

Regione Emilia Romagna



Provincia di Piacenza



Comuni di Rivergaro e Vigolzone



***RINNOVO CONCESSIONE MINERARIA
PER L'ESTRAZIONE DI MARNA DA CEMENTO
DENOMINATA "ALBAROLA"***

PROGETTO DEFINITIVO UNITARIO

**Relazione Progettuale – Parte II
Geologia – Idrogeologia –
Sismicità – Verifiche di stabilità**

La Ditta

 **Buzzi Unicem S.p.A.**
Esercente
Cave e Miniere
Flavio Perucca

I tecnici



Casale Monferrato, Dicembre 2020

SOMMARIO

1	GEOLOGIA	4
1.1	Inquadramento geografico e geomorfologico	4
1.2	Lineamenti geologici	5
1.2.1	Generalità	5
1.2.2	Descrizione di dettaglio dei bacini minerari Albarola e Canova	8
	Formazione di Val Luretta (VLU)	8
	Sintema di Costamezzana (CMZ)	9
	Subsintema di Maiatico (AES2)	9
	Stratigrafia dei bacini minerari	9
1.3	IDROGEOLOGIA	10
1.4	INDAGINI GEOGNOSTICHE	16
1.4.1	Cantiere Albarola	16
1.4.2	Cantiere Canova	17
1.5	GEOCHIMICA	18
2	SISMICITÀ	21
2.1	Generalità	21
2.2	Individuazione della pericolosità del sito	22
2.3	Scelta della strategia di progettazione	23
2.4	Determinazione dell'azione di progetto	25
3	RILIEVO GEOSTRUTTURALE, PARAMETRI GEOMECCANICI DELL'AMMASSO ROCCIOSO E DEL MATERIALE DI COPERTURA	26
3.1	Generalità	26
3.2	Parametri geotecnici	27
3.2.1	Campagne di rilevamento	27
	Parametri geomeccanici delle discontinuità	27
	Parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso	27
	Parametri geomeccanici della formazione terrosa di copertura	30
3.2.2	Criteri di verifica	31
3.3	Dinamiche di rottura	33
3.3.1	Analisi per cunei di roccia	33
3.3.2	Scivolamento planare in roccia	34
3.3.3	Ribaltamento (toppling) di blocchi rocciosi	34
3.3.4	Franamenti in terreni coesivi	35
4	VERIFICHE DI STABILITÀ	36
4.1	Descrizione delle aree indagate	36
4.1.1	Cantiere Albarola	36
4.1.2	Cantiere Canova	39
4.2	Esito delle verifiche – Situazione attuale	39
4.2.1	Cantiere Albarola – Situazione attuale – Settore Nord e Nord-Ovest	39
	Settore Nord e Nord-Ovest – Verifica per cunei rocciosi	40
	Settore Nord e Nord-Ovest – Verifica allo scivolamento planare	41

Settore Nord e Nord-Ovest – Verifica al ribaltamento	41
4.2.2 Cantiere Albarola – Situazione Attuale – Settore Ovest e Sud-Ovest	42
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione Est – Verifica per cunei rocciosi.....	42
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione Est – Verifica allo scivolamento planare.....	44
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione Est – Verifica al ribaltamento.....	44
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione N25E – Verifica per cunei rocciosi ...	45
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione N25E – Verifica allo scivolamento planare.....	46
Settore Ovest e Sud-Ovest – Fronte con immersione N25E – Verifica al ribaltamento.....	46
4.2.3 Cantiere Albarola – Situazione attuale – Settore meridionale e Sud-Orientale	47
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione Nord – Verifica per cunei rocciosi.....	47
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione Nord – Verifica allo scivolamento planare.....	49
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione Nord – Verifica al ribaltamento	51
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione N320E – Verifica per cunei rocciosi.....	51
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione N320E – Verifica allo scivolamento planare.....	52
Settore Meridionale e Sud-Orientale – Fronte con immersione N320E – Verifica al ribaltamento	52
4.2.4 Cantiere Canova – Situazione Attuale – Settore Nord-Ovest 52	
Cantiere Canova – Settore in fase di coltivazione – Fronte con immersione N180E – Verifica per cunei rocciosi	53
Cantiere Canova – Settore in fase di coltivazione – Fronte con immersione N180E – Verifica allo scivolamento	54
Cantiere Canova – Settore in fase di coltivazione – Fronte con immersione N180E – Verifica al ribaltamento	55
4.3 Esito delle verifiche – Situazione finale.....	56
4.3.1 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Nord e Nord-Ovest 56	
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N165E – Verifica per cunei rocciosi	56
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N165E – Verifica allo scivolamento planare ..	57
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N165E – Verifica al ribaltamento	57
4.3.2 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Ovest e Sud-Ovest 58	
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N110E – Verifica per cunei rocciosi	58
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N110E – Verifica allo scivolamento planare ..	60
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N110E – Verifica al ribaltamento	60
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N60E – Verifica per cunei rocciosi	60
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N60E – Verifica allo scivolamento planare	62
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N60E – Verifica al ribaltamento	62
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N20E – Verifica per cunei rocciosi	62
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N60E – Verifica allo scivolamento planare	64

Cantiere Albarola – Fronte con immersione N60E – Verifica al ribaltamento	64
4.3.3 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Sud	64
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N25E – Verifica per cunei rocciosi	65
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N25E – Verifica allo scivolamento	66
Cantiere Albarola – Fronte con immersione N25E – Verifica al ribaltamento	66
4.3.4 Cantiere Canova – Situazione Finale	67
Cantiere Canova – Settore 1 – Verifica per cunei rocciosi	67
Cantiere Canova – Settore 1 – Verifica allo scivolamento	69
Cantiere Canova – Settore 1 – Verifica al ribaltamento	69
Cantiere Canova – Settore 2 – Verifica per cunei rocciosi	69
Cantiere Canova – Settore 2 – Verifica allo scivolamento	71
Cantiere Canova – Settore 2 – Verifica al ribaltamento	71
Cantiere Canova – Settore 3 – Verifica per cunei rocciosi	72
Cantiere Canova – Settore 3 – Verifica allo scivolamento	73
Cantiere Canova – Settore 3 – Verifica al ribaltamento	73
Cantiere Canova – Settore 4 – Verifica per cunei rocciosi	74
Cantiere Canova – Settore 4 – Verifica allo scivolamento	75
Cantiere Canova – Settore 4 – Verifica al ribaltamento	75
Cantiere Canova – Settore 5 – Verifica per cunei rocciosi	75
Cantiere Canova – Settore 5 – Verifica allo scivolamento	75
Cantiere Canova – Settore 5 – Verifica al ribaltamento	76
Cantiere Canova – Settore 6 – Verifica per cunei rocciosi	76
Cantiere Canova – Settore 6 – Verifica allo scivolamento	77
Cantiere Canova – Settore 6 – Verifica al ribaltamento	77
Cantiere Canova – Settore 7 – Verifica per cunei rocciosi	77
Cantiere Canova – Settore 7 – Verifica allo scivolamento	77
Cantiere Canova – Settore 7 – Verifica al ribaltamento	78
Cantiere Canova – Settore 8 – Verifica per cunei rocciosi	78
Cantiere Canova – Settore 8 – Verifica allo scivolamento	79
Cantiere Canova – Settore 8 – Verifica al ribaltamento	79
Cantiere Canova – Settore 9 – Verifica per cunei rocciosi	79
Cantiere Canova – Settore 9 – Verifica allo scivolamento	81
Cantiere Canova – Settore 9 – Verifica al ribaltamento	81
4.4 Verifiche di stabilità globale e della coltre terrosa.....	81
4.4.1 Verifica di stabilità globale e della coltre terrosa – Cantiere Albarola	82
Cantiere Albarola – Verifica di stabilità della coltre terrosa – Situazione attuale.....	82
Cantiere Albarola – Verifica di stabilità della coltre terrosa – Situazione finale	87
Cantiere Albarola – Verifica di stabilità globale	93
4.4.2 Verifica di stabilità globale – Cantiere Canova	98
4.5 Considerazioni finali sulle verifiche di stabilità	103

APPENDICI

- 1- Schede dei rilievi geostrutturali
- 2- Calcolo dei parametri JRS e ϕ
- 3- Planimetrie

1 GEOLOGIA

1.1 Inquadramento geografico e geomorfologico

I siti estrattivi “Albarola” e “Canova” – come ampiamente riportato nella Parte I del presente progetto di coltivazione – risultano ubicati nel comune di Vigolzone (PC), dove Buzzi Unicem è titolare di una concessione mineraria per lo sfruttamento delle risorse ivi escavabili. Come anticipato, l’area interessata dai siti pocanzi nominati risulta cartografata sulla tavoletta IV SE “Ponte dell’Olio” del foglio n.72 “Fiorenzuola d’Arda” della Carta d’Italia alla scala 1:25.000 dell’Istituto Geografico Militare, che viene qui di seguito nuovamente riportata.

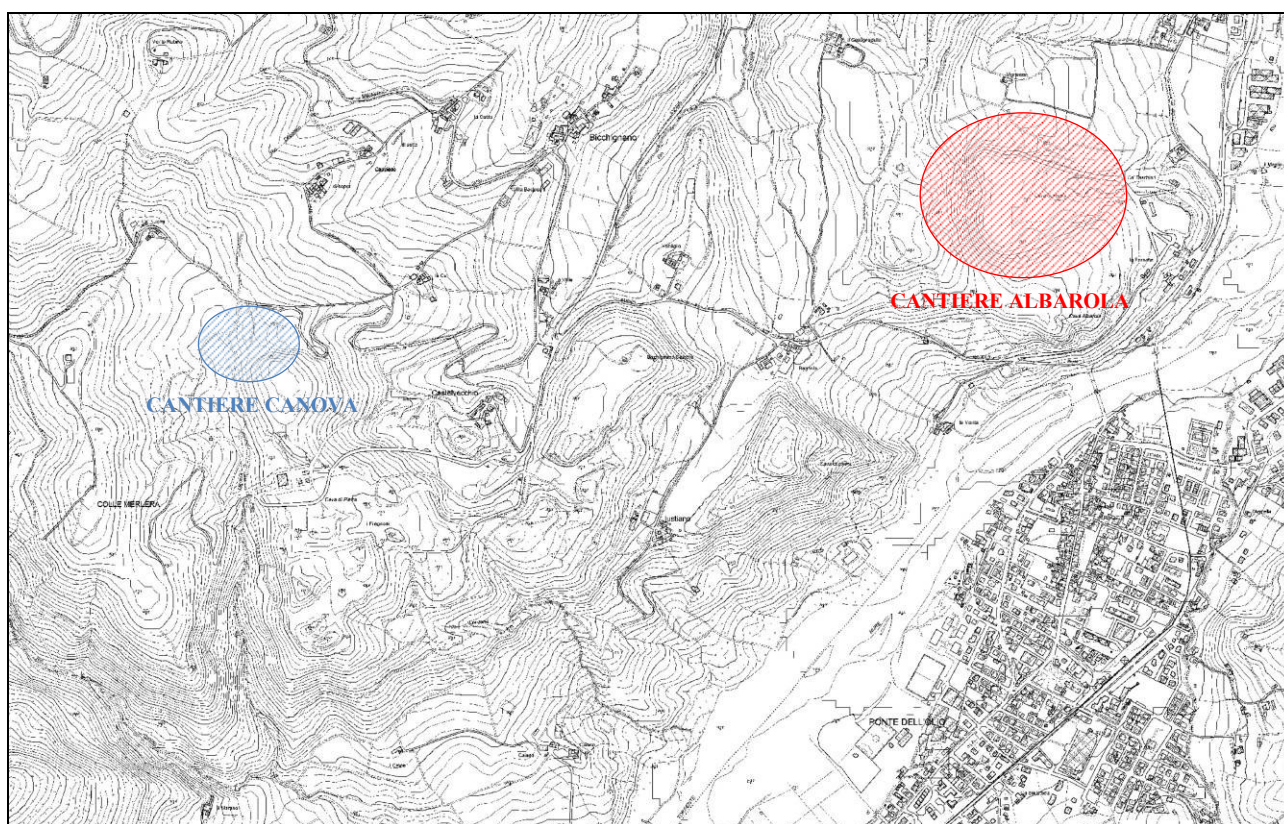


Figura 1.1: ubicazione dei siti estrattivi su stralcio della Carta Tecnica Regionale.

Dal punto di vista geomorfologico, l’area oggetto di studi si sviluppa nella porzione mediana del territorio comunale di Vigolzone (PC) sulle prime propaggini dell’Appennino piacentino, nella bassa Val Nure, a metà circa del dell’omonimo torrente. La conformazione del paesaggio collinare piacentino rispecchia la disposizione delle successioni rocciose che ne costituiscono l’ossatura, la loro natura litologica e la struttura geologica. Questa porzione di territorio è caratterizzata dalla presenza di cime poco marcate e da contrafforti ondulati, risultanti da processi morfogenetici che hanno agito su un substrato prevalentemente flyshoide discretamente suscettibile ai fenomeni erosivi. La conformazione morfologica è caratterizzata da lunghi versanti irregolari cui si alternano crinali e incisioni del reticolo secondario.

Il cantiere “Albarola” è ubicato immediatamente a Ovest della sponda sinistra del Torrente Nure, a ridosso della propaggine collinare ricompresa tra la Strada Provinciale del Bagnolo a Sud e la frazione Albarola a Nord. Il cantiere “Canova” si trova invece fra gli abitati di Castelveccchio e Cà Nuova, a Nord-Ovest dell’ampio polo estrattivo facente capo a Cementi Rossi.

L’area ricompresa all’interno dell’attuale perimetro autorizzato del cantiere Albarola è di circa 52,5 ha, ed i lavori di coltivazione si svolgono attualmente a quote comprese fra 255 e 335 m s.l.m.. L’area interessata dalle operazioni minerarie nel cantiere Canova è notevolmente inferiore (11 ha circa) e i lavori di abbattimento interessano una fetta di giacimento compresa tra 429 e 445 m s.l.m..

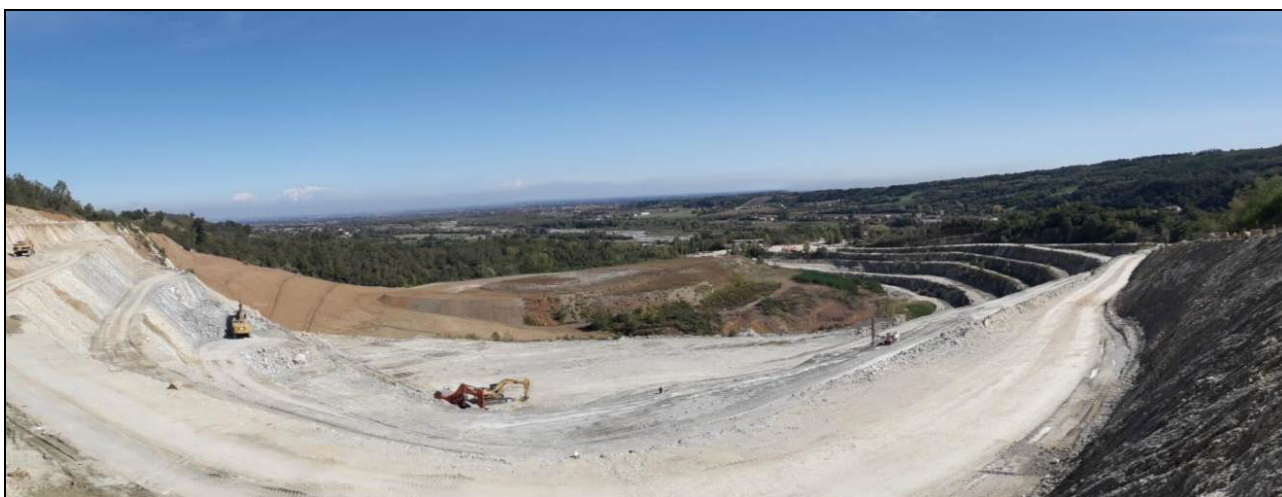


Figura 1.2: ripresa panoramica del cantiere Albarola dal fronte apicale.



Figura 1.3: ripresa panoramica del cantiere Canova da Ovest.

1.2 Lineamenti geologici

1.2.1 Generalità

La porzione di territorio risulta cartografata, dal punto di vista geologico, al Foglio n° 179 della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 e fa parte di un limitato numero di fogli realizzati secondo le normative del Progetto CARG. Ancora più dettagliata e precisa risultano la cartografia relativa allo strumento regolatore del Comune di Vigolzone (P.S.C. – Tav. SA01.2 – Geologia –

Scala 1:10.000) e la cartografia a scala 1:10.000 del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (reperibile al sito “Cartografia geologica on-line”).

Il settore in esame deriva dall’impilamento di prismi di accrezione (falde) formati a seguito dei movimenti ascrivibili a varie fasi tettoniche che si sono sviluppate a partire dal Cretacico Superiore e che, attraverso momenti di culmine rappresentati dalla fase ligure (Eocene medio), subligure (Oligocene sup.-Miocene inf.), burdigaliana e toscana (Tortoniano), si sono concluse con i movimenti messiniani e plio-pleistocenici.

I terreni interessati dalle deformazioni tettoniche sono di origine marina e hanno subito traslazioni di entità differente a seconda della loro originaria posizione paleogeografica. Le successioni continentali invece (sostanzialmente quaternarie), non evidenziano, nelle porzioni superficiali affioranti, deformazioni duttili e fragili che, invece, sono documentate nel sottosuolo della pianura.

Nella porzione collinare analizzata in questa sede affiorano prevalentemente le Unità della Successione Ligure (Formazione della Val Luretta) mentre lembi della Successione Epiligure (Marne di Montepiano e Arenarie di Ranzano) si rinvencono molto più a Sud. Il fondovalle solcato dal Torrente Nure è caratterizzato dalla presenza di Alluvioni fluviali recenti e subordinatamente da ghiaie sabbiose appartenenti alla Successione Neogenico-Quaternaria del margine Appenninico Padano. Tali sedimenti si rinvencono anche sotto forma di depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa (Subsintema di Agazzano e Subsintema di Maiatico). Si rinvencono inoltre, nel settore Ovest del cantiere Albarola, terreni coesivi appartenenti al Sintema di Costamezzana (Pleistocene medio).

Le Unità Epiliguri sono depositi sedimentatisi in bacini satelliti dopo la Fase Ligure, con base discordante sulle preesistenti Unità Liguri costituenti la parte sommitale dell’orogene in via di costruzione. Le importanti traslazioni mio-pleistoceniche dell’edificio appenninico hanno portato le successioni emiliane ad avanzare verso settentrione, accavallandosi sui depositi medio miocenici oggi presenti nel sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981). In questo contesto geodinamico le unità emiliane e le loro coperture epiliguri vengono deformate, con formazione di una serie di strutture di tipo fragile (sovrascorrimenti e faglie inverse) e di tipo duttile (pieghe spesso rovesce) caratteristiche di una tettonica di tipo compressivo con chiare vergenze a direzione appenninica. Le successioni marine della zona marginale, che comprendono anche termini plio-pleistocenici, sono infine ricoperte, attraverso una vasta superficie erosionale, da depositi continentali quaternari di piana e conoide alluvionale. Quest’ultimi depositi sono andati progressivamente a suturare i resti del bacino marino padano, attraverso un’alternanza di fasi erosive e deposizionali: anche il bacino padano risulta interessato dalla strutturazione plio-pleistocenica con una serie di accavallamenti che

si spingono verso N, oltre l'attuale corso del Po, costituendo nel loro insieme il cosiddetto "Appennino sepolto". Coinvolte in fasi tettoniche quaternarie, infine, le unità quaternarie hanno registrato, soprattutto nei processi morfogenetici, chiari fenomeni di sollevamento tettonico che ha dato origine a frequenti forme di ringiovanimento del territorio.

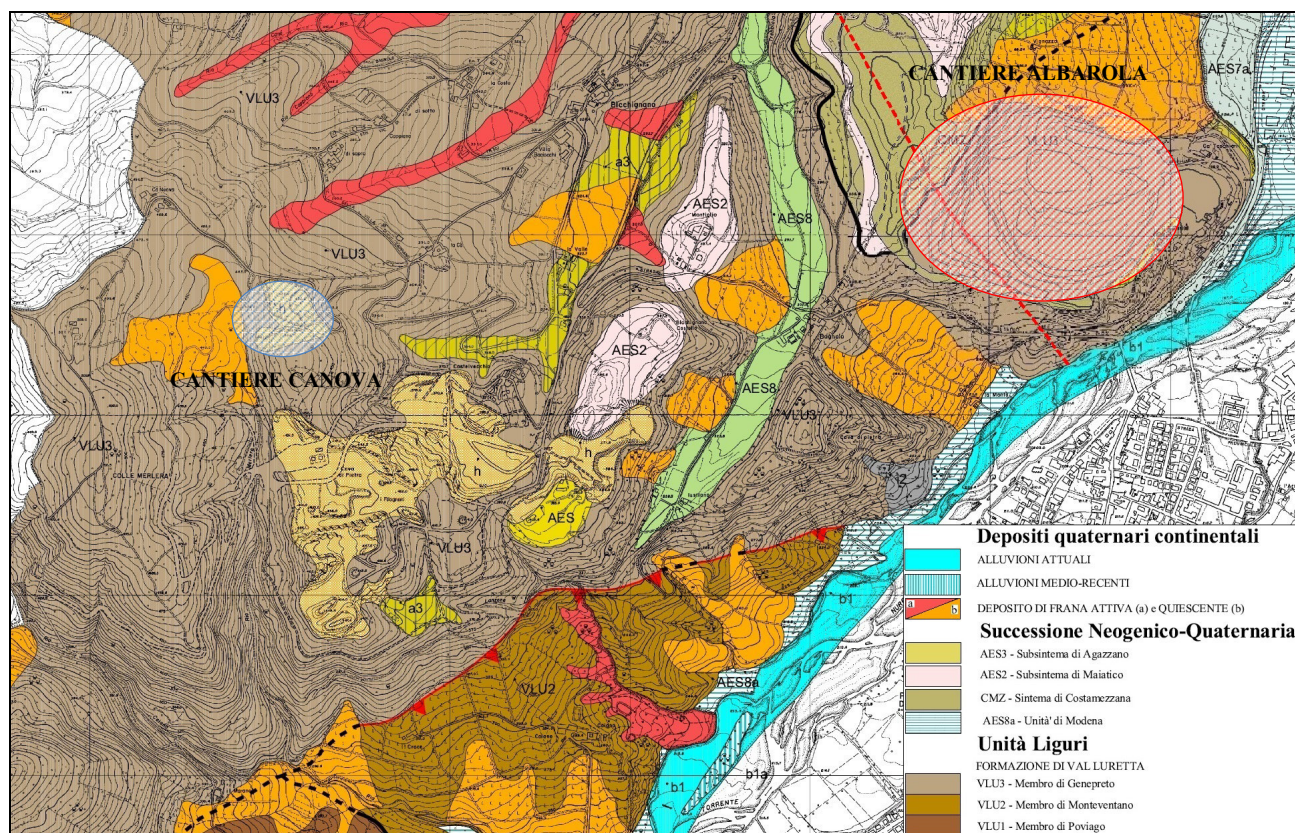


Figura 1.4: stralcio della carta geologica (Tav. SA01.2 del P.S.C., modificata).

Per quanto riguarda la tettonica, negli ultimi decenni sono state numerose le ricerche condotte, che hanno portato all'acquisizione di una mole di dati che sono stati successivamente interpretati e definiti con un buon grado di attendibilità. Tali studi hanno portato ad individuare settori subsidenti ed altri in sollevamento, il tutto in un contesto geodinamico marcatamente attivo che ha indotto il raccorciamento delle strutture padane con traslazioni delle coltri controllate da lineamenti trasversali, di cui talvolta è stato anche possibile definire la cinematica. Per quanto riguarda il settore in analisi, i movimenti areali recenti possano essere così sintetizzati:

- sollevamento quasi continuo del settore della catena durante il Pliocene-Quaternario;
- abbassamento, localmente interrotto da sollevamenti, durante il Pliocene e sollevamento generale nel tardo Pliocene-Pleistocene inferiore, della fascia di raccordo tra i rilievi e la pianura per le zone poste rispettivamente ad Ovest del Torrente Tidone e a Est del Torrente Nure;
- abbassamento intenso per le aree di pianura, con sollevamento locale di strutture sepolte (corrispondenti ai fronti dei thrust).

Tra gli elementi lineari segnalati, particolare significato rivestono le linee trasversali di deformazione poste in corrispondenza della vallata del Torrente Nure e la serie di faglie ad andamento appenninico alle quali sono attribuiti differenti momenti di attività, senza peraltro giungere a definirne alcuna come “attiva”.

1.2.2 Descrizione di dettaglio dei bacini minerari Albarola e Canova

Dal punto di vista geologico, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di due formazioni principali: la Formazione della Val Luretta ed il Sintema di Costamezzana. L'estrema porzione occidentale del cantiere Albarola risulta inoltre interessata da un orizzonte afferente al Subsintema di Maiatico. Tale orizzonte è marginale e verrà interessato essenzialmente da operazioni di rimodellamento morfologico. La zona in esame risente di disturbi tettonici, dovuti a fenomeni di ricoprimento, caratteristici della zona appenninica. Sono inoltre presenti fenomeni plicativi ed alcune faglie importanti, dirette principalmente da Nord-Ovest a Sud-Est.

FORMAZIONE DI VAL LURETTA (VLU)

Si tratta di una formazione torbidity arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa di età Paleocene inf.-Eocene medio. La Formazione viene suddivisa in tre membri.

Il Membro di Genepreto (VLU3) è il termine sommitale della formazione. Esso risulta costituito da prevalenti calcari micritici e calcari marnosi grigio-biancastri, talora a base calcarenitica, associati a marne e marne calcaree grigio chiare, a volte nocciola-rosato maculate, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Localmente sono presenti caratteristiche intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio scure, in strati medi, e di marne e marne argillose grigio-verdastre e rosso-vinate, in strati spessi e molto spessi. Lo spessore del membro è stimabile nell'ordine di 250-500 m. L'età del membro di Genepreto è riferibile al Luteziano.

Il sottostante Membro di Monteventano (VLU2) è caratterizzato dalla presenza dominante delle stesse sequenze arenaceo-pelitiche di colore grigio-nocciola in strati medi e spessi, localmente molto spessi. A questa litofacies si associano, in misura crescente verso l'alto, calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Il contatto con il sottostante membro di Poviago è netto ed è posto in corrispondenza al tetto dell'ultimo banco di marne rosate. Lo spessore del membro è valutabile in 230 m circa e la sua età è riferibile all'intervallo Thanetiano-Ypresiano.

Il Membro di Poviago (VLU1) è il termine basale della formazione. Esso risulta costituito prevalentemente da sequenze torbidity arenaceo-pelitiche in strati medi e spessi, localmente

molto spessi. Tali sequenze sono costituite da arenarie grigio-nocciola (brunorossastre all'alterazione) medie e fini, talora gradate, spesso ricche in frustoli vegetali, e da marne e marne siltose grigie e grigio-verdastre. Il rapporto arenaria/pelite è sempre maggiore di uno. A questi si intercalano quattro livelli distinti di marne rosate, in strati molto spessi e banchi, talora con base a biocalcareni di colore nocciola, medie e grossolane. Alla base il membro è caratterizzato dalla presenza di calcari e calcari marnosi bianchi, talora rosati, in strati medi e spessi, talora base calcarenitica grigia. La sua età è riferibile all'intervallo cronostratigrafico compreso tra il Daniano e il Thanetiano.

SINTEMA DI COSTAMEZZANA (CMZ)

Il Sintema di Costamezzana (Pleistocene inferiore) è costituito da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica. Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione. In corrispondenza dei paleo-apparati fluviodeltizi maggiori i depositi grossolani diventano predominanti. Sono presenti anche corpi metrici lenticolari di ghiaie, raramente gradate, amalgamate con matrice sabbiosa e clasti pelitici anche di grandi dimensioni (metrici), sabbie medie o fini ben selezionate con locale sviluppo di stratificazione obliqua, laminazione piano-parallela. Intercalazioni lenticolari di ghiaie fini e medie in matrice sabbiosa. Argille e limi grigio-nerastri fossiliferi e bioturbati, frustoli vegetali. Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali. Il contatto basale può essere erosivo o netto e discordante sulle unità sottostanti e lo spessore è variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri.

SUBSINTEMA DI MAIATICO (AES2)

Il Subsintema di Maiatico (Pleistocene medio) appartiene al Sintema Emiliano-Romagolo Superiore. Si tratta di litologie derivanti da depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa. Lo spessore di questo subsintema è variabile da alcuni metri a 30-40 metri, costituita prevalentemente da sedimenti limosi e/o argillosi con lenti ghiaiose e/o conglomeratiche (depositi di interconoide) e depositi alluvionali ghiaiosi (conoidi dei principali corsi d'acqua). Nell'area oggetto di studi si presenta in facies conglomeratica molto cementata. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante su CMZ e VLU.

STRATIGRAFIA DEI BACINI MINERARI

I lavori di coltivazione del cantiere "Albarola" si svolgono attualmente a quote comprese fra 255 e 335 m s.l.m. Il materiale industrialmente sfruttabile è costituito dal Membro di Genepreto del "Flysch della Val Luretta", mentre i terreni di copertura, appartenenti al Sintema di Costamezzana e

presenti in gran parte nell'area di proposto ampliamento, sono privi di utilità industriale e vengono preliminarmente asportati per poi essere riutilizzati nei lavori di ripristino ambientale.

Nel corso degli anni sono stati effettuati svariati rilievi geologici a ridosso dei fronti di coltivazione, al fine di caratterizzare l'ammasso roccioso sia dal punto di vista stratigrafico, sia dal punto di vista meccanico. L'analisi dei dati ha permesso di suddividere il bacino minerario in domini strutturali omogenei. In particolare è stata individuata la presenza di una struttura plicativa sinclinalica, il cui asse ha direzione NO-SE. A monte di tale lineamento la stratificazione immerge in direzione SSO, mentre al di sotto gli strati immergono verso NNE. Sono state identificate, oltre alla stratificazione, altre famiglie di discontinuità, che verranno dettagliatamente descritte più avanti.

Per quello che riguarda la coltivazione del cantiere "Canova", i lavori si svolgono attualmente su fronti bassi e poco acclivi a quote comprese fra 428 e 440 m s.l.m.. I fronti del settore meridionale al di sopra della quota di 428 m s.l.m. risultano esauriti e sono stati recuperati e rinverditi. Anche in questo caso il materiale industrialmente sfruttabile è costituito dal Membro di Genepreto del "Flysch della Val Luretta", che nell'area in ampliamento risulta ricoperto da un deposito di frana quiescente. Tale deposito deriva dal sottostante substrato flyshoide, e pertanto verrà asportato ed inviato in cemeniteria alla stessa stregua del substrato di origine.

Come nel caso del cantiere Albarola, anche nel cantiere Canova sono stati effettuati svariati rilievi geologico-meccanici a ridosso dei fronti escavati, sempre al fine di verificare la continuità dell'ammasso roccioso man mano che la coltivazione procede verso il basso. Lungo i fronti di scavo si riconoscono bancate di calcari, calcari marnosi e marne, cui si intercalano arenarie e argilliti in strati di spessore decimetrico. La stratificazione ha carattere monoclinale e mostra direzione generale d'immersione verso ESE, mentre l'inclinazione risulta compresa tra 25° e 55°. Non si segnalano macrostrutture di carattere duttile o fragile.

1.3 IDROGEOLOGIA

Il presente capitolo illustra le caratteristiche idrogeologiche generali del substrato, desunte da valutazioni in sito e da studi pregressi che hanno interessato il tratto di appennino piacentino in esame. Nel corso dell'ultimo decennio sono stati identificati e delimitati – a seguito della D.G.R. n. 350 del 8/2/2010 – i corpi idrici sotterranei, sia di pianura che montani, nell'ambito del territorio della Regione Emilia-Romagna. Piuttosto dettagliati risultano essere gli studi ricompresi nel PTA e nella variante al PTC – disponibile sul sito della Provincia di Piacenza – e quelli effettuati da ARPA Emilia Romagna e Arpa Sezione Provinciale di Piacenza inerenti il monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Gli studi citati pocanzi sono alla base della modellizzazione idrogeologica dell'area in esame. In primis è stata presa in considerazione la distribuzione delle sorgenti in ambito regionale,

confrontandola con la geologia, pervenendo quindi ad una delimitazione cartografica delle unità geologiche sede dei principali acquiferi sfruttati, informalmente indicate con il termine di “rocce-magazzino”. Esse raggruppano i complessi idrogeologici maggiormente permeabili, trascurando le coperture detritiche di versante. I complessi idrogeologici sono definiti come corpi aventi litologie simili, una comprovata unità spaziale ed un grado di permeabilità che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto (Civita, 1973). Essi sono quindi classificabili secondo un criterio geologico, approssimando la composizione dell’area vasta a quella delle unità ivi prevalenti, procedendo ad accorpamenti che non sono legati solamente ad affinità litologiche, ma anche alla possibilità di rinvenire, entro ciascuna classe, situazioni idrogeologiche simili, espressione di caratteristiche stratigrafico-strutturali accomunanti e in grado di condizionare la filtrazione nel sottosuolo (vedi figure seguenti).

Figura 1.5: Carta delle rocce magazzino per il Piano di Tutela delle Acque (tratta da Viel et alii, 2003). L'area interessata dal bacino minerario è cerchiata in rosso.

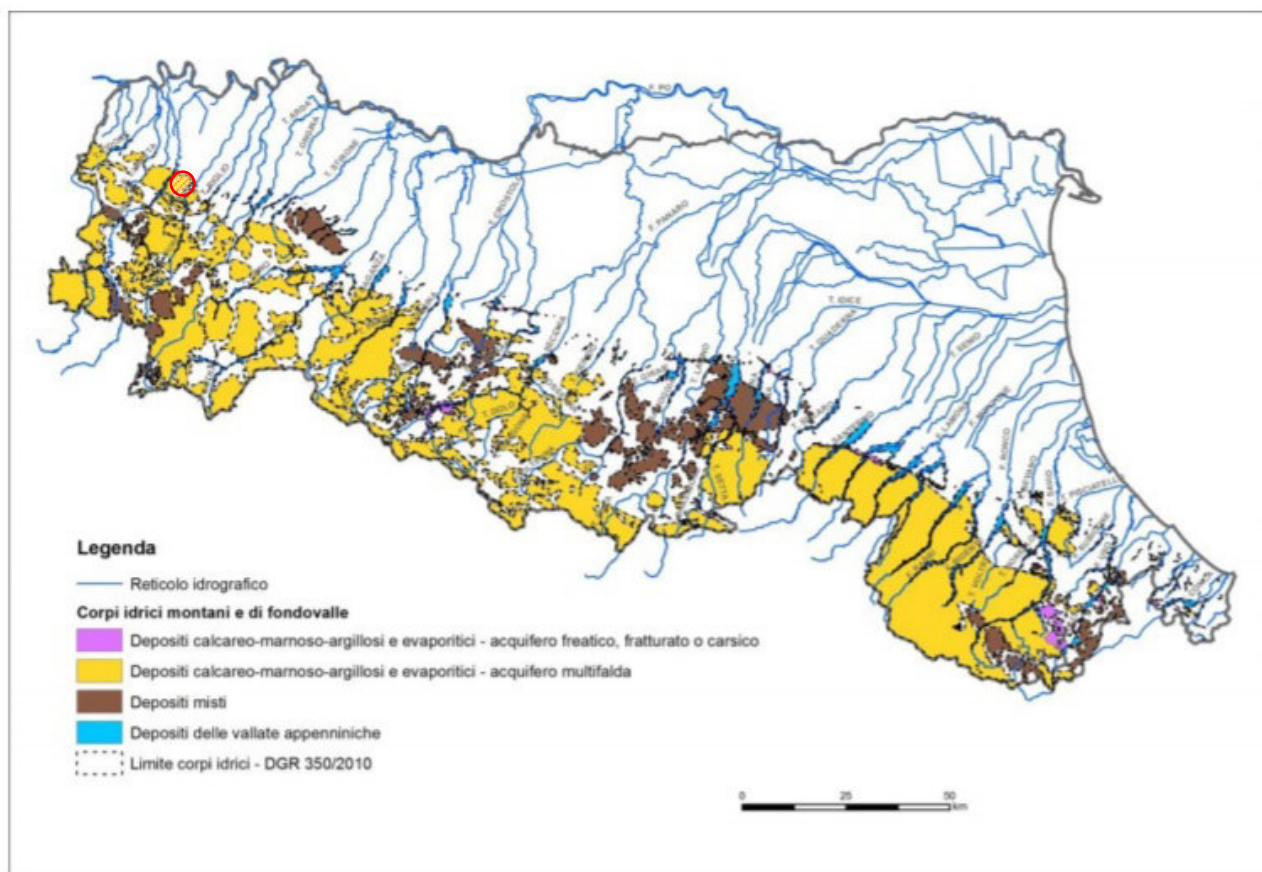


Figura 1.6: identificazione dei corpi idrici montani e di fondovalle (tratto da *Valutazione delle Acque sotterranee – ARPA Emilia Romagna*). L'area interessata dal bacino minerario è cerchiata in rosso.

Per quanto riguarda il quadro conoscitivo della Provincia di Piacenza, la cartografia del PTA e della variante al PTC nelle aree montane è stata approfondita e dettagliata, implementando il censimento delle sorgenti captate e confrontandolo con la banca dati della Carta Geologica. In ambito provinciale, sono state delimitate le zone di protezione delle acque sotterranee, differenziate in ammassi rocciosi permeabili per fratturazione e nelle sovrastanti coperture detritiche di versante che, localmente, possono trovarsi in connessione con il substrato per quanto riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo. I rilievi a ridosso dei quali avvengono i lavori di escavazione appartengono al corpo idrico montano Pianello Val Tidone-Rivergaro-Ponte dell'Olio. Esso è classificabile come un corpo idrico scarsamente permeabile costituito dall'alternanza di marne calcaree, peliti ed arenarie.

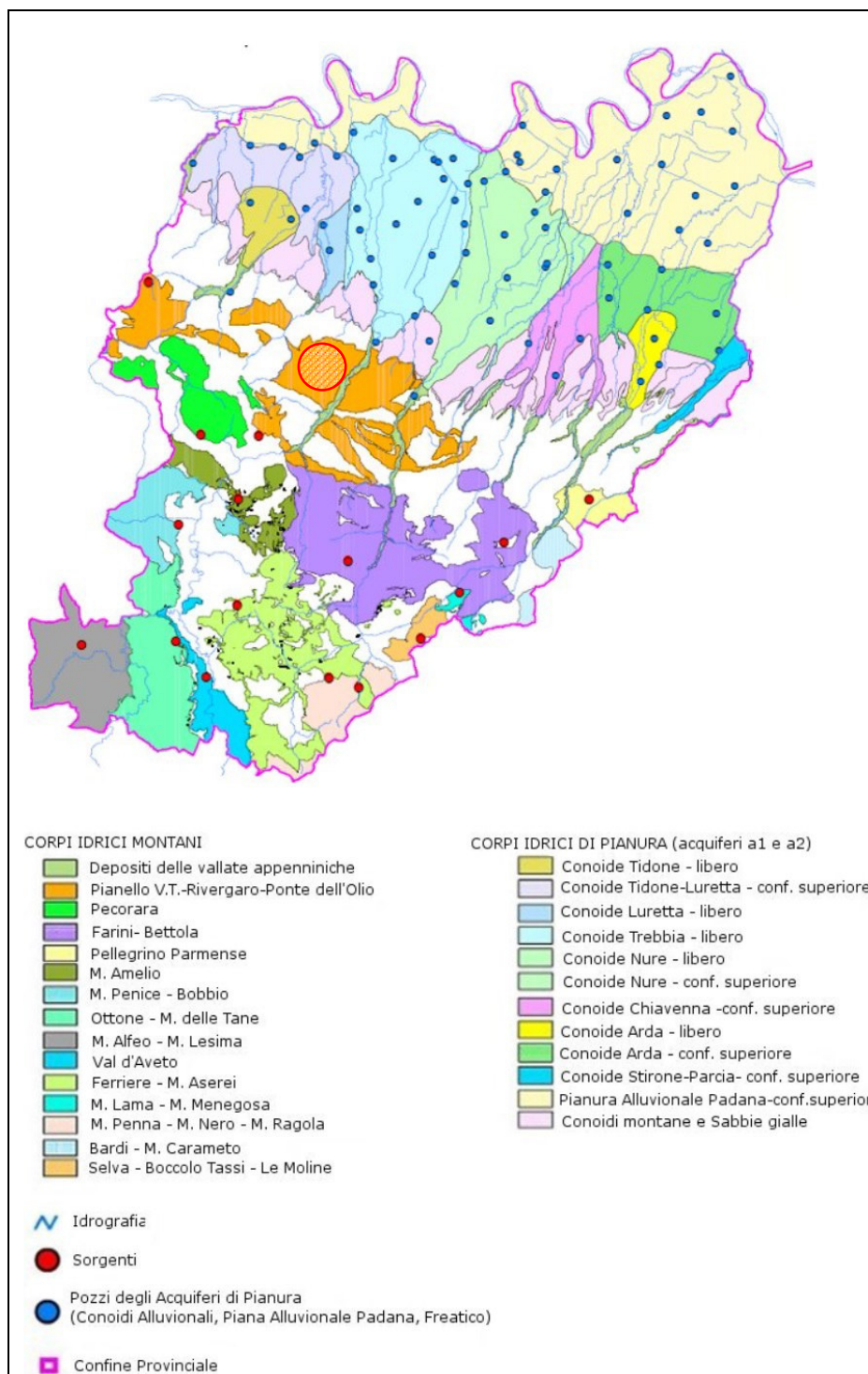


Figura 1.7: identificazione dei corpi idrici montani e di Pianura (tratto dalla Valutazione delle Acque sotterranee – ARPA Sezione Provinciale di Piacenza). L'area interessata dal bacino minerario è cerchiata in rosso.

