

REGIONE PUGLIA  
Provincia di Lecce  
  
Comune di Galatina

Cava di Calcare per inerti

Decreto del Dirigente del Settore Attività Estrattive della Regione Puglia  
n° 213 in data 10 giugno 2015

**particelle 48, 49, 50, 36, 37, 38,40, 41, 42 e 162 ex 37 del Foglio 73**

Relazione tecnica sulla stabilità dei fronti di cava

Melendugno, luglio 2022

La Committenza:  
De Pascalis Pietro S.r.l.

Il Tecnico  
Dott. Geol. Luigi Candido



## Sommario

Premessa-----	2
Caratteri geologico-stratigrafici -----	4
Tettonica-----	9
Lineamenti morfologici -----	10
Le forme strutturali-----	10
I terrazzi marini-----	11
Il reticolo idrografico -----	12
Le forme carsiche -----	13
Geologia e idrogeologia dell'area di studio -----	13
Parete nord - est (cfr. documentazione fotografica) -----	17
STABILITÀ DELLE SCARPATE -----	18
Considerazioni preliminari -----	18
Classificazione dell'ammasso roccioso: Indici RMR e GSI -----	20
Risultati di verifica -----	24
CONCLUSIONI-----	26
Allegati -----	28
Report di calcolo -----	28
Modello Sezione di Calcolo-----	28
Mappa superfici critiche-----	28
Documentazione fotografica-----	28
Ubicazione riprese fotografiche -----	28

## Premessa

La presente relazione fa seguito all'incarico conferito da parte della Ditta De Pascali Pietro s.r.l. che conduce una cava in località “**San Giuseppe**”, sita nel territorio comunale di **Galatina**.

Con riferimento alla proroga dei termini di coltivazione rilasciata dal Dirigente del Settore Attività Estrattive della Regione Puglia con Determinazione n°213 in data 10 giugno 2015, la suddetta attività di cava si esplica nelle **particelle 36, 37, 38, 40, 41, 42, 48, 49, 50 e 162 (ex 37) del Foglio 73** del Comune di Galatina.

Nella suddetta cava, la Ditta De Pascalis Pietro s.r.l. svolge attività estrattiva finalizzata alla coltivazione di roccia calcarea destinata alla produzione di inerti e granulati di varia pezzatura. La coltivazione si svolge per gradoni successivi in conformità al piano di coltivazione approvato.

L'attuale metodo di coltivazione si basa sull'abbattimento di strati successivi di “fette” sottili e parallele al fronte di scavo mediante l'uso di martelli demolitori e di volate di mine.

Per la verifica della stabilità delle pareti di cava, costituite esclusivamente da materiali lapidei tenaci (rocce calcareo-dolomitiche) si è proceduto all'esecuzione di un rilievo strutturale finalizzato essenzialmente alla:

- definizione della natura e composizione litologica delle rocce affioranti;
- valutazione dello stato di integrità strutturale e di compattezza delle masse rocciose costituenti le pareti di cava;
- individuazione della presenza, andamento e distribuzione spaziale di eventuali discontinuità (soprattutto tettoniche e strutturali) in grado di originare situazioni di potenziale dissesto.

Una volta definita la natura litologica delle rocce affioranti lungo i diversi fronti di scavo, si è proceduto alla misura dei parametri di giacitura sia delle superfici di stratificazione che dei principali sistemi di fratturazione in modo da individuare, lungo ciascuna scarpata, l'eventuale presenza di configurazioni spaziali potenzialmente sfavorevoli.

Alla luce dello studio geologico-strutturale condotto, sono stati assunti (dalla bibliografia geologica specializzata) i dati rappresentativi delle proprietà tecniche dei litotipi presenti nell'area in esame e si è infine valutata la stabilità e la potenziale altezza critica delle pareti di scavo.

Nel caso specifico, le verifiche di stabilità sono state eseguite unicamente lungo il fronte est, nord-est ovvero laddove si sono svolte attività di sbancamento in data successiva alla stesura delle precedenti relazioni.

