STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Brunello FORFORI
Via VII Luglio, 34
54033 – Carrara (MS)
Tel. +39/393/9592397
E-MAIL: studio.forfori@gmail.com
PEC: brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it

ANALISI DI STABILITA' PREVISIONALE DI SUPPORTO ALLA VARIANTE IN RIDUZIONE AL PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA "ROMANA M-11" - COMUNE DI MASSA (MS) –

Relazione Tecnica di supporto alla variante al progetto di coltivazione

COMMITTENTE:

TURBA CAVA ROMANA SRL – Via Fosse del Frigido, 9 – 54100 MASSA (MS)

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Giorgio TURBA

TURBA CAVA ROMANA SRL
Via Fosse del Frigido, 9 - 54100 MASSA (MS)
tel. 0585.250302 - fax 0585.791125
P.iva e C.F. 00660200452

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Brunello FORFORI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. BRUNELLO FORFORI
N° 1033

- NOVEMBRE 2019 -

Sommario

1.0 - PREMESSA **3**

2.0 - METODOLOGIE DI INDAGINE **3**

3.0 - RILIEVO STRUTTURALE - RICONOSCIMENTO DELLE DISCONTINUITA' ED ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI - CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO – PARAMETRI GEOMECCANICI GENERALI DELL'AMMASSO **4**

4.0 - RESISTENZA AL TAGLIO DELLE DISCONTINUITA' **5**

4.1 – Definizione dei parametri angolo di attrito istantaneo (picco) e coesione istantanea (picco) caratteristici **6**

4.2 – Definizione dei parametri angolo di attrito residuo e coesione residua caratteristici **8**

4.3 – Definizione dei parametri angolo di attrito residuo e coesione residua caratteristici del materiale di riempimento **8**

5.0 - INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA **9**

6.0 - ORIENTAZIONI DEI FRONTI DI LAVORO **10**

7.0 - ANALISI DI STABILITÀ DEL SOTTERRANEO **14**

7.1 - Verifica in grande del sotterraneo **15**

7.2 - Verifica dei fronti in sotterraneo (bancate di coltivazione) **17**

7.3 - Analisi delle camere **23**

7.3.1 - Metodologia di calcolo 24

7.3.2 - Definizione dei parametri geotecnici usati nelle verifiche del sotterraneo (vedi anche tabella 9) ... 24

7.3.3 - Ipotesi di calcolo 25

7.3.4 - Analisi della CAMERA 1 26

7.3.5 - Analisi della CAMERA 2 30

7.3.6 - Analisi della CAMERA 3 35

7.3.7 Conclusioni generali all'analisi condotta sulle camere 39

1.0 - PREMESSA

A completamento della documentazione di supporto alla variante in riduzione al progetto di coltivazione della cava ROMANA M-11 sita nel comune di Massa in località Biforco, è stata redatta la presente analisi previsionale di stabilità dei fronti di scavo.

Per lo studio strutturale ed il trattamento statistico dei dati raccolti nelle varie campagne, oltre alla definizione dei parametri caratteristici dell'ammasso, si rimanda allo studio geologico-giacimentologico-strutturale allegato al progetto, unitamente alle tavole ad esso correlato (Carta della Fratturazione – Tav. 11 scala 1:500).

La coltivazione per i lavori di questa variante in riduzione, si svolgerà con soli interventi in sotterraneo, senza variazione del perimetro attuale degli scavi ma solo con un abbassamento delle attuali quote.

2.0 - METODOLOGIE DI INDAGINE

Lo studio è stato affrontato e sviluppato secondo le seguenti fasi:

1. prima osservazione dello stato delle gallerie e dei vecchi fronti esistenti, per individuare eventuali situazioni di potenziale instabilità. Poiché la cava è stata in attività per diversi anni, i perimetri ed i tetti degli scavi, così come i pilastri e setti presenti, sono già stati oggetto di interventi di messa in sicurezza e disgaggio delle volumetrie riconosciute come potenzialmente instabili;
2. rilievo strutturale speditivo, mediante l'esecuzione di stazioni puntuali di misura, in corrispondenza di vecchi fronti e pareti degli scavi, per verificare la rispondenza di queste con i sistemi individuati nei pregressi lavori dello scrivente o di altri autori (bibliografia esistente);
3. analisi della bibliografia esistente riferibile a precedenti studi effettuati da altri autori;
4. elaborazione statistica dei dati raccolti così da redigere le tabelle "Ranges dei sistemi di discontinuità" e le Tabelle "Parametri fisico-meccanici dei sistemi di discontinuità" per ogni cantiere;
5. classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso relativamente all'area interessata dalla coltivazione alla luce dei dati raccolti (indice RMR di Bieniawski e G.S.I. di Hoek, Kaiser e Bawden);
6. verifica grafica ed analitica mediante programmi di calcolo informatizzato delle potenziali combinazioni cinematiche derivanti dall'interazione fronti-sistemi di discontinuità, con indicazione nei casi di $R_d/E_d<1$ (resistenza geotecnica globale su valore azione di progetto);
7. successiva discussione dei potenziali cinematismi così individuati mediante analisi dei parametri geometrici e fisico-meccanici (tipo, persistenza, angolo tra direzione di scivolamento e fronte, peso statistico del sistema di discontinuità ecc..) al fine di valutare quanto concorrano alla stabilità;
8. riosservazione dei fronti presenti a seguito delle verifiche effettuate, così da individuare casi reali di potenziale instabilità e successiva loro verifica analitica con indicazione di intervento;
9. descrizione di eventuali interventi di stabilizzazione o miglioramento se previsti o effettuati.

Per i punti dall'1 al 4 si rimanda per i dettagli allo studio geologico-strutturale allegato al progetto; qui si riporteranno i risultati interessanti per lo sviluppo delle successive fasi di lavoro.

Si rammenta che l'analisi è stata condotta sia per i fronti attuali attivi, per quelli residui e quelli progettati per i vari cantieri; a questo proposito si può comunque osservare che tra i fronti progettati, e quindi residui finali, e quelli attuali non vi è differenza di orientazione se non la scomparsa a seguito degli interventi di coltivazione di alcuni dei fronti attuali.

3.0 - RILIEVO STRUTTURALE - RICONOSCIMENTO DELLE DISCONTINUITA' ED ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI - CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO – PARAMETRI GEOMECCANICI GENERALI DELL'AMMASSO

Questi argomenti sono stati trattati ampiamente nella relazione geologica di compendio al progetto di coltivazione, a cui si rimanda per maggiori dettagli.

In figura 1 si riportano i diagrammi con indicate le tracce ciclografiche dei principali sistemi di discontinuità rilevati nel sito, nel cantiere cielo aperto e nel sotterraneo.

Di seguito, si riportano in maniera schematica i risultati emersi dallo studio; nella Tabella 1 allegata si riportano i range di orientazione dei vari sistemi riconosciuti nel sito; nella Tabella 2 allegata quelli delle caratteristiche fisico-meccaniche dei vari sistemi.

- *CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI E CLASSIFICAZIONE GSI – HOEK-KAISER-BAUDEN:*

L'elaborazione dei dati raccolti ha fornito quindi la seguente classificazione finale dell'ammasso suddiviso per aree di omogenità geomeccanica (domini strutturali):

Tabella 3

UBICAZIONE	LITOTIPO	DOMINIO STRUTTURALE	BRMR	RMR	GSI
SOTTERRANEO	MARMO	DOMINIO 1	63	57	55
SOTTERRANEO	DOLOMIA	DOMINIO 3	52	46	45

Partendo dalla stima dei parametri di classificazione dell'ammasso, tramite le espressioni del criterio di rottura elaborato da Hoeck&Bray, si sono stimati i seguenti parametri medi per i due cantieri in cui è stato suddiviso il sito:

- ***Dominio strutturale 1 sotterraneo litotipo marmo, GSI= 55*** (tabella 4)

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	8.044MPa
Resistenza globale	18.560MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.373MPa
Modulo di deformazione E	4899.37MPa

- ***Dominio strutturale 3, dolomia, GSI= 45*** (tabella 5)

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	4.027MPa
Resistenza globale	14.047MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.158MPa
Modulo di deformazione E	7123.99MPa

- **Criterio di Mohr-Coulomb - angolo di attrito e coesione dell'ammasso:**

Tabella 6

Altezza analisi	σ_N MPa	DOMINI	Angolo Attrito Ammasso M/C – φ°	Coesione MPa
10m	0.27	1	60.76	1.078
10m	0.27	3	60.09	0.5378
50m	1.35	1	53.46	1.382
50m	1.35	3	50.45	0.8915
100m	2.7	1	48.66	1.784
100m	2.7	3	44.85	1.311

Di seguito si rimette la definizione del parametro "Resistenza al Taglio" dell'ammasso roccioso come definito all'interno della relazione geologica e per una tensione normale variabile:

Tabella 7

Altezza analisi	DOMINI	σ_N MPa	τ MPa
10m	1-marmo	0.27	1.566
10m	3-dolomia	0.27	1.140
50m	1-marmo	1.35	3.213
50m	3-dolomia	1.35	2.530
100m	1-marmo	2.7	4.864
100m	3-dolomia	2.7	4.000

4.0 - RESISTENZA AL TAGLIO DELLE DISCONTINUITA'

Attraverso l'espressione di Barton-Bandis $\tau = \sigma_n tg\phi_p$, si è calcolata la resistenza della discontinuità alla rottura (τ) per ogni famiglia presente nei vari cantieri di lavoro in cui è stato suddiviso il sito valutando il ϕ_p (angolo di picco alla rottura) con la seguente espressione:

$$\phi_p = \phi_b + (JRC \text{ Log } JCS/\sigma_n) + i_O$$

dove:

- ϕ_b = angolo di base del materiale marmo-dolomia;
- JRC (Joint Rougness Coefficient) è il valore di rugosità a piccola scala della discontinuità;
- JCS (Joint Wall Compressive Strenght) è il valore di resistenza alla compressione delle pareti del giunto;
- i_O rappresenta l'angolo di ondulazione a grande scala della discontinuità (parametro "scabrezza" – forma, vedi tabelle caratteristiche fisico-meccaniche);
- σ_n carico agente normalmente alla parete del giunto.

Angolo di attrito di base del materiale - ϕ_b ed angolo residuo - ϕ_r

Il valore dell'angolo di attrito di base varia da materiale a materiale; in particolare per il marmo-dolomia si può assumere come indicativo il valore di 30°-32°. Questi sono stati ricavati da prove effettuate su marmi del carrarese in siti differenti (vedi documento "Analisi di Metodologie di Calcolo e Sperimentali applicabili nelle valutazioni statiche in coltivazione di pietra ornamentale" – Centro Studi per la Fisica delle Rocce – Torino) o riportati su testi specifici con valori variabili da 25-35 per la dolomia e 35-45 per il marmo (Geoingegneria, Gonzales de Vallejo, 2005).

In verità l'espressione di Barton - Bandis elaborata nel 1977 relativa al valore di ϕ_p vuole al posto del valore di ϕ_b il valore ϕ_r (angolo di attrito residuo), definito secondo la relazione di Barton-Choubey dalla seguente espressione:

$$\phi_r = (\phi_b - 20°) + 20° \ (r/R)$$

dove r/R sono rispettivamente la misura dei rimbalzi del martello di Schmidt sulla parete del giunto bagnata e su quella asciutta. In effetti le prove sclerometriche sono state condotte su di un numero limitato di fratture esposte appartenenti alle famiglie rilevate, e non è stato possibile definire univocamente due serie differenti di rimbalzi nelle condizioni richieste. D'altro canto l'inserimento al posto dei valori di r/R di quelli ricavati come media dei valori sclerometrici delle resistenze delle pareti dei giunti in rapporto alla matrice completamente sana (roccia intatta) appare troppo penalizzante (50/100= 0.5 con ϕ_r = 19°). Pertanto nell'espressione sopra, in mancanza di dati di dettaglio, il valore di ϕ_p verrà stimato considerando come ϕ_r il valore di attrito di base del materiale. Tale assunzione trova parziale giustificazione anche nella scelta successiva di considerare il valore di i_O nullo (ulteriore riduzione all'angolo di picco), mentre l'osservazione delle tabelle delle caratteristiche fisico meccaniche dei sistemi di discontinuità giustificano valori sicuramente diversi da zero per questo parametro.

JRC – Scabrezza delle superfici dei giunti

Questo parametro è stato valutato utilizzando il pettine di Barton su superfici esposte indicative delle varie famiglie individuate a cielo aperto ed in sotterraneo.

L'analisi condotta ha mostrato che la maggior parte delle superfici indagate presenta un profilo ricadente all'interno della classe 4-6 (talvolta dubbio con 6-8), mentre in alcuni casi si sono osservate fratture avere valori di JRC variabili dalla classe 6-8 fino alle classi 18-20, vedi fratture sui fronti esterni del K1.1.

Nelle tabelle 4 e 5 relative alla definizione dei parametri fisico meccanici dei sistemi di discontinuità rilevati sono state distinte in forma percentuale le differenze nelle varie classi di Barton per le famiglie indagate. Nelle valutazioni che seguiranno sarà assunto per questo parametro il valore minimo della famiglia (classe 4-6 valore 4) e massimo (classe 10-12 valore 12), che saranno poi combinati con le altre grandezze che definiscono la resistenza del giunto.

JCS – Resistenza delle pareti dei giunti

Come per il parametro precedente anche per questo è stata condotta una campagna di rilevamento sulle fratture esposte delle famiglie indagate con sclerometro da roccia GEOHAMMER marca Eurosit.

La campagna è stata condotta con l'uso di una dima a più fori fornita dalla ditta produttrice dello sclerometro . Seguendo le indicazioni del manuale della società produttrice, è consigliato di rilevare almeno nove misure condotte in corrispondenza della faccia della discontinuità in esame.

Il valore mediato è stato poi inserito nelle curve di regressione fornite dalla ditta costruttrice da cui si sono ricavati i valori di resistenza in MPa dei giunti esaminati.

Di seguito si rimette uno specchietto indicativo dei risultati ottenuti per le famiglie:

Cantiere Sotterraneo (Tabella 8)

Famiglia	**Marmo-JCS medio MPa**
K1.1	57.5
K1.2	58
K2.1	52.5
K2.2	55
K3	50
K4*	---
K5*	---

* Non sono state rilevate fratture utili per la campagna di indagine, per queste due famiglie si considererà il valore minimo rilevato (50MPa)

Nota: i valori di JCS rilevati in corrispondenza delle discontinuità nella formazione dolomitica hanno fatto registrare valori superiori a quelli registrati nel materiale marmo; i valori nel materiale dolomia si attestano intorno ai 60-65MPa, con massimi di 70MPa.
Poiché le valutazioni che seguiranno sono in corrispondenza del materiale marmo ed a favore di sicurezza, saranno considerati i valori medi di JCS del materiale marmo.

Angolo di ondulazione a grande scala delle discontinuità – i_0

Le superfici di discontinuità (fratture, piani di stratificazione, etc.) presentano sovente oltre a rugosità alla piccola scala, ondulazioni alla grande scala. Queste si sono cercate di descrivere in forma qualitativa nelle tabelle 4 e 5 allegate sulle caratteristiche fisico-meccaniche (forma), ma la loro descrizione in forma quantitativa risulta di evidente difficoltà. Pertanto, essendo di fatto questo un parametro che tende ad accrescere il valore di angolo di picco nella formulazione sopra riportata, si è deciso di porlo cautelativamente pari a zero nella parametrizzazione che seguirà.

4.1 – Definizione dei parametri angolo di attrito istantaneo (picco) e coesione istantanea (picco) caratteristici

Per la definizione dei parametri da utilizzare nelle verifiche, si ricorda che l'inviluppo di resistenza, costruito al variare della tensione normale agente sul piano di discontinuità (legge di

Barton-Bandis), è di tipo curvilineo (criterio di rottura di Barton-Choubey), con curvatura che tende all'infinito per valori elevati della tensione normale σ_n.

Tuttavia le analisi all'equilibrio limite sono effettuate in termini di coesione (c) e angolo di attrito (ϕ) (legge lineare di Mohr-Coulomb), i cui valori possono essere ricavati dall'inviluppo di Barton, tramite semplici calcoli matematici. Derivando, rispetto alla tensione è infatti possibile ottenere una retta tangente alla curva inviluppo, la cui pendenza fornisce il valore dell'angolo di attrito e la cui intercetta con l'asse delle τ fornisce il valore della coesione in considerazione del punto considerato (valore definito di tensione normale), da questo parametri istantanei. Questa operazione può essere effettuata per diversi valori della tensione normale, in modo da ottenere una serie di coppie di valori di coesione e angolo di attrito in funzione della tensione normale media, agente alle diverse profondità a cui sono riferiti i calcoli di stabilità.

Sia per il cantiere a cielo aperto che per quello in sotterraneo sono stati derivati partendo dall'espressione di Barton-Bandis i valori dei parametri geotecnici utilizzati per le successive valutazioni, differenziando le situazioni anche in conseguenza dei differenti domini strutturali.

In particolare in foglio di calcolo utilizzato per velocizzare il calcolo permette di stimare il valore massimo e minimo dei parametri geotecnici istantanei di picco, visto che sono riferiti al valore di ϕ_p.

Tale valore è funzione della variabilità di alcuni parametri tipici della discontinuità (ϕ_b, JRC, JCS, i_o) e dello stato tensionale (supposto unicamente litostatico e quindi variabile con la profondità di indagine o altezza dei fronti) in cui si sta operando.

Al variare dei parametri caratteristici delle discontinuità sopra richiamati, a parità di stato tensionale scelto, si ottengono una serie di valori che possono famiglia per famiglia essere utilizzati per ricavare i parametri caratteristici di resistenza la taglio.

