



Spett.le Provincia di Lecce
Ufficio Gestione Valutazioni Ambientali
ambiente@cert.provincia.le.it

Spett.le Regione Puglia
Sezione Infrastrutture energetiche e digitali
ufficio.energia@pec.rupar.puglia.it

Spett.le Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale
protocollo@pec.distrettoappenninomeridionale.it

Trento, 09 dicembre 2021

Oggetto: HEPV03 SRL – Impianto “RFVP15” – Integrazioni al riscontro del 29 ottobre 2021 alla nota della Provincia di Lecce prot. 39813 del 30/09/2021

Buongiorno,
in riferimento alle integrazioni che la società proponente ha fornito in data 29 ottobre 2021 che rispondevano alla nota indicata in oggetto della Provincia di Lecce, con la presente si provvede ad integrare le analisi e le prove da svolgere per la campagna geognostica ai fini della stabilità dei fronti/cigli di cava esistenti che vennero richiesto dall'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale con nota prot. 25418 del 16/09/2021 (indicata nella lettera di accompagnamento nella PEC di integrazioni di data 29/10/2021 con erroneo numero di protocollo “37629”).

Cordiali saluti

HEPV03 SRL

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gianni Bosin', is written over a light blue circular stamp.

COMUNE DI GALATINA

(Provincia di Lecce)

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.R.L.S.

ANALISI DI STABILITA' DI UNA PARETE ROCCIOSA NELL'AMBITO DEL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Ruffano, dicembre 2021

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



INDICE

<i>PREMESSA</i>	2
<i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO</i>	3
<i>RILEVAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</i>	6
CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI BIENIAWSKI.....	15
<i>CAMPIONI GEOTECNICI ED ANALISI DI LABORATORIO</i>	19
<i>STABILITA' DELLA PARETE ROCCIOSA</i>	20
<i>CONCLUSIONI</i>	37

PREMESSA

Nel mese di dicembre 2021, su incarico di L.L. Engineering Srls, la Geoprove Srl di Ruffano ha eseguito la verifica della stabilità di una parete rocciosa nell’ambito del progetto di “Realizzazione di un impianto fotovoltaico” nel territorio comunale di Galatina (Le) .

La parete rocciosa in esame è di pertinenza di una cava, adiacente alle aree di installazione dell’impianto fotovoltaico. Per valutare la stabilità delle pareti sono stati eseguiti:

- Rilievo geologico e strutturale dell’ammasso roccioso;
- Prelievo di n.2 campioni di roccia della parete in esame;
- Analisi di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati;
- Analisi di stabilità della parete rocciosa.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area indagata è ubicata nel territorio comunale di Galatina (Le) ed è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 40.161190 ° N

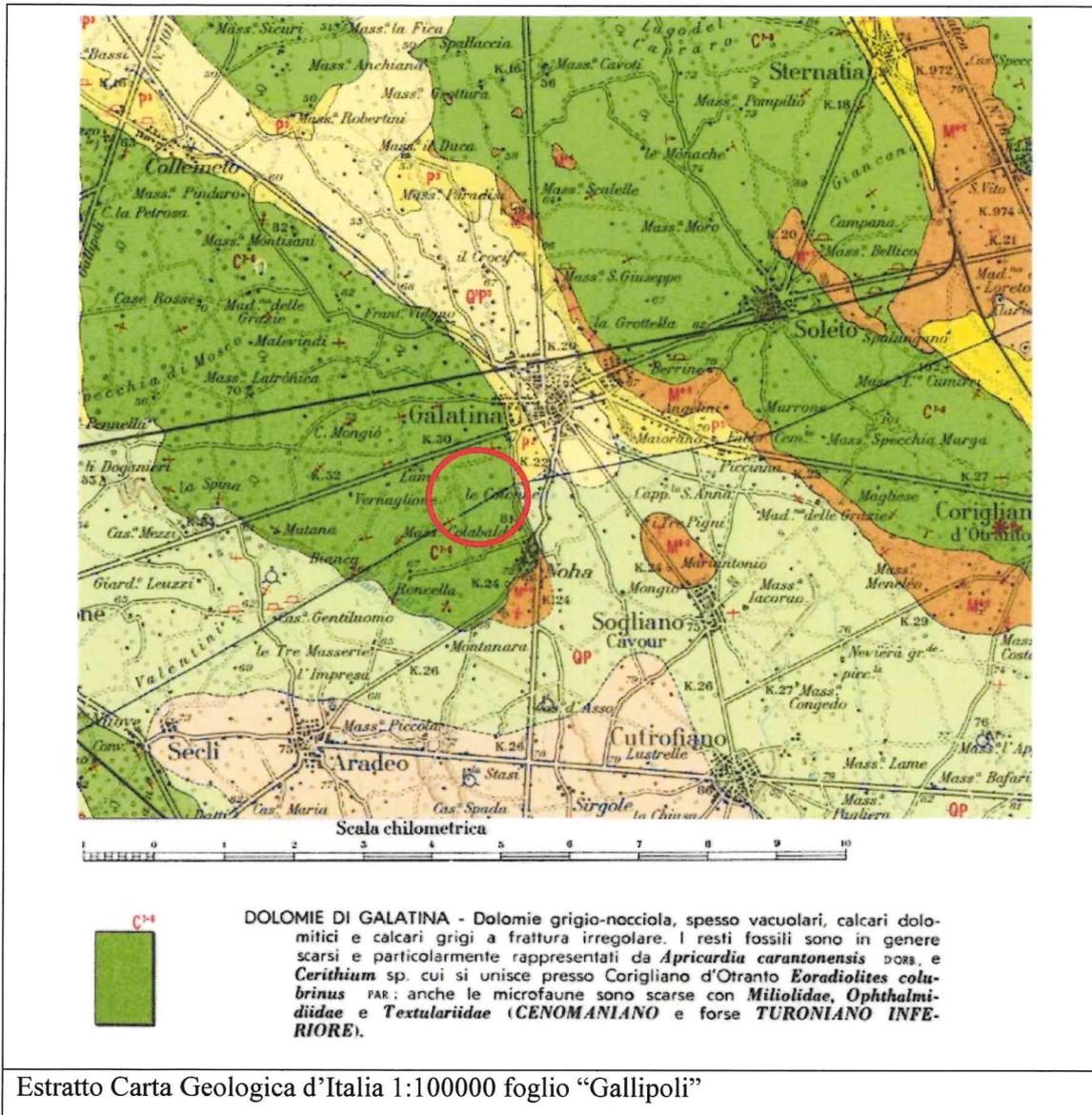
Longitudine: 18.161394 ° E



Area di indagine, immagine da Google Earth ®

L'area in esame rientra nel Fg 214, tavoletta “Gallipoli” della Carta Geologica d'Italia.

La configurazione geologico-strutturale della zona è risultata alquanto complessa per i fenomeni distensivi che hanno interessato il basamento carbonatico, dalla fine del Cretaceo fino al Pleistocene inf., generando una serie di alti strutturali (Horst) e di bacini (Graben) nei quali si sono depositate in trasgressione le sequenze sedimentarie mioceniche.



Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100000 foglio "Gallipoli"

I bacini che presentano, in genere una giacitura suborizzontale, sono stati interessati da fenomeni di deposizione e modellamento marino in seguito al sollevamento regionale avvenuto in tempi diversi e con intensità differente da luogo a luogo.

Nell'area in esame affiorano le "Dolomie di Galatina" riferibili al Cenomaniano-Turoniano. Questa formazione costituisce il basamento dell'intera Penisola Salentina, si presenta con stratificazione variabile, ad andamento ondulato, con strati

di circa 20-30 cm di spessore che, a luoghi diminuisce ed assume la caratteristica struttura a “tavolette”, con laminazioni ritmiche.

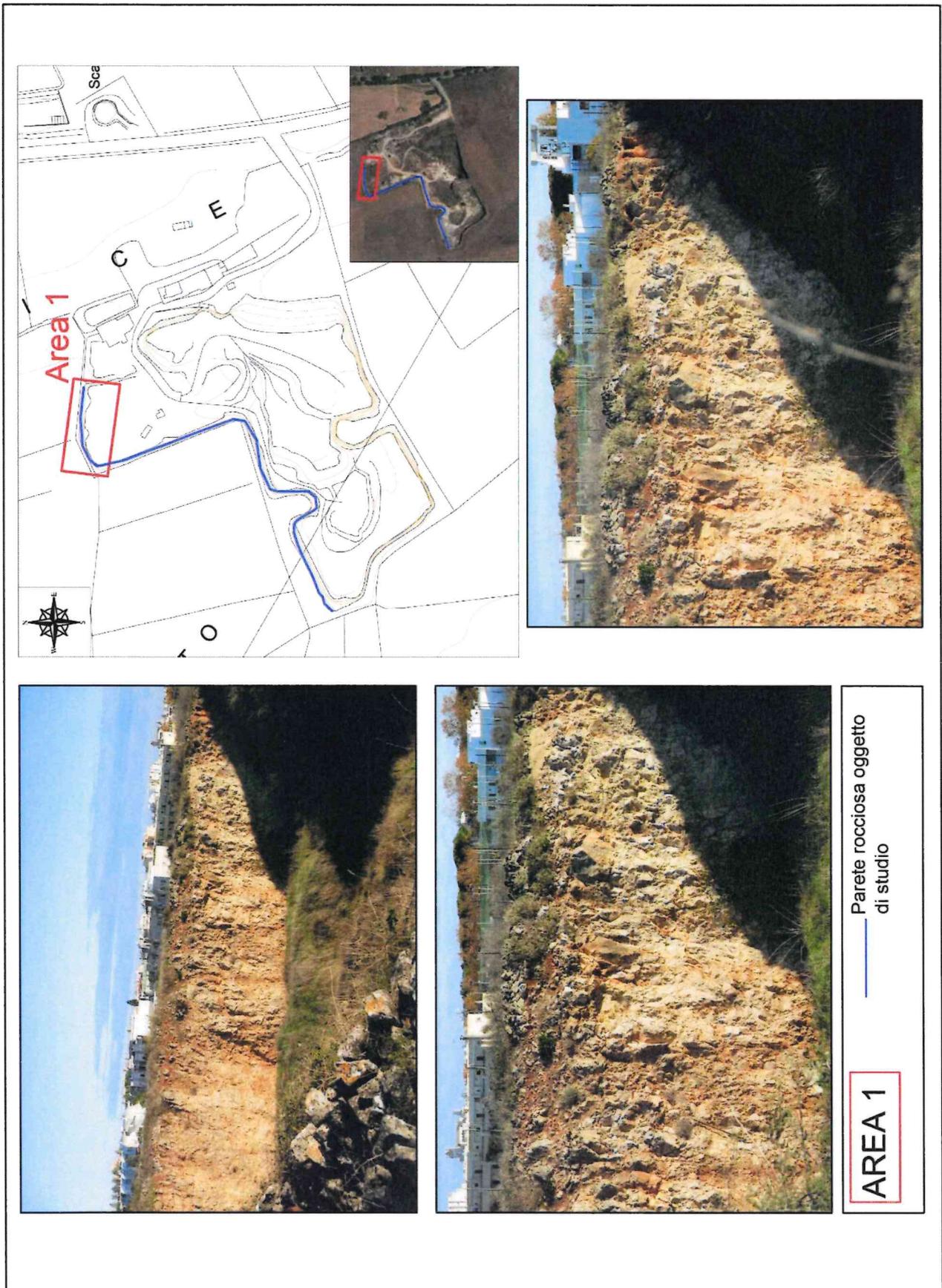
Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana o nocciola, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cui si alternano livelli dolomitici di colore grigio o nocciola.