## **Caratteri geologico-stratigrafici**

La Puglia rappresenta la parte emersa meridionale dell'avampaese appenninico - dinarico. La parte più consistente di questa regione è rappresentata da una successione carbonatica (Calcarei delle Murge e del Salento) di piattaforma - margine di piattaforma, di età giurassico - cretacea, con spessore di alcuni chilometri. La successione calcareo dolomitica cretacea affiorante nel Salento per molti aspetti può essere ricondotta al Calcarea di Altamura del Turoniano sup. - Maastrichtiano ed è rappresentata da calcari micritici, dolomie e calcari subcristallini di ambiente tidale - intertidale di piattaforma interna; tuttavia secondo Reina & Luperto Sinni (1993) la correlazione del calcarea di Altamura con i calcari e dolomie che affiorano nel Salento rappresenta ancora un problema aperto. In eteropia con le facies di ambiente tidale - intertidale sono presenti dei calcari di margine e pendio di piattaforma del Maastrichtiano, noti in letteratura col nome di Calcarei del Ciolo. Questa unità è costituita da calcari biostromali e biocostruiti, a rudiste ed ammoniti, passanti lateralmente a calcareniti e calciruditi bioclastiche e clinostratificate.

La successione calcareo - dolomitica del Mesozoico è ricoperta soprattutto nel settore meridionale del Salento da discontinue unità carbonatiche riferibili a cicli sedimentari di età paleogene e neogene e da unità carbonatico - terrigene riferibili a due cicli sedimentari di età quaternaria.

Nell'Eocene, nella fascia costiera tra Otranto e Santa Maria di Leuca, si sedimentano i Calcarei di Torre Tiggiano rappresentati da biocalcareni massive di colore grigio - biancastro con struttura festonata, con abbondanti macroforaminiferi e gusci di rudiste, interi o in frammenti. Sempre nell'Eocene, in particolare nel Cattiano medio, lungo il bordo orientale della Penisola, si imposta un sistema carbonatico di laguna - scogliera marginale - pendio e si sedimentano i Calcarei di Castro, rappresentati da calcari con abbondanti resti di coralli, alghe corallinacee, bivalvi, gasteropodi, echinidi e foraminiferi, da calcari bioclastici di colore bianco a frattura concoide, da bancate clinostratificate di brecce e megabrecce a coralli immersi in abbondante matrice calcarenitica. Nel Cattiano superiore si sedimentano in trasgressione sul Calcarea di Castro e sui terreni più antichi le Calcareniti di Porto Badisco di ambiente di piana tidale - intertidale. Questa unità è rappresentata da una successione potente poche decine di metri di calcareniti bioclastiche fossilifere di colore biancastro, stratificate, che poggiano su un livello basale rodolitico potente fino a due metri.

Durante l'Oligocene superiore nelle zone più interne si sedimentano dei depositi continentali in facies lagunare affioranti attualmente nei pressi di Monte Vergine, Otranto, Martano, Santa Maria al Bagno, Galatone, Lecce e Gagliano. Tra la fine dell'Oligocene e l'inizio del Miocene (Aquitaniense) si verifica un'ulteriore, locale e parziale, ingressione marina e si sedimentano calcari detritici e biodetritici di colore variabile dal biancastro all'avana con *Scutella* e macroforaminiferi. Questa unità affiora nei pressi di Lecce ed è nota in letteratura con il nome di Formazione di Lecce.

