

Polo 6 - ATE C2 TERNATE (VA)

Monitoraggio periodico condizioni di stabilità
dei fronti in fase di coltivazione

Rapporto di sintesi 2022-2023

Elaborato	Rev.	Data
262-RE-014	A	17.01.2024

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	17.01.2024	Prima 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	4
2	Riferimenti	5
2.1	Normativa e Standard	5
2.2	Elaborati di progetto	5
2.3	Bibliografia	6
2.4	Software	6
3	Attività di monitoraggio	7
4	Risultati delle attività di monitoraggio	9
5	Confronto coi dati pregressi	11

1 Premessa

Il presente rapporto contiene la sintesi dei risultati delle osservazioni condotte in sito, nel periodo gennaio 2022 - dicembre 2023 con riferimento alle condizioni geostrukturali rilevate ai fronti ed 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 e strutturali dell'ammasso roccioso portato in affioramento dalle operazioni di coltivazione, prestando particolare attenzione all'eventuale presenza di "piani di debolezza" che potrebbero favorire scivolamenti planari lungo i fronti di scavo, in particolare modo, 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.

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
- [21] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Luglio 2021" – Doc. n. 262-RE-008_A - Studio Griffini s.r.l., 06.08.2021
- [22] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Progetto di indagini e di messa in sicurezza preliminare" – Doc. n. 262-RE-009_A - Studio Griffini s.r.l., 04.02.2022
- [23] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Rapporto di sintesi 2021" – Doc. n. 262-RE-010_A - Studio Griffini s.r.l., 18.02.2022
- [24] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Ottobre 2022" – Doc. n. 262-RE-011_A - Studio Griffini s.r.l., 21.10.2022
- [25] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Ottobre 2022" – Doc. n. 262-RE-011_A - Studio Griffini s.r.l., 21.10.2022
- [26] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Marzo 2023" – Doc. n. 262-RE-012_A - Studio Griffini s.r.l., 27.03.2023
- [27] "Polo 6 – ATE C2 – Ternate (VA) – Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione – Rapporto Dicembre 2023" – Doc. n. 262-RE-013_A - Studio Griffini s.r.l., 29.12.2023

2.3 Bibliografia

- [28] Barton N., Choubey V., (1977) "The shear strength of rock joints in theory and practice", Rock Mech., 10, 1-54
- [29] Bieniawski Z. T., Denkhaus H. G., Vogler, U.W. (1969) "Failure on fractured rock", Int. J. Rock Mech., 6, 323,41
- [30] Hoek E. (2006) "Practical Rock Engineering" – Public web pubbl. - Vancouver
- [31] 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
- [32] 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

- [33] DIPS 6.013 – Rocscience - Toronto, Ontario– Analisi interattiva dati geologico-strutturali

3 Attività di monitoraggio

A partire dall'inizio del programma di monitoraggio, nel 2013, sono state eseguite 18 campagne di monitoraggio. 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 47 rilievi geomeccanici e strutturali di dettaglio (RGS) sui fronti di coltivazione; di questi, cinque sono quelli condotti nel periodo considerato nella presente relazione (gennaio 2022-dicembre 2023) 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÷2023							
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	2018	21-dic-18	RGS-01-18
			RGS-03-13				RGS-02-18
			RGS-04-13				RGS-03-18
			RGS-05-13		RGS-01-19		
			RGS-06-13		RGS-02-19		
		14-nov-13	RGS-03-19				
	2014		03-giu-14		RGS-09-13	2019	7-giu-19
		RGS-01-14			RGS-05-19		
		RGS-02-14			RGS-06-19		
		RGS-03-14			12-dic-19		RGS01-20
		RGS-04-14	RGS02-20				
		17-dic-14	RGS-05-14				2020
	RGS-06-14		2021		28-lug-21	RGS02-21	
	RGS-07-14					2022	2-ott-22
	2015	17-giu-15	RGS-01-15		2023	23-mar-23	RGS02-22
			RGS-02-15				RGS01-23
			RGS-03-15				RGS02-23
		27-nov-15	RGS-04-15		14-dic-23	RGS03-23	
			RGS-05-15				
	2016		15-lug-16			RGS-01-16	
		RGS-02-16					
		RGS-03-16					
		28-nov-16	RGS-04-16				
			RGS-05-16				
	2017	11-lug-17	RGS-01-17				
			RGS-02-17				
			RGS-03-17				
			RGS-04-17				
		23-nov-17	RGS-05-17				
RGS-06-17							

