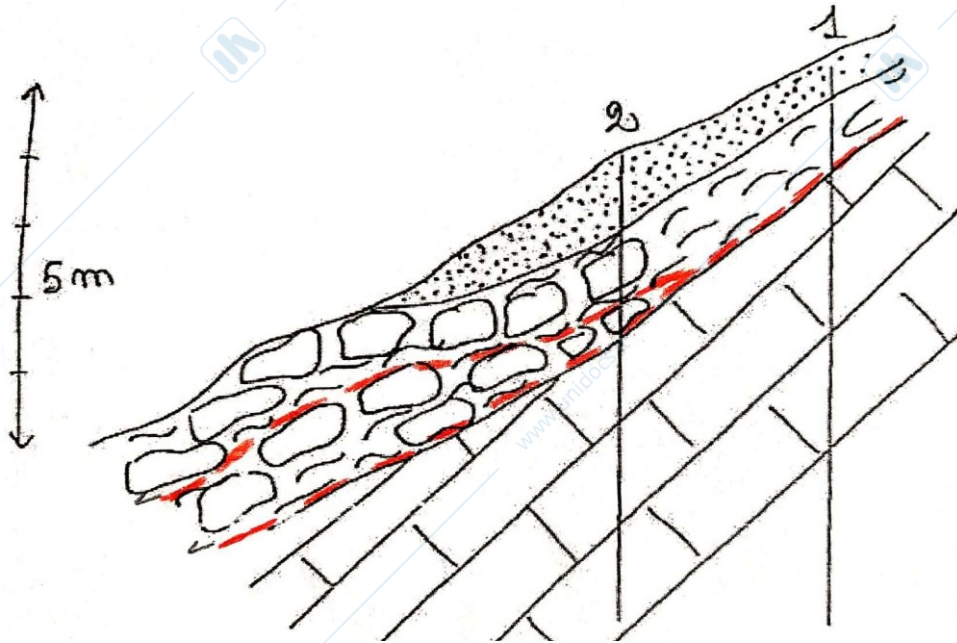
- Debris Flow, nel caso in cui ci fossero precipitazioni intense che prendono in carico i clasti del detrito;
- Crollo e/o scivolamento degli gneiss presenti a monte del versante in quanto sono caratterizzati da diverse famiglie di discontinuità che possono isolare volumi differenti di gneiss ed innescare una cinematica differente dal piano di discontinuità più critico.
- Scivolamento planare degli gneiss più a valle del versante ed un possibile scorrimento dei detriti sovrastanti, a causa della pendenza che si formerebbe, maggiore del loro angolo di riposo.

Le indagini da eseguire sul versante affinché si possano prevedere in modo più accurato le possibili dinamiche del versante possono essere:

- Prove geofisiche, sia per definire in modo più preciso il contatto tra il deposito e la roccia sottostante e quindi la potenza della coltre di detrito, ma anche per identificare le discontinuità profonde nello gneiss;
- Rilievi geomeccanici per approfondire lo stato di fratturazione delle famiglie di discontinuità a monte del versante.

ESERCIZIO 013 - 7

Si indichino i possibili cinematismi e le principali cause predisponenti e scatenanti del dissesto di un versante interessato dai lavori per la costruzione di una strada, nel quale sono stati eseguiti due sondaggi meccanici che ne hanno rilevato la stratigrafia.