La distribuzione delle sorgenti è governata dalla presenza di unità geologiche e litologiche idonee a ricevere le acque di infiltrazione dalla superficie, immagazzinarle nel sottosuolo e restituirle secondo percorsi e tempi che dipendono dalla natura di tali “contenitori”. Questi serbatoi possono essere costituiti da rocce e/o da depositi detritici che le ricoprono, pertanto le acque vengono ospitate e scorrono nei sistemi di fratture/fessure presenti nelle rocce e nelle porosità dei depositi detritici. La venuta a giorno delle acque immagazzinate si manifesta per affioramento della superficie piezometrica o quando lo scorrimento dell'acqua nel mezzo è ostacolato dalla presenza di

materiali a minore permeabilità. Nel territorio piacentino le fasce collinari e montane sono dotate di falde idriche complessivamente consistenti a causa della variazione delle caratteristiche litologiche, geo-morfologiche e strutturali, ma presentano una distribuzione delle sorgenti estremamente disomogenea. In particolare si nota che nella fascia di bassa collina, nella quale risulta ricompresa l'area in esame, le risorse idriche sono minori per la presenza di litologie in prevalenza impermeabili e semipermeabili, mentre la fascia di alta collina e quella di montagna sono caratterizzate da una maggior abbondanza di risorse, favorita anche da una maggior quota topografica che garantisce un maggior apporto di precipitazioni meteoriche durante l'arco dell'anno.

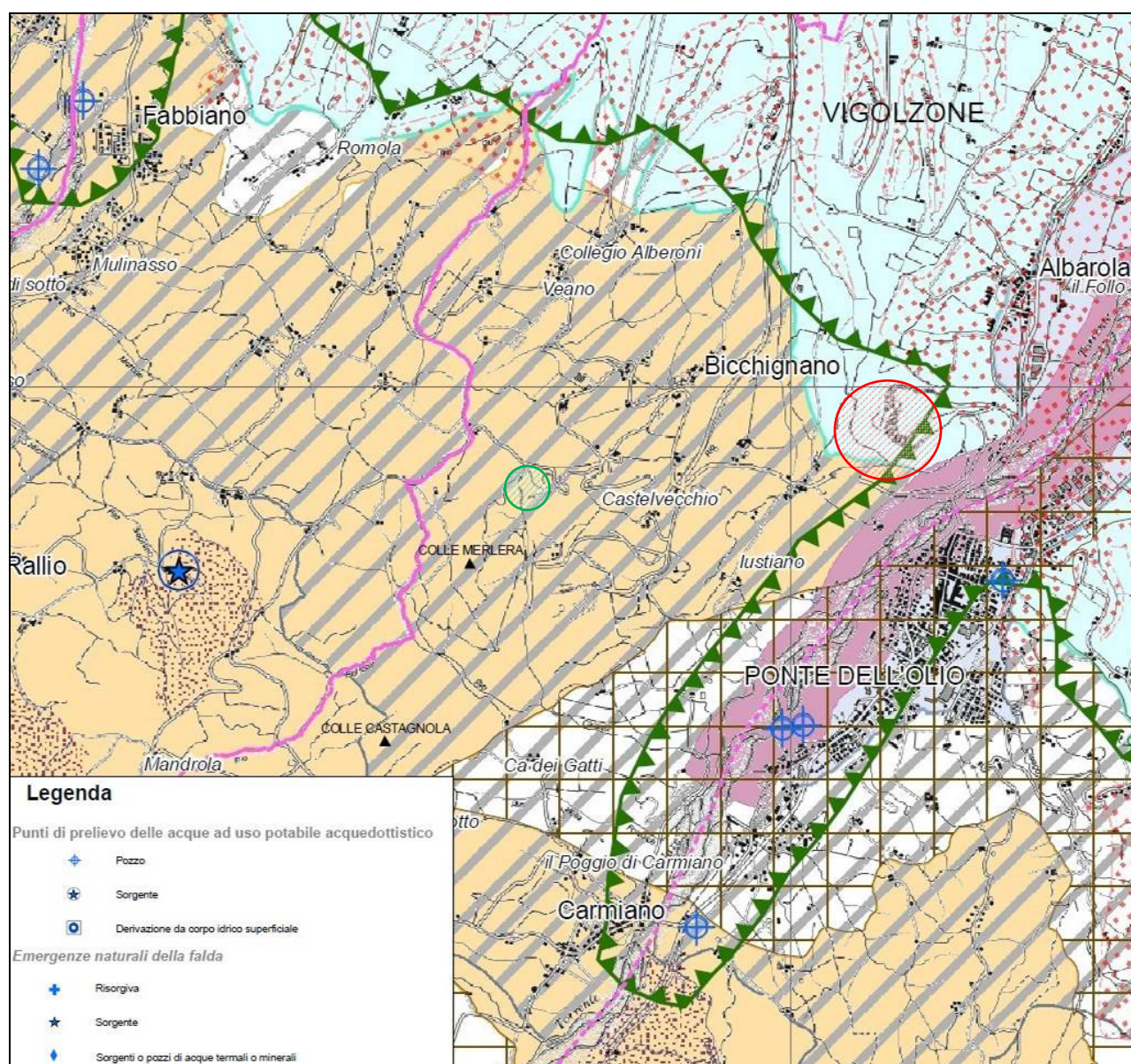


Figura 1.8: Stralcio della Tav. A5.1 “Tutela delle risorse idriche” allegata al PTCP della Provincia di Piacenza - Modificato. L'ubicazione del cantiere Albarola è cerchiata in rosso, quella di Canova in verde.

Scendendo alla scala locale, lo strumento urbanistico del Comune di Vigolzone descrive lo schema di circolazione idrica del sottosuolo a livello locale sulla base della permeabilità e della

trasmissività delle unità terziarie e quaternarie, che assumono in questo caso il connotato di Unità idrogeologiche. Esse vengono qui di seguito descritte:

UNITÀ 1 – È costituita dai depositi tardo pleistocenici e olocenici del T. Nure di natura prevalentemente ghiaiosa. La falda ospitata in tali depositi assume comportamento da freatico a localmente confinato (quest'ultimo caso in presenza di significative coperture fini) e risente dell'effetto drenante esercitato dal T. Nure quando il corso d'acqua si trova in condizioni di morbida. L'Unità in questione costituisce il sistema acquifero tradizionale, interessato da un discreto numero di pozzi,

UNITÀ 2 – Essa risulta costituita dai depositi plio-pleistocenici di natura prevalentemente conglomeratica e, in subordine, ghiaiosa, sabbiosa, limosa o argillosa che costituiscono il substrato del sistema dei terrazzi pedecollinari. Le acque sotterranee costituiscono falde generalmente sospese, talora effimere, ospitate in lenti ghiaioso-sabbiose confinate entro i depositi più cementati e meno permeabili; tali acquiferi alimentano pozzi idrici di modeste portate e locali fenomeni sorgentizi lungo le principali scarpate (sorgenti di terrazzo).

UNITÀ 3 – È costituita da rocce appartenenti alle Unità Terziarie epiliguri, formate in prevalenza da depositi torbidity arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi ben stratificati. Le caratteristiche strutturali dell'Unità favoriscono una circolazione idrica sotterranea per permeabilità secondaria (essenzialmente per fratturazione) e localizzati fenomeni sorgentizi, generalmente di modesta entità.

In buona sostanza, la circolazione idrica sotterranea avviene in corrispondenza dei depositi alluvionali quaternari dotati di porosità primaria, limitrofi o coincidenti con l'alveo del Torrente Nure, nei quali si possono impostare falde direttamente connesse con l'alveo del corso d'acqua stesso. Limitati fenomeni di presenza di acque sono possibili nei depositi plio-pleistocenici e, ancora più sporadicamente, nelle Unità Terziarie epiliguri.

La morfologia dei rilievi del complesso flyshoide mostra caratteristiche proprie di un substrato poco permeabile, con forme del rilievo arrotondate, un reticolo superficiale ben sviluppato e presenza di una vegetazione rigogliosa.

Lo studio delle discontinuità eseguito sui fronti del bacino minerario (in particolar modo del cantiere Albarola), che costituiscono superfici estese e profonde dell'ammasso roccioso, non ha rivelato la presenza di circolazione di acque anche nei livelli più bassi dell'ammasso. Tale ammasso nell'intorno del bacino minerario è caratterizzato dalla presenza di un sistema di discontinuità dominante per frequenza e persistenza stratificazione, di lunghezza generalmente almeno decametrica, spaziatura in prevalenza decimetrica e apertura sub-millimetrica. I sistemi di

discontinuità a minor frequenza hanno lunghezza da qualche decimetro a qualche metro, spaziatura decimetrica e apertura massima millimetrica. Complessivamente la densità di fratturazione è media, con modesto sviluppo di discontinuità di dimensioni decametriche (fatta eccezione per la stratificazione). Tenendo conto di queste considerazioni, dell'assenza di fenomeni sorgivi nelle aree contigue (compreso il limitrofo perimetro esercito da Cementi Rossi) della e delle condizioni stratigrafico-strutturali (presenza di sequenze pelitiche impermeabili), si può ritenere che la circolazione sotterranea sia assente o, per lo meno, avvenga a quote non interessate dall'intervento estrattivo.

1.4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

1.4.1 Cantiere Albarola

L'area in ampliamento del cantiere Albarola è stata indagata in prima battuta nel corso dell'anno 2006. Furono eseguiti n° 4 sondaggi a carotaggio continuo ad andamento verticale, ubicati così come riportato nella figura seguente. I sondaggi hanno raggiunto la profondità di 40 m, ed hanno evidenziato la presenza di una spessa coltre di terreni afferenti il Sintema di Costamezzana, costituiti in gran parte da limi argillosi, limi sabbiosi, sabbie limose nonché sporadiche lenti pseudo-conglomeratiche. Alla coltre pocanzi descritta segue la sequenza flyshoide della Formazione della Val Luretta. Il contatto fra le due litologie avviene attualmente all'incirca a quota 295 m s.l.m., con possibili variazioni locali. Lo spessore medio della coltre è di circa 30 m.

Per meglio definire il modello geologico complessivo, e conseguentemente l'andamento del contatto tra le due litologie nonché la consistenza esatta della coltre terrosa, nel mese di aprile 2020, è stata effettuata una campagna di indagini geofisiche, consistente nella realizzazione di quattro stendimenti geoelettrici. Il posizionamento di tali lineamenti è riportato nella successiva figura, mentre per la descrizione del lavoro effettuato e delle stratigrafie ricavate, si rimanda alla Relazione n. 4682 a firma di Techgea S.r.l., dove vengono dettagliatamente descritti il processo di acquisizione dei dati e l'interpretazione degli stessi. In sintesi, la relazione afferma che il contatto terra-roccia ha andamento sub-orizzontale, tranne che a ridosso della sezione B1-B2, e che lo spessore massimo della coltre terrosa è di circa 40 metri nel settore settentrionale dell'area in ampliamento. Nei restanti settori viene confermata la profondità di 30 m.

Al fine di meglio tarare il risultato dell'indagine geoelettrica, nel mese di Luglio 2020 è stato eseguito un ulteriore sondaggio ubicato come da planimetria allegata. Per la perforazione la ditta incaricata (CSI di Milano) ha utilizzato la tecnologia wire-line, che permette il rivestimento costante del foro ed il conseguente recupero del 100% di campioni di ottima qualità. Sono stati attraversati circa 42 m di copertura terrosa, dopodiché è stato rinvenuto il substrato litoide, avanzando fino a 56

m di profondità. In effetti nell'area indagata vi è una variazione locale di 2÷3 m del contatto terra-marna, ma è da escludersi l'anomalia di 8 m segnalata dalle indagini non distruttive. Il rapporto finale dell'indagine viene riportato per intero nella Parte III della presente relazione.

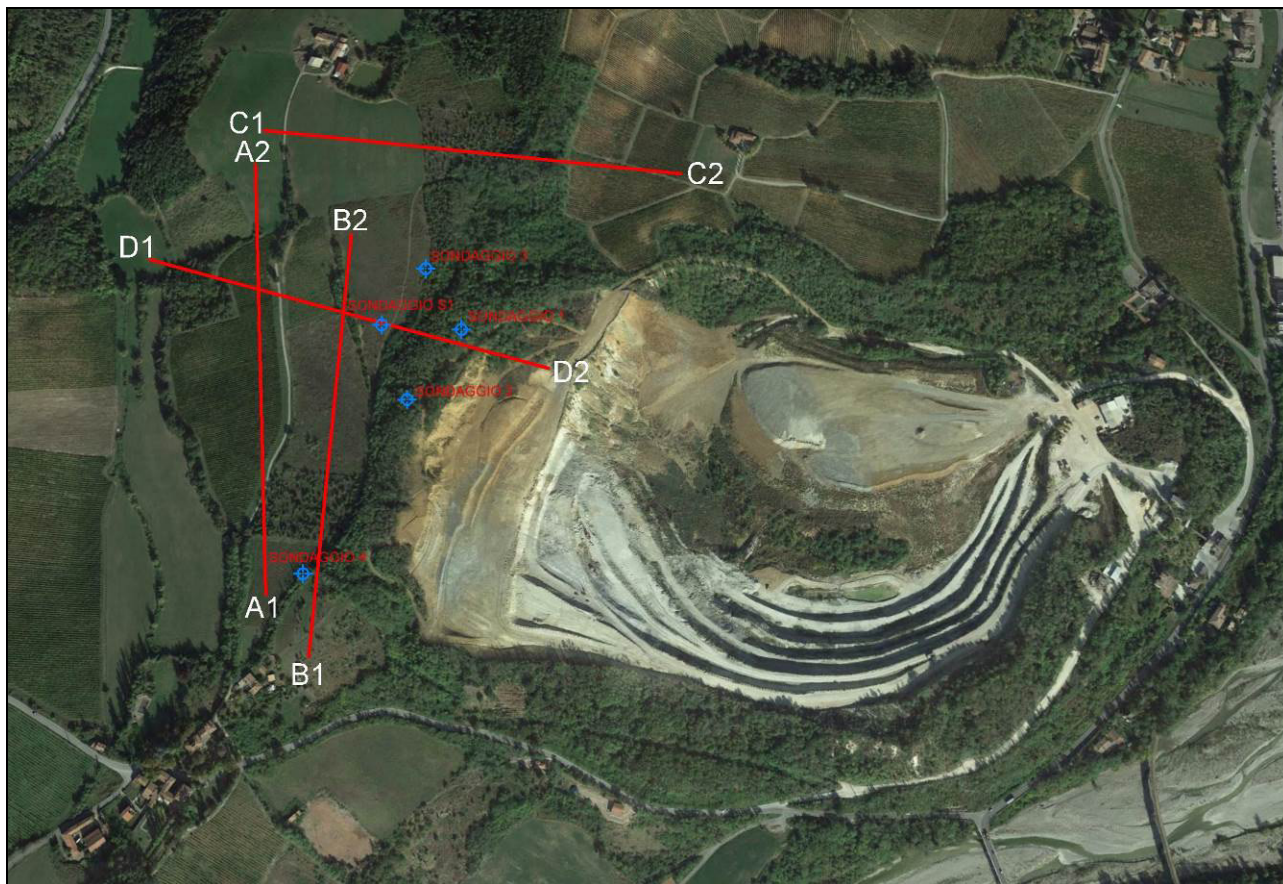


Figura 1.9: ubicazione dei sondaggi geognostici e degli stendimenti geoelettrici nel cantiere Albarola.

1.4.2 Cantiere Canova

L'area in ampliamento del cantiere Canova è ubicata ad Ovest dell'attuale perimetro autorizzato dove, in base alla letteratura a disposizione, il Flysch della Val Luretta risulta in buona parte ricoperto da un deposito di frana quiescente. L'analisi del rilievo aerofotogrammetrico – effettuato da Primis S.r.l. nel mese di Marzo 2019 – permetterebbe di ubicare l'accumulo di frana in posizione baricentrica, laddove la rottura di pendenza è netta (vedi anche l'allegata planimetria dello stato attuale). È stata pertanto attuata, nel corso del 2020, una campagna geognostica avente lo scopo di accertare la presenza o meno di tale copertura ed il suo spessore. È stata inoltre indagata la composizione chimica sia del materiale rimaneggiato che del sottostante substrato in posto. Sono stati pertanto perforati quattro sondaggi a distruzione ubicati come da figura qui di seguito allegata. Il primo ed il secondo sondaggio rivelano la presenza di una paleo-superficie di scorrimento rispettivamente a sette metri ed un metro dal piano campagna, mentre la qualità chimica del materiale è la stessa sia al di sopra che al di sotto di tale superficie. Viceversa, i sondaggi 3 e 4 hanno interessato roccia in posto su tutta la colonna. Dal momento che non ci sono evidenze

morfologiche di movimenti dislocativi ascrivibili ad un movimento di versante a ridosso dei fronti in coltivazione nell'attuale perimetro minerario, si può asserire che il deposito di frana è circoscritto alla porzione baricentrica dell'aerea in ampliamento. Esso verrà completamente asportato con il proseguimento dei lavori di coltivazione, ed i futuri fronti in abbandono saranno intestati sul substrato in posto.

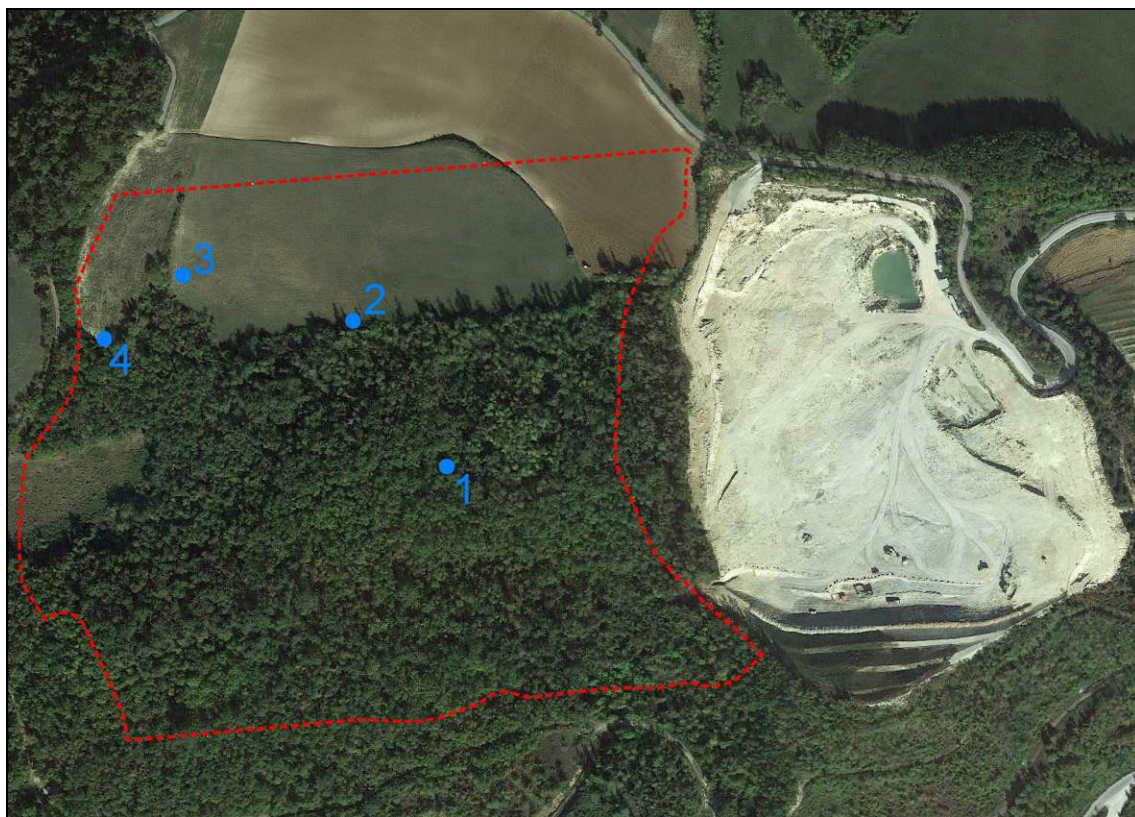


Figura 1.10: ubicazione dei sondaggi geognostici nell'area in ampliamento del cantiere Canova.

1.5 GEOCHIMICA

Con il termine cemento si intende una varietà di materiali da costruzione, noti come leganti idraulici, che miscelati con acqua sviluppano proprietà adesive. Le materie prime impiegate per la produzione di cemento sono destinate alla realizzazione della “farina cruda” (miscela di materiali finemente macinata) dalla quale, tramite cottura, si ricava il clinker. Il clinker è un prodotto ottenuto per cottura ad alta temperatura di marna o miscele intime di calcare ed argilla. Il calcare contiene prevalentemente carbonato, l'argilla contiene silice, allumina, ossido di ferro, oltre all'acqua di acqua di cristallizzazione.

Il materiale principale è quindi una o più rocce sedimentarie in grado di fornire alla farina cruda il corretto tenore carbonatico (CaO), di silice (SiO_2), allumina (Al_2O_3) e ferro (Fe_2O_3). Le rocce impiegate per la produzione del cemento devono inoltre avere un basso contenuto di magnesio (MgO minore del 3%) e di alcali (Na_2O e K_2O minore di 1,5%), al fine di comporre un raw mix adeguato.

Il materiale coltivato nei bacini minerari Albarola e Canova è assimilabile ad una marna da cemento, in quanto fornisce alla farina cruda i composti chimici pocanzi citati nelle giuste proporzioni ai fini della fabbricazione di cemento. Si tratta di un materiale di prima categoria avente indice di idraulicità compreso tra 0,3 e 0,7. In questo caso non è necessario ricorrere ad altre materie prime per la produzione di farina

Si definisce indice di idraulicità di un materiale il rapporto fra la somma delle percentuali in peso dei suoi ossidi a comportamento acido (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) e la percentuale dell'ossido di calcio (o meglio, dei suoi ossidi a comportamento basico: CaO , MgO).

Data l'importanza delle indagini sul contenuto dei costituenti carbonatici della miscela, particolare attenzione deve essere rivolta alla scelta delle metodologie analitiche da impiegare nello studio geochimico dei calcari. Il laboratorio dello stabilimento di Vernasca utilizza la tecnica della diffrazione dei Raggi X, che ancora oggi è una delle più importanti nell'indagine della struttura della materia.

I giacimenti di materia prima denominati "Albarola" e "Canova" sono coltivati da decenni e perciò le caratteristiche chimico-fisiche del substrato sono ben conosciute. Le indagini svolte sono rappresentate dalla campionatura periodica del materiale affiorante sui fronti dei due siti, su cui vengono eseguite analisi chimiche condotte nel laboratorio interno dello stabilimento. La composizione chimica media del materiale proveniente dai due siti minerari esaminato negli ultimi cinque anni viene qui di seguito riassunta:

CEMENTERIA VERNASCA – ANALISI MATERIALE ALBAROLA E CANOVA

(Determinazioni eseguite sul campione essiccato a 105°C)

	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3
Albarola – Canova	19,79%	38,27%	4,10%	1,64%	2,31%	0,61%	0,29%	0,34%

Il materiale pocanzi descritto risulta pertanto chimicamente ricompreso tra le rocce adatte alla produzione di cemento naturale, con cottura fino alla sinterizzazione e successiva macinazione del clinker con l'eventuale aggiunta di ritardanti della presa (es. gesso).

Come anticipato, sono inoltre state effettuate varie campagne di prospezione geognostica, le ultime delle quali hanno riguardato le zone in ampliamento, che hanno permesso di integrare al meglio le conoscenze geologiche e geochimiche del giacimento. L'analisi chimica eseguita sui campioni risultanti, conferma la presenza di un materiale con caratteristiche del tutto simili a quelle degli attuali fronti di produzione. I sondaggi eseguiti hanno confermato la presenza di un vasto orizzonte terroso a monte del cantiere Albarola, composto prevalentemente da litologie limo-argillose

utilizzabili solo in minima parte per la produzione di cemento. Tale orizzonte verrà utilizzato per i lavori di ripristino dei siti minerari.

	VOLUME (m ³)		VALORIZZAZIONE (%)
	DI FASE	RESIDUO	
LOTTO 1			
<i>FASE A+B</i>	435.000	1.640.000	21,0
<i>FASE C</i>	100.000	1.540.000	25,8
LOTTO 2			
<i>FASE UNICA</i>	450.000	1.090.000	47,5
LOTTO 3			
<i>FASE UNICA</i>	450.000	640.000	69.1
LOTTO 4			
<i>FASE UNICA</i>	640.000	0	100
TOTALE LOTTI 1+2+3+4 = m³ 2.075.000			

2 SISMICITÀ

2.1 Generalità

La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive. La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della penisola, lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), in Calabria e Sicilia, ed in alcune aree settentrionali, tra le quali il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale.

Dal punto di vista normativo, a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”), è stata introdotta una nuova classificazione sismica. Essa suddivide il territorio nazionale in 4 zone omogenee: le prime tre corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), mentre per la zona 4, di nuova introduzione, si dà facoltà alla regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Viene anche introdotto, con la nuova normativa, un riferimento agli intervalli di accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), attesi per ogni zona.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, nonché la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale.

A seguito dell'entrata in vigore il 1° luglio 2009 del Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (approvazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"), viene resa obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il territorio nazionale. Tale obbligo si applica indistintamente a tutte le costruzioni, indipendentemente dalla zona di classificazione sismica in cui sono realizzate ed è da ritenersi concluso il periodo transitorio durante il quale era consentito alle Regioni di non introdurre la progettazione antisismica in zona 4. Le norme tecniche per le costruzioni sono state aggiornate con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018, entrato in vigore il 22/03/2018.

Il territorio piacentino risulta tripartito. Si riscontrano una fascia di pericolosità più elevata nel versante orientale della provincia, con interessati i comuni confinanti con la provincia di Parma (da Vernasca a Morfasso e Farini), una fascia intermedia che copre la bassa e la media Valnure e la media e alta Valtrebbia, e una terza fascia di scarsa pericolosità che comprende la bassa pianura e la Valtidone.

Le N.T.C. 2018 prevedono che l'analisi di un pendio in condizioni sismiche possa essere eseguita mediante metodi pseudostatici e che nelle verifiche allo stato limite ultimo in mancanza di studi specifici, l'azione sismica possa essere rappresentata da un'azione statica equivalente, le cui componenti orizzontale e verticale possono essere espresse come:

$$F_h = k_h * W \quad (1) \qquad F_v = k_v * W \quad (2)$$

dove

W = peso di volume di terreno potenzialmente instabile

$$k_h = \beta_s * (a_{max}/g) \quad (3)$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h \quad (4)$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

In assenza di analisi specifiche i coefficienti k_h e k_v possono essere calcolati utilizzando le indicazioni del paragrafo 7.11.3.5.2 delle N.T.C. ed eventualmente utilizzando il programma “Spettri di risposta” il quale “fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. L'utente potrà visualizzare e stampare i risultati delle elaborazioni – in forma sia grafica che numerica – nonché i relativi riferimenti alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n. 29 del 04.02.2008 Suppl. Ordinario n.30.” Tale programma è scaricabile dal sito www.cslp.it “(Spettri-NTC ver 1.03)”.

2.2 Individuazione della pericolosità del sito

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Il territorio nazionale è stato suddiviso in una maglia di punti quadrata i cui nodi non distano più di 10 km. I nodi del reticolo comprensivo del comune di Vigolzone sono: 14708, 14709, 14930, 14931, le cui coordinate sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 2.1: identificazione dei nodi del reticolo nazionale

Id. nodo	Longitudine	Latitudine
14708	9.6087	44.922
14709	9.6791	44.924
14930	9.6119	44.872
14931	9.6823	44.874

2.3 Scelta della strategia di progettazione

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di è quella qui di seguito riportata.

Tabella 2.2: Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Tabella 2.3: Classi d'uso

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso <i>III</i> o in Classe d'uso <i>IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso <i>IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

$$V_R = V_N * C_U$$

Il coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella.

Tabella 2.4: Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Nel caso in parola, per un'opera ordinaria (2) che ricade in classe d'uso I, il periodo di riferimento $V_R = 35$ anni.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente nei vari stati limite definiti dalla normativa vigente, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC-08, qui di seguito integralmente riportata.

Tabella 2.5: Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato.

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO – Stato Limite di Operatività	81%
	SLD – Stato Limite di Danno	63%
Stati limite ultimi	SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC – Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale. I valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 2.6: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g , [g]	F_o [-]	T_c [s]
SLO	30	0,036	2,527	0,210
SLD	35	0,038	2,526	0,218
SLV	332	0,090	2,536	0,284
SLC	682	0,117	2,515	0,294

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

2.4 Determinazione dell'azione di progetto

La categoria di sottosuolo specifica del sito di interesse, dedotta dalle indagini in sito e rappresentativa del volume di terreno significativo, è la A per quello che riguarda la Formazione della Val Luretta, e C per quello che riguarda i depositi mindeliani (vedi tabella seguente).

Tabella 2.7: Categorie di sottosuolo

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_s superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

L'accelerazione orizzontale massima nel sito utilizzata per le verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi risulta $a_g = 0,090$ g.

Ponendo $\beta_s = 0,38$ il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa nel sito (come da Tabella 7.11.I per la stabilità dei versanti delle N.T.C. – 2008) nella formula (3), ed essendo g l'accelerazione di gravità, l'accelerazione a_{max} (accelerazione orizzontale massima attesa nel sito) è data dall'espressione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove si sono posti : S coefficiente che comprende l'amplificazione stratigrafica (S_S) e topografica (S_T). Il caso specifico viene classificato come Categoria T2 – pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$. Sulla base del substrato interessato, della tipologia dell'opera, importanza e ubicazione della stessa, si assume il coefficiente S_S pari a 1 e il coefficiente S_T pari a 1,20.

I valori che si ottengono per lo SLV sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 2.8: Accelerazione orizzontale massima e componenti orizzontale e verticale dell'accelerazione sismica per il sottosuolo per lo stato limite SLV

SLV			S	S _s	S _T	a _g
	a _{max}	0,108	1,20	1,00	1,20	0,090

k _h	0,0410
k _v	±0,0205

3 RILIEVO GEOSTRUTTURALE, PARAMETRI GEOMECCANICI DELL'AMMASSO ROCCIOSO E DEL MATERIALE DI COPERTURA

3.1 Generalità

Il rilievo eseguito è stato effettuato allo scopo di misurare tutti i parametri delle discontinuità dell'ammasso roccioso necessari per le verifiche di stabilità dei fronti attualmente coltivati. Sono stati eseguiti due stendimenti, la cui ubicazione (vedi planimetria in calce alla relazione) è stata scelta in modo da campionare le giaciture dei fronti in parola. Peraltro nel corso degli anni erano già state effettuate altre campagne di rilevamento geostrutturale a ridosso dei fronti di coltivazione.

Sia dall'analisi visiva delle aree rilevate in questa sede che dal confronto coi precedenti studi inerenti la stabilità, non è stato possibile individuare delle zone evidentemente disomogenee dal punto di vista geomeccanico.

Per ogni discontinuità incontrata lungo gli stendimenti sono stati determinati, oltre alla giacitura ed all'inclinazione, la lunghezza, la spaziatura, la natura del riempimento, la eventuale presenza di acqua e la scabrezza (mediante pettine di Barton).

Tutti i dati rilevati lungo gli stendimenti sono riassunti nelle tabelle riportate in appendice.

L'analisi storica della stabilità dei fronti presenti nell'attuale bacino minerario rivela condizioni piuttosto favorevoli, sia per quello che riguarda i fronti attualmente in fase di coltivazione che quelli in abbandono. I fronti coltivati presentano valori piuttosto bassi sia per quanto riguarda l'altezza che l'acclività. Essi vengono abbandonati con pendenze assolutamente cautelative (circa 55°÷60°) ed il pendio è interrotto da berme di stabilizzazione.

3.2 Parametri geotecnici

3.2.1 Campagne di rilevamento

Il substrato roccioso affiorante nel bacino minerario è stato indagato – sotto il profilo geotecnico – durante un’ampia campagna di rilevamento avvenuta nel 1999. Nel 2017 è stata condotta – a ridosso del substrato attualmente coltivato – un’ulteriore campagna di indagini al fine di riverificare la bontà di quanto estrapolato diciotto anni prima e meglio definire i parametri geomeccanici alla luce delle ultime normative in materia. Tali studi hanno portato alla definizione piuttosto precisa e cautelativa dei parametri geomeccanici che caratterizzano le litologie oggetto dei lavori di estrazione.

PARAMETRI GEOMECCANICI DELLE DISCONTINUITÀ

L’angolo di attrito delle discontinuità è stato ricavato mediante la relazione empirica di Barton, introducendo i valori di JRC (Joint Roughness Coefficient) e JCS (Joint Compressive Strength), ottenuti dalle misure di rugosità e dalle prove con il martello di Schmidt, quest’ultime opportunamente corrette in funzione dell’inclinazione della discontinuità sulla quale sono state eseguite le serie di prove. Per ottenere la resistenza a compressione monoassiale della roccia è stato utilizzato uno sclerometro di tipo N. I valori di resistenza a compressione così ottenuti, sono stati poi correlati a quelli ottenibili con uno sclerometro di tipo L per poterli utilizzare nelle diverse relazioni elaborate per questo sclerometro. In particolare, è stata utilizzata la relazione di Katz et al. (2000) per correlare la lettura al rimbalzo di uno sclerometro N con la resistenza a compressione monoassiale. Le indagini sopradescritte consentirono di ricavare un angolo di attrito lungo le discontinuità di 38° , una coesione c'_k pari a 15 kPa ed un peso di volume di 22 kN/m^3 .

Tutti i dati rilevati lungo gli stendimenti ed i parametri da essi ricavati sono riassunti nelle tabelle riportate in appendice.

PARAMETRI GEOMECCANICI DELL’AMMASSO ROCCIOSO

La struttura di un ammasso roccioso è assimilabile ad un sistema multicorpo a diverso grado di separazione. Le caratteristiche meccaniche sono condizionate da quelle della matrice lapidea e da quelle delle discontinuità. Per quanto riguarda il Flysch della Val Luretta, per la determinazione dei parametri meccanici è stata utilizzata la metodologia basata sull’indice GSI. L’Indice GSI si basa su osservazioni geologiche sul terreno, la struttura e natura della roccia, la sua storia geologica. Tale classificazione è stata introdotta da Hoek e collaboratori (Hoek, 1994; Hoek *et alii*, 1995; Hoek & Brown, 1997) e successivamente perfezionata per includere ammassi di qualità scarsa, rocce eterogenee e stratificate (Hoek *et alii*, 1998; Marinos & Hoek, 2000, 2001; Marinos *et alii*, 2005) e

ofioliti (Marinos *et alii*, 2006). La valutazione dell'Indice GSI per le rocce eterogenee si basa sull'uso del grafico riportato nella figura seguente.

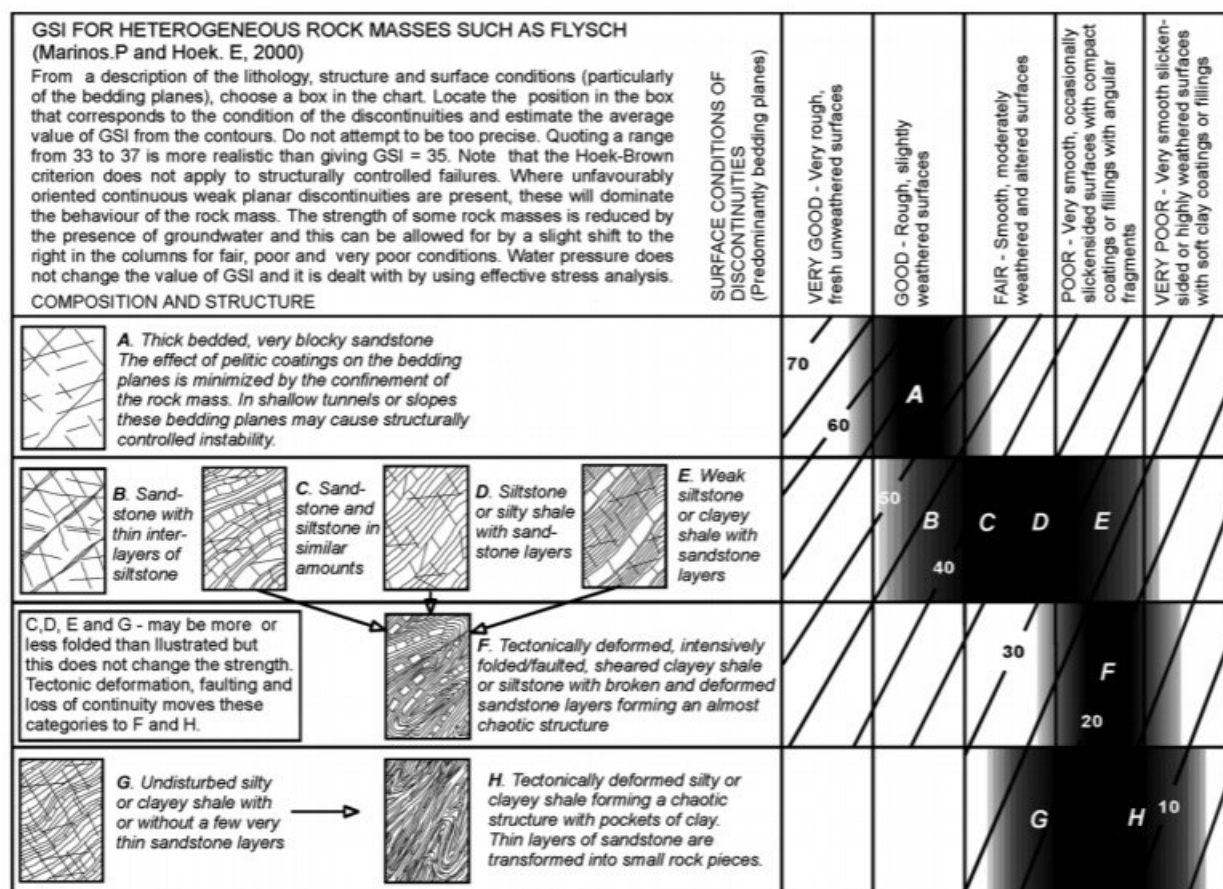


Figura 3.1: Stima del valore del GSI.

Determinato l'Indice GSI è possibile ricavare mediante una serie di relazioni empiriche la resistenza alla compressione di un ammasso roccioso ed altri parametri (Hoek *et alii*, 1995). Hoek e collaboratori hanno infatti proposto un involucro di rottura empirico per ammassi rocciosi fratturati, definito come:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} [m_b (\sigma'_3/\sigma_{ci}) + s]^a$$

dove σ'_1 e σ'_3 sono il massimo e il minimo sforzo principale efficace a rottura, m_b , s , a sono costanti che dipendono dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso, σ_{ci} è la resistenza a compressione semplice di un provino di roccia intatta.

I valori di σ_{ci} e m_i possono essere determinati da prove di laboratorio, oppure estrapolati da apposite tabelle (vedi figura seguente).