Per la definizione dei parametri caratteristici da utilizzare nelle verifiche che seguiranno, gli approcci possibili sono molteplici. A parere dello scrivente l'utilizzo di quanto riportato nell'Eurocodice 7 per ricavare i valori caratteristici di ϕ' e c' e cioè il valore soglia al di sotto del quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie (illimitata) di prove risulta nel caso in oggetto eccessivamente penalizzante.

D'altro canto le istruzioni alle NTC del CSLP suggeriscono che il "*valore caratteristico è basato sul giudizio del geotecnico, così come quello operativo e di progetto*".

In particolare nelle valutazioni che il geotecnico deve operare per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, o il riferimento a valori prossimi a quelli minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, indicando nel primo caso i pendii (coltre di frane) ed i fronti di scavo (rif. Prof. Aiello E. – Teoria ed Applicazione nella Progettazione geologica e geotecnica, Seminario Ordine dei Geologi della Basilicata, 26/03/2010).

Ora in considerazione del volume di terreno a cui si fa riferimento per individuare i seguenti parametri caratteristici, può apparire una scelta giustificata ricorrere a valori caratteristici prossimi a quelli medi, in quanto i parametri geotecnici caratteristici sono riferiti ai due cantieri: cielo aperto e sotterraneo.

Si è però ritenuto a fini cautelativi di utilizzare i valori minimi, ottenuti come combinazione tra i valori minimi dei vari parametri caratterizzanti le discontinuità (JRC, JCS, ϕ_b).

Nello specchietto che segue sono indicati i valori minimi e massimi ottenuti nell'elaborazione dei dati delle tabelle ed i valori caratteristici che saranno impiegati.

Si precisa che i valori di progetto (fd) di c' e di ϕ' da adottare nei calcoli si ottengono applicando ai valori caratteristici un coefficiente riduttivo parziale che varia a seconda dell'approccio prescelto.

CANTIERE SOTTERRANEO - TABELLA 9

SISTEMA	**JRC** min-max	**JCS** (MPa) medio	ϕ_b min-max	ϕ_P			c_P kPa		$\phi_{K,P}$	$c_{k,P}$ kPa
				Hm	*min*	*max*	*min*	*max*	*Caratt.*	*Caratt.*
K1.1	4 - 6	55	30 - 32	**6m**	38.3	44.4	8.4	16	38	8
				15m	36.8	42.1	20	55.2	36.8	20
				30m	35.5	40.3	38.8	68.9	35.5	39
				100m	33.5	37.1	122.7	208.4	33	123
K1.2	4 - 12	58	30 - 32	**6m**	38.4	56.3	8.4	69.8	38	8
				15m	36.8	51.8	20.1	130.2	36.8	20
				30m	35.6	48.3	38.9	215.9	36	39
				100m	33.6	42.2	123	548.2	34	123
K2.1	4 - 12	52.5	30 - 32	**6m**	38.3	55.9	8.4	67.4	38	8
				15m	36.7	20.1	51.3	126.6	36.7	20
				30m	35.5	47.8	38.8	210.6	36	39
				100m	33.4	41.7	122.5	537.4	33	122
K2.2	4 - 10	52.5	30 - 32	**6m**	38.3	52.2	8.4	41.6	38	8
				15m	36.7	48.3	20.1	48.3	36.7	20
				30m	35.5	45.4	38.8	149.3	36	9
				100m	33.4	40.2	122.5	407.7	33	122
K3	4 - 6	55	30 - 32	**6m**	38.3	44.4	8.4	16	38	8
				15m	36.6	42.1	20.0	124.8	36.6	20
				30m	35.5	40.3	38.8	68.9	35	39
				100m	33.5	37.1	122.7	208.4	33	123
K4	4 - 12	50	30 - 32	**6m**	38.2	55.6	8.4	66.3	38	8
				15m	36.6	51.1	20.0	124.8	36.6	20
				30m	35.4	47.6	38.7	208.1	35	39
				100m	33.3	41.5	122.2	532.2	33	122
K5	4 - 6	50	30 - 32	**6m**	38.2	44.2	8.4	158	38	8
				15m	36.6	41.8	20	36.3	36.6	20
				30m	35.4	40.0	38.7	68.3	35	39
				100m	33.3	36.9	122.2	206.9	33	122

Le tabelle mostrano come a parità di stato tensionale previsto per le successive analisi, i parametri caratteristici di picco tra famiglia e famiglia, in considerazione della scelta fatta, praticamente variano in maniera esigua; pertanto in sede di definizione di parametri di progetto, saranno accorpate le famiglie e considerato come variazione unicamente lo stato tensionale di riferimento.

4.2 – Definizione dei parametri angolo di attrito residuo e coesione residua caratteristici

Il valore di angolo residuo delle discontinuità è stata già affrontata nei paragrafi precedenti; come angolo residuo caratteristico sarà utilizzato il minimo rappresentato da 30°:

- $\phi_{K,r}$ = 30°.

Nelle verifiche in condizioni residue, considerando che in tali situazioni si sia già assistito ad un movimento tra i lembi della frattura e pertanto al totale o parziale troncamento delle asperità che definiscono la potenziale coesione, si assumerà come caratteristica una coesione pari a zero.

Tale scelta, sicuramente discutibile, rimane però completamente a favore di sicurezza:

- $c_{k,r}$ = 0.0 kPa.

4.3 – Definizione dei parametri angolo di attrito residuo e coesione residua caratteristici del materiale di riempimento

Prima della definizione di valori caratteristici da assegnare al materiale di riempimento è doverosa una premessa.

In pratica questa è volta ad illustrare la situazione che generalmente si osserva all'interno degli ammassi rocciosi, dove solitamente le fratture presentano tratti di riempimento alternati a tratti in cui la chiusura dei lembi è evidente. Solitamente poi gli stendimenti e le registrazioni delle caratteristiche fisiche e geometriche delle discontinuità avvengono in corrispondenza di fronti di scavo aperti anche da parecchio tempo e quindi in condizioni di parziale detensionamento delle fratture dovuto alla rimozione di parte dell'ammasso per l'escavazione (sia carico litostatico che confinamento latero-frontale).

Infatti l'analisi condotta con metodologie geofisiche o con carotaggi mostra che, escludendo situazioni di fratture fortemente carsificate, il confinamento laterale presente all'interno dell'ammasso determina un accostamento progressivo dei lembi delle fratture determinandone di fatto un miglioramento della resistenza al taglio e limitando in una certa misura anche il passaggio di fluidi.

Volendo fornire un valore caratteristico al materiale di riempimento, in situazioni in cui lo spessore del riempimento stesso supera il livello medio di ondulazione a piccola e grande scala della discontinuità (esempio planari aperte da 10mm a oltre e continue) che in caso contrario governerebbe la legge di resistenza della discontinuità stessa, si possono utilizzare i valori ricavati con indagini effettuate dallo scrivente con l'utilizzo di scissometri e penetrometri tascabili in realtà similari del comprensorio apuano. I riempimenti sono costituiti da materiale tipicamente argilloso-limoso, con piccoli ciottoli a spigoli vivi per i quali si possono assumere i seguenti valori caratteristici cautelativi:

- ϕ_{riemp} = 28°;
- c_{riemp} = 0.05Kg/cmq.

Questi valori saranno di fatto utilizzati solo in sede di verifica specifica di particolari situazioni caratterizzate da fratture con caratteristiche di planarità, apertura e riempimento quali quelli discussi nel paragrafo in premessa.

5.0 - INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

In considerazione degli effetti del sisma sui potenziali cinematismi, si è provveduto a valutare secondo quanto richiesto dalla nuova normativa (NTC – D.M. 14/01/2008) la sismicità dell'area di intervento.

Ricordiamo che rispetto alla vecchia normativa si è passati da un concetto di "zona dipendente" ad uno di "sito dipendente" al fine di considerare gli effetti locali dell'azione sismica.

A tal proposito si è utilizzato il programma GEOSTRU – PARAMETRI SISMICI presente gratuitamente nel web al sito www. Geostru.com.

Le valutazioni che seguiranno di verifica saranno condotte in termini SLU, stato limite ultimo, SLV (Stato Limite Salvaguardia della Vita), applicando i relativi coefficienti.

Nel programma sono stati inseriti i seguenti parametri di partenza relativi alla localizzazione ed alla tipologia del sito in esame:

- Coordinate del sito in esame ED50: 44°.103022lat N; 10°.193266long.E;
- Classe d'uso: I, presenza occasionale di persone;
- Vita nominale: 50 anni;

In automatico il programma ricerca i siti di riferimento da cui ricavare il valore di accelerazione al bedrock, valore di base che sarà poi modificato in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche locali.

A questo punto vengono richiesti i parametri sismici del sito in esame e cioè:

- Categoria di sottosuolo: A (ammassi rocciosi);
- Categoria Topografica: T4;

Il programma citato in applicazione alle espressioni riportate nel testo della normativa procede ad eseguire i calcoli fornendo i valori finali di accelerazione massima attesa (Amax) , il

coefficiente β e quindi i valori dei coefficienti orizzontale (Kh) e verticale (Kv) da inserire nei calcoli; di seguito si rimette lo specchietto finale, Tabella 10, di output del programma:

Tabella 10

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s^2]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,400	0,015	0,008	0,741	0,200
SLD	1,000	1,000	1,400	0,016	0,008	0,797	0,200
SLV	1,000	1,000	1,400	0,058	0,029	2,019	0,270
SLC	1,000	1,000	1,400	0,075	0,037	2,723	0,270

6.0 - ORIENTAZIONI DEI FRONTI DI LAVORO

Nell'ambito del "range" dei ±10° i fronti principali di escavazione presentano e presenteranno le seguenti orientazioni:

Cantiere Sotterraneo:

Fronti di coltivazione-avanzamento

Fronti attuali e progettati di avanzamento; le verifiche saranno condotte per altezza massima pari a quella massima prevista dallo sviluppo del progetto di circa, 6m:

- Fr1: Fronte orientato N 00° verticale esposto a W (rif. 270/89);
- Fr2: Fronte orientato N 90° verticale esposto ad N (rif. 00/89);
- Fr3: Fronte orientato N 90° verticale esposto a S (rif. 180/89);
- Fr4: Fronte orientato N 60° verticale esposto a NW (rif. 330/89);
- Fr5: Fronte orientato N160° verticale esposto a SW (rif. 250/89).

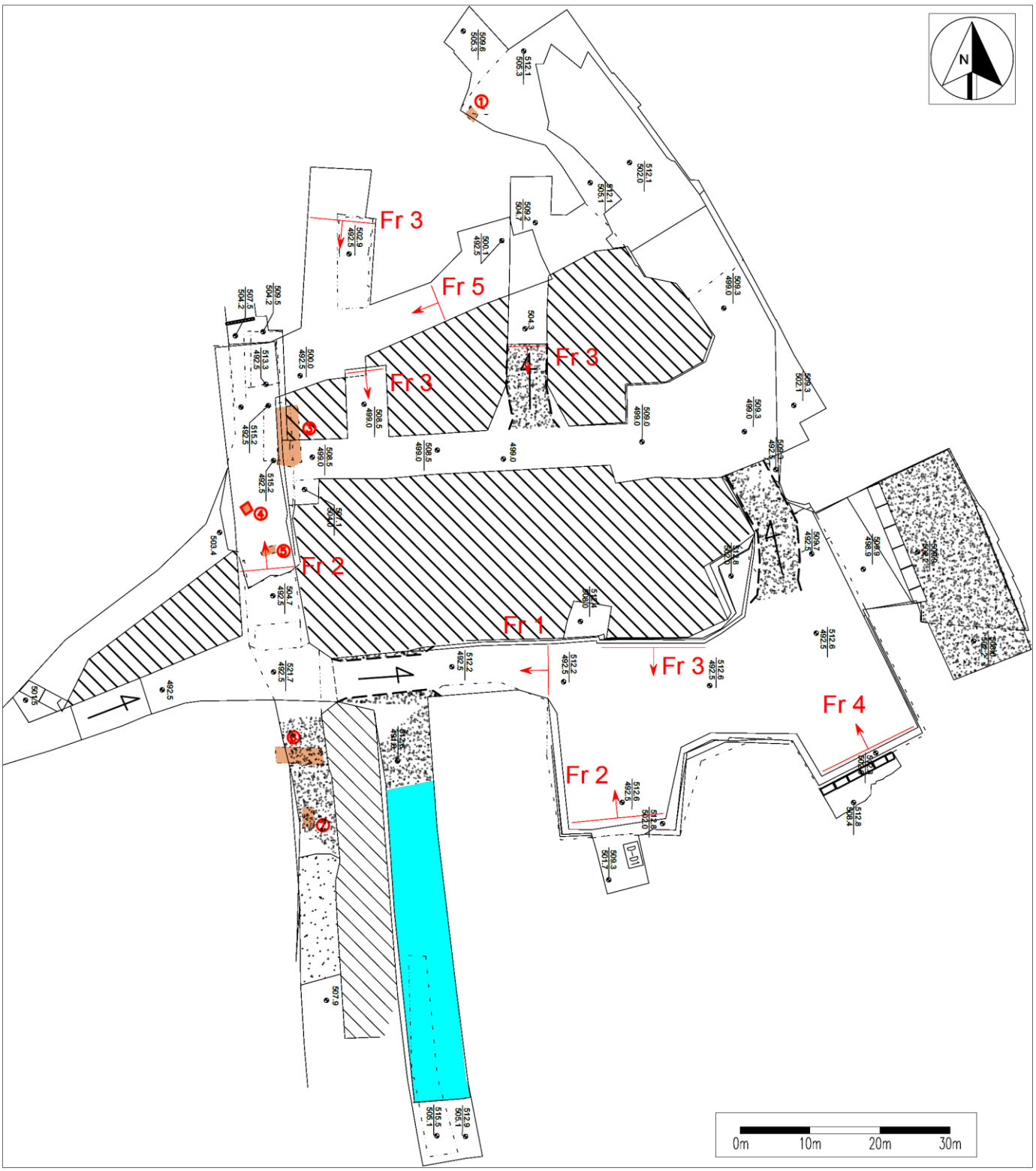

Figura 2 - Schema del cantiere sotterraneo con indicati in rosso i fronti progettuali.-

Analisi camere sotterraneo:

Sono state ricostruite estrudendo i perimetri delle gallerie e camere principali in cui è stato suddiviso l'intero cantiere sulla base della quota del pavimento finale previsto dal progetto di coltivazione:

- CAMERA 1;
- CAMERA 2;
- CAMERA 3.

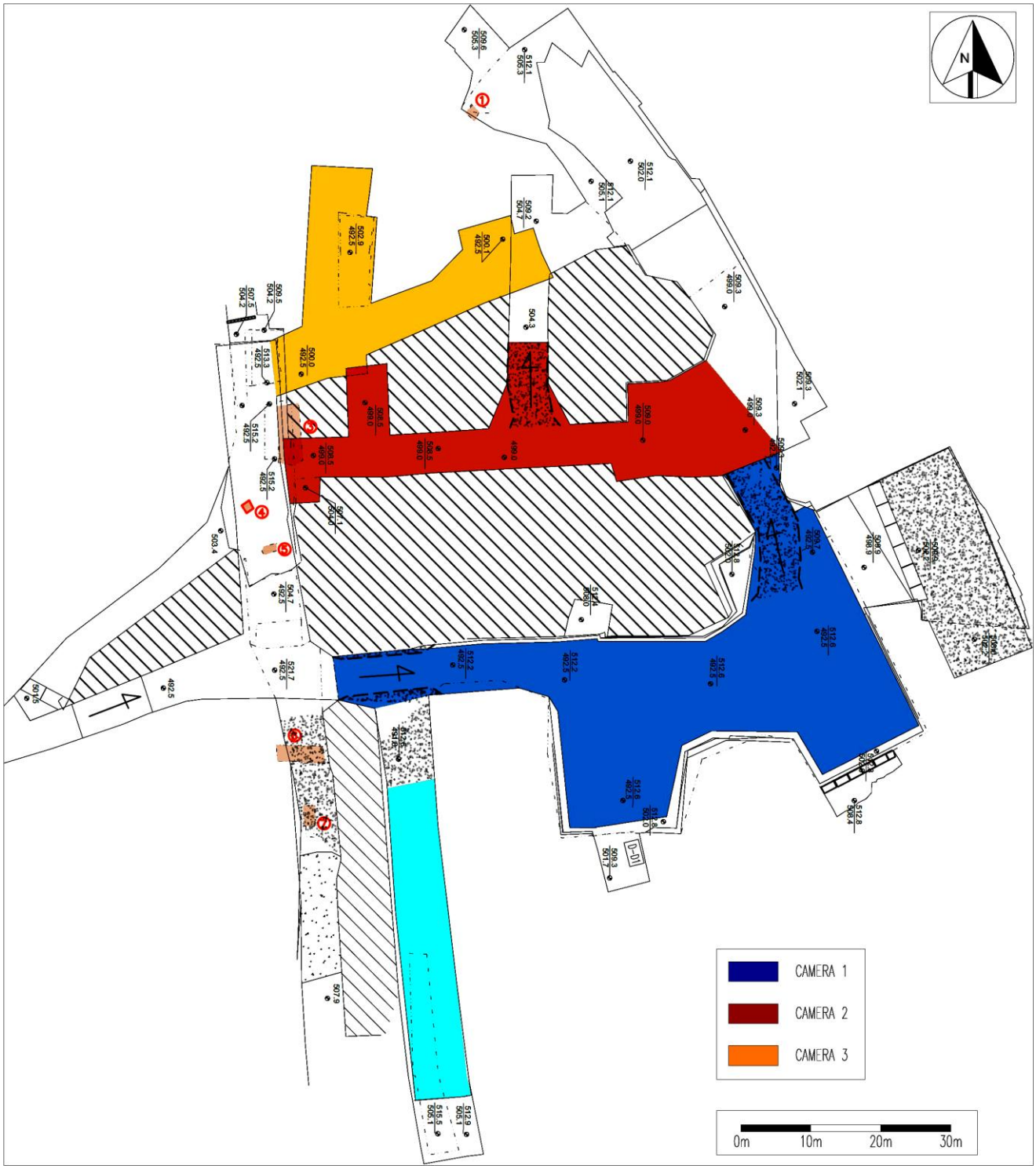

Figura 3 - Schema del cantiere sotterraneo con indicate le camere principali di coltivazione.-

Nel caso di cinematismo planare il programma, a favore della sicurezza, ipotizza sempre che direzione di scivolamento e direzione della discontinuità siano perfettamente perpendicolari, non tenendo conto del contributo dovuto alla differenza tra le due, che nel caso risulti superiore a 20° esclude l'attivarsi del cinematismo stesso. A tal proposito si è proceduto alla verifica planare per i vari fronti di quei piani di discontinuità che non differissero per ±20° dalla direzione di immersione del fronte.

