

Polo 6 - ATE C2 TERNATE (VA)

Monitoraggio periodico condizioni di stabilità
dei fronti in fase di coltivazione

Rapporto di sintesi dicembre 2021

Elaborato	Rev.	Data
262-RE-008	A	18.02.2022

Committente



Holcim (Italia) Spa

I Professionisti

Dott. Geol. Lamberto Griffini

Ordine dei Geologi
della Lombardia



Cronologia delle revisioni

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
A	18.02.2022	1^ Emissione	NG	GL	GL

Abbreviazioni

NTC2018 DM 17 Gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Sup. LL.PP. – Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018.

Sommario

1	Premessa	5
2	Riferimenti	6
2.1	Normativa e Standard.....	6
2.2	Elaborati di progetto.....	6
2.3	Bibliografia	7
2.4	Software	7
3	Attività di monitoraggio	8
4	Risultati delle attività di monitoraggio.....	10
5	Confronto coi dati pregressi.....	16

1 Premessa

Il presente rapporto contiene la sintesi dei risultati delle osservazioni condotte in sito, nel periodo gennaio - dicembre 2021 con riferimento, per quanto riguarda, le condizioni geostrukturali rilevate ai fronti, anche alle osservazioni effettuate negli anni precedenti, all'interno dell'Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 - Polo 6, Cava Faraona in comune di Travedona (VA) in concessione alla Holcim (Italia) S.p.A.

Le attività di monitoraggio sono state condotte secondo le specifiche contenute nel Piano di Monitoraggio approvato dall'Amministrazione Provinciale di Varese, che costituisce parte integrante del progetto d'ambito.

Il piano di monitoraggio è finalizzato alla verifica delle condizioni di stabilità in corso d'opera attraverso l'analisi delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso portato in affioramento dai lavori di coltivazione e, in particolare, dalle verifiche e rilevamento della eventuale presenza e delle caratteristiche di "piani di debolezza" che potrebbero favorire scivolamenti planari lungo i fronti di scavo, in particolare, ma non in via esclusiva, per quanto riguarda i fronti sul lato est.

I rilevamenti in sito, utilizzati per il confronto con i dati del modello geologico di riferimento del progetto, hanno compreso l'esecuzione delle seguenti attività specifiche:

- Ispezione generale dei fronti di scavo e identificazione di eventuali condizioni geologiche non conformi a quanto previsto in progetto;
- Individuazione di eventuali livelli marnoso-argillosi che, per caratteristiche intrinseche di estensione, spessore e persistenza, possono favorire lo sviluppo di processi di scivolamento dei fronti di scavo.

Nel corso del 2021 sono stati eseguiti diversi sopralluoghi lungo i fronti di scavo ubicati nella porzione orientale della cava sia nell'ambito del programma di monitoraggio sia su richiesta dei tecnici della Holcim. I sopralluoghi straordinari si sono resi necessari a seguito della comparsa di alcune fessure di trazione lungo la pista di cantiere a q. 320 m s.m. In seguito al processo gravitativo del 6 novembre 2021, si è accertato che le fessure osservate rappresentavano il limite meridionale del processo gravitativo che ha interessato la porzione del fronte poco a nord dell'area interessata dalla frana del 2019 (rif. [15]).

Il coronamento principale si sviluppa lungo la pista di cantiere tra le q. 320.0 m s.m. (limite meridionale) e q. 330.0 m s.m. circa (limite settentrionale), interessando sia i depositi sciolti sia l'ammasso roccioso sottostante e si presenta come una lunga trincea larga circa 2.0 m e profonda 1.5÷3.0 m.

Nel periodo compreso tra la comparsa delle fessure di cui sopra e dell'evento del 6 novembre, è stato eseguito un altro sopralluogo per la presenza di una frattura beante lungo il fronte di scavo tra le q. 295.0 e 300.0 m s.m. La frattura si origina lungo i piani di strato, che ricordiamo essere a franapoggio in tutto il settore orientale della cava, e si presenta con una lunghezza di circa 3.0 m ed apertura massima di circa 35.0 mm per poi serrarsi verso nord.

Per una descrizione di dettaglio di quanto sopra si rimanda ai documenti specifici (riff. [18], [19] e [20]) e ripresi in parte al §4.

2 Riferimenti

2.1 Normativa e Standard

- [1] DM 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- [2] Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Sup. LL.PP. – Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018.
- [3] Piano cave della Provincia di Varese (approvato con D.C.R.L. n.698 del 30/09/2008 e pubblicato sul BURL, 2^a suppl. Straord. Al n.48, in data 25/11/2008)
- [4] D.P.R. 9 aprile 1959, n.128 – "Norme di polizia mineraria e delle cave"
- [5] D.G.R. 22 dicembre 2008, n.8/8749 – "Indirizzi e disposizioni tecniche per la conduzione di analisi sulla stabilità e per la progettazione di fronti di scavo in attività estrattive a cielo aperto, di scavi minerari in sotterraneo e di materiali in mucchio"