L'Indice GSI permette di stimare la riduzione delle proprietà meccaniche di un ammasso in differenti contesti geologici. Una volta che l'Indice GSI è stato calcolato, i vari parametri possono essere calcolati in quanto:

$$m_b = m_i \exp [(GSI - 100)/28]$$

Per ammassi di qualità abbastanza buona con $GSI > 25$ (come nel nostro caso) si ha:

$$s = \exp [(GSI - 100)/9] \quad a = 0,5$$

Grade*	Term	Uniaxial Comp. Strength (MPa)	Point Load Index (MPa)	Field estimate of strength	Examples
R6	Extremely Strong	> 250	>10	Specimen can only be chipped with a geological hammer	Fresh basalt, chert, diabase, gneiss, granite, quartzite
R5	Very strong	100 - 250	4 - 10	Specimen requires many blows of a geological hammer to fracture it	Amphibolite, sandstone, basalt, gabbro, gneiss, granodiorite, peridotite, rhyolite, tuff
R4	Strong	50 - 100	2 - 4	Specimen requires more than one blow of a geological hammer to fracture it	Limestone, marble, sandstone, schist
R3	Medium strong	25 - 50	1 - 2	Cannot be scraped or peeled with a pocket knife, specimen can be fractured with a single blow from a geological hammer	Concete, phyllite, schist, siltstone
R2	Weak	5 - 25	**	Can be peeled with a pocket knife with difficulty, shallow indentation made by firm blow with point of a geological hammer	Chalk, claystone, potash, marl, siltstone, shale, rocksalt,
R1	Very weak	1 - 5	**	Crumbles under firm blows with point of a geological hammer, can be peeled by a pocket knife	Highly weathered or altered rock, shale
R0	Extremely weak	0.25 - 1	**	Indented by thumbnail	Stiff fault gouge

Rock type	Class	Group	Texture	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates (21 ± 3) Breccias (19 ± 5)	Sandstones 17 ± 4	Siltstones 7 ± 2 Greywackes (18 ± 3)	Claystones 4 ± 2 Shales (6 ± 2) Marls (7 ± 2)
		Carbonates	Crystalline Limestone (12 ± 3)	Sparitic Limestones (10 ± 2)	Micritic Limestones (9 ± 2)	Dolomites (9 ± 3)
	Non-Clastic	Evaporites		Gypsum 8 ± 2	Anhydrite 12 ± 2	
		Organic				Chalk 7 ± 2
METAMORPHIC	Non Foliated		Marble 9 ± 3	Hornfels (19 ± 4) Metasandstone (19 ± 3)	Quartzites 20 ± 3	
	Slightly foliated		Migmatite (29 ± 3)	Amphibolites 26 ± 6		
	Foliated*		Gneiss 28 ± 5	Schists 12 ± 3	Phyllites (7 ± 3)	Slates 7 ± 4
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32 ± 3 25 ± 5 Granodiorite (29 ± 3)	Diorite (16 ± 5)		
		Dark	Gabbro 27 ± 3 Norite 20 ± 5			
	Hypabyssal		Porphyries (20 ± 5)		Diabase (15 ± 5)	Peridotite (25 ± 5)
	Volcanic	Lava		Rhyolite (25 ± 5) Andesite 25 ± 5	Dacite (25 ± 3) Basalt (25 ± 5)	Obsidian (19 ± 3)
		Pyroclastic	Agglomerate (19 ± 3)	Breccia (19 ± 5)	Tuff (13 ± 5)	

* Grade according to Brown (1981).
** Point load tests on rocks with a uniaxial compressive strength below 25 MPa are likely to yield highly ambiguous results.

Figura 3.2: Stima della resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} e stima del valore della costante m_i . I valori in parentesi sono stime approssimative.

Per la determinazione dei parametri della massa rocciosa è stato utilizzato il software RocLab implementato da Rocscience. Si tratta di un programma basato sulla più recente versione del criterio generalizzato di rottura di Hoek-Brown che permette agli utenti di ottenere facilmente stime precise ed affidabili sulle proprietà delle masse rocciose. Nel caso in parola è stato assunto $GSI=55$, $\sigma_{ci}=75$ Mpa, $m_i=12$ ed il Modulo di compressione della roccia intatta è stato stimato pari a 37500 Mpa.

Per i valori di input sopradescritti si ricava un angolo di attrito dell'ammasso roccioso di $33,5^\circ$ ed una coesione c'_k pari a 4,3 MPa (vedi grafici nella figura seguente).

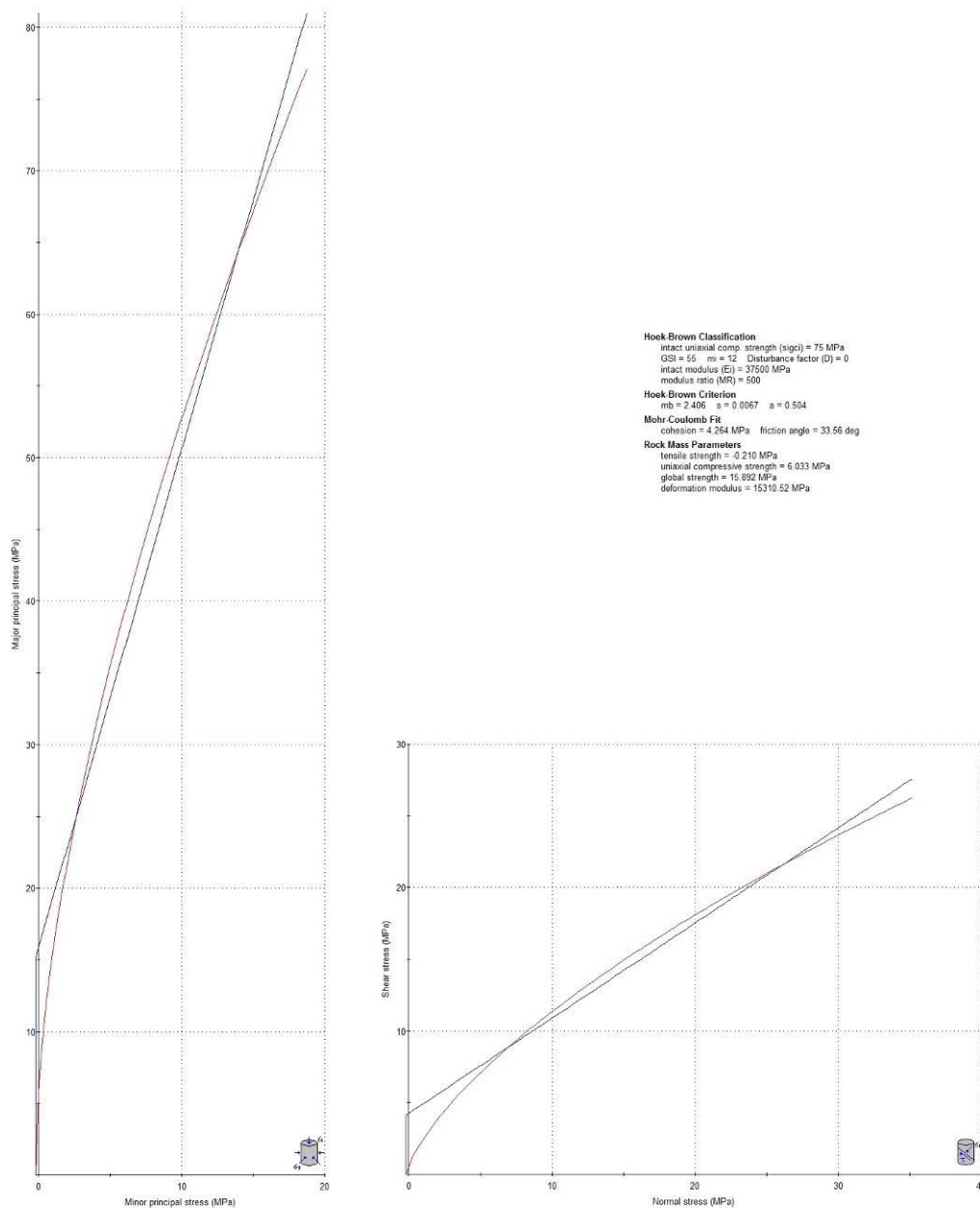


Figura 3.3: Calcolo dell'angolo di attrito e della coesione dell'ammasso roccioso con RocLab.

PARAMETRI GEOMECCANICI DELLA FORMAZIONE TERROSA DI COPERTURA

Il giacimento risulta coperto, per quanto riguarda il cantiere Albarola, da una potente coltre di terreni ascrivibili al Sintema di Costamezzana. Nel 2006 fu condotta una campagna di indagini al fine di ricavare i parametri geotecnici che caratterizzano tali terre, ed in particolar modo l'orizzonte dove è presente una frazione argillosa che influenza maggiormente le condizioni di stabilità. Furono prelevati due campioni, rappresentativi della tipologia di terreno presente nell'area. Tali campioni furono consegnati al laboratorio GEOTER di Torino. Furono eseguite l'analisi granulometrica, la determinazione delle caratteristiche di plasticità e la prova di taglio diretto (vedi certificati allegati alla Parte III della presente relazione). Quest'ultima fu eseguita su campioni ricostituiti. Da tali analisi risultò che la zona indagata era caratterizzata dalla presenza di materiale limo-sabbioso

debolmente ghiaioso, con abbondante frazione argillosa. La densità risultò essere pari a 17 kN/m^3 , la coesione media 20-30 kPa e l'angolo di attrito medio di 23.5° . Al fine di verificare la bontà e l'attualità di tali parametri desunti in laboratorio, nel mese di Ottobre 2020 è stata condotta un'ulteriore campagna di indagini penetrometriche in situ. Le prove sono state eseguite da Citiemme Srl di Torino, che vanta una notevole esperienza nel campo delle indagini geognostiche eseguite tramite Standard Continuous Penetration Test (SCPT). La coltre terrosa è stata esaminata sia a ridosso della porzione intonsa, sia in corrispondenza della porzione utilizzata per ritombare il fondo del sito minerario. Il rapporto certificativo delle indagini è interamente riportato nella Parte III della presente relazione.

3.2.2 Criteri di verifica

In accordo con le N.T.C. 2018, le verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) devono rispettare la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

L'effetto delle azioni e la resistenza sono espressi in funzione delle azioni di progetto ($\gamma_F F_k$), dei parametri di progetto ($X_F \gamma_M$) e della geometria di progetto (a_d). L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica allo Stato Limite Ultimo (SLU) dei fronti di scavo, secondo le N.T.C. 2018, comporta l'applicazione dell'approccio progettuale 1, combinazione 2, nel seguente modo:

Approccio 1 – Combinazione 2: (A2+M2+R2)

I valori dei coefficienti parziali A2 e M2 (vedi Tabelle 6.2.I e 6.2.II – N.T.C. 2018) della combinazione 2 sono riportati nei prospetti che seguono, mentre il valore del Fattore di Sicurezza (uguale a γ_R) è da assumersi pari a 1.1 in condizioni statiche e 1.2 in condizioni sismiche pseudo-statiche.

Tabella 3.4: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale	EQU	(A1)	(A2)
		γ_F (o γ_M)		STR	GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali (*)	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(*) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 3.5: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Parametro	Grandezza	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
		γ_M		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coazione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.00

Le N.T.C. 2018, per le analisi di stabilità in condizioni sismiche, ammettono il ricorso a metodi pseudo-statici. Secondo quanto esplicitato dalla normativa, le verifiche pseudo-statiche se eseguono ponendo pari a 1.0 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici impiegando, come detto, un coefficiente parziale γ_R pari a 1.2.

Per la determinazione dei coefficienti sismici si rimanda al precedente capitolo della relazione, di cui si riportano i valori calcolati per lo stato limite ultimo SLV:

$$k_h = 0.0448$$

$$k_v = \pm 0.0224$$

Per le analisi in esame è stato assunto come criterio di resistenza il criterio di Mohr-Coulomb, i cui parametri di resistenza di progetto sono stati calcolati dal rapporto dei valori caratteristici di coazione e tangente dell'angolo di attrito, ottenuti dalla caratterizzazione geotecnica di cui al par. 3.2.2, per il coefficiente $\gamma_M = 1.25$:

$$c'_d = \frac{c'_k}{1.25} \qquad \tan \phi'_d = \frac{\tan \phi'_k}{1.25}$$

I valori dei parametri di resistenza di progetto adottati nei calcoli di verifica per le varie discontinuità per l'unità geotecnica relativa alle miniere Albarola e Canova, sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.6: parametri di resistenza caratteristici e di progetto delle discontinuità

c'_k (kPa)	c'_d (kPa)	ϕ'_k (°)	ϕ'_d (°)
15	12	38	32

Tabella 3.7: parametri di resistenza caratteristici e di progetto dell'ammasso roccioso

c'_k (MPa)	c'_d (MPa)	ϕ'_k (°)	ϕ'_d (°)
4,3	3,4	33,5	27,9

Infine al peso di volume (22 kN/m^3) è stato assegnato un coefficiente parziale moltiplicativo pari a 1.

Per quanto riguarda l'orizzonte terroso che ricopre il giacimento, ipotizzando che il letto si collochi mediamente a quota $290 \div 295 \text{ m s.l.m.}$ ed abbia un andamento sub-orizzontale (contatto verificato in situ e durante le campagne di prospezione geologica effettuate nel 2011 e 2020), esso ha una potenza pari a 30-40 m. Tali terreni sono caratterizzati dalla presenza locale di lenti argillitiche e/o conglomeratiche. I valori dei parametri di resistenza di progetto adottati nei calcoli di verifica per il substrato in parola, sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.8: parametri di resistenza caratteristici e di progetto della terra di copertura

c'_k (kPa)	c'_d (kPa)	ϕ'_k (°)	ϕ'_d (°)
25	20	23.5	19

3.3 Dinamiche di rottura

3.3.1 Analisi per cunei di roccia

Quando si hanno più sistemi di discontinuità diversamente orientate, tali discontinuità possono intersecarsi e formare un cuneo di roccia che può dar luogo a un meccanismo tridimensionale di rottura: questa è la situazione tipica a cui possono essere imputati i casi di dissesto di fronti di escavazione. L'analisi di stabilità dei cunei di roccia è stata eseguita mediante il programma di calcolo "CLU_STAR", prodotto dalla Società Geo & Soft di Torino, opportunamente verificato e confrontato con altri metodi di calcolo. I volumi, espressi in m^3 , indicati nelle tabelle che riepilogano i risultati delle analisi di stabilità dei vari fronti, si riferiscono al potenziale cuneo isolato dalle due famiglie prese in considerazione. Il programma sovrastima tali cubature in quanto prende in considerazione solo due sistemi per volta; in questo modo due sistemi sub-ortogonali al fronte e con direzione di immersione opposta possono generare cunei teoricamente molto grandi. In

realtà i potenziali blocchi sono isolati da più di due discontinuità; nel nostro caso ad esempio quelli a franapoggio o a reggipoggio riducono le dimensioni dei cunei generati da sistemi ortogonali al fronte. Per ovviare a tale inconveniente s'è ipotizzata la presenza di un *tension crack* parallelo al fronte.

Le discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, i fronti di scavo e la stratificazione sono stati rappresentati sul equatoriale equiareale di Schmidt sotto forma di cerchi meridiani e di aree a isodensità dei poli dei piani (di seguito allegati).

3.3.2 Scivolamento planare in roccia

Le frane di traslazione implicano un moto lineare verso valle lungo discontinuità strutturali quali faglie, giunti, etc. I fenomeni di scivolamento planare si verificano in roccia in presenza delle seguenti condizioni:

- L'inclinazione del pendio deve essere maggiore della potenziale superficie di scivolamento.
- La potenziale superficie di scivolamento deve affiorare sul pendio.
- L'inclinazione della potenziale superficie di scivolamento deve vincere le forze stabilizzanti (angolo di attrito) agenti sulla superficie della discontinuità.
- L'immersione della superficie di scivolamento deve avere una giacitura approssimativamente variabile entro un range di $\pm 20^\circ$ rispetto all'immersione del pendio.

L'analisi di stabilità per scivolamento planare è stata eseguita mediante il programma G.M.S. di GeoStru. Tale software ha lo scopo di rappresentare ed elaborare il rilievo geo-strutturale di discontinuità di ammassi rocciosi eseguito in sito secondo le raccomandazioni ISRM. La verifica della possibilità di rottura di un cuneo di roccia nel quale lo scorrimento avviene lungo la linea di intersezione tra due discontinuità planari è stata effettuata con il test di Markland. Il fattore di sicurezza del pendio dipende dalla inclinazione della linea di intersezione, dalla resistenza a taglio della superficie della discontinuità e dalla geometria del cuneo. Il caso limite si verifica quando il cuneo degenera in un piano, cioè i due piani hanno inclinazione ed immersione coincidenti e quando la resistenza a taglio di questo piano è dovuta solo all'attrito.

3.3.3 Ribaltamento (toppling) di blocchi rocciosi

Cedimenti per ribaltamento legati alla gravità possono avere luogo in rocce interessate da superfici di discontinuità planari e parallele tra loro, con direzione circa parallela a quella del versante e immersione opposta al versante (reggipoggio). Le superfici di discontinuità individuano blocchi

stratiformi o colonnari che possono ruotare e ribaltarsi verso il basso. Si avranno fenomeni di ribaltamento al verificarsi delle seguenti condizioni:

- Le discontinuità devono avere un'inclinazione maggiore dell'angolo di attrito per tali superfici.
- Le superfici di discontinuità hanno la stessa direzione del versante o comunque ne differiscono di $\pm 30^\circ$.
- Le superfici di discontinuità sono a reggipoggio, cioè hanno direzione di immersione opposta a quella del versante.
- Il versante risulta sufficientemente inclinato. In pratica, se l'inclinazione delle discontinuità è δ , allora il ribaltamento con pendio inclinato α può avvenire solo se $(90^\circ - \delta) + \phi < \alpha$, dove ϕ è l'angolo di attrito interno.

L'analisi di stabilità per scivolamento planare è stata eseguita mediante il programma ROCK TOPPLE (implementato da Bryan Tatone ed il Geomechanics Group presso la University of Toronto). Si tratta di un software interattivo basato sul metodo di ribaltamento dei blocchi ideato da Goodman e Bray (1976). Una volta inseriti i dati geotecnici caratterizzanti il pendio, il programma elabora un'analisi probabilistica della distribuzione del fattore di sicurezza.

3.3.4 Franamenti in terreni coesivi

Le frane nei terreni coesivi sono il risultato di una serie di processi che provocano il distacco di porzioni di tali terreni, che cadono a opera della forza di gravità. Solitamente la massa distaccata si muove lungo una superficie. Un versante è stabile finché alla forza di gravità si oppone la resistenza interna del materiale stesso e le forze coesive. Diversi fattori, naturali e non, possono alterare questo equilibrio di forze e originare una frana. L'escavazione è uno di questi fattori.

Al fine di verificare la stabilità delle scarpate di scavo è stato usato il programma I.L.A. 32, prodotto dalla Società Geo & Soft di Torino. I.L.A. è dedicato alla verifica della stabilità dei pendii multistrati ed alla progettazione delle opere di sostegno.

La verifica della stabilità può essere eseguita utilizzando i metodi classici di Bishop, Jambu, Morgenstern e Price, Bell ed il metodo di analisi proposto da S. Sarma e sviluppato da E. Hoek. Le superfici di scivolamento possono essere definite per famiglie circolari o piane oppure singolarmente ed avere quindi forma qualsiasi.

I calcoli si riferiscono alla verifica di stabilità di una scarpata per la quale ci si prefigge di determinare il livello di sicurezza posseduto. Ciò si attua attraverso il calcolo del coefficiente di

sicurezza inteso come rapporto fra forze stabilizzanti ed instabilizzanti. Dette forze derivano dai parametrici geotecnici, dalla geometria del profilo topografico, dalla conformazione dei vari strati e dalle azioni esterne, che presumibilmente possono agire, quali quelle imposte dalla normativa connesse alle zone sismiche. I calcoli relativi si esplicitano in corrispondenza di determinate porzioni del substrato, individuate dal tecnico, nelle quali si può, responsabilmente, ipotizzare l'insorgenza di superfici di scorrimento. In queste si procederà al calcolo delle forze resistive che si oppongono a quelle che tendono a produrre instabilità. Il rapporto di queste entità, come precedentemente affermato, definisce il coefficiente di sicurezza che, in condizioni di stabilità, deve risultare maggiore dell'unità (stato di equilibrio limite). È giusto pertanto accertare che tale parametro risulti superiore al limite anzidetto con un margine di sicurezza sufficientemente elevato.

In aderenza a quanto precedentemente esposto, si è proceduto alla verifica della scarpata di scavo in prossimità del fronte di altezza massima dove insistono attualmente i lavori di asportazione del substrato terroso, adottando la metodologia di Sarma e facendo passare le ipotetiche superfici di scivolamento circolari al piede del pendio.

4 VERIFICHE DI STABILITÀ

4.1 Descrizione delle aree indagate

4.1.1 Cantiere Albarola

Il cantiere Albarola è stato monitorata dal punto di vista geomeccanico dai tecnici della Buzzi Unicem a partire dal 1999. Il substrato roccioso affiorante nel bacino minerario è stato indagato – sotto il profilo geotecnico – nel corso di cinque campagne di rilevamento avvenute rispettivamente nel 1999, 2006, 2017, 2019 e 2020. Tali studi hanno portato alla definizione delle famiglie di discontinuità che pervadono l'ammasso e dei parametri geomeccanici che caratterizzano le litologie oggetto dei lavori di estrazione. In totale sono stati eseguiti quattordici stendimenti, la cui ubicazione (vedi planimetria in calce) consente una buona copertura areale del bacino minerario. Per ogni discontinuità incontrata lungo gli stendimenti sono stati determinati, oltre alla giacitura ed all'inclinazione, la lunghezza, la spaziatura, la natura del riempimento, la eventuale presenza di acqua e la scabrezza (mediante pettine di Barton).



Fotografia 4.1: particolare del fronte di coltivazione rilevato a quota 251 m slm, (Stendimento 1/2020) nel settore occidentale del cantiere Albarola.

Nel corso del terzo millennio, i lavori di coltivazione si sono concentrati fra i settori occidentale e meridionale del sito fra le quote 208 e 295 m s.l.m. In questi settori non si riscontra la presenza di alcun fenomeno di instabilità macroscopico, ad eccezione di un tratto di gradone lungo circa 30 m di quota 232 m s.l.m., che si trova da tempo in condizioni di abbandono temporaneo. In particolare, si è verificato un affossamento del piano di campagna ed uno scollamento degli strati a valle del gradone stesso. La ragione è probabilmente da ricercarsi nella presenza di vuoti nell'ammasso roccioso dovuti alla pregressa attività estrattiva che avveniva in sotterraneo. Per il resto è possibile verificare otticamente le condizioni di fronti in condizione di riposo da lustri lunghi fino a 750 metri, la cui realizzazione è cominciata nello scorso millennio. Tale periodo è sufficientemente lungo per valutare il comportamento delle scarpate in abbandono in un substrato come quello oggetto di coltivazione. In effetti in tutta l'area indagata non si osserva alcun tipo di dissesto o di cedimento dovuto a fenomeni di gravitativi a ridosso delle scarpate, se non qualche blando riaggiustamento del profilo quando il fronte è interessato dagli strati meno consistenti del flysch.

L'elaborazione dei dati ha reso possibile la suddivisione dell'area di coltivazione in domini strutturali omogenei. Il confronto dei vari studi ha infatti consentito di individuare, all'interno del bacino minerario, la presenza di una struttura plicativa sinclinalica, il cui asse ha direzione NO-SE (vedi planimetria in calce). Al di sopra di tale lineamento la stratificazione immerge in direzione SSO, mentre al di sotto gli strati immergono verso NNE.



Fotografia 4.2: individuazione dell'asse della piega individuata nel cantiere Albarola.

Come anticipato, il giacimento risulta coperto da una potente coltre di terreni. Il contatto tra il substrato roccioso e la soprastante copertura ha andamento sub-orizzontale e risulta ubicato mediamente alla quota di 295 m s.l.m.. La caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte in parola è stata eseguita mediante il prelievo di campioni in situ e conseguente analisi in un laboratorio specializzato. Negli immediati dintorni del sito minerario si osserva una situazione di generale stabilità a ridosso dei versanti impostati nei terreni ascrivibili al Sintema di Costamezzana. Per quello che riguarda il perimetro minerario, le operazioni di asportazione e rimodellamento della coltre terrosa potrebbe portare a fenomeni di instabilità localizzati, che vanno evitati attraverso una corretta pratica di cantiere.



Fotografia 4.3: ripresa laterale dell'orizzonte terroso che ricopre la Formazione della Val Luretta nel cantiere Albarola.

4.1.2 Cantiere Canova

Il cantiere Canova risulta monitorato dal punto di vista geomeccanico dai tecnici della Buzzi Unicem a partire dal 2003. Sotto questo punto di vista, il substrato roccioso ivi affiorante è stato indagato nel corso di cinque campagne di rilevamento avvenute rispettivamente nel 2003, 2007, 2017, 2019 e 2020. Nell'area in esame la serie flyshoide ha un andamento monoclinale, e gli strati immergono in direzione ESE. Le discontinuità che pervadono l'ammasso sono state individuate con una buona precisione. In totale sono stati eseguiti sette stendimenti, la cui ubicazione (vedi planimetria in calce) copre l'intera area sinora coltivata. Anche in questo caso per ogni discontinuità incontrata lungo gli stendimenti sono stati determinati, oltre alla giacitura ed all'inclinazione, la lunghezza, la spaziatura, la natura del riempimento, la eventuale presenza di acqua e la scabrezza (mediante pettine di Barton).

Negli ultimi 17 anni, i lavori di coltivazione hanno riguardato tutti i settori del bacino minerario in oggetto, e non è mai stata riscontrata la presenza di alcun fenomeno di instabilità.

4.2 Esito delle verifiche – Situazione attuale

Le analisi effettuate in situ individuano nell'area in coltivazione un substrato calcareo-marnoso intervallato da strati siltosi e strati calcarenitici, con angolo di attrito interno ϕ di circa 38° , coesione di 15 KN/m^2 , massa volumica dell'ammasso γ pari a 22 KN/m^3 . Si tratta di valori nell'insieme favorevoli alla stabilità delle scarpate.

4.2.1 Cantiere Albarola – Situazione attuale – Settore Nord e Nord-Ovest

Per verificare la stabilità dei fronti attualmente in coltivazione nel settore N e NO del bacino minerario di Albarola sono stati utilizzati i dati rilevati negli stendimenti 1÷4/1999, 1/2017, 1/2019 e 1/2020. Comparando le varie campagne di rilevamento in sito, è stato possibile identificare cinque famiglie di discontinuità, i cui dati sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4.4 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Strat	207.0	59.0	8.63
2 – Gnt	98.0	67.0	11.92
3 – Gnt	37.0	41.0	2.25
4 – Gnt	289.0	70.0	1.17
5 – Gnt	326.0	57.0	1.05

SETTORE NORD E NORD-OVEST – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Per il fronte di miniera avente geometria più sfavorevole dal punto di vista della stabilità, è stata riscontrata una situazione di generale equilibrio sia in condizioni sismiche, sia in condizioni statiche. Viene individuato un solo potenziale cuneo di roccia disposto a franapoggio, il cui valore del fattore di sicurezza risulta ben al di sopra del valore di equilibrio limite.

Tabella 4.5 – GEOMETRIA DEL FRONTE

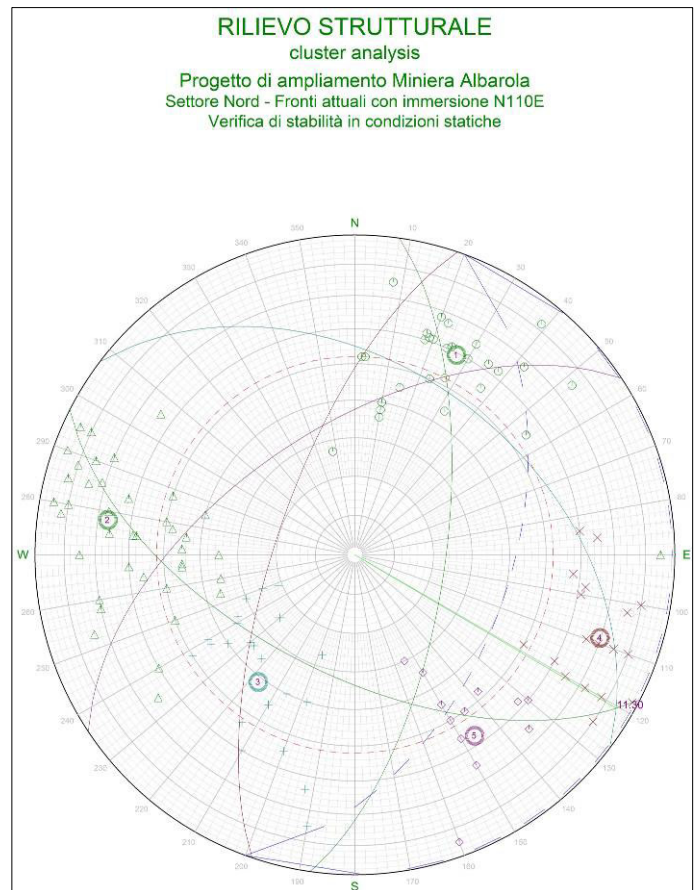
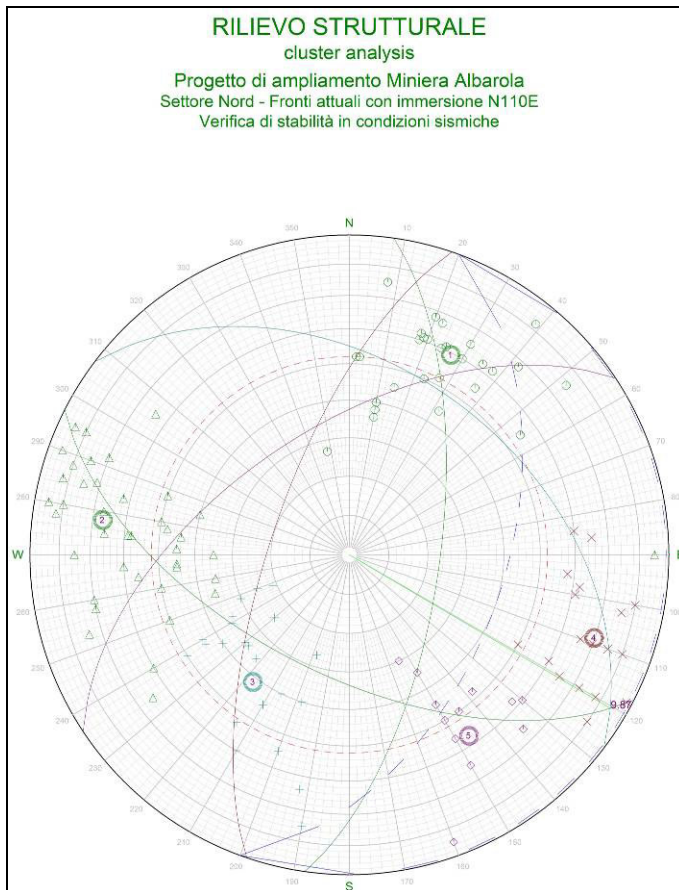
Inclinazione fronte [°]	50.00
Immersione fronte [°]	110.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	110.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	9.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	110.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.6 – FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
207.0	59.0	SI	37.0	41.0	SI	9.87	612.51

Tabella 4.7 – FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
207.0	59.0	SI	37.0	41.0	SI	11.30	612.51



SETTORE NORD E NORD-OVEST – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per il fronte di miniera avente immersione N110E ed inclinazione di 50°, non si verificano le condizioni chiarite nel secondo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Sono pertanto da escludersi fenomeni di scivolamento planare.

SETTORE NORD E NORD-OVEST – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

A ridosso del tratto di fronte esaminato, la famiglia di giunti n.3 (37/41) n.4 (289/70) soddisfano le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Le verifiche effettuate escludono però fenomeni di toppling.

Input Parameters

Overall Slope Geometry (Fixed Values)

Slope Height, H (m)	10
Slope Angle, ψ_s (°)	50
Top Angle, ψ_{ts} (°)	1
Dip Direction of Slope, α_s (°)	10

Discontinuity Orientations

	Mean Dip (°)	Mean Dip Dir. (°)	Fisher Constant (K1)
Set A (base plane set), ψ'_s, α'_s	41	37	50
Set B (sub-vertical set), ψ''_s, α''_s	70	293	25

Rock Mass Characteristics

	Mean Value	Distribution Type	Standard Deviation
Spacing Set A (m), S_A	0.85	Lognormal	0.15
Spacing Set B (m), S_B	0.35	Lognormal	0.3
Friction Angle of Set A (°), ϕ_A	38	Normal	2.5
Friction Angle of Set B (°), ϕ_B	38	Normal	2.5
Unit Weight of Rock (kN/m³), γ_{rock}	22	Fixed	0
Unit Weight of Water (kN/m³), γ_{water}	9.8	Fixed	0

External Loads

Seismic Coefficient (g)	0.0458	Fixed	0
Pore Pressure (%)	0%	Fixed	5%

☐ Apply Toe Block Support

☒ Bot Blocks Together

Monte Carlo Trials = 5000

Preview of Mean Slope Geometry

Note: The cross-section is orthogonal to the dip direction of the slope. Therefore the depicted dips of set A & B are apparent.

4.2.2 Cantiere Albarola – Situazione Attuale – Settore Ovest e Sud-Ovest

Per verificare la stabilità dei fronti attualmente in coltivazione nel settore sud-occidentale del bacino estrattivo sono stati comparati i dati rilevati negli stendimenti 1/2006, 2/2017 e 2/2019. Da tali rilevamenti è stato possibile desumere la presenza di cinque famiglie di discontinuità, i cui dati sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4.8 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Gnt	124.0	71.0	5.22
2 – Strat	31.0	58.0	8.83
3 – Gnt	260.0	57.0	1.02
4 – Gnt	187.0	74.0	0.74
5 – Gnt	183.0	26.0	0.40

Nella situazione attuale nel settore in parola i fronti hanno un'altezza massima di 9 metri, un'inclinazione di 45÷50° ed immersione da NNE ad E.

SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE EST – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Per le geometrie caratterizzanti il fronte analizzato, le varie famiglie di discontinuità isolano in questo caso tre cunei di roccia disposto a franapoggio, il cui valore di F_s emerso in fase di verifica risulta ampiamente rassicurante.

Tabella 4.9 - GEOMETRIA DEL FRONTE

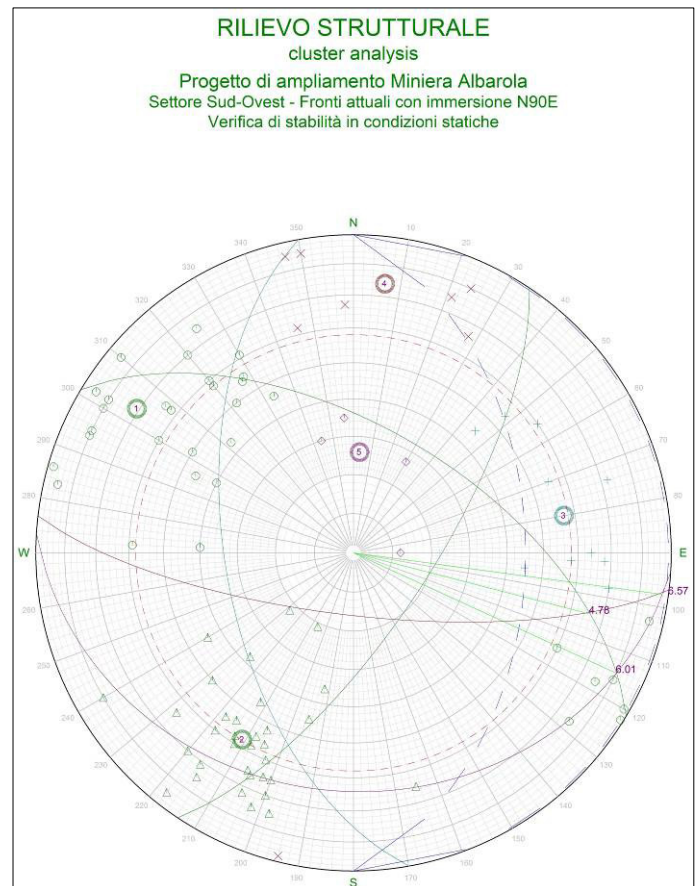
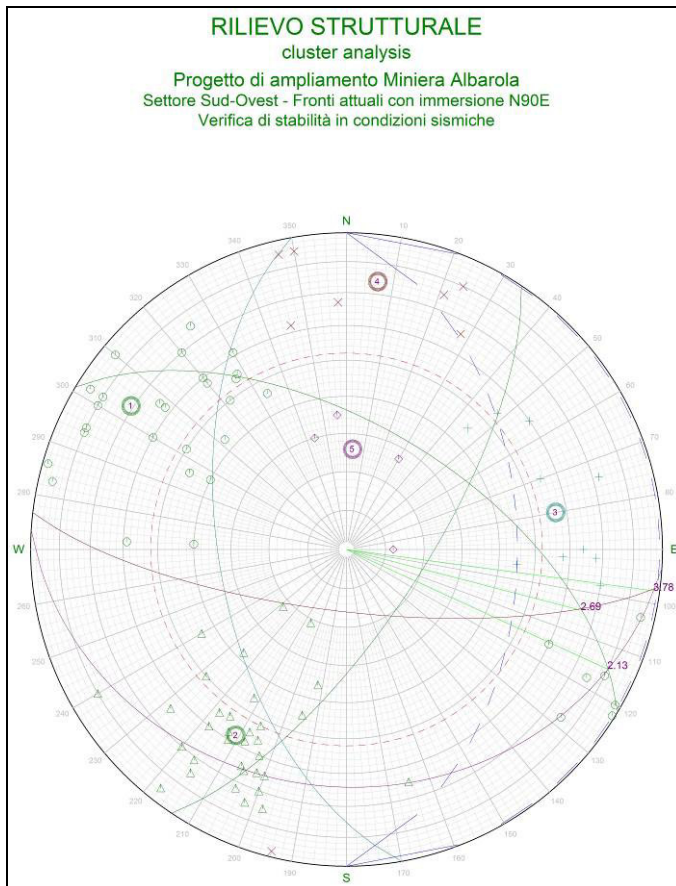
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	90.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	90.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	9.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	90.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	± 0.0205

Tabella 4.10 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	2.69	55.08
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	2.13	370.58
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	3.78	364.99

Tabella 4.11 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	4.78	55.08
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	6.01	370.58
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	6.57	364.99



SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE EST – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per il fronte di miniera avente immersione N90E ed inclinazione di 45°, non si verificano le condizioni di cui al secondo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Non sono pertanto possibili fenomeni di scivolamento planare.

SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE EST – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

A ridosso del tratto di fronte esaminato, le famiglie di giunti n.3 (260/57) e n.5 (183/26) soddisfano le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. È stata pertanto effettuata un’apposita verifica, e la probabilità di toppling risulta del tutto improbabile.

Input Parameters

Overall Slope Geometry (Fixed Values)

Slope Height, H (m)	9
Slope Angle, ψ_s (°)	45
Top Angle, ψ_{ts} (°)	1
Dip Direction of Slope, α_s (°)	90

Discontinuity Orientations

	Mean Dip (°)	Mean Dip Dir. (°)	Fisher Constant (K)
Set A (base plane set), ψ'_a, α'_a	36	183	50
Set B (sub-vertical set), ψ'_b, α'_b	57	260	25

Rock Mass Characteristics

	Mean Value	Distribution Type	Standard Deviation
Spacing Set A (m), S_a	2.5	Lognormal	0.15
Spacing Set B (m), S_b	0.98	Lognormal	0.3
Friction Angle of Set A (°), ϕ'_a	38	Normal	2.5
Friction Angle of Set B (°), ϕ'_b	38	Normal	2.5
Unit Weight of Rock (kNm ⁻³), γ_{rock}	22	Fixed	0
Unit Weight of Water (kNm ⁻³), γ_{water}	9.8	Fixed	0

External Loads

Seismic Coefficient (g)	0.0458	Fixed	0
Pore Pressure (%)	0%	Fixed	5%

☐ Apply Toe Block Support

☒ Bolt Blocks Together

Monte Carlo Trials = 5000

Preview of Mean Slope Geometry

Note: The cross-section is orthogonal to the dip direction of the slope. Therefore the depicted dips of set A & B are apparent.