In merito ai ribaltamenti, ricordiamo che affinché si abbia potenziale instabilità per ribaltamento su di un fronte devono essere presenti le seguenti condizioni, codificate da Goodman&Bray (1976):

a) Direzione del fronte e direzione degli strati non devono differire per più di 30° (cono di confidenza totale pari a 60°);
b) La direzione di immersione degli strati deve essere opposta a quella del fronte in oggetto;
c) Lateralmente il fronte deve essere isolato (assenza di continuità laterale del blocco) da altre fratture, dal vuoto o nel caso di fronti di scavo da tagli;
d) La normale al piano di ribaltamento deve avere un valore di inclinazione inferiore alla differenza tra l'inclinazione del fronte e l'angolo di attrito lungo i piani (assunto pari all'angolo di attrito residuo del materiale 28°).

Tradotta in formula, quest'ultima condizione impone che:

$$(90 - \Phi_p) \leq (\Phi_f - \varphi_p)$$

dove:

- Φ_p = inclinazione media rappresentativa del sistema o del piano in esame;
- Φ_f = inclinazione del fronte in esame;
- φ_p = angolo di attrito tra i piani.

In particolare queste condizioni, di tipo puramente geometrico, permettono di effettuare un test grafico tipo Markland, andando a definire in un'area all'interno dello stereogramma i poli di quei piani che potenzialmente potrebbero essere in grado di innescare il fenomeno.

Ulteriore condizione necessaria è la presenza di un sistema di frattura o un taglio che a basso angolo isoli la base del blocco stesso, permettendogli di ruotare.

I cinematismi potenzialmente instabili individuati per via grafica ed analitica sono stati poi riosservati in loco onde verificarne l'effettiva esistenza, e nel caso, verificati, consolidati o disgaggiati.

Le verifiche sono state condotte in condizioni di SLU con sisma e sovrappressione di acqua pari al 10%, nelle condizioni di picco e residue e per altezze dei fronti pari a quella massima del fronte di scavo e quella massima prevista dall'intervento (30m).

La presente analisi si riferisce ai fronti principali indagati che saranno oggetto di coltivazione futura, ma che si possono applicare anche ai vecchi fronti residui (vedi quelli che costituiscono le tecchie) al fine di avere una valutazione delle potenziali combinazioni; per schematizzare i risultati, sono state redatte per ogni fronte analizzato, delle tabelle riassuntive in cui sono riportati:

- l'altezza della bancata;
- i sistemi coinvolti;
- il peso o volume della massa in gioco;
- il valore del rapporto Rd/Ed (vecchio coefficiente di sicurezza);
- l'eventuale ipotesi di intervento.

Nell'analisi sono stati considerati tutti i piani emersi dallo studio strutturale, indifferentemente dal loro peso statistico, andando a verificare tutte le possibili configurazioni.

Richiamando lo specchietto relativo all'orientazione dei fronti di scavo si sono definiti una serie di "fronti tipo" (da Fr1 a Fr5) divisi in base all'orientazione ed indicati nella precedente figura 2.

7.0 - ANALISI DI STABILITÀ DEL SOTTERRANEO

Le analisi di stabilità sono effettuate in condizioni di Stato Limite in presenza di sisma, con l'approccio 1 - combinazione 2, secondo quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (§ 6.2.3.1 – D.M. 17/01/2018), adottando i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- Azioni: γ_{G1} = 1,00 (coefficiente moltiplicativo per i carichi permanenti strutturali);
  γ_{G2} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti non strutturali);
  γ_{G3} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti variabili).

- Resistenze: γ_M = 1,25 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione dei parametri geotecnici di calcolo dei materiali);
  γ_R = 1,10 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione della resistenza globale del sistema);

Si precisa che tutti i carichi derivanti dal peso proprio dell'ammasso saranno considerati come carichi permanenti strutturali (γ_{G1} = 1,00) e che data l'entità dei carichi permanenti: i carichi variabili (dovuti ad esempio al transito di mezzi d'opera sulla copertura o alla presenza di neve) risultano trascurabili.
Poiché i programmi forniscono un output in funzione del vecchio coefficiente di sicurezza, questo sarà inteso come rapporto tra Rd/Ed (valore di progetto della resistenza geotecnica su valore di progetto dell'azione ridotto di un coefficiente γ_R pari a 1.1); si esprimerà con tale rapporto l'equilibrio o meno tra le forze in gioco: se il rapporto è uguale o superiore ad uno si riterrà la verifica soddisfatta.

Si procederà verificando prima la stabilità in grande del sotterraneo, per poi passare all'analisi delle problematiche correlate con volumetrie isolate dai sistemi principali di frattura con il perimetro dello scavo.

Considerando che l'analisi è di tipo "*previsionale*" volta alla verifica dei potenziali cinematismi che si possono formare, si sono impiegati i valori di angolo di attrito "*residuo*" ed imponendo la coesione pari a zero, rimandando la verifica con parametri di picco a condizioni di riconoscimento reale del potenziale cinematismo sui fronti di scavo (avanzamento delle bancate di coltivazione o sui limiti dello scavo del sotterraneo). In tal caso i parametri geomeccanici che verranno impiegati saranno quelli stimati nei paragrafi precedenti; le verifiche seguenti impiegheranno il valore del solo angolo residuo, imposto pari a quello di base del materiale 30°.

Si fa osservare che studi precedenti a firma di altri autori (relazioni di stabilità anno 2002, 2005 e 2009 a firma dell'Ing. M. Gardenato) eseguiti anche con metodi di calcolo avanzato (F.E.M. – Metodo agli elementi finiti) *hanno evidenziato come la stabilità dei vuoti sia governata dalla cinematica cioè dall'intersezione tra le discontinuità che attraversano l'ammasso ed i fronti che si producono con lo scavo*. Infatti (rif. Studio del 2009 per variante al sotterraneo, Ing. M. Gardenato) le variazioni dello stato tensionale in conseguenza dell'apertura dei vuoti *portano a minime differenze (ordine di qualche decina di kPa)* e quindi come riportato nello studio di poco o nulla significativi.

Nella valutazione dei cinematismi planari, a favore della sicurezza, si ipotizza che direzione di scivolamento e direzione della discontinuità siano perfettamente perpendicolari, non tenendo conto del contributo dovuto alla differenza tra le due, che nel caso risulti superiore a 20° esclude l'attivarsi del cinematismo stesso.

In merito ai ribaltamenti, ricordiamo che affinché si abbia potenziale instabilità per ribaltamento su di un fronte devono essere presenti le seguenti condizioni, codificate da Goodman&Bray (1976):

e) Direzione del fronte e direzione degli strati non devono differire per più di 30° (cono di confidenza totale pari a 60°);
f) La direzione di immersione degli strati deve essere opposta a quella del fronte in oggetto;
g) Lateralmente il fronte deve essere isolato (assenza di continuità laterale del blocco) da altre fratture, dal vuoto o nel caso di fronti di scavo da tagli;
h) La normale al piano di ribaltamento deve avere un valore di inclinazione inferiore alla differenza tra l'inclinazione del fronte e l'angolo di attrito lungo i piani (assunto pari all'angolo di attrito residuo del materiale 28°).

Tradotta in formula, quest'ultima condizione impone che:

$$(90 - \Phi_p) \leq (\Phi_f - \varphi_p)$$

dove:

- Φ_p = inclinazione media rappresentativa del sistema o del piano in esame;
- Φ_f = inclinazione del fronte in esame;
- φ_p = angolo di attrito tra i piani.

7.1 - Verifica in grande del sotterraneo

Considerando l'intervento in grande, l'osservazione dello stato attuale del sotterraneo non evidenzia particolari problematiche legate al superarmento dei limiti di resistenza dell'ammasso.

In particolare la verifica effettuata nel presente paragrafo sarà quella di valutare la condizione attuale della soletta marmorea presente al di sopra del sotterraneo, in particolare se la copertura attuale permette di mantenere l'evoluzione dello scavo all'interno del campo elastico di comportamento dell'ammasso e di stimare quale sia il limite critico al suo spessore.

La verifica è stata effettuata nell'ipotesi molto semplificata di trave ideale che poggi sui lati dello scavo, analizzando il problema con la teoria dell'"arco lineare".

Si è cioè valutato lo spessore minimo di roccia con caratteristiche pari a quelle dell'ammasso in grado di autosostenersi. La formula utilizzata è quella relativa alla stima della luce massima tra due pilastri:

$$L = \sqrt{\frac{3(\sigma_c / \gamma)h}{2F_s\gamma}}$$

dove:

L = luce tra le pareti in m, pari alla massima apertura dello scavo stimata in corrispondenza della camera principale sul lato meridionale pari a 35m;

σ_C*= resistenza alla compressione dell'ammasso definita in precedenza e pari a 18,56MPa ridotta secondo quanto previsto dalla NTC di un fattore pari a γ = 1.6 ;

γ = peso di volume del materiale, 27kN/mc;

F_s = coefficiente di sicurezza posto pari a 6 secondo ANIM;

h = altezza dell'arco sufficiente ad autoportarsi;

* si è utilizzato il valore di "*resistenza globale*" - σ_{cm} invece del valore di "*resistenza a compressione semplice*" - σ_c seguendo quanto riportato nell'articolo del Dott. E. Hoek "*Uniaxial compressive strength versus Global strenght in the Hoek-Brown criterion*", Vancouver 2005

sotto queste ipotesi e con i parametri applicati si ottiene un valore medio di 11.2m nel caso della luce massima e di 0.75m nel caso delle gallerie di scavo a sezione pari a 9m e della galleria di accesso con larghezza massima di circa 7m.

Altra verifica è stata condotta utilizzando il grafico della figura 14 seguente che mostra l'andamento della *copertura critica* con i valori di BRMR. Nel caso le linee riportate rappresentano quella profondità (altezza rispetto allo scavo) alla quale il confinamento critico risulta nullo innescandosi in tal caso deformazioni di carattere plastico nell'ammasso interessato dall'apertura del vuoto.

La determinazione della copertura critica (curva di Hoek&Brown) è effettuata con la presente formula derivata dalla stessa definizione di resistenza secondo il criterio di rottura elaborato dai due autori:

$$H_{cr} = \frac{\sigma_c}{2\gamma}\sqrt{s_p}$$

con:

H_{cr} = altezza critica, stima in m passaggio tra comportamento elastico e plastico;

σ_C*= resistenza alla compressione dell'ammasso definita in precedenza e pari a 18,56MPa ridotta secondo quanto previsto dalla NTC di un fattore pari a γ = 1.6 ;

γ = peso di volume del materiale, 27kN/mc;

s_p = parametro adimensionale caratteristico dell'ammasso stimato con le espressioni precedenti nel criterio di resistenza dell'ammasso di Hoeck&Brown pari a 0.0067;

* si è utilizzato il valore di "*resistenza globale*" - $\boldsymbol{\sigma_{cm}}$ invece del valore di "*resistenza a compressione semplice*" - $\boldsymbol{\sigma_c}$ seguendo quanto riportato nell'articolo del Dott. E. Hoek "*Uniaxial compressive strength versus Global strenght in the Hoek-Brown criterion*", Vancouver 2005

Il calcolo fornisce un valore di riferimento di "*altezza critica*" pari a 175m.

Entrando nel grafico con un BRMR pari a 63 (minimo del dominio 1, area attualmente interessata dalla coltivazione) e con un BRMR pari a 52 (valore del dominio 3, area di ingresso del sotterraneo) nel grafico seguente, si osserva che la "struttura" rappresentata dall'ammasso e dallo scavo si mantiene per il criterio di rottura scelto (Hoek&rown) in campo elastico per entrambi i domini, evitando situazioni pericolose di plasticizzazione.

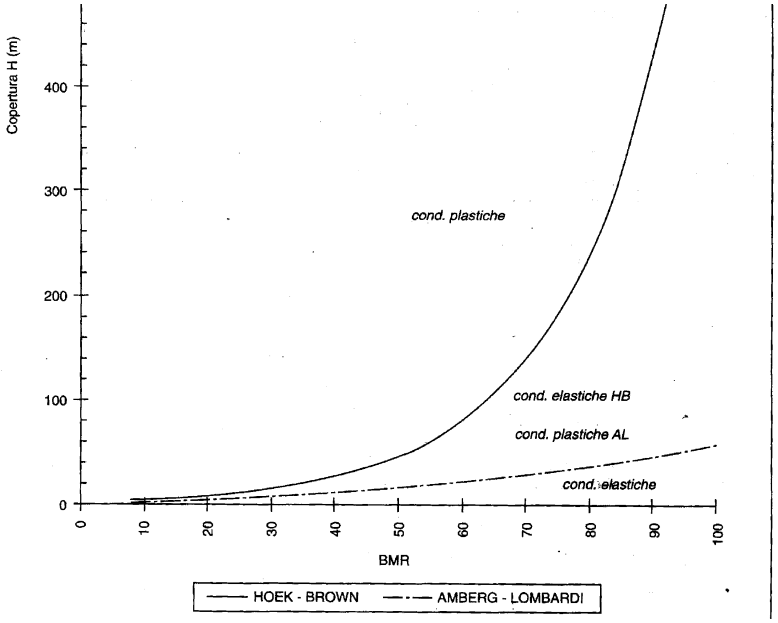

Figura 4

Questi risultati in praticano confermano quanto asserito al precedente paragrafo, e cioè che al momento lo studio può essere condotto considerando che l'ammasso si mantiene ancora in campo elastico e pertanto andando a ricercare problematiche cinematiche relative a singoli volumi rocciosi derivanti dall'intersezione dei piani di frattura con i fronti, i lati ed il tetto dello scavo.

Nonostante quanto sopra riportato, si ricorda che dovrà essere cura di tutti gli addetti ai lavori osservare e riferire alla Direzione ed ai Sorveglianti circa l'insorgenza di quei segnali che possono essere correlati alla transizione da un comportamento elastico a plastico:

- fratture di tensione (forzature) in generale, e facendo particolare attenzione agli spigoli delle camere ed ai punti di unione tra piedritti e soffitto;
- eventuali movimenti relativi delle superfici delle discontinuità presenti sul perimetro dello scavo;
- fenomeni di imprigionamento del macchinario all'interno dell'ammasso roccioso (lama della tagliatrice a catena o filo diamantato);
- "colpi di montagna"
- rilasci di materiale dai fronti e dal tetto;
- subsidenze nei piazzali a cielo aperto.

Qualora durante le operazioni di lavoro si presentino situazioni al contorno dello scavo tali da far ritenere non sicuro l'avanzamento, sarà cura degli operatori sospendere immediatamente le lavorazioni ed avvertire il D.R. e gli scriventi od altri tecnici delle problematiche apparse, così da valutare come poter procedere per garantire le operazioni di lavoro in sicurezza.

7.2 - Verifica dei fronti in sotterraneo (bancate di coltivazione)

La verifica riguarda le problematiche che possono emergere durante le fasi di avanzamento dei fronti di coltivazione in sotterraneo una volta effettuate le operazioni di tracciamento.

Per meglio evidenziare le potenziali interferenze tra questi ed i sistemi di fatturazione presenti nel cantiere sotterraneo, sono stati realizzati i diagrammi di Markland riportati nelle figure dalla 5 alla 9.

In maniera sintetica si riportano i risultati ottenuti; questi saranno sintetizzati sotto forma di tabelle al fine di rendere più veloce l'esposizione ed immediata l'acquisizione di eventuali problematiche.

- *Cinematismi planari:*

Condizione essenziale non è solo che alzata e pedata siano intercettate dalla discontinuità ma anche che lateralmente la frattura venga isolata da altre fratture o come potrebbe avvenire da tagli di coltivazione.