2.2 Elaborati di progetto

- [6] Rapp. 029-04 – "Analisi delle condizioni di stabilità nuovo piano di coltivazione cava Faraona – Travedona - Monate (Va)"; Altair s.r.l., 23/06/2005
- [7] Rapp. R001A-12 – Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo 6 - Comuni di Travedona e Ternate (VA) "Piano di monitoraggio in corso d'opera dei fronti di scavo" Altair s.r.l., 07/03/2012
- [8] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Novembre 2016" – Doc. n. 121-RE-004_A - Studio Griffini s.r.l., 06.12.2016
- [9] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Luglio 2017" – Doc. n. 121-RE-006_B - Studio Griffini s.r.l., 27.07.2017
- [10] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Novembre 2017" – Doc. n. 121-RE-007_B - Studio Griffini s.r.l., 14.12.2017
- [11] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Dicembre 2018" – Doc. n. 121-RE-009_A1 - Studio Griffini s.r.l., 28.12.2018
- [12] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto di sintesi Dicembre 2018" – Doc. n. 121-RE-010_A1 - Studio Griffini s.r.l., 04.02.2019
- [13] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Maggio 2019" – Doc. n. 121-RE-011_A1 - Studio Griffini s.r.l., 17.06.2019
- [14] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Dicembre 2019" – Doc. n. 262-RE-004_A1 - Studio Griffini s.r.l., 17.12.2019
- [15] "Polo 6 – ATE C2 – Travedona-Monate (VA) – Sistemazione frana fronte est – Piano di messa in sicurezza" – Doc. n. 262-RE-003-G - Studio Griffini s.r.l., 09.01.2020
- [16] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto di sintesi Dicembre 2019" – Doc. n. 262-RE-005_A - Studio Griffini s.r.l., 10.03.2020

- [17] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Giugno 2020" – Doc. n. 262-RE-006_A - Studio Griffini s.r.l., 16.07.2020
- [18] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Nota tecnica di sopralluogo 27.10.2021" – Doc. n. 262-NT-004_A - Studio Griffini s.r.l., 27.10.2021
- [19] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Nota tecnica di sopralluogo 12.11.2021" – Doc. n. 262-NT-005_A - Studio Griffini s.r.l., 15.11.2021
- [20] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Progetto Attuativo – Relazione geologica e geomeccanica" – Doc. n. 262-RE-007_B - Studio Griffini s.r.l., 20.01.2022

2.3 Bibliografia

- [21] Barton N., Choubey V., (1977) "The shear strength of rock joints in theory and practice", Rock Mech., 10, 1-54
- [22] Bieniawski Z. T., Denkhaus H. G., Vogler, U.W. (1969) "Failure on fractured rock", Int. J. Rock Mech., 6, 323,41
- [23] Hoek E. (2006) "Practical Rock Engineering" – Public web pubbl. - Vancouver
- [24] Hoek E., Carter T.G., Diederichs M.S., 2013 – Quantification of the Geological Strength Index Chart – 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, San Francisco, CA, USA
- [25] Prasettyo S.H., Gutierrez M., Barton N. (2017) – "Nonlinear shear behaviour of rock joints using a linearized implementation of Barton-Bandis model", Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 9, (2017) 671-682

2.4 Software

- [26] DIPS 6.013 – Rocscience - Toronto, Ontario– Analisi interattiva dati geologico-strutturali
- [27] SLIDE2 – Rocscience - Toronto, Ontario

3 Attività di monitoraggio

A partire dall'inizio del programma di monitoraggio, nel 2013, sono state eseguite 15 campagne di monitoraggio, di cui la prima, condotta nel mese di luglio 2013, ha avuto lo scopo di fornire il quadro di riferimento dello "stato iniziale", ossia delle caratteristiche precedenti all'inizio delle attività di coltivazione. Complessivamente sono state eseguiti 42 rilievi geomeccanici di dettaglio sui fronti di coltivazione; di questi, due sono quelli condotti nel periodo considerato nella presente relazione (gennaio-dicembre 2021) come indicato nella **Tabella 3.1** che segue ed in **Figura 3. 1** dove si riporta l'ubicazione dei rilievi eseguiti.

SINTESI DELLE CAMPAGNE DI RILIEVO 2013÷2021							
Area di cava	Anno	Data	Codice rilievo	Area di cava	Anno	Data	Codice rilievo
CAVA FARAONA	2013	09-lug-13	RGS-02-13	CAVA FARAONA	2016	28-nov-16	RGS-04-16
			RGS-03-13				RGS-05-16
			RGS-04-13		2017	11-lug-17	RGS-01-17
			RGS-05-13				RGS-02-17
			RGS-06-13				RGS-03-17
		14-nov-13	RGS-09-13			23-nov-17	RGS-04-17
	2014		RGS-05-17				
	03-giu-14	RGS-01-14	RGS-06-17				
		RGS-02-14	2018		21-dic-18	RGS-01-18	
		RGS-03-14				RGS-02-18	
		RGS-04-14				RGS-03-18	
		17-dic-14	RGS-05-14		2019	7-giu-19	RGS-01-19
			RGS-06-14				RGS-02-19
	RGS-07-14		RGS-03-19				
	2015		17-giu-15			RGS-04-19	
		RGS-01-15				12-dic-19	RGS-05-19
		RGS-02-15					RGS-06-19
		RGS-03-15	2020		25-giu-20		RGS01-20
		RGS-04-15				RGS02-20	
		27-nov-15	RGS-05-15		2021	28-lug-21	RGS01-21
	RGS-01-16		RGS02-21				
2016	15-lug-16		RGS-02-16				
		RGS-03-16					