Validate Data and Run Monte Carlo Simulation

SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Per il fronti di miniera misurabili in questo settore del bacino minerario, è stata riscontrata una situazione di generale equilibrio. Viene individuato un solo potenziale cuneo di roccia disposto a franapoggio, il cui valore del fattore di sicurezza risulta molto al di sopra del valore di equilibrio limite.

Tabella 4.12 - GEOMETRIA DEL FRONTE

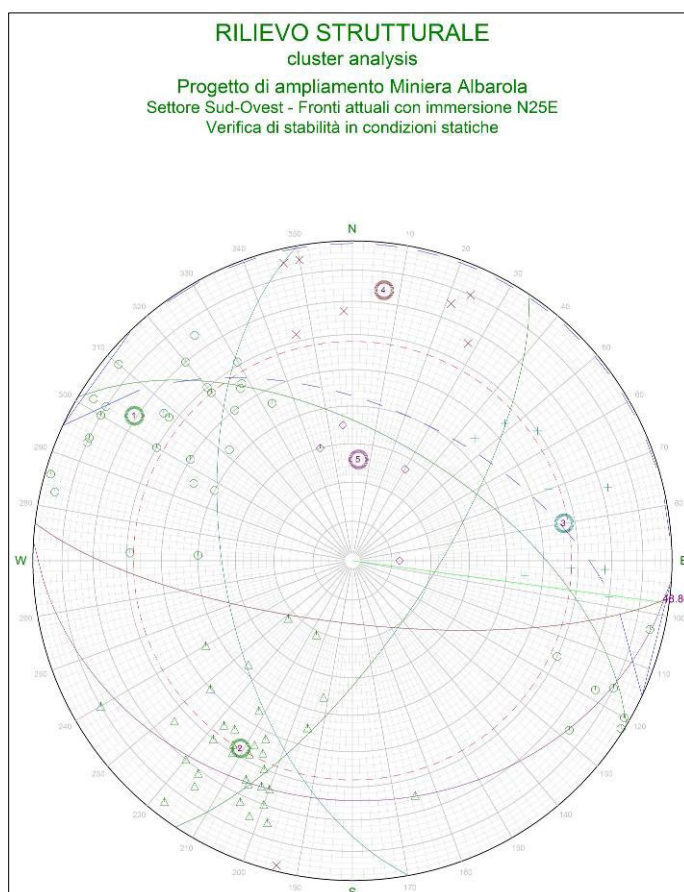
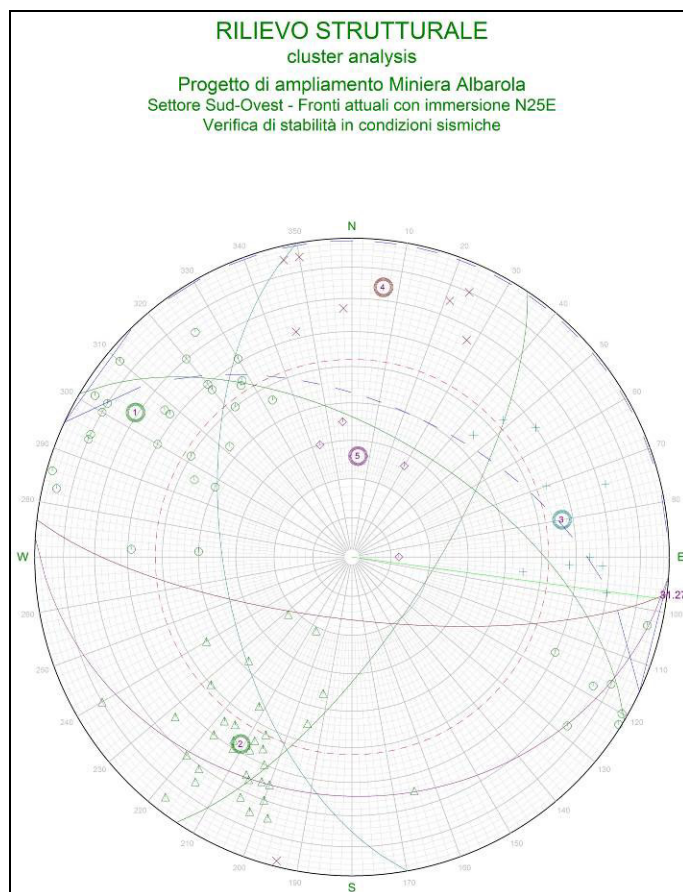
Inclinazione fronte [°]	50.00
Immersione fronte [°]	25.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	25.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	9.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	25.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.13 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	31.27	515.11

Tabella 4.14 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	48.86	515.11

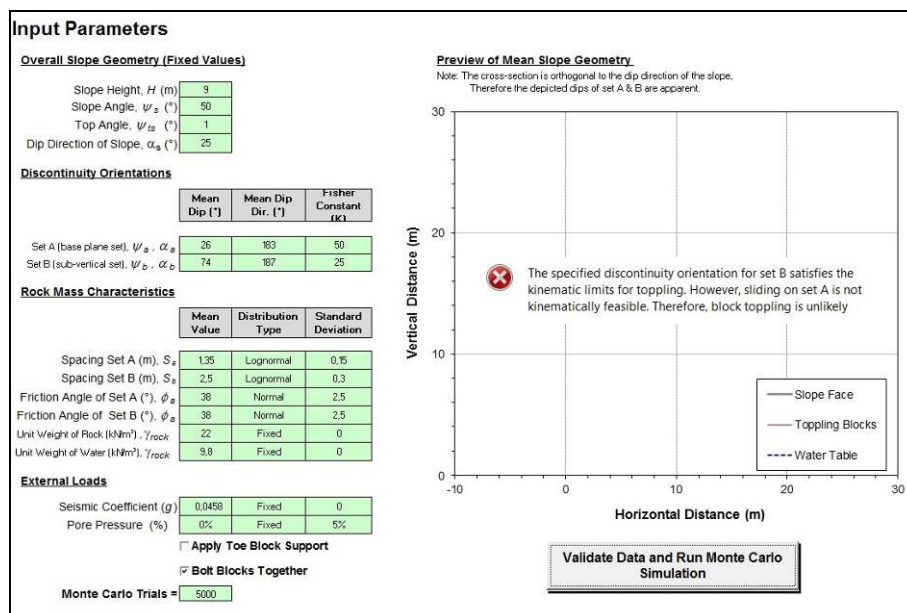


SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera aventi immersione N25E ed inclinazione di 50°, non vengono individuate potenziali superfici di scivolamento planare.

SETTORE OVEST E SUD-OVEST – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

A ridosso del tratto di fronte esaminato, le famiglie di giunti n.4 (187/74) e n.5 (183/26) soddisfano le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. La simulazione effettuata testimonia l'estrema improbabilità del verificarsi di fenomeni di ribaltamento a ridosso del fronte esaminato.



4.2.3 Cantiere Albarola – Situazione attuale – Settore meridionale e Sud-Orientale

Per verificare la stabilità dei fronti attualmente in coltivazione nel settore meridionale e sud-orientale del cantiere Albarola, sono stati considerati i dati rilevati negli stendimenti 5/1999, 2/2006, 3/2006 e 2/2020. La comparazione dei dati di campagna testimonia la presenza di cinque famiglie di discontinuità, i cui dati sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4.15 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Gnt	92.0	67.0	10.87
2 – Strat	216.0	69.0	4.29
3 – Gnt	7.0	43.0	7.20
4 – Gnt	306.0	67.0	3.98
5 – Gnt	137.0	42.0	0.40

SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE NORD – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella situazione attuale – nel settore in parola – la situazione più sfavorevole si ha per i fronti alti 10 metri ed inclinati di 55°. Per tale geometria si riscontra una situazione di generale equilibrio. Vengono infatti individuati cinque potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, il cui valore di F_s risulta al di sopra del valore minimo imposto dalla normativa vigente.

Tabella 4.16 - GEOMETRIA DEL FRONTE

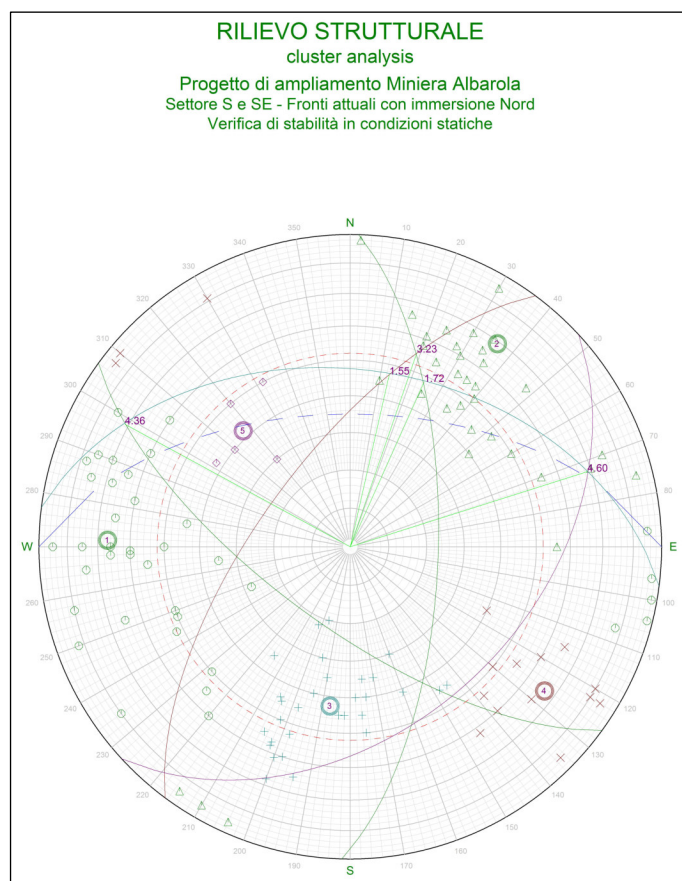
Inclinazione fronte [°]	55.00
Immersione fronte [°]	0.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	0.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	10.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	0.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	± 0.0205

Tabella 4.17 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
92.0	67.0	NO	7.0	43.0	SI	2.01	149.21
92.0	67.0	SI	306.0	67.0	SI	3.77	45.00
216.0	69.0	SI	7.0	43.0	SI	4.78	421.04
7.0	43.0	SI	306.0	67.0	NO	1.80	139.40
7.0	43.0	SI	137.0	42.0	NO	5.42	9.16

Tabella 4.18 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
92.0	67.0	NO	7.0	43.0	SI	1.72	149.21
92.0	67.0	SI	306.0	67.0	SI	3.23	45.00
216.0	69.0	SI	7.0	43.0	SI	4.36	421.04
7.0	43.0	SI	306.0	67.0	NO	1.55	139.40
7.0	43.0	SI	137.0	42.0	NO	4.60	9.16



SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE NORD – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera aventi immergenti in direzione Nord inclinati di 55° , la famiglia di giunti n.3 (7/43) potrebbe generare fenomeni di scivolamento planare. Le verifiche effettuate hanno permesso di estrapolare valori di F_s ampiamente cautelativi.

SCIVOLAMENTO LUNGO UN SINGOLO PIANO – CONDIZIONI SISMICHE

Ipotesi di lavoro: Assenza di forze esterne e di fratture di trazione (fronte superiore piano)

Condizione dinamica Sisma presente

Introduzione dati

Altezza del fronte inferiore (H_{fi})

10 m

Inclinazione del fronte inferiore (I_{fi})

55°

Inclinazione del giunto (I_g)

43°

Peso di volume della roccia

22 kN/mc

Coesione sul giunto - c'_k

15 t/mq

Angolo di attrito sul giunto - ϕ'_k

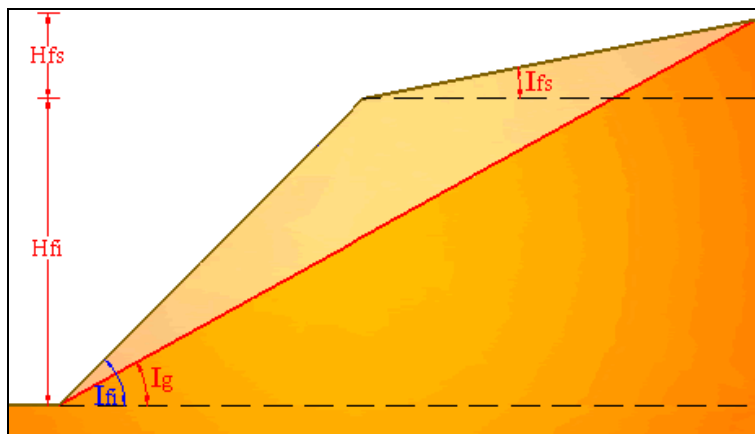
38°

Coefficiente sismico orizzontale - k_h

0.0410

Coefficiente sismico verticale - k_v

0.0205



Risultati:

Lunghezza del piano di scivolamento	14.663 m
Peso del cuneo di distacco	409.378 t/m
Forza di inerzia orizzontale azione sismica	16.784 t/m
Forza di inerzia verticale azione sismica	8.392 t/m
Forze stabilizzanti	444.915 t/m
Forze destabilizzanti	297.194 t/m
Fattore di sicurezza	1.497

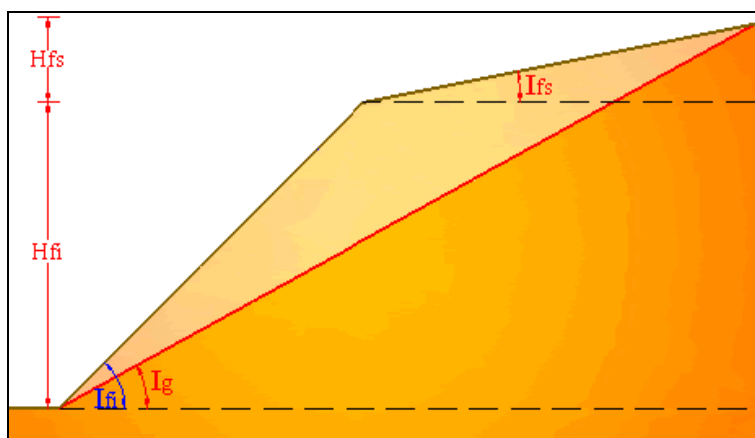
SCIVOLAMENTO LUNGO UN SINGOLO PIANO – CONDIZIONI STATICHE

Ipotesi di lavoro: Assenza di forze esterne e di fratture di trazione (fronte superiore piano)

Condizione dinamica Sisma assente

Introduzione dati

Altezza del fronte inferiore - H_{fi}	10 m
Inclinazione del fronte inferiore - I_{fi}	55°
Inclinazione del giunto - I_g	43°
Peso di volume della roccia	22 kN/mc
Coesione sul giunto ridotta - c'_d	12 t/mq
Angolo di attrito sul giunto ridotto - ϕ'_d	32°



Risultati:

Lunghezza del piano di scivolamento	14.663 m
Peso del cuneo di distacco	409.377 t/m
Forze stabilizzanti	363.039 t/m
Forze destabilizzanti	279.195 t/m
Fattore di sicurezza	1.300

SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE NORD – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per le caratteristiche geometriche del fronte in parola, non vi sono famiglie di discontinuità che soddisfino le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Sono pertanto da escludersi fenomeni di toppling.

SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE N320E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella situazione attuale – nel settore in parola – la situazione più sfavorevole si ha per i fronti alti 8 metri ed inclinati di 51°. Per la geometria pocanzi descritta si riscontra una situazione stabile. Viene individuato un solo potenziale cuneo di roccia disposto a franapoggio, il cui valore del fattore di sicurezza risulta ampiamente cautelativo.

Tabella 4.19 - GEOMETRIA DEL FRONTE

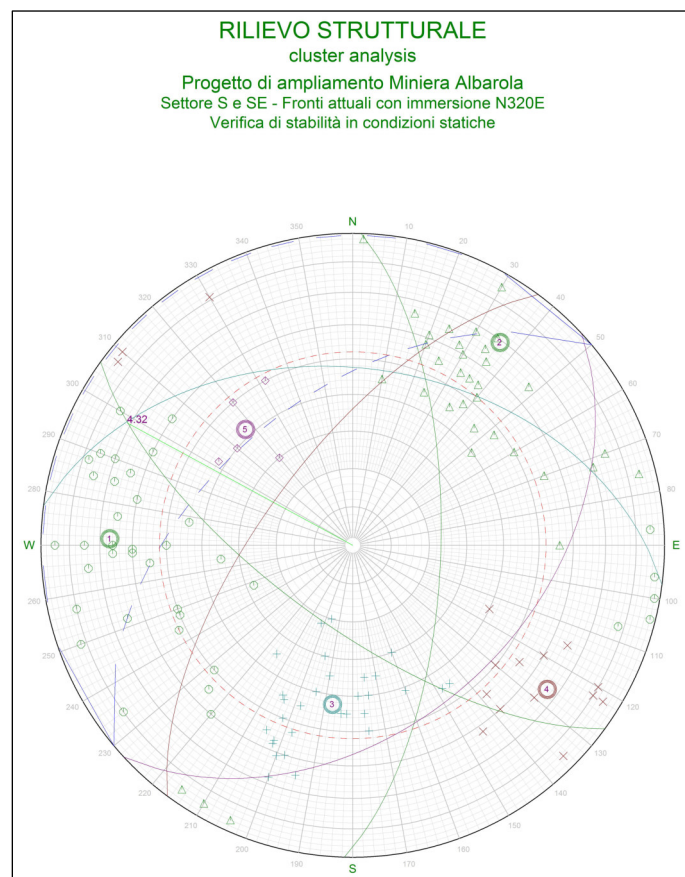
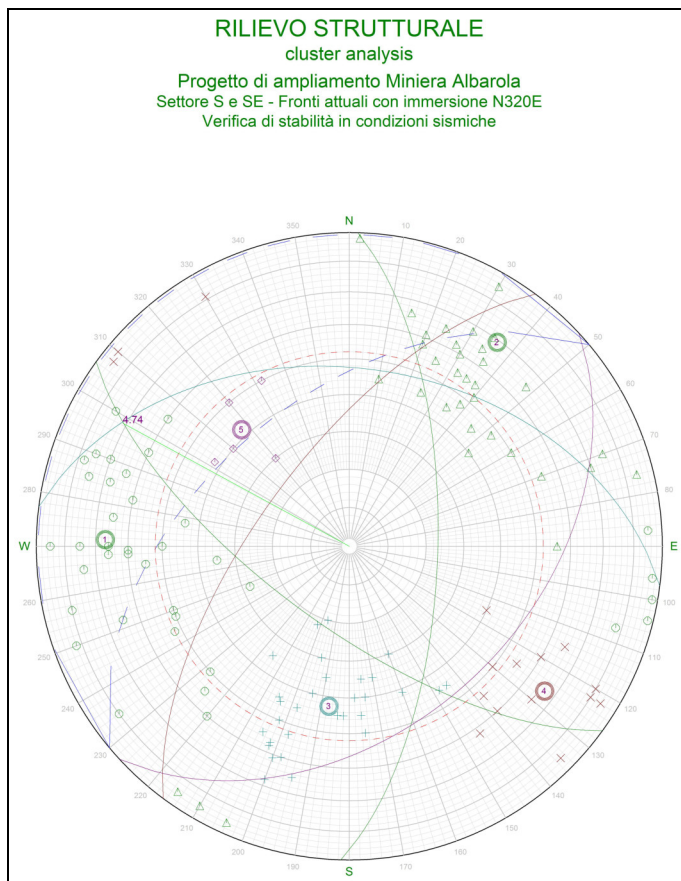
Inclinazione fronte [°]	51.00
Immersione fronte [°]	320.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	320.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	8.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	320.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.20 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
216.0	69.0	SI	7.0	43.0	SI	4.74	126.29

Tabella 4.21 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
216.0	69.0	SI	7.0	43.0	SI	4.32	126.29



SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE N320E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera immergenti in direzione N320E inclinati di 51° , non si verificano condizioni geometriche tali da generare fenomeni di scivolamento planare. Il cinematismo in parola è pertanto da escludere.

SETTORE MERIDIONALE E SUD-ORIENTALE – FRONTE CON IMMERSIONE N320E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per le caratteristiche geometriche del fronte in esame, non vi sono famiglie di discontinuità che soddisfino le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Sono pertanto da escludersi fenomeni di ribaltamento di blocchi.

4.2.4 Cantiere Canova – Situazione Attuale – Settore Nord-Ovest

L'unico fronte ad ora coltivato si trova nel settore nord-occidentale del sito a ridosso del gradone di quota 433 m s.l.m.. La roccia si presenta in bancate calcareo-marnose di colore giallo crema non molto fratturate, saltuariamente intervallate da sottili interstrati pelitici. Il tratto di fronte indagato ha un'altezza di circa 5 m, e le superfici delle discontinuità presentano sovente patine rossastre dovute a fenomeni di ossidazione.

Per verificare la stabilità del fronte in coltivazione nel settore NO del bacino minerario sono stati utilizzati i dati rilevati lungo lo stendimento 1/2020, che sono andati ad integrare quanto misurato nel cantiere Canova nel corso delle precedenti campagne di rilievo geostrutturale. Nel sito in esame è stata verificata la presenza di sei famiglie di discontinuità, i cui dati sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4.22 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Strat	121.0	42.0	2.92
2 – Gnt	252.0	73.0	4.57
3 – Gnt	334.0	83.0	1.61
4 – Gnt	26.0	70.0	1.87
5 – Gnt	191.0	36.0	0.88
6 – Gnt	294.0	34.0	0.39

CANTIERE CANOVA – SETTORE IN FASE DI COLTIVAZIONE – FRONTE CON IMMERSIONE N180E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

L'unico fronte escavato nel cantiere Canova è alto 5 m ed inclinato al massimo di 50° sull'orizzontale. Per tale geometria si riscontra una situazione di generale stabilità. Vengono individuati sei potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, il cui valore di F_s rientra ampiamente nei limiti imposti dalla legislazione vigente.

Tabella 4.23 - GEOMETRIA DEL FRONTE

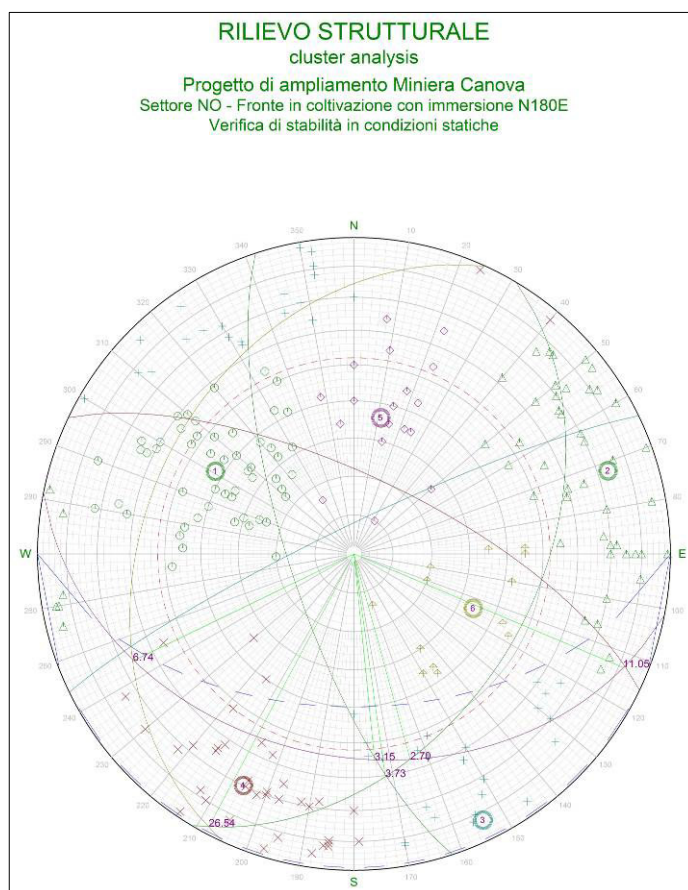
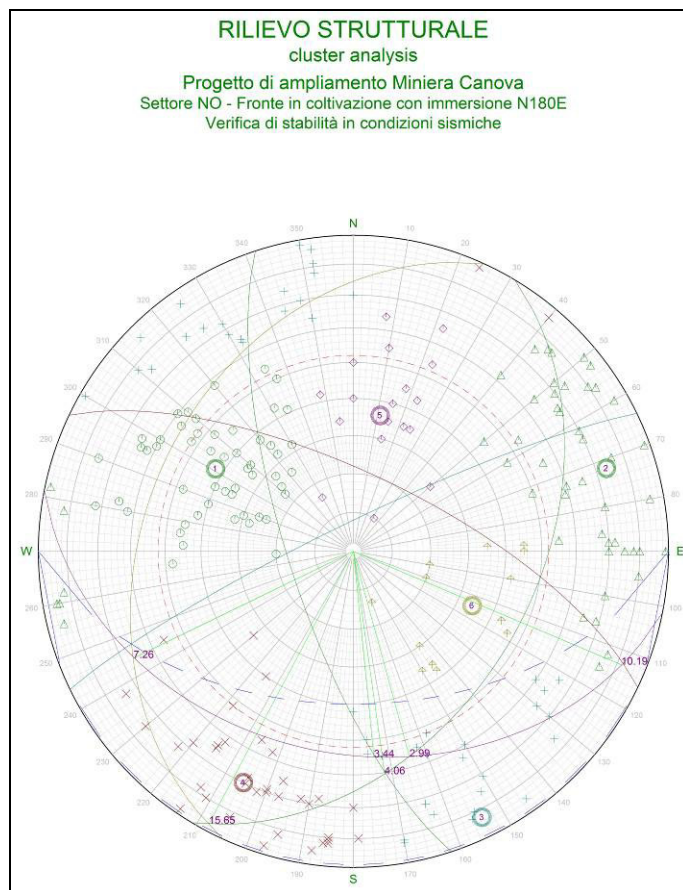
Inclinazione fronte [°]	50.00
Immersione fronte [°]	180.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	180.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	180.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.24 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	252.0	73.0	SI	4.06	14.28
121.0	42.0	SI	191.0	36.0	SI	2.99	47.62
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	15.65	117.32
252.0	73.0	SI	191.0	36.0	SI	3.44	34.34
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	10.19	108.99
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	NO	7.26	2.50

Tabella 4.25 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	252.0	73.0	SI	3.73	14.28
121.0	42.0	SI	191.0	36.0	SI	2.70	47.62
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	26.54	117.32
252.0	73.0	SI	191.0	36.0	SI	3.15	34.34
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	11.05	108.99
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	NO	6.74	2.50

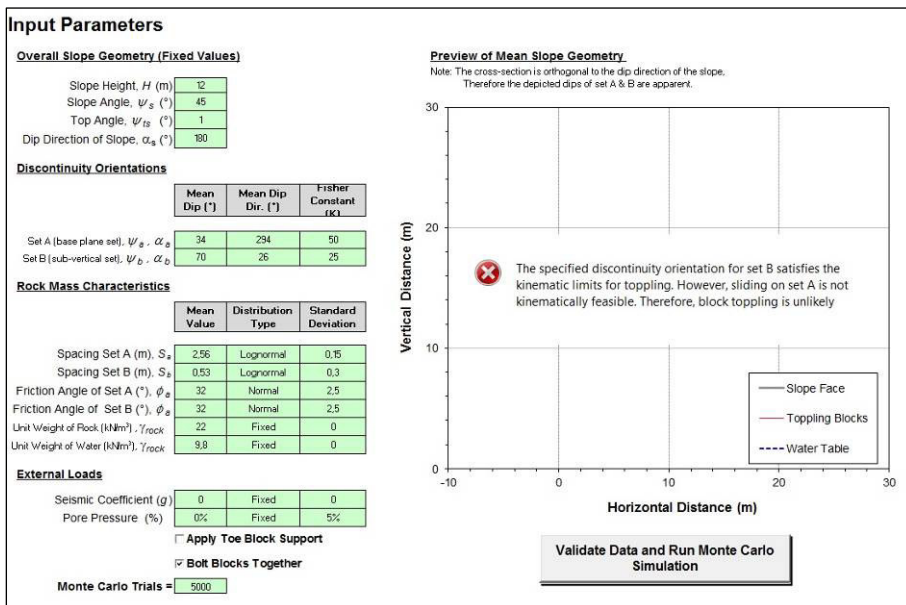
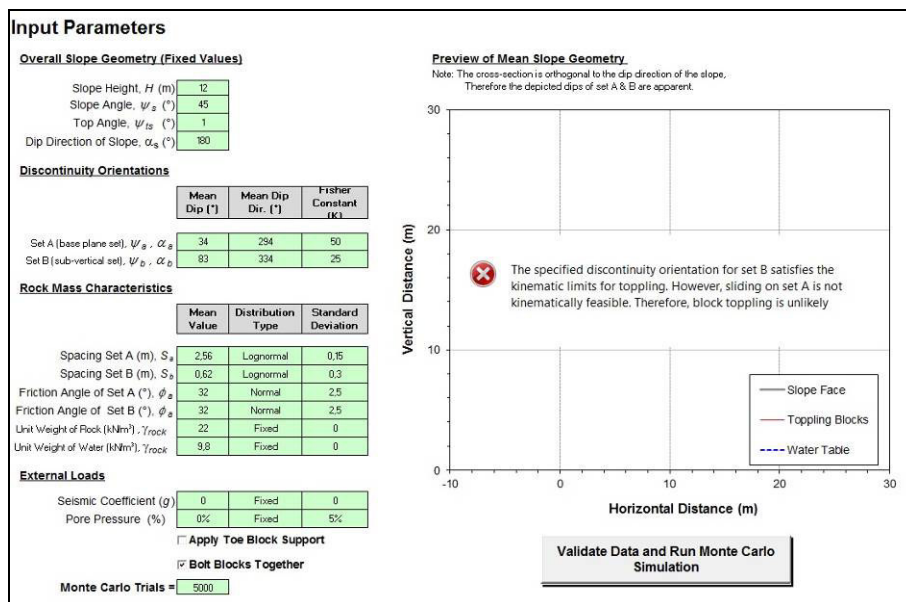


CANTIERE CANOVA – SETTORE IN FASE DI COLTIVAZIONE – FRONTE CON IMMERSIONE N180E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti di miniera immergenti in direzione N180E inclinati di 50°, esaminate le giaciture delle varie famiglie di discontinuità e raffrontatele con la geometria del fronte, si escludono fenomeni dovuti al cinematismo in parola.

CANTIERE CANOVA – SETTORE IN FASE DI COLTIVAZIONE – FRONTE CON IMMERSIONE N180E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti di miniera attualmente coltivati, immergenti in direzione sud con una pendenza di 50° , la famiglia di joints sub-orizzontali n. 6 (294/34) potrebbe dare origine a fenomeni di ribaltamento quando si interseca con la famiglia n.3 (334/83) oppure con la famiglia n.4 (26/70). Le verifiche effettuate accertano però che il block toppling risulta estremamente improbabile.



4.3 Esito delle verifiche – Situazione finale

4.3.1 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Nord e Nord-Ovest

Per la verifica dei fronti di scavo in configurazione finale nel settore N e NO del sito minerario, sono stati utilizzati i dati rilevati negli stendimenti 1÷4/1999, 1/2017, 1/2019 e 1/2020, ovverosia gli stessi dati utilizzati per la verifica dei fronti attuali in quel settore. Le caratteristiche delle famiglie di discontinuità ivi rilevate vengono richiamate nella seguente tabella.

Tabella 4.26 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Strat	207.0	59.0	8.63
2 – Gnt	98.0	67.0	11.92
3 – Gnt	37.0	41.0	2.25
4 – Gnt	289.0	70.0	1.17
5 – Gnt	326.0	57.0	1.05

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N165E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella configurazione finale, i fronti ubicati nel settore settentrionale avranno una pendenza di 45° e un'altezza pari a 12 m, mentre la direzione d'immersione sarà N165E. Per questa configurazione geometrica si riscontra una situazione di generale stabilità. Viene individuato un solo potenziale cuneo di roccia disposto a franapoggio, avente un valore del fattore di sicurezza molto al di sopra del limite minimo imposto dalle norme vigenti.

Tabella 4.27 - GEOMETRIA DEL FRONTE

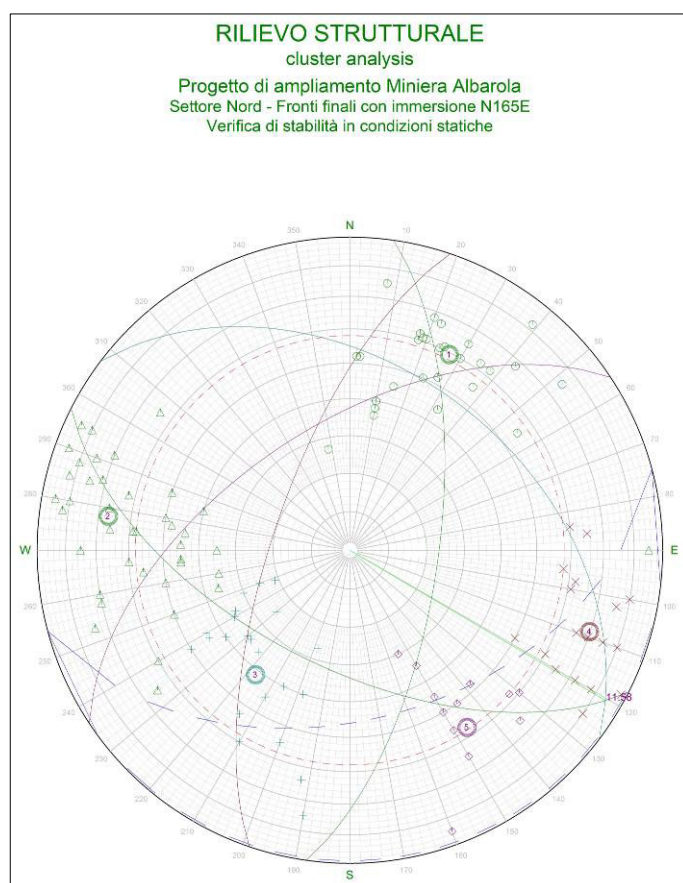
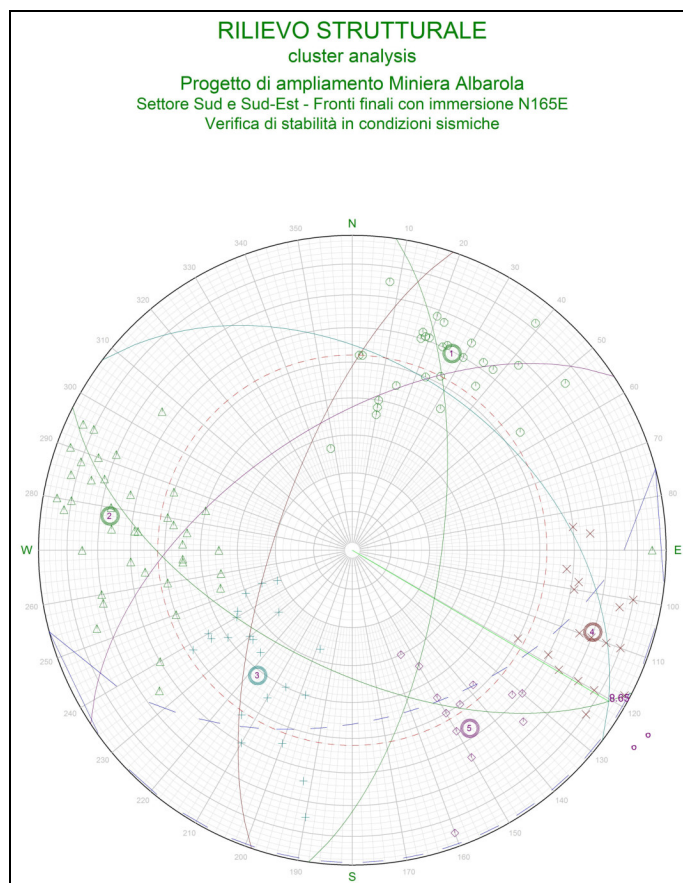
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	165.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	165.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	12.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	165.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.28 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
207.0	59.0	SI	40.0	41.0	SI	8.65	627.09

Tabella 4.29 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
207.0	59.0	SI	40.0	41.0	SI	9.36	627.09



CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N165E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera aventi direzione d'immersione N165E inclinati di 45°, confrontate le giaciture delle varie famiglie di discontinuità con la geometria del fronte, si possono escludere fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N165E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per le caratteristiche geometriche del fronte in parola, le famiglie di discontinuità n.5 (326/57) e n.3 (37/41) soddisfano le potenziali condizioni di innesco di fenomeni di ribaltamento. La verifica di stabilità rivela però che tale dinamismo è estremamente improbabile.

Input Parameters

Overall Slope Geometry (Fixed Values)

Slope Height, H (m)	12
Slope Angle, ψ_s (°)	45
Top Angle, ψ_{ts} (°)	1
Dip Direction of Slope, α_s (°)	165

Discontinuity Orientations

	Mean Dip (°)	Mean Dip Dir. (°)	Fisher Constant (K)
Set A (base plane set), ψ_A, α_A	41	37	50
Set B (sub-vertical set), ψ_B, α_B	57	326	25

Rock Mass Characteristics

	Mean Value	Distribution Type	Standard Deviation
Spacing Set A (m), S_A	0.44	Lognormal	0.15
Spacing Set B (m), S_B	0.95	Lognormal	0.3
Friction Angle of Set A (°), ϕ_A	32	Normal	2.5
Friction Angle of Set B (°), ϕ_B	32	Normal	2.5
Unit Weight of Rock (kN/m³), γ_{rock}	22	Fixed	0
Unit Weight of Water (kN/m³), γ_{water}	9.8	Fixed	0

External Loads

Seismic Coefficient (g)	0	Fixed	0
Pore Pressure (%)	0%	Fixed	5%

☐ Apply Toe Block Support

☒ Bolt Blocks Together

Monte Carlo Trials = 5000

Preview of Mean Slope Geometry

Note: The cross-section is orthogonal to the dip direction of the slope. Therefore the depicted dips of set A & B are apparent.

4.3.2 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Ovest e Sud-Ovest

I fronti in parola verranno a trovarsi ad Ovest della piega che interessa il polo estrattivo denominato Albarola. Come nel caso dei fronti attuali situati in quella zona, sono stati presi in considerazione i dati rilevati lungo gli stendimenti 1/2006, 2/2017 e 2/2019. Le caratteristiche delle famiglie di discontinuità conseguentemente desunte vengono richiamate nella seguente tabella.

Tabella 4.30 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Gnt	124.0	71.0	5.22
2 – Strat	31.0	58.0	8.83
3 – Gnt	260.0	57.0	1.02
4 – Gnt	187.0	74.0	0.74
5 – Gnt	183.0	26.0	0.40

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N110E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella configurazione finale, parte dei fronti ubicati nel settore O e SO avranno una direzione d'immersione di 110° in direzione E. Come tutti i fronti in abbandono, essi saranno alti 12 m ed inclinati di 45° sull'orizzontale. Per la configurazione pocanzi descritta si riscontra una situazione di generale stabilità. Vengono individuati tre potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, il cui valore di F_s risulta ampiamente al di sopra del limite minimo imposto dalle norme vigenti.