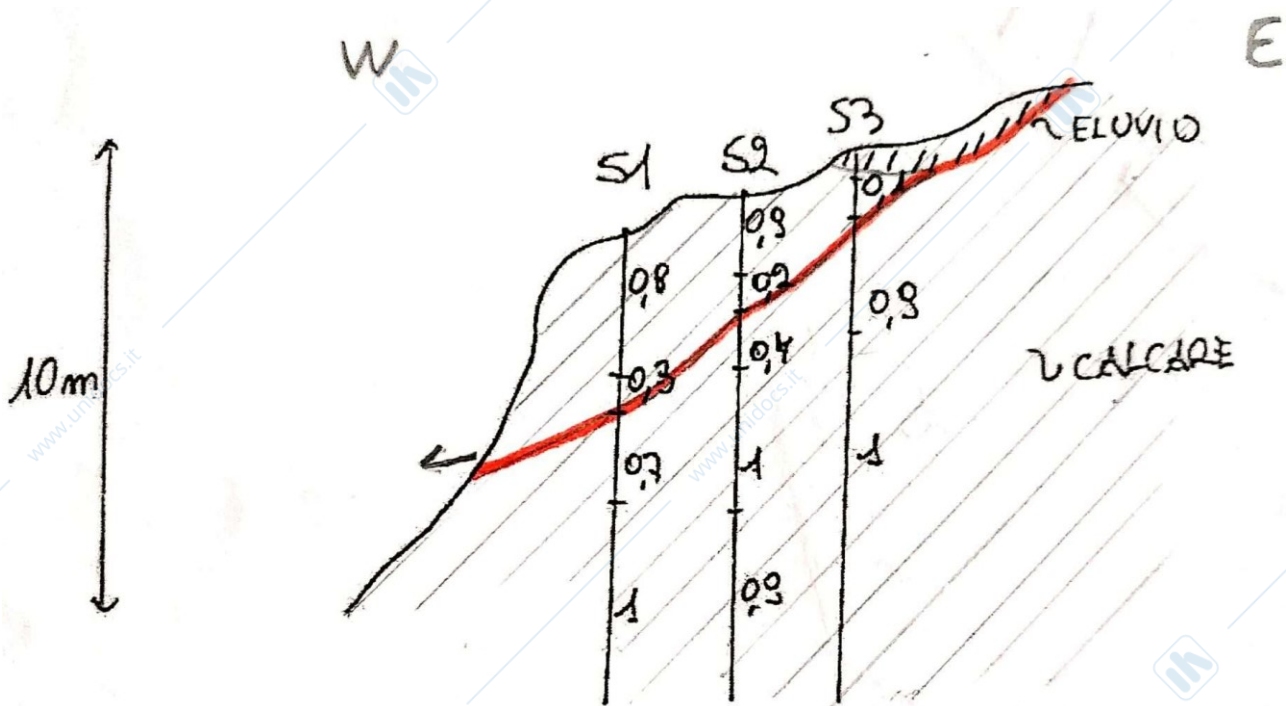
Il cinematismo possibile più probabile nel versante analizzato è di scivolamento, attivabile lungo diverse superfici.

Le cause predisponenti principali sono di tipo litologico: al di sopra dei calcari e arenarie si hanno argille poco consolidate che fanno da matrice a blocchi arenacei di volume di $1-5 \text{ dm}^3$, le quali presentano anche una maggiore plasticità rispetto al substrato.

Le cause scatenanti che possono mettere in movimento le argille possono essere eventi di precipitazione intensi oppure un aumento del carico superficiale a monte.

ESERCIZIO 013 - 8

Si valuti se la costruzione da realizzare sui calcari marnosi in corrispondenza del pendio raffigurato in sezione comporti rischi, conoscendo i valori di RQD (%) dell'ammasso ottenuti da tre sondaggi verticali allineati.



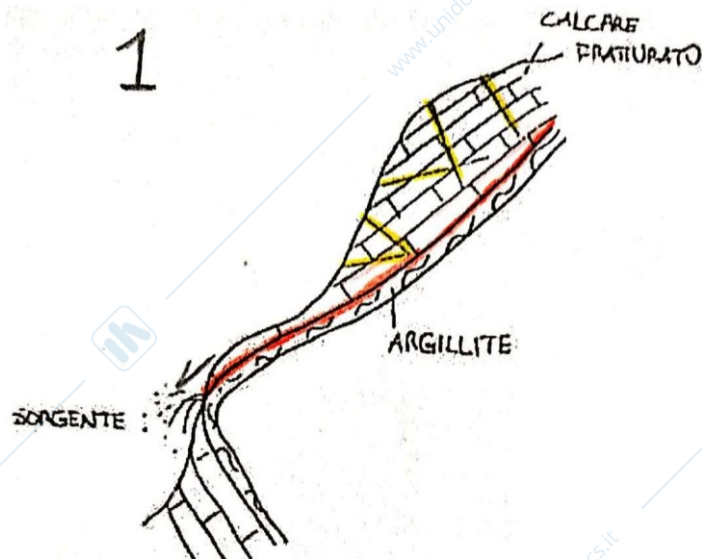
Il principale problema di instabilità che può avere il versante è dato da uno scivolamento dei calcari marnosi nella direzione di immersione degli strati, il quale movimento destabilizzerebbe anche il deposito presente a monte del pendio, che franerebbe insieme al substrato, oltre al fatto che potrebbero creare colate verso ovest in seguito a fenomeni di precipitazioni intense.