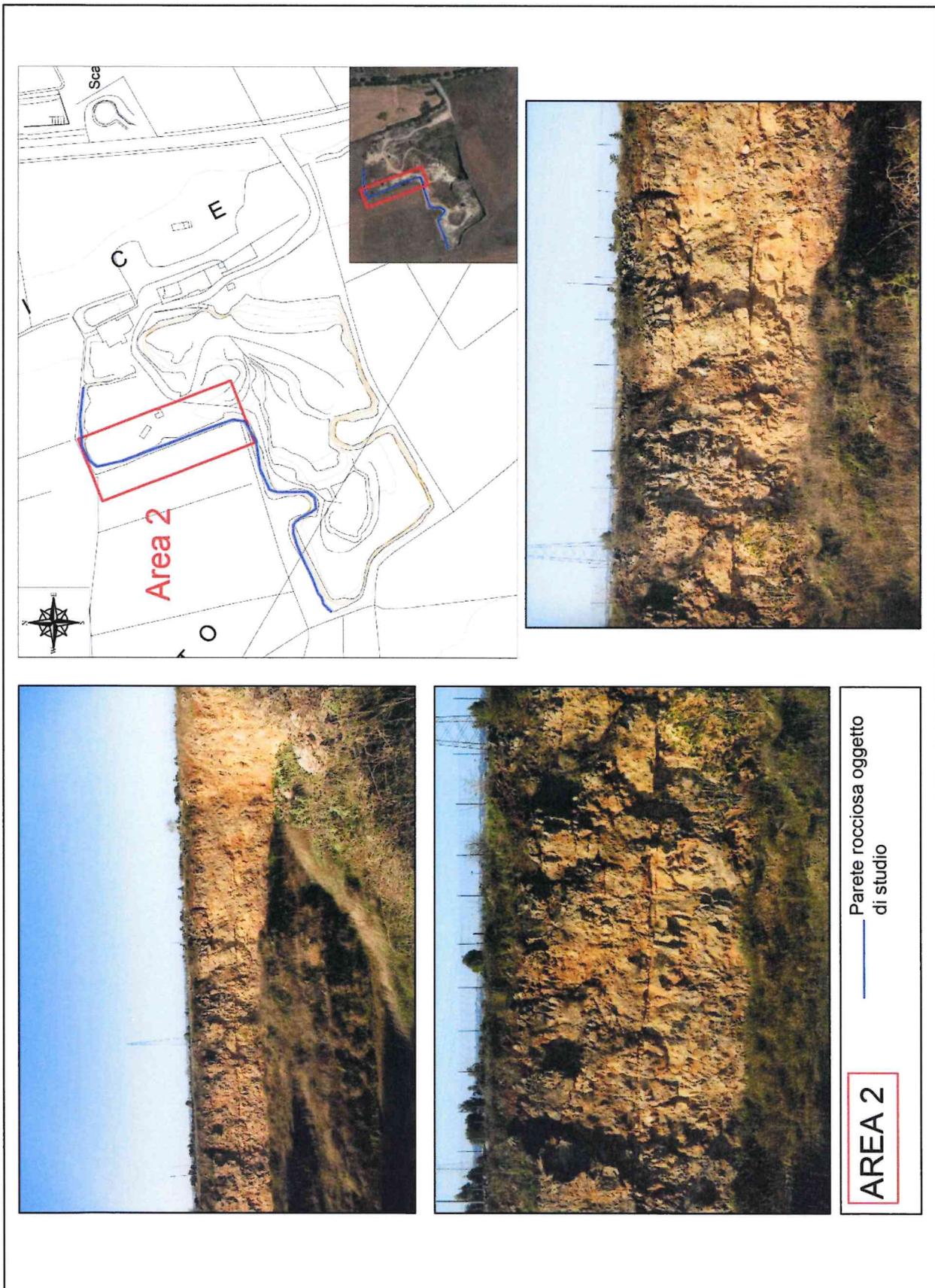
L’origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

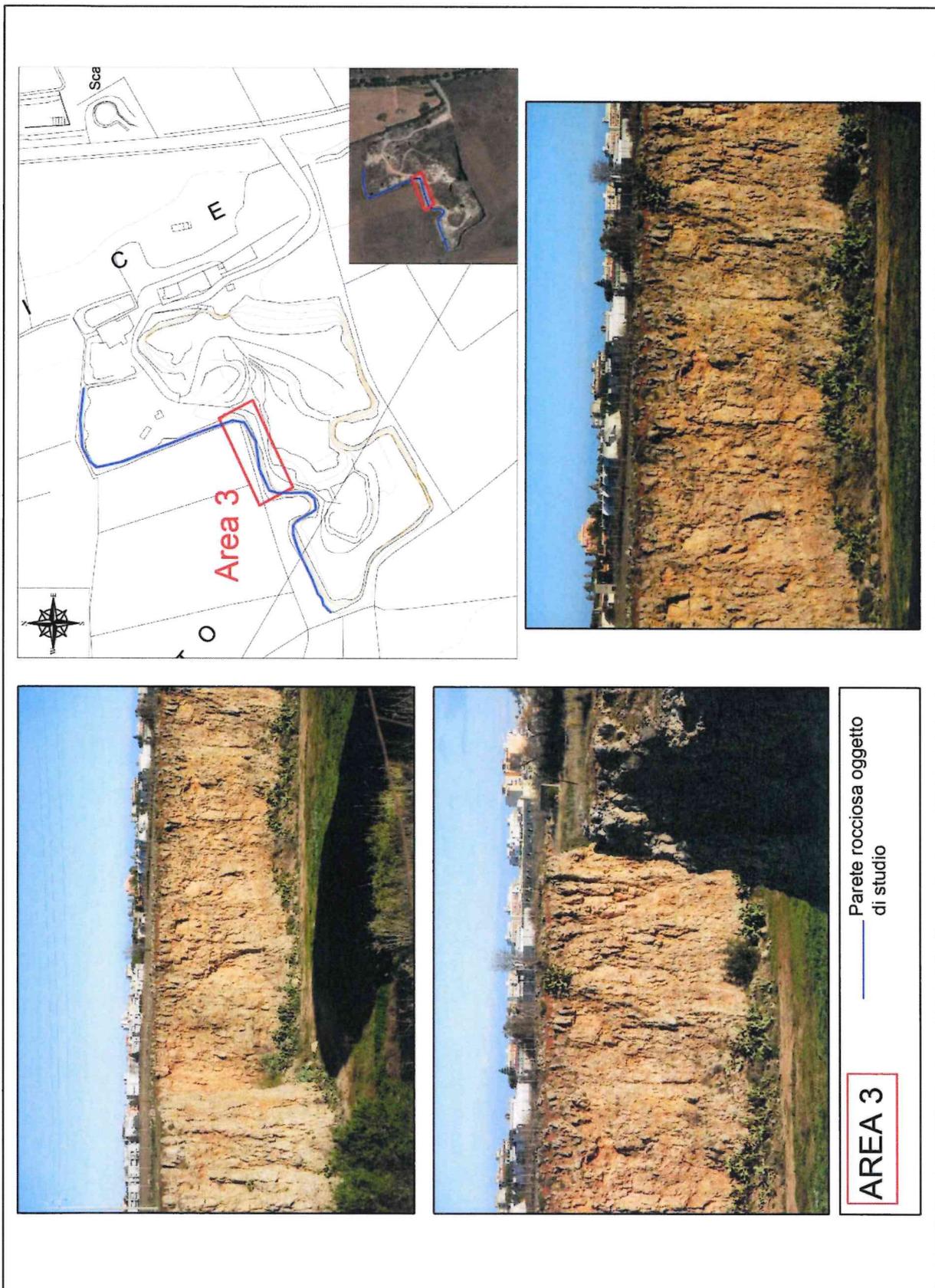
RILEVAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