L'ipotesi di seguito illustrata pone la situazione in maniera tale che la frattura sia completamente isolata e perfettamente parallela alla direzione del fronte. Il calcolo è stato condotto in condizioni sismiche e con sovrappressione di acqua (10%) vista la presenza di umidità e piccole venute in alcune fratture; i parametri di resistenza sono quelli relativi ad una tensione massima pari a 6m, riportati nella Tabella 9 e lo schema indicativo è quello della figura 10 seguente

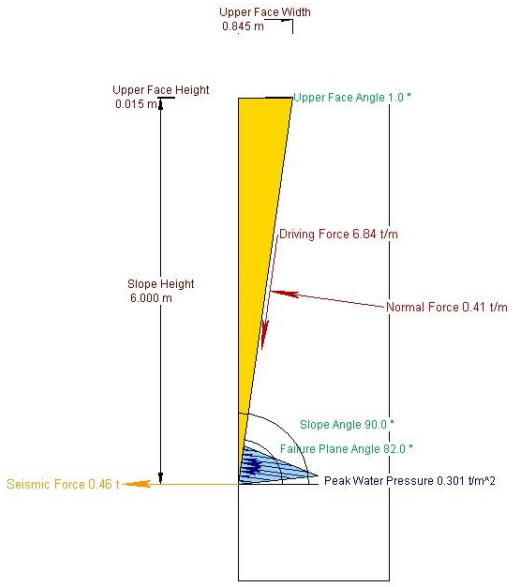

Figura 10

Tabella 11

FAMIGLIA	IMM./ INCL.	COND. RESIDUE H=6m sisma/H2O		NOTE
		FS	Rd/Ed	
K1.1	143°/82	0,03	0,03	In caso di fronte di scavo volumetria facilmente rimovibile; progressivamente si può ripulire la superficie che presenta inclinazione prossima alla verticale utilizzandola come fronte di scavo L6=0,85m, intercetta sulla pedata
K1.2	330°/80°	0,05	0,05	In caso di fronte di scavo volumetria facilmente rimovibile con mezzi meccanici; progressivamente si può ripulire la superficie che presenta inclinazione prossima alla verticale utilizzandola come fronte di scavo L6=1,1m, intercetta sulla pedata
K2.1	82°/75°	0,09	0,08	In caso di fronte di scavo volumetria facilmente rimovibile; progressivamente si può ripulire la superficie che presenta inclinazione prossima alla verticale utilizzandola come fronte di scavo L6=1,7m, intercetta sulla pedata
K2.2	253°/69°	0,14	0,13	In caso di fronte di scavo volumetria facilmente rimovibile; progressivamente si può ripulire la superficie o stabilizzare il volume con 2 chiodi da 15Tons e L=3m L6=2,3m
K3	201°/61°	0,22	0,20	In caso di fronte di scavo volumetria facilmente rimovibile; progressivamente si può ripulire la superficie o stabilizzare il volume con 3 chiodi da 15Tons e L=3-6m L6=3,4m
K4	16°/67°	0,16	0,15	In caso di fronte di scavo volumetria rimovibile; progressivamente si può ripulire la superficie o stabilizzare il volume con 3 chiodi da 15Tons e L=3-6m L6=2,6m
K5	257°/17°	1,22	1,11	L6=20,8m

Lo sviluppo della coltivazione in sotterraneo a bancate, prevede sbassi successivi da circa 3m, che possono poi essere eventualmente uniti in fronti unici da 6m (3+3). La lavorazione di fronti da 3m riduce ovviamente le volumetrie in gioco sopra stimate, permettendo man mano un disgaggio dei volumi senza particolari problematiche così da lasciare fronti finali puliti ed in sicurezza. Nel caso di eventuali scelte di consolidamento, che riguarderanno eventuali fronti residui, gli interventi indicati nello schema precedente (al di la del disgaggio) risultano indicativi e dovrà ad hoc essere redatto un progetto esecutivo sul caso reale.

- *Cinematismi tridimensionali:*

Per questa parte dell'analisi Si farà uso del programma informatizzato B-ROCK 2.0 della ProgramGeo di Brescia, che consente di esaminare le combinazioni dei vari piani contemporaneamente per il fronte in oggetto.

Al fine di riportare la notazione del programma si riporta lo schema di riferimento seguente in modo da consentire l'individuazione del piano con la notazione del programma:

Notazione Programma	Sistema	Piano Rappres.
1	K1.1	143 – 82
2	K1.2	330 – 80
3	K2.1	82 – 75
4	K2.2	253 – 69
5	K3	201 – 61
6	K4	16 – 67
7	K5	257 - 17

quindi il blocco "1" formato da 1/2 significa che è la combinazione dei piani K1.1 con K1.2

L'analisi sarà condotta per un'altezza del fronte come nel caso precedente pari a quella massima attualmente presente nel cantiere (6m), ritenendosi cautelativa in relazione a quelle intermedia degli sbassi ipotizzati (3m). Il calcolo è stato condotto con angolo di base, in condizioni sismiche e con sovrappressione di acqua (10%) vista la presenza di umidità e modeste venute in alcune fratture.

Le analisi di stabilità sono effettuate in condizioni di Stato Limite in presenza di sisma, con l'approccio 1 - combinazione 2, secondo quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (§ 6.2.3.1 – D.M. 17/01/2018), adottando i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- Azioni: γ_{G1} = 1,00 (coefficiente moltiplicativo per i carichi permanenti strutturali);
  γ_{G2} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti non strutturali);
  γ_{G3} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti variabili).

- Resistenze: γ_M = 1,25 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione dei parametri geotecnici di calcolo dei materiali);
  γ_R = 1,10 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione della resistenza globale del sistema);

Si precisa che tutti i carichi derivanti dal peso proprio dell'ammasso saranno considerati come carichi permanenti strutturali (γ_{G1} = 1,00) e che data l'entità dei carichi permanenti: i carichi variabili (dovuti ad esempio al transito di mezzi d'opera sulla copertura o alla presenza di neve) risultano trascurabili.

Quei cinematismi che con la prima analisi forniscono un rapporto Rd/Ed<1 (derivante dal coefficiente di sicurezza classico FS output del programma ridotto di un coefficiente pari a 1.1 come da NTC 2018) sono stati rianalizzati con il programma della Rocscience (Toronto-Canada) S-WEDGE, rivalutando anche le dimensioni massime dei volumi con le massime persistenze dei sistemi e le massime dimensioni delle camere del sotterraneo (nel caso che le tracce presentino persistenze superiori alle dimensioni delle stesse il volume è di fatto stabile).

Infatti la prima analisi condotta con B-Rock prende in esame la volumetria massima compatibile con la giacitura dei piani medi e del fronte senza tenere in considerazione delle dimensioni del fronte, della camere e soprattutto la persistenza dei sistemi di frattura.

Come nel caso planare bidimensionale, gli interventi di consolidamento saranno attivati in corrispondenza dei casi reali sui fronti residui, rimanendo eventuali interventi di stabilizzazione a carico dei fronti finali.

FR1 - Fronti N 00 W, altezza 6m - Tabella 12

FRONTE		COMB.	COND. RESIDUE		NOTE
FR6		PIANI	H=6m sisma/H2O		
sotterraneo	CUNEO		FS	Rd/Ed	
	3	1/4	0,15	0,14	Eventuale stabilizzazione con tre chiodi da 15Tons e L=3m, in alternativa disgaggio
	4	1/5	0,29	0,26	Disgaggio o stabilizzazione con 1 chiodo da 20Tons L=3m
	6	1/7	1,46	1,33	
	8	2/4	0,2	0,18	Eventuale stabilizzazione con 3 chiodi da 30Tons e L=3-6m
	9	2/5	0,64	0,58	Eventuale stabilizzazione con tre chiodi da 30Tons e L=3-6m
	11	2/7	1,45	1,32	
	16	4/5	0	0,00	Disgaggio immediato visto il cinematismo (crollo) e la volumetria
	17	4/6	0,72	0,65	Eventuale stabilizzazione con 5 chiodi da 30Tons e L=6-9m
	18	4/7	16,49	14,99	
	19	5/6	46,91	42,65	
	20	5/7	2,77	2,52	
	21	6/7	2,8	2,55	
	51	1/7+6	1,43	1,30	
	72	2/7+1	1,45	1,32	
	76	2/7+6	1,42	1,29	
	104	4/6+3	0,72	0,65	Eventuale stabilizzazione con 3 chiodi da 30Tons e L=6-9m
	114	5/6+3	12,64	11,49	
	121	5/7+6	2,78	2,53	
	122	6/7+1	2,74	2,49	
	123	6/7+2	2,73	2,48	

FR2 - Fronti N 90 N, altezza 6m - Tabella 13

FRONTE		COMB.	COND. RESIDUE		NOTE
FR7		PIANI	H=6m sisma/H2O		
sotterraneo	CUNEO		FS	Rd/Ed	
	1	1/2	8,74	7,95	
	2	1/3	0	0,00	Scaglia disaggio immediato
	5	1/6	0,18	0,16	Eventuale stabilizzazione con 2 chiodi da 30Tons e L=6m
	7	2/3	0,28	0,25	Disgaggio o eventuale stabilizzazione con 1 chiodo da 30Ton L= 3m
	10	2/6	0,17	0,15	Eventuale stabilizzazione con 3 chiodi da 30Tons e L=6m
	14	3/6	0,16	0,15	Eventuale stabilizzazione con 2 chiodi da 30Tons e L=6m
	17	4/6	0,72	0,65	Eventuale stabilizzazione con 6 chiodi da 30Tons e L=6-9m
	18	4/7	15,84	14,40	
	19	5/6	47,05	42,77	
	20	5/7	2,66	2,42	
	21	6/7	2,78	2,53	
	22	1/2+3	7,32	6,65	
	23	1/2+4	8,13	7,39	
	24	1/2+5	8,03	7,30	
	26	2/2+7	8,7	7,91	

	110	4/7+5	19,79	17,99	
	112	5/6+1	33,75	30,68	
	113	5/6+2	31,25	28,41	
	126	6/7+5	2,74	2,49	

FR3 - Fronti N 90 S, altezza 6m - Tabella 14

FRONTE FR8 sotterraneo	CUNEO	COMB. PIANI	COND. RESIDUE H=6m sisma/H2O		NOTE
			FS	Rd/Ed	
	3	1/4	0,28	0,25	Disgaggio o eventuale stabilizzazione con 2 barre da 15Tons e L=3m
	4	1/5	0,23	0,21	Eventuale stabilizzazione con 4 barre da 30Tons e L=6m
	6	1/7	1,47	1,34	
	8	2/4	0	0,00	Disgaggio immediato-scaglia
	9	2/5	0,24	0,22	Disgaggio o eventuale stabilizzazione con 2 barre da 20Tons L=3m
	11	2/7	1,32	1,20	
	12	3/4	4,59	4,17	
	13	3/5	0,54	0,49	Eventuale stabilizzazione con 6 barre da 30Tons e L=6-9m
	15	3/7	5,59	5,08	
	16	4/5	0,22	0,20	Eventuale stabilizzazione con 3 barre da 25Tons e L=6m
	47	1/7+2	1,45	1,32	
	77	3/4+1	3,67	3,34	
	78	3/4+2	3,95	3,59	
	92	3/7+1	5,33	4,85	
	93	3/7+2	5,28	4,80	

FR4 - Fronti N 60 NW, altezza 6m - Tabella 15

FRONTE FR9 sotterraneo	CUNEO	COMB. PIANI	COND. RESIDUE H=6m sisma/H2O		NOTE
			FS	Rd/Ed	
	14	3/6	0,14	0,13	Disgaggio
	17	4/6	0,72	0,65	Disgaggio o eventuale consolidamento con 4 chiodi da 30Ton e L=6m
	18	4/7	15,8	14,36	
	19	5/6	46,96	42,69	
	20	5/7	2,74	2,49	
	21	6/7	2,79	2,54	
	110	4/7+5	18,92	17,20	
	112	5/6+1	11,43	10,39	
	114	5/6+3	28,87	26,25	
	115	5/6+4	26,3	23,91	
	126	6/7+5	2,79	2,54	

FR5 - Fronti N 170 W, altezza 6 - 30m, Tabella 16

FRONTE		COMB.	COND. RESIDUE		NOTE
FR4		PIANI	H=6m sisma/H2O		
esterno	CUNEO		FS	Rd/Ed	
	3	1/4	0,14	0,13	Cuneo max persistenza K2.2>159m, con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K2.2 il peso si riduce a 1.66Ton con un Rd/Ed di picco pari a 7.3; possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m
	4	1/5	0,55	0,50	Cuneo max persistenza K3>39m, con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K3 il peso si riduce a 4.38Ton con un Rd/Ed di picco pari a 6.5; possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m
	6	1/7	1,3	1,18	
	7	1/8	5,49	4,99	
	9	2/4	0,22	0,20	Cuneo max persistenza K2.2>161m, con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K2.2 il peso si riduce a 1.96Ton con un Rd/Ed di picco pari a 7.9; possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m
	10	2/5	1,13	1,03	
	12	2/7	1,19	1,08	
	14	3/4	8,22	7,47	
	19	4/5	0	0,00	Con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K3 il peso si riduce a 19.24Ton; possibilità di disgaggio meccanico o consolidamento con 2 chiodi da 15Tons e lunghezza L=3-6m
	20	4/6	0,68	0,62	Cuneo max persistenza K2.2>176m e K4>38m con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K2.2 il peso si riduce a 1.76Ton; possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m
	22	4/8	0	0,00	Cuneo max persistenza K6>104m, con programma S-Wedge imponendo la persistenza media del sistema K6 il peso si riduce a 0.55Ton; possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m
	24	5/7	3,32	3,02	
	26	6/7	6	5,45	
	28	7/8	1,26	1,15	
	63	1/7+6	1,13	1,03	
	64	1/7+8	1,32	1,20	
	83	2/5+1	1,14	1,04	
	88	2/5+8	1,16	1,05	
	95	2/7+1	1,19	1,08	
	99	2/7+6	1,1	1,00	
	100	2/7+8	1,21	1,10	
	107	3/4+1	8,12	7,38	
	108	3/4+2	8,09	7,35	
	112	3/4+8	8,23	7,48	
	171	5/7+6	3,33	3,03	
	172	5/7+8	3,3	3,00	
	179	6/7+1	5,69	5,17	
	180	6/7+2	5,67	5,15	
	184	6/7+8	5,89	5,35	
	193	7/8+3	1,29	1,17	

	194	7/8+4	0,93	0,85	Cuneo max non compatibile persistenza K5>137mt e K6>89m e K2.2>159m; Unwedge imponendo la persistenza media dei tre sistemi il peso si riduce a 0.033Ton (scaglia); possibilità di disgaggio meccanico anche per il fronte in coltivazione a 6m

- *Ribaltamenti:*

L'analisi della potenzialità al ribaltamento dei sistemi di discontinuità con i vari fronti in oggetto è stata condotta per via grafica con il programma DIPS analizzando fronte per fronte.

L'analisi sfrutta la combinazione geometrica tra immersione-inclinazione del piano di frattura con quella del fronte in oggetto, secondo la teoria di Goodman (1985).

- Fronte FR1 N 00 W, Figura 11
l'analisi mostra potenziali fenomeni correlabili con i sistemi K1.1 e K2.1;

- Fronte FR2 N 90 N; Figura 12
l'analisi mostra potenziali fenomeni correlabili con i sistemi K1.1 e K3;

- Fronte FR3 N 90 S, Figura 13
l'analisi mostra potenziali fenomeni correlabili con i sistemi K1.2 e K4;

- Fronte FR4 N 60 NW, Figura 14
l'analisi mostra potenziali fenomeni correlabili con i sistemi K1.1 e K3;

- Fronte FR5 N 160 sW, Figura 15
l'analisi mostra potenziali fenomeni correlabili con il sistema K2.1.
.

Di fatto quanto sopra descritto ha un valore poco più che teorico se applicato ai fronti iniziali di coltivazione che presentano altezza di circa 6m.
Si raccomanda comunque nelle situazioni in cui l'immersione della frattura è opposta al fronte di scavo di porre attenzione nell'evitare di "sfilare" il prisma basale, procedendo a smontare la bancata dalla parte superiore così da non innescare una situazione di potenziale instabilità per eventuali volumi posteriori "azzoppando" la bancata.

7.3 - Analisi delle camere

Nel presente paragrafo sono riportate le analisi volte allo studio dei potenziali fenomeni di instabilità legati alla formazione di blocchi separati dall'ammasso roccioso per effetto della fatturazione dello stesso.

Le verifiche di stabilità dei fronti di scavo e del tetto sono state eseguite tramite una serie di analisi all'equilibrio limite, di tipo deterministico, al fine di individuare tutti i potenziali meccanismi di instabilità per scivolamento, ribaltamento e caduta dei blocchi di roccia isolati dall'ammasso.

La scelta di utilizzare un sistema di analisi basato sul criterio dell'equilibrio limite è giustificata dal fatto che la stabilità di pendii e di fronti di scavo a piccola profondità, in ammassi rocciosi di discreta/buona qualità, è sostanzialmente legata alla presenza di discontinuità e piani di debolezza. Le intersezioni di questi piani possono portare alla formazione di blocchi di roccia integri, separati dall'ammasso roccioso, che in funzione della loro conformazione geometrica e della posizione relativa della superficie di scavo possono risultare cinematicamente rimuovibili.

Nelle figure dalla 5 alla 9 sono riportati i diagrammi di Markland relativi alle camere analizzate.

Come già detto, l'intero cantiere della cava Romana M-11 è stato suddiviso in tre camere principali la CAMERA 1, 2 e 3 i cui limiti sono mostrati in figura 3, sulla base della quota dei pavimenti.

7.3.1 - Metodologia di calcolo

Tutte le analisi volte all'individuazione dei blocchi potenzialmente rimuovibili sono state effettuate con l'ausilio del programma di calcolo UNWEDGE della Rocscience Inc. di Toronto.

Il programma, basato sulla teoria dei blocchi di Goodman & Shi, consente di individuare tutti i blocchi che possono formarsi per effetto dell'intersezione di tre distinti sistemi di discontinuità con i fronti di scavo (pareti verticali, tetto e pavimento). Il programma visualizza dapprima il blocco di dimensioni massime, compatibilmente con l'estensione dei fronti; successivamente è possibile ridimensionare il blocco agendo sulle lunghezze delle tracce di intersezione delle discontinuità con la superficie di scavo adattandole all'effettiva persistenza o alla lunghezza delle tracce rilevate in sito.

Le ipotesi alla base della teoria dei blocchi sono:

1. piani di discontinuità con persistenza illimitata o almeno tale da attraversare completamente i blocchi senza interruzioni di continuità;
2. superficie planare delle discontinuità;
3. estensione delle fratture all'intero fronte (se non nei casi specificamente motivati) o comunque con valori massimi pari all'effettiva persistenza rilevata in sito.