Tabella 3.1

Rilievi geomeccanici e strutturali condotti da inizio monitoraggio

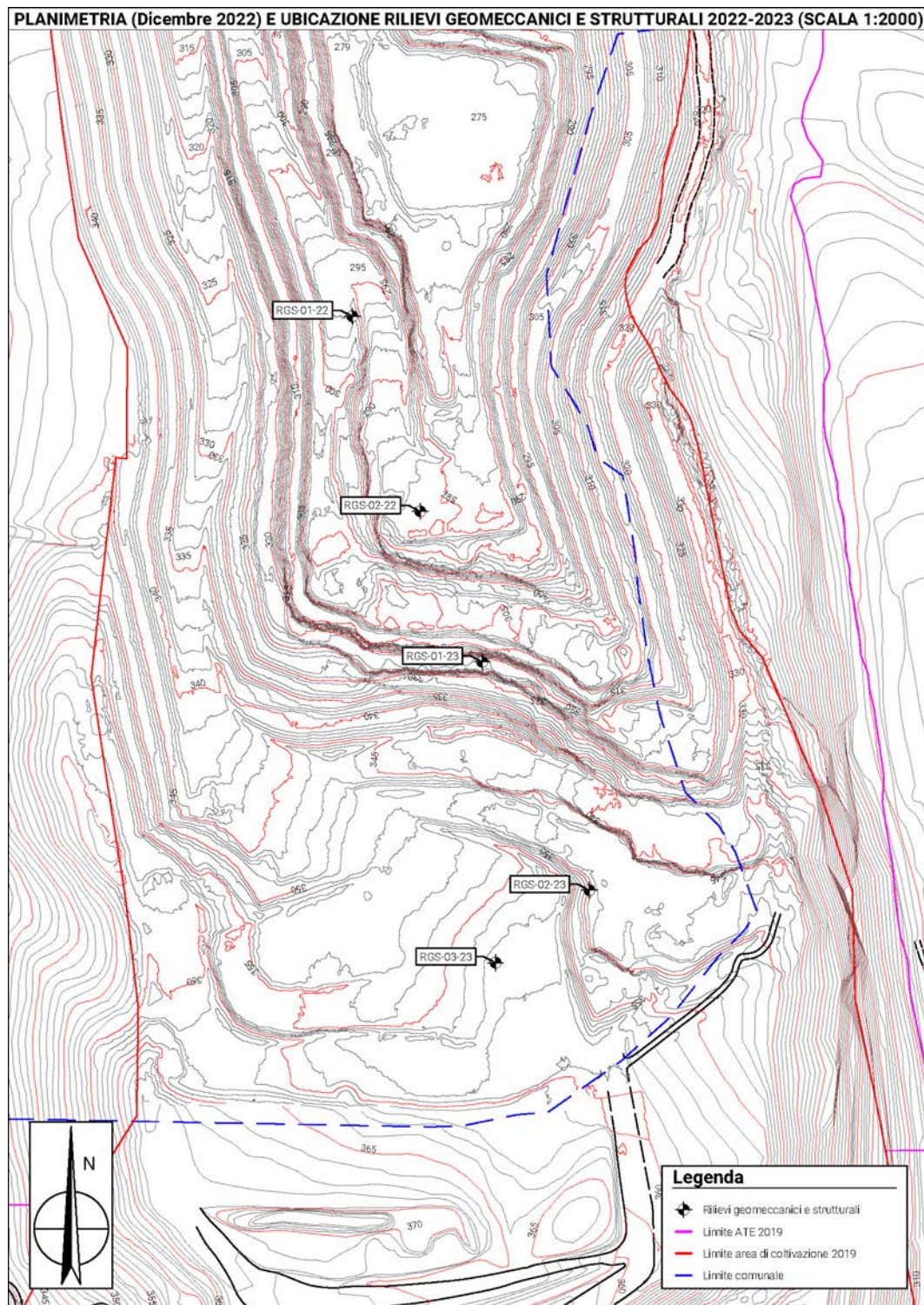


Figura 3.1

Ubicazione dei rilievi geomeccanici e strutturali eseguiti nei mesi di ottobre 2022, marzo e dicembre 2023

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.