Tabella 3.1

Rilievi geomeccanici e strutturali condotti da inizio monitoraggio

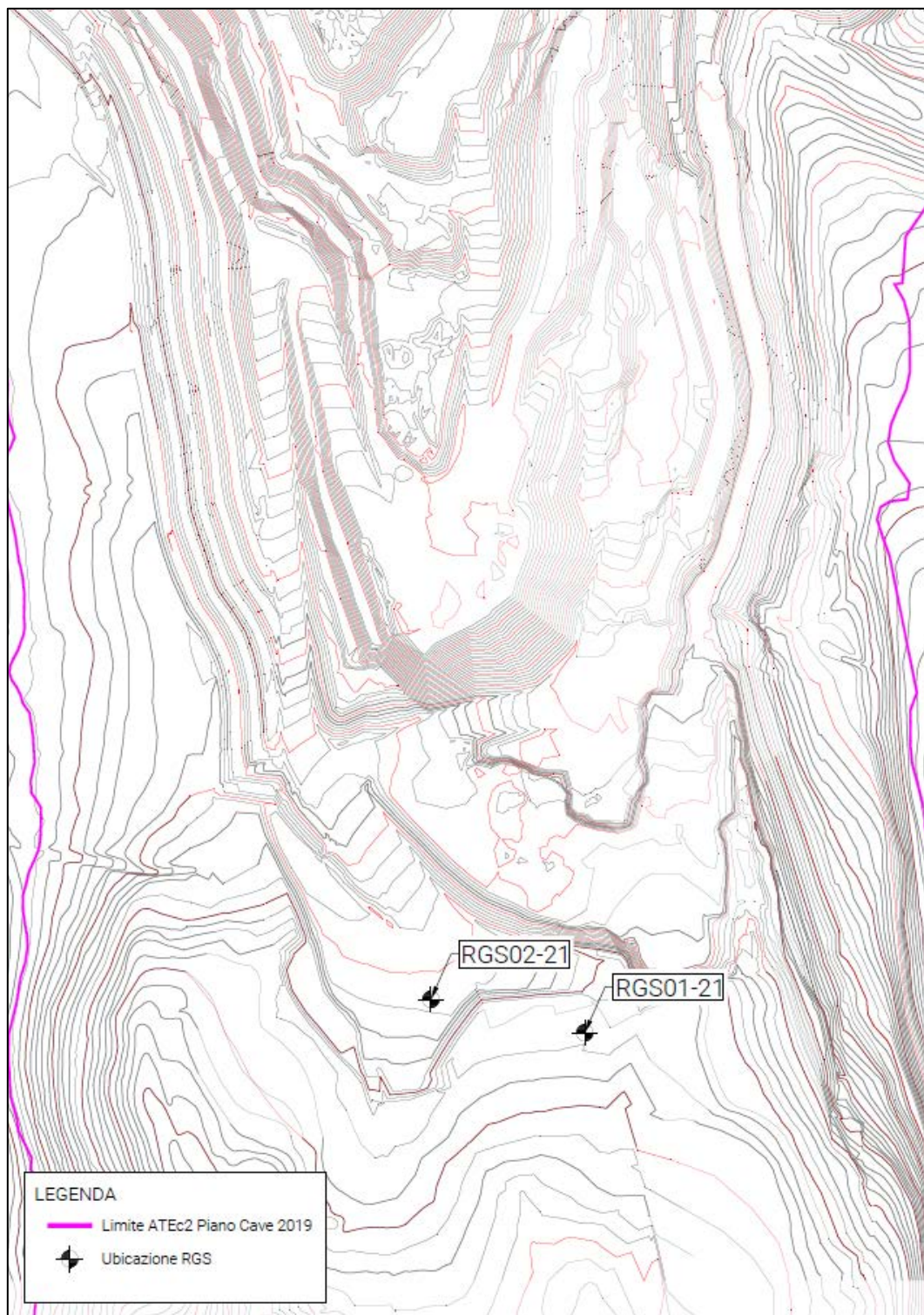


Figura 3. 1

Ubicazione dei rilievi geomeccanici e strutturali eseguiti nel mese di luglio del 2021

4 Risultati delle attività di monitoraggio

Al momento le operazioni di coltivazione proseguono nella porzione di sud della cava; l'avanzamento avviene mediante asportazione del materiale a mezzo di escavatori nelle porzioni più fratturate e mediante volate di preminaggio nelle porzioni di ammasso più competenti.

Come già accennato in Premessa (§1), oltre ai sopralluoghi per il monitoraggio periodico dei fronti in fase di scavo, nel periodo in esame sono stati condotti diversi sopralluoghi a seguito della comparsa di alcune fessure di trazione tutte ubicate lungo il fronte orientale della cava.

In particolare, i sopralluoghi hanno riguardato:

- La comparsa di una serie di fessure di trazione nella copertura detritica che costituisce la pista di cantiere a q. 320 m s.m. lungo il fronte est della cava (rif. [18]);
- La presenza di una frattura beante lungo il fronte orientale della cava tra i gradoni di q. 300.0 e 295.0 m s.m. (rif. [19]);
- Il processo d'instabilità lungo il fronte est del giorno 6 novembre 2021 (rif. [20]).

Per quanto concerne la frattura beante (rif. [19]), questa presenta giacitura a franapoggio, tipica del fronte est, con immersione circa est ed inclinazione 34° , senza materiale di riempimento e beante in superficie dove l'apertura massima risulta di circa 35 mm; la frattura risulta serrata nel suo ramo settentrionale, mentre verso sud risulta aperta per $2.5\div 3.0$ m poi l'apertura diminuisce progressivamente (**Figura 4.1**). La frattura delimita un volume roccioso di pochi mc.



Figura 4.1

Fronte est tra q. 300.0 e q. 295.0 m s.m. nella zona in fase di recupero interessata dalla frattura lungo strato.

È stata condotta una verifica di stabilità all'equilibrio limite in asse alla frattura in corrispondenza del suo massimo spessore mediante il software SLIDE2 della Rocscience (rif. [27]).

L'analisi è stata condotta sia utilizzando i parametri caratteristici sia con i parametri abbattuti mediante i coefficienti parziali NTC2018 (SLU-GEO) ed ha considerato le condizioni attuali e quelle finali con il rinfianco previsto per il rimodellamento morfologico.

Le condizioni di stabilità risultano sempre verificate nelle condizioni osservate, e migliorano ulteriormente in modo significativo con fattore di sicurezza (FoS) maggiore del 30% circa rispetto allo stato osservato, una volta che sarà completato il previsto rinfianco del fronte (condizioni finali a seguito del recupero morfologico dell'area).

Si riportano di seguito i risultati della analisi condotte (Figura 4.2), mentre per approfondimenti si rimanda all'apposita nota tecnica (rif. [19]).