Per ognuno dei blocchi individuati, il programma fornisce tutte le informazioni relative a:

- Volume e peso del blocco;
- Potenziale cinematismo di instabilità (scivolamento, ribaltamento, caduta, …);
- Direzione di scivolamento o ribaltamento;
- Fattore di sicurezza nei confronti della potenziale instabilità individuata;

Nel caso in cui i blocchi siano in condizioni di instabilità, è possibile introdurre dei rinforzi puntuali (bulloni, chiodi, tiranti) isolati o distribuiti, oppure un rinforzo passivo "uniforme" (spritz-beton) e ricalcolare il fattore in funzione delle caratteristiche dell'intervento di consolidamento.

Il programma consente, tuttavia, di computare contemporaneamente un massimo di tre sistemi di discontinuità, per cui nel caso questi ultimi siano in numero superiore, sarà necessario effettuare un numero (N) di analisi che consenta di verificare tutte le combinazioni possibili. Il numero totale di combinazioni è dato dalla seguente relazione:

$$N = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$$

Dove: n = numero di sistemi di discontinuità rilevati in sito;
k = numero di sistemi di discontinuità trattati contemporaneamente nel calcolo.

Per il caso in esame, avendo rilevato 7 sistemi di discontinuità, si ha:

$$N = \frac{7!}{3! \cdot (7-3)!} = \frac{5040}{6 \cdot 24} = 35 \text{ combinazioni}$$

7.3.2 - Definizione dei parametri geotecnici usati nelle verifiche del sotterraneo (vedi anche tabella 9)

Vista la finalità del presente studio, i parametri geotecnici sono stati posti pari a quelli residui; lo studio è volto alla verifica dei potenziali cinematismi che potenzialmente potrebbero derivare dalla combinazione tra i principali sistemi di fratturazione ed i limiti dello scavo (tetto e pareti).

Nell'analisi sono stati impiegati i seguenti parametri geotecnici:

ϕ_R = 30°
c_R = 0,0kPa

7.3.3 - Ipotesi di calcolo

La teoria dei blocchi è uno strumento che consente di valutare la possibile formazione di prismi di roccia isolati dall'ammasso roccioso, che potrebbero dar luogo a instabilità localizzate. Lo studio è rivolto alla individuazione di possibili instabilità legate all'orientazione delle pareti di scavo in relazione alla giacitura dei sistemi di discontinuità e pertanto a creare un documento di supporto all'attuale e futura escavazione volto soprattutto ad indicare quali e dove possono incontrasi le problematiche analizzate.
Nel caso in esame il sotterraneo è costituito da una serie di camere, originate per estrusione dei perimetri di scavo e con altezze variabili rispettivamente:

1. CAMERA 1 – altezza 20.3m, pavimento a 492.5m s.l.m., figura 16;

2. CAMERA 2 – altezza 10.3m, pavimento a 499.0m s.l.m., figura 17;

3. CAMERA 3 – altezza 10.5m, pavimento a 492.5m s.l.m., figura 18.

Nel modello di calcolo le singole camere saranno quindi rappresentate come parallelepipedi a pianta rettangolare con larghezza pari alla larghezza B_i (definita sopra), lunghezza pari a 50m (lunghezza media delle singole camere).
Le analisi di stabilità sono effettuate in condizioni di Stato Limite in presenza di sisma, con l'approccio 1 - combinazione 2 - combinazione (A2+M2+R2), secondo quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (§ 6.2.3.1 – D.M. 17/01/2018), adottando i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- Azioni: γ_{G1} = 1,00 (coefficiente moltiplicativo per i carichi permanenti strutturali);

  γ_{G2} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti non strutturali);

  γ_{G3} = 1,30 (coeff. moltiplicativo per i carichi permanenti variabili).

- Resistenze: γ_M = 1,25 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione dei parametri geotecnici di calcolo dei materiali);
  γ_R = 1,10 (coefficiente di sicurezza parziale per la determinazione della resistenza globale del sistema);

Si precisa che tutti i carichi derivanti dal peso proprio dell'ammasso saranno considerati come carichi permanenti strutturali (γ_{G1} = 1,00) e che data l'entità dei carichi permanenti: i carichi variabili (dovuti ad esempio al transito di mezzi d'opera sulla copertura o alla presenza di neve) risultano trascurabili.

Si precisa, infine, che tutti i carichi derivanti dal peso proprio dell'ammasso sono considerati come carichi permanenti strutturali (γ_{G1} = 1,00) e che data l'entità dei carichi permanenti i carichi variabili (dovuti ad esempio al transito di mezzi d'opera sulla copertura o alla presenza di neve) possano risultare trascurabili.

7.3.4 - Analisi della CAMERA 1

Nel presente paragrafo sono sintetizzati i risultati delle analisi svolte con particolare riferimento alle pareti e al tetto della CAMERA 1 come individuata ai paragrafi precedenti; i risultati sono stati proposti in forma sintetica all'interno di una tabella:

Tabella 17 - Figura 16

COMBIN. SISTEMI	Pos. PARETE	PESO Tons	MOVIM.	Rd/Ed	NOTE ED IPOTESI DI STABILIZZAZIONE / DISCUSSIONE
K1.1/K1.2/K2.1	Cuneo nord est	223.70	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	167.74	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	352.29	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	3066.88	Sciv. su K2.1	0.121	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K2.2	Cuneo nord est	206.49	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	195.43	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	348.08	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2279.25	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K3	Cuneo nord est	328.32	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	69.82	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	357.87	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1720.39	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K4	Cuneo nord est	193.65	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	14.74	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	824.08	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2685.40	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K5	TETTO	1136.87	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K2.2	Cuneo ovest	3.42	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.124	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord - nord est	487.99	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	292.86	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	987.35	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	822.48	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K3	Cuneo ovest	35.11	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.124	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	295.44	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	413.84	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	348.65	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	1.85	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	13728.51	Sciv. su K1.1	0.064	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K4	Cuneo nord	74.00	Sciv. su	0.124	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre

	est		K1.1 e K2.1		d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord	4.74	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud	112.37	Sciv. su K2.1 e K4	0.216	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	877.48	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	10.49	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	23885.12	Sciv. su K2.1	0.121	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K5	Cuneo ovest	0.14	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.124	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord est	468.30	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	2189.03	Sciv. su K2.1	0.121	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	86.85	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K3	Cuneo nord - nord est	7294.47	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	79356.88	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K4	Cuneo nord	6.31	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest	81.77	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	283.40	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - sud est	14.61	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	360.39	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	604.73	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	7261.99	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K5	Cuneo nord est	1441.83	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	67.12	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K3/K4	Cuneo nord	5.74	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest	386.19	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	366.31	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	380.94	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	653.02	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	359.42	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K3/K5	Cuneo nord ovest	1684.95	Sciv. su K3	0.245	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	1502.21	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2259.56	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K4/K5	Cuneo ovest	2185.00	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	425.75	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	1275.90	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da

					dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	1691.68	Sciv. su K5	0.982	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2038.57	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K2.2	Cuneo sud ovest	991.07	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	309.84	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	3.37	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord - nord est	480.48	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	843.90	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K3	Cuneo ovest - sud ovest	548.63	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	1.91	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est - sud est	160.33	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	206.55	Sciv. su K2.1 e K3	0.576	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	34.48	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	295.95	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	8707.67	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K4	Cuneo ovest	7518.90	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	158826.57	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K5	Cuneo sud ovest	2072.75	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.303	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	0.14	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	87.28	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K3	Cuneo est	109.82	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	222.94	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	1671.17	Sciv. su K2.2	0.172	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	275.83	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	15917.69	Sciv. su K2.2	0.172	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K4	Cuneo est	194.28	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	609.61	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	514.56	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	65.52	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	10254.11	Sciv. su K1.2	0.080	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K5	Cuneo sud	475.82	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	1565.54	Sciv. su K2.2	0.172	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	69.05	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K3/K4	Cuneo nord	294.62	Sciv. su	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre

	est		K1.2 e K3		d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	294.72	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	128.01	Sciv. su K1.2	0.80	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	1091.89	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	382.88	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K3/K5	Cuneo est	4066.02	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	0.03	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	2632.59	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K4/K5	Cuneo sud est	1125.50	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	933.78	Sciv. su K5	0.982	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	2183.370	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2267.46	Sciv. su K1.2	0.080	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K3	Cuneo ovest	2.54	Sciv. su K2.1 e K3	0.576	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	1.94	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord ovest	893.01	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1300.61	Sciv. su K3	0.245	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K4	Cuneo ovest	2.97	Sciv. su K2.1 e K2.2	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord est	459.52	Sciv. su K2.1	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	713.03	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	955.93	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K5	TETTO	20.18	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K3/K4	Cuneo nord ovest	764.70	Sciv. su K2.1 e K3	0.576	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	1172.34	Sciv. su K2.1 e K4	0.216	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	24.50	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	292.36	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	935.68	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	302.28	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K3/K5	Cuneo nord ovest	2421.58	Sciv. su K2.1 e K3	0.576	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	2.01	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord - nord est	244.74	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	78.99	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K4/K5	Cuneo ovest - sud ovest	2227.50	Sciv. su K2.1 e K4	0.216	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da

					dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	0.13	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud est	2019.95	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	1889.47	Sciv. su K5	0.982	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	78.36	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K3/K4	Cuneo sud est	1099.88	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	799.65	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	731.17	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	951.14	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	314.43	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K3/K5	Cuneo nord - nord est	1670.18	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord	1288.76	Sciv. su K3	0.245	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	64.77	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K4/K5	Cuneo sud	3347.89	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord - nord est	717.01	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	2195.59	Sciv. su K4	0.189	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	67.16	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K3/K4/K5					NESSUN CINEMATISMO CON FS <1

7.3.5 - Analisi della CAMERA 2

Nel presente paragrafo sono sintetizzati i risultati delle analisi svolte con particolare riferimento alle pareti e al tetto della CAMERA 2 come individuata ai paragrafi precedenti; i risultati sono stati proposti in forma sintetica all'interno di una tabella:

Tabella 18 - Figura 17

COMBIN. SISTEMI	Pos. PARETE	PESO Tons	MOVIM.	Rd/Ed	IPOTESI DI STABILIZZAZIONE / DISCUSSIONE
K1.1/K1.2/K2.1	Cuneo ovest	11.98	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - nord ovest	0.03	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	6.21	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest - sud ovest	44.57	Sciv. su K1.2	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	240.12	Sciv. su K1.2	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K2.2	Cuneo ovest - nord ovest	10.49	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	10.95	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso

					reale.
	Cuneo est	18.19	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	45.25	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	189.10	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K3	Cuneo ovest	10.18	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - sud est	5.85	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	55.50	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	206.77	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K4	Cuneo ovest	16.81	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	81.04	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	339.91	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K5	Cuneo ovest	320.39	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	91.67	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K2.2	Cuneo ovest - sud ovest	25.24	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord	99.25	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	11.21	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	31.56	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	57.28	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K3	Cuneo ovest - sud ovest	33.11	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	31.73	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - nord ovest	0.03	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud est	32.75	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2208.33	Sciv. su K1.1	0.064	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K4	Cuneo ovest	31.91	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - nord ovest	6.64	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	1.07	Sciv. su K2.1 e K4	0.212	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest - sud ovest	104.89	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	3434.88	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K5	Cuneo ovest	106.75	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - nord ovest	0.03	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.

	Cuneo sud est	42.37	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2.00	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.1/K2.2/K3	Cuneo est	652.47	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	13970.86	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K4	Cuneo ovest - nord ovest	47.84	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	48.69	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	11.58	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	5.76	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud est	64.46	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1248.22	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K5	Cuneo nord	327.95	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	15.96	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	4.33	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.1/K3/K4	Cuneo ovest - nord ovest	80.50	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	32.21	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	10.59	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	68.93	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	93.65	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	94.93	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K3/K5	Cuneo ovest - nord ovest	168.36	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	11.96	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	290.00	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	363.46	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K4/K5	Cuneo ovest - sud ovest	153.95	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - sud est	49.25	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	182.59	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	324.75	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K2.2	Cuneo ovest - sud ovest	0.03	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est - sud est	22.15	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	24.54	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord	99.48	Sciv. su	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre

			K2.2		d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	55.05	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K3	Cuneo sud ovest	26.38	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	7.29	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest	21.43	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	63.45	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - nord est	37.63	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1308.92	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K4	Cuneo sud ovest	793.37	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	25636037	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K5	Cuneo sud ovest	67.93	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	6.59	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	2.01	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.2/K2.2/K3	Cuneo est	4.81	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest - sud est	465.60	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - nord ovest	0.63	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord est	231.58	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	48.75	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2606.51	Sciv. su K2.2	0.172	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K4	Cuneo est	4.93	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest - sud ovest	0.03	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est - sud est	34.49	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	46.73	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	20.34	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2222.370	Sciv. su K1.2	0.080	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K5	Cuneo est - sud est	9.73	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord est	382.59	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	4.45	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.2/K3/K4	Cuneo est	56.05	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	43.89	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - sud est	6.64	Sciv. su K1.2	0.80	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.

	Cuneo ovest - nord ovest	74.20	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	22.54	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	101.13	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K3/K5	Cuneo est	587.87	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - sud est	2.86	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest - nord ovest	137.72	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	551.91	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K4/K5	Cuneo sud est	189.51	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	92.81	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	36.76	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	469.64	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K3	Cuneo ovest	16.38	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	166.50	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	65.22	Sciv. su K3	0.0245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K4	Cuneo ovest	19.88	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	5.87	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud est	92.48	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	53.58	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K5	TETTO	0.75	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.1/K3/K4	Cuneo ovest	86.43	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest - sud ovest	88.98	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	23.03	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	105.91	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	79.32	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K3/K5	Cuneo ovest	361.70	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	44.05	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	2.00	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.1/K4/K5	Cuneo ovest - sud ovest	5.97	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est - sud est	104.07	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	176.19	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1.99	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.2/K3/K4	Cuneo sud est	123.37	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	7.27	Sciv. su	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio

			K2.2		meccanico.
	Cuneo ovest	91.20	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	83.05	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K3/K5	Cuneo est	275.14	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	174.62	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	4.54	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.2/K4/K5	Cuneo sud est	401.32	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	7.82	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	4.71	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K3/K4/K5	Cuneo ovest - nord est	12127.94	Sciv. su K3	0.245	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.

7.3.6 - Analisi della CAMERA 3

Nel presente paragrafo sono sintetizzati i risultati delle analisi svolte con particolare riferimento alle pareti e al tetto della CAMERA 3 come individuata ai paragrafi precedenti; i risultati sono stati proposti in forma sintetica all'interno di una tabella:

Tabella 19 - Figura 18

COMBIN. SISTEMI	Pos. PARETE	PESO Tons	MOVIM.	Rd/Ed	IPOTESI DI STABILIZZAZIONE / DISCUSSIONE
K1.1/K1.2/K2.1	Cuneo sud est	7.45	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest	31.47	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	987.61	Sciv. su K2.1	0.121	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K2.2	Cuneo sud	30.84	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	51.64	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	777.75	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K3	Cuneo sud	34.54	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	59.93	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	838.78	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K4	Cuneo sud	3.09	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo sud ovest	46.87	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1339.35	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K1.2/K5	Cuneo sud	50.61	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	377.03	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K2.2	Cuneo ovest	37.65	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	40.73	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.

	TETTO	250.48	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K3	Cuneo ovest	23.93	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	36.27	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	11.86	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	955.84	Sciv. su K1.1	0.064	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K4	Cuneo sud ovest	3.59	Sciv. su K2.1 e K4	0.212	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo ovest	46.77	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sudt	5.63	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	3379.37	Sciv. su K2.1	0.121	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.1/K5	Cuneo ovest	152.65	Sciv. su K1.1 e K2.1	0.126	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	9.42	Sciv. su K1.1	0.064	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.1/K2.2/K3	Cuneo est	567.04	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	5438.60	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K4	Cuneo nord ovest	41.54	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	34.66	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	23.06	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	66.23	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	18.85	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1149.53	CADUTA	0.000	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K2.2/K5	Cuneo nord est	176.37	Sciv. su K1.1 e K2.2	0.334	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	17.05	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K3/K4	Cuneo nord ovest	44.54	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	27.07	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	80.59	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	24.07	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	23.63	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.1/K3/K5	Cuneo nord ovest	9.65	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	198.31	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	404.74	Sciv. su K1.1 e K3	0.372	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.