Per questo motivo non sarebbe consigliabile realizzare la costruzione a ovest del deposito, ma a est.

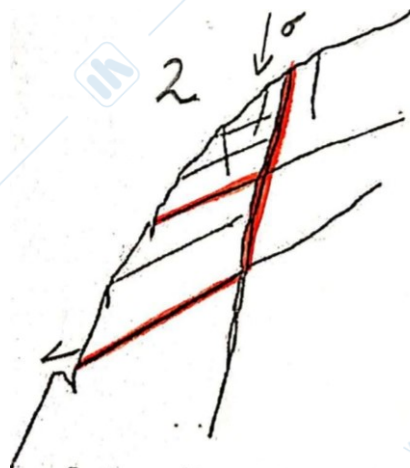
ESERCIZIO 013 - 9

Si individui il tipo di cinematismo al quale possono essere soggetti i versanti rappresentati negli schemi geologici proposti, specificando per ognuno, le cause predisponenti e scatenanti del dissesto.

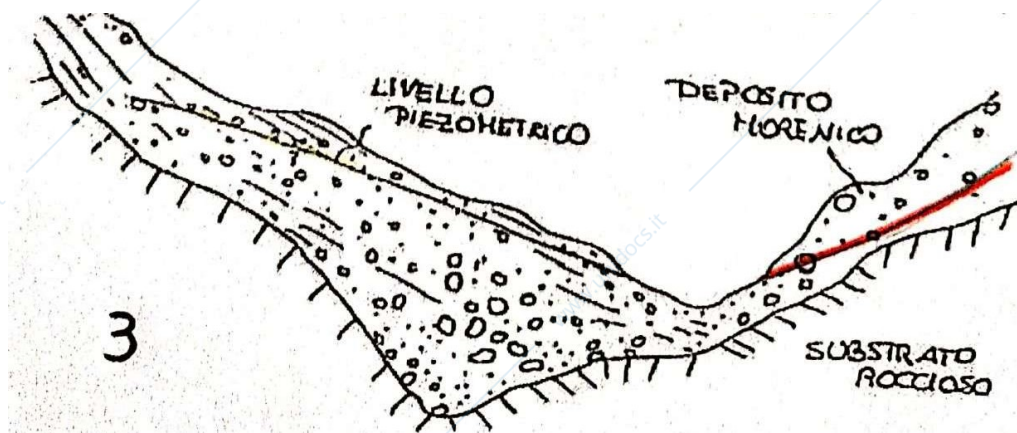
- 1) I principali cinematismi a cui può essere soggetto il versante N.1 sono: ribaltamento di blocchi di calcare, in quanto il versante è ripido e presenta un calcare fratturato in cui possono essere isolati dei volumi. In aggiunta il fenomeno può essere facilitato dalle particolari caratteristiche rigonfianti dei minerali dell'argillite in presenza d'acqua che possono destabilizzare il versante. Ulteriore cinematismo possibile è uno scivolamento causato dalla differente plasticità delle argilliti e calcari, che può mettere in movimento quest'ultimi lungo la superficie di contatto delle due litologie. Fattore preparatorio è l'alterazione dei calcari prodotta dall'acqua avvenuta al contatto tra le argilliti e i calcari stessi.



- 2) Il principale cinematismo possibile nel versante N.2 è uno scivolamento lungo la discontinuità a franapoggio meno inclinato del versante, la quale famiglia, insieme al set di discontinuità subverticale, isola il materiale roccioso creando blocchi che possono essere messi in movimento ad un'infiltrazione di acqua nelle discontinuità oppure da un sovraccarico verticale posto sul volume roccioso dislocato.