Tabella 4.31 - GEOMETRIA DEL FRONTE

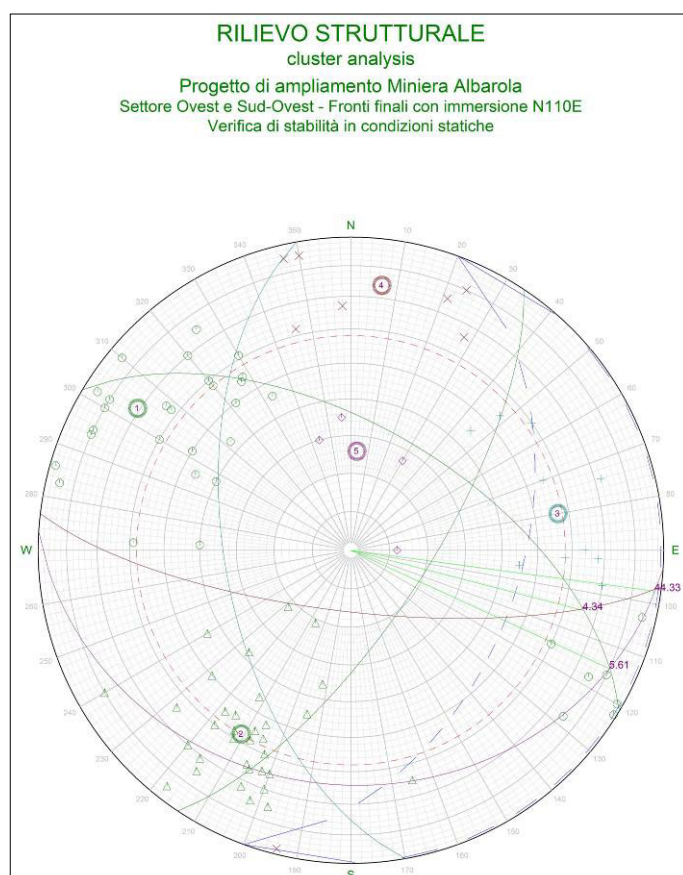
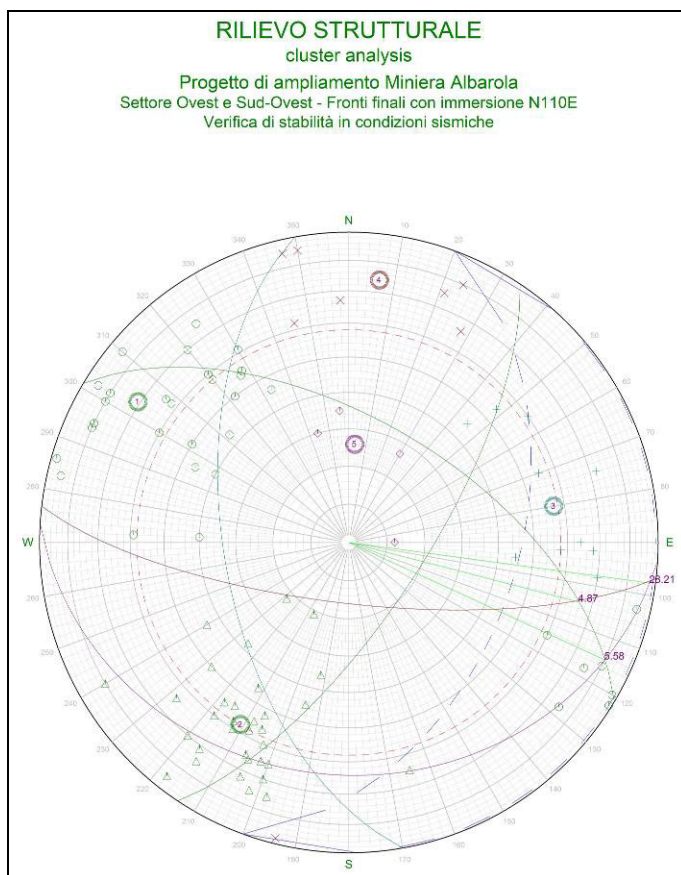
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	110.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	110.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	12.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	110.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.32 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	4.87	119.81
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	5.58	862.35
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	28.21	794.34

Tabella 4.33 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	4.34	119.81
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	5.61	862.35
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	44.33	794.34



CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N110E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti finali di miniera aventi direzione d’immersione N110E inclinati di 45° , non vi sono famiglie di discontinuità che soddisfino le condizioni di cui al secondo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Sono pertanto da escludersi fenomeni di sliding.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N110E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti in abbandono aventi direzione d’immersione N110E ed inclinati di 45° sull’orizzontale, la varie famiglie di discontinuità non soddisfano le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Sono pertanto da escludersi fenomeni di toppling.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N60E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella porzione SO del sito minerario, parte dei fronti in abbandono avranno una direzione d’immersione N60E. L’inclinazione sarà sempre di 45° sull’orizzontale. Per tale configurazione la situazione è stabile. Le verifiche effettuate testimoniano la presenza di tre potenziali cunei rocciosi disposti a franapoggio, tutti con valore di F_s ampiamente rassicurante.

Tabella 4.34 - GEOMETRIA DEL FRONTE

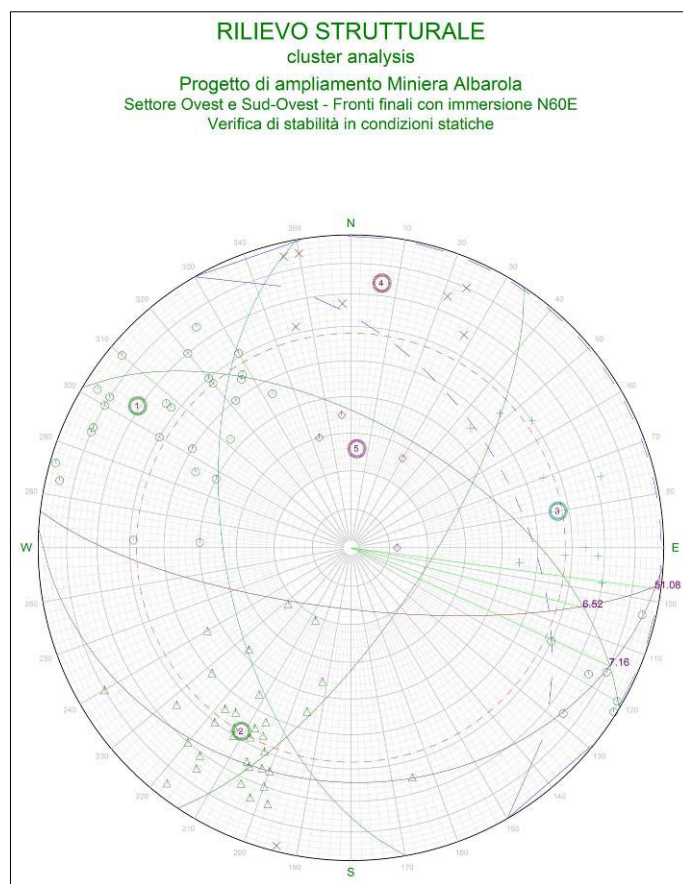
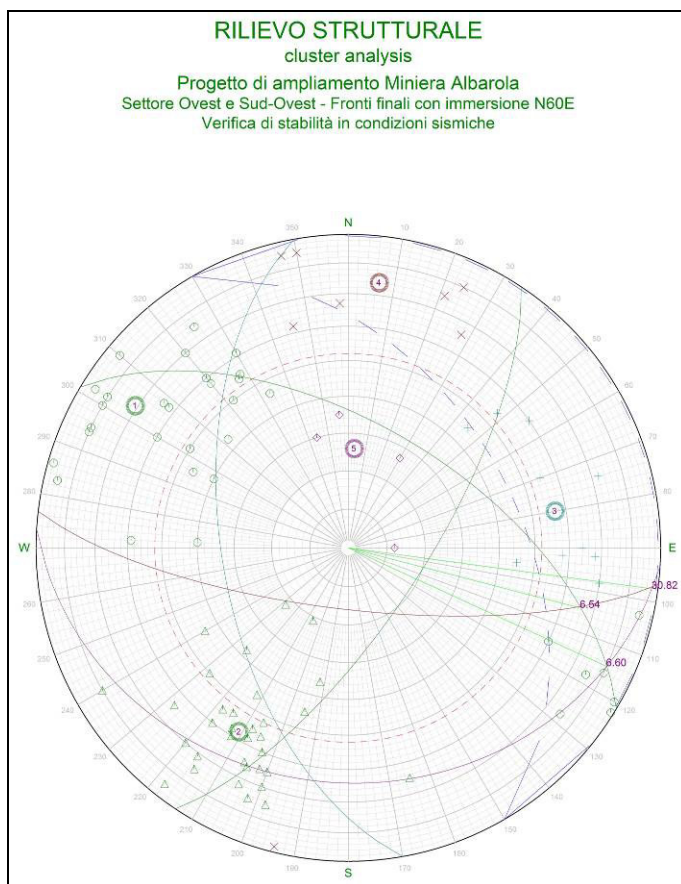
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	60.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	60.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	12.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	60.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.35 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	6.54	79.44
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	6.60	679.80
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	30.82	830.22

Tabella 4.36 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
31.0	58.0	SI	187.0	74.0	SI	6.52	79.44
31.0	58.0	SI	183.0	26.0	SI	7.16	679.80
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	51.08	830.22



CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N60E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera aventi direzione d’immersione N60E inclinati di 45° , confrontate le giaciture delle varie famiglie di discontinuità con la geometria del fronte, si possono escludere fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N60E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

I fronti di miniera aventi direzione d’immersione N60E inclinati di 45° non soddisfano le condizioni di cui al terzo paragrafo del capitolo “Dinamiche di rottura”. Si possono pertanto escludere fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N20E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Sempre nella porzione sud-occidentale del sito minerario, parte dei fronti in abbandono avranno una direzione d’immersione N20E e saranno inclinati di 45° sull’orizzontale. Per tale configurazione le verifiche di stabilità evidenziano una situazione di generale stabilità. Risulta presente un solo potenziale cuneo roccioso disposto a franapoggio, avente un valore del fattore di sicurezza ampiamente cautelativo.

Tabella 4.37 - GEOMETRIA DEL FRONTE

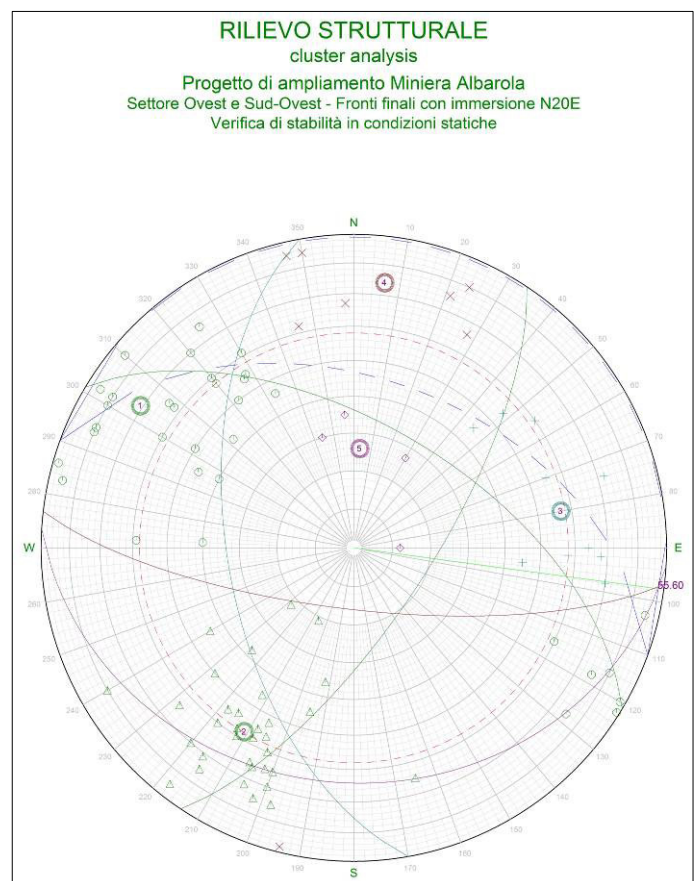
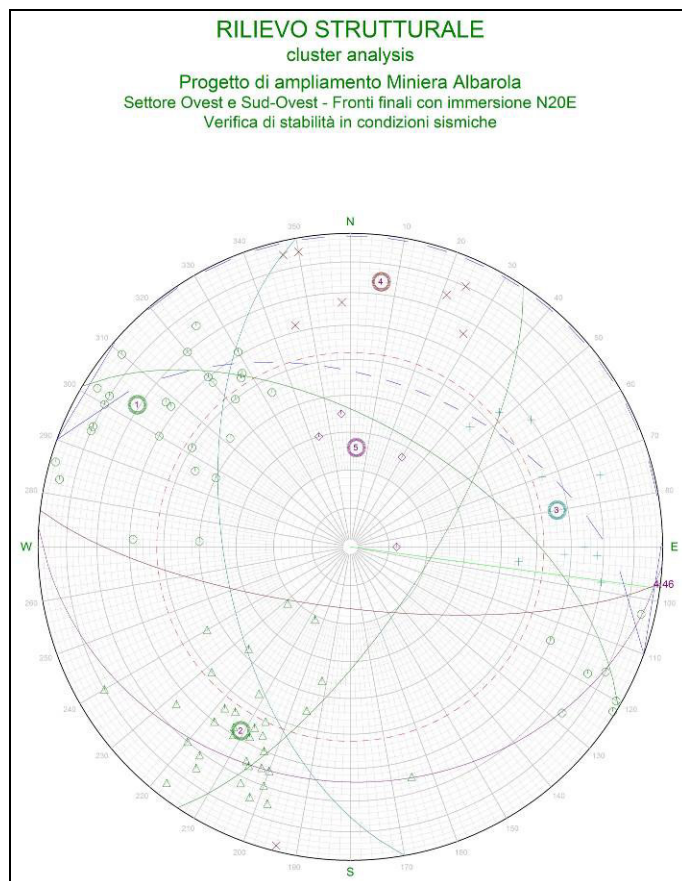
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	20.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	20.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	12.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	20.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	± 0.0205

Tabella 4.38 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	4.46	1430.25

Tabella 4.39 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
187.0	74.0	SI	183.0	26.0	SI	55.60	1430.25

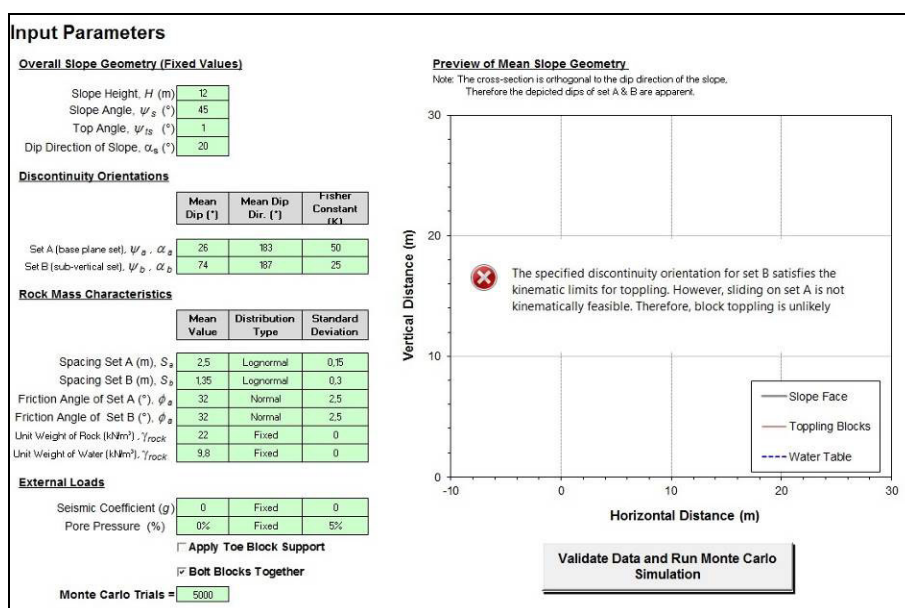


CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N60E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO PLANARE

Per i fronti di miniera aventi direzione d'immersione N20E inclinati di 45°, confrontando le giaciture delle varie famiglie di discontinuità con la geometria del fronte stesso, si possono escludere fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N60E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per le caratteristiche geometriche del fronte in esame, le famiglie di discontinuità n.4 (187/74) e n.5 (183/26) soddisfano le potenziali condizioni di innesco di fenomeni toppling. L'analisi effettuata rivela l'estrema improbabilità del verificarsi di tale dinamismo.



4.3.3 Cantiere Albarola – Situazione Finale – Settore Sud

I fronti finali ubicati nella porzione meridionale dell'area oggetto di progettazione verranno a trovarsi al di sopra della linea di cerniera della piega che interessa il sito minerario. Come nel caso dei fronti attuali situati in quella zona, sono stati presi in considerazione i dati rilevati lungo gli stendimenti 5/1999, 2/2006, 3/2006 e 2/2020. Le famiglie di discontinuità ricavate da tali serie di misurazione sono richiamate nella seguente tabella.

Tabella 4.40 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Strat	211.0	57.0	4.37
2 – Gnt	347.0	42.0	4.24
3 – Gnt	95.0	83.0	5.37
4 – Gnt	71.0	46.0	4.19
5 – Gnt	22.0	61.0	7.99
6 – Gnt	138.0	82.0	2.33

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella situazione finale, nel settore meridionale, i fronti immergeranno in direzione N25E, saranno alti al massimo 12 m ed inclinati di 45° sull'orizzontale. Per tale geometria si riscontra una situazione di generale equilibrio. Vengono infatti individuati quattro potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, il cui valore di F_s risulta ben al di sopra del valore minimo imposto dalla normativa vigente.

Tabella 4.41 - GEOMETRIA DEL FRONTE

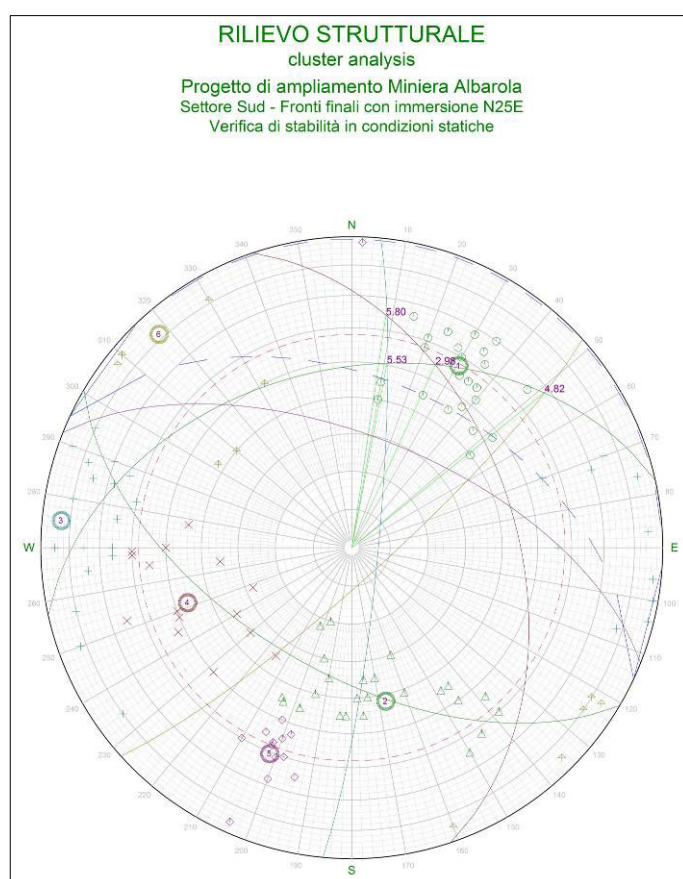
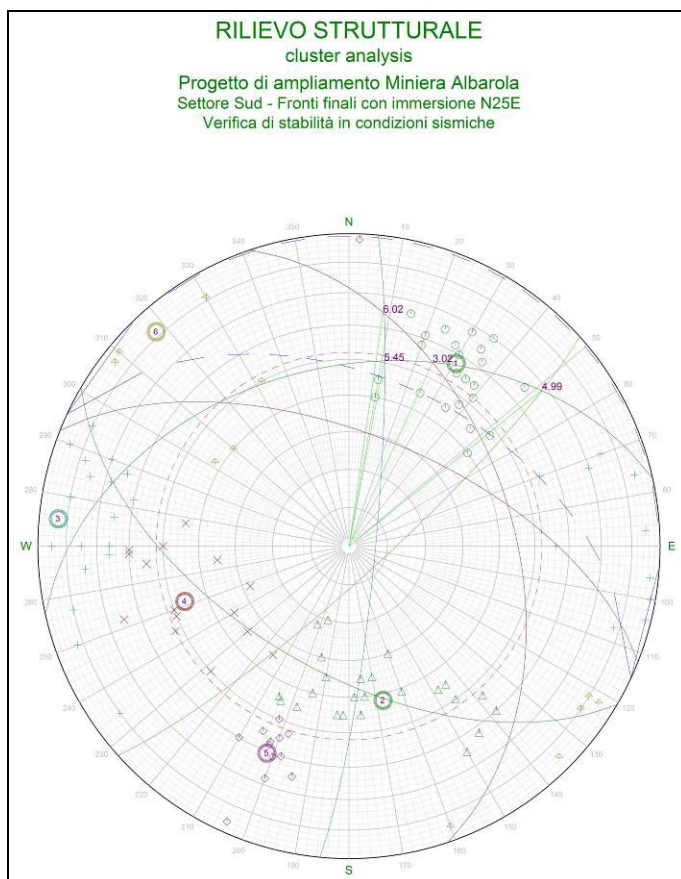
Inclinazione fronte [°]	45.00
Immersione fronte [°]	25.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	25.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	12.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	25.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.42 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
347.0	42.0	SI	95.0	83.0	SI	5.45	15.67
347.0	42.0	SI	71.0	46.0	SI	3.02	93.42
347.0	42.0	SI	138.0	82.0	SI	4.99	239.90
95.0	83.0	SI	71.0	46.0	SI	6.02	126.65

Tabella 4.43 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
347.0	42.0	SI	95.0	83.0	SI	5.53	15.67
347.0	42.0	SI	71.0	46.0	SI	2.98	93.42
347.0	42.0	SI	138.0	82.0	SI	4.82	239.90
95.0	83.0	SI	71.0	46.0	SI	5.80	126.65

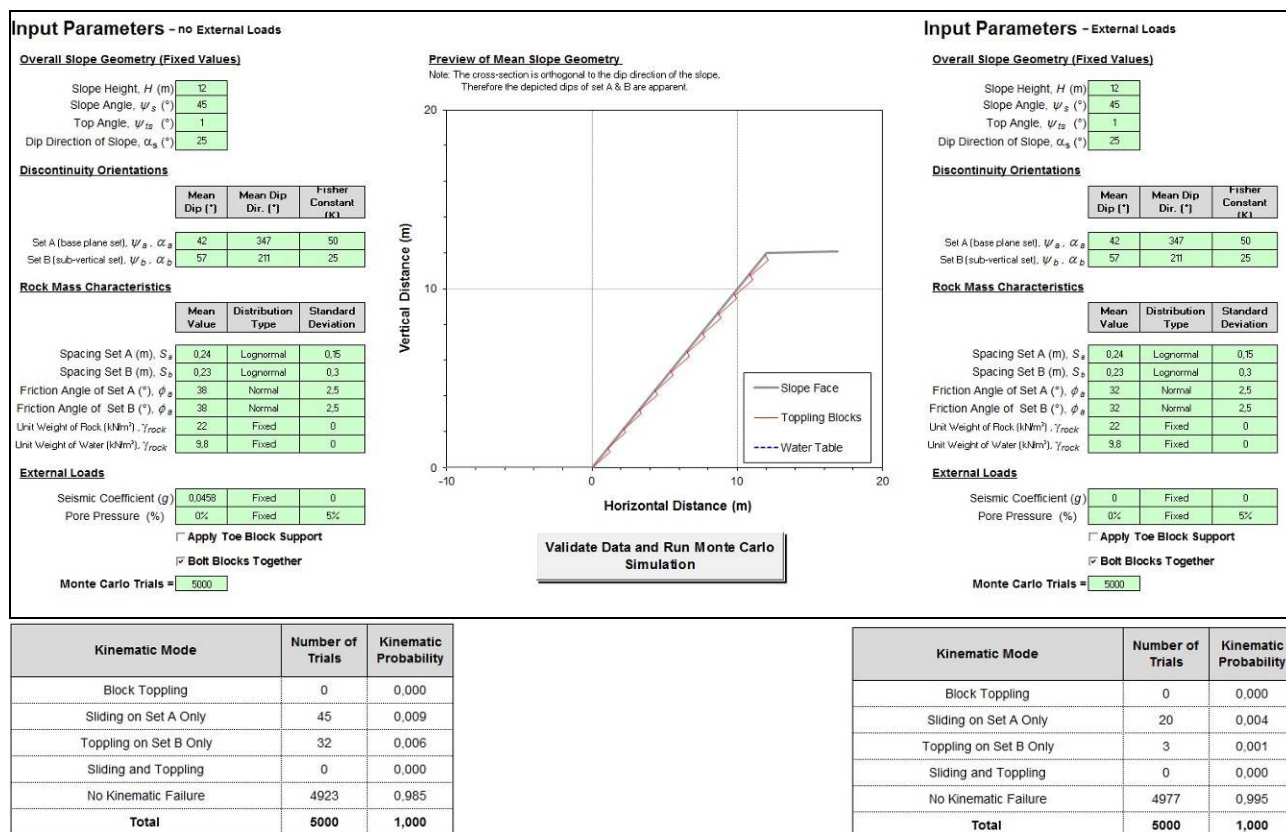


CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore meridionale aventi direzione d'immersione N25E ed inclinazione di 45° sull'orizzontale, confrontate le giaciture delle varie famiglie di discontinuità con la geometria stessa del fronte, si possono escludere fenomeni di sliding planare.

CANTIERE ALBAROLA – FRONTE CON IMMERSIONE N25E – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per le caratteristiche geometriche del fronte analizzato, le famiglie di discontinuità n.1 (211/57) e n.2 (347/42) soddisfano le potenziali condizioni di innesco di fenomeni ribaltamento. L'analisi effettuata rivela una condizione di stabilità nel 98,5% dei casi.



4.3.4 Cantiere Canova – Situazione Finale

Diversamente da Albarola, che assumerà in fase finale una forma ad anfiteatro, il cantiere Canova diventerà, al termine dei lavori, una sorta di bacino chiuso. I fronti di tale bacino sono stati divisi in zone omogenee (vedi Tav. 4A in allegato). Dal punto di vista geometrico, i fronti in abbandono avranno un'altezza massima di 5 m, avranno un'inclinazione massima di 30° sull'orizzontale e saranno separati da pedate larghe 4 m. Per la verifica dei fronti di scavo in configurazione finale sono stati utilizzati tutti i dati rilevati dal 2003 ad oggi nel bacino minerario in oggetto. Le caratteristiche delle famiglie di discontinuità desunte da tali misurazioni vengono richiamate nella seguente tabella.

Tabella 4.44 - PARAMETRI DELLE PRINCIPALI FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]	Frequenza [1/m]
1 – Strat	121.0	42.0	2.92
2 – Gnt	252.0	73.0	4.57
3 – Gnt	334.0	83.0	1.61
4 – Gnt	26.0	70.0	1.87
5 – Gnt	191.0	36.0	0.88
6 – Gnt	294.0	34.0	0.39

CANTIERE CANOVA – SETTORE 1 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella configurazione finale, i fronti sagomati nel primo settore immergeranno in direzione Sud. Per la configurazione geometrica pocanzi descritta si riscontra una situazione di assoluta stabilità.

Vengono individuati due soli potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, entrambi con valori F_s molto al di sopra del limite minimo imposto dalle norme vigenti.

Tabella 4.45 - GEOMETRIA DEL FRONTE

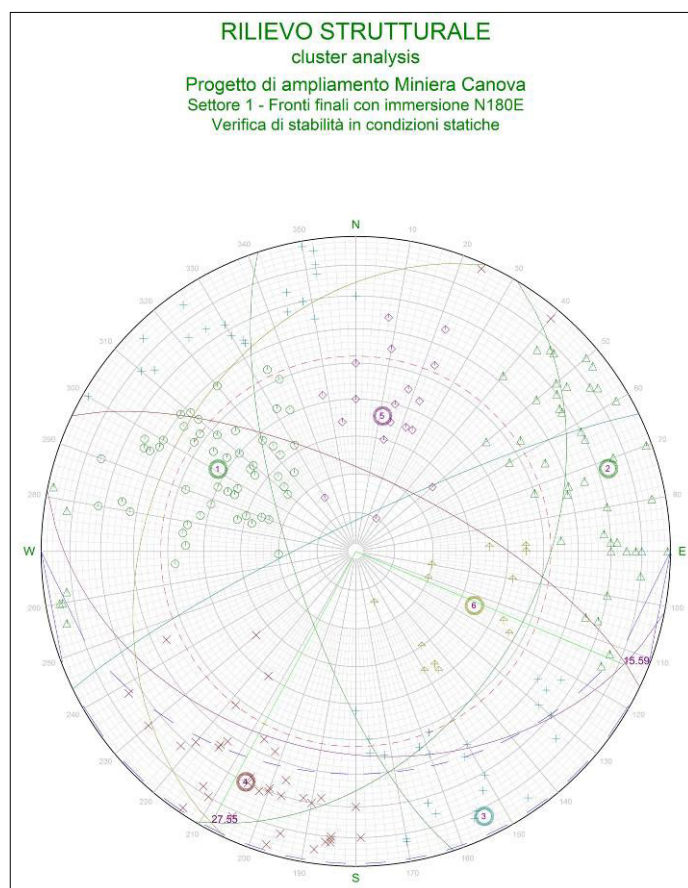
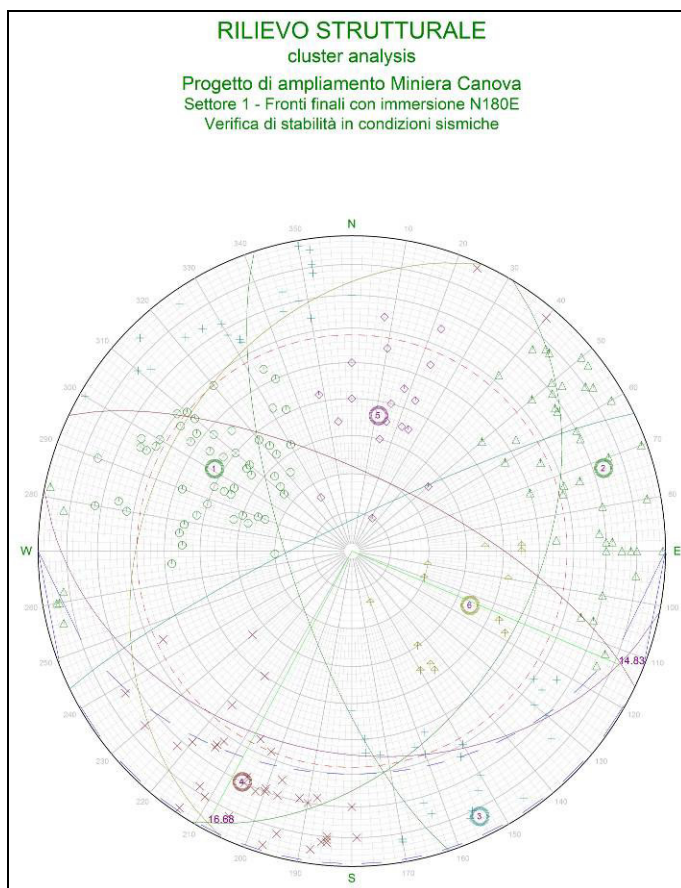
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	180.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	180.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	180.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.46 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	16.68	152.28
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	14.83	46.03

Tabella 4.47 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	27.55	152.28
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	15.59	46.03



CANTIERE CANOVA – SETTORE 1 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 1 aventi direzione d'immersione N180E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di sliding planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 1 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 1 aventi direzione d'immersione N180E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di block toppling.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 2 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

I fronti in abbandono nel settore 2 del cantiere avranno direzione d'immersione N150E. La pendenza massima sarà di 30° e l'altezza massima sarà pari a 5 m. Per tali geometrie, le varie famiglie di discontinuità generano, a monte del fronte, due potenziali cunei disposti a franapoggio, entrambi con valore del fattore di sicurezza ampiamente rassicurante.

Tabella 4.48 - GEOMETRIA DEL FRONTE

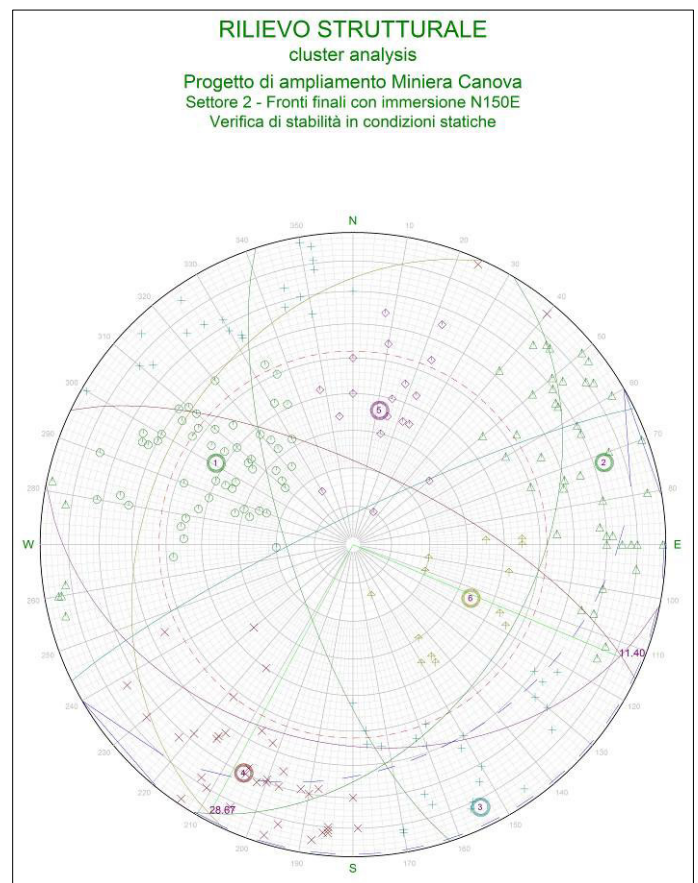
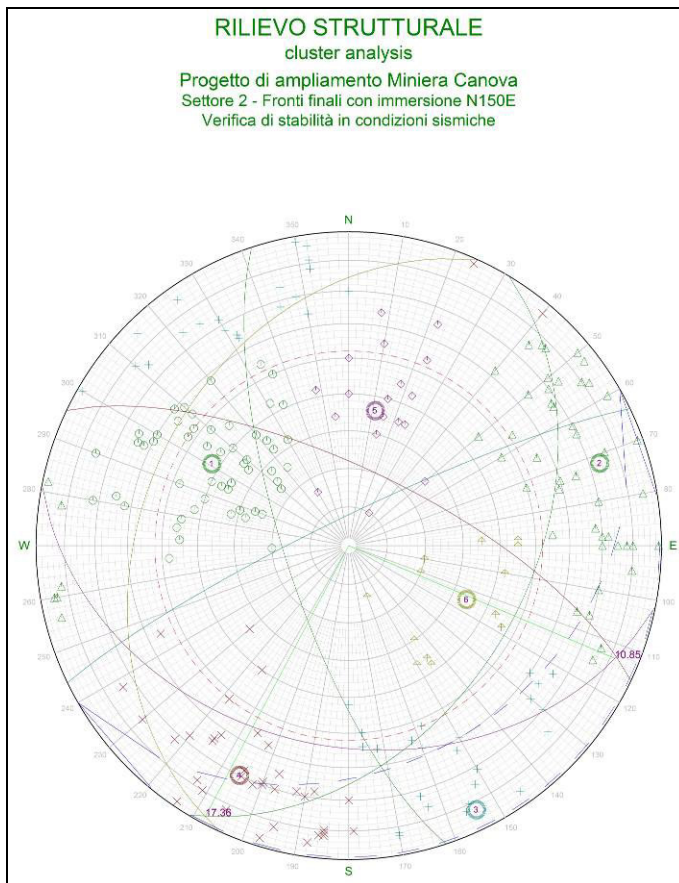
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	150.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	150.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	150.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.49 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	17.36	180.93
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	10.85	70.63

Tabella 4.50 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	28.67	180.93
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	11.40	70.63



CANTIERE CANOVA – SETTORE 2 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 2 aventi direzione d'immersione N150E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono cinematicamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 2 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 2 aventi direzione d'immersione N150E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono cinematicamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 3 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Quando i fronti nel settore 3 del sito minerario verranno abbandonati, essi avranno direzione d'immersione N100E. Come per il resto dei fronti, la pendenza massima sarà di 30° sull'orizzontale per un'altezza massima di 5 m. Per siffatte geometrie, le varie famiglie di discontinuità originano un solo potenziale cuneo disposto a franapoggio a monte del fronte, avente un valore di F_s ampiamente al di sopra della condizione di equilibrio limite.

Tabella 4.51 - GEOMETRIA DEL FRONTE

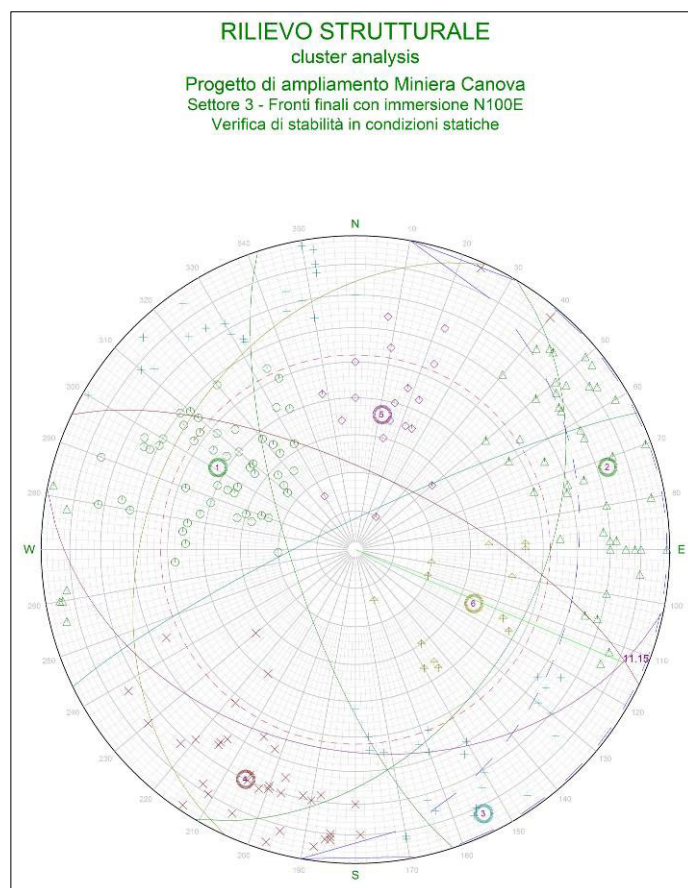
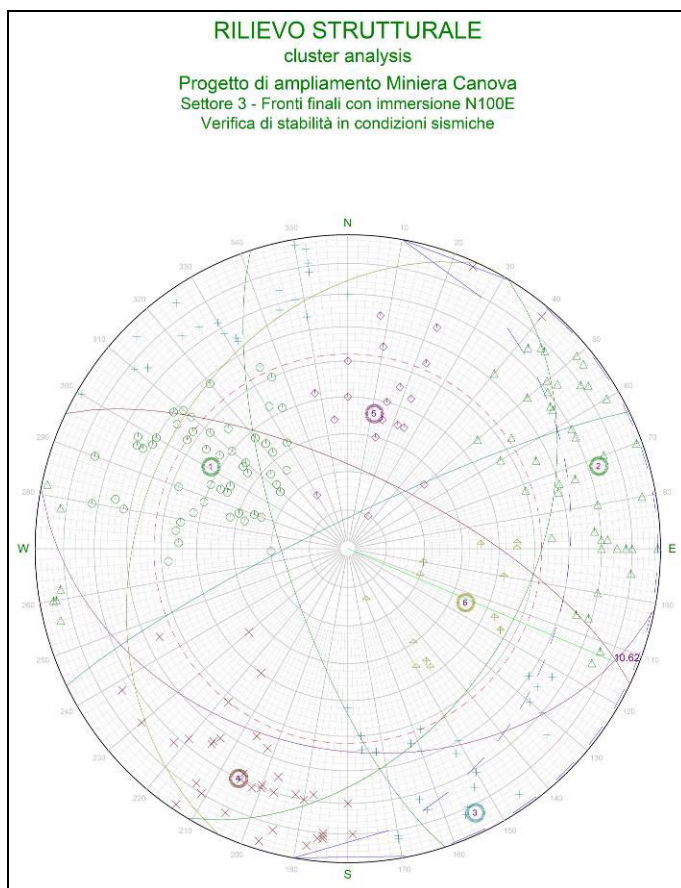
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	100.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	100.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	100.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.52 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	10.62	61.97

Tabella 4.53 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	11.15	61.97



CANTIERE CANOVA – SETTORE 3 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 3 aventi direzione d'immersione N100E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 3 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 3 aventi direzione d'immersione N100E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 4 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nel quarto settore del futuro cantiere Canova i fronti finali immergeranno in direzione N50E. Come in precedenza, la pendenza massima sarà di 30° sull'orizzontale e l'altezza massima pari a 5 m. Per le geometrie pocanzi descritte, le varie famiglie di discontinuità originano un solo potenziale cuneo disposto a franapoggio a monte del fronte. Il valore del fattore di sicurezza risulta molto al di sopra dei requisiti minimi richiesti dalla normativa attualmente in vigore.