Tra il Burdigaliano inoltrato ed il Messiniano pre - evaporitico si realizza un importante ciclo sedimentario, durante questo intervallo, infatti sedimenta la Pietra Leccese (Burdigaliano inoltrato – Messiniano inf.) ed un complesso di piattaforma interna - margine - pendio di piattaforma riferibile al Messiniano pre - evaporitico (Calcareniti di Andrano e Formazione di Novaglie). La Pietra Leccese è costituita da calcareniti marnose organogene mal stratificate, a grana fine, porose, di colore giallo paglierino, che nella parte alta si arricchiscono in glauconite e assumono un colore prevalentemente verdognolo. Secondo Bosellini et alii, (1999) invece, il complesso di piattaforma interna – margine – pendio di piattaforma è suddivisibile in due formazioni. Le facies di margine e di pendio sono indicate col nome di Formazione di Novaglie e sono rappresentate prevalentemente da calcari coralligeni massicci, biancastri, in eteropia con breccie e calciruditi ricche di resti di coralli e con calcareniti clinostratificate sottilmente laminate. Le facies di piattaforma interna sono indicate come Formazione delle Calcareniti di Andrano. Questa formazione è costituita nella parte bassa da calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco all'avana, ricchi di macrofossili e nella parte alta da calcisiltiti con laminazione planare e calcari detritico organogeni compatti di colore grigio chiaro e biancastro. Nel Pliocene inferiore si verifica una nuova sommersione che interessa il settore meridionale ed orientale del Salento e si sedimentano breccie e conglomerati con elementi calcarei di dimensioni variabili, immersi in una matrice calcarea sabbiosa o microconglomeratica, con rarissimi fossili, su cui poggiano lenti di potenza ed estensione variabile di calcisiltiti glauconitiche marnose di colore giallo o giallo - vardastro e localmente di arenarie glauconitiche verdognole (Formazione di Leuca). Le facies grossolane si sono sedimentate in un ambiente di mare poco profondo e su un substrato instabile; le calcisiltiti glauconitiche indicano invece un ambiente di sedimentazione più profondo, di zona neritica esterna. Nel Pliocene medio si verifica una nuova sommersione che interessa prevalentemente l'area del Capo di Leuca ed il settore orientale, grossomodo ad est dell'allineamento Maglie-Lecce.

Questo ciclo di sedimentazione marina termina nel Pleistocene inferiore-Santerniano, ma molte aree dei settori sopra indicati si trovano al disopra del livello del mare prima dell'inizio del Quaternario. Durante questo intervallo si sedimenta una successione di calcareniti e calcisiltiti poco cementate di colore giallastro, di aspetto massivo o stratificate in banchi di potenza variabile. Nella parte bassa della successione sono presenti calcareniti glauconitiche di colore verdognolo e calcareniti marnose di colore grigiastro con abbondanti resti di molluschi, pesci, echinoidi e crostacei. Nella parte alta prevalgono i calcari detritico organogeni ben cementati. La successione si è sedimentata in ambiente di piattaforma continentale con profondità comprese entro i limiti della zona neritica. La formazione è nota in letteratura con il nome di Formazione di Uggiano la Chiesa.

Durante l'intervallo Pliocene med. – Pleistocene inf., si accumulano breccie e conglomerati in parte in eteropia ed in parte ricoperti da depositi di mare profondo. Questo ciclo quaternario è noto in letteratura come “Ciclo della Fossa Bradanica” ed ha interessato buona parte della Puglia meridionale. Durante questo evento si sono sedimentati un complesso calcarenitico noto come Calcareniti di Gravina composto da depositi carbonatici detritico - organogeni più o meno grossolani, clinostratificati lungo i margini del bacino, ed un complesso terrigeno noto come “Argille subappennine”.

Nel Pleistocene medio e superiore un numero ancora non precisato di piccoli cicli costieri legati alla sovrapposizione di tettonica e variazioni eustatiche ha deposto diverse unità litostratigrafiche,