Per quanto concerne le operazioni di coltivazione e di stabilità dei fronti di scavo, nel periodo in esame non è stato rilevato alcun processo di instabilità significativo e le operazioni di scavo proseguono come da programma.

Nel biennio in esame non sono state osservate evoluzioni circa 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. e, soprattutto, in merito al processo d'instabilità lungo il fronte est verificatosi il giorno 6 novembre 2021; questi processi erano stati trattati anche nella precedente relazione di sintesi (rif. [23]).

Il fronte su cui insisteva la frattura beante è stato oggetto di rispristino morfologico mediante rinfianco e successiva piantumazione dell'area. Ad oggi non sono evidenti di processi di instabilità che coinvolgano questa porzione di fronte (**Figura 4.1**).

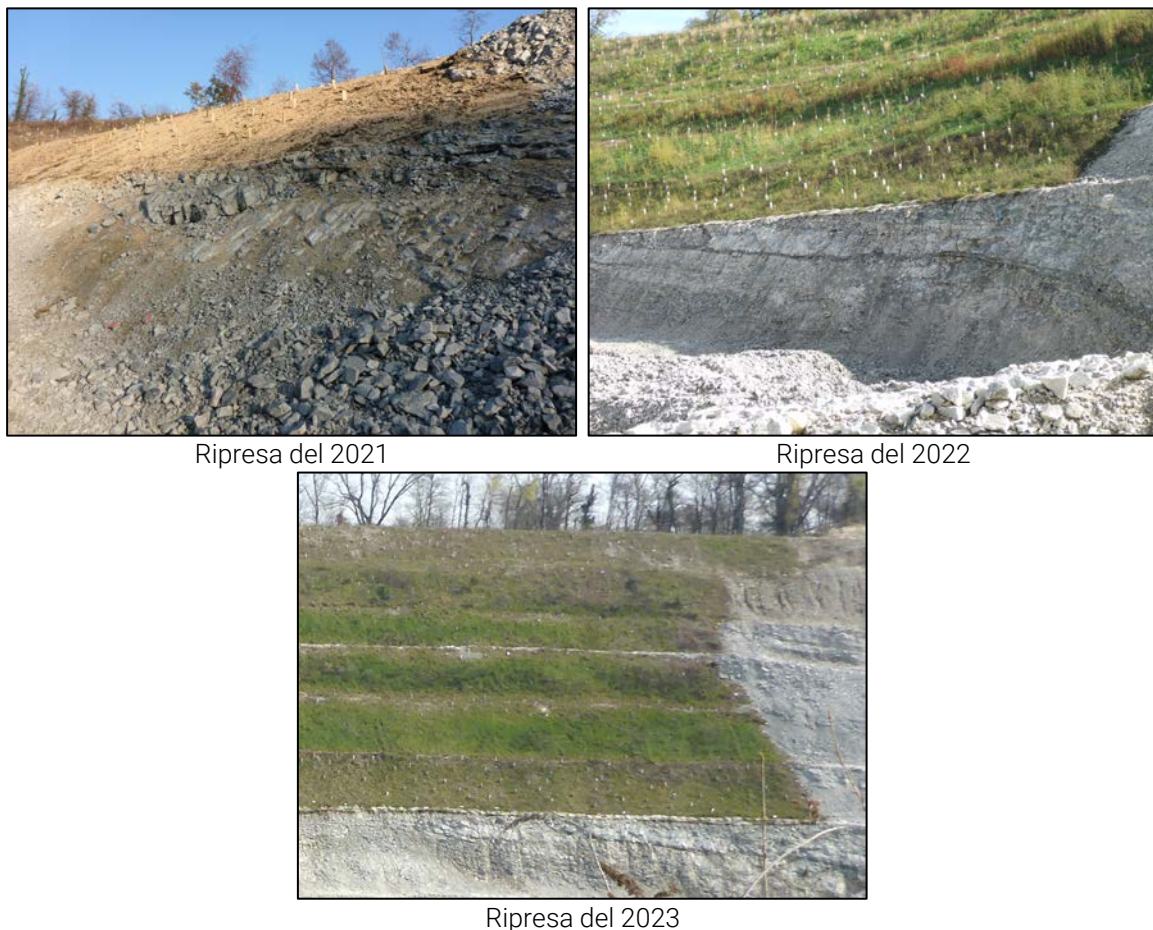


Figura 4.1

Frattura beante lungo il fronte est tra q. 300.0 e q. 295.0 m s.m. Riprese del 2021, 2022 e 2023

In **Figura 4.1** tre riprese della medesima porzione del fronte est interessato da una frattura beante; a sinistra la foto scattata nel 2021 prima del recupero morfologico, a destra del 2022 a seguito del rinfiando e della piantumazione e in basso del 2023.

Per quanto concerne il processo di instabilità che interessato il fronte est il 6 novembre 2021 (**Figura 4.3**), ad oggi non si osservano evoluzioni dello stesso.



Figura 4.2

Area interessata dalla frana del 6 novembre lungo il fronte est. Riprese del 2021,2022 e 2023

A seguito dell'avvenuta autorizzazione al progetto di messa in sicurezza dell'area (rif. [22]), sono iniziate le lavorazioni previste dal progetto.

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. [22]).

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 misurati sui fronti di scavo durante i rilievi geomeccanici e strutturali eseguiti nel biennio 2022-2023 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 = 53 (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÷2023					
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

