

COMUNE DI ALBIANO

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



**PROGRAMMA DI ATTUAZIONE SOVRACOMUNALE
DELL'AREA ESTRATTIVA DEL MONTE GORSA**

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE GEOTECNICA

STUDIO DI COMPATIBILITÀ

Committente:
Comune di Albiano

Dott. Geol. Silvio Alberti		Per Presa visione il Progettista:
Via Santi Fabiano e Sebastiano 16		
Porte di Rendena 38094 (TN)		
Cell. 3495132216		
alberti.silvio@gmail.com		
P.I. 02406490223		
C.F. LBRSLV89T27L174O		
Data: Aprile 2024		

INDICE

1. PREMESSE	4
1.1. OGGETTO	4
2. RELAZIONE GEOLOGICA	4
2.1. GENERALITÀ	4
2.2. MODALITÀ D'INDAGINE	6
2.3. MODELLO GEOLOGICO	7
2.3.1. Geologia e morfologia	7
2.3.2. Natura del terreno e stratigrafia	8
2.4. CIRCOLAZIONE IDRICA	11
2.4.1. Modello di circolazione delle acque	11
2.4.2. Smaltimento delle acque	12
2.5. RISCHI RELATIVI AL DEFLUSSO DELLE ACQUE	12
2.5.1. Processo produttivo e rischio inquinamento	12
2.5.2. Meccanismo di diffusione degli inquinanti	12
2.5.3. Deflusso acque meteoriche di cava	14
2.6. MODELLAZIONE SISMICA	14
2.6.1 Valutazione dell'azione sismica	15
3. RELAZIONE GEOTECNICA	17
3.1. MODELLO GEOTECNICO-L'AMMASSO ROCCIOSO	17
3.1.1. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il diagramma di Muller	18
3.1.2. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo l'indice GSI	19
3.1.3. Analisi strutturale	20
3.2. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI SINGOLI GRADONI	23
3.2.1 Resistenza al taglio di una superficie rugosa	23
3.2.2 Applicazione al caso concreto delle cave di porfido	25
3.3 CONSIDERAZIONI SULLE FRONTI DELL'AREA ESTRATTIVA	26
3.3.1 Note generali sulla stabilità in funzione dei cinematismi possibili	28
3.3.2. Principali meccanismi di collasso	28
3.4. I MOVIMENTI GRAVITATIVI AVVENUTI NELL'AREA	32
3.4.1. La frana nell'area Ronchi nord del 1988	32
3.4.2. La frana nell'area di Albiano del 2003	33
3.4.3. La frana nell'area di Albiano-Lases del 2017	34
3.4.4. Note generali sugli eventi deformativi	37

3.5. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	38
3.6. MODALITÀ DI SCAVO AL FINE DI INIBIRE LA RIATTIVAZIONE DELLA DEFORMAZIONE	43
3.7. CONCLUSIONI	43
4. STUDIO DI COMPATIBILITÀ	44
4.1. PREMESSE	44
4.1.1. INDIVIDUAZIONE DEI FENOMENI ATTESI	44
4.2. ORDINE DI IMPORTANZA DEI FENOMENI	46
4.3. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ	46
4.4. MASSIMI EFFETTI CAUSATI DAL FENOMENO	48
4.5. VULNERABILITÀ IN RELAZIONE ALL'INCREMENTO DEL CARICO ANTROPICO	48
4.6. OPERE DIFENSIVE E/O MISURE DA ADOTTARE	49
4.7. CRONOPROGRAMMA DI ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI	49
4.8. CONCLUSIONI	50

ALLEGATI

Allegato I: Documentazione fotografica

Allegato II: Carta di sintesi delle Pericolosità

Allegato III: Carta delle Risorse Idriche

Allegato IV: Ortofoto con mappa catastale e anagrafe dei siti da bonificare o bonificati

Allegato V: Elaborati progettuali

1. PREMESSE

1.1 OGGETTO

Relazioni geologica, geotecnica e studio di compatibilità di supporto al Programma di Attuazione sovracomunale dell'area estrattiva del Monte Gorsa nei Comuni di Albiano, Lona-Lases e Fornace.

Normative di riferimento:

-D.M. 11.03.88

-L.P. n. 7/ 24.10.2006 e s.m.

-Decreto 17.01.2018: Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» Circolare alle NTC2018 n. 7 21/01/2019

-DGP 379 del 18 marzo 2022 “Modifica della deliberazione della Giunta provinciale n. 1317 del 4 settembre 2020 avente a oggetto "l.p. 27 maggio 2008, n. 5, articoli 14 e 18 - l.p. 4 agosto 2015, n. 15, articoli 22 e 31: Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento...”

2 RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 GENERALITÀ

Il Programma di Attuazione Sovracomunale ha lo scopo di pianificare l'attività estrattiva nella zona settentrionale del M.Gorsa individuata tra gli abitati di Albiano e Lases. Il precedente programma era stato redatto nel 2006 ed i limiti individuati a suo tempo non sono stati raggiunti nel corso degli anni di esercizio. La nuova pianificazione ripropone fedelmente l'impostazione progettuale precedente con la coltivazione dell'area tra le quote 595 e 855 m s.l.m.. secondo gradoni di altezza massima pari a 20 m con inclinazioni variabili a seconda della zona alla luce del particolare assetto strutturale dell'ammasso roccioso che impone una differente coltivazione tra le zone sotto il piano strada (posto a quota 636 m s.l.m.) e quelle nella porzione orientale (636-790 m s.l.m.) rispetto alle zone sommitali e quelle lungo il versante orientato direttamente a nord.

L'impostazione progettuale nel corso degli anni è stata continuamente adeguata in seguito al verificarsi di fenomeni deformativi (1988-2002-2003-2016-2017) che hanno determinato la mobilitazione di porzioni di versante causata dall'escavazione al piede in associazione al particolare assetto strutturale dell'ammasso roccioso caratterizzato dalla presenza di 3 principali famiglie di discontinuità associate alla presenza di sistemi di faglia ad elevata persistenza.

La **Carta di Sintesi della Pericolosità** inserisce una parte dell'area in esame in **zona con penalità trascurabile od assente (P1)**.

Buona parte dell'area viene invece classificata in una **zona con penalità media (P3)**:

1. Sono aree con penalità medie quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi mediamente gravosi per combinazione d'intensità e frequenza.

2. Nelle aree con penalità medie è vietata ogni attività di trasformazione urbanistica ed edilizia, fatte salve le opere di difesa e prevenzione volte alla riduzione o all'eliminazione del pericolo.

3. In deroga al comma 2 e a condizione che un apposito studio di compatibilità allegato al progetto analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni, possono essere realizzati:

a) gli interventi ammessi ai sensi del comma 3 dell'articolo 15;

b) le opere di infrastrutturazione e le bonifiche agrarie, previa autorizzazione della Provincia;

c) gli interventi ammessi ai sensi del comma 4 dell'articolo 15, con possibilità di ampliamento, per gli edifici esistenti alla data di entrata in vigore di questo piano urbanistico provinciale, non superiore al 10 per cento del volume esistente;

d) gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, diversi da quelli di cui alle lettere a), b) e c) e già previsti dai vigenti piani regolatori generali alla data di entrata in vigore di questo piano urbanistico provinciale, purché siano realizzate apposite opere difensive che consentano il declassamento della pericolosità o siano adottate, in relazione ai fenomeni attesi, adeguate misure di sicurezza afferenti l'utilizzazione degli immobili; queste opere o misure devono essere realizzate prima dell'inizio dei lavori; se ciò non risulta tecnicamente possibile è ammessa la loro realizzazione prima della fine dei lavori o del collaudo, sulla base di un programma temporale e finanziario da riportare nello studio di compatibilità.

Parte dell'area ricade in **zona con penalità bassa (P2)**:

1. Sono aree con penalità basse quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi moderatamente gravosi per combinazione d'intensità e frequenza.

2. Nelle aree con penalità basse sono ammessi, oltre agli interventi consentiti ai sensi degli articoli 15 e 16, le sole attività di trasformazione urbanistica ed edilizia aventi caratteristiche costruttive e di utilizzazione compatibili con le locali condizioni di pericolo, secondo quanto previsto dai piani regolatori generali, tenuto conto dei criteri stabiliti dalla Giunta provinciale ai sensi del comma 3 dell'articolo 14 e delle disposizioni della legge urbanistica. I relativi progetti sono corredati da un'apposita relazione tecnica che attesta la compatibilità e assicura l'adozione degli accorgimenti necessari per garantirne la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi.

La **carta delle risorse idriche non individua zone di protezione e rispetto** nelle immediate vicinanze della concessione in esame. La cartografia segnala la presenza di due sorgenti regolamentate ad est, in posizione tale da non essere interessate dal Programma di Attuazione.

L'area non è iscritta in anagrafe delle zone da bonificare.

2.2 MODALITÀ D'INDAGINE

La presente relazione è stata eseguita in ottemperanza a quanto stabilito dal D.M. 11.03.88 ed alla L.P. 7/2007 “Disciplina dell'attività di cava”, tenendo conto delle NTC DM dd 17.01.2018 e relativa circolare n. 7 21/01/2019.

Dal momento che il presente programma di attuazione ricalca quello redatto nel 2006, le presenti note fanno riferimento a quanto riportato nella relazione geologica originaria a firma del dott.Claudio Valle ed ai numerosi studi eseguiti nell'area in seguito ai fenomeni deformativi, in particolare quello del 2017 con il successivo progetto di coltivazione della porzione superiore dell'area ed il successivo progetto di coltivazione unitario del 2017.

Le seguenti note riprendono quindi i contenuti riportati nelle relazioni precedenti. In particolare sono stati eseguiti accertamenti d'ordine generale riguardanti notizie storiche sull'evoluzione dei fronti di scavo, sulla circolazione idrica superficiale e profonda e su altri aspetti che potessero influire sulle modalità esecutive della coltivazione. Per questi aspetti si è fatto riferimento alle informazioni raccolte dagli operatori del settore e agli studi esistenti.

In seguito all'esame del progetto sono stati effettuati più sopralluoghi allo scopo di verificare l'assetto geologico, idrogeologico e geomeccanico dell'ammasso roccioso in relazione alle modalità di coltivazione adottate, anche in funzione della salvaguardia delle opere di servizio e di terzi, site in prossimità dell'area estrattiva. È stata effettuata la classificazione dell'ammasso roccioso considerando i numerosi studi effettuati nell'area.

2.3 MODELLO GEOLOGICO

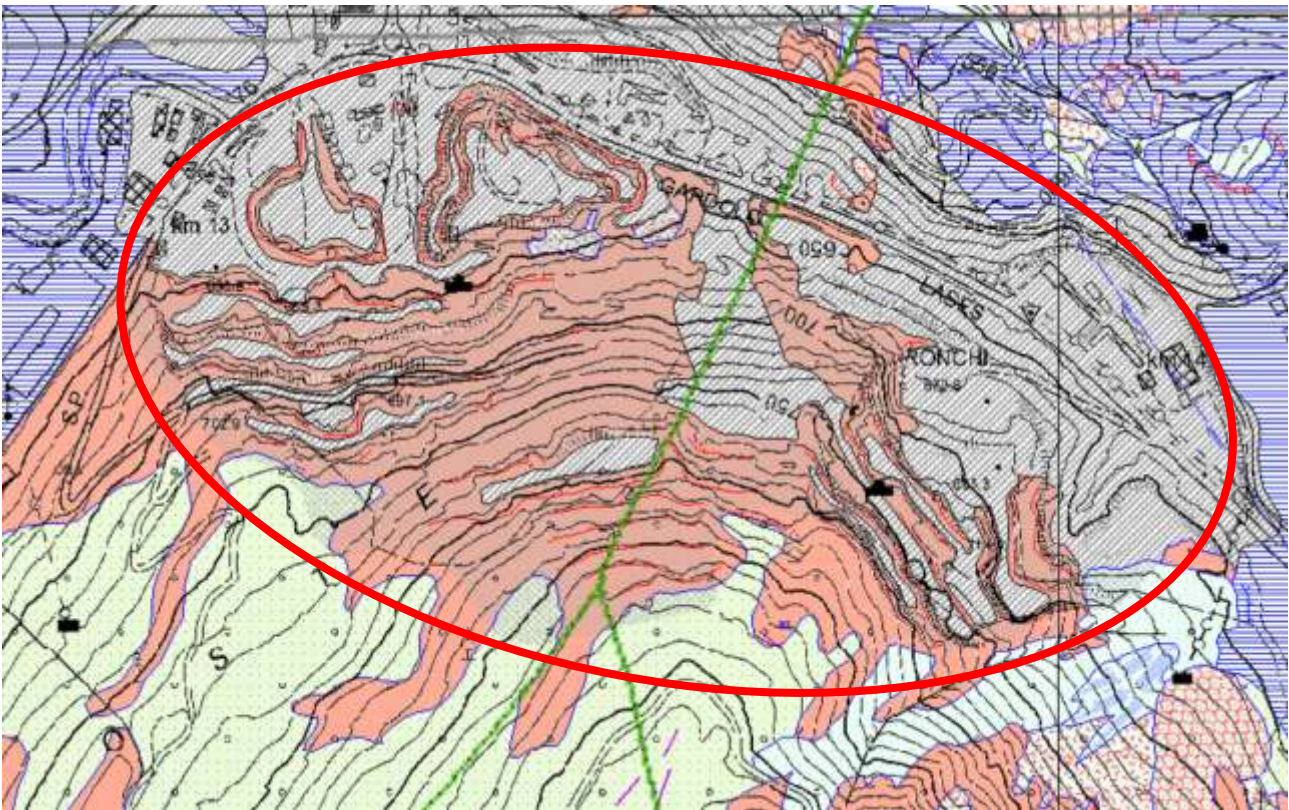


Fig.1 estratto della carta geologica PAT, dove si nota in colore rosso il diffuso affioramento della formazione di Ora, in colore grigio tratteggiato viene segnalata la presenza di accumuli di materiale riportato derivato dalle attività estrattive, in colore verde chiaro il detrito morenico diffuso nella porzione apicale dell'area e nella porzione occidentale al di fuori dell'area in esame

2.3.1 Geologia e morfologia

L'intera area estrattiva denominata Monte Gorsa è posta ad est dell'abitato di Albiano. Prende il nome dalla montagna sita tra Fornace, Lases ed Albiano che si può definire il baricentro di tutta l'attività di escavazione del porfido nella nostra regione. M. Gorsa è una montagna di soli 1042 m s.l.m. e di forma conica abbastanza regolare. Le pendici si presentano erte, soprattutto verso N ed E dove le inclinazioni medie raggiungono i 40°. La circolazione idrica superficiale è limitata ad alcune vallecicole, oggi in parte inglobate dalla coltivazione, dove in seguito ad eventi piovosi convergono le acque di versante. Si tratta per lo più di manifestazioni limitate nel tempo e che tendono subito a scomparire per infiltrazione nel terreno. Infatti, nella porzione superficiale il suolo presenta elevate permeabilità, per la presenza di detrito di falda o morenico, ma soprattutto per l'elevato grado di alterazione e scompaginazione della roccia, nei primi metri di profondità. Anche la fratturazione dell'ammasso roccioso compatto contribuisce alla capacità di ritenere l'acqua piovana, garantendo nel tempo un rilascio sorgivo di acque vadose abbastanza regolare e tale da essere in più punti utilizzato come approvvigionamento.

In corrispondenza dell'area estrattiva la conformazione originaria del territorio è stata quasi totalmente modificata dall'intervento antropico. In seguito alla attività di cava si sono creati notevoli dislivelli che si raccordano con gradoni intermedi variamente orientati.

2.3.2 Natura del terreno e stratigrafia



Fig.1 panoramica dell'area estrattiva su Albiano, si nota in primo piano e sullo sfondo l'ammasso roccioso integro, nella porzione sinistra della foto l'ammasso roccioso scompaginato e nella porzione destra della foto il materiale di discarica

I litotipi presenti nell'area di cava sono massimamente rappresentati dalla formazione di Ora appartenente al Gruppo Vulcanico Atesino, da accumuli di detrito di scarto misto a cappellaccio e da cappellaccio morenico.

Si riportano qui di seguito le caratteristiche geotecniche indicative dei principali litotipi riscontrati.

FORMAZIONE DI ORA (PORFIDO)

Geologicamente trattasi di Vulcaniti Atesine appartenenti alla Formazione di Ora. Petrograficamente classificabile come roccia piroclastica denominata “lapilli tuff” caratterizzata da lapilli e ceneri cristalline in matrice vetrosa. Si presenta variamente fratturata con zonazioni, anche vicine, in cui i lassi caratteristici vanno a scomparire per conferire alla roccia un aspetto massivo.

Con il termine porfido s'intende sia la porzione di cappellaccio roccioso alterato che la porzione lastrificata, oggetto di coltivazione.

Il comportamento meccanico di questo litotipo è strettamente legato all'orientamento della sua fratturazione rispetto alle superfici libere. I risultati degli studi geomeccanici eseguiti sono riportati dettagliatamente in un successivo paragrafo. Il peso specifico è di 2500 kg/m^3 , con un carico di rottura a compressione di $2800 - 2850 \text{ kg/cm}^2$.

La permeabilità è strettamente connessa al grado di fratturazione ed è direzionata secondo le linee delle principali discontinuità.

peso specifico:	2500 kg/m^3
angolo di attrito basale:	vd. classificazione ammasso roccioso
coesione:	vd. classificazione ammasso roccioso
permeabilità	secondaria
carico di rottura a compressione	$2800 - 2850 \text{ kg/cm}^2$

PORFIDO SCOMPAGINATO

È questa una variazione dell' "ignimbrite riolitica" che ha subito uno stato tensionale da cui ne è conseguita una rotazione e/o una frantumazione. Tipico degli affioramenti in forte pendenza, in queste posizioni la roccia si spacca lungo le superfici di debolezza per effetto dell'azione combinata degli agenti atmosferici e della forza di gravità. Le sue caratteristiche geomeccaniche variano gradualmente da porfido compatto a detrito che, nella condizione di massimo disordine, assume le caratteristiche geotecniche dei materiali di discarica. E' presente localmente lungo il versante dove i fronti cava si sono coricati.