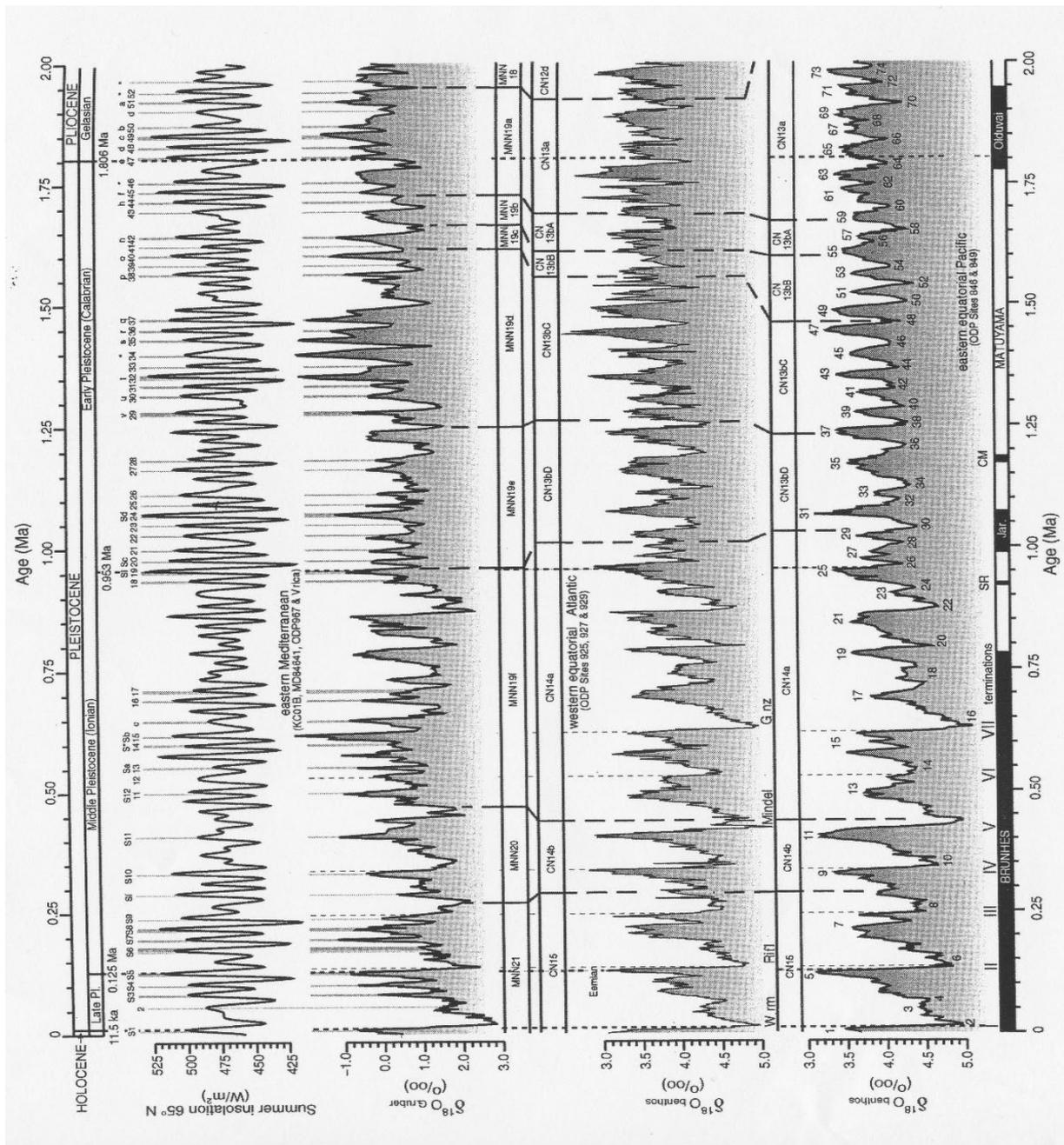


Figura: Curva del rapporto isotopico  $O_{18}/O_{16}$ : mette in evidenza le oscillazioni della temperatura. (da Lourens, 2005)

indicate complessivamente con il nome di Depositi Marini Terrazzati. La più antica unità affiora nella parte centrale della penisola in corrispondenza di un'estesa superficie pianeggiante inclinata verso NE, che raggiunge 110-115 metri di quota nel settore meridionale. L'unità poggia prevalentemente sulle calcareniti e marne calcaree del Pleistocene inferiore ed è