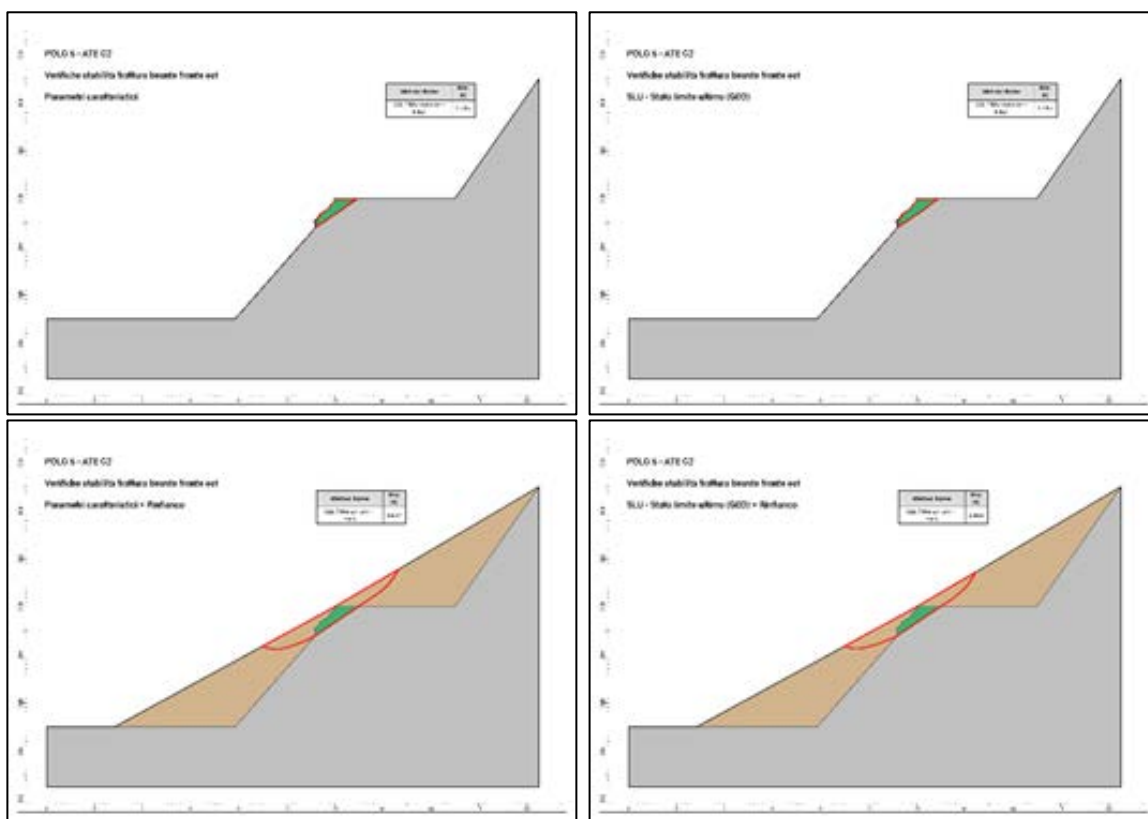


Figura 4.2

Grafici dei risultati delle verifiche di stabilità

Durante il periodo considerato, più precisamente il giorno 6 novembre 2021, si è verificato un movimento franoso per scivolamento lungo un probabile livello argillitico particolarmente persistente, che ha interessato il fronte orientale dell'area di coltivazione (**Figura 4.3**); si è sviluppato a partire dalla pista di cantiere esistente alla sommità del setto di confine lato est, con un movimento di tipo traslazionale in direzione ENE-WSW e disarticolandosi in più punti con fessure di trazione profonde alcuni metri che hanno interessato sia la copertura detritica sia la porzione corticale dell'ammasso roccioso.



Figura 4.3

Panoramica da drone del 18.11.2021 dell'area interessata dall'evento franoso del 6 novembre 2021 (tratteggiato rosso)

Già nell'ottobre 2021 erano apparse due fessure con apertura massima di circa 10 mm (fessure 2 e 3 riportate in **Figura 4.4** e nel dettaglio di **Figura 4.5**), subparallele e che, con molta probabilità, coincidono col limite meridionale del processo d'instabilità.



Figura 4.4

Ubicazione delle fessure osservate in sito su foto satellitare (da Google Earth)