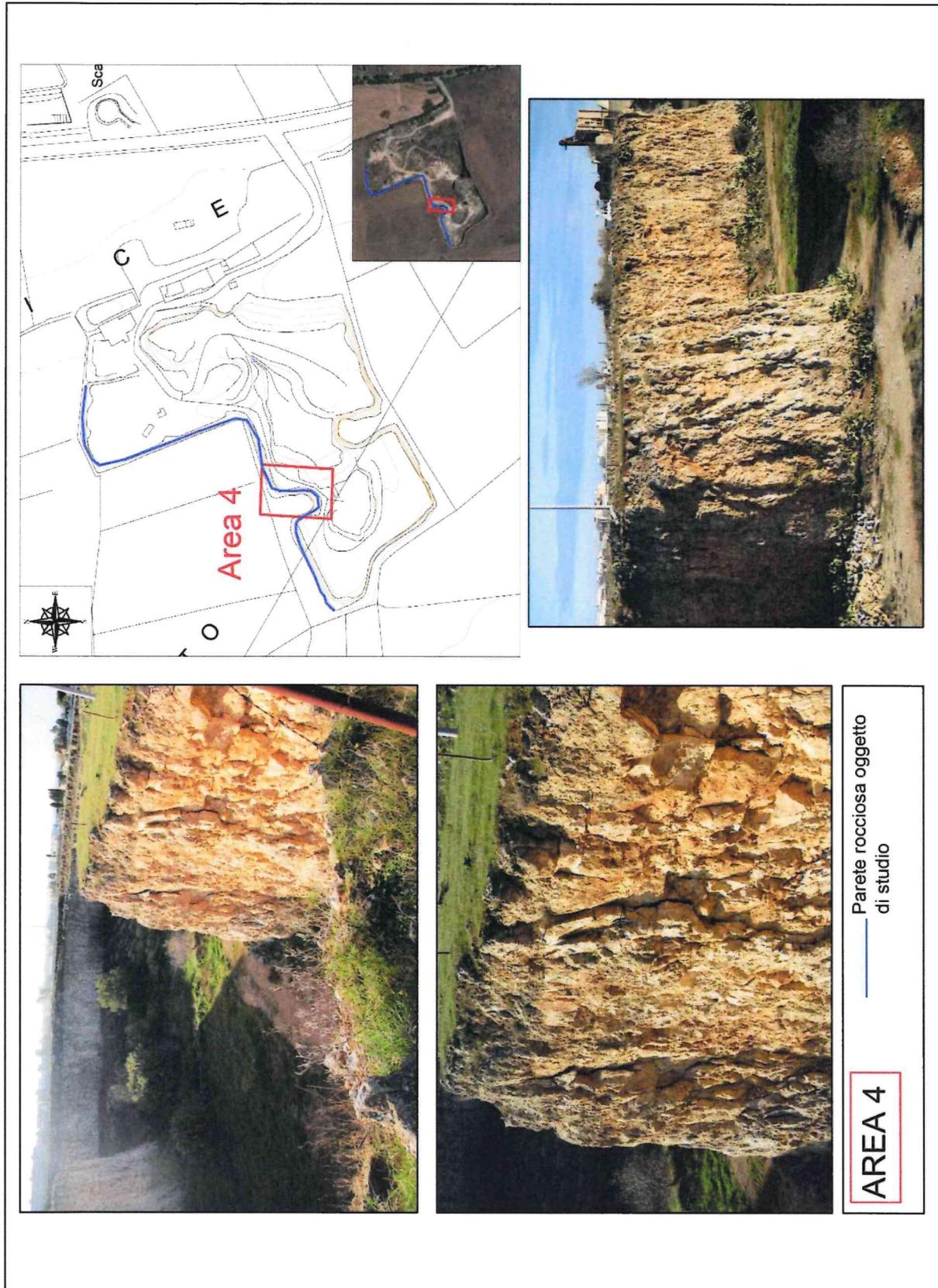
Il rilevamento geologico strutturale ha consentito di delineare le caratteristiche geologiche e strutturali dell'ammasso roccioso che affiora in corrispondenza dei tagli antropici realizzati nelle fasi di coltivazione della roccia.

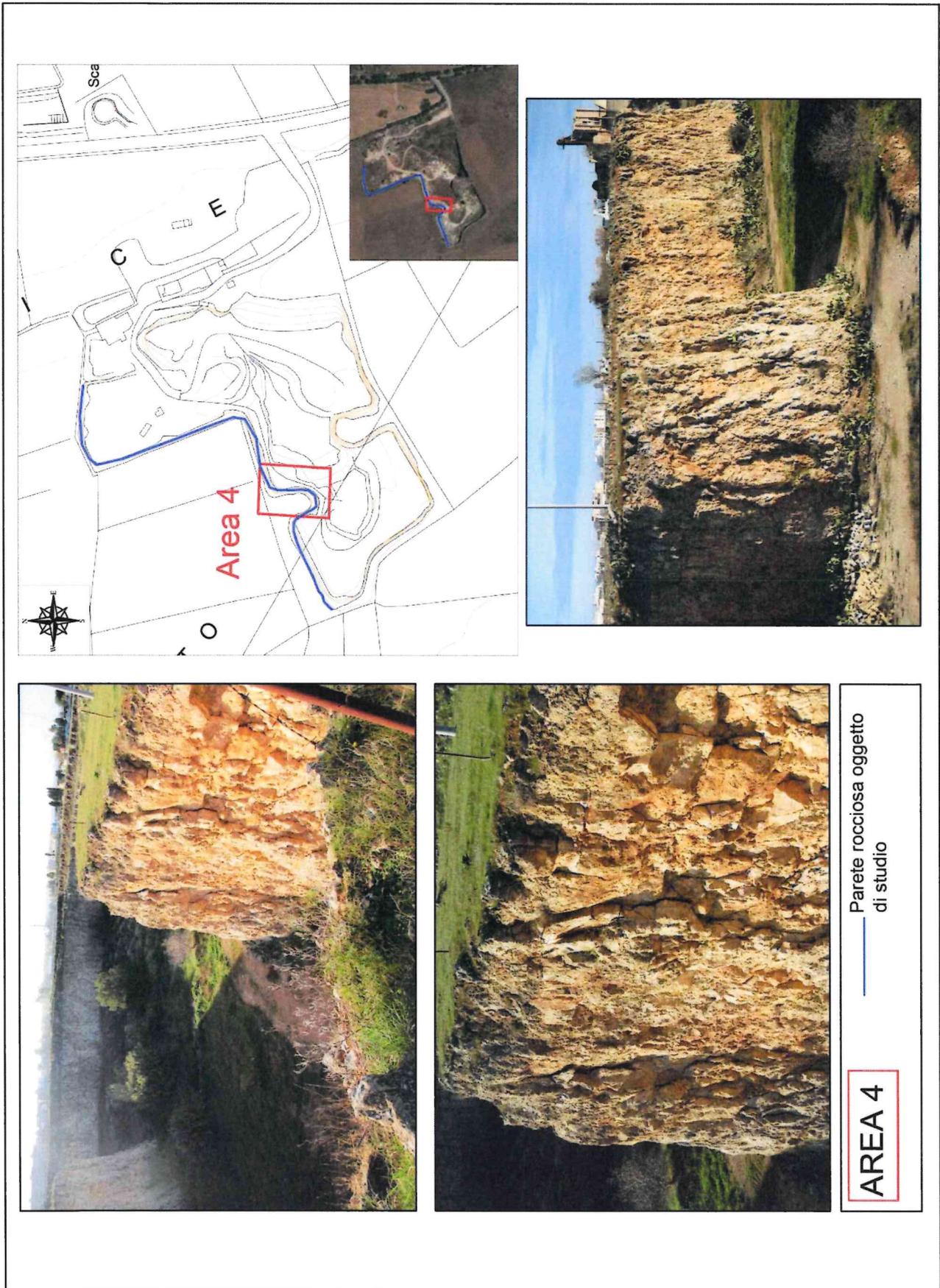
Tutto il fronte roccioso è stato suddiviso in 6 aree come di seguito riportato.