costituita da limi sabbiosi e sabbie limose a composizione silicatica con quarzo e mica, spesso sottilmente stratificati nella parte inferiore, che localmente passano verso l'alto ad arenarie ben cementate. La frazione carbonatica è costituita da resti e gusci interi di ostreidi e di foraminiferi. Il contenuto paleontologico si caratterizza per la presenza di una fauna scarsa e poco differenziata; in particolare si può sottolineare l'assenza di *Hyalinea Baltica* che è invece molto diffusa nelle marne del Pleistocene inferiore su cui frequentemente poggia questa unità. La sedimentazione è avvenuta probabilmente in un mare poco profondo. La parte sommitale dell'unità, più grossolana e cementata, potrebbe rappresentare la chiusura del ciclo e quindi corrispondere alla fase di regressione con graduale diminuzione della profondità del bacino fino alla completa emersione. Lo spessore massimo della successione è di 15-20 metri. Non tutti gli autori sono concordi nell'attribuire questa unità al complesso dei Depositi Marini Terrazzati. Secondo Salvatorini (1969) e Bossio et alii (1987) infatti le sabbie appartengono alla Formazione di Gallipoli e partecipano insieme alle calcareniti ed alle marne calaree già descritte allo stesso ciclo di sedimentazione del Pleistocene inferiore; a tal proposito bisogna ricordare che gli stessi Autori segnalano a Cutrofiano e a San Pietro in Lama la presenza di *Arctica islandica* nelle sabbie. Invece secondo Ardito et alii (1985), Palmentola (1987) e Fiore & Palmentola (1987) queste sabbie farebbero comunque parte della successione sedimentaria della Fossa Bradanica ma potrebbero corrispondere per caratteri litologici e per la posizione stratigrafica alle Sabbie di Monte Marano o alle Calcareniti di Monte Castiglione o anche al Conglomerato di Irsinia. I nuovi dati di carattere geomorfologico tuttavia, confermano che questa unità poggia in trasgressione sui terreni del Pleistocene inferiore e si rinviene anche su unità più antiche (come ad esempio nei pressi di Cavallino); per tanto, in base a considerazioni di carattere stratigrafico e paleontologico essa può essere attribuita ad un generico Pleistocene medio (D'Alessandro et alii, 1987), molto probabilmente anteriore alla sedimentazione delle altre unità ugualmente riferibili all'insieme dei Depositi Marini Terrazzati.

Altri depositi riferibili genericamente al Pleistocene medio e precedenti il Tirreniano sono presenti tra la Serra di Castelforte e la Serra di Sant'Eulerio; qui affiorano estesamente sabbie con intercalazioni calcarenitiche su cui poggiano calcareniti e calciruditi (D'Alessandro et alii, 1987). La più antica è nota col nome di Sabbie a Brachipodi (D'Alessandro & Palmentola, 1978); essa è rappresentata da sabbie argillose giallo-verdastre, non stratificate, contenenti nella parte bassa resti e gusci interi molto abbondanti di *Terebratula Scillae* (D'Alessandro & Palmentola, 1978; Fiore & Palmentola, 1987). Le Sabbie a Brachiopodi sono normalmente

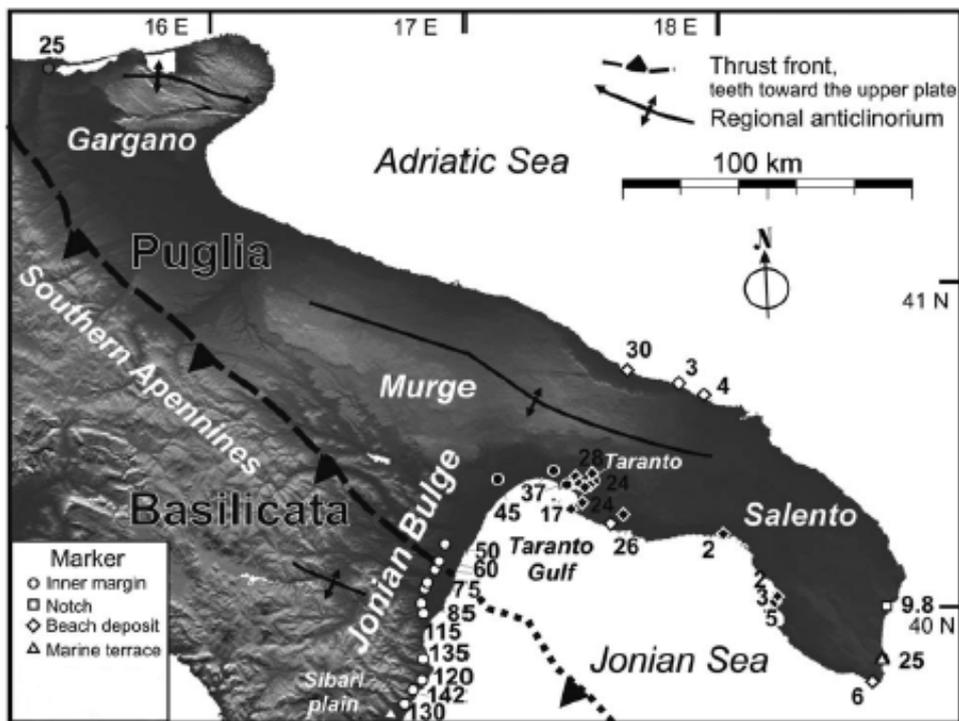
coperte da unità argilloso siltose note in letteratura con i nomi informali di Argilliti di Mondo Nuovo e Argilliti di San Pietro, del Pleistocene medio (D'Alessandro et alii, 1994). Nella zona di Nardò, Galatone e Santa Maria al Bagno sulle Argilliti di Mondo Nuovo poggia in maniera discontinua e con un contatto di tipo erosivo, segnato da un sottile e discontinuo livello di ciottoli, una calcarenite tipo panchina di probabile età tirreniana nota col nome informale di Panchina superiore del Salento (Fiore & Palmentola, 1987). Depositi sicuramente tirreniani, caratterizzati dalla presenza di associazioni Senegalesi con *Strombus bubonius*, affiorano, a quote differenti, lungo la costa ionica tra Taranto e Gallipoli (Hearty & Dai Pra, 1985).