CAPPELLACCIO DETRITICO DI COPERTURA

Presente dove la montagna risulta ancora vergine.

Con questo termine è inteso tutto il terreno granulare che ricopre l'ignimbrite riolitica. Si tratta di deposizioni del quaternario che variano dal detrito incoerente prodotto dal distacco gravitativo, alle deposizioni alluvionali grossolane presenti alla base del pendio, in corrispondenza delle valli maggiori, fino alle facies di deposizione morenica parzialmente coesiva. La pezzatura è varia.

peso di volume:	$1700 - 1850 \text{ kg/m}^3$
angolo di attrito interno:	$35^\circ - 40^\circ$
coesione:	da trascurabile a modesta
permeabilità:	elevata

MATERIALI DI DISCARICA

Così si indicano tutti quei materiali prodotti dalla cernita e dalla lavorazione del porfido; si tratta di frammenti rocciosi spigolosi, spesso piatti od allungati. Talvolta viene conferito in discarica anche il cappellaccio di copertura; per questo le caratteristiche geotecniche possono presentare variazioni anche nell'ambito dello stesso cumulo di detrito. Uno studio condotto da A. Armanini e F. Colleselli ha attribuito mediamente i seguenti valori per i parametri geotecnici:

peso specifico:	1600 kg/m ³
angolo di attrito interno:	38°
coesione:	nulla
permeabilità:	elevata $k > 1 \text{ cm/s}$

PORFIDO ABBATTUTO O COLLASSATO

Presenta caratteristiche simili al materiale di discarica con l'unica differenza che trattandosi di pezzature grosse e varie, l'angolo di attrito interno raggiunge i 40°.

2.4 CIRCOLAZIONE IDRICA

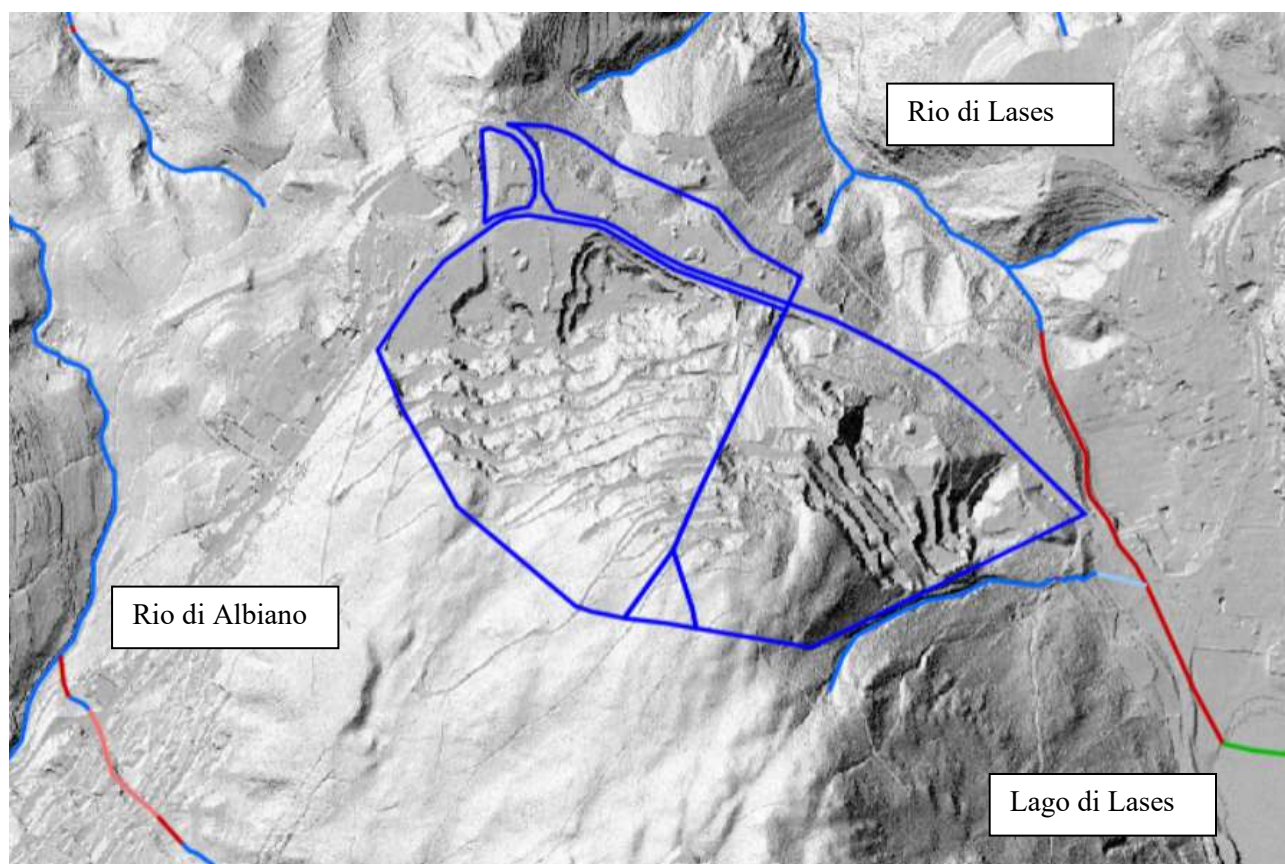


Fig.2 estratto della carta dell'ombreggiamento ottenuta da dati LiDAR PAT 2008-2009, dove si nota il limite dell'area estrattiva in colore blu, ed il reticolo idrografico in colore azzurro, in colore rosso i tratti di reticolo coperto o tombinato.

2.4.1 Modello di circolazione delle acque

Gli elementi idrografici principali nell'area sono rappresentati dal torrente Avisio che scorre ben inciso a nord dell'area in esame ed i suoi affluenti rappresentati dal Rio di Albiano che scorre ad ovest ed attraversa l'omonimo abitato ed il rio di Lases che scorre ad est. Altro elemento principale è rappresentato dal Lago di Lases che si trova a sud-est. Il tratto di versante oggetto di coltivazione non presenta evidenti incisioni se non una di minor importanza posta lungo il limite orientale. L'assenza di elementi idrografici è data dalla particolare morfologia dell'area rappresentata da un rilievo di altezza modesta e dalla forma conica privo di estesi bacini idrografici. Altro fattore che inibisce la formazione di incisioni è rappresentato dalla presenza a breve profondità di roccia.

I fattori principali che caratterizzano la circolazione superficiale e ipogea sono l'elevata acclività dell'area in questione, l'alta permeabilità dei primi metri di porfido scompaginato e la presenza di fratture e faglie orientate. A monte il bacino idrografico è costituito solamente dalla cuspide del M.Gorsa il cui versante discende in diverse direzioni. Le acque nella zona oggetto di coltivazione scorrono a letto del detrito scompaginato ed a tetto del substrato compatto, coincidente con possibili paini di scivolamento ovvero con quelli che immergono verso NO o NE. Nelle porzioni ove l'ammasso roccioso si presenta più compatto le acque non riescono ad infiltrarsi e trovano quindi

ristagno temporaneo sui gradoni o corrivano direttamente nella porzione basale dove si accumulano nei ribassi che risultano frequentemente allagati in seguito all'accumulo di acque provenienti dal versante.

2.4.2 Smaltimento delle acque

L'impostazione progettuale ripropone il criterio di smaltimento attuale. L'acqua piovana ristagna sui singoli gradoni e trova uno smaltimento definitivo lungo le fratture o per evaporazione.

Tendenzialmente le acque trovano accumulo alla base del versante nei ribassi derivati dalla coltivazione, per il proseguo della coltivazione nelle porzioni in ribasso è necessario quindi prevedere l'installazione di pompe costantemente attive.

Indicativamente la portata media per l'emungimento varia da 1 a qualche litro al secondo.

Le modalità di emungimento e di scarico dovranno essere dettagliate da apposito studio relativo all'area in questione prevedendo una vasca di chiarificazione e disoleazione per una successiva immissione nel reticolo idrografico superficiale.

Nelle zone di versante con materiale collassato, l'acqua tenderà a restare internamente al detrito scompaginato venendo a giorno lungo le piste o sui gradoni sottostanti che fungeranno da zona di momentaneo accumulo e successiva dispersione nelle fratture dell'ammasso o verranno smaltite per evaporazione.

2.5 RISCHI RELATIVI AL DEFLUSSO DELLE ACQUE

2.5.1 Processo produttivo e rischio inquinamento

L'attività estrattiva si sviluppa su una superficie complessiva di c.a. 395.000 mq. La presenza dei mezzi meccanici sui gradoni della cava è molto limitata e funzionale all'asporto del materiale estratto, circostanza che si ripete nello stesso punto della cava a distanza di anni, una volta che tutti i gradoni si sono arretrati completamente. L'uso di esplosivo sviluppa gas che si disperdono in atmosfera lasciando al suolo solo tracce residuali di nitrati gliceridi od ammoniacali.

La presenza dei mezzi meccanici sui piazzali è continua, durante l'orario di lavoro, e spesso avviene anche il travaso di oli minerali nelle operazioni di rifornimento e rabbocco.

In sintesi possiamo affermare che il rischio di inquinamento di oli è legato all'attività dei piazzali, mentre il rischio di inquinamento per materiali in sospensione è legato alla superficie dei gradoni.

2.5.2 Meccanismo di diffusione degli inquinanti

Acque torbide

Sia per effetto delle piogge persistenti (autunnali-primaverili) che di quelle intense (temporali estivi) le polveri presenti in cava passano in sospensione producendo una massa di acqua torbida

proporzionale alla superficie di raccolta, che nelle piogge intense di un'ora può raggiungere i 45 l/mq. Appare evidente che la concentrazione dei flussi delle acque di pioggia somma le portate delle diverse superfici di raccolta aumentando la problematica relativa allo smaltimento. Il primo presidio per prevenire uno sversamento di acque torbide nella rete idrografica locale sarà quello di frazionare il più possibile le diverse superfici, così che le acque di pioggia restino nel sedime originario. I gradoni delle cave sono delimitati verso valle da un tomo che ha una funzione di sicurezza del transito ma funge anche da contenimento delle acque di pioggia; in questo modo si formano pozzanghere che lentamente smaltiscono l'acqua torbida per evaporazione (50%-90%) o dispersione (50%-10%) a seconda delle condizioni climatiche.

Con la sola esclusione della presenza di vuoti carsici (non è il caso del porfido) o vuoti antropici (perforazioni), il moto filtrante nel terreno avviene in regime laminare e quindi le particelle in sospensione si depositano nel primissimo strato andando progressivamente ad intasare la via percorsa dall'acqua. In superficie la pozzanghera depositerà il caratteristico velo di limo che impermeabilizza il fondo (vedi illustrazione seguente)

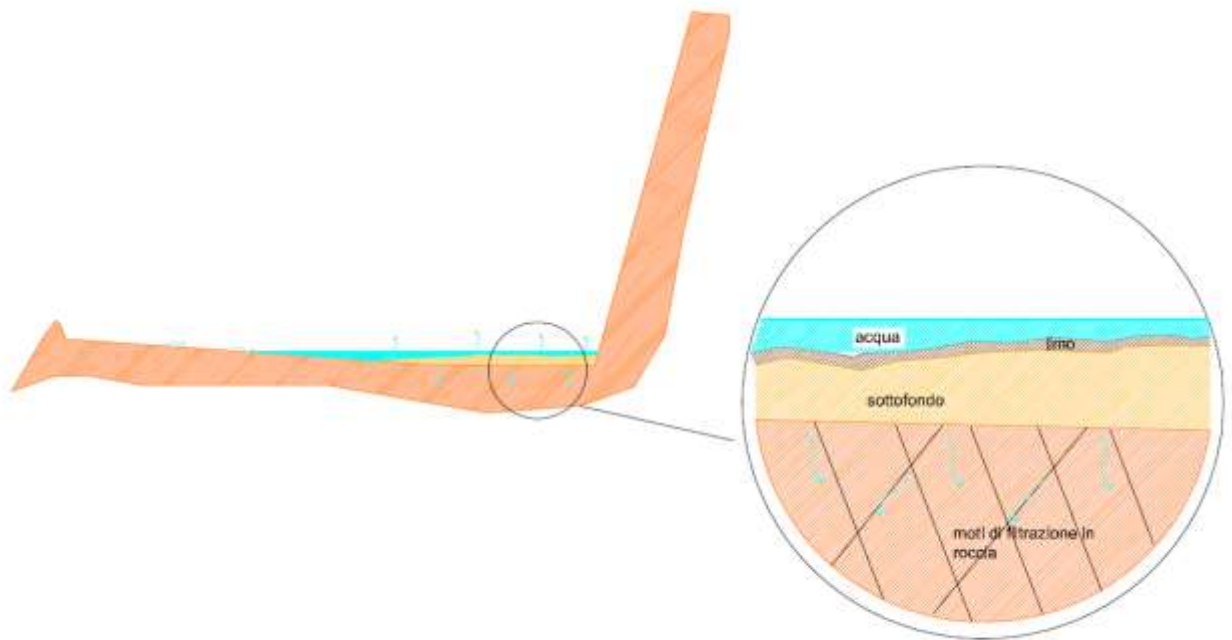


Fig.3 particolare sullo smaltimento delle acque di pioggia

Oli

Nel caso di sversamento di oli minerali, la loro diffusione sarà diversa se avverrà in assenza o presenza di pioggia. In caso di pioggia l'olio tenderà a disperdersi sulla massima superficie di contatto con l'acqua, galleggiando sulla stessa, distribuendosi su una vasta area. Si tratta di una probabilità assai rara che può essere eliminata evitando il transito di mezzi nelle zone allagate. Al di fuori delle zone allagate l'olio resterà assorbito nel primo strato di terreno permettendo di intervenire con la rimozione.

2.5.3 Deflusso acque meteoriche di cava

Con le premesse di cui sopra il deflusso delle acque meteoriche della cava dovrà rispettare essenzialmente due condizioni. La prima riguarda il confinamento delle acque internamente alla cava, la seconda che queste non vengano a contatto con lavorazioni che possano arricchirle di componenti inquinanti, nella fattispecie di oli minerali.

La prima condizione risulta oggi garantita. La seconda condizione può essere garantita con accorgimenti da adottare in funzione del rischio specifico. Sull'eccezionalità della perdita di olio sui gradoni si potrà intervenire rimuovendo tempestivamente lo strato superficiale contaminato; sulle operazioni di travaso e rifornimento si potrà imporre che queste avvengano al di fuori dell'area di cava.

2.6 MODELLAZIONE SISMICA

La normativa sismica impone la determinazione del parametro "S" che definisce gli effetti di amplificazione locale ed è definito in accordo alle seguenti tabelle (N.T.C. 17-01-2018) in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno.

Trattandosi di ammasso roccioso affiorante la categoria del suolo è la A.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
→ A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
→ T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

2.6.1 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_O 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_O e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_r = - \frac{C_U \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

$$T_r = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Nella progettazione è stato deciso di adottare come probabilità di superamento P_{VR} quella relativa a uno **stato limite di salvaguardia della vita (SLV)**, ovvero pari al 10%. Questo stato limite è definito dalla norma: *"a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali"*.

Per strutture ordinarie, si può assumere come vita di riferimento $VR=50$ anni, per una classe d'uso di tipologia I. Risulta quindi:

I dati relativi alla loc.Monte Gorsa vengono riportati di seguito.

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido:	$a_g=0.059\text{ g}$
F_0	$F_0=2.608$
T_c^*	$T_c^*=0.276\text{ s}$
amplificazione stratigrafica (sottosuolo tipo A)	$S_S=1.0$
amplificazione topografica (categoria T2)	$S_T=1.2$

3 RELAZIONE GEOTECNICA



Foto.2 particolare di alcuni gradoni presenti nell'area dove di nota l'evidente fratturazione dell'ammasso definita da un numero limitato di famiglie principali, si notano inoltre zone ove l'ammasso roccioso risulta scompaginato a causa della coltivazione che su questi fronti avviene secondo pariana rovescia in concomitanza alla presenza di faglie a grande persistenza associate alle famiglie KK2 e KK3 (con i lassi KK1 orientati perpendicolarmente al fronte di avanzamento ed immergenti circa nella stessa direzione)

3.1 MODELLO GEOTECNICO-L'AMMASSO ROCCIOSO

Sulla base di quanto emerge dagli studi eseguiti in passato ed in seguito ai sopralluoghi eseguiti nella zona l'ammasso roccioso presenta fessurazioni tipicamente orientate secondo un limitato numero di famiglie. Ne deriva che rilevando la spaziatura lungo tre direzioni rispettivamente parallele ed ortogonali ai piani KK1 che rappresentano i lassi dell'ignimbrite. Ne è emersa una forte direzionalità dello stato fessurativo, per cui è stato possibile definire l'indice di spaziatura delle fratture (I_f) ed il recupero percentuale modificato (RQD%) per ciascuna direzione considerata. Le informazioni sono state raccolte in più punti di rilievo in diverse posizioni dell'area estrattiva. I riferimenti x,y,z sono rispettivamente nella direzione dello spessore dei lassi, nella verticale e nell'orizzontale.

$$I_f = \frac{\text{lunghezza}}{\text{n° discontinuità}}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	MEDIA
I_{fx}	0,077	0,084	0,049	0,076	0,099	0,102	0,053	0,081	0,078
I_{fy}	0,124	0,116	0,047	0,154	0,173	0,41	0,144	0,131	0,162
I_{fz}	0,113	0,116	0,061	0,108	0,229	0,535	0,119	0,136	0,177

L'indice è fortemente direzionato, mediamente compreso tra **0,078** e **0,177**

Rapportando con un calcolo a ritroso le fratture su una lunghezza unitaria di 1 metro e dando egual peso ad ogni direzione ottengo l'indice di frattura totale per ogni punto di rilievo. I calcoli sono stati sviluppati nelle allegate tabelle, dove è anche calcolato l'indice RQD che riporto di seguito in sintesi.

$$RQD\% = \frac{\text{Somma spezzoni} > 10 \text{ cm}}{\text{Lunghezza della carotata}} \times 100$$