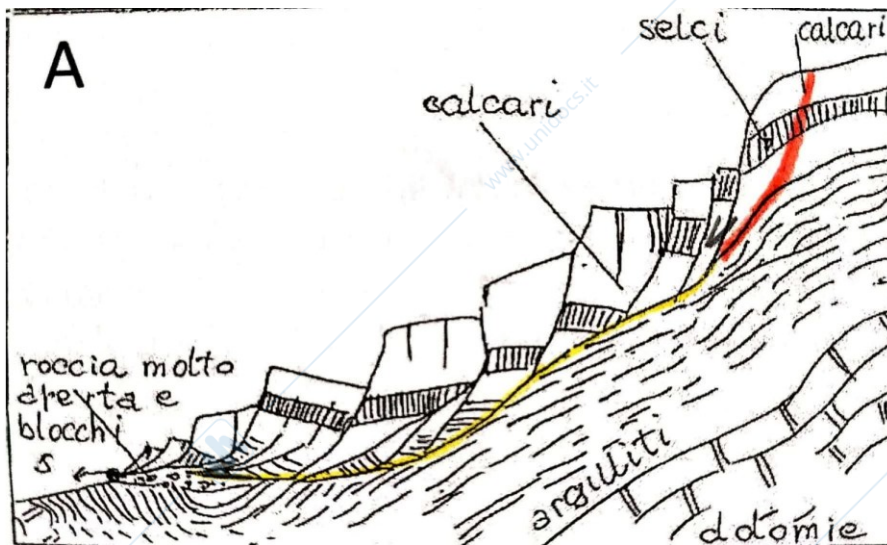
- 3) Il principale cinematisma a cui può essere soggetto il versante N.3 è uno scorrimento di detriti di materiale non consolidato del deposito morenico, nel caso in cui il versante avesse un'inclinazione maggiore all'angolo di riposo del materiale che lo compone, creando in questo modo un versante meno acclive, minore dell'angolo di riposo. Ciò che potrebbe destabilizzare il versante, oltre ad una inclinazione troppo elevata è l'innalzamento del livello piezometrico che può far diminuire o perdere la coesione al materiale che compone il deposito morenico, riducendo estremamente la sua resistenza al taglio.



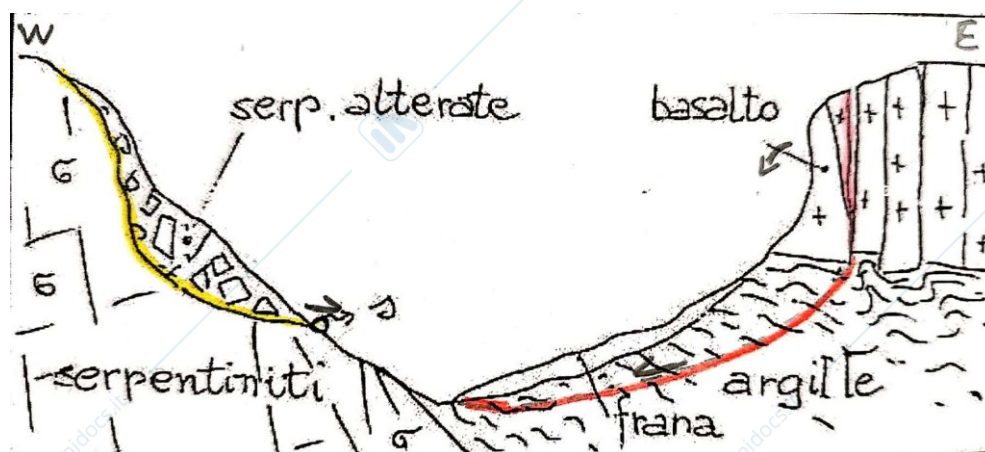
ESERCIZIO 013 - 10

Sulla base degli schemi geologici sotto riportati, si delimitino i possibili movimenti franosi, ricostruendone le cause e la possibile evoluzione.