Tabella 4.54 - GEOMETRIA DEL FRONTE

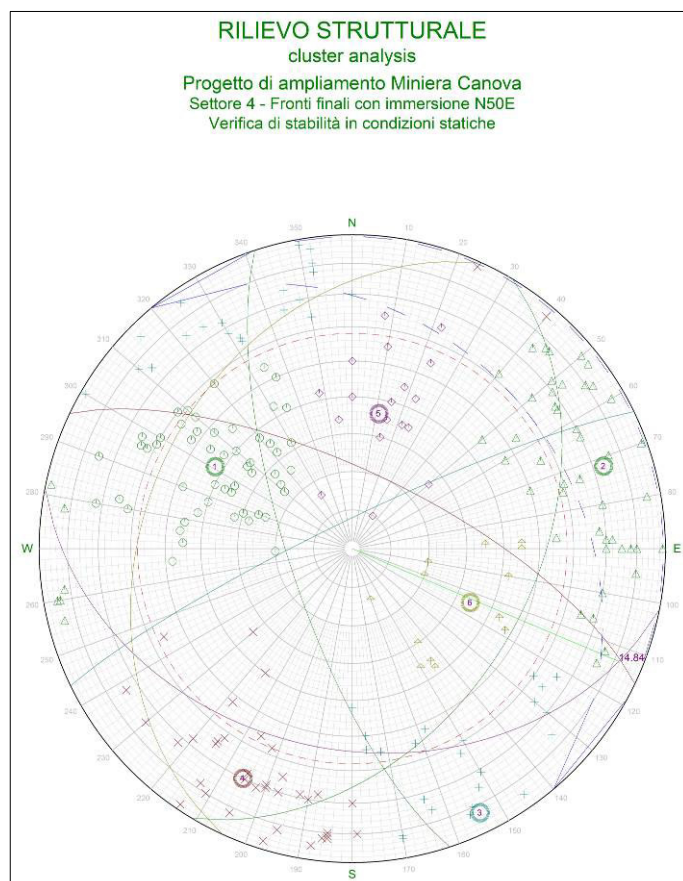
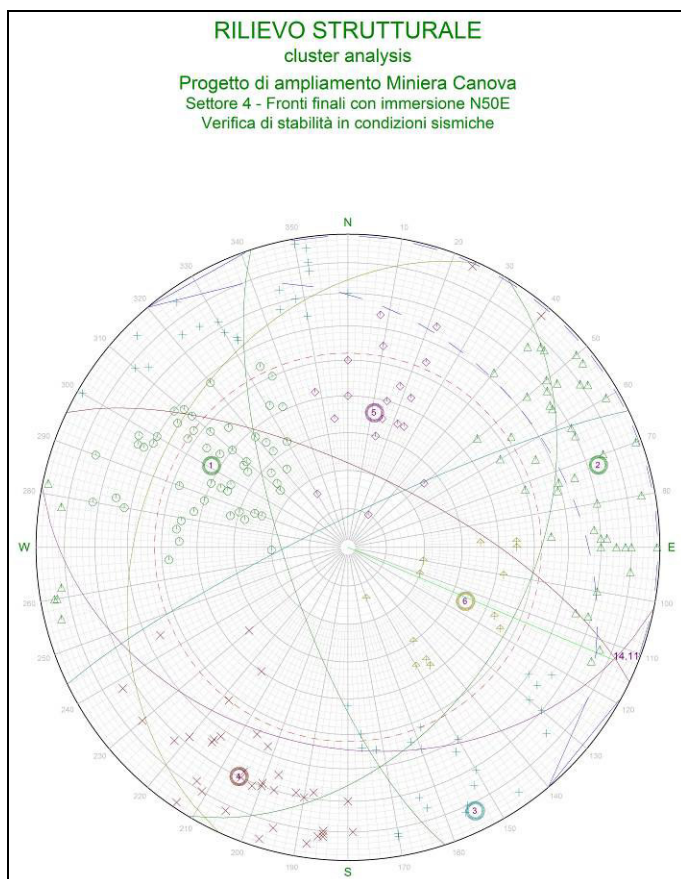
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	50.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	50.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	50.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.55 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	14.11	31.20

Tabella 4.56 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
26.0	70.0	SI	191.0	36.0	SI	14.84	31.20



CANTIERE CANOVA – SETTORE 4 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 4 aventi direzione d’immersione N50E ed inclinazione di 30° sull’orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 4 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 4 aventi direzione d’immersione N50E ed inclinazione di 30° sull’orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 5 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nel settore 5 del cantiere Canova, i fronti in configurazione finale immergeranno mediamente in direzione N15E con pendenza di 30° sull’orizzontale ed altezza pari a 5 m. Per tale configurazione non si originano potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio. Il fronte risulta pertanto stabile nei confronti del cinematismo in parola.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 5 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 5 aventi direzione d’immersione N15E ed inclinazione di 30° sull’orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 5 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 5 aventi direzione d'immersione N15E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 6 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

In una ristretta area del futuro cantiere Canova (settore 6) i fronti finali immergeranno in direzione N285E, sempre con una pendenza di 30° sull'orizzontale ed altezza massima di 5 m. Per tali geometrie, le varie famiglie di discontinuità originano un solo potenziale cuneo disposto a franapoggio a monte del fronte, il cui valore del fattore di sicurezza risulta molto cautelativo.

Tabella 4.57 - GEOMETRIA DEL FRONTE

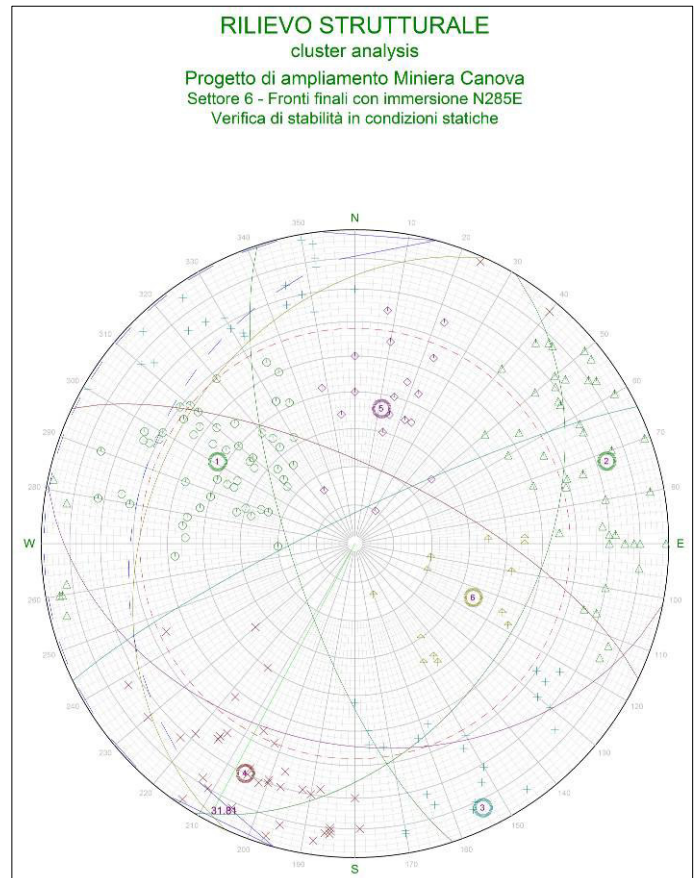
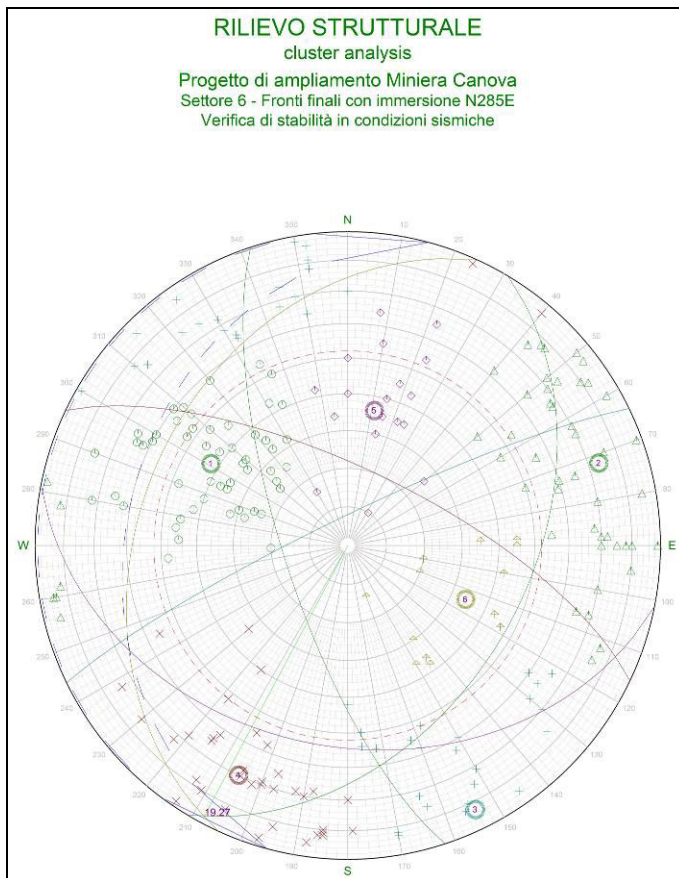
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	285.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	285.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	285.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	± 0.0205

Tabella 4.58 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	19.27	258.66

Tabella 4.59 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	31.81	258.66



CANTIERE CANOVA – SETTORE 6 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 6 aventi direzione d'immersione N285E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 6 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 6 aventi direzione d'immersione N285E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 7 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nel settimo settore del futuro cantiere Canova, i fronti in abbandono immergeranno in direzione N355E con pendenza di 30° sull'orizzontale ed altezza pari a 5 m. Per la configurazione pocanzi descritta non si originano potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio. Il fronte risulta pertanto stabile nei confronti del cinematismo in oggetto.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 7 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 7 aventi direzione d'immersione N355E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 7 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 7 aventi direzione d'immersione N355E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 8 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella porzione orientale del futuro cantiere Canova (settore 8) i fronti finali immergeranno in direzione N255E, sempre con una pendenza di 30° sull'orizzontale ed altezza massima di 5 m. Per le geometrie sopradescritte, le varie famiglie di discontinuità isolano, a monte del fronte analizzato, tre potenziali cunei rocciosi disposti a franapoggio, tutti con valore di F_s assolutamente rassicurante.

Tabella 4.60 - GEOMETRIA DEL FRONTE

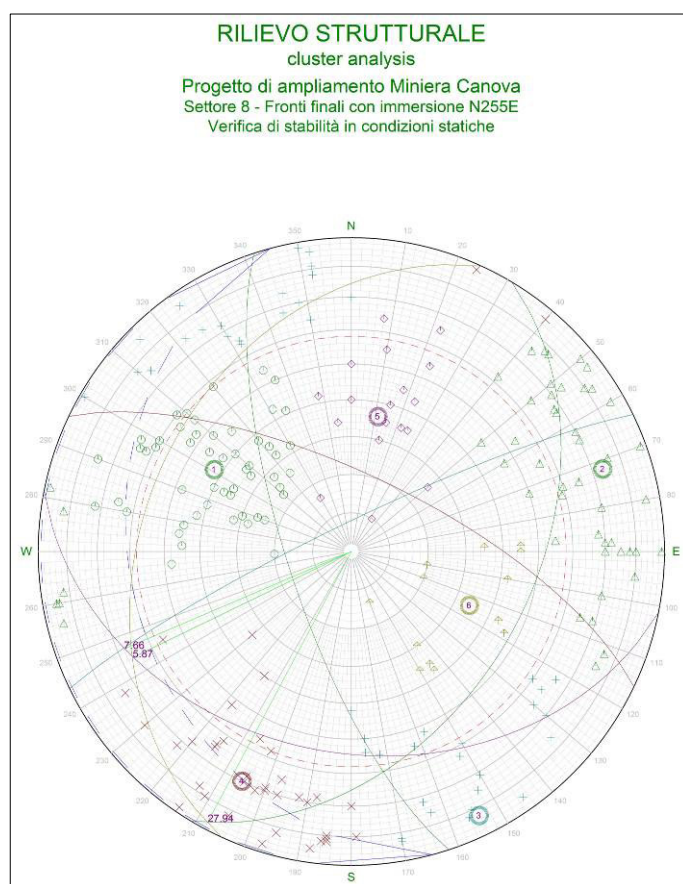
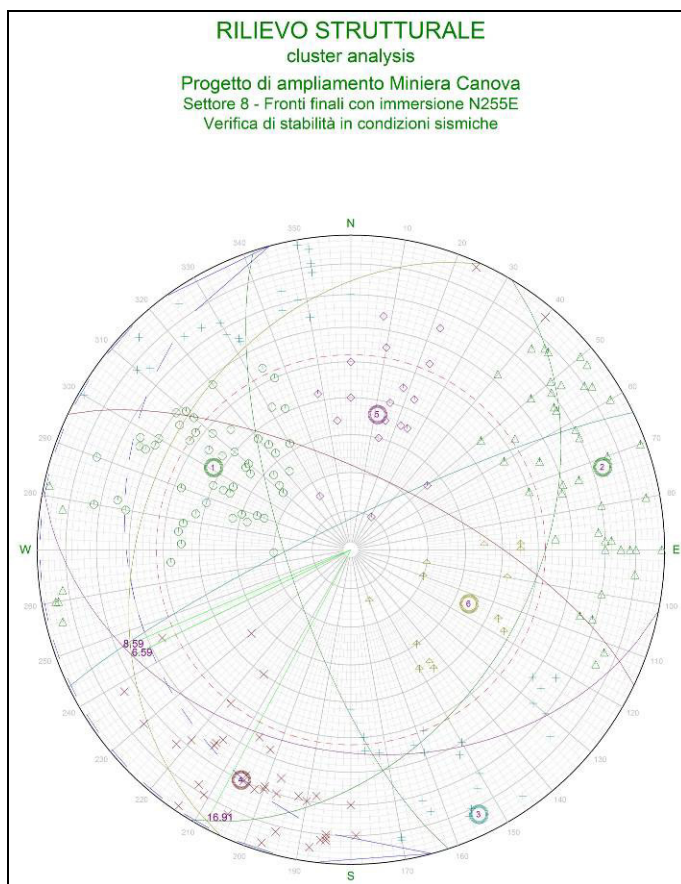
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	225.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	225.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	225.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.61 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	16.91	176.33
334.0	83.0	SI	191.0	36.0	SI	8.59	6.78
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	SI	6.59	9.92

Tabella 4.62 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	27.94	176.33
334.0	83.0	SI	191.0	36.0	SI	7.66	6.78
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	SI	5.87	9.92



CANTIERE CANOVA – SETTORE 8 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 8 aventi direzione d'immersione N255E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 8 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 8 aventi direzione d'immersione N255E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 9 – VERIFICA PER CUNEI ROCCIOSI

Nella configurazione finale, i fronti sagomati nel nono settore immergeranno in direzione N220E, sempre con pendenza di 30° ed altezza di 5 m. Per tale configurazione geometrica si riscontra una situazione di assoluta stabilità. Vengono individuati tre potenziali cunei di roccia disposti a franapoggio, entrambi con valori F_s molto al di sopra del limite minimo imposto dalle norme vigenti.

Tabella 4.63 - GEOMETRIA DEL FRONTE

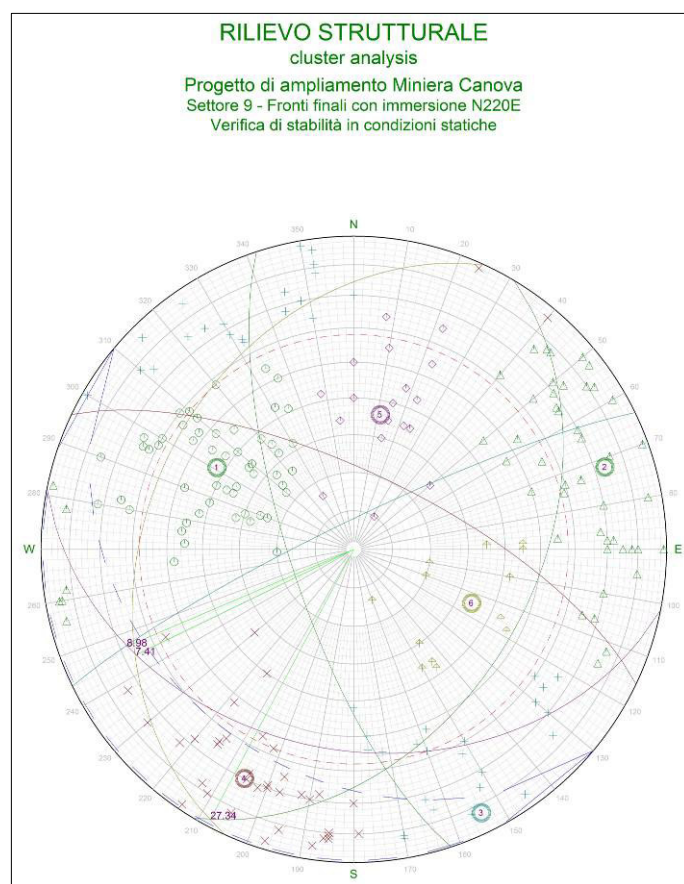
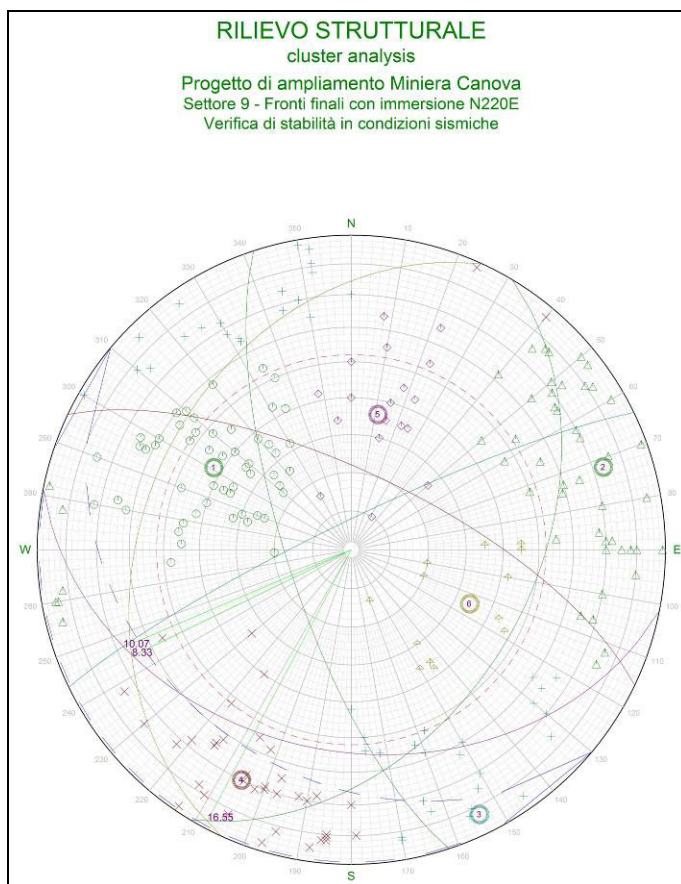
Inclinazione fronte [°]	30.00
Immersione fronte [°]	220.00
Inclinazione piano monte [°]	1.00
Immersione piano monte [°]	220.00
c'_k - Coesione [kN/m ²]	15.00
c'_d - Coesione ridotta [kN/m ²]	12.00
ϕ'_k - Angolo di attrito [°]	38.00
ϕ'_d - Angolo di attrito ridotto [°]	32.00
γ - Peso volume roccia [kN/m ³]	22.00
Altezza ciglio [m]	5.00
Distanza t.crack - fronte [m]	2.50
Inclinazione t.crack [°]	89.00
Immersione t.crack [°]	220.00
Parametri sismici: a_{max} [-]	0.108
Parametri sismici: k_h [-]	0.0410
Parametri sismici: k_v [-]	±0.0205

Tabella 4.64 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI SISMICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	16.55	149.53
334.0	83.0	SI	191.0	36.0	SI	10.07	5.67
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	SI	8.33	5.56

Tabella 4.65 - FATTORI DI SICUREZZA DEI CUNEI DISPOSTI A FRANAPOGGIO IN CONDIZIONI STATICHE

imm.P1 [°]	inc.P1 [°]	sciv.P1	imm.P2 [°]	inc.P2 [°]	sciv.P2	F.S. [-]	Volume [m ³]
121.0	42.0	SI	294.0	34.0	SI	27.34	149.53
334.0	83.0	SI	191.0	36.0	SI	8.98	5.67
191.0	36.0	SI	294.0	34.0	SI	7.41	5.56



CANTIERE CANOVA – SETTORE 9 – VERIFICA ALLO SCIVOLAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 9 aventi direzione d'immersione N220E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di scivolamento planare.

CANTIERE CANOVA – SETTORE 9 – VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Per i fronti ubicati nel settore 9 aventi direzione d'immersione N220E ed inclinazione di 30° sull'orizzontale, non sono geometricamente possibili fenomeni di ribaltamento di blocchi.

4.4 Verifiche di stabilità globale e della coltre terrosa

La stabilità globale è stata esaminata sulle sezioni A-A' e B-B', le cui tracce sono riportate nelle planimetrie in allegato e che interessano, rispettivamente, il cantiere Albarola ed il cantiere Canova. Lo scopo è quello di verificare la condizione di stabilità globale dell'intero fronte di miniera al termine dell'intervento estrattivo. Per quello che riguarda il cantiere Albarola, è stata esaminata anche la stabilità dell'orizzonte terroso che ricopre l'area in ampliamento.

L'analisi numerica è basata sul Metodo dell'Equilibrio Limite in campo bidimensionale ed intende quantificare il fattore di sicurezza del versante nella sua nuova configurazione. Le analisi sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo I.L.A. 32 della Geo & Soft, in campo statico e pseudo-statico, con riferimento alle NTC 2018. Il codice di calcolo ricerca tutte le superfici di potenziale

scorrimento. La ricerca delle superfici è avvenuta imponendo al codice di calcolo un criterio geometrico che rispecchiasse il più possibile il meccanismo di collasso più probabile. Le analisi sono pertanto state condotte considerando superfici di scivolamento costituite da archi di circonferenza passanti per la base del pendio.

4.4.1 Verifica di stabilità globale e della coltre terrosa – Cantiere Albarola

Come anticipato, l'area ove insisterà l'ampliamento del perimetro ad ora autorizzato, risulta totalmente ricoperta da depositi terrosi ascrivibili al Sintema di Costamezzana. Tale orizzonte verrà in buona parte asportato. Il pendio in terra verrà rimodellato adottando pendenza di 20° sull'orizzontale, al fine di consentire lo sfruttamento del sottostante Flysch della Val Luretta – le cui verifiche di stabilità alla scala del singolo gradone sono risultate molto rassicuranti – con una morfologia di abbandono globalmente stabile. La terra escavata verrà utilizzata per il ritombamento e recupero morfologico del piazzale di base. Si ricorda che, per quello che riguarda il substrato litoide, il giacimento verrà coltivato per fette orizzontali discendenti, abbandonando fronti alti al massimo 12 m aventi inclinazione di 45° sull'orizzontale. Si tratta nel complesso di geometrie ottimali per la stabilità, e sicuramente migliorative rispetto alla situazione attuale. Nei calcoli è stato introdotto un valore di coesione dell'ammasso infinitesimale rispetto a quanto ricavato col metodo GSI, a tutto vantaggio della sicurezza.

I risultati delle varie analisi sono qui di seguito dettagliatamente esposti.

CANTIERE ALBAROLA – VERIFICA DI STABILITÀ DELLA COLTRE TERROSA – SITUAZIONE ATTUALE

VERIFICA DI STABILITÀ N°1

Sezione A-A' – Situazione Attuale – Condizioni sismiche

Metodo: Sarma

TERRA DI COPERTURA PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	23.5
Coesione [kN/m ²]	25.0
Peso di volume [kN/m ³]	17.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	294.7
2	22.8	295.3
3	26.0	298.1
4	39.2	297.8
5	50.5	310.4
6	57.1	309.4
7	74.0	311.0
8	87.4	312.4

9	94.0	328.5
10	109.3	327.9
11	112.8	331.5
12	116.3	330.0
13	174.8	318.0
14	212.4	312.0
15	240.6	310.0
16	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	33.5
Coesione [kN/m ²]	43.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	294.7
2	39.2	295.0
3	260.0	295.0

COMPONENTI SISMICHE

Componente sismica orizzontale	0.0410
Componente sismica verticale	0.0205

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI TANGENTI AD UNA RETTA

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	35.0
Larghezza maglia [m]	70.0
N. centri base	10.0
N. centri lato	5.0
Inclinazione maglia [°]	40.0
Ascissa primo punto [m]	39.2
Ordinata primo punto [m]	297.8
Ascissa secondo punto [m]	87.4
Ordinata secondo punto [m]	309.4

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS	N.	Asc.	Ord.	FS
1	40.00	335.00	1.94	26	78.89	352.50	1.95
2	47.78	335.00	2.58	27	86.67	352.50	1.80
3	55.56	335.00	3.59	28	94.44	352.50	1.77
4	63.33	335.00	1.11	29	102.22	352.50	1.75
5	71.11	335.00	2.05	30	110.00	352.50	1.90
6	78.89	335.00	1.76	31	40.00	361.25	1.63
7	86.67	335.00	1.57	32	47.78	361.25	1.82
8	94.44	335.00	1.64	33	55.56	361.25	2.14
9	102.22	335.00	1.85	34	63.33	361.25	1.78
10	110.00	335.00	2.30	35	71.11	361.25	1.05
11	40.00	343.75	1.75	36	78.89	361.25	1.93
12	47.78	343.75	2.17	37	86.67	361.25	1.82
13	55.56	343.75	2.82	38	94.44	361.25	1.81
14	63.33	343.75	1.24	39	102.22	361.25	1.84

15	71.11	343.75	2.11	40	110.00	361.25	1.85
16	78.89	343.75	1.89	41	40.00	370.00	1.63
17	86.67	343.75	1.73	42	47.78	370.00	1.74
18	94.44	343.75	1.66	43	55.56	370.00	1.98
19	102.22	343.75	1.77	44	63.33	370.00	2.44
20	110.00	343.75	2.01	45	71.11	370.00	1.13
21	40.00	352.50	1.66	46	78.89	370.00	1.93
22	47.78	352.50	1.95	47	86.67	370.00	1.83
23	55.56	352.50	2.40	48	94.44	370.00	1.81
24	63.33	352.50	1.45	49	102.22	370.00	1.86
25	71.11	352.50	1.03	50	110.00	370.00	1.91



Progetto di ampliamento Miniera Albarola

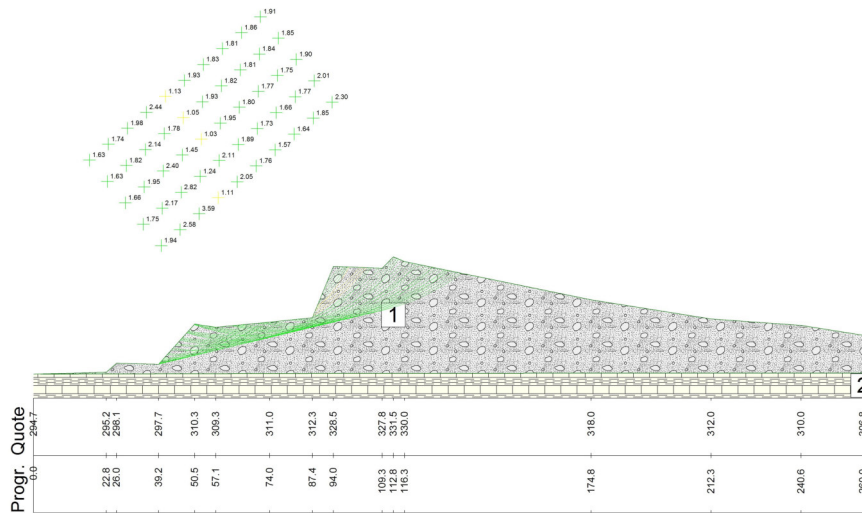
Verifica di stabilità della copertura

Sezione A-A'

Situazione attuale - Condizioni sismiche

scala 1:1500

 Litotipo 1: ϕ [°] = 23.5 c [kN/m²] = 25 γ [kN/m³] = 17
 Litotipo 2: ϕ [°] = 33.5 c [kN/m²] = 43 γ [kN/m³] = 22
 Comp. sismica orizz.=.041 Comp. sismica vert.=.0205
 Metodo: Sarma



www.geoandsoft.com

VERIFICA DI STABILITÀ N°2

Sezione A-A' – Situazione Attuale – Condizioni Statiche

Metodo: Sarma

TERRA DI COPERTURA PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	19
Coesione [kN/m ²]	20
Peso di volume [kN/m ³]	17

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	294.7
2	22.8	295.3
3	26.0	298.1
4	39.2	297.8
5	50.5	310.4
6	57.1	309.4
7	74.0	311.0
8	87.4	312.4
9	94.0	328.5
10	109.3	327.9
11	112.8	331.5
12	116.3	330.0
13	174.8	318.0
14	212.4	312.0
15	240.6	310.0
16	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	27.9
Coesione [kN/m ²]	34.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	294.7
2	39.2	295.0
3	260.0	295.0

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI TANGENTI AD UNA RETTA

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	35.0
Larghezza maglia [m]	70.0
N. centri base	10.0
N. centri lato	5.0
Inclinazione maglia [°]	40.0
Ascissa primo punto [m]	39.2
Ordinata primo punto [m]	297.8
Ascissa secondo punto [m]	87.4
Ordinata secondo punto [m]	309.4

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS	N.	Asc.	Ord.	FS
1	40.00	335.00	1.73	26	78.89	352.50	1.73
2	47.78	335.00	2.39	27	86.67	352.50	1.59
3	55.56	335.00	3.52	28	94.44	352.50	1.57
4	63.33	335.00	1.03	29	102.22	352.50	1.57
5	71.11	335.00	1.81	30	110.00	352.50	1.73
6	78.89	335.00	1.54	31	40.00	361.25	1.42
7	86.67	335.00	1.38	32	47.78	361.25	1.62
8	94.44	335.00	1.45	33	55.56	361.25	1.94
9	102.22	335.00	1.69	34	63.33	361.25	1.51
10	110.00	335.00	2.17	35	71.11	361.25	1.06
11	40.00	343.75	1.55	36	78.89	361.25	1.72
12	47.78	343.75	1.98	37	86.67	361.25	1.61
13	55.56	343.75	2.65	38	94.44	361.25	1.61
14	63.33	343.75	1.05	39	102.22	361.25	1.65
15	71.11	343.75	1.87	40	110.00	361.25	1.68
16	78.89	343.75	1.67	41	40.00	370.00	1.42
17	86.67	343.75	1.52	42	47.78	370.00	1.54
18	94.44	343.75	1.47	43	55.56	370.00	1.78
19	102.22	343.75	1.59	44	63.33	370.00	2.07
20	110.00	343.75	1.86	45	71.11	370.00	1.09
21	40.00	352.50	1.46	46	78.89	370.00	1.72
22	47.78	352.50	1.75	47	86.67	370.00	1.62
23	55.56	352.50	2.21	48	94.44	370.00	1.62
24	63.33	352.50	1.23	49	102.22	370.00	1.66
25	71.11	352.50	1.02	50	110.00	370.00	1.72

Progetto di ampliamento Miniera Albarola

Verifica di stabilità della copertura

Sezione A-A'

Situazione attuale - Condizioni statiche

scala 1:1500



Litotipo 1:

ϕ [°] = 19

c [kN/m²] = 20

γ [kN/m³] = 17

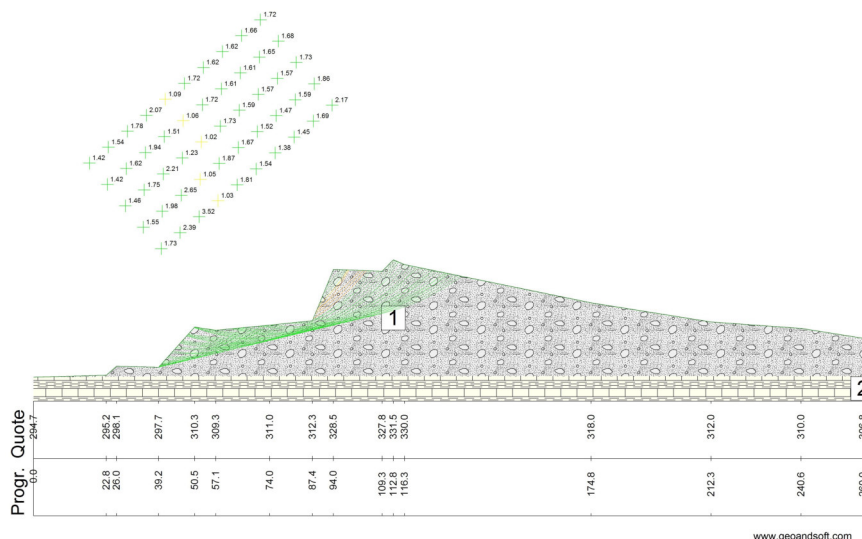
Litotipo 2:

ϕ [°] = 27.9

c [kN/m²] = 34

γ [kN/m³] = 22

Metodo: Sarma



CANTIERE ALBAROLA – VERIFICA DI STABILITÀ DELLA COLTRE TERROSA – SITUAZIONE FINALE

VERIFICA DI STABILITÀ N°3

Sezione A-A' – Situazione Finale – Condizioni Sismiche

Metodo: Sarma

TERRA DI COPERTURA
PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	23.5
Coesione [kN/m ²]	25.0
Peso di volume [kN/m ³]	17.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	230.0
2	30.0	230.0
3	61.6	242.0
4	72.3	242.0
5	84.4	254.0
6	91.5	254.0
7	103.6	266.0
8	110.6	266.0
9	122.7	278.0
10	130.6	278.0
11	132.1	279.5
12	139.2	279.6
13	141.9	282.6
14	144.7	283.8
15	147.5	284.4
16	163.9	290.0
17	194.5	300.0
18	229.6	310.8
19	240.0	310.0
20	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	33.5
Coesione [kN/m ²]	43.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]		N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	212.0		13	132.1	279.5
2	15.9	212.0		14	139.2	279.6
3	45.4	230.0		15	141.9	282.6
4	53.2	230.0		16	144.7	283.8
5	65.3	242.0		17	147.5	284.4
6	72.3	242.0		18	163.9	290.0
7	84.4	254.0		19	194.5	290.0
8	91.5	254.0		20	199.5	290.0
9	103.6	266.0		21	229.6	290.0
10	110.6	266.0		22	240.0	290.0
11	122.7	278.0		23	260.0	290.0
12	130.6	278.0				

COMPONENTI SISMICHE

Componente sismica orizzontale	0.0410
Componente sismica verticale	0.0205

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI TANGENTI AD UNA RETTA

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	60.0
Larghezza maglia [m]	80.0
N. centri base	10.0
N. centri lato	6.0
Inclinazione maglia [°]	20.0
Ascissa primo punto [m]	163.9
Ordinata primo punto [m]	290.0
Ascissa secondo punto [m]	229.6
Ordinata secondo punto [m]	300.8

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS		N.	Asc.	Ord.	FS
1	163.90	340.00	4.80		32	172.79	376.00	3.74
2	172.79	340.00	3.37		33	181.68	376.00	2.97
3	181.68	340.00	2.87		34	190.57	376.00	2.61
4	190.57	340.00	2.61		35	199.46	376.00	2.48
5	199.46	340.00	2.52		36	208.34	376.00	2.63
6	208.34	340.00	2.79		37	217.23	376.00	3.01
7	217.23	340.00	3.47		38	226.12	376.00	3.67
8	226.12	340.00	4.92		39	235.01	376.00	4.87
9	235.01	340.00	>5		40	243.90	376.00	>5
11	163.90	352.00	>5		41	163.90	388.00	>5
12	172.79	352.00	3.46		42	172.79	388.00	3.93
13	181.68	352.00	2.89		43	181.68	388.00	3.05
14	190.57	352.00	2.60		44	190.57	388.00	2.63
15	199.46	352.00	2.48		45	199.46	388.00	2.48
16	208.34	352.00	2.72		46	208.34	388.00	2.60
17	217.23	352.00	3.27		47	217.23	388.00	2.92
18	226.12	352.00	4.33		48	226.12	388.00	3.48
19	235.01	352.00	>5		49	235.01	388.00	4.41
20	243.90	352.00	>5		50	243.90	388.00	>5
21	163.90	364.00	>5		51	163.90	400.00	>5
22	172.79	364.00	3.59		52	172.79	400.00	4.16
23	181.68	364.00	2.92		53	181.68	400.00	3.12
24	190.57	364.00	2.60		54	190.57	400.00	2.66
25	199.46	364.00	2.48		55	199.46	400.00	2.48
26	208.34	364.00	2.67		56	208.34	400.00	2.58
27	217.23	364.00	3.12		57	217.23	400.00	2.85
28	226.12	364.00	3.94		58	226.12	400.00	3.32
29	235.01	364.00	>5		59	235.01	400.00	4.08
30	243.90	364.00	>5		60	243.90	400.00	>5
31	163.90	376.00	>5					

Progetto di ampliamento Miniera Albarola

Verifica di stabilità della copertura

Sezione A-A'

Situazione a fine lavori - Condizioni sismiche

scala 1:1500



Litotipo 1:

ϕ [°] = 23.5

c [kN/m²] = 25

gamma [kN/m³] = 17

Litotipo 2:

ϕ [°] = 33.5

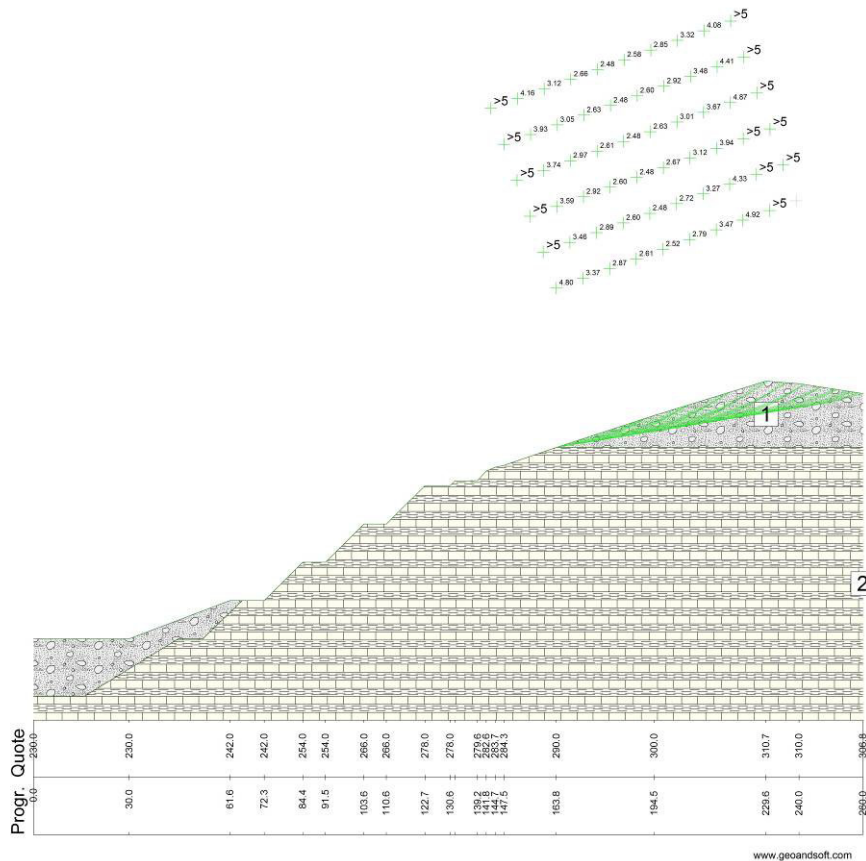
c [kN/m²] = 43

gamma [kN/m³] = 22

Comp. sismica orizz.=.041

Comp. sismica vert.=.0205

Metodo: Sarma



VERIFICA DI STABILITÀ N°4

Sezione A-A' – Situazione Finale – Condizioni Statiche

Metodo: Sarma

**TERRA DI COPERTURA
PARAMETRI GEOTECNICI**

Angolo di attrito [°]	19
Coesione [kN/m ²]	20
Peso di volume [kN/m ³]	17

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	230.0
2	30.0	230.0
3	61.6	242.0
4	72.3	242.0