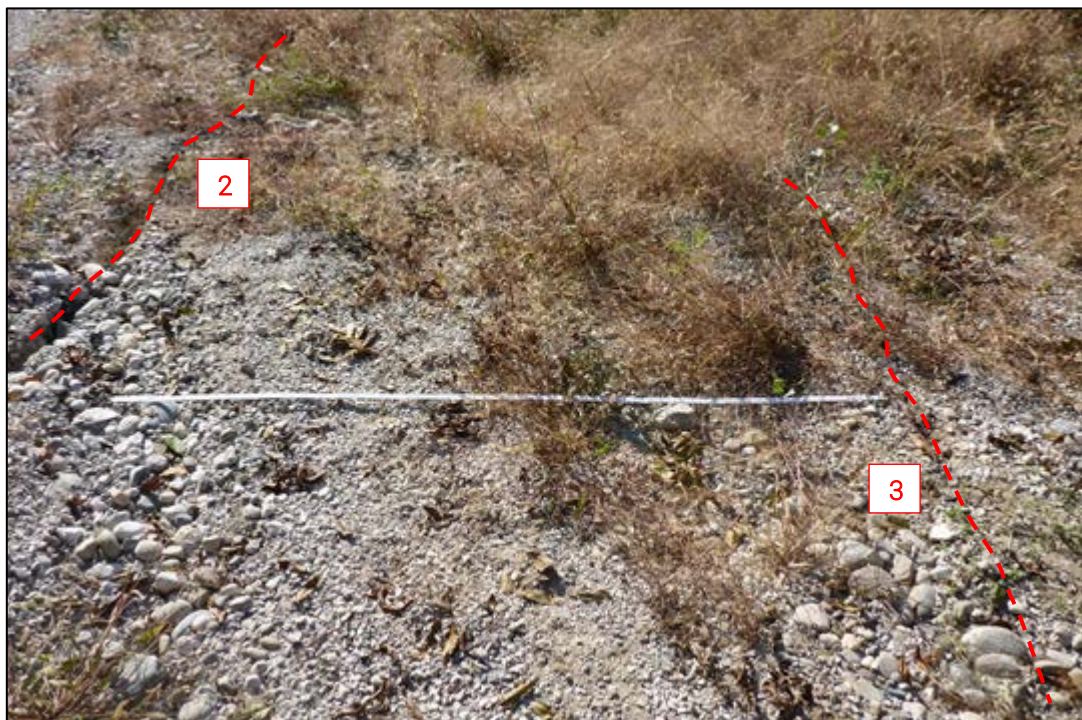


Figura 4.5

Foto di dettaglio delle fessure 2 e 3, probabile limite meridionale della frana del 6.11.2021 (ripresa del 27.10.21)

Il movimento si è sviluppato verso valle (circa verso ovest) con una traslazione limitata a non più di 8÷10 m alla sommità, senza arrivare ad interessare direttamente la pista di cantiere posta a

q. 300 m s.m., il piano di scivolamento ha una inclinazione stimata di circa $23^{\circ}\div 24^{\circ}$, con immersione verso ovest ($265^{\circ}\div 270^{\circ}$) congruente con la giacitura locale della stratificazione che caratterizza l'ammasso roccioso.

Il coronamento principale è ben visibile lungo la pista di cantiere a q. 330 m s.m. e si presenta con una fessura di trazione principale larga circa 2 m e profonda circa $1.5\div 3.0$ m.; l'intero corpo di frana è dislocato in diversi punti da fessure beanti a diversa orientazione e con profondità che raggiungono e superano i 2 m e larghezza variabile da diverse decine di centimetri ad oltre un metro (**Figura 4.6**).

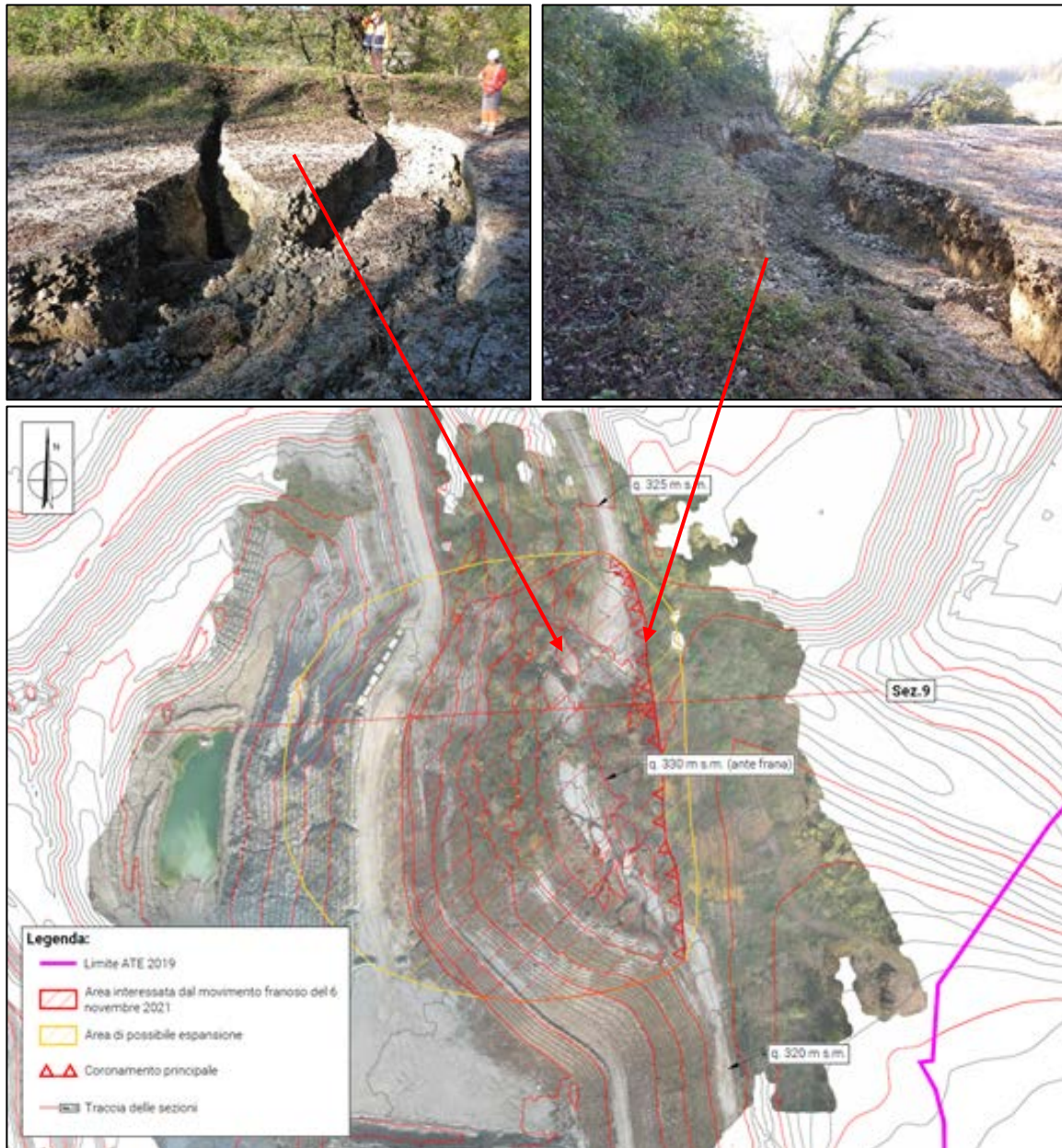


Figura 4.6

Riprese di dettaglio del coronamento principale e delle fessure beanti che dislocano il corpo di frana e planimetria dell'area su ortofoto da drone (riprese del 8.11.2021)