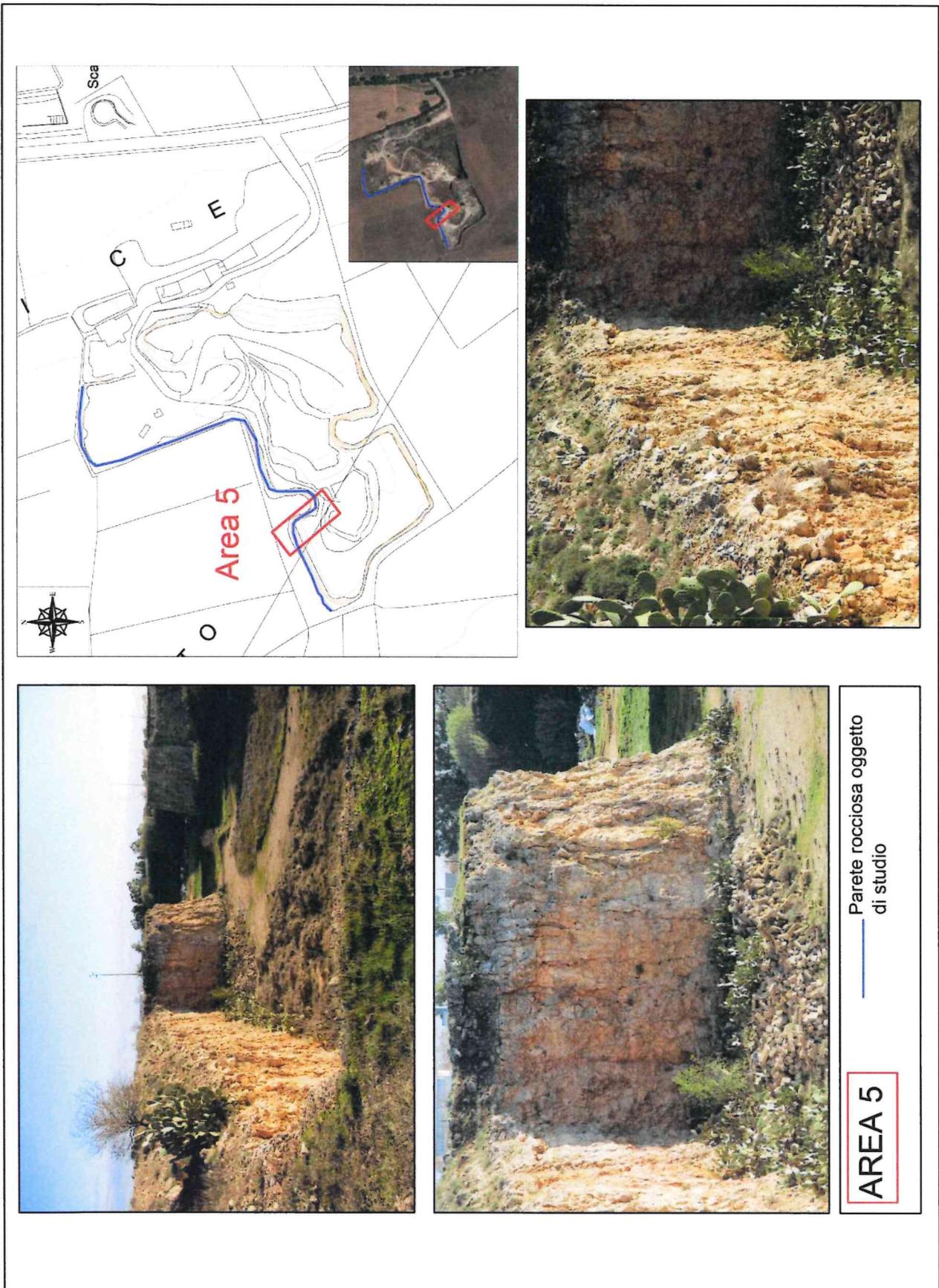


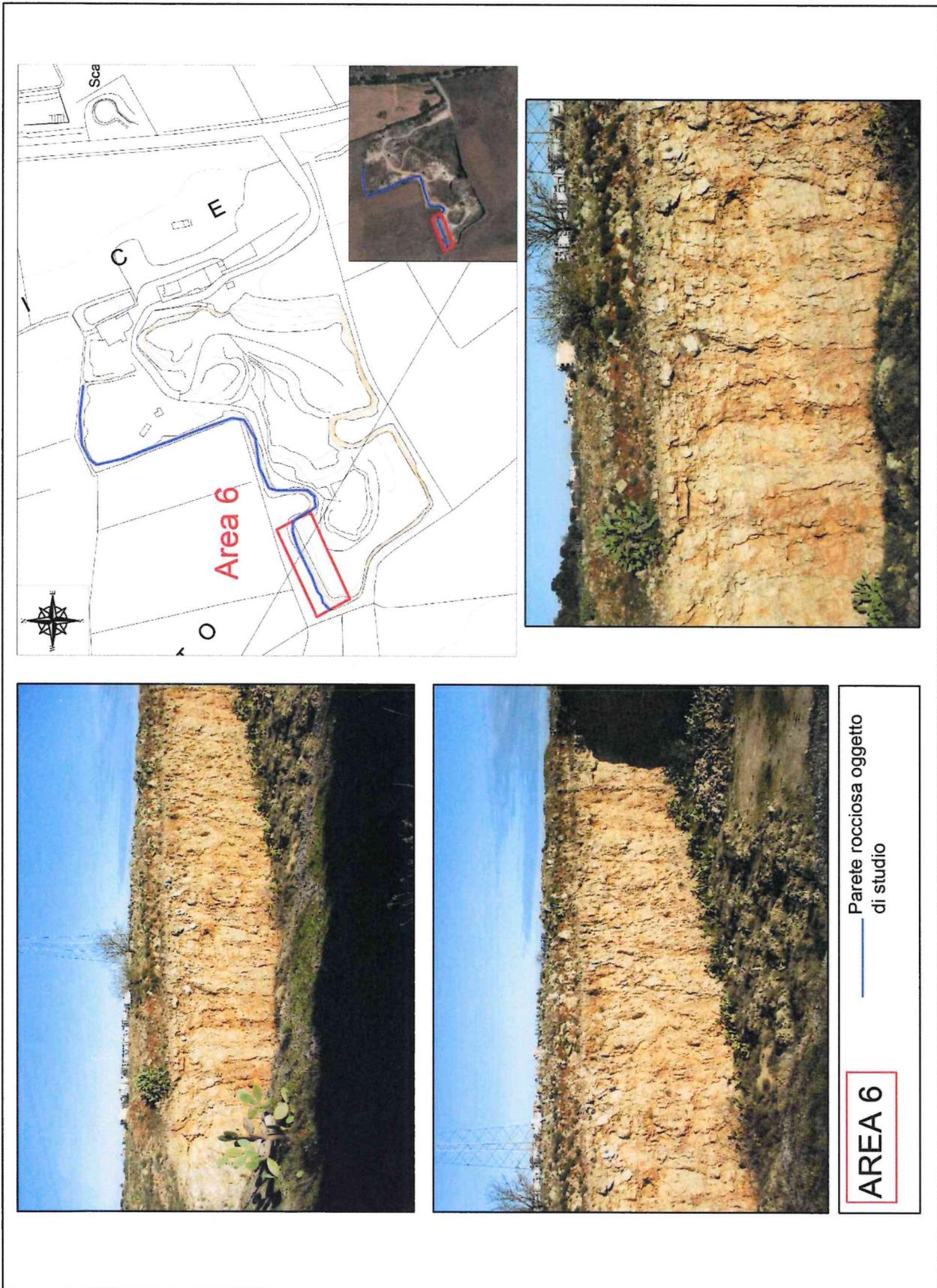




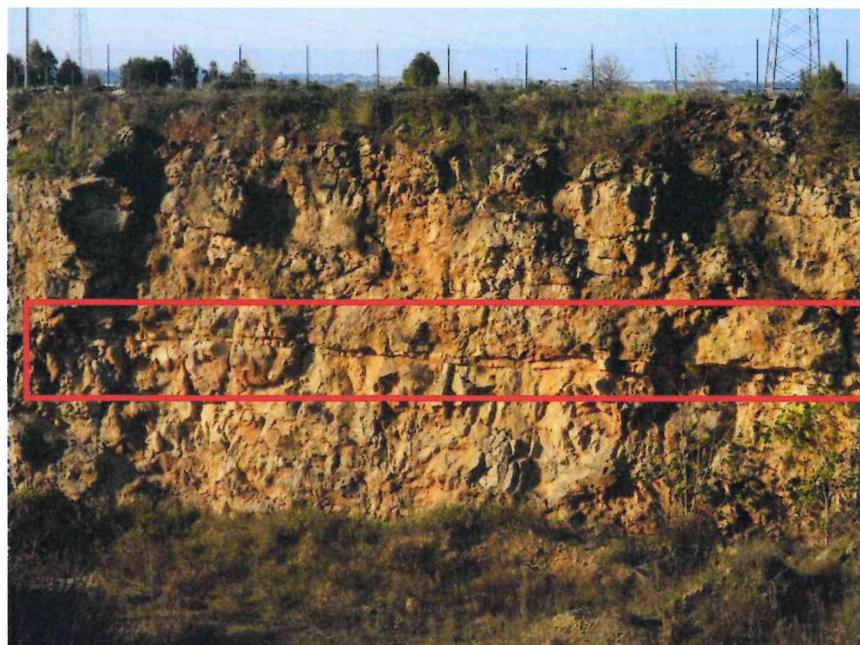
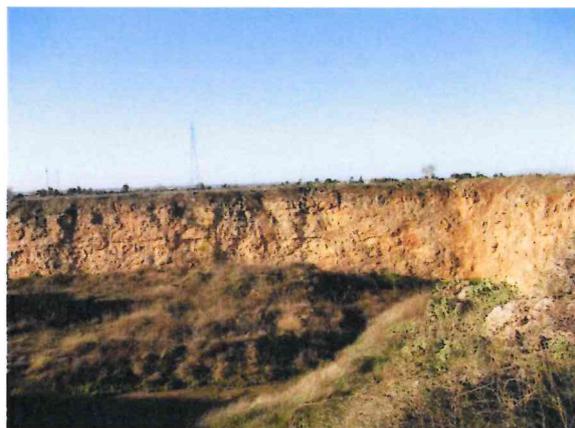
Parete rocciosa oggetto di studio

AREA 4





Dal rilevamento geomeccanico del fronte di cava è emerso che la litologia della roccia affiorante è costituita da calcari e calcari dolomitici di colore biancastro e grigiastro poco fratturati. Da un'attenta analisi visiva emerge che la fratturazione è legata principalmente al tipo di affioramento superficiale (alterazione superficiale). Una evidente discontinuità di tipo stratigrafico (giunto di strato) è presente lungo l'area 2.



Giunto di strato in Area 2

Nel complesso i sistemi di discontinuità presentano spaziatore tali da isolare strati e blocchi di dimensioni metriche e decimetriche e legati principalmente ai soli giunti di stratificazione che risultano persistenti e con immersione Ovest ed inclinazione media di 10°.

L'ammasso roccioso è, dunque, costituito da banchi compatti di calcare e calcare dolomitico massivo.

CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DI BIENIAWSKI

La classificazione di Bieniawski tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia (A1 e A2) e dell'ammasso roccioso (A3, A4 e A5) e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e delle problematiche da affrontare (gallerie, versanti e fondazioni).

$$\mathbf{RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + Ic.}$$

I parametri sono:

- A1 Resistenza a compressione monoassiale e/o uniassiale
- A2 RQD%
- A3 s (Spaziatura delle discontinuità)
- A4 Condizioni dei giunti
- A5 Condizioni d'acqua
- Ic Indice di correzione

Ad ognuno di essi viene assegnato un indice parziale a seconda del valore o della condizione. Le variazioni dei parametri possono essere valutate in maniera discreta o in maniera continua, secondo una successiva modifica della classificazione. Tale classificazione utilizza il coefficiente di correzione (Ic) da

sottrarre all'indice parziale BRMR ricavato dalla somma dei parametri A1-A2-A3-A4-A5, basato principalmente sulla valutazione degli effetti dell'orientazione dei giunti rispetto a quella del fronte .

PARAMETRI			INTERVALLI DI VALORI						
A1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale(Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Non applicabile		
		Compressione monoassiale(MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
VALORI			15	12	7	4	2	1	0
A2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
VALORI			20	17	13	8	3		
A3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
VALORI			20	15	10	8	5		
A4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia leg.alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento <5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore >5mm o giunti aperti >5 mm. Giunti continui		
VALORI			30	25	20	10	0		
A5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua giunti/Pressione naturale sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
VALORI			15	10	7	4	0		

Classificazione di Bieniawski del 1979

Per la stima dell'indice di correzione I_c si fa riferimento alla tabella

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere		0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25
Versanti		0	-5	-25	-50	-60

Per l'ammasso roccioso in esame sono stati attribuiti i seguenti valori:

A1) Resistenza a compressione della roccia intatta. Valutato da prove di analisi di laboratorio geotecnico (si veda relativo paragrafo).

Intervallo valori 50-100 Mpa: **Valore 7.**

A2) RQD. Valutato attraverso l'approccio di *Palmstrom* del 1982 a partire dai rilievi effettuati sugli ammassi rocciosi. Secondo detto metodo l'indice RQD viene ricavato attraverso la seguente relazione empirica:

$$RQD=115-3.3J_v$$

Dove J_v rappresenta il numero totale di discontinuità per metro quadrato (o *volumetric joint count*)

Secondo tale metodo è risultato un RQD pari a 78: **Valore 17.**

A3) Spaziatura dei giunti.

PARAMETRI	INTERVALLI DI VALORI				
	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Lunghezza giunto	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Indice	6	4	2	1	0
Apertura giunto	Chiuso	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Indice	6	5	4	1	0
Rugosità giunto	Molto rugoso	Rugoso	Leggerm. rugoso	Liscio	Laminato
Indice	6	5	3	1	0
Riempimento	Nessuno	Compatto<5mm	Compatto>5mm	Molle<5mm	Molle>5mm
Indice	6	4	2	2	0
Alterazione giunti	Non alterati	Legg.alterati	Mediam.alterati	Molto alterati	Decomposti
Indice	6	5	3	1	0

Somma: **Valore 15.**

A4) Condizione dei giunti. Valore 25

A5) Condizioni idrauliche. Giunti Asciutti . Valore 15

Ic) Indice correttivo. Condizioni molto favorevoli. Valore 0

Sommando i vari indici parziali si ottiene il valore

$$\mathbf{RMR = 7 + 17 + 15 + 25 + 15 + 0 = 79}$$

L'indice RMR consente di classificare l'ammasso roccioso secondo la tabella:

RMR	< 21	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Classe	V	IV	III	II	I
Qualità	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima
c (MPa)	< 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	> 0,4
φ (°)	15	15 - 25	25 - 35	35 - 45	> 45

RMR (da Bieniawski 1989).