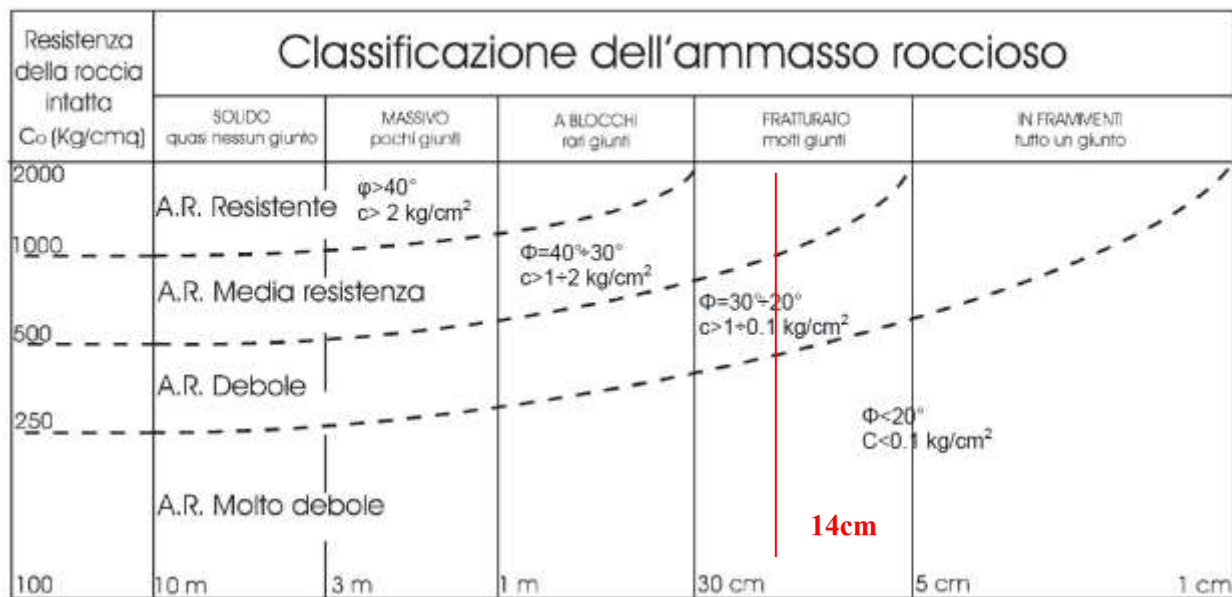
	A	B	C	D	E	F	G	H	MEDIA
$RQD_{(x)}$	27	32	16	21	52	61	19	46	34,25
$RQD_{(y)}$	73	70	38	78	83	100	74	84	75
$RQD_{(z)}$	66	70	28	63	87	97	74	76	70,125

3.1.1 Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il diagramma di Muller

La classificazione dell'ammasso roccioso viene quindi determinata impiegando il diagramma di Muller, che permette di eseguire la classificazione partendo dalla spaziatura delle fratture e dalla resistenza a compressione della roccia intatta.

La spaziatura media, in base all'elaborazione dei dati ricavati precedentemente, risulta attestarsi intorno ai 14 cm ($I_f = 0,140$ m), mentre la resistenza a compressione del porfido è di circa 2800 – 2850 kg/cmq. Inserendo i dati nel grafico allegato l'ammasso roccioso viene classificato come:

DIAGRAMMA DI MULLER



Ammasso roccioso a media resistenza – fratturato con molti giunti

3.1.2 Classificazione dell'ammasso roccioso secondo l'indice GSI

Nella relazione geologica di supporto al precedente PDA il dott. Valle introduceva la classificazione dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek & Brown che si basa sull'indice GSI (Geological Strength Index) e sui parametri:

- σ_{ci} = resistenza a compressione della roccia intatta
- m_i = caratteristico per varie tipologie di roccia
- D = fattore di disturbo dovuto all'escavazione

In particolare il dott. Valle classifica l'ammasso roccioso indisturbato con i seguenti parametri:

- $GSI = 50$
- $\sigma_{ci} = 110 \text{ MPa}$
- $m_i = 20$
- $D = 0.9$

Con tali valori si ottengono i seguenti parametri secondo il criterio di Mohr-Columb:

- $\phi = 48^\circ$
- $c = 0.420 \text{ Mpa}$ (valore cautelativamente ridotto del 25%)

I parametri sopra determinati forniscono la parametrizzazione dell'ammasso indisturbato ed è quindi valido per il settore orientale dell'area dove la coltivazione avviene verso S-O con i lassi KK1 di punta.

Per quanto riguarda la porzione occidentale dell'area, dove la coltivazione avviene verso S, SSE, di pariana rovescia con i lassi KK1 orientati parallelamente al fronte ed immergenti verso SSE con

inclinazioni medie di circa 84°, il comportamento dell'ammasso è pesantemente influenzato dal particolare assetto strutturale con la presenza di due sistemi di faglie associati alle famiglie KK2 e KK3 che individuano fasce di roccia molto fratturata caratterizzata dai seguenti parametri:

- GSI=15
- σ_{ci} = 110 MPa
- m_i = 20
- D = 0.9

Con tali valori si ottengono i seguenti parametri secondo il criterio di Mohr-Columb:

- ϕ =25.4°
- c =0.108 Mpa (valore cautelativamente ridotto del 25%)

Tali fasce nel modello geologico del versante vengono idealmente ubicate a franapoggio con medesima direzione rispetto al versante, una spaziatura di circa 15 m ed uno spessore di 2 m.

Volendo uniformare cautelativamente tale modello, dal momento che la spaziatura tra tali fasce destrutturate non è nota con certezza, si è scelto di mediare i parametri dell'ammasso roccioso intatto con quelli dell'ammasso roccioso destrutturato ottenendo dei **parametri medi cautelativi**:

- ϕ =**36.7°**
- c =**0.264 Mpa**

3.1.3 Analisi strutturale

Per costruire un modello attendibile dell'ammasso roccioso sono state accorpate le discontinuità dell'ammasso dei fronti rocciosi distribuiti su tutta l'area di M. Gorsa; i risultati sono stati riportati in un unico reticolo così da ottenere un modello statisticamente significativo. Nell'effettuare il rilievo sono stati selezionati i diversi piani di discontinuità, soffermandosi maggiormente ad analizzare quelle famiglie che presentassero una maggiore variabilità od un maggiore interesse per la loro influenza nelle scelte progettuali. I parametri delle discontinuità rilevate sono stati trattati da un programma d'elaborazione denominato CLU_STAR che seleziona ed aggrega i rilievi in famiglie rappresentative. La correttezza dell'elaborazione è stata personalmente verificata sia su situazioni reali conosciute che in seguito al controllo del percorso logico-teorico in situazioni virtuali. Sono state eseguite operazioni reiterate sulle diverse possibilità d'aggregazione dei dati, in modo da ottenere un prodotto interpretabile e che fornisse risultati suffragati anche dalle osservazioni dirette sui locali fenomeni di franamento o distacco di blocchi.

Il rilievo delle discontinuità è però un metodo statistico che fornisce indicazioni generali sulle scelte progettuali, ma in nessun caso è da considerare determinante e risolutivo in quelle situazioni

specifiche a grande scala. Soprattutto in seguito al progredire della coltivazione, in quelle zone interessate da transito o da altre opere, per prevenire ed individuare locali situazioni d'instabilità, diventa determinante controllare in corso d'opera "...la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il progetto esecutivo." (Ex art. 2 capo 7 D.M. 11.03.88). Questo dovrà avvenire in particolare in quelle zone od in quelle fasi dove l'avanzamento del fronte cava avviene secondo direzioni diverse da quelle già collaudate da anni di coltivazione.

Lo studio geomeccanico è un aiuto utile ad anticipare il comportamento dei fronti di scavo, ma in seguito ad ogni singola volata l'operatore dovrà di volta in volta rendersi consapevole dell'entità dei possibili distacchi, adottando quei provvedimenti che l'arte mineraria impone. La normativa prevede inoltre la redazione di una relazione annuale sulla stabilità dei fronti della cava. In particolare tale relazione dovrà verificare:

- I la corrispondenza della caratterizzazione assunta;
- II la corrispondenza della coltivazione alle linee progettuali;
- III la presenza d'eventuali discontinuità a franapoggio e la loro possibile interferenza con le opere di servizio.

Sulla base delle risultanze e sulle osservazioni dei fronti cava fornirà indicazioni per le posizioni e modalità d'avanzamento da tenere nel corso dell'anno successivo.

Stereodiagramma

L'intero versante presenta le seguenti famiglie di discontinuità:

KK1:	immersione 165°	inclinazione 84°
KK2:	immersione 60°	inclinazione 70°
KK3:	immersione 290°	inclinazione 44°
KK4:	immersione 345°	inclinazione 62°
KK5:	immersione 123°	inclinazione 63°
KK6:	immersione 115°	inclinazione 21°
KK7:	immersione 277°	inclinazione 13°

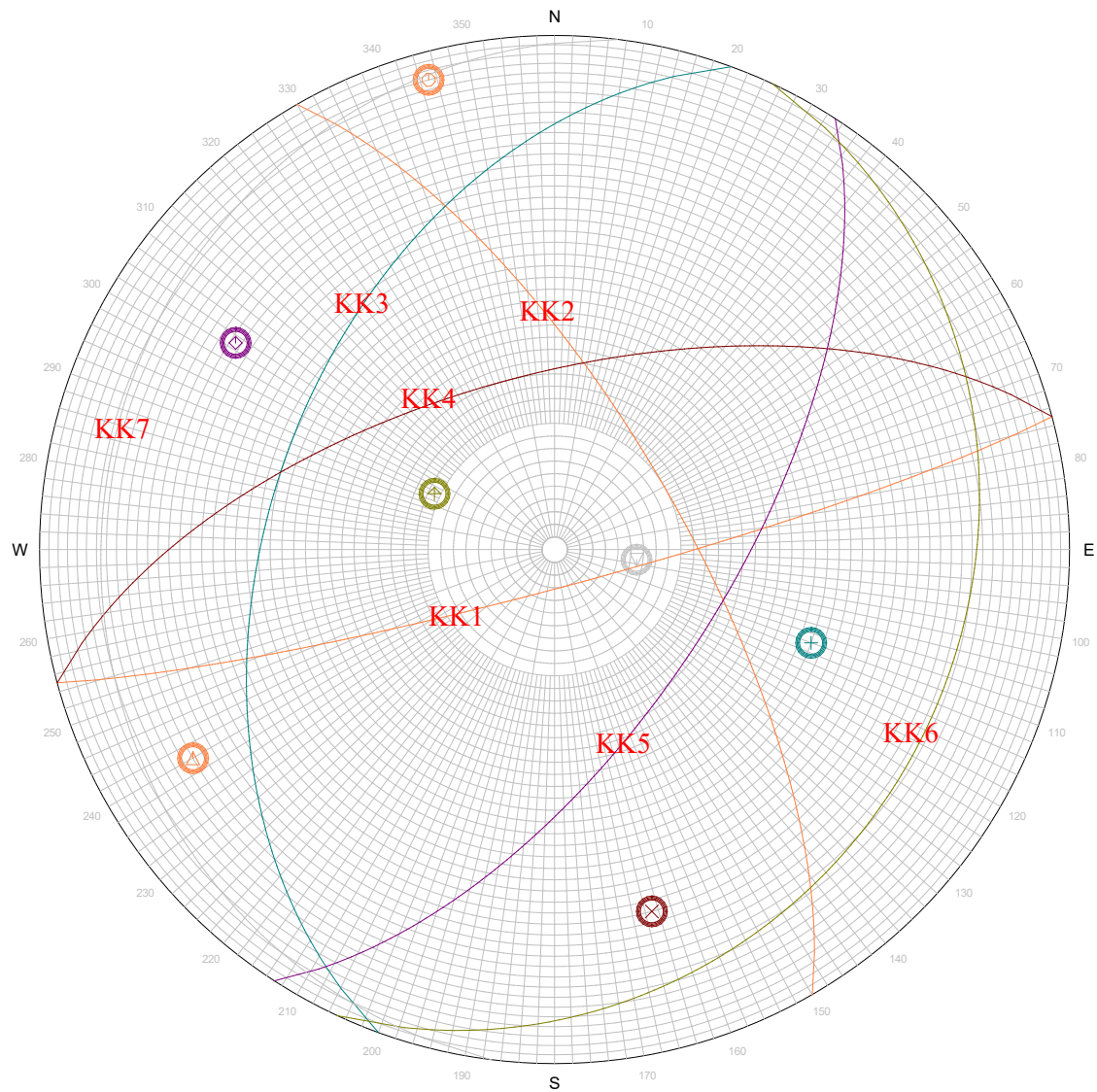


Fig.4 stereodiagramma con riportati i sistemi di discontinuità presenti nell'ambito del M.Gorsa

Il rilievo messo a confronto con quelli eseguiti dal dott. Cadrobbi e Valle negli anni '90 e dal dott. Valle in occasione del programma di attuazione vigente mostrano una buona corrispondenza nei valori delle famiglie principali risultando contenuti in un range di $\pm 10^\circ$ azimuth e $\pm 5^\circ$ inclinazione.

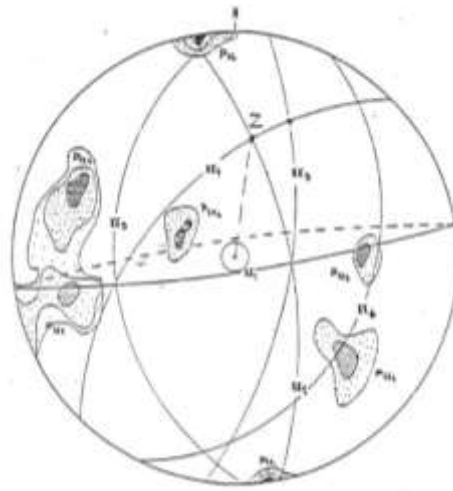


Fig.5 rilievo dott. Cadrobbi-Valle

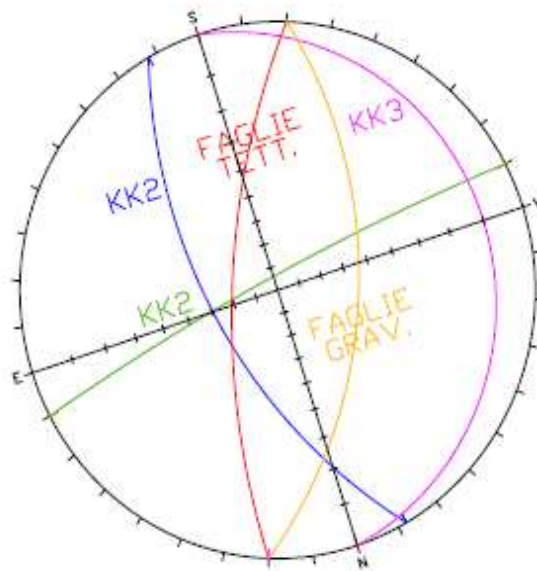


Fig.6 rilievo dott. Valle

3.2. VERIFICHE DI STABILITA' DEI SINGOLI GRADONI

3.2.1. Resistenza al taglio di una superficie rugosa

$$\tau_{mob} = \sigma_n \tan \phi_{mob}$$

da cui:

$$\tau_{mob} = \sigma_n \tan [JRC \log_{10}(JCS/\sigma_n) + \phi_b] \quad (\text{Barton})$$

τ_{mob} = taglio mobilitabile

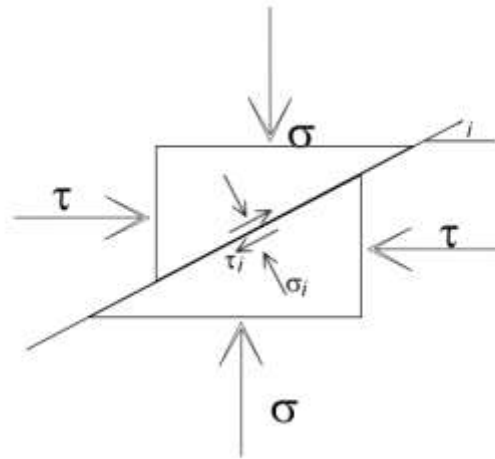
σ_n = sforzo normale effettivo

ϕ_b = angolo attrito di base

JRC = coefficiente rugosità dei giunti – da 0 a 20;

JCS = resistenza a compressione del giunto (= σ_c se giunto indisturbato sino a $\frac{1}{4} \sigma_c$ se la parete è alterata).

Partendo dallo stesso approccio di Barton, Patton (1970), considera il caso generico in cui la discontinuità sia inclinata d'un certo angolo i rispetto alla direzione dello sforzo di taglio τ .