SINTESI DELLE CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE CAMPAGNE DI RILIEVO 2013÷2023					
Area di cava	Data	Codice rilievo	B.RMR	Classe	G.S.I.
CAVA FARAONA	3-ott-22	RGS01-22	41÷44	Discreta	40÷50
		RGS02-22	42÷49	Discreta	45÷55
	23-mar-23	RGS01-23	51÷52	Discreta	50÷60
		RGS02-23	51÷53	Discreta	40÷50
	14-dic-23	RGS03-23	42÷44	Discreta	45÷55

Tabella 5.1

Sintesi delle classificazioni B.RMR e dell'indice GSI ottenuti dai rilievi dal 2013 al 2023

CONFRONTO FRA I PARAMETRI DI PROGETTO E PARAMETRI CARATTERISTICI CAMPAGNA 2013÷2023							
Codice rilievo	Data del rilievo	mb [$\bar{}$]	s [$\bar{}$]	a [$\bar{}$]	σ_{t-rm} [MPa]	σ_{c-rm} [MPa]	E _{rm} [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							
RGS-06-14	17-dic-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		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-03-15							
RGS-04-15	27-nov-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-05-15							
RGS-01-16	15-lug-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-02-16							
RGS-03-16	28-nov-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-04-16							
RGS-05-16							
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							
RGS-02-18	21-dic-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	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
RGS02-21							
RGS01-22		0.821÷1.174	1.30E-03÷3.90E-03	0.511÷0.506	-0.05÷-0.12	1.16÷2.11	3.19÷6.14
RGS02-22	3-ott-22	0.982÷1.403	0.0022÷0.0067	0.508÷0.504	-0.08÷-0.17	1.57÷2.82	4.47÷8.17

CONFRONTO FRA I PARAMETRI DI PROGETTO E PARAMETRI CARATTERISTICI CAMPAGNA 2013÷2023							
Codice rilievo	Data del rilievo	mb [-]	s [-]	a [-]	σt-rm [MPa]	σc-rm [MPa]	Erm [MPa]
RGS01-23	23-mar-23	1.174÷1.678	3.90E-03÷1.17E-02	0.506÷0.503	-0.12÷-0.24	2.11÷3.75	6.14÷10.4
RGS02-23		0.821÷1.174	1.30E-03÷3.90E-03	0.511÷0.506	-0.05÷-0.12	1.16÷2.11	3.19÷6.14
RGS03-23	14-dic-23	0,982÷1,403	2.20E-03÷6.70E-03	0,508÷0,504	-0,08÷-0,19	1,57÷3,22	4,47÷8,17
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 2023