5	84.4	254.0
6	91.5	254.0
7	103.6	266.0
8	110.6	266.0
9	122.7	278.0
10	130.6	278.0
11	132.1	279.5
12	139.2	279.6
13	141.9	282.6
14	144.7	283.8
15	147.5	284.4
16	163.9	290.0
17	194.5	300.0
18	229.6	310.8
19	240.0	310.0
20	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	29
Coesione [kN/m ²]	34
Peso di volume [kN/m ³]	22

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	212.0
2	15.9	212.0
3	45.4	230.0
4	53.2	230.0
5	65.3	242.0
6	72.3	242.0
7	84.4	254.0
8	91.5	254.0
9	103.6	266.0
10	110.6	266.0
11	122.7	278.0
12	130.6	278.0
13	132.1	279.5
14	139.2	279.6
15	141.9	282.6
16	144.7	283.8
17	147.5	284.4
18	163.9	290.0
19	194.5	290.0
20	199.5	290.0
21	229.6	290.0
22	240.0	290.0
23	260.0	290.0

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI TANGENTI AD UNA RETTA

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	60.0
Larghezza maglia [m]	80.0
N. centri base	10.0
N. centri lato	6.0
Inclinazione maglia [°]	20.0
Ascissa primo punto [m]	163.9
Ordinata primo punto [m]	290.0
Ascissa secondo punto [m]	229.6
Ordinata secondo punto [m]	300.8

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS		N.	Asc.	Ord.	FS
1	163.90	340.00	4.38		32	172.79	376.00	3.41
2	172.79	340.00	3.08		33	181.68	376.00	2.72
3	181.68	340.00	2.62		34	190.57	376.00	2.39
4	190.57	340.00	2.39		35	199.46	376.00	2.28
5	199.46	340.00	2.31		36	208.34	376.00	2.46
6	208.34	340.00	2.63		37	217.23	376.00	2.90
7	217.23	340.00	3.42		38	226.12	376.00	3.71
8	226.12	340.00	>5		39	235.01	376.00	>5
9	235.01	340.00	>5		40	243.90	376.00	>5
11	163.90	352.00	4.73		41	163.90	388.00	>5
12	172.79	352.00	3.16		42	172.79	388.00	3.59
13	181.68	352.00	2.63		43	181.68	388.00	2.78
14	190.57	352.00	2.37		44	190.57	388.00	2.40
15	199.46	352.00	2.28		45	199.46	388.00	2.28
16	208.34	352.00	2.55		46	208.34	388.00	2.44
17	217.23	352.00	3.19		47	217.23	388.00	2.80
18	226.12	352.00	4.56		48	226.12	388.00	3.47
19	235.01	352.00	>5		49	235.01	388.00	4.70
20	243.90	352.00	>5		50	243.90	388.00	>5
21	163.90	364.00	>5		51	163.90	400.00	>5
22	172.79	364.00	3.27		52	172.79	400.00	3.80
23	181.68	364.00	2.67		53	181.68	400.00	2.86
24	190.57	364.00	2.37		54	190.57	400.00	2.43
25	199.46	364.00	2.28		55	199.46	400.00	2.29
26	208.34	364.00	2.50		56	208.34	400.00	2.41
27	217.23	364.00	3.03		57	217.23	400.00	2.73
28	226.12	364.00	4.05		58	226.12	400.00	3.28
29	235.01	364.00	>5		59	235.01	400.00	4.26
30	243.90	364.00	>5		60	243.90	400.00	>5
31	163.90	376.00	>5					

Progetto di ampliamento Miniera Albarola

Verifica di stabilità della copertura

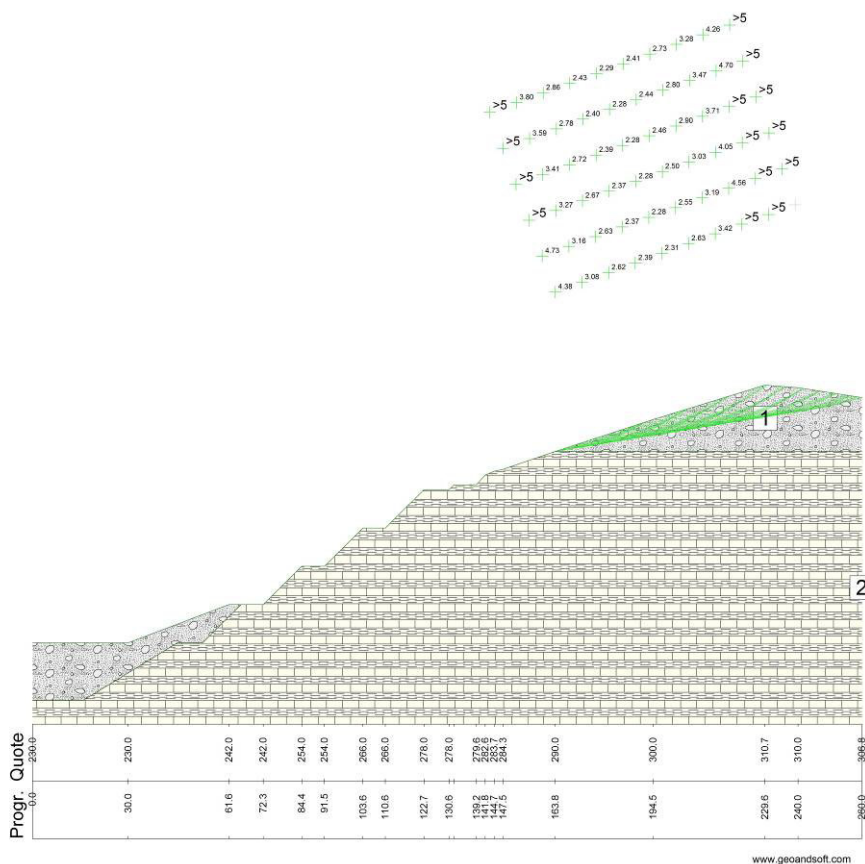
Sezione A-A'

Situazione a fine lavori - Condizioni statiche

scala 1:1500

	Litotipo 1:	ϕ [°] = 19	c [kN/m ²] = 20	gamma [kN/m ³] = 17
	Litotipo 2:	ϕ [°] = 29	c [kN/m ²] = 34	gamma [kN/m ³] = 22

Metodo: Sarma



CANTIERE ALBAROLA – VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

VERIFICA DI STABILITÀ N°5

Sezione A-A' – Stabilità Globale – Situazione Finale – Condizioni Sismiche

Metodo: Sarma

**TERRA DI COPERTURA
PARAMETRI GEOTECNICI**

Angolo di attrito [°]	23.5
Coesione [kN/m ²]	25.0
Peso di volume [kN/m ³]	17.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	230.0
2	30.0	230.0
3	61.6	242.0

4	72.3	242.0
5	84.4	254.0
6	91.5	254.0
7	103.6	266.0
8	110.6	266.0
9	122.7	278.0
10	130.6	278.0
11	132.1	279.5
12	139.2	279.6
13	141.9	282.6
14	144.7	283.8
15	147.5	284.4
16	163.9	290.0
17	194.5	300.0
18	229.6	310.8
19	240.0	310.0
20	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	33.5
Coesione [kN/m ²]	43.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	212.0
2	15.9	212.0
3	45.4	230.0
4	53.2	230.0
5	65.3	242.0
6	72.3	242.0
7	84.4	254.0
8	91.5	254.0
9	103.6	266.0
10	110.6	266.0
11	122.7	278.0
12	130.6	278.0
13	132.1	279.5
14	139.2	279.6
15	141.9	282.6
16	144.7	283.8
17	147.5	284.4
18	163.9	290.0
19	194.5	290.0
20	199.5	290.0
21	229.6	290.0
22	240.0	290.0
23	260.0	290.0

COMPONENTI SISMICHE

Componente sismica orizzontale	0.0405
Componente sismica verticale	0.0210

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: RETTILINEE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE SUPERFICI

Numero superfici	5.0
Ascissa punto passaggio [m]	72.3
Ordinata punto passaggio [m]	242.0
Angolo minimo [°]	24.0
Angolo massimo [°]	32.0

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Incl.	FS
1	24.00	1.99
2	26.00	2.05
3	28.00	2.15
4	30.00	2.24
5	32.00	2.73

Progetto di ampliamento Miniera Albarola

Verifica di stabilità dell'intero pendio

Sezione A-A'

Situazione a fine lavori - Condizioni sismiche

scala 1:1500



Litotipo 1:

ϕ [°] = 23.5

c [kN/m²] = 25

gamma [kN/m³] = 17

Litotipo 2:

ϕ [°] = 33.5

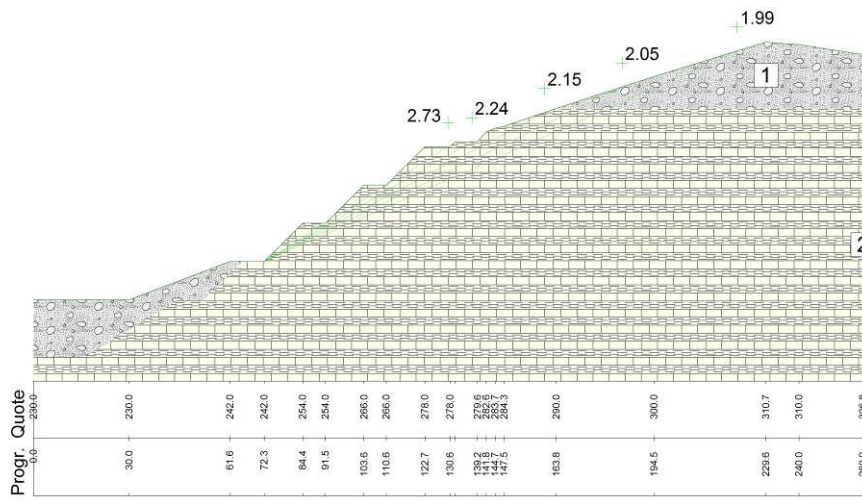
c [kN/m²] = 43

gamma [kN/m³] = 22

Comp. sismica orizz.=.0405

Comp. sismica vert.=.021

Metodo: Sarma



VERIFICA DI STABILITÀ N°6

Sezione A-A' – Stabilità Globale – Situazione Finale – Condizioni Statiche

Metodo: Sarma

TERRA DI COPERTURA PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	19
Coesione [kN/m ²]	20
Peso di volume [kN/m ³]	17

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	230.0
2	30.0	230.0
3	61.6	242.0
4	72.3	242.0
5	84.4	254.0
6	91.5	254.0
7	103.6	266.0
8	110.6	266.0
9	122.7	278.0
10	130.6	278.0
11	132.1	279.5
12	139.2	279.6
13	141.9	282.6
14	144.7	283.8
15	147.5	284.4
16	163.9	290.0
17	194.5	300.0
18	229.6	310.8
19	240.0	310.0
20	260.0	306.9

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

AMMASSO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	27.9
Coesione [kN/m ²]	34.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	212.0
2	15.9	212.0
3	45.4	230.0
4	53.2	230.0
5	65.3	242.0
6	72.3	242.0
7	84.4	254.0
8	91.5	254.0
9	103.6	266.0
10	110.6	266.0
11	122.7	278.0
12	130.6	278.0
13	132.1	279.5
14	139.2	279.6

15	141.9	282.6
16	144.7	283.8
17	147.5	284.4
18	163.9	290.0
19	194.5	290.0
20	199.5	290.0
21	229.6	290.0
22	240.0	290.0
23	260.0	290.0

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO
TIPOLOGIA SUPERFICI: RETTILINEE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE SUPERFICI

Numero superfici	5.0
Ascissa punto passaggio [m]	72.3
Ordinata punto passaggio [m]	242.0
Angolo minimo [°]	24.0
Angolo massimo [°]	32.0

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Incl.	FS
1	24.00	1.76
2	26.00	1.80
3	28.00	1.88
4	30.00	1.94
5	32.00	2.35

Progetto di ampliamento Miniera Albarola

Verifica di stabilità dell'intero pendio

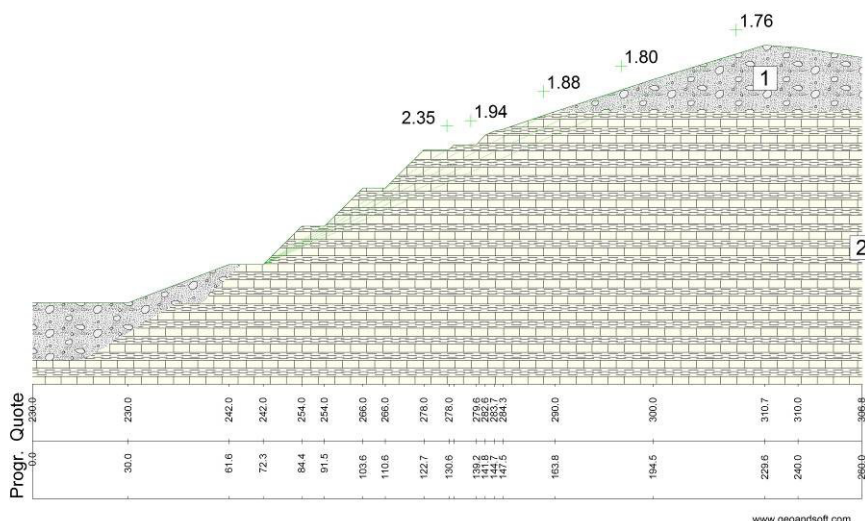
Sezione A-A'

Situazione a fine lavori - Condizioni statiche

scala 1:1500

	Litotipo 1:	ϕ [°] = 19	c [kN/m ²] = 20	γ [kN/m ³] = 17
	Litotipo 2:	ϕ [°] = 27.9	c [kN/m ²] = 34	γ [kN/m ³] = 22

Metodo: Sarma



4.4.2 Verifica di stabilità globale – Cantiere Canova

Come anticipato, l'area ad Ovest dell'attuale perimetro autorizzato ove insisterà il cantiere in ampliamento, risulta in buona parte ricoperta da un deposito di frana quiescente. Tale deposito verrà completamente asportato, ed i fronti di miniera in abbandono saranno tutti intestati su roccia in posto. Le verifiche di stabilità alla scala del singolo gradone hanno dato risultati ampiamente rassicuranti. Ciononostante, vista anche la natura flyshoide del substrato, appare corretto analizzare anche le condizioni di stabilità globali del pendio nella sua condizione finale. Si ricorda che il giacimento verrà coltivato per fette orizzontali discendenti: i fronti in abbandono saranno blandamente inclinati (max. 30°), avranno altezza massima di 5 m e saranno interrotti da berme larghe 4 m. Il ripristino a verde dei fronti procederà di pari passo coi lavori di abbattimento cosicché, a fine coltivazione, il pendio risulterà già completamente recuperato. Ultimo, ma non

meno importante, nei calcoli è stato introdotto un valore di coesione infinitesimale rispetto a quanto ricavato col metodo GSI, a tutto vantaggio della sicurezza.

I risultati di tale analisi, qui di seguito dettagliatamente esposti, testimoniano una situazione di generale stabilità.

VERIFICA DI STABILITÀ N°1

Sezione B-B' – Condizioni sismiche

Metodo: Sarma

SUBSTRATO ROCCIOSO PARAMETRI GEOTECNICI

Angolo di attrito [°]	33.5
Coesione [kN/m ²]	43.0
Peso di volume [kN/m ³]	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]	N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	423.5	22	166.7	470.0
2	45.5	423.5	23	175.5	475.0
3	48.1	425.0	24	179.5	475.0
4	52.1	425.0	25	188.4	480.0
5	60.8	430.0	26	192.4	480.0
6	64.8	430.0	27	201.5	485.0
7	73.5	435.0	28	205.5	485.0
8	77.5	435.0	29	215.1	490.0
9	86.2	440.0	30	219.1	490.0
10	90.2	440.0	31	229.2	495.0
11	99.0	445.0	32	233.2	495.0
12	103.0	445.0	33	241.5	500.0
13	111.7	450.0	34	245.5	500.0
14	115.7	450.0	35	254.2	505.0
15	124.4	455.0	36	258.2	505.0
16	128.4	455.0	37	260.4	506.3
17	137.0	460.0	38	265.9	507.0
18	141.0	460.0	39	286.7	507.9
19	149.9	465.0	40	317.5	507.0
20	153.9	465.0	41	340.0	502.7
21	162.7	470.0			

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

COMPONENTI SISMICHE

Componente sismica orizzontale	0.0410
Componente sismica verticale	0.0205

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO
TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

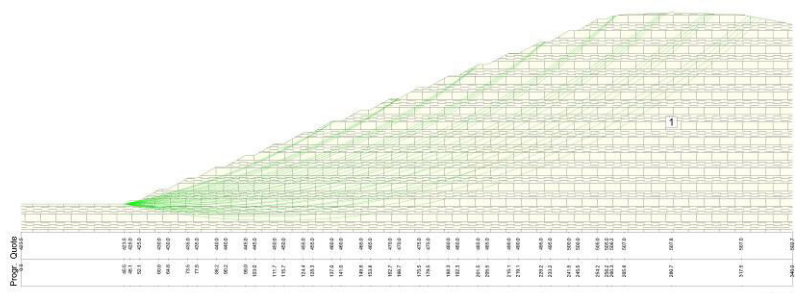
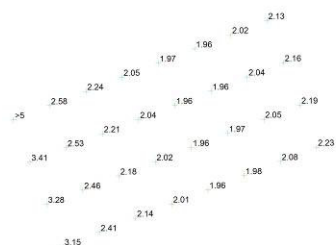
Altezza maglia [m]	60.0
Larghezza maglia [m]	120.0
N. centri base	8.0
N. centri lato	4.0
Inclinazione maglia [°]	21.4
Ascissa punto passaggio [m]	45.5
Ordinata punto passaggio [m]	423.5

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS		N.	Asc.	Ord.	FS
1	0.00	675.00	3.15		17	0.00	715.00	3.41
2	17.14	675.00	2.41		18	17.14	715.00	2.53
3	34.29	675.00	2.14		19	34.29	715.00	2.21
4	51.43	675.00	2.01		20	51.43	715.00	2.04
5	68.57	675.00	1.96		21	68.57	715.00	1.96
6	85.71	675.00	1.98		22	85.71	715.00	1.96
7	102.86	675.00	2.08		23	102.86	715.00	2.04
8	120.00	675.00	2.23		24	120.00	715.00	2.16
9	0.00	695.00	3.28		25	0.00	735.00	>5
10	17.14	695.00	2.46		26	17.14	735.00	2.58
11	34.29	695.00	2.18		27	34.29	735.00	2.24
12	51.43	695.00	2.02		28	51.43	735.00	2.05
13	68.57	695.00	1.96		29	68.57	735.00	1.97
14	85.71	695.00	1.97		30	85.71	735.00	1.96
15	102.86	695.00	2.05		31	102.86	735.00	2.02
16	120.00	695.00	2.19		32	120.00	735.00	2.13

Miniera Canova
Progetto di Ampliamento
Verifica di stabilità del pendio finale
in condizioni sismiche
scala 1:1000

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 33.5$ $c [kN/m^2] = 43$ $\gamma [kN/m^3] = 22$
Comp. sismica orizz. = 0.41 Comp. sismica vert. = 0.205
Metodo: Sarma



VERIFICA DI STABILITÀ N°2

Sezione B-B' – Condizioni statiche

Metodo: Sarma

**SUBSTRATO ROCCIOSO
PARAMETRI GEOTECNICI**

Angolo di attrito $[^\circ]$	27.9
Coesione $[kN/m^2]$	34.0
Peso di volume $[kN/m^3]$	22.0

PUNTI

N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]	N. punto	Progressiva [m]	Quota [m]
1	0.0	423.5	22	166.7	470.0
2	45.5	423.5	23	175.5	475.0
3	48.1	425.0	24	179.5	475.0
4	52.1	425.0	25	188.4	480.0
5	60.8	430.0	26	192.4	480.0
6	64.8	430.0	27	201.5	485.0
7	73.5	435.0	28	205.5	485.0
8	77.5	435.0	29	215.1	490.0
9	86.2	440.0	30	219.1	490.0
10	90.2	440.0	31	229.2	495.0
11	99.0	445.0	32	233.2	495.0
12	103.0	445.0	33	241.5	500.0
13	111.7	450.0	34	245.5	500.0
14	115.7	450.0	35	254.2	505.0
15	124.4	455.0	36	258.2	505.0
16	128.4	455.0	37	260.4	506.3
17	137.0	460.0	38	265.9	507.0
18	141.0	460.0	39	286.7	507.9
19	149.9	465.0	40	317.5	507.0
20	153.9	465.0	41	340.0	502.7
21	162.7	470.0			

SUPERFICIE FALDA

Falda assente

SUPERFICI DI SCIVOLAMENTO

TIPOLOGIA SUPERFICI: CIRCOLARI PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Altezza maglia [m]	60.0
Larghezza maglia [m]	120.0
N. centri base	8.0
N. centri lato	4.0
Inclinazione maglia [°]	21.4
Ascissa punto passaggio [m]	45.5
Ordinata punto passaggio [m]	423.5

RISULTATI DEL CALCOLO

N.	Asc.	Ord.	FS		N.	Asc.	Ord.	FS
1	0.00	675.00	2.81		17	0.00	715.00	3.05
2	17.14	675.00	2.15		18	17.14	715.00	2.25
3	34.29	675.00	1.91		19	34.29	715.00	1.98
4	51.43	675.00	1.81		20	51.43	715.00	1.83
5	68.57	675.00	1.76		21	68.57	715.00	1.76
6	85.71	675.00	1.78		22	85.71	715.00	1.76
7	102.86	675.00	1.88		23	102.86	715.00	1.84
8	120.00	675.00	2.02		24	120.00	715.00	1.97
9	0.00	695.00	2.92		25	0.00	735.00	>5
10	17.14	695.00	2.20		26	17.14	735.00	2.30
11	34.29	695.00	1.94		27	34.29	735.00	2.00
12	51.43	695.00	1.82		28	51.43	735.00	1.84
13	68.57	695.00	1.76		29	68.57	735.00	1.77
14	85.71	695.00	1.77		30	85.71	735.00	1.75
15	102.86	695.00	1.86		31	102.86	735.00	1.83
16	120.00	695.00	1.99		32	120.00	735.00	1.94

d'acqua e/o decadimento delle qualità geotecniche della terra, potrebbe degenerare creando superfici di scivolamento potenzialmente instabili. È comunque opportuno precisare che la copertura terrosa è oggetto di asportazione progressiva, e che tale intervento viene eseguito solo nel periodo estivo, quando non sussistono problemi di stabilità. La problematica sopra evidenziata è relativa solamente al periodo invernale-primaverile quando sulla terra non si lavora. Ad ogni buon conto, i fronti di coltivazione della miniera sono tutti ad una distanza di sicurezza assoluta rispetto alla copertura terrosa, e quindi l'attività strettamente estrattiva è svolta in totale condizione di sicurezza durante tutto l'anno. Inoltre, si sottolinea che l'intervento estrattivo porterà ad un progressivo incremento del fattore di sicurezza della scarpata in terra.

L'infiltrazione di acque non controllate può facilitare eventi franosi; bisogna pertanto continuare ad allontanarle con adeguate opere di drenaggio superficiale (fossi, canalette, piani opportunamente inclinati), questo per impedire sia che l'acqua si infiltri, con aumento pericoloso delle sovrappressioni, sia per impedire fenomeni di erosione superficiale.

Infine, nel caso in cui venisse a mancare la regolarità geo-litologica delle formazioni scavate, fatto poco probabile ma comunque non preventivabile, verrà data da parte della Direzione dei Lavori opportuna e tempestiva segnalazione, per una corretta valutazione del caso.

APPENDICE 1

Schede dei rilievi geostrutturali – Cantiere Albarola

Stendimento 1/2020

Geometria stendimento: direzione=120°N inclinazione=55° lunghezza=9 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	4	0.0	ST	198	62	E	B		2	LIS	MAR
2	3	0.2	GN	282	76	D	B	D	2	RUG	MAR
3	2	0.4	GN	50	25	B	C	D	2	LIS	MAR
4	2	0.6	GN	270	85	C	C	D	2	RUG	MAR
5	2	0.7	GN	232	75	D	C		2	LIS	MAR
6	2	1.0	GN	280	61	B	B	D	2	SEG	MAR
7	2	1.2	GN	87	60	C	C	C	2	SEG	MAR
8	3	1.5	ST	188	75	D	C		2	OND	MAR
9	2	1.7	GN	105	75	B	C	C	2	SEG	MAR
10	3	2.0	GN	48	35	C	C		2	SEG	MAR
11	3	2.2	GN	278	62	B	C	D	2	RUG	MAR
12	4	2.4	GN	68	30	C	C	D	2	SEG	MAR
13	2	2.7	ST	200	68	E	C		2	OND	MAR
14	3	2.9	GN	300	72	C	C		2	SEG	MAR
15	1	3.2	GN	105	40	C			2	SEG	MAR
16	2	3.4	GN	275	58	C	C		2	RUG	MAR
17	1	3.5	GN	115	84	D		C	2	SEG	MAR
18	2	3.7	GN	98	48	C	C		2	RUG	MAR
19	1	4.0	GN	190	36	C			2	LIS	MAR
20	3	4.1	ST	199	61	E	C		2	SEG	MAR
21	2	4.3	GN	95	58	D	B	D	2	SEG	MAR
22	1	4.5	GN	335	30	C			2	SEG	MAR
23	2	4.6	GN	55	40	B	B		2	RUG	MAR
24	1	4.8	GN	108	80	C			2	RUG	MAR
25	3	4.9	GN	98	82	C	C	C	2	RUG	MAR
26	1	5.3	GN	60	60	C			2	RUG	MAR
27	1	5.9	GN	26	40	C			2	SEG	MAR
28	1	6.5	FA	95	66	D		C	2	LIS	MAR
29	2	6.7	GN	70	25	C	B	D	2	RUG	MAR
30	3	6.9	GN	290	80	C	C		2	SEG	MAR
31	2	7.2	ST	202	67	C	C		2	LIS	MAR
32	3	7.5	GN	95	59	C	B	C	2	SEG	MAR
33	3	7.7	GN	315	66	C	C		2	RUG	MAR
34	4	8.1	GN	18	27	C	B		2	LIS	MAR
35	2	8.5	GN	310	60	D	C	D	2	SEG	MAR
36	1	8.7	GN	300	65	D			2	RUG	MAR
37	2	9.0	GN	80	35	C	C		2	LIS	MAR

Stendimento 2/2020

Geometria stendimento: direzione=45°N inclinazione=55° lunghezza=10 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	1	0.0	SC	200	58	D			2	LIS	MAR
2	2	0.1	GN	85	74	C	C		2	RUG	MAR
3	2	0.3	GN	24	86	C	C		2	RUG	MAR
4	3	0.6	ST	208	62	E	B		2	OND	MAR
5	2	0.8	GN	98	44	C	B		2	SEG	MAR
6	1	1.0	GN	70	82	C			2	RUG	MAR
7	2	1.2	GN	85	55	C	C	D	2	RUG	MAR
8	2	1.6	ST	204	65	E	C		2	SEG	MAR
9	2	1.9	GN	14	30	C	B		2	SEG	MAR
10	2	2.2	GN	88	60	C	B		2	LIS	MAR
11	1	2.7	GN	355	35	C			2	RUG	MAR

12	1	3.0	GN	318	60	B			2	OND	MAR
13	1	3.6	GN	340	41	B			2	SEG	MAR
14	2	3.9	GN	328	45	B	B		2	RUG	MAR
15	2	4.2	GN	88	66	C	C	D	2	RUG	MAR
16	2	4.6	ST	210	68	E	C	D	2	OND	MAR
17	2	5.0	GN	350	35	C	C	C	2	SEG	MAR
18	2	5.3	GN	77	80	C	C		2	SEG	MAR
19	1	5.6	ST	200	61	E			2	RUG	MAR
20	3	6.0	GN	70	50	D	C		2	RUG	MAR
21	1	6.2	GN	302	84	C			2	SEG	MAR
22	1	6.6	FA	270	56	E		D	2	LIS	MAR
23	2	7.0	ST	215	55	E	C		2	OND	MAR
24	2	7.1	GN	48	50	C	C		2	RUG	MAR
25	2	7.3	GN	35	35	E	C		2	RUG	MAR
26	2	7.6	ST	218	48	F	C		2	LIS	MAR
27	2	7.8	GN	122	42	D	B		2	RUG	MAR
28	2	8.0	GN	358	40	C	B		2	SEG	MAR
29	1	8.2	GN	318	54	C			2	RUG	MAR
30	1	8.3	GN	84	35	C			2	SEG	MAR
31	2	8.5	ST	195	66	C	C		2	OND	MAR
32	1	8.5	FA	150	81	D		C	2	SEG	MAR
33	1	9.0	FA	20	68	D			2	SEG	MAR
34	2	9.2	GN	68	28	C	C	A	2	RUG	MAR
35	2	9.3	GN	54	80	C	B	D	2	LIS	MAR
36	2	9.5	GN	325	45	C	C		2	RUG	MAR
37	1	9.6	GN	25	55	B			2	OND	MAR
38	1	9.8	GN	182	88	B			2	RUG	MAR
39	1	10.0	GN	90	66	C			2	LIS	MAR

Stendimento 1/2019

Geometria stendimento: direzione=70°N inclinazione=60° lunghezza=10 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac
1	3	0.0	ST	198	60	E	C		2
2	2	0.4	GN	110	75	C	C	D	2
3	2	0.8	GN	73	74	C	C		2
4	2	1.2	GN	300	78	C	B	D	2
5	4	1.6	GN	290	66	C	C		2
6	2	2.0	GN	298	60	C	B		2
7	2	2.2	GN	204	60	B	C		2
8	2	2.6	GN	298	88	D	B		2
9	2	3.0	ST	203	50	E	C		2
10	2	3.4	GN	58	50	C	C		2
11	2	3.8	GN	190	40	C	C		2
12	1	4.0	GN	112	70	E			2
13	2	4.2	GN	70	50	D	B		2
14	3	4.5	GN	330	56	B	B	D	2
15	2	4.8	ST	200	61	E	C		2
16	1	5.2	GN	190	38	C			2
17	1	5.5	GN	298	88	C			2
18	2	5.7	GN	298	50	C	B		2
19	2	6.0	GN	92	45	C	B	D	2
20	2	6.2	GN	18	40	C	C		2
21	2	6.5	GN	330	50	C	C	C	2
22	2	6.9	ST	207	52	C	C		2
23	1	7.3	FA	34	53	E			2
24	2	7.6	GN	168	27	C	C		2
25	2	8.0	GN	60	44	B	B		2
26	3	8.4	GN	78	70	C	B	D	2
27	2	8.8	GN	84	56	C	C		2
28	2	9.3	GN	235	55	C	C		2

29	2	9.6	GN	12	64	C	C		2
30	2	10.0	GN	62	34	C	C		2

Cantiere Albarola
Verifica di stabilità dei fronti
Aggiornamento anno 2019
Stendimento 2

Geometria stendimento: direzione=36°N inclinazione=55° lunghezza=10 m

SCHEDA DEL RILIEVO STRUTTURALE

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac
1	3	0.0	ST	36	71	E	B		2
2	2	0.3	GN	298	75	B	B	D	2
3	4	0.6	ST	35	75	E	B		2
4	2	0.9	GN	60	44	C	C		2
5	1	1.2	GN	45	38	B			2
6	2	1.5	GN	122	50	B	B	D	2
7	2	1.7	GN	32	46	C	B		2
8	2	2.0	GN	33	58	C	B		2
9	2	2.2	GN	308	75	C	C	D	2
10	3	2.4	GN	48	22	B	C		2
11	1	2.8	GN	20	70	C			2
12	2	3.1	GN	166	62	B	B		2
13	1	3.4	GN	35	54	C			2
14	2	3.8	ST	38	85	E	B		2
15	3	4.1	GN	295	60	B	B	D	2
16	2	4.5	GN	40	70	C	B		2
17	2	4.7	GN	116	46	B	C		2
18	2	5.0	GN	48	64	C	C		2
19	2	5.4	GN	145	75	C	C	C	2
20	1	5.8	GN	25	66	C			2
21	1	6.1	GN	208	66	C			2
22	3	6.3	GN	140	70	C	C		2
23	3	6.7	GN	15	45	D	B		2
24	2	7.0	GN	178	67	C	B		2
25	1	7.3	GN	140	60	B			2
26	2	7.7	GN	296	80	C	B	D	2
27	2	8.1	GN	228	54	D			2
28	2	8.4	GN	12	36	B	B		2
29	2	8.8	GN	153	46	B	C	D	2
30	1	9.6	GN	128	64	C		D	2
31	1	9.9	GN	26	21	C	C		2
32	2	10.0	ST	201	75	E	C		2

Stendimento 1/2017

Geometria stendimento: direzione=100°N inclinazione=62° lunghezza=12 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	2	0.0	GN	86	45	D	C		2	RUG	MLMS
2	1	0.2	GN	330	45	C	C		2	OND	MLMS
3	1	0.4	GN	68	21	C	C	D	2	LIS	MLMS
4	1	0.6	ST	212	44	E	C	D	2	LIS	MLMS
5	3	0.6	GN	104	62	C	C	D	2	RUG	MLMS
6	2	1.1	ST	205	61	E	C	D	2	RUG	MLMS
7	2	1.9	ST	217	55	E	C		2	RUG	MLMS
8	2	2.1	GN	108	50	C	C	D	2	LIS	MLMS
9	3	2.2	GN	105	82	C	C	D	2	LIS	MLMS
10	1	2.3	GN	222	68	C	C	D	2	OND	MLMS
11	1	2.9	GN	100	67	C	C	D	2	LIS	MLMS
12	4	4.0	ST	182	52	E	C	C	2	OND	MLMS

13	1	4.0	GN	58	44	C	C		2	RUG	MLMS
14	1	4.0	GN	298	60	C	C		2	LIS	MLMS
15	3	4.2	GN	42	36	C	C	D	2	RUG	MLMS
16	1	4.3	GN	219	82	C	C	D	2	OND	MLMS
17	1	5.8	GN	96	44	C	C	D	2	LIS	MLMS
18	1	5.8	GN	54	65	C	C		2	RUG	MLMS
19	1	5.9	ST	183	52	E	C		2	LIS	MLMS
20	1	6.4	GN	74	36	C	C		2	LIS	MLMS
21	1	7.0	GN	264	40	C	C	D	2	OND	MLMS
22	1	7.0	GN	290	75	C	C		2	LIS	MLMS
23	1	7.0	GN	312	58	C	C		2	LIS	MLMS
24	3	7.7	GN	266	65	C	C	D	2	RUG	MLMS
25	1	8.0	GN	90	35	C	C	D	2	LIS	MLMS
26	3	8.6	GN	280	80	C	C	D	2	LIS	MLMS
27	1	8.7	CT	215	62	E	C		2	RUG	SHL
28	1	9.0	GN	87	45	C	C	D	2	LIS	SHL
29	5	9.6	GN	126	64	C	C		2	LIS	SHL
30	2	9.8	GN	318	48	C	C		2	LIS	SHL
31	1	10.9	GN	106	71	C	C	D	2	LIS	SHL
32	5	12.0	ST	218	62	E	C		2	LIS	SHL

Stendimento 2/2017

Geometria stendimento: direzione=46°N inclinazione=60° lunghezza=12 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	2	0.0	ST	20	65	E	C	D	2	SEG	MLMS
2	3	0.4	GN	148	55	C	C	D	2	OND	MLMS
3	3	0.9	GN	210	27	C	C		2	LIS	MLMS
4	1	1.3	GN	114	80	D	C		2	LIS	MLMS
5	3	2.5	ST	26	65	E	C		2	LIS	MLMS
6	2	3.0	GN	283	85	E	C		2	RUG	MLMS
7	2	3.7	GN	103	85	D	C		2	LIS	SHL
8	4	4.6	GN	164	30	C	C		2	RUG	SHL
9	2	5.1	ST	23	60	E	C		2	LIS	SHL
10	2	6.8	GN	272	58	C	C		2	OND	SHL
11	1	7.1	GN	167	85	C	C		2	LIS	SHL
12	2	7.9	GN	204	80	C	C		2	RUG	MLMS
13	1	8.1	GN	170	85	D	C		2	OND	MLMS
14	1	8.5	GN	60	80	C	C		2	LIS	MLMS
15	2	8.5	GN	120	60	D	C		2	RUG	MLMS
16	1	9.0	GN	22	75	E	C		2	LIS	MLMS
17	1	9.2	GN	270	12	C	C		2	LIS	SHL
18	1	9.5	GN	147	54	C	C		2	RUG	SHL
19	2	9.7	ST	22	65	E	C	D	2	OND	SHL
20	2	10.0	GN	117	40	C	C		2	LIS	MLMS
21	2	10.5	GN	272	68	D	C		2	RUG	MLMS
22	3	11.0	GN	92	59	C	C		2	SEG	MLMS
23	1	11.4	GN	18	75	C	C		2	LIS	MLMS
24	2	11.9	GN	254	72	C	C		2	LIS	MLMS
25	4	12.0	GN	132	43	C	C	D	2	LIS	MLMS

Stendimento 1/2006

Geometria stendimento: direzione d'immersione=83°N inclinazione=55° lunghezza=5 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac
1	4	0.0	GN	106	88	C	C		2
2	2	0.1	ST	25	56	F	C		2
3	2	0.1	GN	176	35	C	C		2
4	3	0.6	GN	130	85	C	C		2
5	5	0.7	GN	38	60	B	B		2
6	2	1.1	GN	345	65	C	C		2

7	3	1.2	GN	140	58	B	B		2
8	2	1.4	GN	22	65	F	C		2
9	4	1.4	GN	120	80	C	C		2
10	2	1.8	GN	270	64	C	C		2
11	3	1.8	GN	32	60	B	B		2
12	3	1.8	GN	128	62	B	B		2
13	2	2.0	GN	28	58	B	B		2
14	3	2.0	GN	115	80	B	B		2
15	3	2.5	GN	48	50	B	B		2
16	3	2.5	GN	302	89	B	B		2
17	1	2.9	GN	235	60				2
18	1	2.9	GN	142	50				2
19	1	3.0	ST	28	55				2
20	2	3.3	GN	122	80	C	C		2
21	2	3.3	GN	38	55	C	C		2
22	5	3.3	GN	150	61	B	B		2
23	2	4.3	GN	300	88	C	C	D	2
24	1	4.3	GN	25	72				2
25	2	4.4	GN	225	45				2
26	1	4.7	GN	14	88			D	2
27	4	4.7	GN	92	40	B	B		2
28	3	4.7	GN	250	55	C	C	D	2
29	3	4.9	ST	26	52	C	C		2
30	3	5.0	GN	122	85	C	B		2
31	3	5.0	GN	278	70	B	B		2
32	4	5.0	GN	275	45	C	B		2

Stendimento 2/2006

Geometria stendimento: direzione d'immersione=325°N inclinazione=55° lunghezza=5 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ac
1	2	0.0	GN	25	44	B	B	2
2	3	0.0	ST	250	55	D	B	2
3	1	0.0	GN	256	84	B		2
4	2	0.7	GN	24	45	C	B	2
5	2	0.7	GN	287	78	B	B	2
6	2	0.7	ST	215	45	D	B	2
7	3	1.3	ST	232	48	B	B	2
8	2	1.3	GN	18	53	B	B	2
9	2	1.3	GN	267	85	C	B	2
10	2	1.3	GN	252	70	B	B	2
11	2	1.8	ST	226	45	D	B	2
12	2	1.8	GN	50	52	B		2
13	1	1.8	GN	276	87	B	B	2
14	2	1.8	GN	22	57	B	B	2
15	2	2.2	GN	14	65	C	B	2
16	2	2.2	GN	280	88	B	B	2
17	2	2.2	GN	190	45	B	B	2
18	3	2.2	ST	205	45	D	B	2
19	2	2.9	GN	22	58	B	B	2
20	2	2.9	GN	284	88	B	B	2
21	2	2.9	ST	220	52	D	B	2
22	2	2.9	GN	162	75	B	B	2
23	2	2.9	GN	128	85	B	B	2
24	2	3.3	GN	22	50	B	B	2
25	1	3.5	GN	340	30	B		2
26	2	4.0	GN	90	85	B	B	2
27	2	4.0	ST	212	55	D	B	2
28	2	4.0	GN	152	50	B	B	2
29	3	4.0	GN	18	60	B	B	2
30	2	4.1	GN	232	40	C	B	2