K1.1/K4/K5	Cuneo ovest	145.54	Sciv. su K1.1 e K4	0.546	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	42.25	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	182.95	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	306.25	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K2.2	Cuneo sud	37.49	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	37.77	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	38.20	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	228.92	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K3	Cuneo sud ovest	20.32	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	11.82	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	34.88	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	35.65	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud - sud ovest	28.32	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	520.47	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K4	Cuneo sud ovest	324.52	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	25445.72	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.1/K5	Cuneo sud ovest	82.78	Sciv. su K1.2 e K2.1	0.289	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	50.16	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	84.77	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	9.44	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K1.2/K2.2/K3	Cuneo sud	30.19	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	9.77	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo est	195.49	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	980.81	Sciv. su K2.2	0.172	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K4	Cuneo est	30.33	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	66.71	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est - nord est	33.71	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	15.42	Sciv. su K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	1889.91	Sciv. su K1.2	0.080	Volumetrie non compatibili con il sito in esame, in caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio

					da dimensionare su caso reale.
K1.2/K2.2/K5	Cuneo sud	91.78	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	19.01	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	152.67	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	17.16	Sciv. su K1.2 e K2.2	0.202	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K3/K4	Cuneo est	61.40	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	26.13	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	48.42	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord ovest	35.71	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	17.66	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	25.17	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K3/K5	Cuneo nord	551.69	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord ovest	7.76	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	597.93	Sciv. su K1.2 e K3	0.686	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K1.2/K4/K5	Cuneo sud ovest	107.97	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	70.78	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	50.79	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo ovest	26.86	Sciv. su K1.2 e K4	0.351	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	435.67	Sciv. su K1.2	0.080	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K3	Cuneo ovest	31.18	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	4.85	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord est	154.81	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	223.41	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K4	Cuneo sud ovest	26.59	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	13.44	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud	34.24	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	183.54	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K2.2/K5	TETTO	3.56	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.1/K3/K4	Cuneo nord ovest	56.00	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	29.36	Sciv. su K2.1	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord	41.58	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio

	est				meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	31.91	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	19.74	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.1/K3/K5	Cuneo sud ovest	345.56	Sciv. su K2.1 e K3	0.603	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	5.03	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	Cuneo nord - sud ovest	147.26	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	9.47	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.1/K4/K5	Cuneo ovest	62.64	Sciv. su K2.1 e K5	0.121	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud est	52.08	Sciv. su K4	0.189	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	44.07	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	9.43	CADUTA	0.000	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
K2.2/K3/K4	Cuneo nord est	40.14	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo sud ovest	44.55	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	48.07	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord ovest	48.47	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	TETTO	20.67	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K3/K5	Cuneo est	23.96	Sciv. su K2.2 e K3	0.254	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord ovest	9.82	Sciv. su K3	0.245	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	15.92	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K2.2/K4/K5	Cuneo sud est	327.72	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo nord est	21.83	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
	Cuneo est	1.74	Sciv. su K2.2	0.172	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico.
	TETTO	16.52	Sciv. su K2.2 e K4	0.623	In caso di rinvenimento possibile intervento di disgaggio meccanico o con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.
K3/K4/K5	Cuneo sud ovest	116.83	Sciv. su K5	0.982	In caso di rinvenimento possibile intervento con barre d'acciaio da dimensionare su caso reale.

7.3.7 Conclusioni generali all'analisi condotta sulle camere

Va innanzitutto premesso che le analisi svolte hanno un carattere previsionale**,** mirato all'individuazione dei potenziali cinematismi legati alla formazione di blocchi isolati dall'ammasso roccioso per effetto della fratturazione dello stesso.

La cava Romana M11 è stata in attività per diversi decenni, durante la coltivazione si è proceduto ad effettuare regolarmente gli interventi di consolidamento o disgaggio necessari alla

prosecuzione in sicurezza della coltivazione. Questi hanno interessato sia i tetti che le pareti dello scavo; ove possibile si è preferito disgaggiare eliminando direttamente il problema.

In particolare, i tetti sono stati man mano che si procedeva ampliando le superfici delle camere, oggetto di controllo intervenendo in caso di emersione di problematiche o con il disgaggio o con il consolidamento.

Le zone più problematiche nello sviluppo delle coltivazioni, sono risultate quelle in adiacenza e lungo le faglie principali indicate nella carta della fratturazione, con particolare riferimento alla F1 allineata sul limite orientale con andamento NW-SE; e la struttura F11, la quale di fatto delimita il limite SE del cantiere galleria superiore.

Le aree caratterizzata da fratturazione più intensa (aree cataclastiche) sono state rinforzate con pannelli di rete elettrosaldata ed accoppiata rete a maglia fine, bloccate a soffitto con tondini in acciaio in modo da consentire man mano la pulizia quando si aveva accumulo di materiale.

Nell'estate 2019, a seguito degli interventi di ripristino ambientale e paesaggistico che la società ha messo in atto, prima dell'inizio degli stessi è stata fatta una verifica e ricognozione da parte della VERTICAL SERVICES sia dei vecchi interventi presenti sui tetti e sui fronti di scavo, che sulle aree non coperte da questi. Dalla verifica e analisi non sono emerse problematiche di volumetrie a tetto o sui lati degli scavi che necessitassero interventi di consolidamento o disgaggio.

Altre faglie "minori" sebbene non determinimo limitazioni quali quelle due sopra, determinano localmente aree su cui si è intervenuti a tetto con le modalità di cui sopra.

La soletta che si è venuta a creare tra la Camera 2 e la Camera 3 è stata oggetto di studio con un lavoro del 2016 dell'Ing. G. Del Nero che si allega alla documentazione progettuale.

Considerato che il progetto non prevede ulteriori ampliamenti superficiali e quindi la creazione di nuovo "tetto", si raccomanda di esaminare costantemente, nel corso degli avanzamenti e degli ulteriori sbassi previsti dal progetto, le pareti laterali per verificare se le tracce delle discontinuità si intersechino secondo le combinazioni indicate nelle tabelle precedenti. Qualora si rilevino intersezioni di discontinuità che possano dare blocchi potenzialmente instabili sarà necessario interrompere immediatamente le attività di scavo e procedere al rilievo di dettaglio delle fratture. A questo punto si introdurranno nel codice di calcolo le discontinuità, con le lunghezze effettive delle tracce rilevate, in modo da visualizzare il blocco reale e conseguentemente dimensionare un intervento di rinforzo (attivo o passivo) opportuno.

In ultimo si vuole ricordare di limitare "sovratagli" durante le operazioni di avanzamento dei fronti per due buone ragioni: vanno a diminuire le superfici resistenti globali (si pensi genericamente ad un pilastro) ed inoltre determinano localmente delle ulteriori superfici di discontinuità che combinandosi con i sistemi di frattura determinano scaglie di parete e porzioni potenzialmente instabili.

Carrara, 11.11.2019

Il Legale Rappresentante
Giorgio TURBA

TURBA CAVA ROMANA SRL
Via Fosse del Frigido, 9 - 54100 MASSA (MS)
tel. 0585.250302 - fax 0585.791125
P.Iva e C.F. 00660200452

IL GEOLOGO
Dott. Brunello FORFORI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. BRUNELLO FORFORI N° 1033

Sistema	K1.1	K1.2	K2.1	K2.2	K3	K4	K5
Ranges Immersione	114 - 166	290 - 352	45 - 105	229 - 270	170 - 221	4 - 36	250 - 271
Ranges Inclinazione	60 - 90	60 - 90	44 - 90	42 - 90	39 - 78	55 - 81	9 - 25
Piano Rappresentativo	143 - 82	330 - 80	82 - 75	253 - 69	201 - 61	16 - 67	257 - 17

Tabella 1. Range e piano rappresentativo dei sistemi rilevati nel cantiere sotterraneo della cava Rava-Romana.-

SISTEMA		K1.1	K1.2	K2.1	K2.2	K3	K4	K5
PERSISTENZA	non pers	12.5%	15.7%	18.6%	41.7%	20.0%	---	50.0%
	subpers.	62.5%	43.7%	40.7%	19.4%	70.0%	28.6%	25.0%
	pers.	25.0%	40.6%	40.7%	38.9%	10.0%	71.4%	25.0%
PERSISTENZA (m)	min.	0.6	0.5	0.5	0.8	1.0	1.5	1.2
	max.	>50.0	>50.0	>50.0	>50.0	>50.0	>50.0	5.0
	med.	14.0	10.0	17.9	17.2	9.26	18.7	2.5
CLASSI DI PERSISTENZA (m)	0-1	13.3	3.1%	7.4%	8.3%	10.0%	----	---
	1-3	20.2%	15.6%	14.8%	27.8%	30.0%	14.3%	50.0%
	3-10	26.6%	40.6%	29.6%	16.7%	40.0%	28.6%	50.0%
	10-20	26.6%	18.8%	7.4%	13.9%	10.0%	42.8%	---
	>20	13.3%	21.9%	40.8%	33.3%	10.0%	14.3%	---
SPAZIATURA (m)	min.	19.5	14.7	21	8	36	200	50
	max.	726	470	1865	480	748	>600	>600
	med.	183	85	175	168	310	500	500
CLASSI DI SPAZIATURA (cm)	0-2	----	----	----	----	----	----	----
	2-6	----	----	----	----	----	----	----
	6-20	8.4%	19.0%	----	4.8%	---	----	---
	20-60	25.0%	38.0%	31.2%	19.2%	16.7%	----	10.0%
	60-200	33.3%	28.6%	31.2%	43.2%	50.0%	---	---
	200-600	25.0%	14.4%	31.2%	33.6%	---	50.0%	40.0%
	>600	8.3%	----	6.4%	---	33.3%	50.0%	50.0%
FORMA (scabrezza a g.s.)	II	6.2%	3.1%	37.0%	22.2%	30.0%	----	50.0%
	V	56.3%	31.3%	44.48%	44.4%	50.0%	28.6%	25.0%
	VIII	37.5%	65.6%	18.5%	33.4%	20.0%	71.4%	25.0%
ALTERAZIONE	Assente	23.1%	21.9%	37.0%	38.9%	30.0%	28.6%	50.0%
	Ox/Spalm.	76.9%	71.8%	48.2%	41.7%	60.0%	---	50.0%
	Carsif.	---	6.3%	11.1%	19.4%	10.0%	71.4%	----
	Carsif./Ox	---	----	3.7%	----	----	----	----
	Carsif./Ox/Tett	----	---	----	----	---	----	---
APERTURA (mm)	min.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	max.	5.0	>100	20	30.0	10	20.0	5.0
	med.	2.0	4.6	5.4	4.0	2.0	3.5	1.2
CLASSI DI APERTURA (mm)	0-0.5	50.0%	31.3%	22.2%	22.2%	50.0%	14.3%	75.0%
	0.5-2.5	6.3%	31.3%	22.2%	22.2%	30.0%	14.3%	---
	2.5-10	43.7%	24.4%	48.1%	25.0%	20.0%	57.2%	25.0%
	10-100	---	4.7%	7.4%	30.6%	---	14.3%	---
	>100	----	4.7%	---	----	---	----	---
RIEMPIMENTO	Assente	87.5%	84.5%	77.8%	77.6%	70.0%	100.0%	75.0%
	Terra	12.5%	3.1%	7.4%	2.8%	10.0%	----	----
	Sassi	---	3.1%	3.7%	5.6%	10.0%	----	25.0%
	Cocrezioni	----	---	3.7%	----	----	----	----
	Sassi/Terra	---	9.3%	7.4%	11.2%	10.0%	----	---
	Sas./Ter./Con.	----	---	----	2.8%	----	----	----
ACQUA	Assente	75.0%	90.6%	74.1%	91.7%	70.0%	100.0%	100.0%
	Umidità	25.5%	6.3%	25.9%	8.3%	30.0%	----	---
	Venute	---	3.1%	---	----	---	----	----

JRC (Joint Roughness Coefficient)	4 – 6	100.0%	87.5%	74.1%	83.2%	90.0%	71.4%	100.0%
	6 – 8	---	6.3%	14.8%	11.2%	10.0%	---	----
	8 – 10	---	3.1%	----	5.6%	---	14.3%	---
	10 – 12	---	3.1%	7.4%	----	---	14.3%	----
	12 - 14	----	----	3.7%	----	----	----	----

Tab. 2: Cantiere Sotterraneo - Parametri fisico-meccanici dei sistemi di discontinuità rilevati.

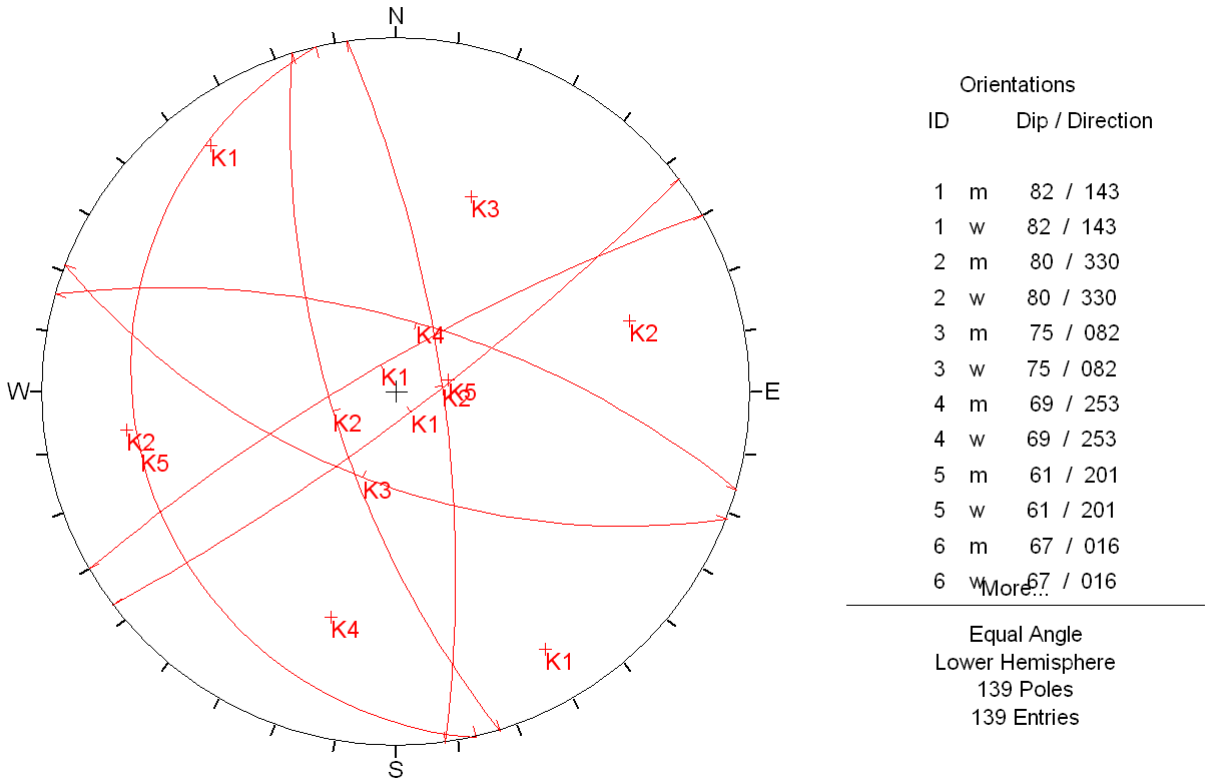

Figura 1: Definizione dei piani rappresentativi dei sistemi di discontinuità rilevati nel cantiere sotterraneo.-

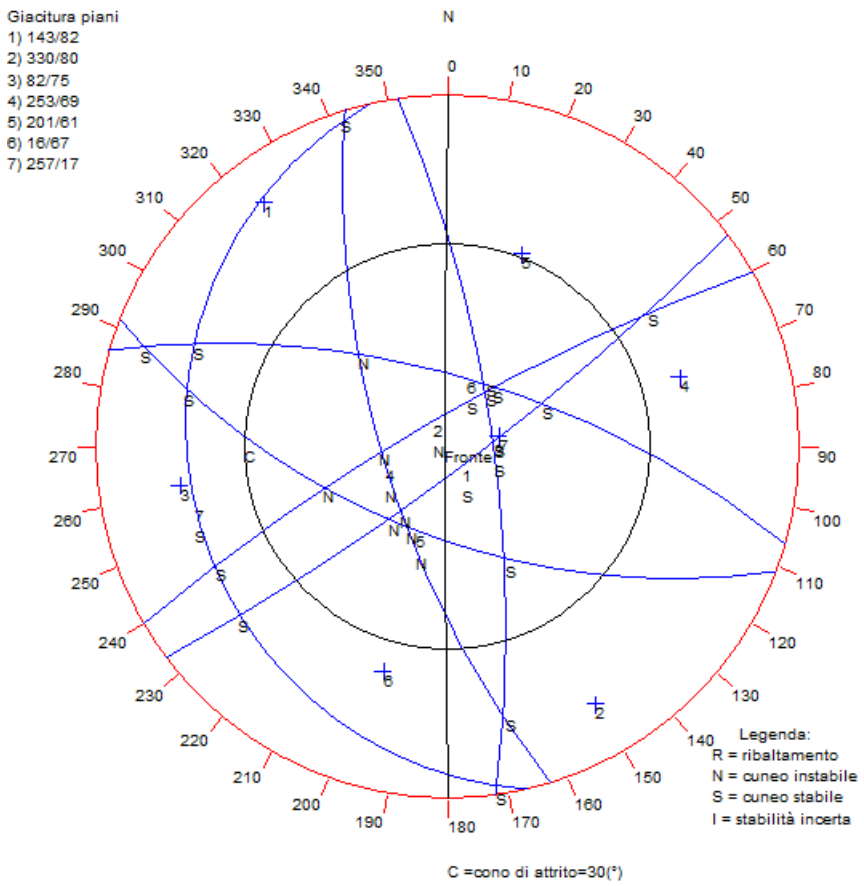

Figura 5: Sotterraneo - Diagramma di Markland riferito ai fronti coltivazione orientati come Fr1 – N00W verticale