Nel caso in esame, avendo ottenuto un indice **RMR di 79**, l'ammasso roccioso in esame rientra nella seconda classe "**Buona**".

CAMPIONI GEOTECNICI ED ANALISI DI LABORATORIO

Dalla parete rocciosa in esame sono stati prelevati n.2 campioni di roccia e sottoposti successivamente ad analisi di laboratorio geotecnico volte a stimare il contenuto naturale di acqua, il peso di volume allo stato naturale e la resistenza a compressione.

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati ottenuti:

Campione	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (kN/m ³)	Resistenza a compressione Semplice (Mpa)
C1	1.1	24.0	56.90
C2	1.3	24.2	66.70

Seguono, in allegato, i certificati di laboratorio geotecnico.

QUADRO RIASSUNTIVO PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO ROCCE

Riferimento: Impianto Fotovoltaico Galatina (Le)

Campione	Contenuto naturale di acqua (%)	Peso di volume allo stato naturale (kN/m ³)	Resistenza a compressione Semplice (Mpa)
C1	1.1	24.0	56.90
C2	1.3	24.2	66.70

Direttore del Laboratorio

Dott. Geol. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE
DI LABORATORIO

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.r.l.s - via XX Settembre n°9 Taranto.

RIFERIMENTO: Realizzazione impianto fotovoltaico a Galatina (Le) - Verifica di stabilità parete rocciosa.

SONDAGGIO: CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m Prelievo da parete rocciosa.

MODULO RIASSUNTIVO

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Umidità media (%): 1.1

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Peso di volume (kN/m³): 24.0

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Resistenza a compressione (MPa): 56.90

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1784/cs/21 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/12/21	Inizio analisi: 06/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 04/12/21	Apertura campione: 04/12/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.r.l.s - via XX Settembre n°9 Taranto.		
RIFERIMENTO: Realizzazione impianto fotovoltaico a Galatina (Le) - Verifica di stabilità parete rocciosa.		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m Prelievo da parete rocciosa.

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma RACCOMANDAZIONI ISRM

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	0.25
Altezza (cm):	11.80
Diametro (cm):	5.02
Sezione (cm²)	19.79
Peso di volume (kN/m³):	24.0
Resistenza a compressione (MPa):	56.90

Tecnico di laboratorio
 Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
 Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1785/u/21 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/12/21	Inizio analisi: 04/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 04/12/21	Apertura campione: 04/12/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.r.l.s - via XX Settembre n°9 Taranto.		
RIFERIMENTO: Realizzazione impianto fotovoltaico a Galatina (Le) - Verifica di stabilità parete rocciosa.		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m Prelievo da parete rocciosa.

CONTENUTO D'ACQUA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Umidità media 1.3 %

Temperatura di essiccazione: 110 °C

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020



Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia



GEOPROVE S.R.L.
Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis
DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 1785/Mv/2 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/12/21	Inizio analisi: 04/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 04/12/21	Apertura campione: 04/12/21	Fine analisi: 04/12/21

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.r.l.s - via XX Settembre n°9 Taranto.		
RIFERIMENTO: Realizzazione impianto fotovoltaico a Galatina (Le) - Verifica di stabilità parete rocciosa.		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m Prelievo da parete rocciosa.

MASSA VOLUMICA NATURALE

Modalità di prova: Norma RACCOMANDAZIONI ISRM

Peso di volume allo stato naturale = 24.2 kN/m³



CERTIFICATO DI PROVA N°: 1785/cs/21 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 06/12/21	Inizio analisi: 06/12/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 04/12/21	Apertura campione: 04/12/21	Fine analisi: 06/12/21

COMMITTENTE: L.L. ENGINEERING S.r.l.s - via XX Settembre n°9 Taranto.		
RIFERIMENTO: Realizzazione impianto fotovoltaico a Galatina (Le) - Verifica di stabilità parete rocciosa.		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m Prelievo da parete rocciosa.

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma RACCOMANDAZIONI ISRM

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	0.25
Altezza (cm):	11.96
Diametro (cm):	5.05
Sezione (cm²)	20.03
Peso di volume (kN/m³):	24.2
Resistenza a compressione (MPa):	66.70

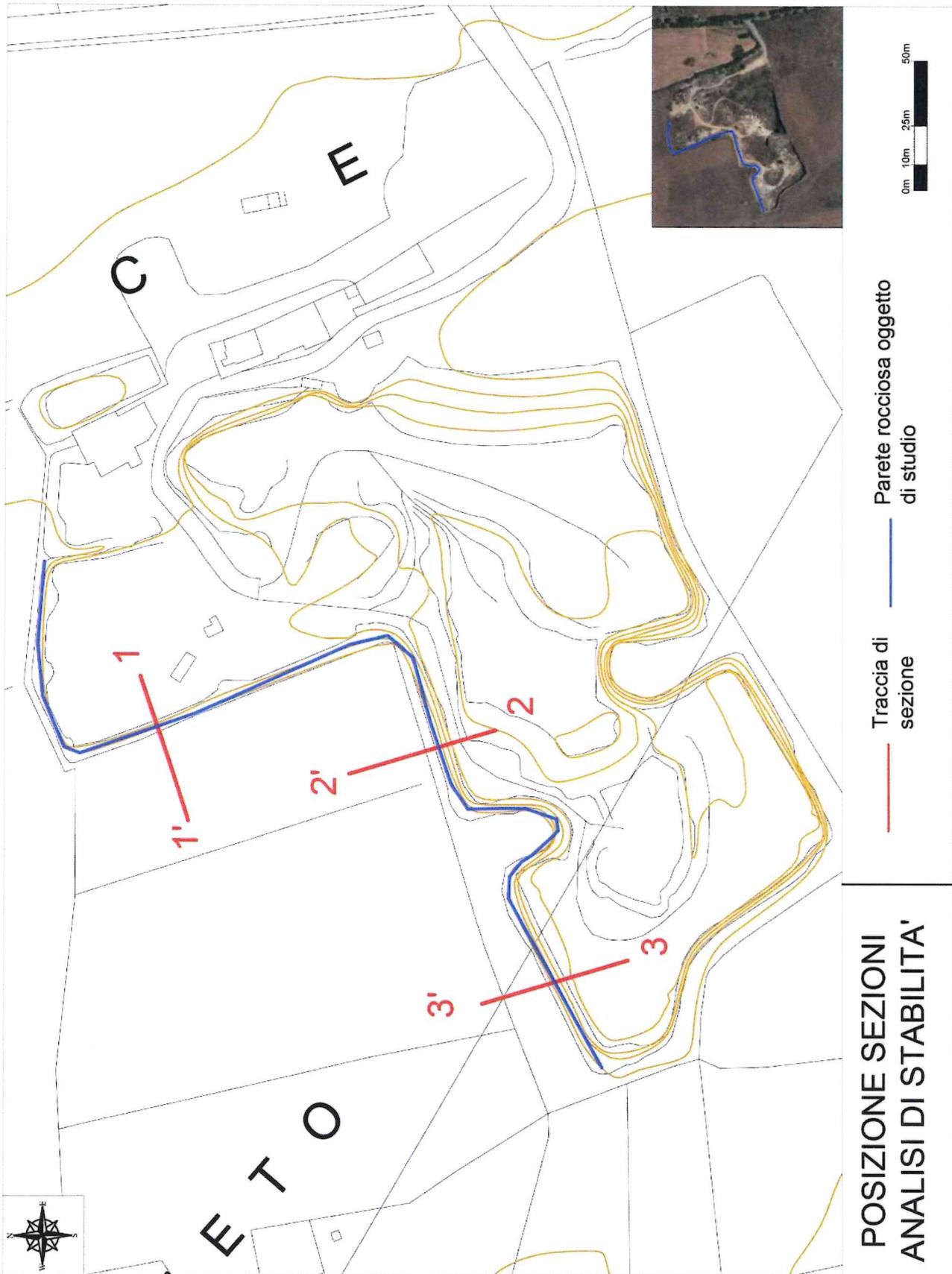
Tecnico di laboratorio
 Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
 Dott. Marcello De Donatis

STABILITA' DELLA PARETE ROCCIOSA

A partire dai dati ottenuti attraverso il rilevamento geologico e geomeccanico, della classificazione dell'ammasso roccioso e dai parametri geotecnici delle analisi di laboratorio, è stata eseguita l'analisi della stabilità della parete rocciosa su n. 3 sezioni rappresentative di riferimento e posizionate come nella planimetria riportata di seguito.

Le analisi sono state eseguite con il software "Slope" della Geostru.



Lungo le sezioni di riferimento sono state eseguite le verifiche di stabilità considerando i valori caratteristici dell'ammasso roccioso (ottenuti dal rilevamento, dalla parametrizzazione dell'ammasso e dalle analisi geotecniche) anche in presenza di forze esterne agenti (sisma), pertanto le analisi sono state eseguite, per le tre sezioni, in condizioni sismiche mediante il metodo pseudostatico (NTC18 § 7.11.4 - § 7.11.3.5.2).

Il risultato dell'analisi è ottenuto mediante la valutazione del F_s (fattore di sicurezza), espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento e, più in generale, considerando le azioni sismiche:

$$F_s = \frac{\text{forze/momenti stabilizzanti}}{\text{forze/momenti instabilizzanti}}$$

Il risultato dell'analisi è, quindi, la stima del F_s minimo. Tale parametro deve essere almeno > 1 affinché la verifica di stabilità risulti soddisfatta, poiché la condizione $F_s = 1$ rappresenta la condizione di equilibrio limite.

Nel caso in esame è stato assunto un fattore di sicurezza pari a 1.3, ciò significa che la condizione di stabilità risulta verificata per fronti di scavo con fattore di sicurezza minimo F_s (risultante dall'analisi) maggiore di 1.3.