Con ogni probabilità la causa innescante l'evento del 6 novembre 2021, è da ricercarsi nella progressiva saturazione e del rammollimento dei livelli argillitici e di un probabile effetto di rigonfiamento dei minerali espansivi che ha causato la drastica riduzione della resistenza al taglio e, in definitiva, l'innescio del processo di scivolamento traslazionale osservato. Sebbene non si disponga di dati oggettivi per affermarlo con certezza, non è da escludere un aumento delle pressioni interstiziali all'interno dei livelli deboli saturi in conseguenza delle sollecitazioni dinamiche indotte dalla volata eseguita il giorno precedente in prossimità del margine meridionale della base dell'area interessata dal franamento.

Per i dettagli circa l'evento franoso e le misure adottate per la messa in sicurezza dell'area, si rimanda alla specifica relazione 262-RE-008_A del 04.02.2022 (rif. [20]).

In tutte le altre aree della coltivazione non sono state osservate problematiche riguardanti la stabilità dei fronti e gli scavi sono proseguiti senza problematiche connesse a processi d'instabilità.

5 Confronto coi dati pregressi

Le analisi dei dati misuratisui fronti di scavo con i rilievi geomeccanici del 2021 hanno permesso di verificare la rispondenza dei parametri geomeccanici utilizzati per la caratterizzazione geomeccanica posta alla base delle verifiche di stabilità eseguite per il progetto di scavo. La presenza locale di piani di debolezza costituiti da livelli argillitici più o meno persistenti conferma il modello geologico di riferimento (MGR) che era stato posto a base del progetto di coltivazione approvato. Nei rilievi di progetto, la qualità dell'ammasso roccioso risultava compresa fra B.RMR = 41 e B.RMR = 45 (A.R. di qualità discreta), valori leggermente inferiori rispetto alle ultime misurazioni eseguite, probabilmente a causa della posizione stratigrafica più elevata e caratterizzata da un grado di fratturazione maggiore (**Tabella 5.1**). Conseguentemente, anche alcuni dei valori rappresentativi dei parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi risultano leggermente inferiori di quelli adottati per le verifiche di stabilità di progetto (**Tabella 5.2**).

SINTESI DELLE CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE CAMPAGNE DI RILIEVO 2013÷2021					
Area di cava	Data	Codice rilievo	B.RMR	Classe	G.S.I.
CAVA FARAONA	09-lug-13	RGS-02-13	61	Buona	56
		RGS-03-13	60	Buona	55
		RGS-04-13	58	Discreta	57
		RGS-05-13	62	Buona	53
		RGS-06-13	49	Discreta	55
	14-nov-13	RGS-09-13	59	Discreta	50÷55
	03-giu-14	RGS-01-14	61÷62	Buona	50÷60
		RGS-02-14	63÷65	Buona	60÷70
		RGS-03-14	65÷66	Buona	60÷70
		RGS-04-14	57÷58	Discreta	50÷60
	17-dic-14	RGS-05-14	54÷55	Discreta	50÷55
		RGS-06-14	56÷57	Discreta	50÷55
		RGS-07-14	53÷54	Discreta	50÷55
	17-giu-15	RGS-01-15	57÷58	Discreta	55÷60
		RGS-02-15	55÷56	Discreta	50÷55
		RGS-03-15	55÷56	Discreta	50÷55
	27-nov-15	RGS-04-15	57÷58	Discreta	55÷60
		RGS-05-15	57÷58	Discreta	55÷60
	15-lug-16	RGS-01-16	60	Discreta	55÷60
		RGS-02-16	56÷57	Discreta	55÷60
		RGS-03-16	56÷57	Discreta	55÷60
	28-nov-16	RGS-04-16	57÷58	Discreta	55÷60
		RGS-05-16	58÷59	Discreta	55÷60
	11-lug-17	RGS-01-17	44÷50	Discreta	28÷50
		RGS-02-17	57÷59	Discreta	51÷58
		RGS-03-17	58÷61	Discreta ÷ Buona	58÷66
	23-nov-17	RGS-04-17	53÷54	Discreta	55÷60
		RGS-05-17	51÷52	Discreta	55÷60
		RGS-06-17	53÷55	Discreta	48÷53
	21-dic-18	RGS-01-18	43÷46	Discreta	35÷45
		RGS-02-18	46÷49	Discreta	35÷45
		RGS-03-18	44÷48	Discreta	40÷45
	7-giu-19	RGS-01-19	53÷61	Discreta ÷ Buona	65÷75
		RGS-02-19	54÷61	Discreta ÷ Buona	60÷70
		RGS-03-19	56÷57	Discreta	50÷60
	12-dic-19	RGS-04-19	57÷59	Discreta	55÷65
		RGS-05-19	53÷55	Discreta	50÷60
		RGS-06-19	56÷59	Discreta	55÷65
	25-giu-20	RGS01-20	57÷60	Discreta	50÷60
		RGS02-20	59÷60	Discreta	55÷65
	28-lug-21	RGS01-21	41÷42	Discreta	50÷60
		RGS02-21	43÷45	Discreta	50÷60

Tabella 5.1

Sintesi delle classificazioni B.RMR e dell'indice GSI ottenuti dai rilievi dal 2013 al 2021