### Tettonica

Tra la fine del Cretaceo ed il Miocene, in ritardo rispetto all'inizio del regime collisionale Africa – Europa, la Puglia meridionale è stata interessata da una tettonica di tipo prevalentemente compressivo. Le deformazioni più importanti connesse a questo regime compressivo, si sarebbero verificate durante l'intervallo Eocene – Oligocene in corrispondenza delle prime fasi di messa in posto della catena appenninica ed alla fine del Miocene. Durante il Miocene si è accentuato il comportamento disomogeneo della placca apula; infatti, mentre estesi settori settentrionali della Puglia sono rimasti sopra i livello del mare, nel Salento si è verificato un importante ciclo sedimentario. Questo comportamento disomogeneo potrebbe essere messo in relazione con la presenza di lineamenti trascorrenti con andamento E-W e coincidenti grossomodo con la congiungente Taranto – Brindisi che dividono il Salento dal settore settentrionale dell'avampese apulo.

Nell'intervallo Pliocene – Pleistocene inferiore, infatti si sono verificati esclusivamente sforzi tettonici di tipo distensivo o con movimento trassensivo. Durante questo intervallo di tempo le principali fasi tettoniche si sono verificate nel corso del Pliocene medio ed alla fine del Pleistocene superiore e sarebbero state accompagnate da una distensione verso NE-SW (Tozzi, 1993).

In uno studio di Ferranti et al. (2006) si evidenziano attraverso le testimonianze del MIS 5.5, si riconosce in questo modo il tasso di uplift della regione pugliese a partire dal tardo Pleistocene, in particolare il sollevamento un po' più rapido e consistente della porzione occidentale del Salento.



*Figura: Siti di rinvenimento delle testimonianze del MIS 5.5 con le quote rispetto al moderno s.l. (da Ferranti et al. 2006)*

### Lineamenti morfologici

La Penisola Salentina mostra dei lineamenti morfologici che a grandi linee risultano abbastanza monotoni. Questo carattere di apparente uniformità, viene meno, se se ne si analizzano in dettaglio gli elementi costitutivi. Ad un'attenta analisi, si può riconoscere una certa complessità del paesaggio caratterizzato da deboli dislivelli che deriva dalla sovrapposizione degli effetti di processi morfogenetici differenti.

### Le forme strutturali

Il Salento appare come un tavolato più o meno irregolare, con quote massime che non raggiungono i 200m s.l.m. La zona meridionale risulta più elevata della zona settentrionale; procedendo verso nord, si scende da quote prossime ai 150m nella zona delle Serre Salentine, fino a quote medie di 30m nella Piana di Brindisi.

Infatti, a sud dell'allineamento Porto Cesareo - San Cataldo si elevano piccole dorsali sub-pianeggianti, conosciute come Serre Salentine, più sviluppate ad occidente che ad oriente.