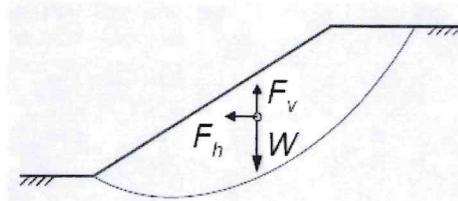
Valutazione dell'azione sismica

La stabilità nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$



Essendo:

- **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K_x** (o **K_h**) coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** (o **K_v**) coefficiente sismico verticale.

$$K_h = \beta_s \times \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

dove

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 7.11.I NTC18);

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Analisi di stabilità - Metodo di Hoek e Bray

Per i fronti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei fronti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\operatorname{tg}\varphi = AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N\operatorname{tg}\varphi$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

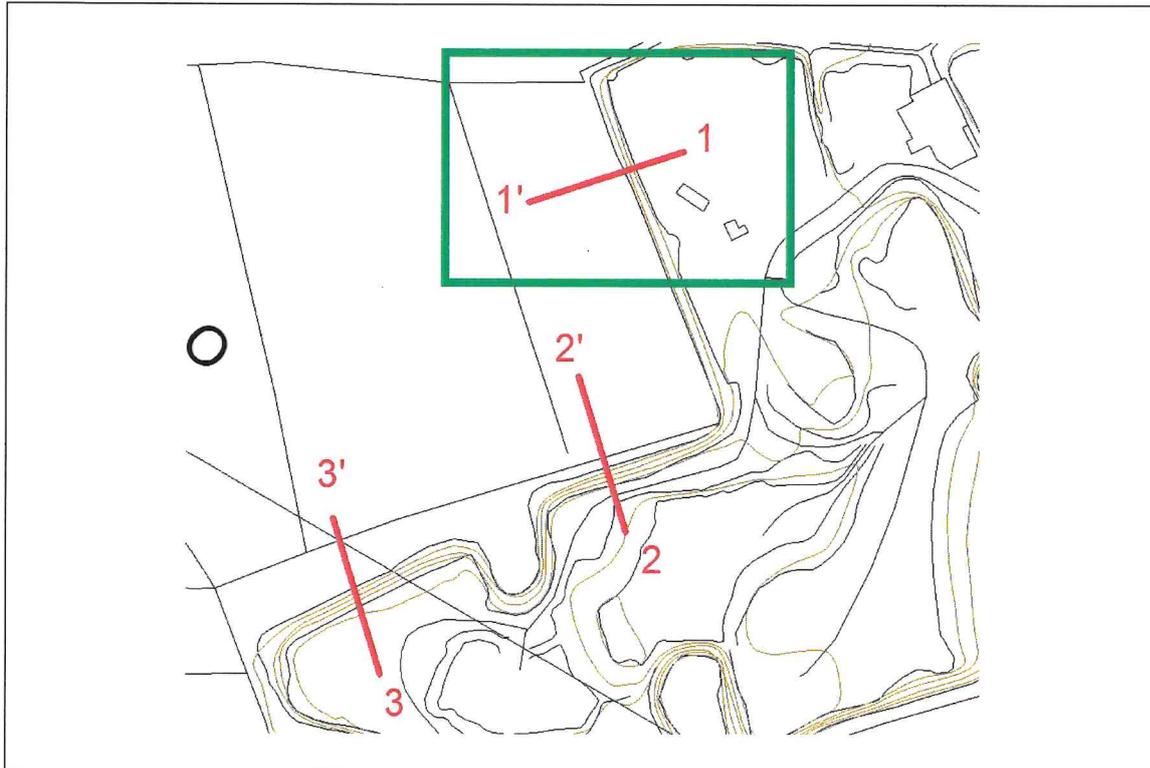
N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44$$

	Calcari	Argilliti	Areniti	Andesiti	Anfiboliti
	Dolomie	Siltiti	Quarziti	Basalti	Gneiss
	Marne	Scisti		Rioliti	Graniti
RMR = 100	A = 0.816	A = 0.918	A = 1.044	A = 1.086	A = 1.220
Q = 500	B = 0.658	B = 0.677	B = 0.692	B = 0.696	B = 0.705
	T = -0.140	T = -0.099	T = -0.067	T = -0.059	T = -0.040
RMR = 85	A = 0.651	A = 0.739	A = 0.848	A = 0.883	A = 0.998
Q = 100	B = 0.679	B = 0.692	B = 0.702	B = 0.705	B = 0.712
	T = -0.028	T = -0.020	T = -0.013	T = -0.012	T = -0.008
RMR = 65	A = 0.369	A = 0.427	A = 0.501	A = 0.525	A = 0.603
Q = 10	B = 0.669	B = 0.683	B = 0.695	B = 0.698	B = 0.707
	T = -0.006	T = -0.004	T = -0.003	T = -0.002	T = -0.002
RMR = 44	A = 0.198	A = 0.234	A = 0.280	A = 0.295	A = 0.346
Q = 1	B = 0.662	B = 0.675	B = 0.688	B = 0.691	B = 0.700
	T = -0.0007	T = -0.0005	T = -0.0003	T = -0.003	T = -0.0002
RMR = 3	A = 0.115	A = 0.129	A = 0.162	A = 0.172	A = 0.203
Q = 0.1	B = 0.646	B = 0.655	B = 0.672	B = 0.676	B = 0.686
	T = -0.0002	T = -0.0002	T = -0.0001	T = -0.0001	T = -0.0001
RMR = 3	A = 0.042	A = 0.050	A = 0.061	A = 0.065	A = 0.078
Q = 0.01	B = 0.534	B = 0.539	B = 0.546	B = 0.548	B = 0.556
	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0

SEZIONE 1-1'



Analisi di stabilità: JANBU (1967)

Lat./Long.	40.161349/18.16126
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1971.94 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1236.52 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1991.83 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1253.95 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.41	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.41	0.21
S.L.V.	475.0	0.53	2.42	0.48
S.L.C.	975.0	0.7	2.5	0.53

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.15	1.0	0.0153	0.0076
S.L.D.	0.19	0.47	0.0091	0.0046
S.L.V.	0.53	0.38	0.0205	0.0103
S.L.C.	0.7	1.0	0.0714	0.0357

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0205
Coefficiente azione sismica verticale 0.0103

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1955.49	1216.31
2	1968.27	1216.31
3	1977.58	1216.38
4	1977.62	1229.33
5	1978.22	1229.38
6	1981.86	1229.38
7	1988.52	1229.38
8	1999.41	1229.4
9	2014.62	1229.51

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²)	Texture
1	2447	0.651	0.679	-0.028	630	

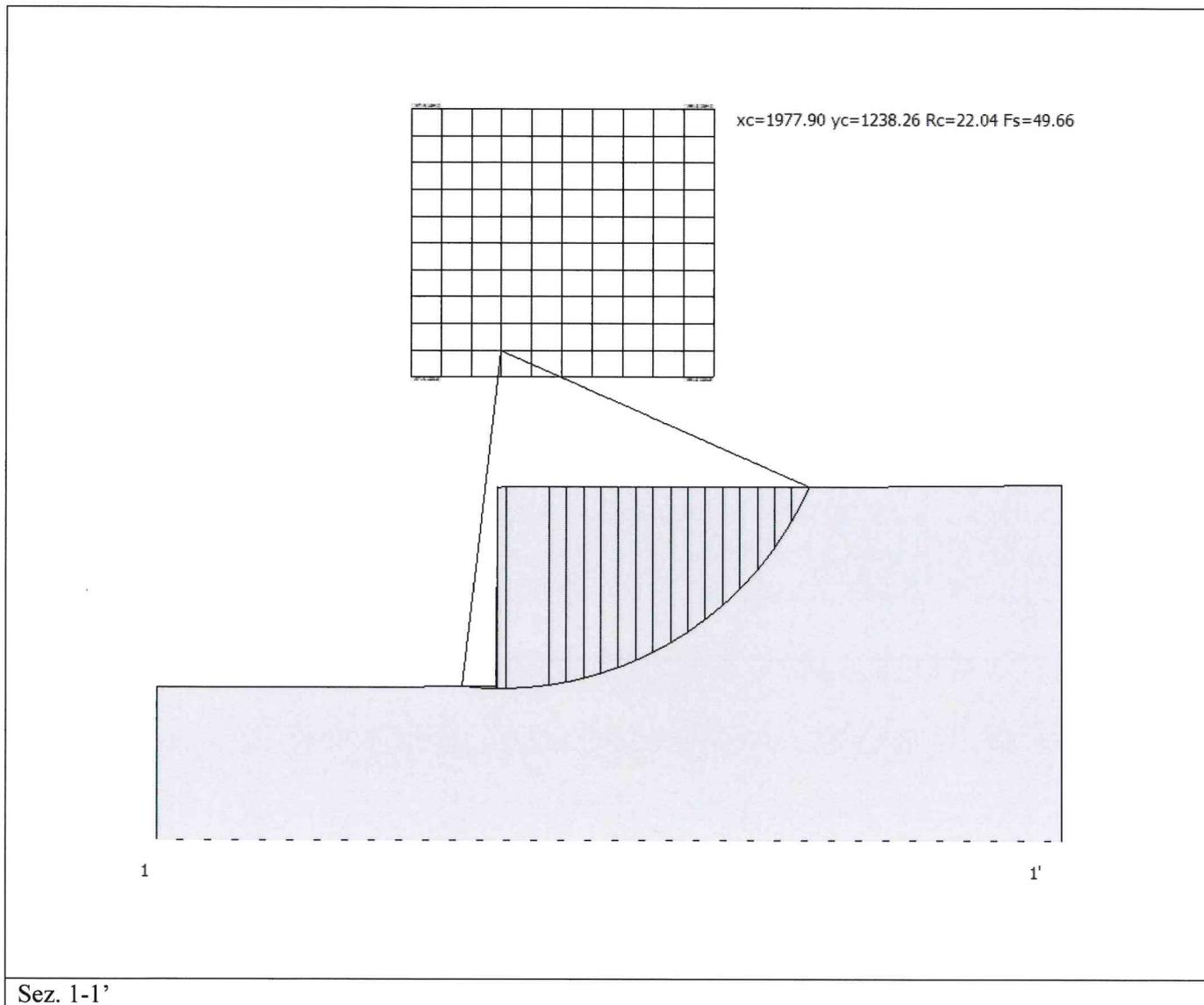
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	49.66
Ascissa centro superficie	1977.9 m
Ordinata centro superficie	1238.26 m
Raggio superficie	22.04 m