In questo caso

$$\tau_i = \tau \cos^2 i - \sigma \sin i \cos i$$

$$\sigma_i = \sigma \cos^2 i + \tau \sin i \cos i$$

Se assumiamo che sulla superficie della discontinuità la coesione sia uguale a zero e che la sua resistenza sia data da:

$$\tau_i = \sigma \tan \phi$$

Andando a sostituire i valori τ_i e σ_i si ottiene:

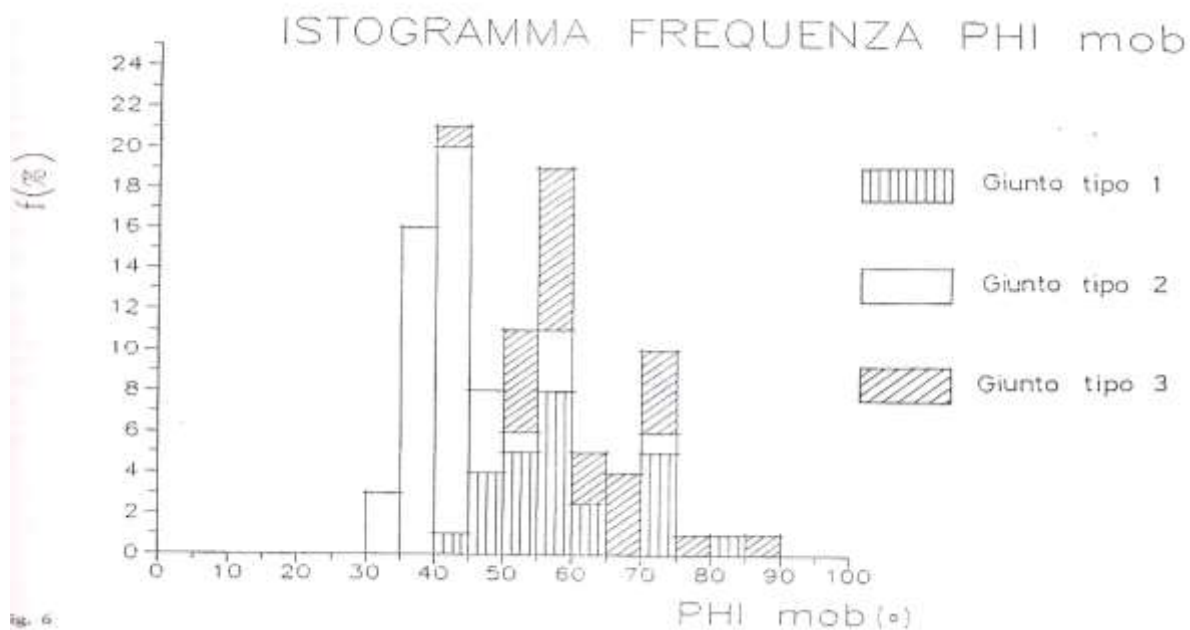
$$\tau = \sigma \tan (\phi + i)$$

Questa relazione tra taglio ed inclinazione del piano i ha un significato pratico rilevante. Misurando diverse superfici d'instabilità, Patton ha dimostrato che a superfici di collasso maggiormente inclinate corrispondono rugosità maggiori. La conseguenza pratica sta nel fatto che anziché ricorrere alla determinazione empirica di JRC e JCS, si può con migliore approssimazione ricorrere all'osservazione di scorrimenti reali, ricavandone l'angolo limite di stabilità a scala d'ammasso.

Un analogo approccio al problema, basato sull'osservazione statistica di giunti di diverse classi, è stato condotto da Froldi – Mantovani (Geologia Tecnica 1/91). Essi hanno in particolar modo

confrontato il JRC stimato con quello calcolato a ritroso sperimentalmente. Per le diverse classi di giunti sono stati individuati i valori di ϕ_{mob} ($\phi_{mob} = \phi_{base} + i_{eff}$).

Ne è emerso che solo in presenza di giunti completamente alterati (e con riempimenti limoso – argillosi, sono stati individuati valori d'attrito inferiori a 40° vedi istogramma giunti tipo 2). Anche in questo caso le conclusioni dello studio portano ad affermare come sia sufficientemente corretto affrontare la progettazione geotecnica di fronti di scavo, o la verifica di stabilità di pendii naturali, partendo da assunzioni parametriche statistiche ricavate dall'osservazione dell'ammasso a scala reale.



3.2.2. Applicazione al caso concreto delle cave di porfido

I numerosi fronti cava permettono d'osservare le diverse famiglie di giunti su cui sono avvenuti massicci scivolamenti.

Nel nostro caso il collasso del fronte non avviene per cause naturali, bensì è provocato dall'esplosione delle mine con conseguente peggioramento delle caratteristiche dell'ammasso. Ciò implica che la parametrizzazione effettuata in questo stato fornirà valori cautelativi rispetto alle condizioni d'ammasso indisturbato.

Operativamente dovranno però essere distinte quelle situazioni in cui la resistenza al taglio della superficie è stata palesemente superata da un eccesso d'instabilità, rispetto al caso in cui lo scorrimento è avvenuto in prossimità dell'equilibrio limite.

Nel primo caso tutti i piani della stessa classe presentano il collassamento, mentre nel secondo caso avremo un'aliquota di piani appartenenti alla stessa classe che non sono ancora collassati. In base

all'esperienza personale raggiunta, confortato dagli stessi risultati ottenuti nel citato studio (Froldi – Mantovani – Geologia Tecnica 1/91), l'intervallo angolare di maggiore interesse risulta essere tra 40° e 70°.

In sintesi:

- per piani maggiori di circa 70° le forze d'attrito sono sempre in grado di superare l'attrito mobilitabile ϕ_{mob} ed il fronte residuo ha esaurito la sua azione di collassamento presentandosi stabile;
- per i piani inferiori a circa 40° le forze di taglio non superano l'attrito mobilitabile ϕ_{mob} , e fenomeni d'instabilità sono possibili solo nel caso di giunti con riempimento argilloso e in presenza della spinta idrostatica fenomeni difficilmente riscontrabili nelle cave di porfido (tale fenomeno è però probabilmente quello che caratterizza il cinematisma delle frane trasversali di M.Gorsa ma su scala di intero versante);
- per i piani compresi tra 40° e 70°, le forze di taglio possono causare, o meno, il superamento dell'attrito mobilitabile ϕ_{mob} , ed in questo caso l'alterazione ed il rilevamento dei piani possono permetterci di determinare l'inclinazione limite della scarpata. In questa situazione sono giustificati gli approfondimenti atti a determinare la resistenza al taglio delle superfici. Tali approfondimenti e la scelta del fattore di sicurezza, dovranno essere tanto più puntuali quanto più problematica sarà la conseguenza di un eventuale crollo (D.M. 11.03.88, sez. G.2.3.).

3.3. CONSIDERAZIONI SULLE FRONTI DELL'AREA ESTRATTIVA

Si riporta di seguito il rilievo strutturale da cui si possono dedurre le immersioni dei piani (rappresentati con le corde) e dei cunei (rappresentati con dei vettori Z). In generale sia per i piani che per le corde valgono le seguenti considerazioni.

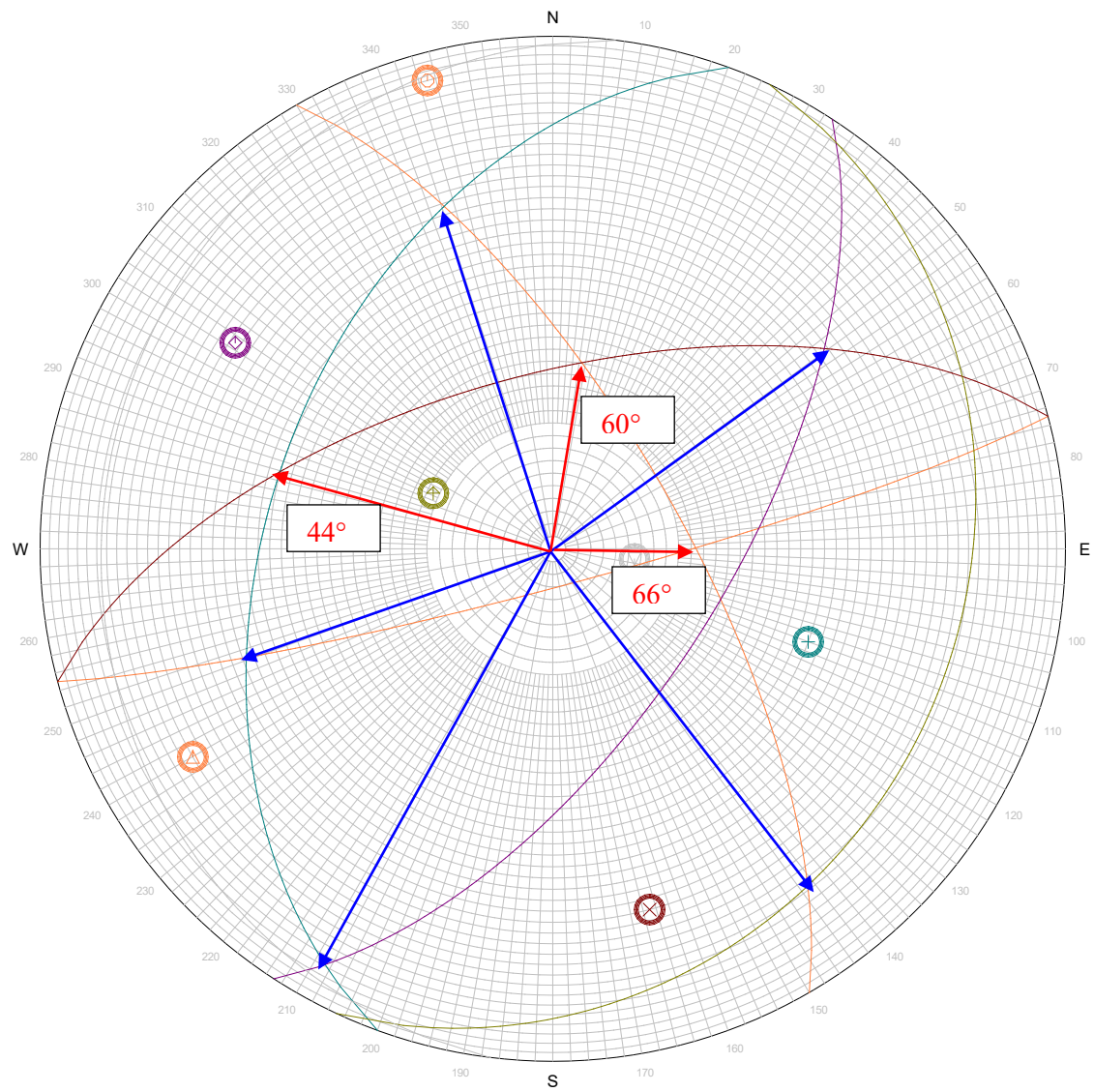
Piani e cunei fortemente inclinati (>70°) saranno delle superfici di effettivo crollo se intercettati dagli scavi e determineranno l'inclinazione del fronte cava. Se non vengono intercettati dagli scavi il loro cinematisma è inibito.

Piani e cunei inclinati meno del valore di attrito (< 38°-40°) sono superfici stabili, tanto più stabili quanto più si orizzontalizzano.

Piani e cunei compresi tra 40° e 70° sono superfici potenzialmente instabili che col tempo potranno collassare al venir meno delle forze di adesione lungo i piani stessi.

RILIEVO STRUTTURALE

cluster analysis



3.3.1. Note generali sulla stabilità in funzione dei cinematismi possibili

Il fronte verso nord tenderà a sagomarsi verticalmente secondo i lassi che in questa area si presentano sub verticali (84°); è da escludere quindi il fenomeno del “coricamento” dei lassi che invece può riguardare i fronti verso sud con altezze superiori ai 15 metri. Nel rilievo strutturale sono state inserite le direzioni di potenziale scorrimento dei cunei rocciosi: in rosso quelli superiori al limite di attrito di 40° (rispetto all’orizzontale). Come si può notare nessuna ha una componente immergente verso sud, al contrario la risultante immerge verso nord e ciò spiega in gran parte le problematiche relative alla stabilità del fronte sud. L’osservazione dei fronti cava conferma che verso nord questi si sagomano senza individuare porzioni instabili di rilevante volumetria.

Il fronte che si svilupperà verso est interseca i piani KK3 a franapoggio ma con inclinazione di 44° e quindi “attivi” solo se in presenza di milonizzazioni o spinte idrauliche. Il fronte assume un andamento frastagliato con possibili incavernamenti per la presenza dei piani KK2.

Il fronte che si sviluppa verso ovest si presenterà più nettamente definito secondo i piani KK2 e KK5 con inclinazione tra 65° e 75° rispetto alla verticale. Eventuali porzioni pensili individuate tra queste due famiglie di discontinuità saranno di modesta volumetria.

Il fronte verso sud è quello che presenta le maggiori problematiche, connesse ai cunei che immergono verso N-NO. In questa posizione il mantenimento di fronti verticali può creare i presupposti per crolli rotazionali con rischi per chi transita anche a distanza dal ciglio; è quindi da preferire il mantenimento del fronte scarpato, specie dove lo spazio sul gradone è limitato. La rotazione del fronte invaderà il piano viabile riducendo la carreggiata che però potrà essere recuperata con il semplice uso dell’escavatore; vi saranno quindi dei gradoni “effimeri” invasi dal materiale ma che daranno stabilità alla viabilità sovrastante. Preoccupante in questa posizione non è l’assenza di spazio viabile sui gradoni bensì la verticalità del fronte che può ruotare repentinamente.

Si distingue la porzione della cava su Albiano da quella su Lases. Se su Albiano la rotazione dei gradoni e l’eventuale caduta di massi resta internamente alla cava. Su Lases, nella porzione apicale a cavallo con il Comune di Albiano i massi trovano un pendio in parte ancora vergine che permetterebbe loro di raggiungere la strada provinciale; per questo motivo si rende necessaria in questa posizione la coltivazione mediante gradoni effimeri, cioè privi di pareti verticali, ottenuti mediante coricamento delle pareti e temporaneo mantenimento del materiale collassato sul gradone.

3.3.2. Principali meccanismi di collasso

CORICAMENTO DELLA LASTRIFICAZIONE

Il meccanismo di collasso principale dei singoli gradoni avviene per la tendenza al “coricamento” della lastrificazione. E’ osservabile su tutti i fronti di “pariana rovescia”, fenomeno anche noto

come “uncinatura dei lassi”. La rottura delle lastre e conseguentemente il loro coricamento avviene quando le reazioni vincolari R ed il momento M non sono in grado di controbilanciare il carico scomposto in T ed in N secondo lo schema di seguito riportato. Ciò succede quando viene meno l'appoggio alla base, con coltivazioni di “pariana” elevate. Ma dipendendo la rottura delle lastre anche dal loro spessore e dalla loro resistenza meccanica, il fenomeno può manifestarsi semplicemente in presenza di elevate acclività nel caso di lastrificazioni sottili e/o quando le caratteristiche del materiale siano di scarsa qualità.

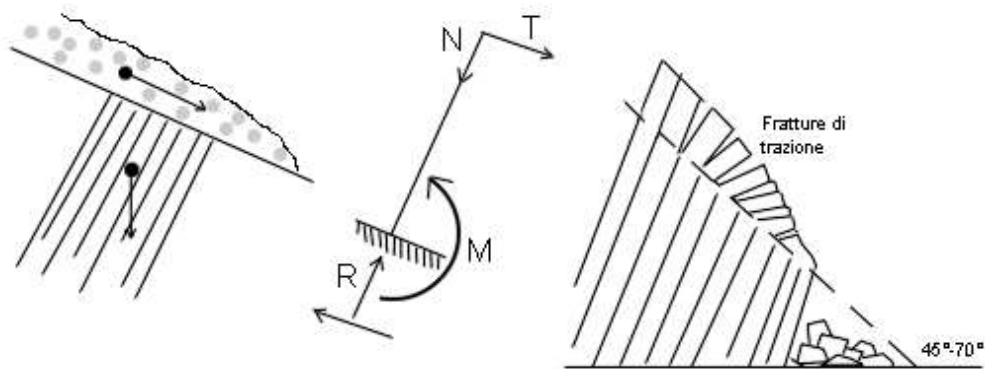


Fig.7 schema di collasso per coricamento dei lassi

Gli angoli su cui si stabilizza il versante sono solitamente compresi tra i 45° ed i 70° , a seconda delle situazioni più o meno favorevoli. In tutti i casi la rottura avviene non senza il preventivo manifestarsi di fratture di trazione. Nella seguente figura si evidenziano la porzione basale stabile che costituisce la zona di “incastro” della lastrificazione e la porzione di “eccesso instabile” che può trovare solo lateralmente un effimero appoggio, mai sufficiente ad impedire il collasso.

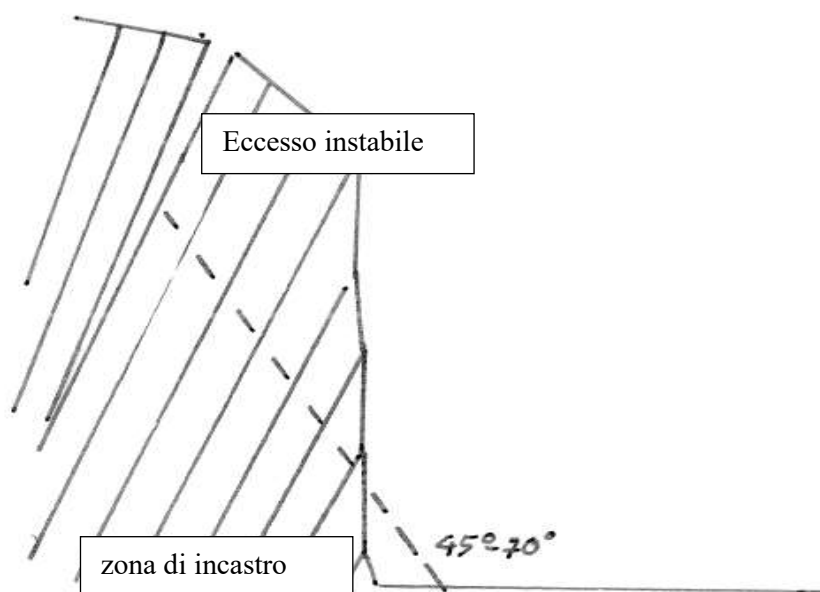


Fig.8 schema di collasso per coricamento dei lassi alla scala dei gradoni

Osservando le differenti figure si può intuire come sia più da temere un fronte cava verticale, apparentemente integro, piuttosto che un fronte cava già parzialmente coricato. Nel primo caso abbiamo potenzialità elevate che possono evolvere rapidamente con conseguente collasso, nel secondo caso abbiamo potenzialità modeste che evolvono lentamente su una nuova morfologia stabile.

Questo concetto è stato fissato già in sede di redazione della variante al PDA di Albiano (1997) e ribadito pochi mesi prima della frana del 2003 (lettera prot. 15.04.2003): *§EVOLUZIONE DEI FRONTI DI SCAVO... "Si può quindi affermare che il rapido progredire dello scavo permette di ottenere pareti verticali ed omogenee che restano stabili solo a breve e medio termine e poi, in conseguenza ad un rilassamento tensionale all'interno dell'ammasso, si manifestano dei cedimenti tanto più voluminosi quanto maggiore è l'estensione del fronte e quanto più rapido è stato il "taglio" del pendio"... Gli ultimi fenomeni di collasso registrati hanno riguardato proprio gradoni più larghi, dove a valle la parete si presentava verticale.*

Per quanto sopra esposto nella coltivazione di pariana verso sud, si dovrà evitare di tenere ampi fronti verticali, impostando la scarpata tra 45° e 70° anche a scapito della larghezza dei gradoni, ferma restando la pendenza complessiva del versante.