31	2	4.2	GN	20	61	B	B	2
32	2	4.2	GN	250	75	B	B	2

Stendimento 3/2006

Geometria stendimento: direzione d'immersione=43°N inclinazione=55° lunghezza=5.4 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac
1	2	0.2	GN	105	68	C	C		2
2	1	0.2	ST	210	60	C	C	A	2
3	1	0.2	GN	325	62	C	C		2
4	2	0.2	GN	68	50	C	C		2
5	2	0.2	GN	22	88	C	C		2
6	5	1.1	GN	4	45	C	C		2
7	2	1.2	GN	105	75	C	C		2
8	1	1.2	GN	90	50	C	C		2
9	3	1.9	ST	216	62	C	C	A	2
10	2	1.9	GN	14	40	C	D		2
11	2	1.9	GN	64	52	D	C	C	2
12	3	2.5	GN	89	60	C	C		2
13	3	2.5	GN	16	20	C	C		2
14	2	2.5	GN	130	40				2
15	1	2.5	ST	214	65				2
16	1	3.5	GN	18	45	C	C		2
17	1	3.5	GN	108	64	C	C		2
18	3	3.5	GN	10	35	C	C		2
19	3	3.5	GN	72	65	C	C		2
20	1	3.5	GN	302	80	C	C		2
21	1	3.5	GN	315	85				2
22	1	4.1	ST	215	70				2
23	3	4.1	GN	102	60				2
24	5	4.4	GN	354	40	D	C		2
25	4	5.0	GN	108	78	C	B		2
26	4	5.0	GN	2	45				2
27	1	5.0	ST	218	55				2
28	2	5.0	GN	97	65	C	C		2
29	3	5.0	GN	130	86	C	C		2
30	1	5.4	GN	356	45				2
31	1	5.4	GN	110	70				2
32	1	5.4	ST	228	65				2

Stendimento 1/1999

Geometria stendimento: direzione=170°N inclinazione=55° lunghezza=6 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca
1	3	0.0	SC	195	45	B	B		2	LIS
2	1	1.2	ST	195	45	F			2	OND
3	2	1.3	GN	195	45	F	C		2	LIS
4	3	1.3	GN	100	85	F	D		2	OND
5	5	1.4	SC	195	45	B	B		2	LIS
6	1	2.0	SC	195	45	F			2	OND
7	3	2.3	GN	100	85	B	C		2	LIS
8	6	2.7	ST	195	45	F	C		2	OND
9	4	3.1	SC	195	45	B	B		2	LIS
10	1	4.0	SC	195	45	F			2	OND
11	3	4.9	GN	290	70	C	C		2	LIS
12	1	5.2	GN	290	70	C		C	2	LIS
13	1	5.5	GN	30	45	C			2	LIS
14	1	6.0	GN	290	70	C			2	LIS

Stendimento 2/1999

Geometria stendimento: direzione=125°N inclinazione=55° lunghezza=1 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca
1	10	0.0	GN	30	45	C	B		2	LIS
2	2	1.0	GN	80	70	D	C		2	LIS

Stendimento 3/1999

Geometria stendimento: direzione=124°N inclinazione=55° lunghezza=6 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca
1	8	0.0	ST	210	65	F	B		2	OND
2	7	0.4	ST	210	65	F	B		2	OND
3	10	0.9	SC	210	65	C	A		2	OND
4	4	1.2	SC	210	65	C	A		2	OND
5	8	1.5	SC	210	65	C	A		2	OND
6	20	1.9	SC	210	65	C	A		2	OND
7	8	2.5	SC	210	65	C	A		2	OND
8	10	3.0	SC	210	65	C	A		2	OND
9	8	3.3	SC	210	65	C	A		2	OND
10	4	3.8	ST	210	65	F	B		2	OND
11	3	4.1	GN	330	35	D	D		2	LIS
12	1	4.5	GN	10	75	D			2	LIS
13	2	4.9	GN	100	85	D	C		2	RUG
14	2	5.3	GN	80	50	D	C		2	RUG
15	2	5.7	GN	310	60	C	C		2	RUG
16	2	6.0	GN	100	50	D	C	C	2	LIS

Stendimento 4/1999

Geometria stendimento: direzione=105°N inclinazione=45° lunghezza=10 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca
1	2	0.0	ST	210	60	F	D		2	RUG
2	2	0.3	GN	210	60	E	B		2	LIS
3	5	0.9	GN	210	60	B	B		2	LIS
4	3	1.3	GN	190	40	B	B		2	LIS
5	3	1.8	GN	305	80	C	B		2	SEG
6	7	2.5	GN	30	60	C	B		2	LIS
7	15	3.0	SC	210	60	C	A		2	LIS
8	2	3.4	ST	210	60	F	D		2	LIS
9	12	3.9	GN	210	60	B	B		2	RUG
10	8	4.5	GN	325	50	C	B		2	RUG
11	4	5.0	GN	325	50	C	C		2	RUG
12	5	5.4	GN	115	80	C	B		2	RUG
13	3	5.7	GN	60	35	C	C		2	RUG
14	3	6.1	GN	100	80	C	C		2	RUG
15	3	6.8	GN	50	35	C	C		2	RUG
16	15	7.4	SC	210	60	C	A		2	LIS
17	2	7.9	ST	210	60	F	D		2	LIS
18	3	8.3	GN	90	75	C	C		2	RUG
19	6	8.8	GN	20	55	B	B		2	RUG
20	6	9.2	GN	110	85	C	B		2	RUG
21	6	9.6	GN	330	65	B	B		2	LIS
22	6	10.0	GN	340	85	B	B		2	LIS

Stendimento 5/1999

Geometria stendimento: direzione=344°N inclinazione=55° lunghezza=10 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca
1	2	0.0	ST	30	85	E	B		2	LIS
2	4	0.3	SC	30	85	D	A		2	LIS
3	1	0.5	ST	210	85	E	B		2	LIS
4	3	0.8	ST	210	85	E	B		2	LIS
5	2	1.1	GN	300	60	B	B		2	OND
6	2	1.7	GN	295	65	B	B		2	LIS

7	2	2.2	GN	300	80	B	B		2	OND
8	1	2.5	GN	40	60	B	C		2	RUG
9	5	2.8	SC	30	85	D	A		2	LIS
10	2	3.0	GN	295	40	C	C		2	LIS
11	2	3.4	ST	30	85	D	C		2	LIS
12	2	3.9	GN	110	75	C	C	C	2	LIS
13	3	4.2	GN	110	75	D	B		2	LIS
14	3	4.4	GN	295	40	C	B		2	LIS
15	3	4.7	GN	125	60	B	B		2	LIS
16	5	5.0	SC	210	85	C	A		2	LIS
17	2	5.3	ST	30	85	C	B		2	LIS
18	1	5.6	FA	210	85	F			2	RUG
19	3	5.9	GN	35	85	C	C		2	RUG
20	2	6.2	GN	305	55	C	C		2	RUG
21	3	6.6	GN	45	55	C	C		2	RUG
22	2	6.8	GN	140	50	C	C		2	RUG
23	2	7.1	GN	140	30	C	C		2	RUG
24	2	7.5	ST	30	85	D	D		2	LIS
25	3	7.8	GN	310	50	C	C	C	2	RUG
26	3	8.0	GN	205	55	B	B		2	LIS
27	3	8.3	GN	120	75	C	C		2	RUG
28	4	8.7	GN	240	50	C	C	C	2	LIS
29	3	9.0	GN	115	60	C	C		2	RUG
30	3	9.5	GN	310	65	C	C		2	RUG
31	4	9.8	GN	355	50	C	B		2	LIS
32	10	10.0	SC	90	75	B	A		2	LIS

Schede dei rilievi geostretturali – Cantiere Canova

Stendimento 1/2020

Geometria stendimento: direzione=120°N inclinazione=60° lunghezza=9 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Lit
1	1	0.0	ST	125	46	F		D	2	MAR
2	2	0.3	GN	286	65	D	B	D	2	MAR
3	2	0.6	GN	194	30	E	B	D	2	MAR
4	1	0.9	ST	118	60	D			2	MAR
5	2	1.3	GN	205	35	B	B		2	MAR
6	2	1.8	GN	35	65	C	C		2	MAR
7	2	2.0	GN	280	70	B	B		2	MAR
8	2	2.4	GN	110	75	C	C		2	MAR
9	1	2.8	GN	305	60	D		D	2	MAR
10	2	3.1	GN	330	60	B	B		2	MAR
11	2	3.3	ST	128	60	C	C	D	2	MAR
12	3	3.5	GN	295	43	D		D	2	MAR
13	1	3.7	GN	116	62	C			2	MAR
14	2	3.9	ST	105	32	C	C		2	MAR
15	1	4.1	GN	172	86	D		D	2	MAR
16	1	4.3	GN	292	76	C			2	MAR
17	2	4.5	GN	350	82	C	B		2	MAR
18	2	4.8	GN	230	64	C	C		2	MAR
19	3	5.1	GN	260	70	C	C	D	2	MAR
20	2	5.2	GN	220	62	D	B		2	MAR
21	2	5.5	GN	295	75	C	C		2	MAR
22	1	5.8	GN	58	74	C			2	MAR
23	1	6.0	GN	280	20	C		D	2	MAR
24	2	6.2	GN	150	16	D	B		2	MAR
25	2	6.4	GN	325	85	B	B	D	2	MAR
26	2	6.5	GN	268	70	B	B	D	2	MAR
27	2	6.7	GN	253	65	D	B		2	MAR
28	1	7.0	GN	130	48	C			2	MAR

29	2	7.3	GN	266	68	D	B		2	MAR
30	1	7.6	GN	313	76	C		D	2	MAR
31	1	8.0	GN	359	80	C		D	2	MAR
32	1	8.1	GN	188	64	C		D	2	MAR
33	1	8.3	GN	195	35	B		D	2	MAR
34	1	8.5	GN	80	84	C			2	MAR
35	1	8.8	GN	204	88	C		D	2	MAR
36	1	9.0	ST	115	40	D			2	MAR

Stendimento 1/2019

Geometria stendimento: direzione=170°N inclinazione=60° lunghezza=10 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac
1	1	0.0	ST	325	36	D			2
2	2	0.2	GN	127	52	C	C		2
3	2	0.5	GN	198	45	C	C	D	2
4	1	0.9	GN	20	69	C			2
5	2	1.2	GN	332	75	C	C	D	2
6	2	1.5	GN	98	82	B	C		2
7	1	1.7	ST	290	20	D			2
8	1	2.1	GN	17	70	B		D	2
9	3	2.4	GN	127	33	C	B		2
10	3	2.8	GN	180	70	C	B		2
11	3	3.0	GN	102	88	B	B		2
12	1	3.3	GN	250	76	B		D	2
13	1	3.6	GN	298	46	B		D	2
14	2	4.1	GN	76	84	B	B		2
15	1	4.4	ST	330	36	D			2
16	2	4.8	GN	92	45	C	B		2
17	2	5.0	GN	168	70	B	B	D	2
18	1	5.3	GN	250	88	B		D	2
19	3	5.5	GN	168	42	C	B	D	2
20	2	5.8	GN	164	68	B	B	D	2
21	1	6.2	GN	154	54	B		D	2
22	4	6.6	SC	103	42	B	B		2
23	2	6.9	GN	202	65	C	B		2
24	2	7.2	GN	306	64	C	B		2
25	2	7.5	GN	126	57	C	C	D	2
26	2	7.7	GN	26	56	D	B		2
27	3	8.0	GN	343	76	C	B	D	2
28	2	8.2	GN	232	74	C	B	D	2
29	1	8.5	GN	22	58	D			2
30	2	8.7	SC	126	42	D	B		2
31	1	9.0	GN	340	14	B			2
32	1	9.4	GN	255	59	C			2
33	1	9.7	GN	86	48	C			2
34	1	10.0	GN	230	26	C			2

Stendimento 1/2017

Geometria stendimento: direzione=176°N inclinazione=42° lunghezza=11 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Lit
1	6	0.0	ST	108	40	D	C		2	MLMS
2	1	0.5	GN	352	55	D	C	D	2	SHL
3	1	0.6	GN	180	50	D	C	D	2	SHL
4	1	1.6	GN	203	54	D	C	D	2	MLMS
5	3	2.1	GN	156	50	C	C		2	MLMS
6	1	2.5	GN	236	53	C	C		2	MLMS
7	2	2.6	GN	150	32	D	C		2	SND
8	1	3.8	ST	118	35	D	C		2	LMS
9	3	4.0	GN	224	78	D	C		2	LMS
10	1	4.7	GN	344	72	C	C		2	LMS
11	1	4.8	GN	252	50	D	C		2	LMS

12	2	5.5	ST	96	46	D	C		2	SND
13	1	5.7	GN	202	35	C	C		2	MLMS
14	5	5.7	ST	99	45	D	C		2	MLMS
15	2	6.0	GN	174	34	D	C		2	MLMS
16	1	6.0	GN	146	74	C	C		2	MLMS
17	2	6.4	ST	124	52	D	C		2	LMS
18	1	6.5	ST	130	55	D	C		2	LMS
19	3	7.1	GN	232	85	D	C	C	2	LMS
20	1	7.1	GN	268	70	C	C		2	LMS
21	1	7.1	GN	172	78	C	C		2	LMS
22	1	7.2	GN	267	55	C	C		2	LMS
23	1	7.7	GN	165	74	C	C	D	2	LMS
24	2	7.9	GN	170	64	D	C		2	SND
25	1	7.9	GN	155	41	C	C		2	SND
26	2	8.0	GN	142	75	D	C		2	MLMS
27	1	8.3	GN	242	70	C	C		2	MLMS
28	1	9.0	GN	203	43	C	C		2	MLMS
29	1	9.5	ST	110	26	D	C	D	2	MLMS
30	1	9.8	GN	17	65	C	C		2	MLMS
31	1	9.9	GN	240	47	D	C		2	MLMS
32	1	10.5	ST	115	37	D	C	C	2	SHL
33	1	11.0	SC	88	20	C	C		2	SHL

Stendimento 1/2007

Geometria stendimento: direzione=350°N inclinazione=72° lunghezza=5.5 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Sca
1	2	0.0	GN	330	71	D	C	D	SEG
2	2	0.0	GN	140	38	D	D	A	
3	4	0.5	ST	130	40	D	C		
4	2	0.5	GN	31	80	C	C		
5	4	0.7	GN	118	65	C	C		
6	2	0.8	ST	115	35	D	C		
7	3	1.0	GN	356	54	B	B		
8	2	1.9	GN	350	83	B	C	D	
9	4	2.4	GN	212	10	B	B	D	
10	4	2.4	GN	262	84	C	B		
11	3	2.6	ST	108	30	D	C	A	
12	1	2.6	GN	170	88	B			
13	1	2.6	GN	17	87	B			RUG
14	1	2.6	GN	270	89	B			
15	1	2.6	GN	286	69	B			
16	5	3.0	ST	105	28	E	B	A	
17	2	3.1	GN	270	70	C	C	D	
18	1	3.3	FA	100	72	E			
19	1	3.3	GN	151	43	C		A	
20	2	3.3	GN	130	58	C	B		
21	3	3.6	GN	15	82	C	B		
22	3	3.8	GN	332	63	C	C	D	
23	2	4.1	GN	35	40	C	B		
24	1	4.1	GN	150	68	C		D	
25	2	4.3	GN	338	52	D	C	D	
26	2	5.0	GN	302	66	C	C		
27	2	5.0	GN	34	88	C	B		
28	1	5.0	GN	195	40	D			
29	2	5.5	GN	325	38	D	C		
30	2	5.5	GN	190	55	C	C		RUG
31	1	5.5	GN	180	40	D			
32	1	5.5	GN	120	88	C			RUG

Stendimento 2/2007

Geometria stendimento: direzione=35°N inclinazione=72° lunghezza=5 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Sca
1	3	0.0	GN	12	69	C	C		LIS
2	2	0.0	GN	244	70	D	C		
3	3	0.0	ST	140	58	D	C	D	
4	2	0.7	GN	356	50	C	B		
5	2	0.7	GN	42	72	C	B		
6	1	0.8	FA	116	64	D	C		
7	6	1.3	ST	135	45	D	B		
8	2	1.3	GN	22	71	C	C		
9	1	1.4	GN	110	24	C			
10	1	1.7	FA	120	60	D			
11	2	1.8	GN	38	52	B	B		
12	3	2.2	ST	130	35	D	C	A	RUG
13	2	2.2	GN	5	80	C	C	D	
14	1	2.2	GN	25	82	C		D	
15	1	2.9	GN	40	68	C		D	
16	2	2.9	GN	50	34	C	B	D	
17	2	3.3	GN	172	81	C	B		
18	3	3.5	ST	142	26	D	B	A	
19	3	3.9	GN	33	78	C	B		
20	2	3.9	GN	25	68	C	B	D	
21	1	4.0	GN	20	70	C			
22	2	4.1	ST	130	23	D	C		RUG
23	1	4.1	GN	245	56	B			
24	1	4.2	GN	310	70	B		A	
25	3	4.5	GN	50	75	C	C		
26	2	4.5	GN	240	85	C	B		
27	1	4.6	GN	280	42	C		D	
28	1	4.6	GN	65	56	B			
29	1	4.6	GN	220	86	B			
30	1	5.5	FA	150	72	D			
31	3	5.8	GN	25	70	B	B		
32	2	6.0	GN	325	30	C	C		LIS
33	2	6.0	GN	5	81	C	C		

Stendimento 1/2003

Geometria stendimento: direzione=325°N inclinazione=0° lunghezza=20 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	1	0.0	ST	110	48	F			2	RUG	LMS
2	2	0.1	GN	230	45	C	C		2	OND	LMS
3	1	0.5	GN	0	42	C			2	RUG	LMS
4	2	1.0	GN	230	72	D	D		2	OND	LMS
5	1	2.1	GN	152	64	D			2	OND	LMS
6	1	4.5	GN	8	85	D			2	RUG	LMS
7	1	5.6	ST	142	32	F			2	LIS	LMS
8	4	6.0	GN	236	68	D	D		2	OND	SND
9	4	6.9	GN	253	60	C	C		2	OND	SND
10	5	5.2	GN	342	55	C	C		2	RUG	LMS
11	4	7.8	GN	270	75	C	C	C	2	RUG	LMS
12	3	6.5	GN	335	80	D	C		2	OND	LMS
13	1	7.7	ST	128	35	F			2	LIS	LMS
14	2	11.5	GN	260	85	D	D		2	RUG	SND
15	2	14.4	GN	100	62	C	D		2	RUG	LMS
16	1	16.8	FA	268	35	E	F		2	OND	LMS
17	1	16.4	GN	80	85	C			2	OND	LMS
18	1	16.2	GN	230	85	D			2	OND	LMS
19	1	17.1	GN	0	70	E			2	RUG	LMS
20	1	0.0	ST	132	25	F			2	LIS	LMS
21	2	18.2	GN	268	72	D	D		2	RUG	LMS
22	1	18.5	GN	5	82	C			2	RUG	LMS
23	2	18.7	GN	232	70	C	C	C	2	OND	LMS

24	3	19.0	GN	235	68	C	D		2	OND	LMS
25	1	19.0	GN	340	58	D			2	OND	LMS
26	2	19.1	GN	270	78	E	D		2	RUG	LMS
27	4	19.2	GN	152	65	C			2	OND	LMS
28	1	19.3	GN	6	82	C			2	RUG	LMS
29	1	19.4	GN	142	35	B			2	OND	LMS
30	2	19.7	GN	336	82	C	C		2	RUG	LMS
31	2	20.0	GN	102	65	C	D		2	OND	LMS
32	3	20.1	GN	82	82	D	C		2	OND	LMS

Stendimento 2/2003

Geometria stendimento: direzione=318°N inclinazione=0° lunghezza=13 m

N.	Nu	Dist	Ti	Imm	Inc	Lu	Sp	Ri	Ac	Sca	Lit
1	1	0.0	GN	8	68	D			2	OND	LMS
2	4	0.2	GN	236	82	D	C	C	2	RUG	LMS
3	1	0.5	ST	134	28				2	LIS	LMS
4	3	0.8	GN	130	78	D	C		2	LIS	LMS
5	2	1.0	GN	34	62	D	D		2	LIS	LMS
6	3	3.0	GN	222	75	F	C		2	RUG	LMS
7	1	6.5	FA	270	45	F	F		2	OND	LMS
8	1	9.2	FA	268	45	F	F		2	OND	LMS
9	1	9.6	FA	310	65	F			2	OND	LMS
10	1	11.0	FA	145	85	F			2	OND	LMS
11	2	12.3	GN	135	85	C	C		2	RUG	LMS
12	1	12.6	GN	270	80	D			2	RUG	LMS
13	1	12.6	GN	275	80	C			2	RUG	LMS
14	2	12.9	GN	10	70	D	C		2	RUG	LMS
15	3	13.0	GN	235	80	D	C		2	RUG	LMS
16	2	13.1	GN	132	75	C	C		2	RUG	LMS
17	2	13.2	GN	35	64	D	C		2	RUG	LMS
18	1	13.2	GN	225	78	D			2	RUG	LMS

LEGENDA

TIPO	LUNGHEZZA	RIEMPIMENTO	ACQUA
GN Giunto	A inf. 2 cm	A Argilla	2 Asciutto
ST Stratificazione	B 2-10 cm	B Breccia	4 Umido
CT Contatto	C 10-50 cm	C Calcite	5 Still.
FA Faglia	D 0.5-2 m	D Ossidi Fe	6 Venute
SC Scistosita'	E 2-5 m	E Sabbia	
SH Shear	F sup 5 m	F Detrito	
VN Vena			

SCABREZZA	LITOLOGIA	LITOLOGIA	LITOLOGIA
LEV Levigata	SHL Argillite	GRN Granito	SCS Scisti gen.
LIS Liscia	MLMS Calcare marnoso	BSL Basalto	SCA Argilloscisti
RUG Rugosa	LMS Calcare	GSS Gneiss	MLN Miloniti
SEG Segmentata	SND Arenaria	AMI Anfiboliti	PHL Filladi
OND Ondulata	CGM Conglomerato	CSS Calcescisti	MBL Marmi
	DLM Dolomia	QRZ Quarziti	CTI Cataclasiti
	TFF Tufo	PRA Prasiniti	MAR Marna
	GBR Gabbro	SRP Serpentinati	

APPENDICE 2

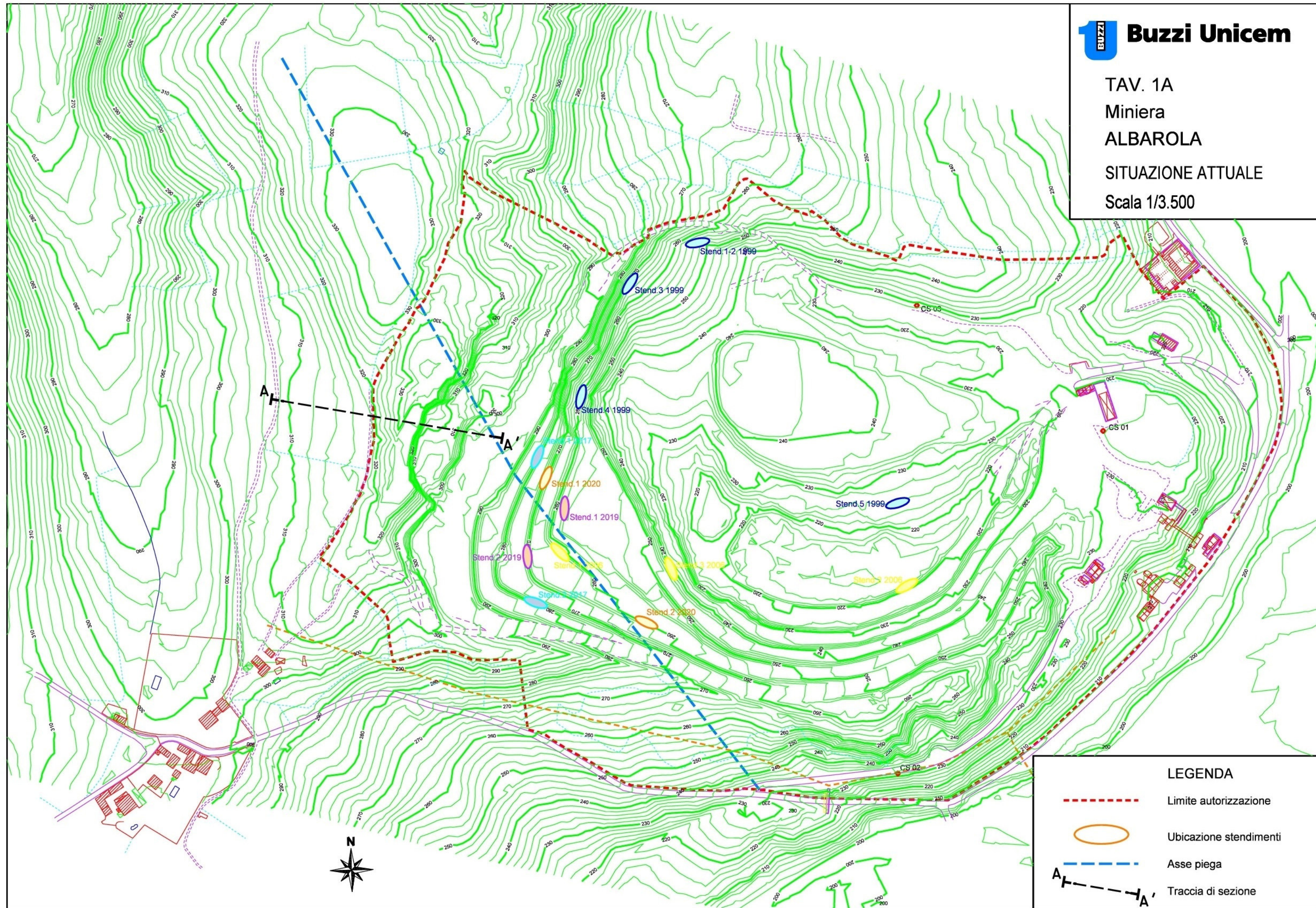
Calcolo di JCS e ϕ

Tabella 1A - Risultati delle prove con martello di Schmidt e calcolo della Joint Coefficient Strenght (JCS) O Coefficiente di Resistenza del giunto.

Stendimento	Cantiere	Litotipo	Valori misurati con il martello di Schmidt (I.D. indice di durezza)												I.D. _{medio}	JCS (MPa)
St.1/1999	Albarola	Arenaria	32	32	29	30	34	35	31	27	35	35	32,0	32,3		
		Arenaria	25	24	20	29	21	27	30	28	22	19	24,5	24,0		
		Calcare	42	48	48	50	41	40	45	47	46	51	45,8	47,5		
St.3/1999	Albarola	Arenaria	50	20	20	16	39	32	25	21	16	20	25,9	25,5		
		Calcare	48	58	44	47	55	49	60	50	52	39	50,2	52,4		
		Calcare	40	48	50	38	50	48	40	48	51	45	45,8	47,5		
		Calcare	40	46	43	35	43	44	47	46	40	46	43,0	44,4		
St.4/1999	Albarola	Arenaria	35	48	40	36	49	38	48	34	42	41	41,1	42,3		
		Arenaria	50	50	48	52	45	48	49	52	48	49	49,1	51,2		
		Calcare	32	50	50	46	34	48	50	46	45	45	44,6	46,2		
		Calcare	42	42	40	39	45	44	38	41	43	46	42,0	43,3		
		Mama	30	28	30	29	33	25	26	31	31	33	29,6	29,6		
		Calcarenite	50	40	38	38	41	43	49	39	37	40	41,5	42,8		
		Calcarenite	54	22	56	36	30	44	45	43	50	41	42,1	43,4		
St.5/1999	Albarola	Arenaria	46	45	24	46	46	45	24	46	39	41	40,2	41,3		
		Mama	33	34	25	18	25	35	34	25	20	23	27,2	26,9		
St.1/2003	Canova	Calcare	34	38	45	48	14	43	42	32	36	42	37,4	38,2		
		Calcare	25	32	32	25	22	44	42	50	40	40	35,2	35,8		
		Calcare	50	48	52	41	55	52	52	60	48	50	50,8	53,1		
St.2/2003	Canova	Calcare	54	52	55	52	50	45	49	56	52	52	51,7	54,1		
St.1/2007	Canova	Calcare marnoso	35	40	55	54	46	47	34	53	50	46	46,0	47,8		
		Calcare marnoso	55	48	55	54	55	49	52	55	58	49	53,0	55,5		
		Arenaria	30	28	30	25	35	35	23	31	32	27	29,6	29,6		
		Arenaria	25	25	28	26	34	38	32	25	31	27	29,1	29,1		
St.2/2007	Canova	Calcare marnoso	50	50	49	50	52	47	48	51	45	48	49,0	51,1		
		Calcare marnoso	53	52	54	52	53	51	48	49	53	54	51,9	54,3		
		Arenaria	36	32	40	40	33	30	37	36	37	41	36,2	36,9		
		Arenaria	34	30	28	35	38	38	37	42	30	37	34,9	35,5		
St.1/2017	Albarola	Calcare marnoso	35	29	30	33	35	36	25	32	34	26	31,5	31,7		
		Calcare marnoso	21	20	28	24	31	20	25	29	20	29	24,7	24,2		
		Mama	15	14	17	12	16	20	23	13	13	16	15,9	14,4		
		Calcare marnoso	35	23	36	30	38	32	29	40	39	35	33,7	34,1		
St.2/2017	Albarola	Mama	18	16	22	26	23	27	29	20	22	25	22,8	22,1		
		Calcare marnoso	26	29	25	22	25	28	23	23	20	24	24,5	24,0		
St.1/2017	Canova	Mama	31	31	38	35	26	28	25	20	26	34	29,4	29,4		
		Arenaria	36	44	36	28	38	40	39	35	40	30	36,6	37,4		
		Calcare	44	45	37	42	31	31	40	32	28	40	37,0	37,8		
													JCS Calcare/Calcarenite	45,1		
													JCS Calcare marnoso	40,3		
													JCS Mama	24,5		
													JCS Arenaria	35,0		
													JCS medio	38,3		

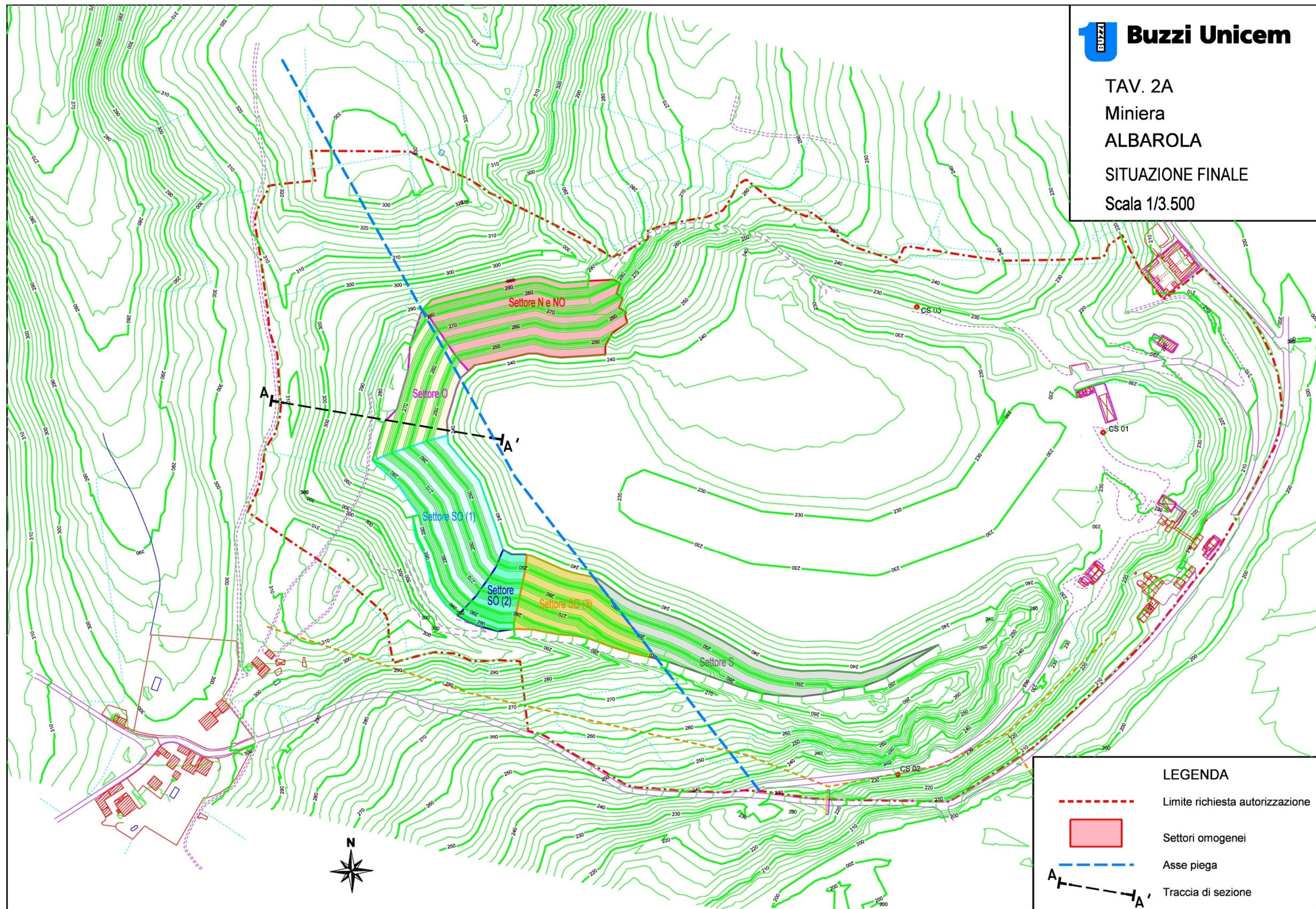
Tabella 2 – Calcolo dell'angolo di attrito delle discontinuità

	Anno	Lit	Ti	Imm	Inc	JCS	JRC	Sollec	ϕ_p	Barton e Choubey (1977)	
										media	ridotto (NTC 2018)
Arenaria	1999	A	GN	195	45	35,0	6	0,22	43	43,0	36,7
	1999	A	GN	100	85	35,0	9	0,22	50		
	1999	A	GN	310	60	35,0	7	0,22	45		
	1999	A	GN	115	80	35,0	7	0,22	45		
	1999	A	GN	60	35	35,0	7	0,22	45		
	1999	A	GN	310	50	35,0	5	0,22	41		
	2007	A	GN	190	55	35,0	4	0,11	40		
	2007	A	GN	120	88	35,0	5	0,11	43		
	2007	A	ST	130	23	35,0	5	0,11	43		
	2007	A	GN	325	30	35,0	2	0,11	35		
	2017 C	A	GN	150	32	35,0	5	0,11	43		
Calcarea marnoso	2007	CM	GN	330	71	40,3	7	0,11	48	40,8	34,6
	2007	CM	GN	17	87	40,3	4	0,11	40		
	2007	CM	GN	12	69	40,3	2	0,11	35		
	2007	CM	ST	130	35	40,3	4	0,11	40		
	2017 A	CM	GN	86	45	40,3	5	0,22	41		
	2017 A	CM	ST	182	52	40,3	6	0,22	44		
	2017 A	CM	GN	215	62	40,3	3	0,22	37		
	2017 A	CM	GN	204	80	40,3	5	0,22	41		
Calcarea - Calcarenite	1999	C	GN	100	85	45,1	6	0,22	44	41,7	35,5
	1999	C	GN	100	85	45,1	9	0,22	51		
	1999	C	ST	210	65	45,1	8	0,22	48		
	1999	C	GN	10	75	45,1	4	0,22	39		
	1999	C	GN	210	60	45,1	9	0,22	51		
	1999	C	GN	305	80	45,1	4	0,22	39		
	1999	C	GN	295	40	45,1	4	0,22	39		
	1999	C	GN	110	75	45,1	5	0,22	42		
	2003	C	GN	8	35	45,1	5	0,11	43		
	2003	C	GN	342	55	45,1	3	0,11	38		
	2003	C	ST	128	35	45,1	2	0,11	35		
	2003	C	GN	135	85	45,1	3	0,11	38		
	2017 C	C	GN	130	55	45,1	2	0,11	35		
Marna	1999	M	ST	210	60	24,5	4	0,22	38	38,4	32,3
	1999	M	GN	300	80	24,5	5	0,22	40		
	2017 A	M	GN	219	82	24,5	4	0,22	38		
	2017 A	M	ST	20	65	24,5	4	0,22	38		
	2017 C	M	ST	108	40	24,5	3	0,11	37		



LEGENDA

- Limite autorizzazione
- Ubicazione stendimenti
- Asse piega
- Traccia di sezione



LEGENDA

-  Limite richiesta autorizzazione
-  Settori omogenei
-  Asse piega
-  Traccia di sezione

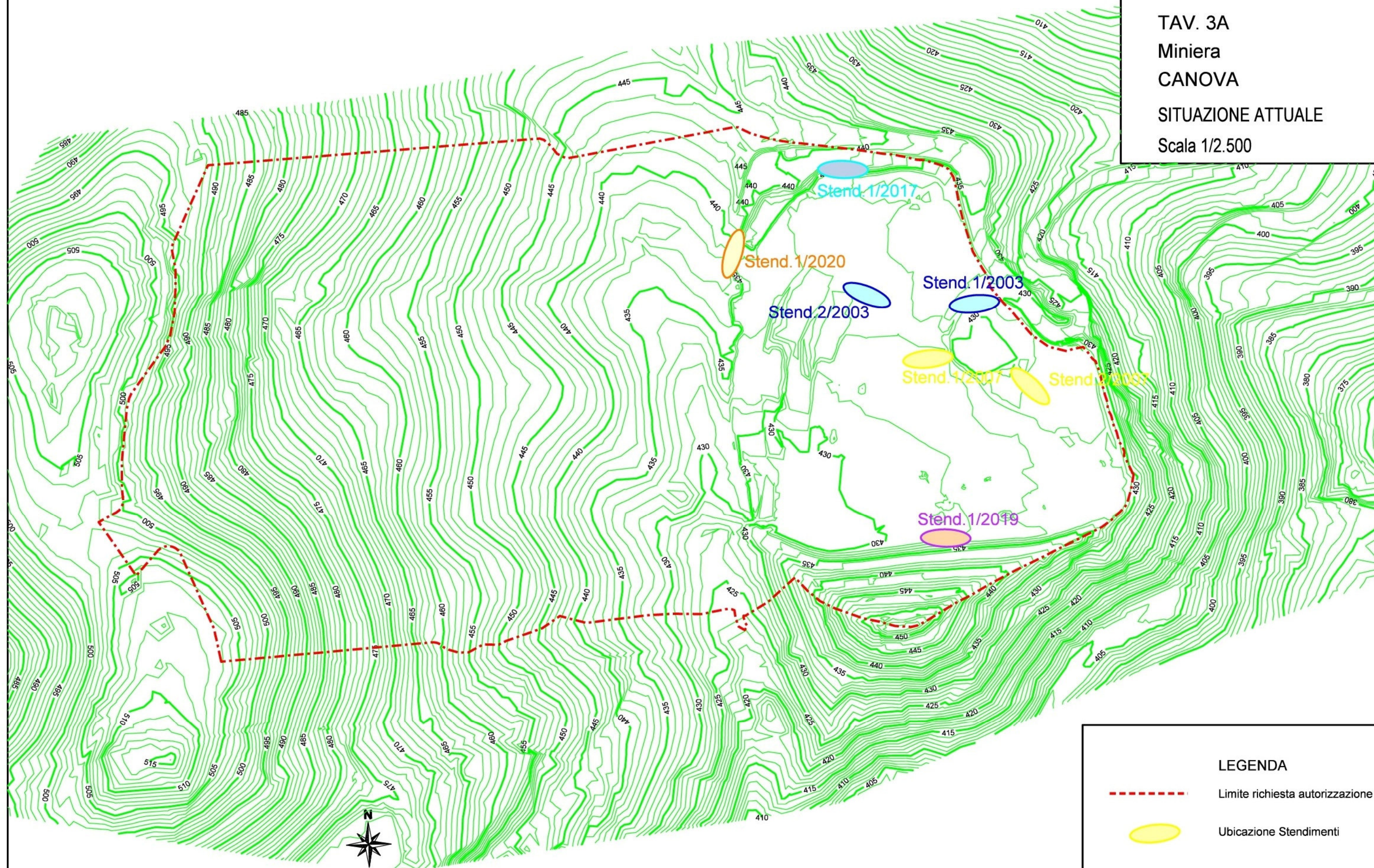
TAV. 3A

Miniera

CANOVA

SITUAZIONE ATTUALE

Scala 1/2.500



LEGENDA

- Limite richiesta autorizzazione
- Ubicazione Stendimenti

TAV. 4A

Miniera

CANOVA

SITUAZIONE FINALE

Scala 1/2.500