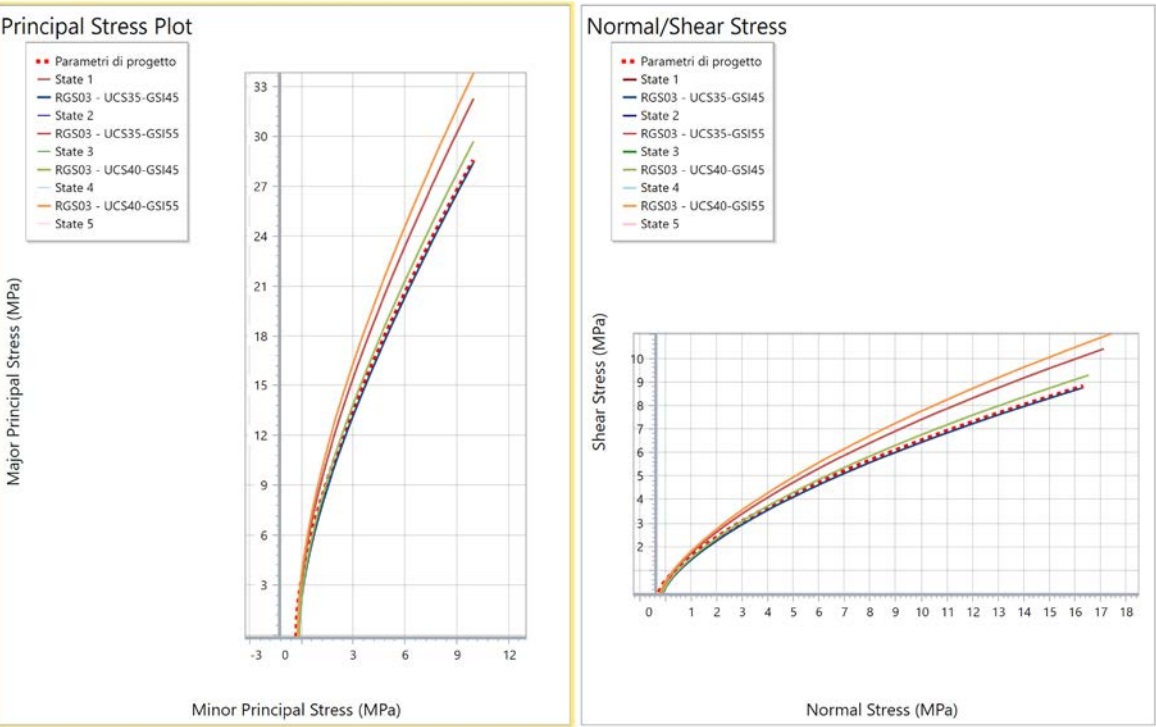


Figura 5. 1

Confronto tra le curve d’involuppo delle resistenze H-B di progetto e quelle del 14 dicembre 2023.

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 2023. 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°÷295°) con inclinazione compresa fra 10° e 35°, con persistenza lineare molto elevata;
- **Famiglia K2**: immergente verso ENE-E (060°÷85°) con inclinazione compresa tra 65° e 80°, con persistenza media;
- **Famiglia K3**: immergente verso N-NE (010°÷38°) con inclinazioni comprese fra 67° e 85°, con persistenza medio-bassa;
- **Famiglia K4**: immergente verso SE-SSE (119°÷150°) con inclinazioni comprese fra 60° e 79°, con persistenza medio-bassa.