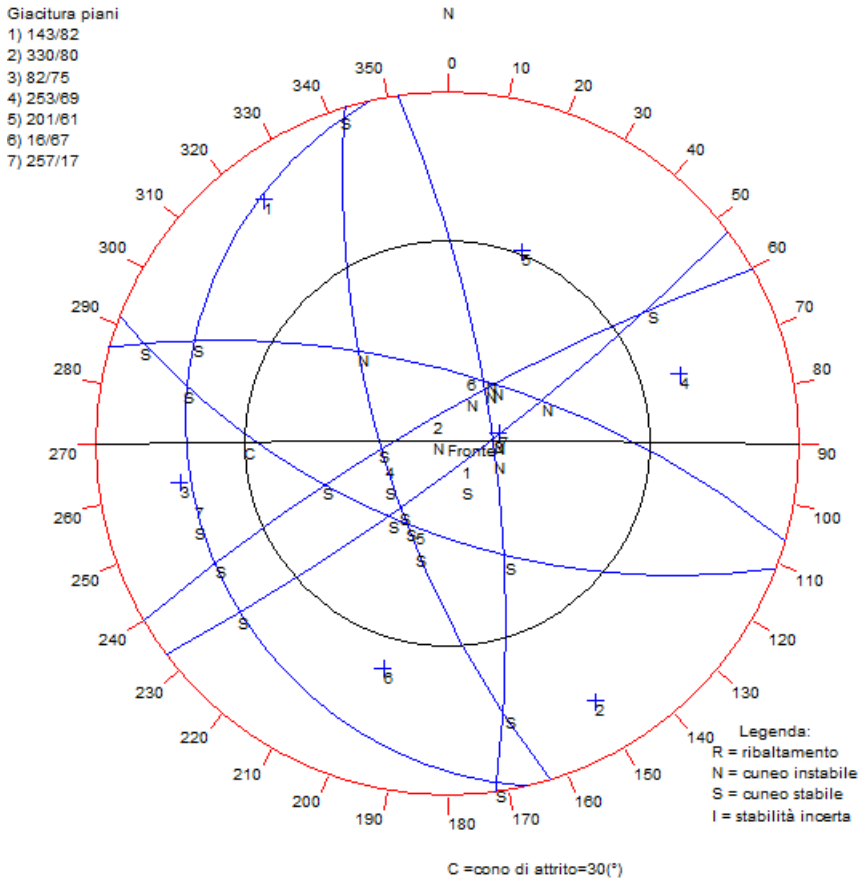

Figura 6: Sotterraneo - Diagramma di Markland riferito ai fronti coltivazione orientati come Fr2 – N90N verticale

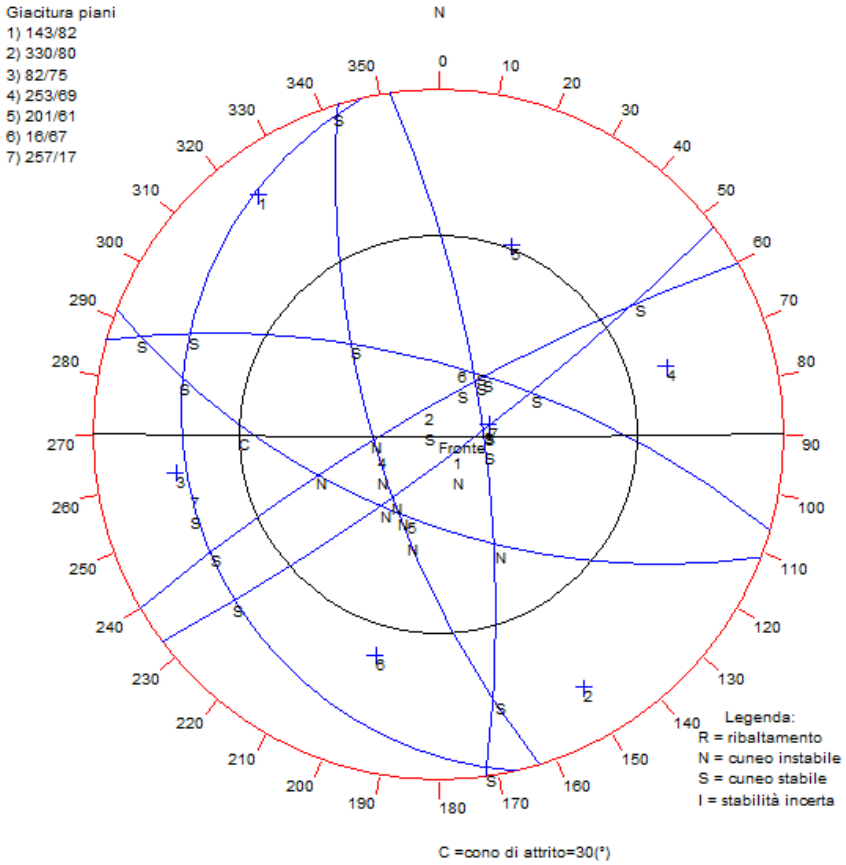

Figura 7: Sotterraneo - Diagramma di Markland riferito ai fronti coltivazione - orientati come Fr3 – N90S verticale

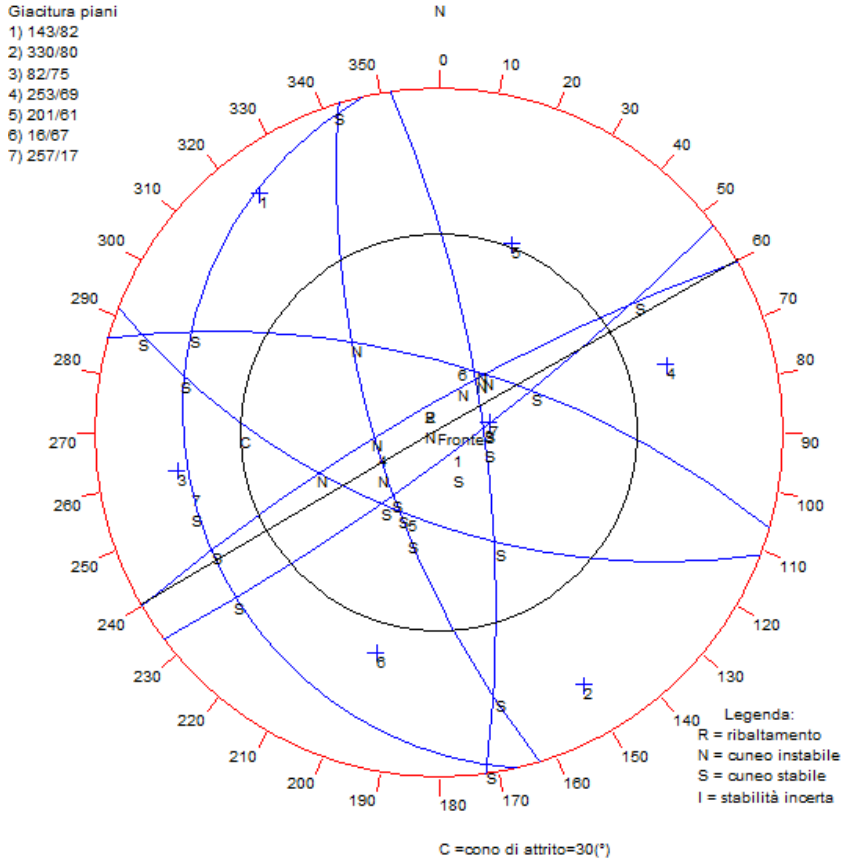

Figura 8: Sotterraneo - Diagramma di Markland riferito ai fronti coltivazione - orientati come Fr4 – N60NW verticale

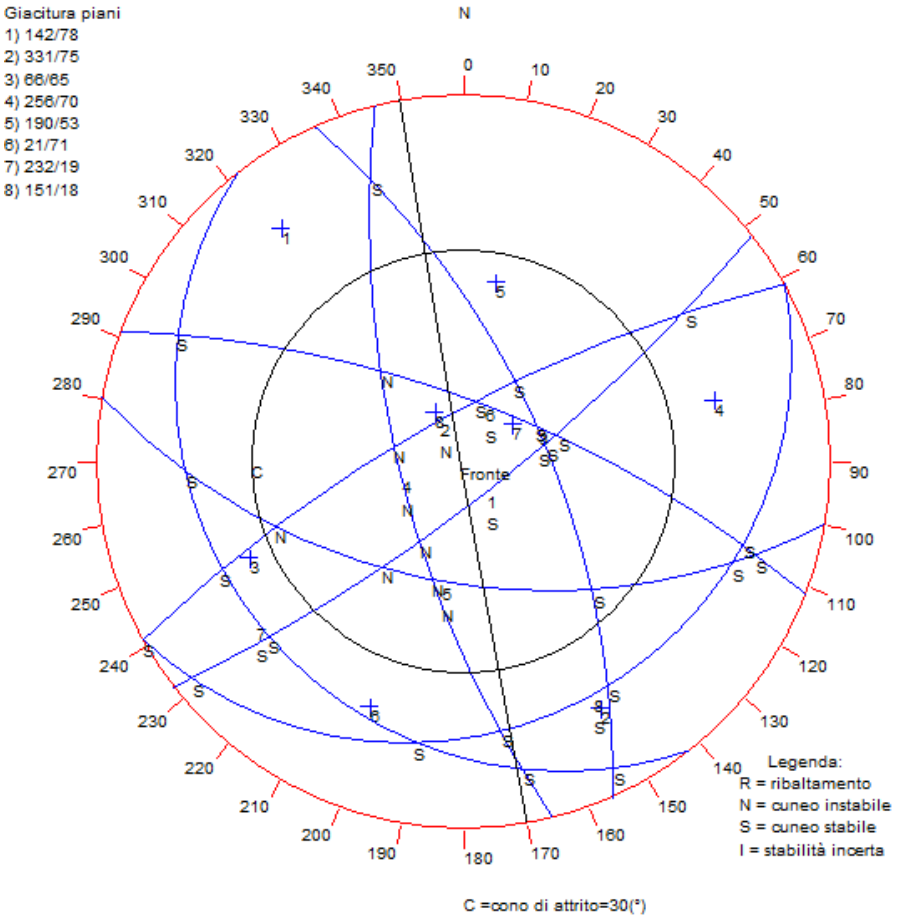

Figura 9: Sotterraneo - Diagramma di Markland riferito ai fronti orientati come Fr5 – N160SW verticale