ROTTURA PER CARICO DI PUNTA

E' un modello di rottura che riguarda solo i gradoni verso nord, che in questo caso risultano di altezze modeste, e tipico delle cave di Fornace dove l'altezza dei gradoni è maggiore e quindi non pertinente.

CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DI VOLUMI IN SCORRIMENTO SU DUE SUPERFICI DEFINITE OVVERO PROBLEMA TRIDIMENSIONALE DELLA STABILITA' DEI PENDII

Il caso generale di dissesto di pendio in roccia è quello riguardante cunei di forma tetraedrica; nel nostro caso tale dissesto caratterizza l'area del Monte Gorsa per la presenza di cunei individuati dall'intersezione di faglie ad elevata persistenza associate alle famiglie KK2 e KK3,. Si farà riferimento alla seguente figura:

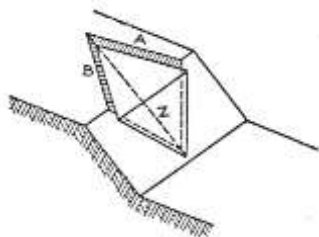


Fig.9 schema di collasso di un cuneo in roccia individuato da due superfici di discontinuità

Tramite il reticolo stereografico (vedi fig.10) è possibile tracciare le curve corrispondenti ai due piani di scorrimento e determinarne l'intersezione Z e le rette Pa e Pb normali ai due piani. E' possibile quindi determinare il piano passante per le rette Pa e Pb (tratteggiato nel disegno). La stabilità, o il moto, del blocco dipende dalla posizione del punto rappresentante la risultante delle forze attive (peso proprio, spinta dell'acqua ecc...) che agiscono sul blocco stesso. Tale risultante è senz'altro diretta verso il basso, sarà quindi sufficiente analizzare il solo emisfero inferiore.

Se la risultante cade nel tratto interno all'area compresa dai due cerchi d'attrito Pa e Pb, il blocco è stabile ed il fattore di sicurezza sarà tanto maggiore quanto più prossima al piano Pa-Pb sarà la risultante. La risultante sarà data dalla somma delle seguenti componenti:

- peso proprio: è applicato al centro del cerchio con direzione perpendicolare verso il basso;
- spinta dell'acqua: presenta una componente verso l'alto (galleggiamento) ed una secondo la massima pendenza piezometrica, che segue i piani B con fasce milonizzate e permeabili, da qui una componente verso NO;
- spinta dovuta al gelo: per la caratteristica fessurazione essa agisce nel senso perpendicolare alla lastrificazione, circa verso nord, si attiva nei primi metri di profondità ma trasmette progressivamente l'effetto in profondità;
- spinte sismiche: nella direzione della fonte con verso opposto.

In seguito viene rappresentata la situazione stereografica corrispondente al caso specifico, come studiato dal dott. Sartorelli e dal dott. Conti in occasione della frana su Lases nel 1988. Per il piano A è stato assunto un angolo di attrito di picco di 40° , per il piano B 38° . Si può notare che l'area di stabilità comprende di poco la verticale e quindi con la sola risultante della forza peso il volume risulta stabile; è però sufficiente che si attivi una modesta componente orizzontale (gelo, spinta idrostatica, sisma, eccesso instabile dovuto alla rotazione dei lassi...) per modificare la condizione di equilibrio e generare lo scorrimento. Il movimento crea lo scompaginamento del materiale che tende ad assumere sempre più le caratteristiche di frana in detrito, in questo modo tende a disporsi secondo un angolo di 38° (angolo di attrito del detrito di porfido). I franamenti continueranno a verificarsi finché l'“eccesso instabile” (così definito da Barton) che si trova a monte e che ha determinato le fratture di trazione non avrà conferito al pendio un angolo prossimo a quello del detrito di porfido; a questo punto anche l'azione dell'acqua e del gelo verranno limitate in conseguenza delle considerevoli capacità drenanti della roccia scompaginata. Determinante per innescare il movimento è la spinta dell'acqua, che viene però a mancare quasi subito per causa della fatturazione conseguente alla traslazione. In questo senso il franamento avrebbe un effetto autosmorzante che tende a riportare la risultante delle forze attive alla sola componente peso. In

effetti tutti i fenomeni registrati si sono attivati e subito smorzati con il coricamento della lastrificazione senza rilascio di volumi significativi.

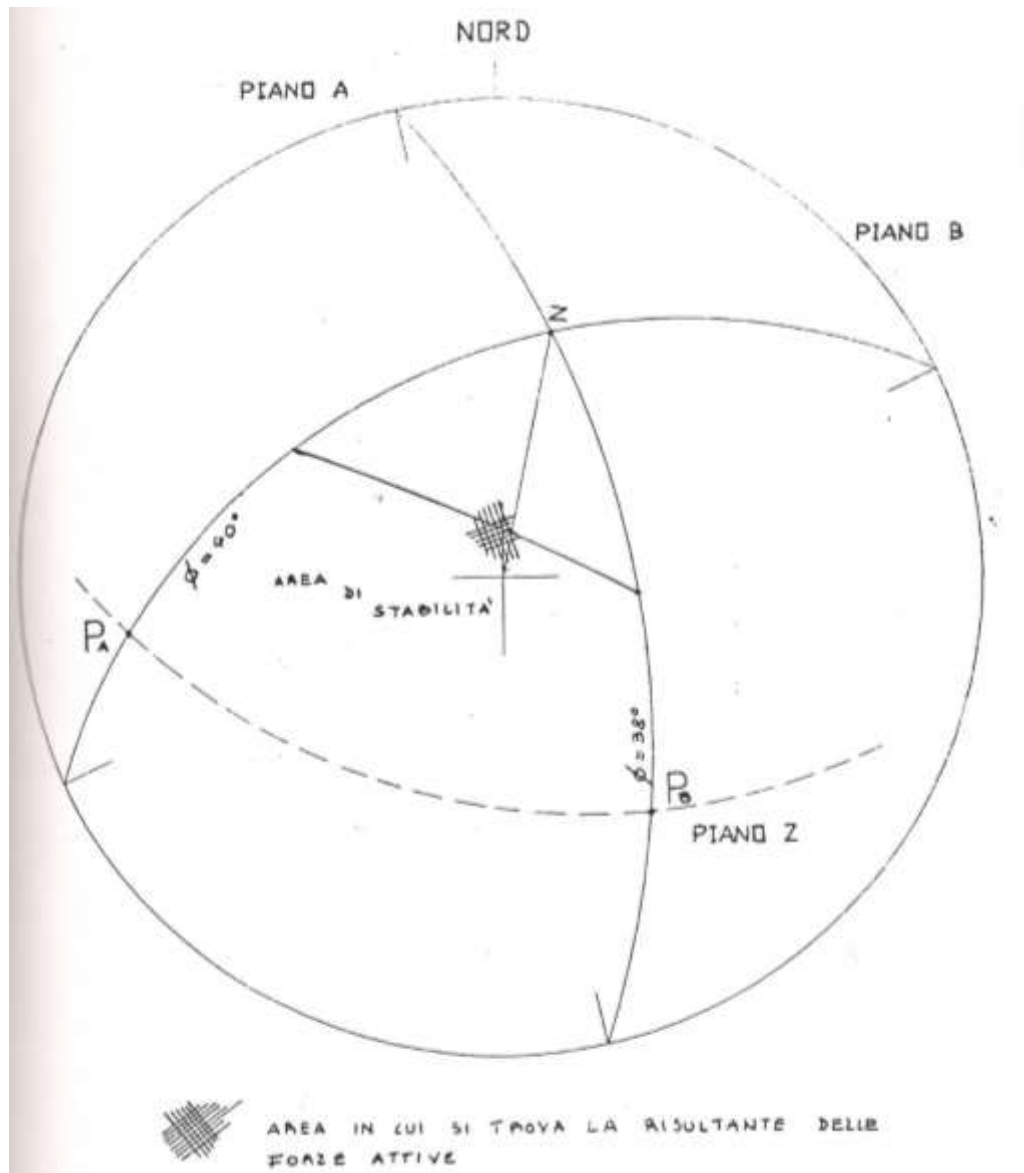


Fig.10: stereodiagramma con riportati i di scivolamento della frana in loc. Ronchi nord del 1988

3.4. I MOVIMENTI GRAVITATIVI AVVENUTI NELL'AREA

3.4.1. La frana nell'area Ronchi nord del 1988

Il movimento gravitativo del 1988 è stato approfonditamente studiato dal dott. Conti e dal dott. Sartorelli, che successivamente ha provveduto alla sistemazione con un progetto specifico. La dinamica del fenomeno è stata descritta in apposita relazione (gennaio 1993) a cui rimando per i particolari. Si sono osservati più cunei di scivolamento (nel caso i tre visibili nella foto), sovrapposti ma sfasati, la cui spalla destra verso ovest coincide con la spalla sinistra del cuneo sottostante. La disposizione dei piani è tale che l'“eccesso instabile” del primo cuneo in alto appoggia sulla spalla del cuneo sottostante, il secondo, a sua volta poggiante sul terzo cuneo. Il collasso di una qualsiasi

delle tre spalle destre (ad ovest) determina lo scompaginamento della roccia con movimenti lungo la massima pendenza. Abbiamo quindi la componente della spinta che è trasversale SE-NO ma dopo il collasso i movimenti sono verso Nord secondo la massima pendenza. Il porfido scompaginato collassa fino a raggiungere gli angoli caratteristici del detrito (38° - 40°).



Fig.11: Frana Ronchi nord 1988 (foto 1992): i tre piani di scivolamento con le fessure di trazione

3.4.2. La frana nell'area di Albiano del 2003

Vi sono molte analogie nel movimento franoso del 2003 con l'evento del 1988. Si tratta in entrambi i casi di franamento avvenuto per scalzamento alla base dovuto ad attività estrattiva, in un contesto strutturale sostanzialmente identico. Il franamento ha comportato la massiccia rotazione dei lassi ma con modesto rilascio di porzioni di roccia scompaginata. Seppure in scala molto maggiore nel franamento del 2003 abbiamo una sostanziale stabilità alla base del lotto n. 6 nonostante alla sommità dello stesso si siano registrate le massime dislocazioni. Si è trattato sostanzialmente del "coricamento" della lastrificazione ed anche in questo caso la roccia scompaginata si è fermata lungo il versante. Tra il lotto n. 4 e n. 5 si è osservato il limite inferiore del cedimento a quota 615 m, questo è stato collegato con il limite superiore ottenendo valori angolari di 36° inclinazione e 325° immersione, quasi identici a quelli misurati nel franamento del 1988.

Una sintesi schematica della possibile geometria della frana è riportata nella figura seguente. La realtà, più complessa, potrebbe individuare anche più di tre cunei, intersecanti tra di loro ma sicuramente interagenti nel setto roccioso che mette a contatto i piani di scivolamento A con i B. E' proprio la rottura di uno di questi setti che ha innescato il "coricamento" dei gradoni della cava. A proposito si fa notare che dove i gradoni risultano essere già coricati la spinta laterale si riduce e non c'è il pericolo di un repentino collasso.

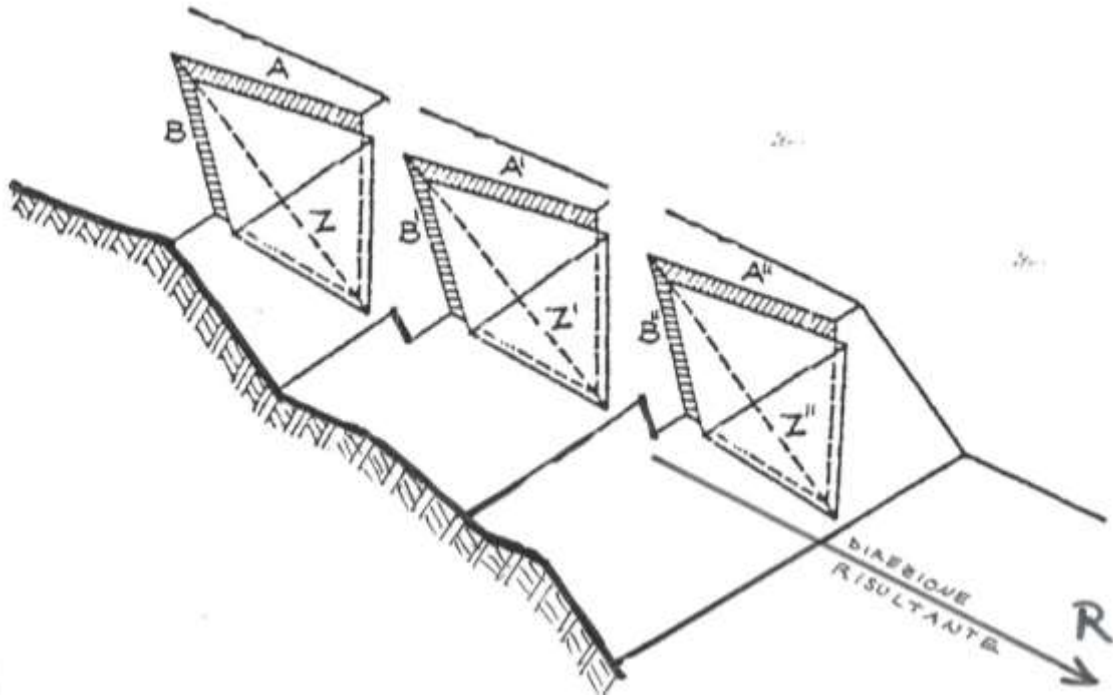


Fig.12: Frana Ronchi nord 1988 (foto 1992): i tre piani di scivolamento con le fessure di trazione

3.4.3. La frana nell'area di Albiano-Lases del 2017



Fig 13: panoramica del fronte cava di Monte Gorsa con evidenziate le "scatole cinematiche" che individuano il fenomeno gravitativo

Sulla base dell'osservazione dell'andamento delle fessure e dei piani di scivolamento evidenziati sul lato ovest, sono state ricostruite quattro "scatole cinematiche" che corrispondono come

orientamento ai cunei individuati dalle famiglie di discontinuità KK2 e KK3. Ognuna di queste scatole cinematiche presenta due superfici a franapoggio dove si sviluppano delle forze la cui sommatoria determina la stabilità od il movimento del cuneo di roccia.

Nel nostro caso i piani KK3 risultano alterati con materiale di frizione che presenta un angolo di attrito di 38° (misura ricavata dal dott. Sartorelli sugli affioramenti verso Lases). L'inclinazione del piano (44°) superiore all'attrito che si sviluppa (38°), genera una forza mobilizzante F che trova contrasto sui piani KK2 dove si sviluppa una forza resistente T dovuta all'elevato attrito di picco ($>45^\circ$). La risultante vettoriale tra F , T e P (peso del cuneo) determinerà la stabilità o l'instabilità del cuneo stesso.