Quelle più occidentali mostrano profilo trasversale decisamente asimmetrico, con il versante orientale corrispondente a pareti di faglia, mentre i versanti occidentali sono meno acclivi e in alcuni casi corrispondenti con superfici di strato (Palmentola – 1987). Le dorsali tabulari, strette ed allungate, hanno andamento NNW-SSE e NW-SE e corrispondono a degli alti morfologico strutturali. Lungo la fascia costiera adriatica a nord di Otranto sono presenti altre importanti morfostrutture connesse probabilmente a tettonica recente (Selleri et alii, 2003). Si tratta di un sistema di depressioni a losanga allineate in direzione circa N-S e comprese tra Torre dell'Orso e la congiungente ideale Otranto - Uggiano la Chiesa; le depressioni settentrionali del sistema ospitano o hanno ospitato dei bacini lacustri.

### I terrazzi marini

La fascia costiera della penisola è segnata da una serie di ripiani disposti a gradinata corrispondenti a lembi variamente estesi di superfici modellate dal mare nel corso del Pleistocene medio e superiore durante i suoi stazionamenti relativi conseguenti alla combinazione delle variazioni glacio-eustatiche del livello del mare, del generale sollevamento della regione (Cosentino e Ghiozzi, 1988), dell'idroisostasia, dell'isostasia da carico e dei fattori sterici. Delle superfici che potrebbero corrispondere a tratti di fondali marini pleistocenici o a superfici di abrasione marina pleistoceniche sono state riconosciute anche nei settori più interni (Palmentola, 1987).

Non è semplice correlare i vari ripiani in uno schema regionale poiché la tettonica ed i processi erosivi ne hanno smembrato e parzialmente cancellato le antiche superfici. Non sempre i sedimenti corrispondenti hanno caratteri paleontologici che permettono attribuzioni cronologiche. In estrema sintesi si possono riconoscere 9 superfici. Secondo Palmentola (1987) la superficie di abrasione più antica è inclinata verso Nord e degrada dalla parte meridionale del Salento a quella settentrionale da circa 180m a circa 80m s.l.m. La superficie successiva si sviluppa a circa 80m di quota ed è stata anche essa suddivisa dalla tettonica in vari lembi dislocati a quote differenti ( quelli settentrionali sono a quote leggermente inferiori rispetto a quelli meridionali ). La terza superficie, a circa 50-60m s.l.m., si sviluppa lungo la costa da Torre Alto Lido fino circa all'altezza di Otranto, questa superficie viene riferita ad uno degli alti livelli del mare verificatisi tra 330mila e 220mila anni BP. Nei pressi di Gallipoli si possono riconoscere lungo un tragitto di pochi chilometri sei superfici corrispondenti a diversi stazionamenti del livello del mare ( Palmentola & Lazzari 2005 ): una superficie di abrasione

marina è alla quota di 70 m s.l.m. intagliata nel substrato mesozoico durante il Pleistocene inferiore e medio. Questa superficie risulta ricoperta da sedimenti post-siciliani con *Terebratula scillae* ( D'Alessandro e Palmentola 1978 ) e non è più antica del MIS 11, che rappresenta l'ultima estesa trasgressione sul Salento ( Palmentola & Lazzari 2005 ). Un'altra superficie è a 45-50 m s.l.m., dove un successivo stazionamento del livello del mare è testimoniato da una fascia di fori di *Lithophaga* e da un sottile e ben cementato livello di ciottoli e sabbia di spiaggia, in contatto erosivo sui calcari mesozoici. La posizione cronostratigrafica di questa superficie può essere dedotta solamente da dati stratigrafici: è più recente e altimetricamente inferiore rispetto alla Formazione delle Sabbie a Brachipodi, è a quote maggiori e più antica di calcareniti a *Strombus bubonius* Lamarck ( MIS 5e ) ( Palmentola & Lazzari 2005 ). Ad una quota di 22 m s.l.m. si trovano dei depositi costituiti da ciottoli e calcareniti con fossili marini che testimoniano un altro stazionamento del livello del mare ed è riferita al MIS 7a ( Palmentola & Lazzari 2005 ). Un'altra superficie di stazionamento a 15 m s.l.m. è testimoniata da un *notch* ben conservato e dalla relativa superficie di abrasione è datata al MIS 7c ( Palmentola & Lazzari 2005 ). Ad 8 m s.l.m. si ritrova una fascia perforata da *Lithophaga* e dei depositi di spiaggia calcarenitici con resti di *Strombus bubonius* Lamarck. I depositi di spiaggia corrispondono al MIS 5e. L'ultimo stazionamento del livello del mare è testimoniato da una superficie di abrasione marina nelle calcareniti a *Strombus bubonius* Lamarck ( Cotecchia et al., 1971 ). L'età di questa superficie è stata ipotizzata corrispondere al MIS 5a ( Palmentola & Lazzari 2005 ).