CONFRONTO FRA I PARAMETRI DI PROGETTO E PARAMETRI CARATTERISTICI CAMPAGNA 2013÷2021							
Codice rilievo	Data del rilievo	mb [-]	s [-]	a [-]	ot-rm [MPa]	oc-rm [MPa]	Erm [MPa]
RGS-02-13	9-lug-13	0.719	1.30E-03	0.504	-0.089	1.733	5.68
RGS-03-13		0.759	1.50E-03	0.504	-0.097	1.868	6.64
RGS-04-13		0.605	1.00E-03	0.505	-0.091	1.607	5.85
RGS-05-13		0.753	2.00E-03	0.504	-0.13	2.170	7.53
RGS-06-13		0.675	1.50E-03	0.504	-0.11	1.870	6.64
RGS-09-13	14-nov-13	0.577÷0.795	7.00E-04÷1.50E-03	0.504÷0.506	-0.06÷-0.10	1.28÷1.87	4.83÷6.64
RGS-01-14	3-giu-14	0.577÷0.999	7.00E-04÷3.00E-03	0.506÷0.503	-0.06÷-0.15	1.28÷2.71	4.83÷9.03
RGS-02-14		0.999÷1.731	3.00E-03÷1.29E-02	0.503÷0.501	-0.15÷-0.37	2.71÷5.65	9.03÷15.19
RGS-03-14		0.999÷1.731	3.00E-03÷1.29E-02	0.503÷0.501	-0.15÷-0.37	2.71÷5.65	9.03÷15.19
RGS-04-14		0.577÷0.999	7.00E-04÷3.00E-03	0.506÷0.503	-0.06÷-0.15	1.28÷2.71	4.83÷9.03
RGS-05-14	17-dic-14						
RGS-06-14		0.577÷0.759	7.00E-04÷1.50E-03	0.506÷0.504	-0.06÷-0.10	1.28÷1.87	4.83÷6.64
RGS-07-14							
RGS-01-15	17-giu-15	0.577÷0.999	1.50E-03÷3.00E-03	0.504÷0.503	-0.10÷-0.15	1.87÷2.71	6.64÷9.03
RGS-02-15							
RGS-03-15		0.577÷0.759	7.00E-04÷1.50E-03	0.506÷0.504	-0.06÷-0.10	1.28÷1.87	4.83÷6.64
RGS-04-15	27-nov-15						
RGS-05-15		0.759÷0.999	1.50E-03÷3.00E-03	0.504÷0.503	-0.10÷-0.15	1.87÷2.71	6.64÷9.03
RGS-01-16	15-lug-16						
RGS-02-16		0.759÷0.999	1.50E-03÷3.00E-03	0.504÷0.503	-0.10÷-0.15	1.87÷2.71	6.64÷9.03
RGS-03-16							
RGS-04-16	28-nov-16						
RGS-05-16		0.759÷0.999	1.50E-03÷3.00E-03	0.504÷0.503	-0.10÷-0.15	1.87÷2.71	6.64÷9.03
RGS-01-17	11-lug-17	0.142÷0.197	1.00E-04÷2.00E-04	0.511÷0.508	-0.02÷-0.03	0.31÷0.47	1.57÷2.04
RGS-02-17		0.577÷0.759	7.00E-04÷1.50E-03	0.506÷0.504	-0.06÷-0.10	1.28÷1.87	4.83÷6.64
RGS-03-17		0.759÷1.315	1.50E-03÷6.30E-03	0.502÷0.504	-0.10÷-0.24	1.87÷3.92	6.64÷11.94
RGS-04-17	23-nov-17	0.915÷1.218	2.70E-03÷5.60E-03	0.503÷0.502	-0.15÷-0.23	2.54÷3.70	8.34÷11.07
RGS-05-17		0.688÷0.915	1.30E-03÷2.70E-03	0.504÷0.503	-0.09÷-0.15	1.74÷2.54	6.13÷8.34
RGS-06-17		0.461÷0.614	5.00E-04÷9.00E-04	0.507÷0.505	-0.05÷-0.08	1.01÷1.49	3.93÷5.40
RGS-01-18	21-dic-18						
RGS-02-18		0.317÷0.51	2.00E-04÷7.00E-04	0.516÷0.508	-0.02÷-0.05	0.40÷0.96	1.40÷2.12
RGS-03-18		0.402÷0.51		0.511÷0.508	-0.03÷0.05	0.59÷0.96	1.54÷2.12
RGS-01-19	7-giu-19	1.322÷2.129	9.40E-03÷3.57E-02	0.502÷0.501	-0.25÷-0.67	3.36÷7.53	7.05÷10.36
RGS-02-19		1.042÷1.678	4.80E-03÷1.83E-02	0.503÷0.501	-0.16÷-0.44	2.40÷5.38	5.44÷8.75
RGS-03-19		0.647÷1.042	1.30E-03÷4.80E-03	0.506÷0.503	-0.07÷-0.19	1.20÷2.74	2.94÷5.44
RGS-04-19	12-dic-19	0.821÷1.322	2.50E-03÷9.40E-03	0.504÷0.502	-0.11÷-0.28	1.70÷3.84	4.04÷7.05
RGS-05-19		0.647÷1.042	1.30E-03÷4.80E-03	0.506÷0.503	-0.07÷-0.19	1.20÷2.74	2.94÷5.44
RGS-06-19		0.821÷1.322	2.50E-03÷9.40E-03	0.504÷0.502	-0.11÷-0.28	1.70÷3.84	4.04÷7.05
RGS01-20	25-giu-20	0.402÷0.721	6.00E-04÷2.70E-03	0.506÷0.503	-0.05÷-0.15	0.83÷2.03	1.98÷3.71
RGS02-20		0.535÷0.947	1.30E-03÷5.60E-03	0.504÷0.502	-0.08÷-0.24	1.22÷2.96	2.72÷4.92
RGS01-21	28-lug-21						
RGS02-21		0.402÷0.721	6.00E-04÷2.70E-03	0.506÷0.503	-0.05÷-0.15	0.83÷2.03	1.98÷3.71
Parametri di progetto		0.490	1.70E-03	0.504	-0.24	2.82	7.68