$x_c = 1977.902$ $y_c = 1238.263$ $R_c = 22.044$ $F_s = 49.656$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.14	-4.4	1.14	165.93	3.4	1.71	28.95	48.1	0.0	682.3	6677.8
2	1.08	-2.4	1.08	359.17	7.36	3.7	28.95	48.1	0.0	625.0	6334.7
3	0.03	0.0	0.03	567.68	11.64	5.85	28.97	47.3	0.0	567.7	216.1
4	0.6	-0.5	0.61	9425.49	398.22	200.08	29.04	46.6	0.0	19463.9	3950.8
5	2.82	4.6	2.83	90384.15	1852.88	930.96	29.04	46.6	0.0	89187.6	18513.9
6	1.14	9.5	1.15	35699.81	731.85	367.71	29.03	46.6	0.0	34945.0	7582.4
7	1.14	13.0	1.17	35089.36	719.33	361.42	29.02	46.7	0.0	34270.1	7743.7
8	1.14	15.4	1.18	34276.0	702.66	353.04	29.02	46.7	0.0	33458.1	7883.3
9	1.14	19.2	1.23	3268.54	682.01	342.67	29.01	46.8	0.0	32537.6	8181.3
10	1.14	21.7	1.22	32107.36	658.2	330.71	29.0	46.9	0.0	31447.0	8417.6
11	1.14	25.4	1.26	30709.77	629.55	316.31	28.99	47.0	0.0	30199.9	8849.6
12	1.14	28.4	1.29	29139.62	597.36	300.14	28.99	47.1	0.0	28711.4	9272.8
13	1.14	32.2	1.34	27283.51	559.31	281.02	28.98	47.2	0.0	26940.6	9952.8
14	1.14	35.2	1.39	25203.78	516.68	259.6	28.97	47.4	0.0	24741.6	10589.8
15	1.14	39.5	1.47	22789.81	467.19	234.74	28.96	47.5	0.0	22058.9	11768.1
16	1.14	42.8	1.55	20051.45	411.05	206.53	28.96	47.6	0.0	18587.6	12844.8
17	1.14	47.7	1.69	16855.68	345.54	173.61	28.95	47.8	0.0	13891.0	15079.3
18	1.14	51.7	1.83	13161.78	269.82	135.57	28.95	47.9	0.0	7507.6	17478.2
19	1.14	57.2	2.1	8748.16	179.34	90.11	28.95	48.0	0.0	-2737.9	22473.3
20	1.14	63.0	2.5	3343.72	68.55	34.44	28.95	48.1	0.0	-20333.4	31086.7

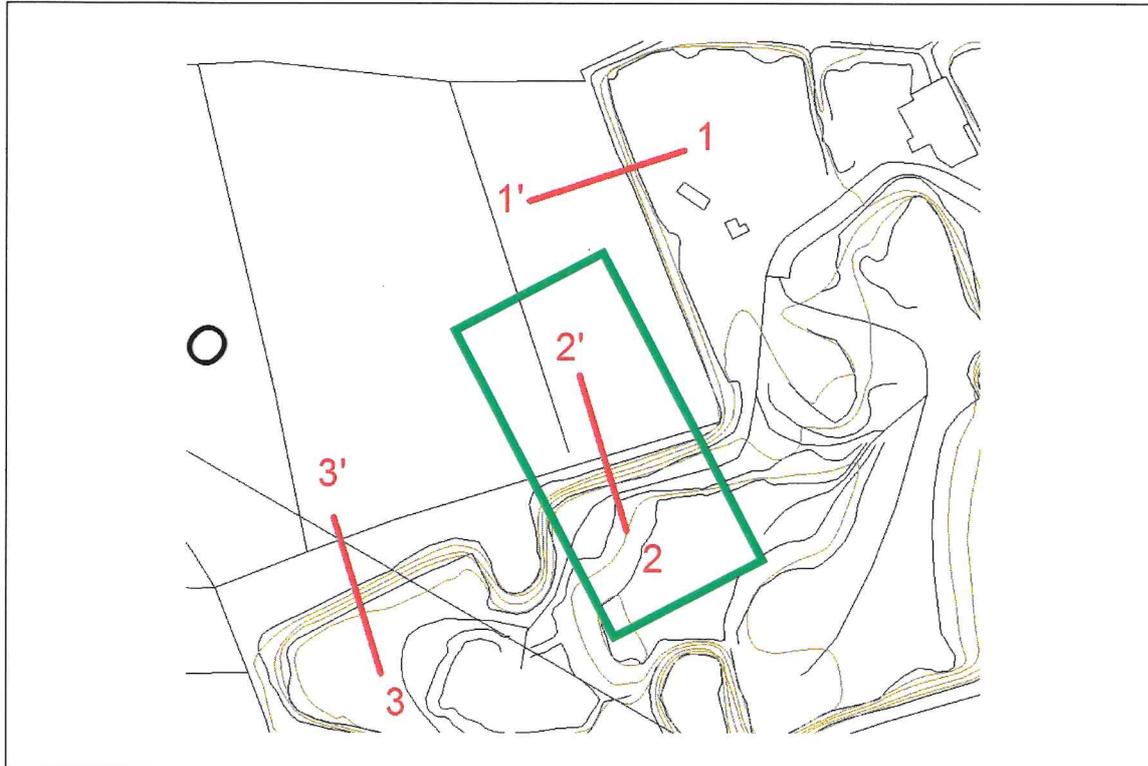
SINTESI RISULTATI SEZIONE 1-1'



Sulla sezione 1-1' non sono state individuate superfici di scorrimento potenzialmente instabili, il fattore di sicurezza minimo individuato (F_s) è pari a **49.66**.

Essendo $F_s=49.66 \gg 1.3$ il fronte roccioso risulta **stabile**

SEZIONE 2-2'



Analisi di stabilità: JANBU (1967)

Lat./Long.	40.161349/18.16126
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1959.9 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1265.94 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1979.16 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1284.85 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.41	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.41	0.21
S.L.V.	475.0	0.53	2.42	0.48
S.L.C.	975.0	0.7	2.5	0.53

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.15	1.0	0.0153	0.0076
S.L.D.	0.19	0.47	0.0091	0.0046
S.L.V.	0.53	0.38	0.0205	0.0103
S.L.C.	0.7	1.0	0.0714	0.0357

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0205
Coefficiente azione sismica verticale 0.0103

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1939.49	1242.62
2	1942.23	1242.61
3	1964.4	1242.78
4	1965.0	1256.75
5	1965.23	1257.51
6	1965.34	1257.7
7	1965.5	1257.82
8	1965.73	1257.85
9	1967.82	1257.88
10	1980.71	1258.0
11	1997.47	1258.01
12	1999.91	1258.07

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²)	Texture
1	2447	0.651	0.679	-0.028	630	

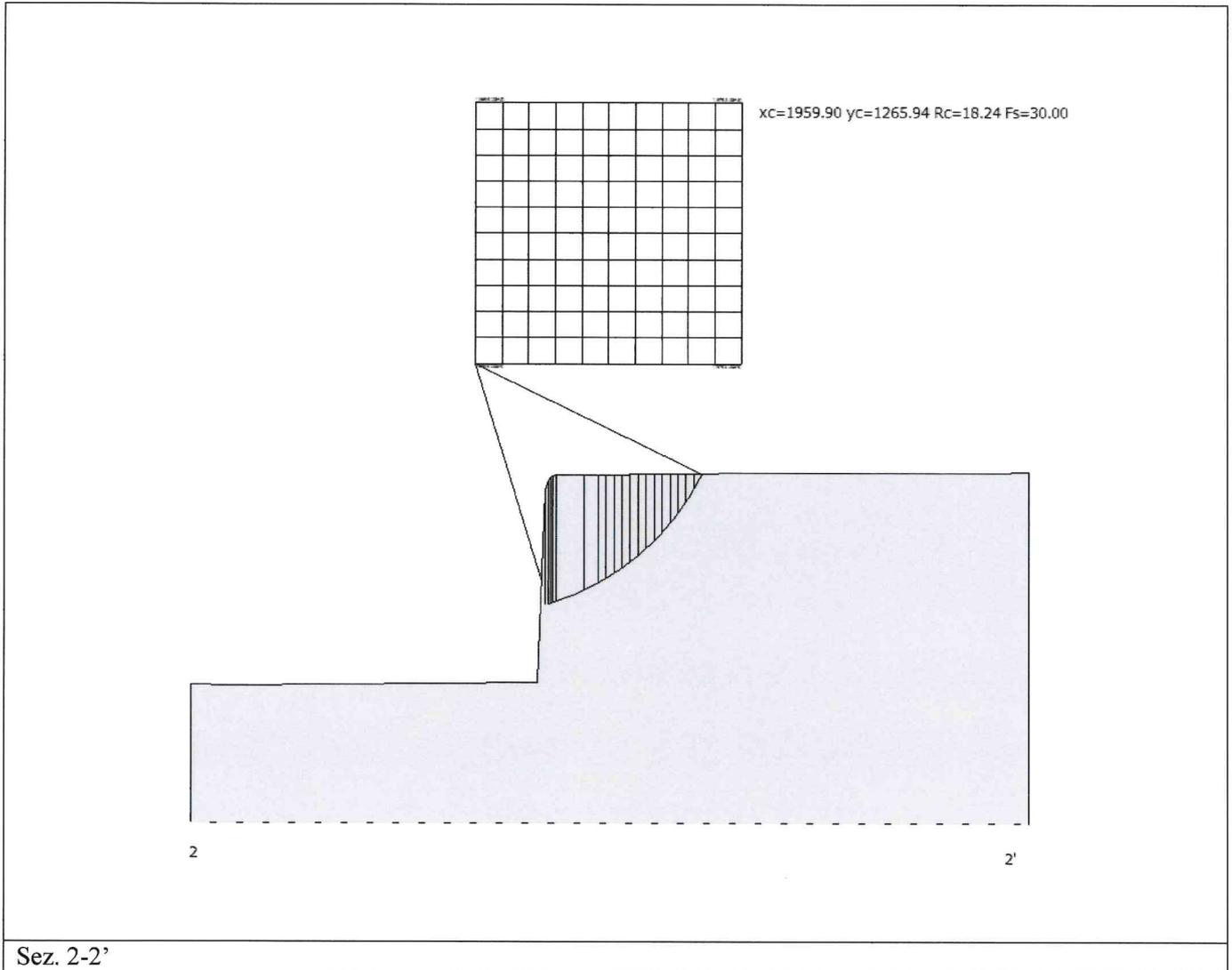
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	30.0
Ascissa centro superficie	1959.9 m
Ordinata centro superficie	1265.94 m
Raggio superficie	18.24 m

xc = 1959.895 yc = 1265.941 Rc = 18.243 Fs=30.00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.28	-80.7	1.76	3511.96	72.0	36.17	28.95	48.1	0.0	0.0	0.0
2	0.23	18.8	0.24	4909.13	100.64	50.56	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
3	0.11	15.2	0.11	2344.34	48.06	24.15	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
4	0.16	17.9	0.16	3529.07	72.35	36.35	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
5	0.23	15.5	0.24	5292.79	108.5	54.52	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
6	2.09	22.3	2.2645	197.55	926.55	465.53	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
7	0.95	27.4	1.0718	971.06	388.91	195.4	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
8	0.58	29.8	0.6710	956.74	224.61	112.85	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
9	0.58	33.3	0.69	10475.0	214.74	107.89	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
10	0.58	34.0	0.7	9923.48	203.43	102.21	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
11	0.58	36.4	0.72	9344.94	191.57	96.25	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
12	0.58	39.9	0.76	8724.15	178.85	89.86	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
13	0.58	40.9	0.77	8018.51	164.38	82.59	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
14	0.58	43.6	0.8	7271.83	149.07	74.9	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
15	0.58	46.3	0.84	6466.94	132.57	66.61	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
16	0.58	49.6	0.89	5545.91	113.69	57.12	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
17	0.58	52.2	0.95	4556.8	93.41	46.94	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
18	0.58	54.5	1.0	3449.94	70.72	35.53	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
19	0.58	59.1	1.13	2177.7	44.64	22.43	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0
20	0.58	61.7	1.22	750.32	15.38	7.73	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0

SINTESI RISULTATI SEZIONE 2-2'



Sulla sezione 2-2' non sono state individuate superfici di scorrimento potenzialmente instabili, il fattore di sicurezza minimo individuato (Fs) è pari a **30.00**.