Committente: Holcim (Italia) Spa

Polo 6 - ATE C2 TERNATE (VA) - Monitoraggio periodico condizioni di stabilità dei fronti in fase di coltivazione

Rapporto di sintesi 2022-2023

Doc. 262-RE-014_A del 17.01.2024

Pag. 15 di 15

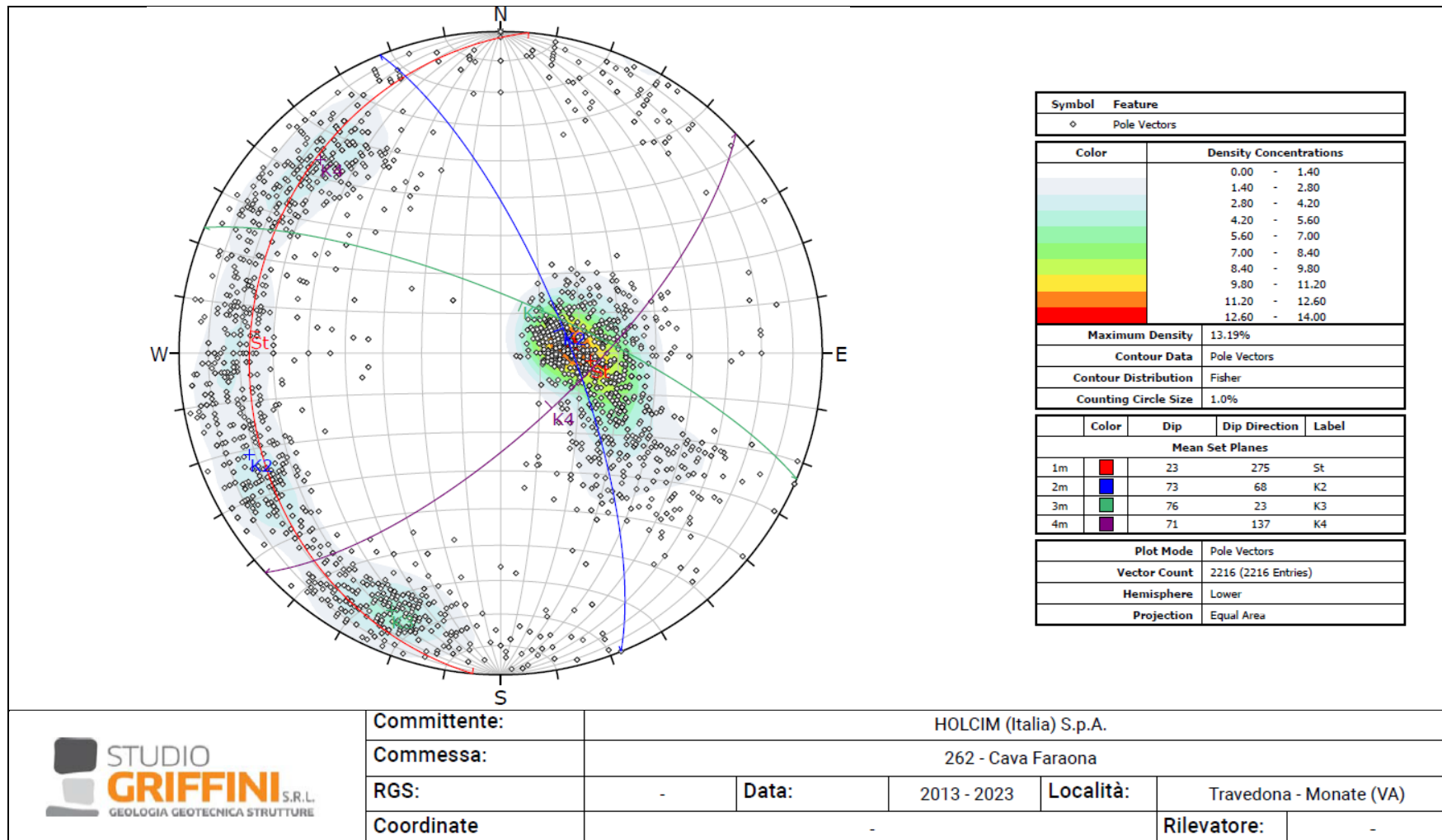


Figura 5.2

Proiezione stereografica rilievi geomeccanico-strutturali dal 2013 al 2023

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