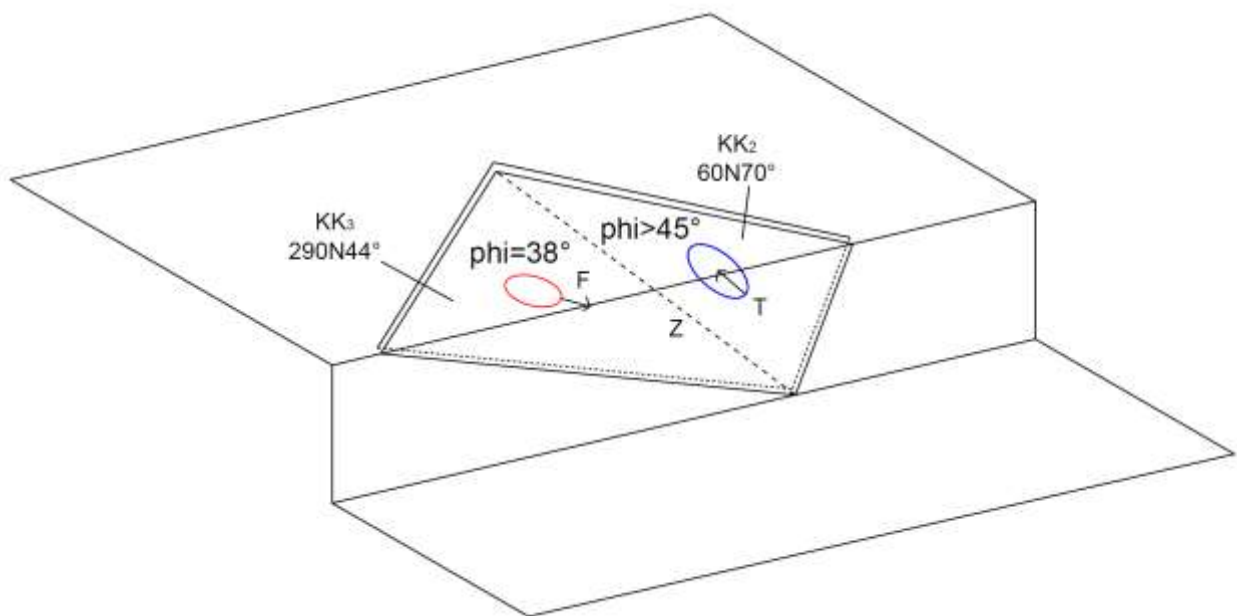


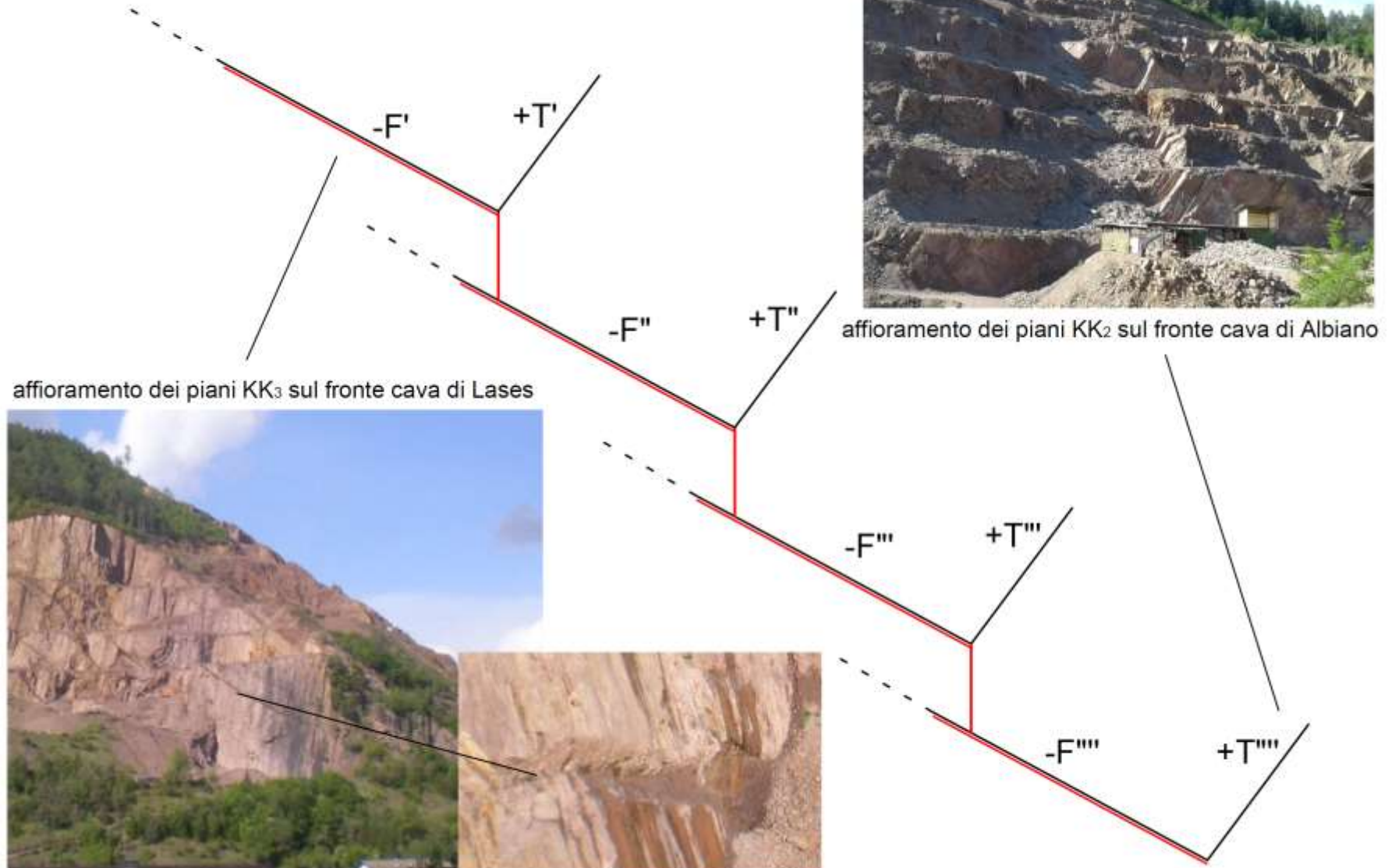
Fig 14: schema del cuneo individuato dalle faglie associate alle famiglie KK2 e KK3

E' evidente che venendo meno l'appoggio del cuneo sulla parete di destra (KK2), viene meno la forza resistente T ed il cuneo si mobilita scompaginandosi come caratterizzato da tutti gli eventi occorsi su M.Gorsa.

Osservando lo schema tipo delle "scatole cinematiche" in seguito allegato mostra i piani di resistenza KK2 sui quali sono attive le forze T . Queste si sovrastano e si appoggiano dalla posizione più alta (') a quella più bassa ("). In caso di cedimento della posizione (""), in seguito allo sparo delle mine, viene meno la forza resistente T''' e per effetto domino il versante si rilassa azzerando le resistenze $T'''-T''-T'$ generando così una superficie di rottura frastagliata (linea rossa) che non segue la massima pendenza del versante ma una diagonale.

schema tipo delle "scatole cinematiche"

Lo schema a vista frontale mostra i piani di resistenza KK_2 sui quali sono attive le forze T . Queste si sovrappongono e si appoggiano dalla posizione più alta T' a quella più bassa T'''



La vista in pianta dell'effetto domino per il cedimento alla base nella posizione (''') è sintetizzata nella seguente figura.

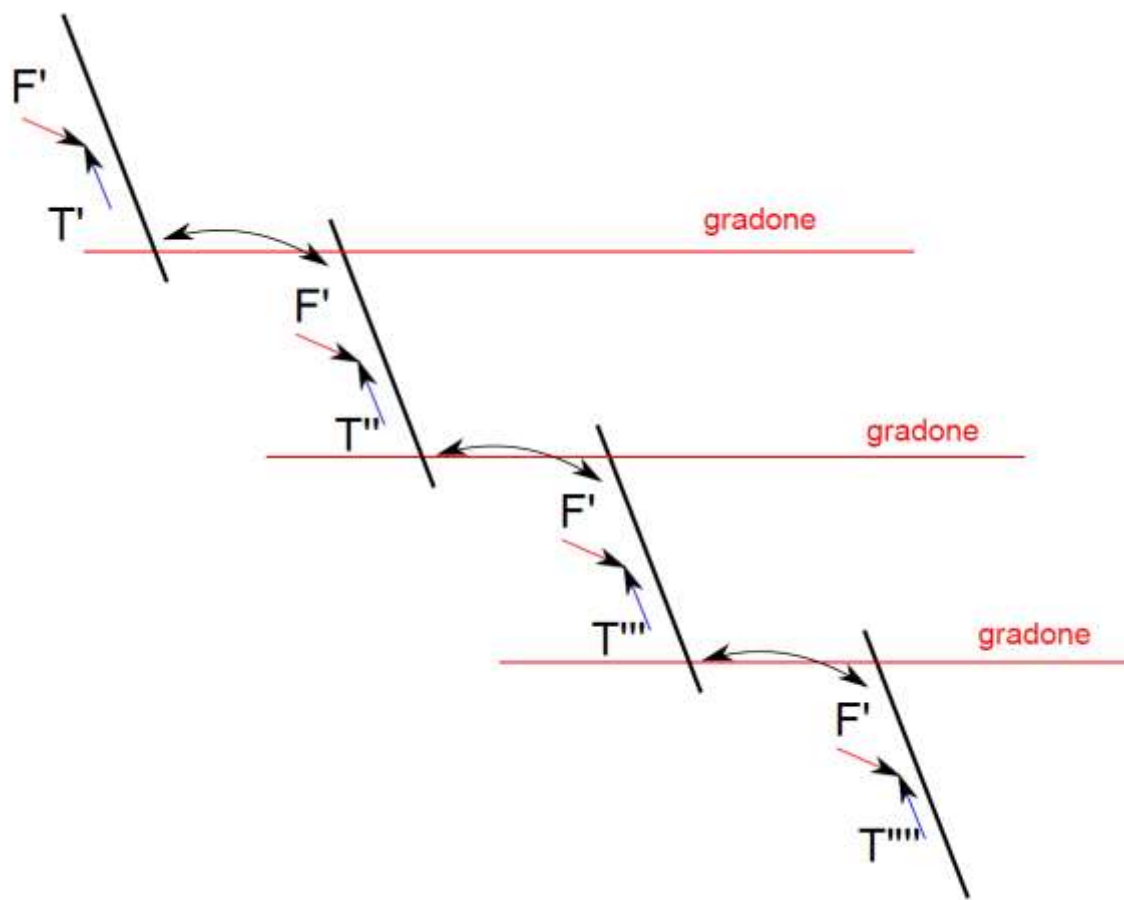


Fig 15: vista in pianta del meccanismo delle scatole cinematiche

3.4.4 Note generali sugli eventi deformativi

I tre movimenti franosi (1988-2003-2017) presentano caratteristiche simili che confermano il modello geotecnico assunto e costituito da più cunei sovrapposti e sfalsati che interagiscono appoggiandosi verso ovest dall'alto verso il basso.

Gli studi sui movimenti franosi hanno messo in evidenza una linea di debolezza trasversale rispetto al versante. In particolare nello studio redatto dall'Ing.Geol.Sartorelli Daniele d.d.giugno 2017 (*progetto sovracomunale di coltivazione della porzione superiore del monte Gorsa nei comuni di Albiano e Lona-Lases*) è stato evidenziato quanto segue: *Tra il lotto n. 4 e n. 5 si è osservato il limite inferiore del cedimento a quota 615 m, questo è stato collegato con il limite superiore ottenendo valori angolari di 36° inclinazione e 325° immersione, quasi identici a quelli misurati nel franamento del 1988.* Se riteniamo questo presupposto valido per l'intero ammasso roccioso, si evidenzia come risulterà necessario che la progressione degli scavi lungo il versante verso sud sia vincolata anche dal contemporaneo avanzamento del lotto adiacente mantenendo un'inclinazione

laterale massima di 36°. In sostanza si dovrà evitare lo scavo di nicchie che, pur risultando interne ai limiti progettuali, possano trasversalmente svincolare superfici di scivolamento secondo il meccanismo ben evidenziato nei precedenti paragrafi.

3.5. VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Sono state eseguite le verifiche di stabilità globale su due sezioni progettuali significative, in particolare la n.4 e la numero n.8. Le verifiche sono state effettuate cautelativamente considerando i parametri medi, tra la roccia intatta e le zone con ammasso destrutturato, individuati dal dott. Valle nella relazione geologica di supporto al precedente programma di attuazione.

Le verifiche sono state eseguite secondo le NTC 2018 in condizioni statiche (combinazione A2+M2+R2) ed in condizioni sismiche. I fattori di sicurezza delle curve di scivolamento individuate risultano superiori a 1.1 per le condizioni statiche e superiori a 1.2 per le condizioni sismiche.

Verifica stabilità globale

sezione 4-4

NTC 2018 (A2+M2+R2)

 $M2 = (\tan \phi) / 1.25 = 30.81^\circ$ $M2 = c / 1.25 = 211.2 \text{ kN/mq}$

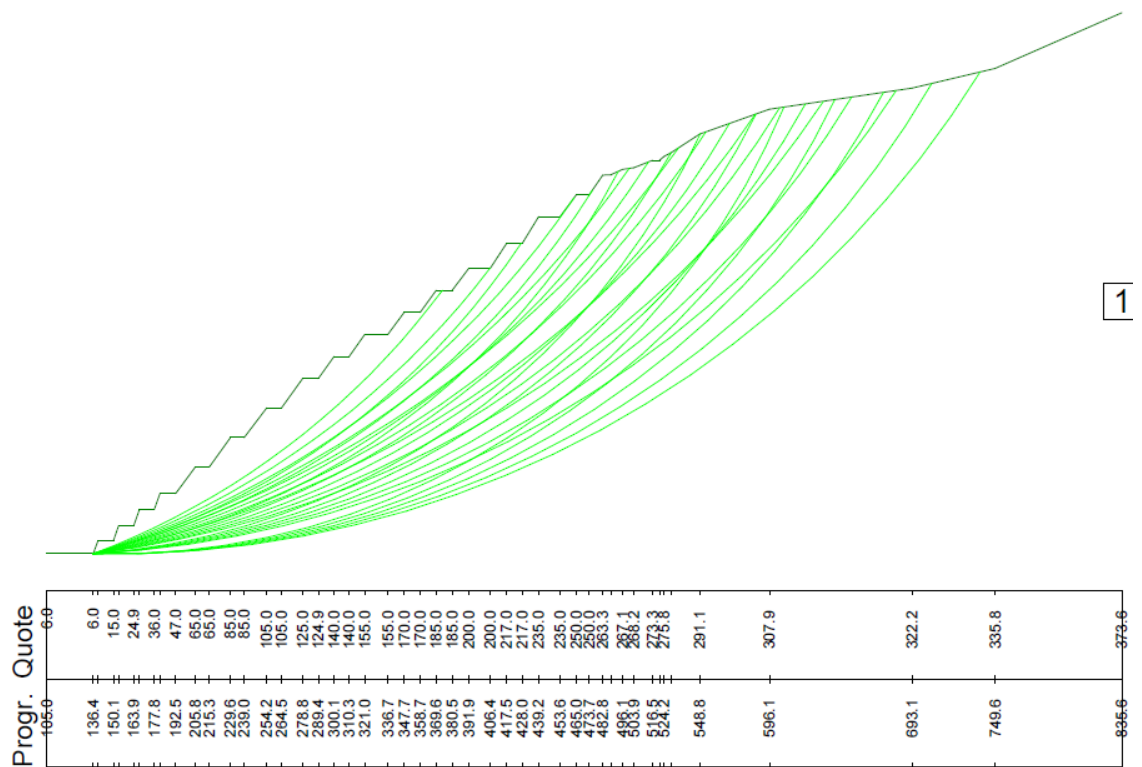
scala 1:5000

Litotipo 1:

 $\phi [^\circ] = 30.81$ $c [\text{kN/m}^2] = 211.2$ $\gamma [\text{kN/m}^3] = 25$

Metodo: Sarma

+1.35	+1.31	+1.33	+1.40	+1.48
+1.39	+1.32	+1.32	+1.37	+1.45
+1.47	+1.34	+1.31	+1.34	+1.42
+1.53	+1.40	+1.32	+1.33	+1.39
+1.68	+1.46	+1.36	+1.34	+1.38

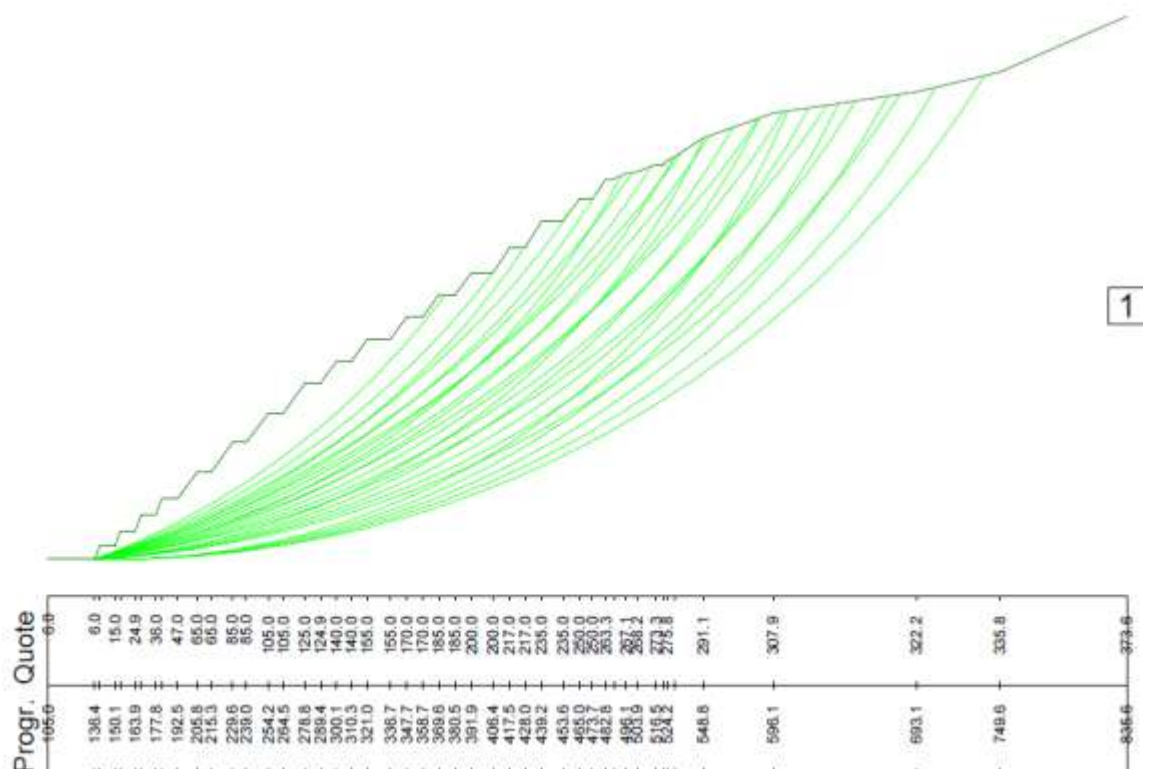


Verifica stabilità globale

sezione 4-4
NTC 2018 sismica
scala 1:5000

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 36.7$ $c [kN/m^2] = 264$ $\gamma [kN/m^3] = 25$
Comp. sismica orizz. = .027 Comp. sismica vert. = .013
Metodo: Sarma

+ 1.60	+ 1.56	+ 1.57	+ 1.64	+ 1.74
+ 1.64	+ 1.57	+ 1.56	+ 1.61	+ 1.71
+ 1.74	+ 1.59	+ 1.57	+ 1.59	+ 1.68
+ 1.81	+ 1.66	+ 1.58	+ 1.58	+ 1.65
+ 2.00	+ 1.74	+ 1.62	+ 1.58	+ 1.64



Verifica stabilità globale

sezione 8-8

NTC 2018 (A2+M2+R2)

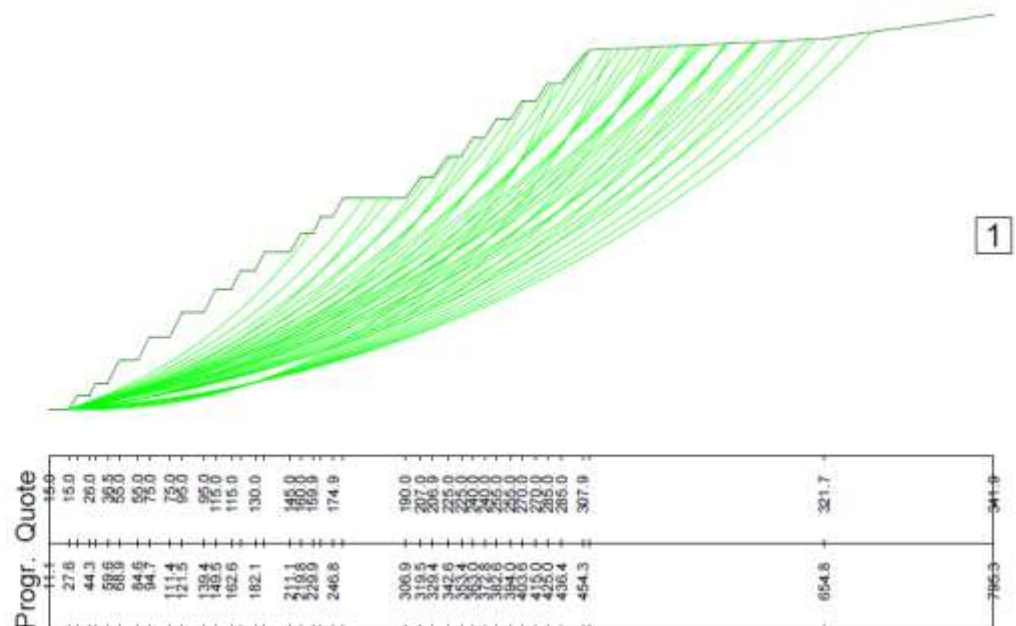
$$M2 = (\tan \phi) / 1.25 = 30.81^\circ$$
$$M_2 = c/1.25 = 211.2 \text{ kN/mq}$$

scala 1:6000

Litotipo 1:

 $\phi [\text{°}] = 30.81$
$$c \text{ [kN/m}^2\text{]} = 211.2$$
 $\gamma [\text{kN/m}^3] = 25$

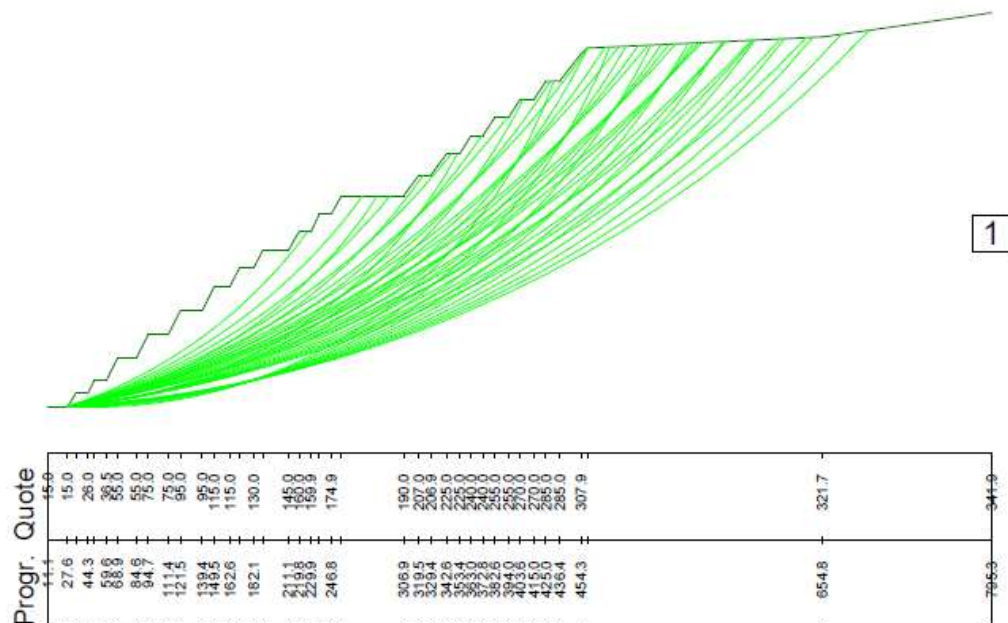
Metodo: Sarma



Verifica stabilità globale

sezione 8-8
NTC 2018 sismica
scala 1:6000

Litotipo 1: ϕ [°] = 36.7 c [kN/m²] = 264 γ [kN/m³] = 25
Comp. sismica orizz. = .027 Comp. sismica vert. = .013
Metodo: Sarma



3.6. MODALITA' DI SCAVO AL FINE DI INIBIRE LA RIATTIVAZIONE DELLA DEFORMAZIONE

Per quanto sopra esposto il programma di attuazione risulta compatibile con l'assetto geologico-strutturale dell'area, durante la coltivazione tuttavia si dovrà tener conto dei seguenti aspetti già messi in evidenza dal dott. Valle nel 2006 e ribaditi nei successivi approfondimenti:

- regolarizzazione dei profili morfologici finali che presenteranno pendenze variabili tra 37° e 41° passando dalla zona di escavazione sul comune di Albiano a quella sul comune di Lases;
- gradonatura con alzate comprese tra 15 m e 20 m di inclinazione variabile in funzione del locale assetto strutturale;
- coltivazione secondo un profilo di scavo uniforme (massimo 37°) lungo il versante in modo da inibire lo svincolo dell'ammasso roccioso individuato dall'intersezione tra i sistemi di faglie associate alle famiglie di discontinuità KK2 e KK3;
- il proseguo dell'attività nella zona di Lases e nella porzione orientale di quella di Albiano è fortemente vincolato dall'asportazione del materiale in parte ruotato presente nella porzione alta dell'area;
- si dovrà evitare lo scavo di nicchie che, pur risultando interne ai limiti progettuali, possano trasversalmente svincolare superfici di scivolamento secondo il meccanismo ben evidenziato nei precedenti paragrafi.

3.7. CONCLUSIONI

Le note precedenti hanno permesso di formulare un quadro geologico e geomeccanico complessivo che si è mostrato essere compatibile con le scelte progettuali adottate, e fornisce anche indicazioni utili sull'evolversi di possibili fenomeni d'instabilità localizzate e sugli approfondimenti eventuali in sede di redazione delle verifiche annuali sulla stabilità dei fronti cava. Il progetto di coltivazione è pertanto fattibile dal punto di vista geologico – geotecnico.

Porte di Rendena, aprile 2024

Dott. Geol. Silvio Alberti



4.STUDIO DI COMPATIBILITÀ

4.1. PREMESSE

Le presenti note sono redatte con lo scopo di trattare le argomentazioni riportate nel capitolo 6 dell'allegato C della DGP 379 del 18 marzo 2022 "Modifica della deliberazione della Giunta provinciale n. 1317 del 4 settembre 2020 avente a oggetto "l.p. 27 maggio 2008, n. 5, articoli 14 e 18 - l.p. 4 agosto 2015, n. 15, articoli 22 e 31: Approvazione della Carta di sintesi della pericolosità, comprensiva del primo aggiornamento..." in merito ai contenuti dello studio o relazione di compatibilità. Di seguito si richiamano i punti

4.2 INDIVIDUAZIONE DEI FENOMENI ATTESI

a) individuazione dei fenomeni attesi distinti secondo le categorie e tipologie riportate nelle carte della pericolosità (processi fluviali, torrentizi, movimenti di versante, valanghe, ecc.);

La carta di sintesi della pericolosità classifica l'area con penalità bassa e medie per cause litogeomorfologiche, in questo caso rappresentate da pareti rocciose in forte pendenza all'interno di una zona di cava. Buona parte dell'area di cava del M.Gorsa (ad esclusione della porzione orientale verso Lases) viene classificata a penalità media per il fenomeno franoso che interessa il versante e si manifesta con il coricamento degli strati di porzioni di versante. A confine con il limite dell'area estrattiva verso est la carta di sintesi individua delle zone a penalità media e bassa per crolli rocciosi per la presenza di affioramenti rocciosi in destra alla modesta incisione che delimita l'area estrattiva.

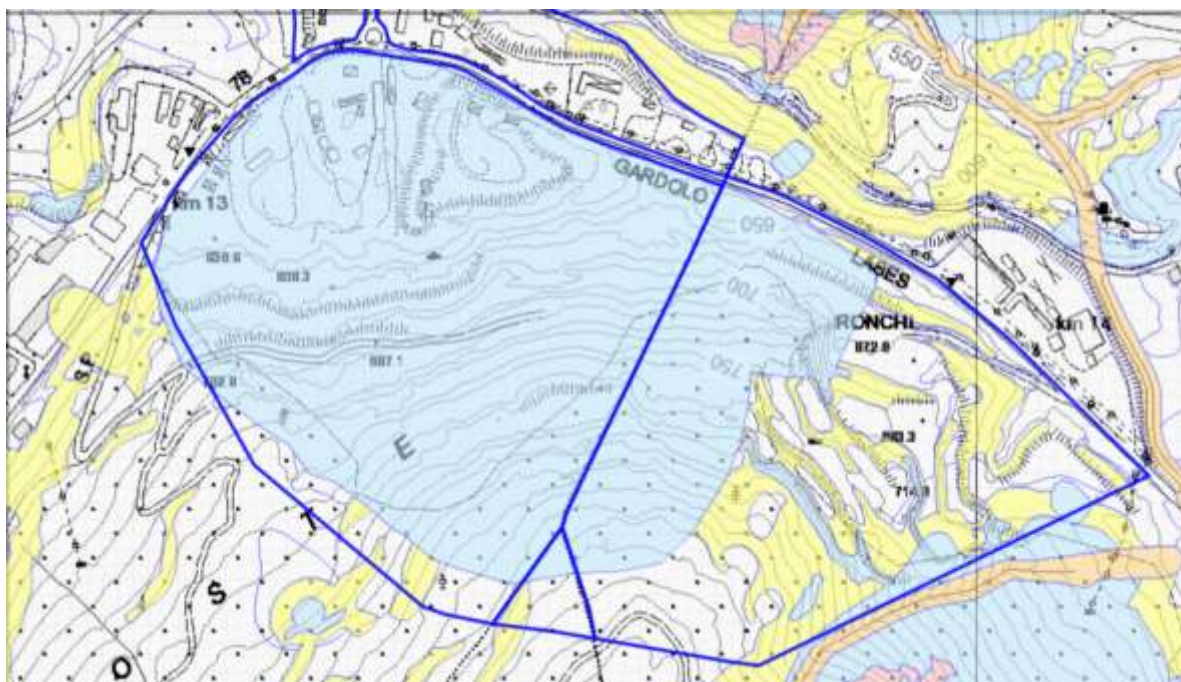


Fig.16 estratto della carta delle pericolosità

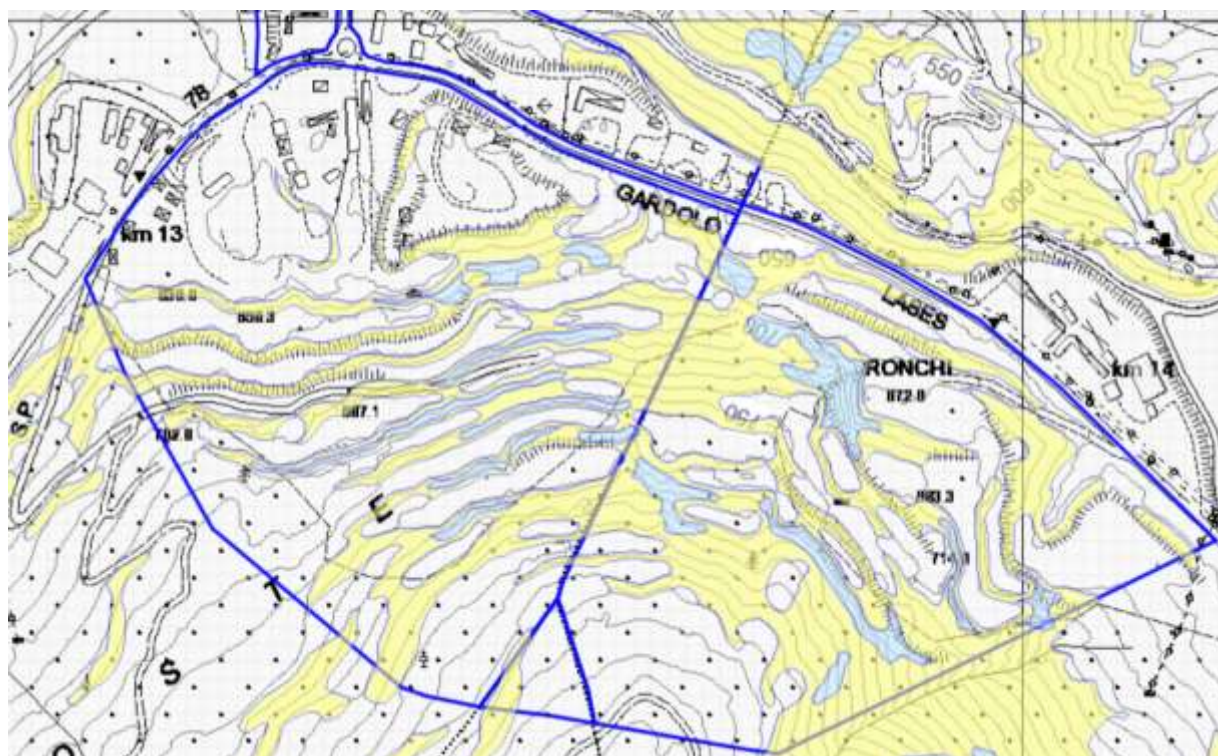


Fig.17 estratto della carta delle penalità litogeomorfologiche

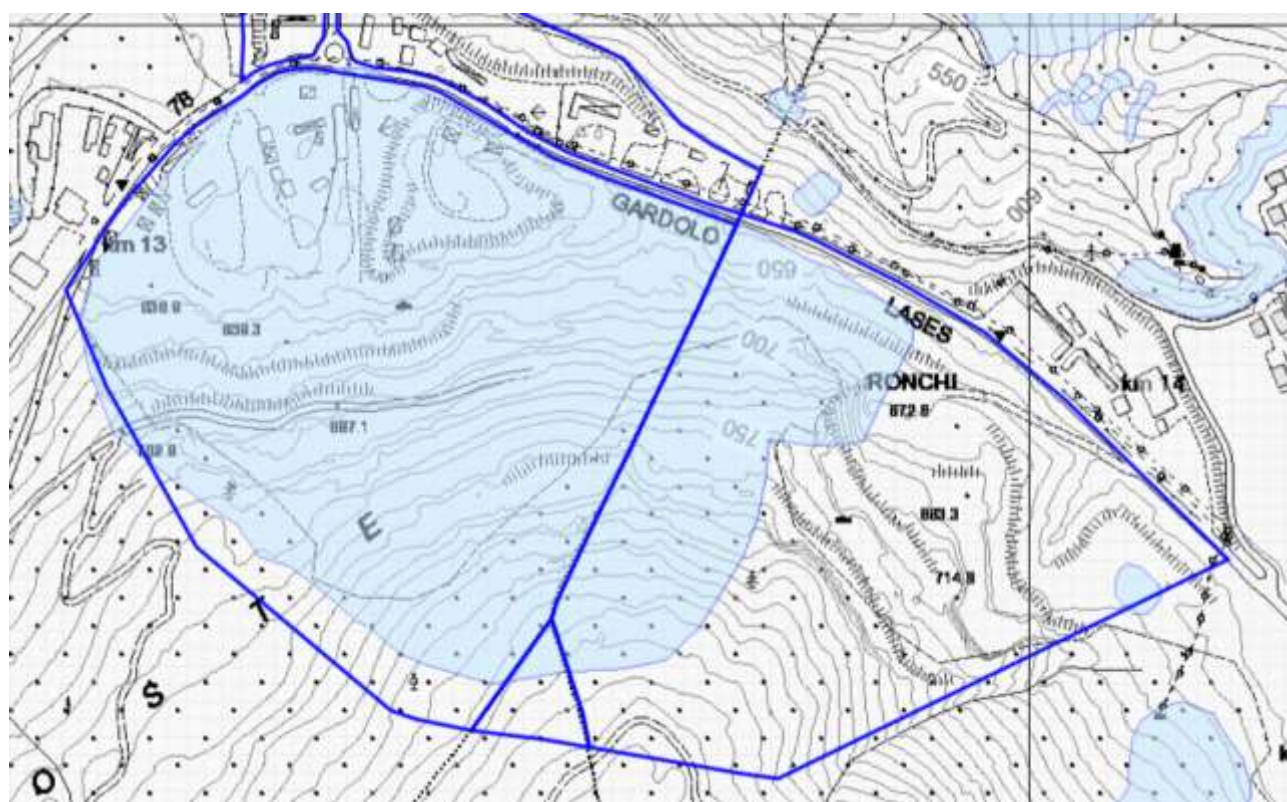


Fig.18 estratto della carta delle penalità da frana

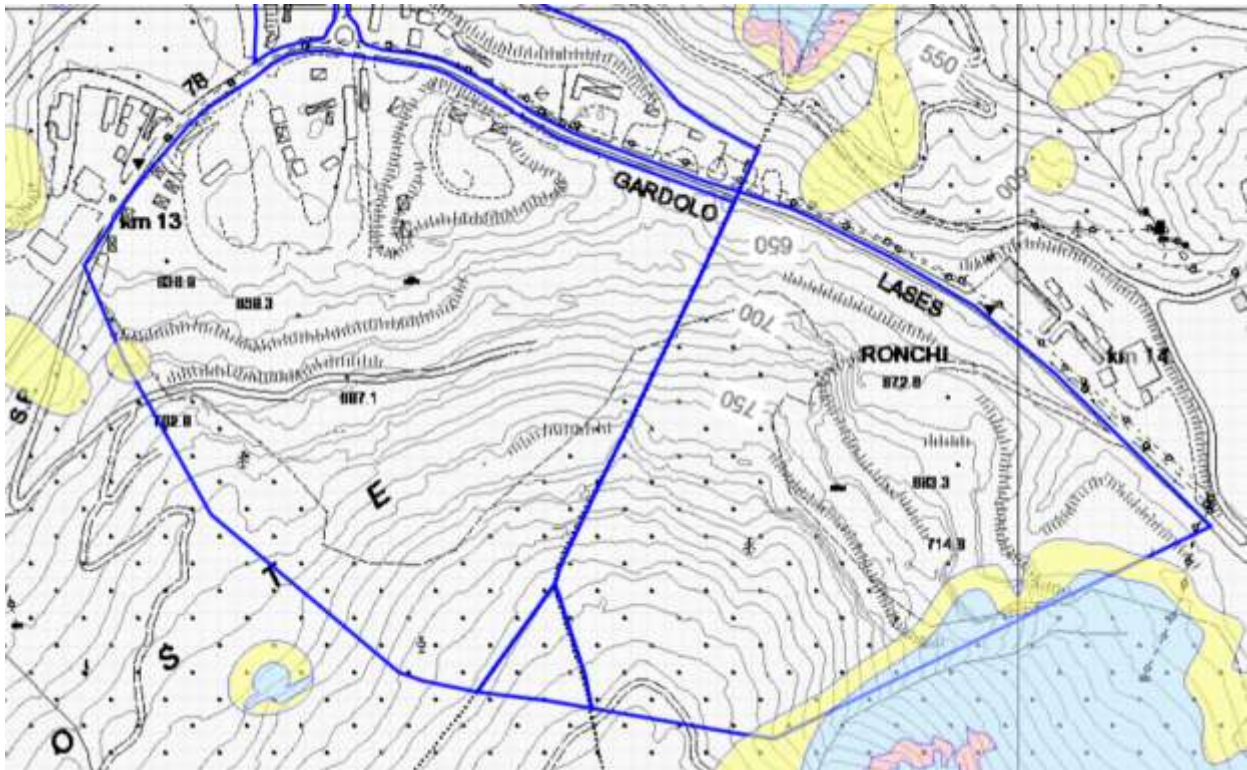


Fig.19 estratto della carta delle penalità da crolli

4.3 ORDINE DI IMPORTANZA DEI FENOMENI

b) nel caso vi sia concomitanza di più fenomeni, dovrà essere approfondito l'ordine di importanza e relazione tra gli stessi e in particolare quale sia il fenomeno prevalente;

Il fenomeno prevalente è rappresentato dal dissesto che influenza l'attività estrattiva nell'area. Chiaramente trattandosi di zona di cava sono presenti pareti poste in forte pendenza e conseguentemente la penalità di tipo litogeomorfologico.