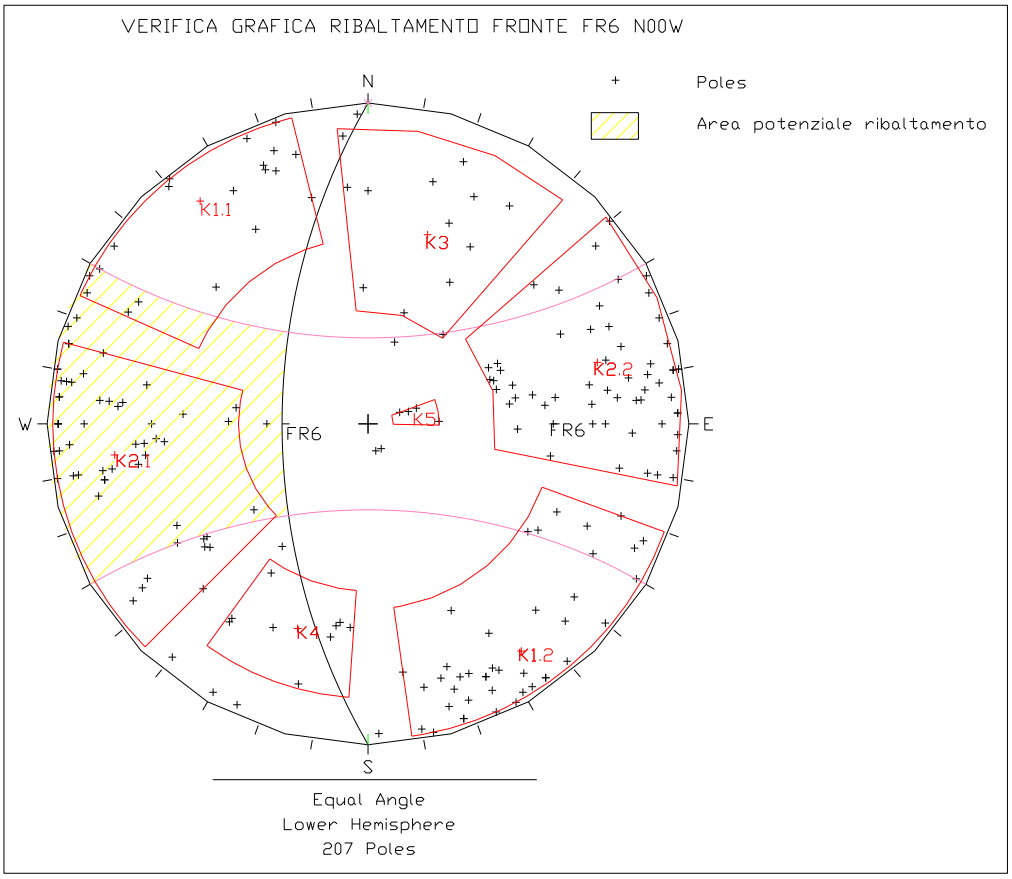

Figura 11: analisi ribaltamenti fronti coltivazione sotterraneo – FR1.-

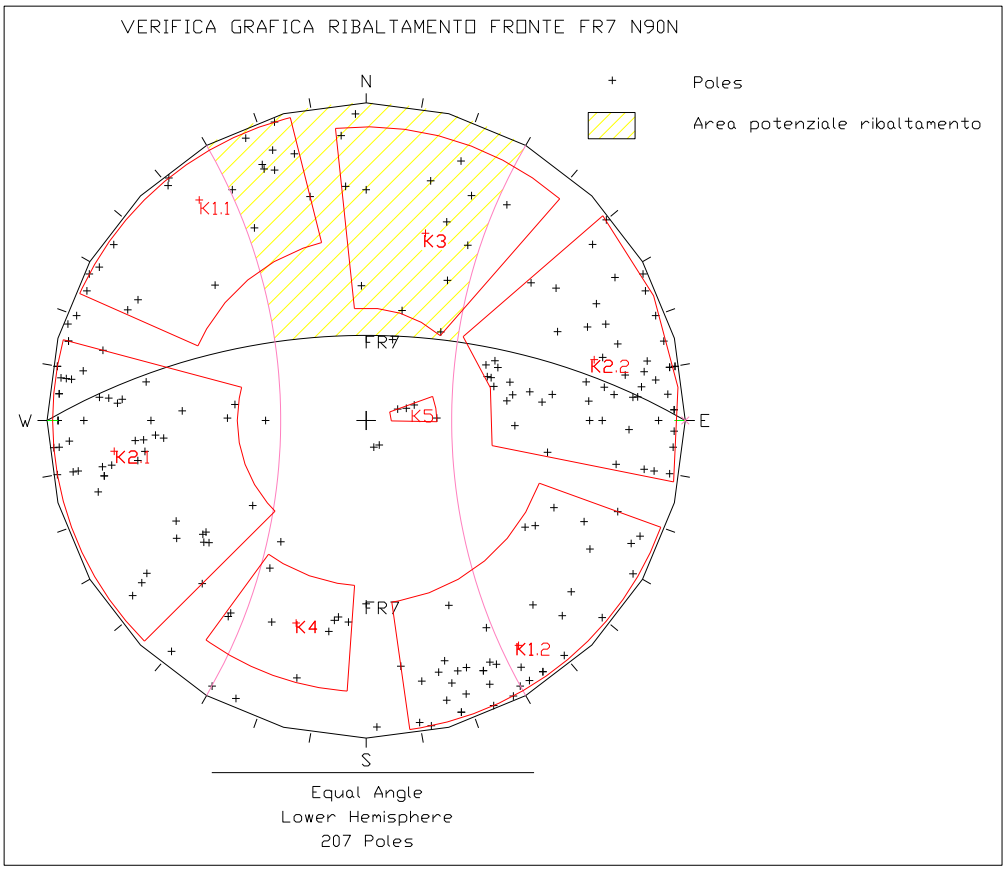

Figura 12: analisi ribaltamenti fronti coltivazione sotterraneo – FR2.-

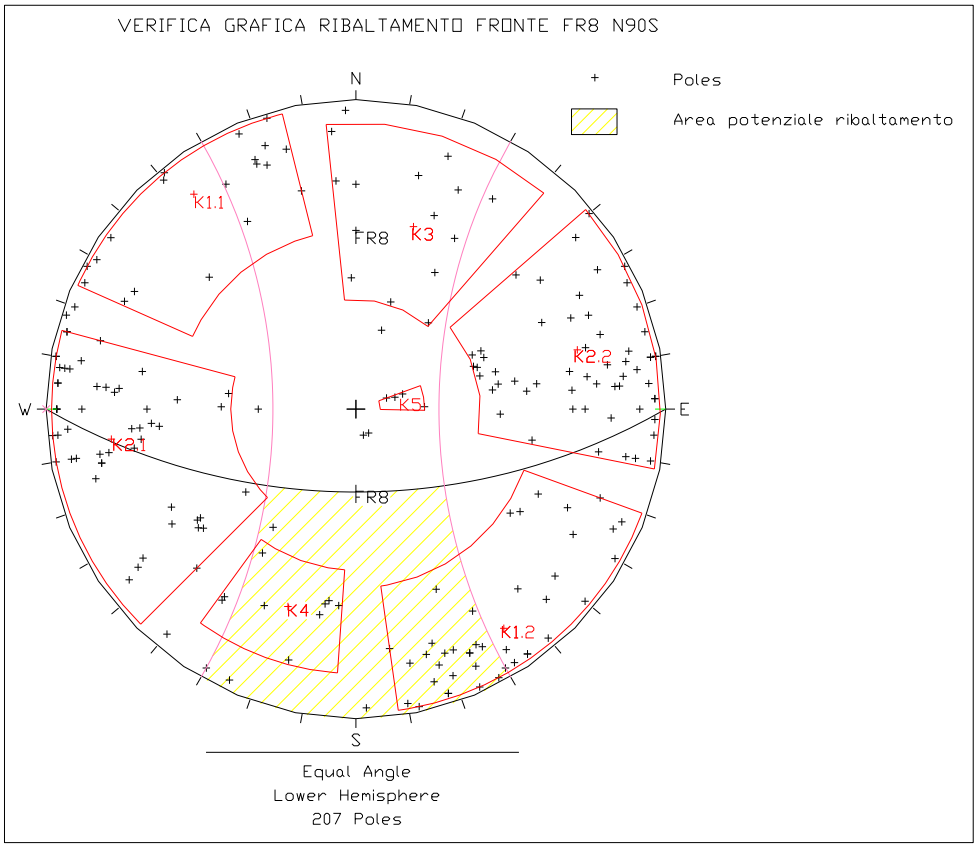

Figura 13: analisi ribaltamenti fronti coltivazione sotterraneo – FR3.-

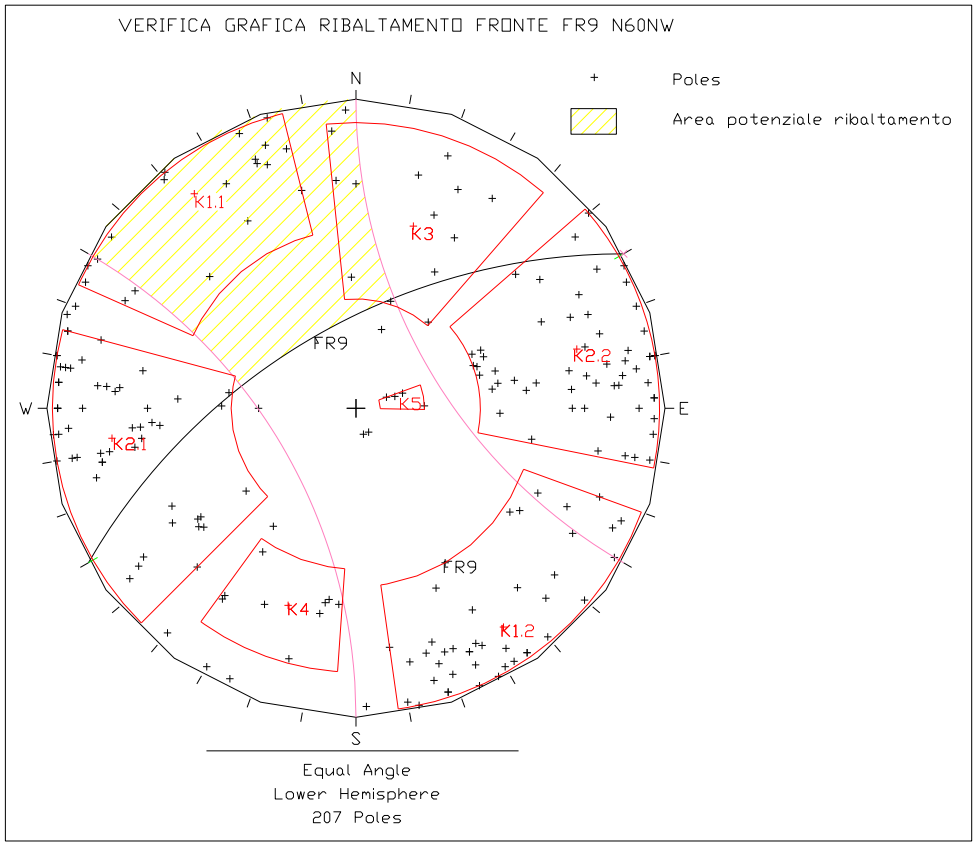

Figura 14: analisi ribaltamenti fronti coltivazione sotterraneo – FR4.-

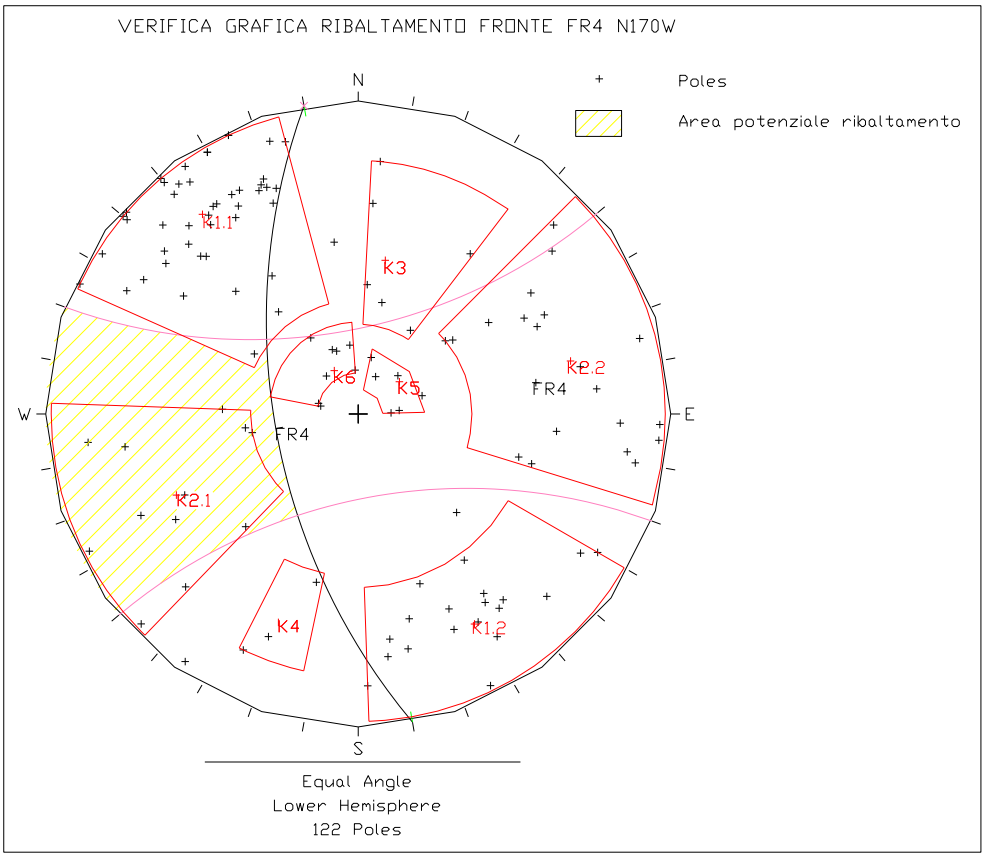

Figura 15: analisi ribaltamenti fronti coltivazione sotterraneo – FR5.-

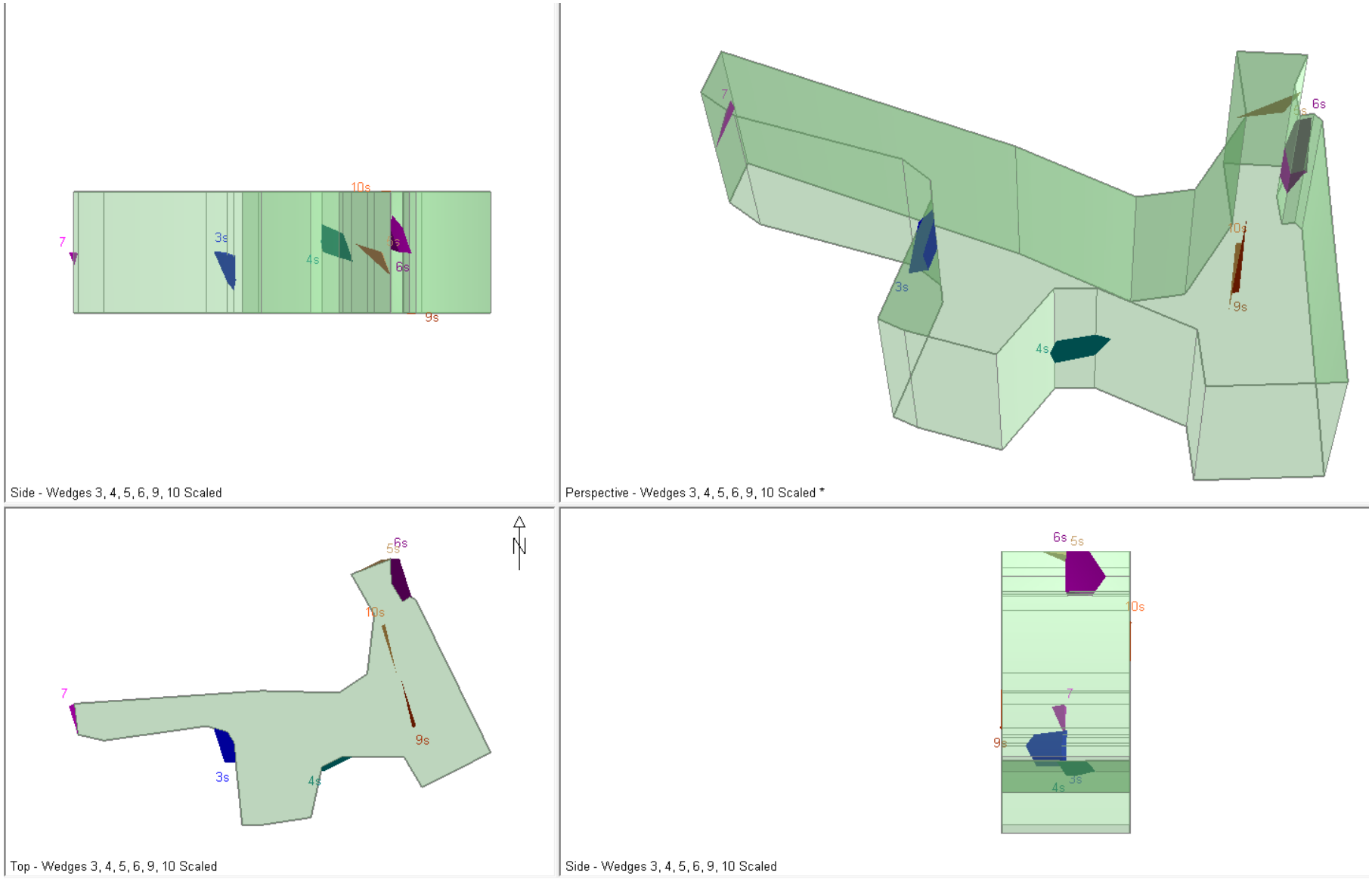

Figura 16 - Planimetria estrusa utilizzata dal programma Unwedge, camera 1.-

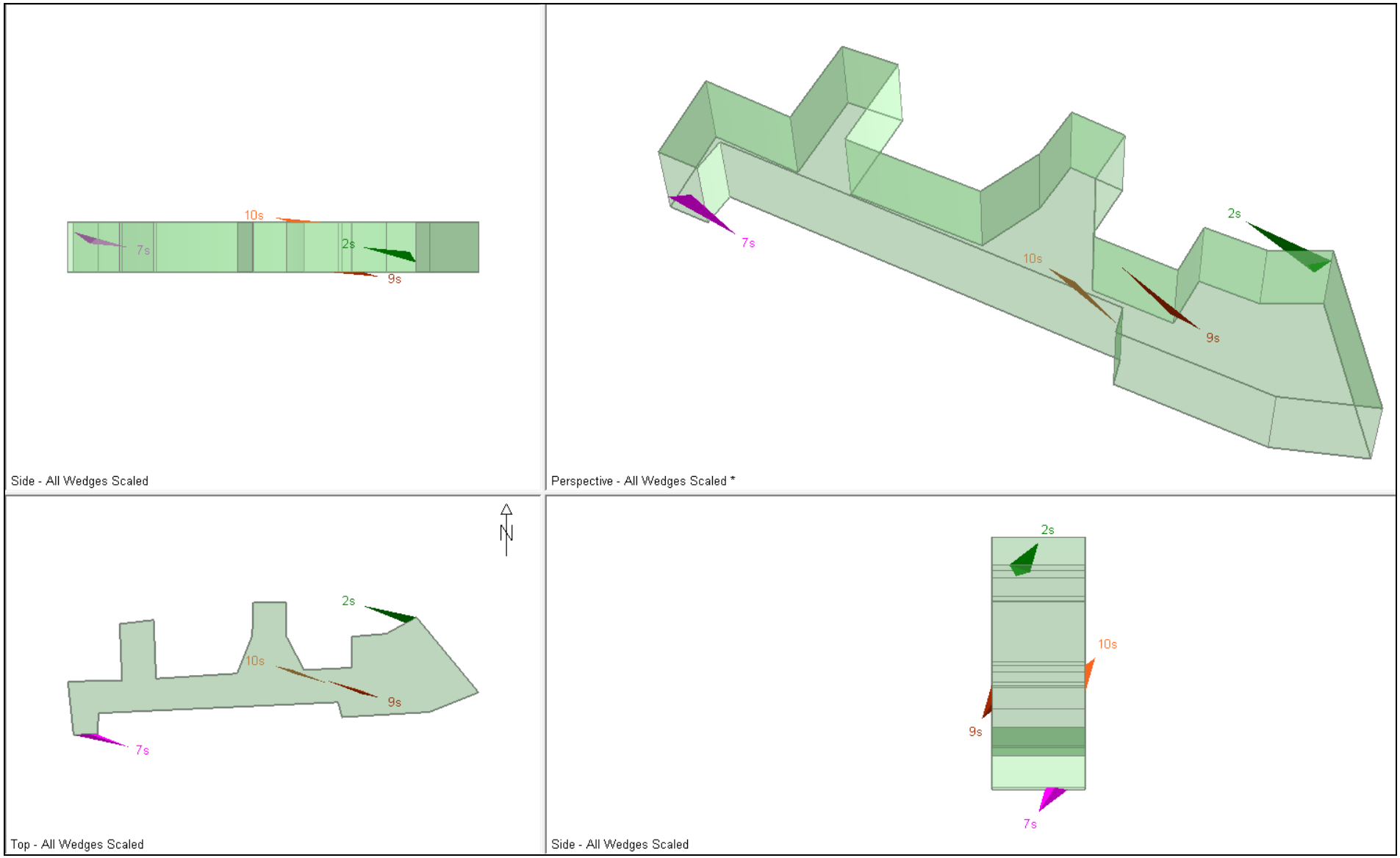

Figura 17 - Planimetria estrusa utilizzata dal programma Unwedge, camera 2.-

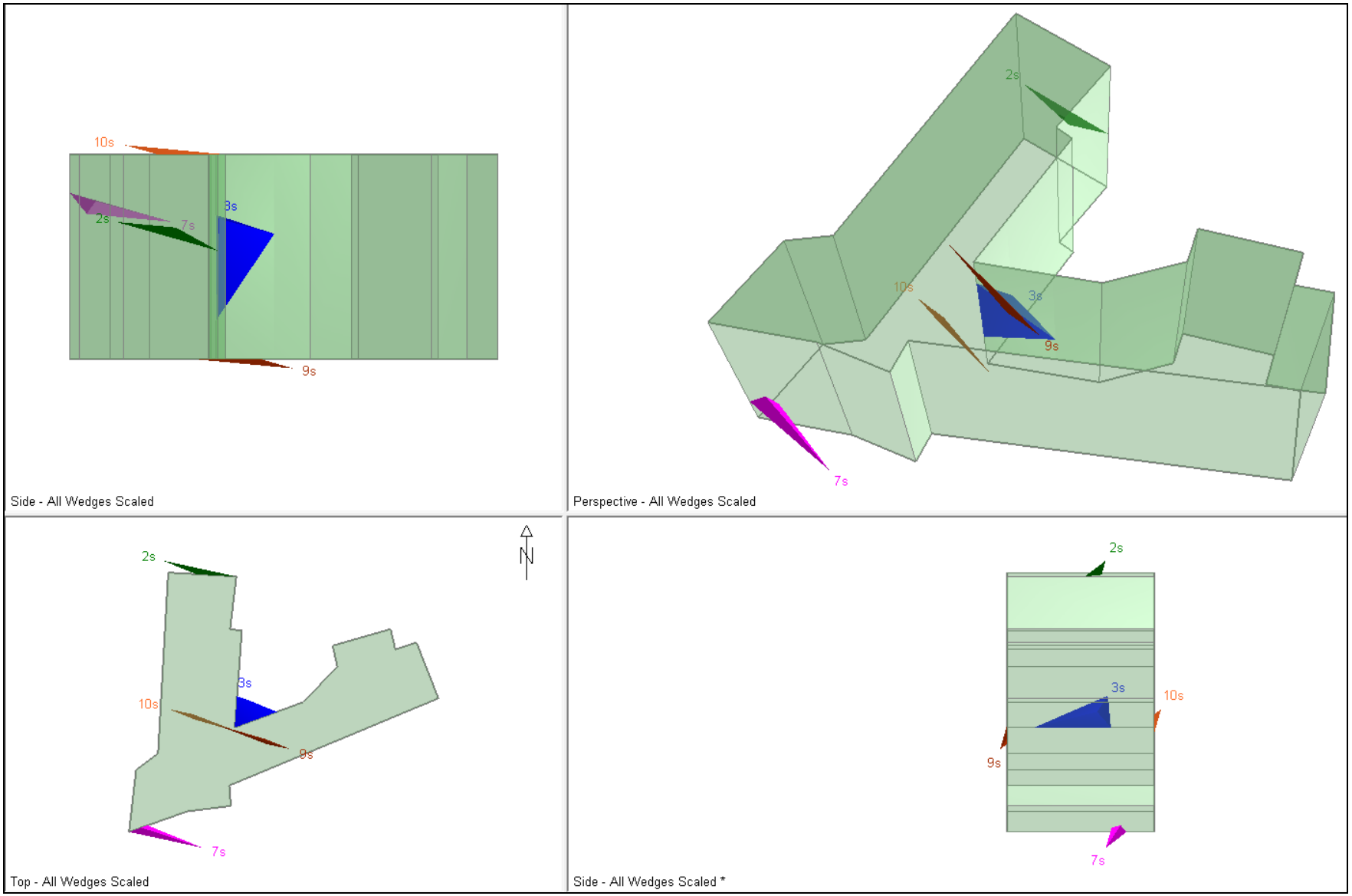

Figura 18 - Planimetria estrusa utilizzata dal programma Unwedge, camera 3.-