Tabella 5.2

Confronto fra i parametri di progetto e i parametri derivanti dai rilievi di monitoraggio eseguiti dal 2013 al 2021

Come detto, le caratteristiche geologico strutturali sono del tutto analoghe a quelle medie dell'intero polo estrattivo, confermando la sostanziale uniformità dell'assetto monoclinale con blande strutture plicative dell'area; in **Figura 5.1**, sono rappresentate le famiglie di discontinuità caratteristiche dell'area, ricavate da tutti i rilievi geomeccanico-strutturali (RGS) eseguiti dal 2013 al 2021. I sistemi di discontinuità che caratterizzano l'area di studio sono:

- **Famiglia St**: coincidente con la stratificazione dell'ammasso roccioso, immergente verso OSO-ONO ($245^{\circ}\div 295^{\circ}$) con inclinazione compresa fra 10° e 35° , con persistenza lineare molto elevata;
- **Famiglia K2**: immergente verso ENE-E ($060^{\circ}\div 85^{\circ}$) con inclinazione compresa tra 65° e 80° , con persistenza media;
- **Famiglia K3**: immergente verso N-NE ($010^{\circ}\div 38^{\circ}$) con inclinazioni comprese fra 67° e 85° , con persistenza medio-bassa;
- **Famiglia K4**: immergente verso SE-SSE ($119^{\circ}\div 150^{\circ}$) con inclinazioni comprese fra 60° e 79° , con persistenza medio-bassa.

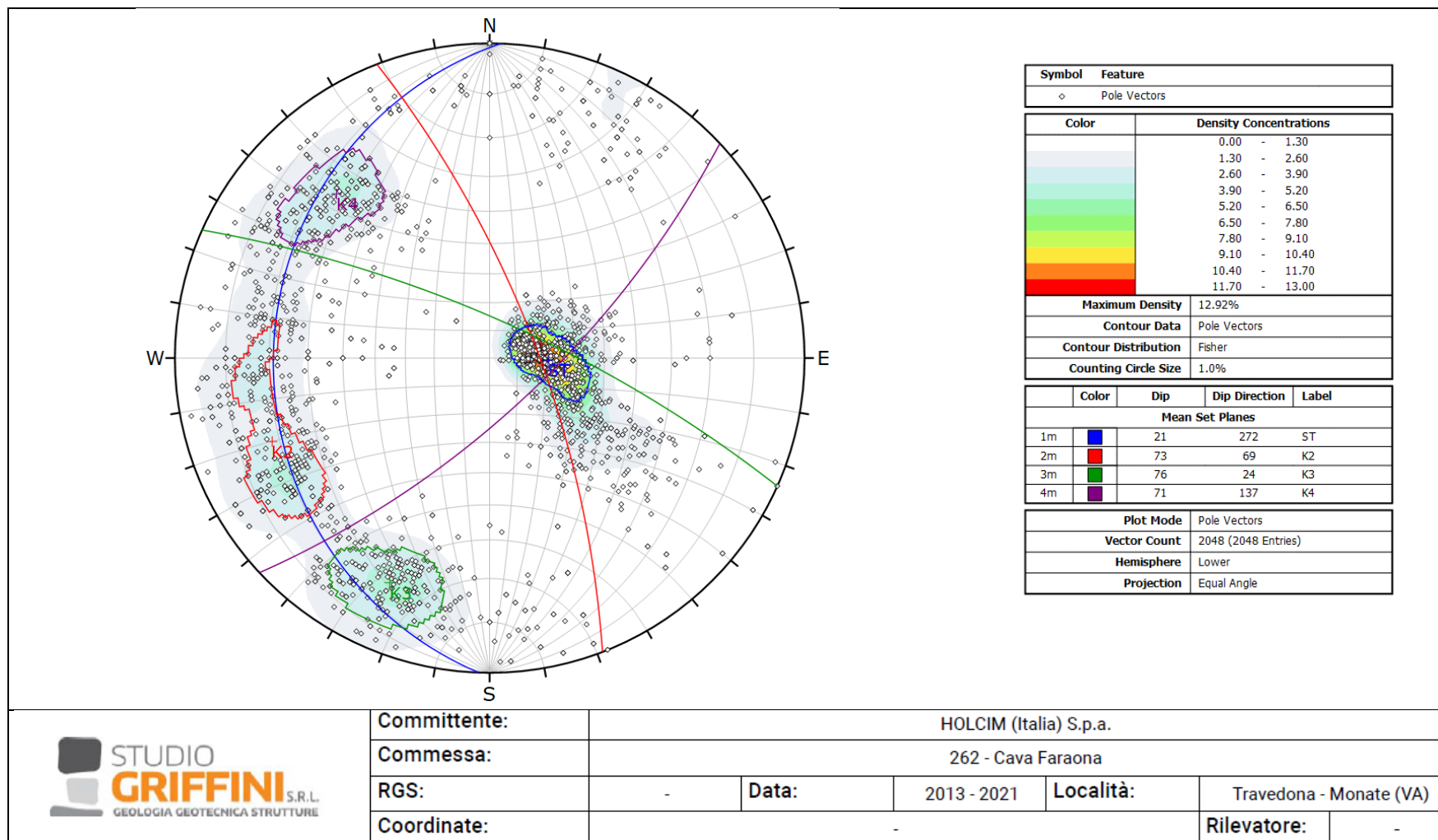


Figura 5.1

Proiezione stereografica rilievi geomeccanico-strutturali dal 2013 al 2021

Studio GRIFFINI S.r.l.

Sede Legale: Via E. Pagliano, 37 20149 Milano – Uffici: Via A. Martini, 11 20092 Cinisello Balsamo (MI)

T. 02 61298274 – F. 02 61770281 – E. studio@studiogriffini.eu – Web: www.studiogriffini.eu