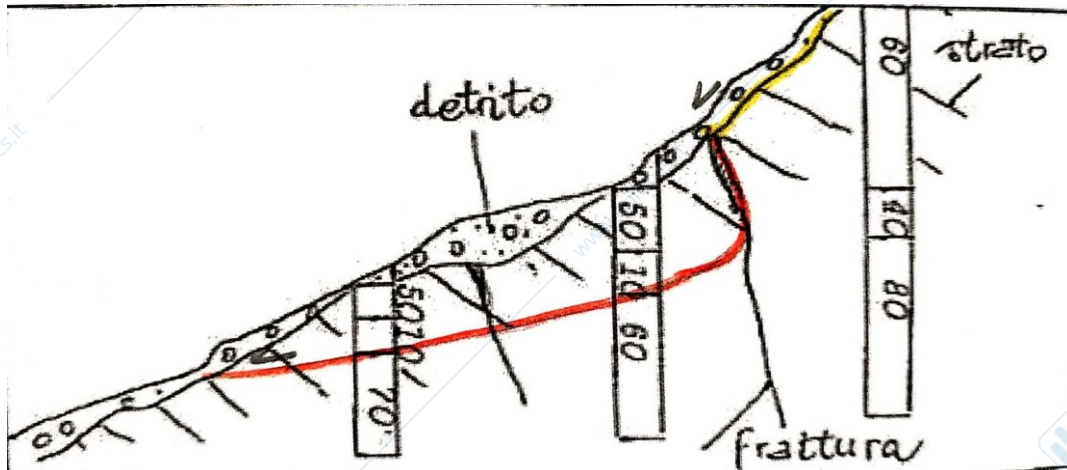
- A. Il versante schematizzato nell'immagine ha già subito fenomeni di scorrimento rotazionale da parte dei livelli di calcari e selci, causato probabilmente da un'importante riduzione di volume da parte dei minerali delle argille che compongono le argilliti, oppure per un comportamento più plastico sempre delle argilliti che ha provocato una inevitabile frammentazione in blocchi delle litologie soprastanti. Una possibile evoluzione è rappresentata da successivi isolamenti in blocchi da parte dei calcari e selci non ancora fratturati e un progressivo scorrimento verso valle dei volumi già fagliati e un arretramento del versante.



- B. i possibili movimenti franosi di questo schema geologico sono differenti a seconda del versante considerato. Nel versante a est il cinematismo possibile è di ribaltamento o espandimento laterale dei blocchi fratturati di basalto, causati dal comportamento estremamente plastico delle argille sottostanti, con progressiva apertura delle fratture del basalto e possibile sprofondamento. Mentre nel versante a ovest il movimento possibile è dato dalle serpentiniti alterate, le quali essendo meno resistenti possono creare una superficie di scivolamento al contatto con le serpentiniti non alterate.



- C. I sondaggi verticali hanno permesso di ottenere un valore di RQD (%) dell'ammasso roccioso in profondità. Questi hanno permesso di identificare zone molto fratturate lungo le quali è possibile ipotizzare una superficie di scivolamento, delimitata anche dalle fratture subverticali presenti nell'ammasso roccioso, che a sua volta metterebbe in movimento anche i depositi più a monte. Tale movimento può essere causato da un intenso evento di precipitazione, il quale può anche annullare la coesione dei clasti deposti e quindi destabilizzare la coltre di detrito presente superficialmente e creare delle colate di materiale sciolto. Questi cinematismi possono portare ad una evoluzione con deposito del materiale franato al piede del versante in una posizione di equilibrio.



- D. Il principale movimento possibile sul versante schematizzato è uno scivolamento di una gran parte del versante stesso in quanto sono presenti dei valori di RQD (%) ottenuti da sondaggi verticali molto bassi che rendono possibile una destabilizzazione generale. Altro possibile movimento è dato dal calcare con RQD = 10% che affiora a monte del versante, il quale può provocare differenti cinematismi a seconda dell'orientazione dei set di discontinuità presenti, grazie al fatto che il versante in quella zona è molto acclive. Entrambi i processi possono essere attivati da eventi di precipitazioni o aumento del carico sovrastante, portando ad un arretramento del versante.