Essendo **Fs=30.00 >> 1.3** il fronte roccioso risulta **stabile**

SEZIONE 3-3'



Analisi di stabilità: JANBU (1967)

Lat./Long.	40.161349/18.16126
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1970.2 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1234.83 m
Ascissa vertice destro superiore xs	1989.02 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1252.59 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.41	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.41	0.21
S.L.V.	475.0	0.53	2.42	0.48
S.L.C.	975.0	0.7	2.5	0.53

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.15	1.0	0.0153	0.0076
S.L.D.	0.19	0.47	0.0091	0.0046
S.L.V.	0.53	0.38	0.0205	0.0103
S.L.C.	0.7	1.0	0.0714	0.0357

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0205
Coefficiente azione sismica verticale 0.0103

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1940.23	1210.51
2	1941.84	1210.54
3	1961.24	1210.74
4	1970.1	1210.97
5	1970.55	1223.57
6	1971.06	1224.22
7	1971.7	1224.95
8	1972.1	1225.71
9	1972.53	1226.22
10	1973.11	1226.27
11	1973.89	1226.28
12	1977.02	1226.3
13	1986.62	1226.4
14	1992.86	1226.79
15	1997.55	1226.92

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm ²)	Texture
1	2447	0.651	0.679	-0.028	630	

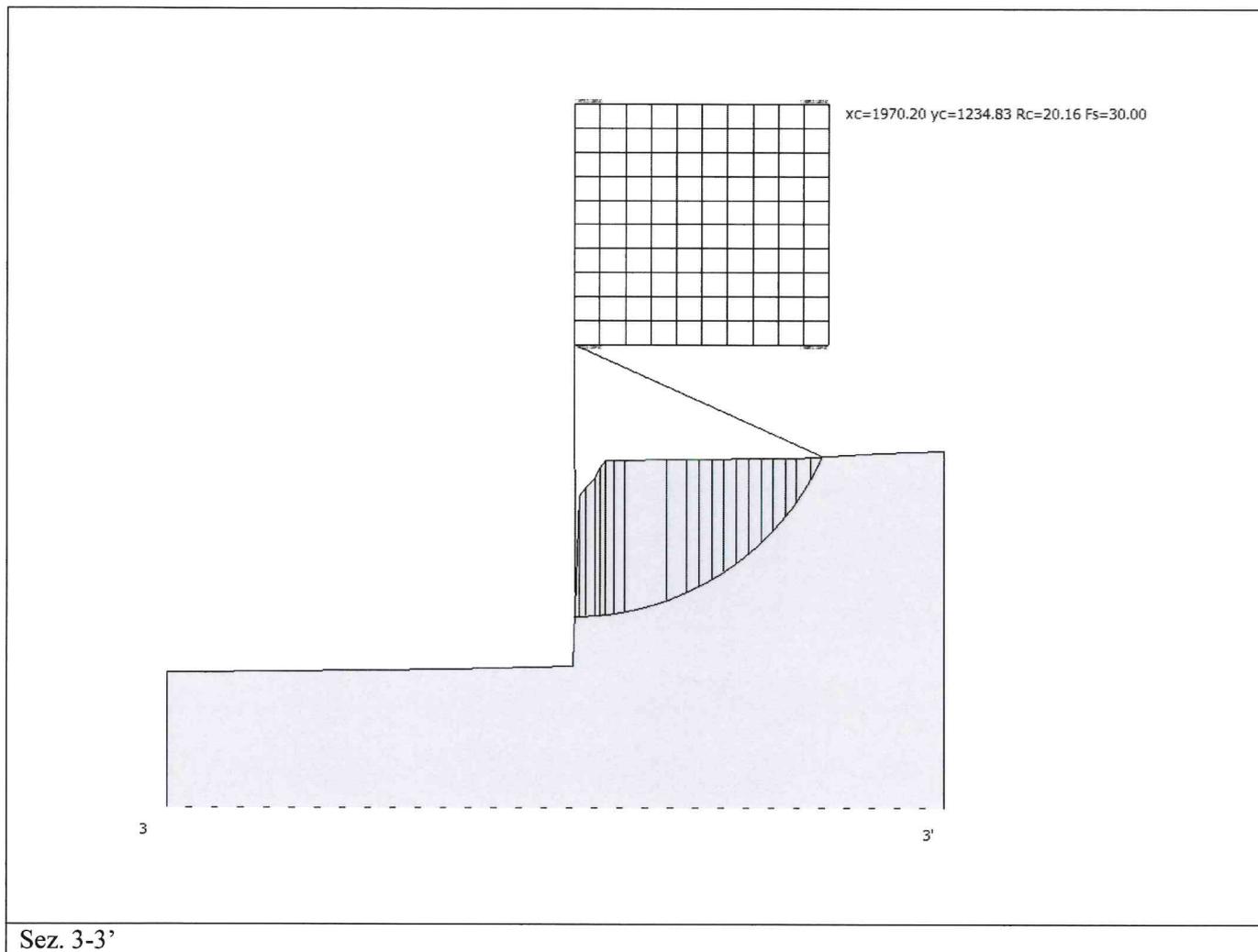
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	30.0
Ascissa centro superficie	1970.2 m
Ordinata centro superficie	1234.83 m
Raggio superficie	20.16 m

xc = 1970.199 yc = 1234.832 Rc = 20.156 Fs=30.00

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.26	-81.4	1.74	3359.11	68.86	34.6	28.95	48.1	0.0	0.0	0.0
2	0.51	2.1	0.5111581.71	237.43	119.29	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.64	3.3	0.6415435.24	316.42	158.98	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.4	3.6	0.4 10288.5	210.91	105.97	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.43	7.3	0.4411885.64	243.66	122.42	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.58	7.4	0.5816056.61	329.16	165.38	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.78	9.2	0.79 21548.2	441.74	221.95	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
8	3.13	15.2	3.2583671.66	1715.27	861.82	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.49	22.2	1.6137121.63	760.99	382.35	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.91	25.8	1.0121540.19	441.57	221.86	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.91	28.4	1.0420515.89	420.58	211.31	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.91	32.2	1.08 19333.3	396.33	199.13	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.91	34.5	1.1118024.39	369.5	185.65	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.91	37.8	1.1616547.81	339.23	170.44	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.91	41.9	1.2314836.56	304.15	152.82	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.91	44.7	1.29 12953.1	265.54	133.42	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.91	48.8	1.3910801.34	221.43	111.25	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.8	52.8	1.32 7393.11	151.56	76.15	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.03	57.2	1.9 6371.08	130.61	65.62	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.91	62.9	2.01 2060.6	42.24	21.22	0.16	30.2	0.0	0.0	0.0	0.0

SINTESI RISULTATI SEZIONE 3-3'



Sulla sezione 3-3' non sono state individuate superfici di scorrimento potenzialmente instabili, il fattore di sicurezza minimo individuato (F_s) è pari a **30.00**.

Essendo $F_s=30.00 \gg 1.3$ il fronte roccioso risulta **stabile**

CONCLUSIONI

Su incarico di L.L. Engineering Srls, la Geoprove Srl di Ruffano ha eseguito la verifica della stabilità di una parete rocciosa di pertinenza di una cava nell'ambito del progetto di “Realizzazione di un impianto fotovoltaico” nel territorio comunale di Galatina (Le).

Nell'area in esame affiorano le “Dolomie di Galatina” (Cenomaniano-Turoniano) costituite, litologicamente, da calcari e calcari dolomitici di colore avana o nocciola, compatti e tenaci, in strati e banchi.

Dalle analisi di laboratorio geotecnico e dal rilievo geomeccanico si riscontra che l'ammasso roccioso esaminato, appartenente al Bed Rock Carbonatico, rientra nella seconda classe della classificazione di Bieniawski (1989) con un RMR pari a 79, si tratta, quindi, di una roccia dalle buone caratteristiche meccaniche.

Nel complesso i sistemi di discontinuità presentano spaziature tali da isolare strati e blocchi di dimensioni metriche e decimetriche e legati principalmente ai soli giunti di stratificazione che risultano persistenti e con immersione Ovest ed inclinazione media di 10° (orientazione “favorevole” nei confronti del fronte) . La fratturazione secondaria è legata principalmente al tipo di affioramento superficiale (alterazione superficiale).

L'ammasso roccioso è, dunque, costituito da banchi compatti di calcare e calcare dolomitico massivo.

L'analisi di stabilità del fronte roccioso è stata eseguita lungo 3 sezioni rappresentative e, con valori del fattore minimo di sicurezza calcolato (F_s) >1.3 , si è visto che il ***fronte roccioso in esame risulta stabile***.

Si conclude, quindi, che la ***parete rocciosa in esame risulta stabile*** ed esente da problematiche di stabilità che possano innescare fenomeni gravitativi (crolli, ribaltamenti, scivolamenti, ecc..) che vadano a coinvolgere le aree dove si dovranno installare i moduli fotovoltaici.

Considerando che il fronte roccioso in esame presenta dei fenomeni fessurativi secondari legati principalmente all'alterazione superficiale (fessurazioni non persistenti nell'ammasso) non è da escludere che si possano verificare, nel tempo, dei locali ed isolati distacchi di materiale roccioso che, ad ogni modo, non comprometteranno la stabilità globale del fronte e delle aree adiacenti.

Ruffano, dicembre 2021

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