La penalità da crolli invece risulta marginale e la coltivazione dell'area prevede di lasciare un setto verso la modesta vallecchia presente a ridosso del limite orientale del piano cave. Lungo tale vallecchia tenderanno ad essere convogliati eventuali scendimenti senza interferire con l'attività di coltivazione.

4.4 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

c) analisi della pericolosità mediante la definizione dell'intensità e della probabilità di ogni tipologia di fenomeno;

pericolosità lito-geomorfologica

Il progetto di coltivazione della area estrattiva con la relativa relazione geologica ha analizzato i fronti rocciosi dando indicazioni sui possibili cinatismi in modo da fornire indicazioni in merito all'avanzamento nelle varie direzioni di coltivazione, considerando la stabilità globale del versante

e dei singoli gradoni. L'intensità e la probabilità dei fenomeni è riconducibile a singole porzioni che per effetto dell'"invecchiamento" dovuto ai cicli di gelo e disgelo possono collassare rimanendo confinate alla base della parete e sul gradone.

pericolosità da frana

La situazione geologica del M.Gorsa correlata alla sua coltivazione e la descrizione dei fenomeni gravitativi avvenuti è ampiamente descritta in relazioni a firma di vari tecnici e nella presente relazione dove sono state esposte le dinamiche del fenomeno e gli accorgimenti da attuare durante la coltivazione al fine di evitare nuove attivazioni del fenomeno.

Pericolosità da crolli rocciosi

Le zone potenzialmente sorgenti di crolli rocciosi sono poste esternamente all'area estrattiva, in destra rispetto all'evidente incisione che delimita l'area verso est. La coltivazione prevede il mantenimento di un setto a confine con l'incisione ed è quindi chiaro che eventuali scendimenti vengano convogliati lungo il solco senza interferire con l'area in esame.



Fig.20 carta dell'ombreggiamento ottenuta da dati LiDAR PAT 2014 ove si nota l'evidente incisione presente a confine con l'area estrattiva, le potenziali zone sorgenti di crolli sono evidenziate in colore rosso

4.5 MASSIMI EFFETTI CAUSATI DAL FENOMENO

d) descrizione dei massimi effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;

pericolosità lito-geomorfologica

Nelle zone di scavo previste, adottando le indicazioni riportate nella relazione geologica in merito alle varie direzioni di avanzamento nella coltivazione della cava si mitigano gli effetti del fenomeno segnalati dalla carta di sintesi della pericolosità. Restano prevedibili effetti residui connessi all'instabilità di porzioni che possono collassare rimanendo confinate alla base della parete e sul gradone.

pericolosità da frana

Il fenomeno franoso che interessa il versante del M.Gorsa si manifesta con la rotazione delle pareti che costituiscono i gradoni. La rotazione comporta la necessità di creare nuove viabilità e gradoni.

Pericolosità da crolli rocciosi

La coltivazione prevede il mantenimento di un setto a confine con l'incisione ed è quindi chiaro che eventuali scendimenti vengano convogliati lungo il solco senza interferire con l'area in esame.

4.6 VULNEARABILITA' IN RELAZIONE ALL'INCREMENTO DEL CARICO ANTROPICO

e) definizione della vulnerabilità e dell'eventuale incremento del carico insediativo esposto a pericolo, rispetto a quanto si intende realizzare in relazione agli effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;

Trattandosi di area di cava, le operazioni verranno svolte secondo un protocollo di sicurezza proprio dell'attività estrattiva (DSS) ove sono riportati gli accorgimenti da rispettare per le lavorazioni in prossimità delle fronti ed in generale i comportamenti da tenere sotto le fronti di scavo.

Nei paragrafi precedenti si è descritto il fenomeno deformativo presente nell'area e le modalità con cui questo si innesca. Nella relazione geologica si sono descritti gli accorgimenti da mettere in atto al fine di inibire la nuova attivazione del meccanismo deformativo.

4.7 OPERE DIFENSIVE E/O MISURE DA ADOTTARE

f) descrizione delle opere difensive di messa in sicurezza di tipo strutturale (opere paramassi, difese di sponda, paravalanghe, ecc.) e/o misure di sicurezza di tipo non strutturale (piani di evacuazione, limitazione utilizzi e accorgimenti d'uso, monitoraggi, ecc.), ivi compresa la verifica degli effetti indiretti, determinati dalle opere e misure sul contesto di riferimento;

Trattandosi di area di cava le fronti rocciose potranno dare origine a porzioni o blocchi che possono invadere anche i gradoni. Al fine di contenere tali fenomeni alla base delle pareti frequentate si dovranno realizzare tomi di altezza pari a 1.5-2 m. Per i gradoni non frequentati saranno sufficienti tomi di altezza inferiore lungo il ciglio. Si fa presente comunque che tale rischio viene compreso all'interno dei relativi Documenti di Sicurezza delle singole ditte esercenti.

Per quanto riguarda il fenomeno deformativo nella coltivazione dell'area si dovranno attuare le indicazioni fornite nella relazione geologica al fine di impedire nuove attivazioni.

4.8 CRONOPROGRAMMA DI ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI

g) definizione di un cronoprogramma di esecuzione degli interventi di messa in sicurezza preordinati alla realizzazione delle opere;

Già la situazione attuale risulta massimamente compatibile con la presenza di attività svolte a distanza dalle fronti di coltivazione. Contemporaneamente all'approntamento delle posizioni marginali prossime alle pareti i tomi potranno essere implementati ove esistenti od apposti ex-novo. Ogni ditta che opera all'intero del perimetro estrattivo deve munirsi di un adeguato documento di Sicurezza e Salute (DSS) previsto dal D.Lgs.624/96, all'interno di questo verranno riportati modalità e tempi per l'esecuzione di opere ed interventi di sicurezza.

Per quanto riguarda la deformazione, al fine di impedire una nuova attivazione del fenomeno la priorità sarà sicuramente quella di asportare la porzione di ammasso destrutturata presente nelle porzioni apicali del versante a cavallo tra i comuni di Lona-Lases ed Albiano. Successivamente la coltivazione dovrà prevedere il mantenimento di un adeguata pendenza del versante individuata in massimo 37°.

4.9 CONCLUSIONI

h) conclusioni dello studio in ordine alla compatibilità dell'intervento e dettagliata descrizione di tutti gli elementi ai quali è subordinata tale compatibilità, finalizzata anche alla attestazione di eventuale declassamento.

Il pericolo segnalato dalla carta di sintesi legato a fenomeni litogeomorfologici e di frana è stato trattato in modo esauriente nella relazione geologica. Esistono appositi protocolli di sicurezza riportati nel DSS che ogni Ditta esercente deve rispettare e per quanto riguarda la deformazione si sono forniti gli accorgimenti da attuare nella coltivazione per evitare che il fenomeno si riattivi.

La pericolosità da crolli rocciosi è marginale all'area e la presenza dell'incisione a confine ed il mantenimento di un setto verso quest'ultima porta ad escludere che eventuali crolli invadano l'area in esame.

Porte di Rendena, aprile 2024

Dott. Geol. Silvio Alberti



Allegato I

Documentazione fotografica

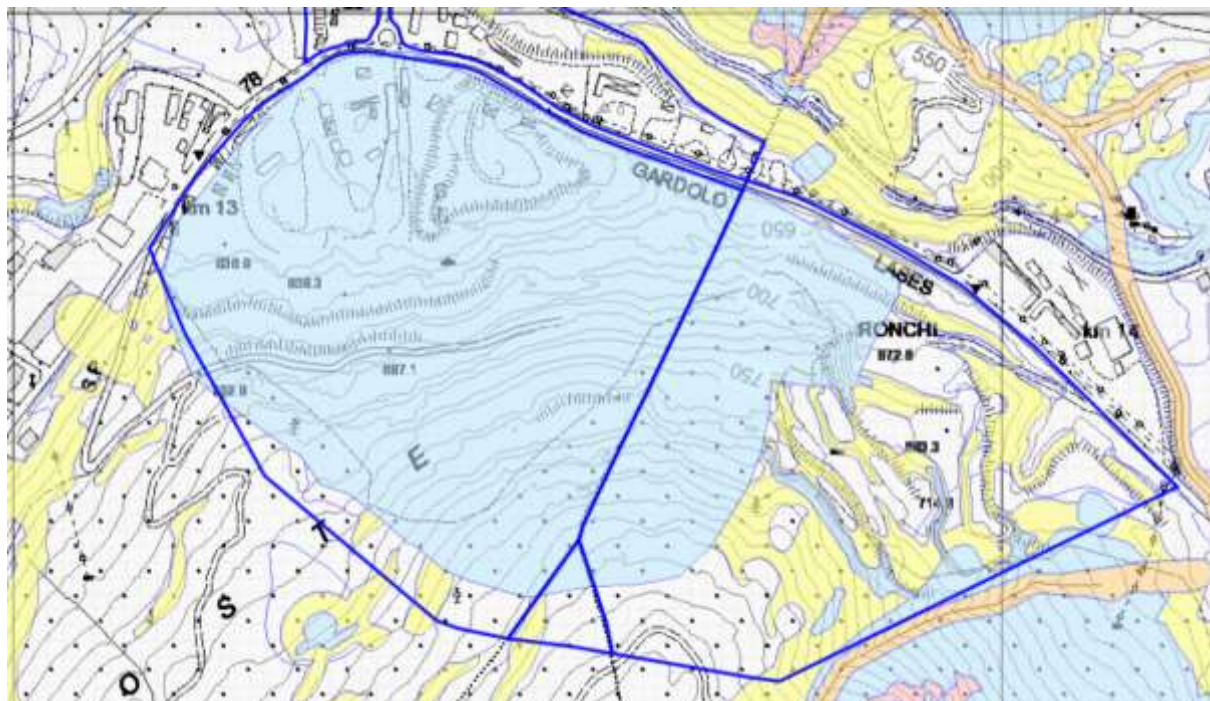


Panoramica della zona estrattiva del M.Gorsa sul Comune di Lona-Lases



Panoramica dell'area estrattiva del M.Gorsa sul Comune di Albiano

Allegato II **PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO** **CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'** scala a vista



Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità

Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinarie

	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17

altri tipi di penalità

	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18

tutele speciali

	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18

 stazione sismometrica

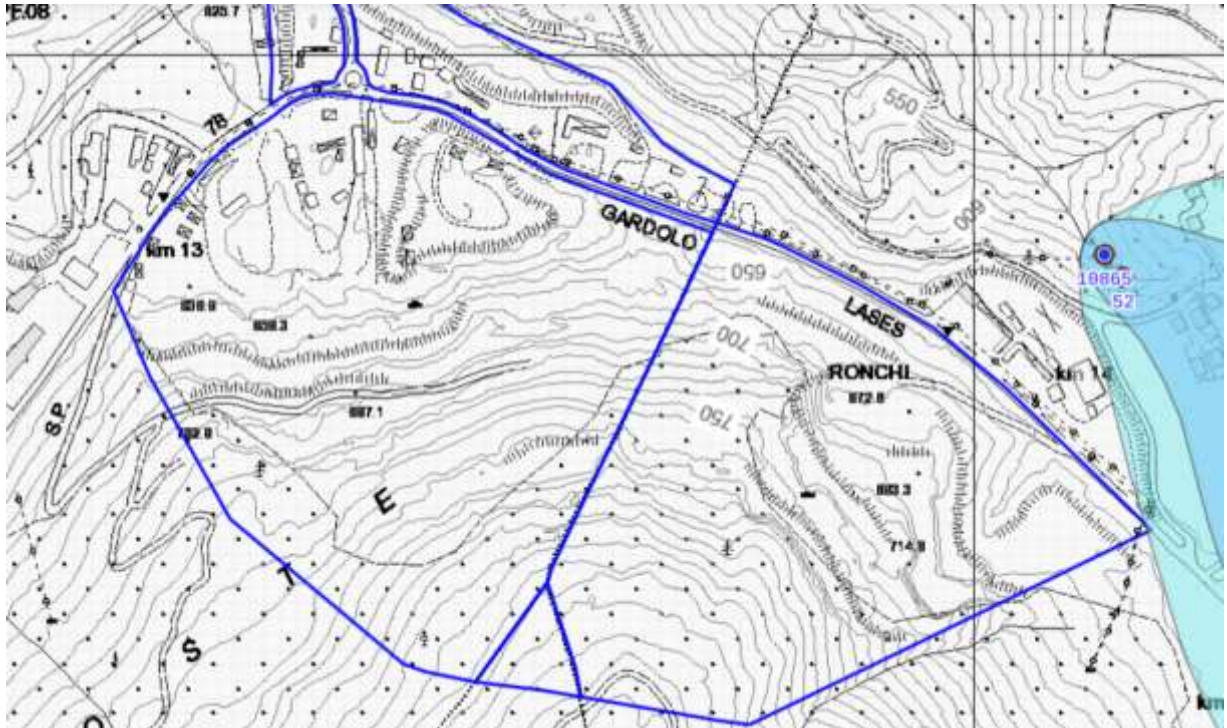
 Limite PPUSM

Allegato III

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

scala reticolo 1Km



Legenda

Zona di Tutela Assoluta

- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

◁ altre sorgenti non disciplinate dall'art.21 del P.U.P.

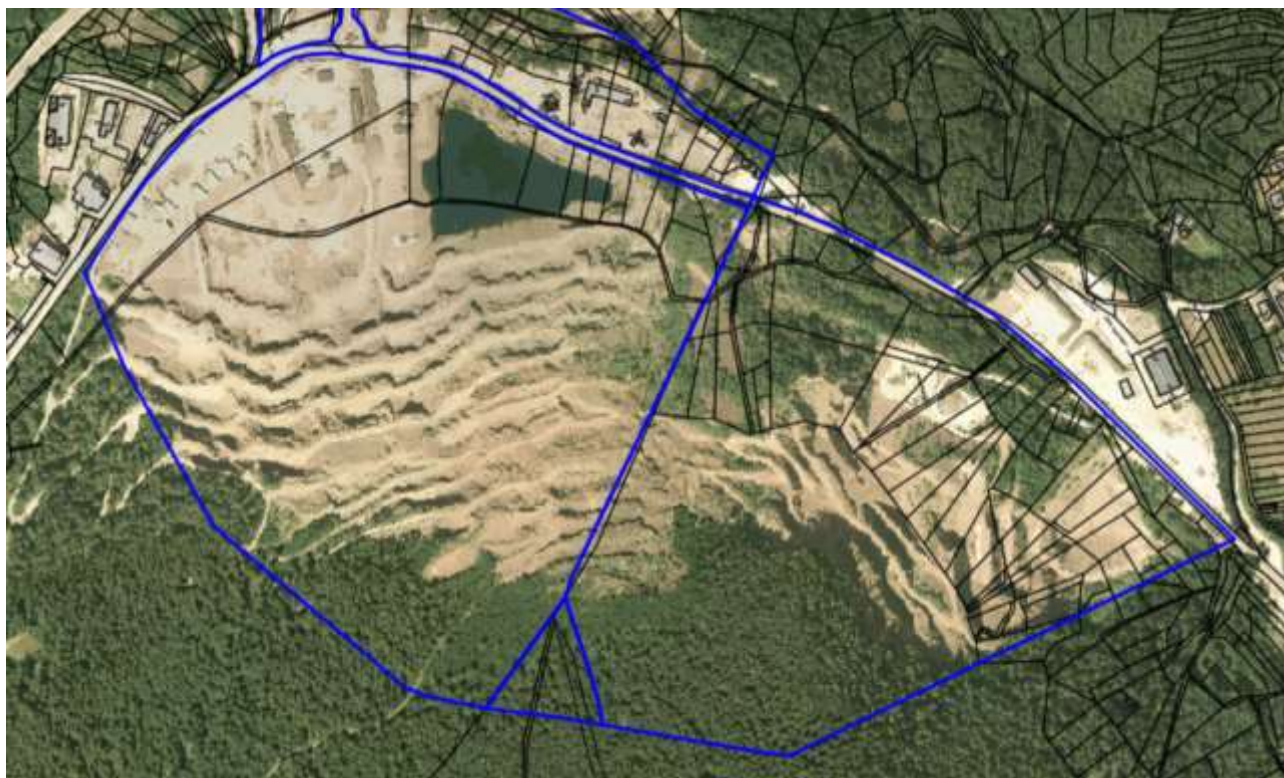
Limite PPUSM

Allegato IV

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

ORTOFOTO 2015 CON MAPPA CATASTALE ED ANAGRAFE DEI SITI DA BONIFICARE

Scala a vista



Nella zona non sono segnalate aree da bonificare o bonificate

— Limite PPUSM

Allegato V