### Il reticolo idrografico

Il reticolo idrografico è poco gerarchizzato e caratterizzato da flussi saltuari ed intermittenti. Le forme derivanti dall'azione delle acque meteoriche sono poco sviluppate (Palmentola, 1987). Si possono individuare comunque due tipi di reticolo: uno endoreico, più esteso, che recapita le acque in inghiottitoi carsici; uno esoreico, costituito da numerose brevi incisioni, che incidono la zona costiera. Queste incisioni sono spesso appena accennate, ma possono risultare anche molto profonde (il Canale del Ciolo, per esempio), soprattutto in presenza di rocce carbonatiche fortemente condizionate dalla tettonica. Il reticolo esoreico prossimo alla fascia costiera è ben sviluppato anche nella piana di Brindisi tra Torre San Gennaro e Torre Guaceto, in questa zona infatti sono presenti numerosi solchi fluviali che si sviluppano in direzione normale alla linea di costa attuale e sono a carattere stagionale.

### Le forme carsiche

Gli effetti morfologici del fenomeno carsico sono riconoscibili in tutto il Salento, con l'eccezione di alcune zone costiere costituite da depositi argilloso - sabbiosi. Sono rappresentati essenzialmente da superfici caratterizzate dalla presenza di doline, inghiottitoi e grotte. Le doline, sono normalmente di forma a "piatto" o a "scodella", con il fondo ricoperto da materiale di riempimento terroso o alluvionale. La distribuzione e la densità di queste forme sono quasi sempre influenzate dalla tettonica.

Lungo il perimetro del Salento, l'affioramento di unità carbonatiche Mesozoiche e Cenozoiche ed il loro particolare assetto strutturale hanno contribuito al modellamento di grotte tanto di origine carsica, tanto dovute all'azione del moto ondoso, tanto agli effetti combinati della soluzione e dell'azione meccanica (Orofino, 1986; Giuliani, 2000). Molte sono siti preistorici già noti al mondo scientifico per il rinvenimento di depositi importanti per la ricostruzione della presenza antropica nella regione (p.e.: Dantoni e Onorato, 1995). Fra quelle subacquee, alcune sono importanti aree di conservazione di biocenosi peculiari (p.e.: Onorato *et al.*, 1999), altre permettono di effettuare ricostruzioni paleogeografiche. Infatti fra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene, sulla fascia costiera sono stati registrati gli effetti dello stazionamento relativo del livello del mare in funzione delle variazioni eustatiche e dei movimenti tettonici locali (Parroni e Silenzi, 1997; Centenaro *et al.*, 2002). Le cavità ipogee rappresentano i siti in cui questi meglio si sono conservati, spesso connessi alle testimonianze delle variazioni climatiche.

### **Geologia e idrogeologia dell'area di studio**

Il contesto geologico in cui ricade l'ambito territoriale della cava è caratterizzato da una serie calcarea mesozoica che nella letteratura si trova sotto il nome di "Calcari di Melissano", essenzialmente riconducibili ad una porzione dei Calcari di Altamura. La stratificazione è sempre evidente, con spessori da 5, 10, 50 cm, talvolta fino a 1,5 metri. Eccezionalmente la

roccia appare massiccia. Da un punto di vista litologico, questa formazione è costituita prevalentemente da calcari microcristallini, ben litificati e stratificati, di colore biancastro o grigio chiaro. A varie altezze stratigrafiche sono presenti anche calcari bioclastici e detritici (contenenti abbondanti frammenti di Rudiste), calcari laminati ed orizzonti dolomitizzati, questi ultimi di aspetto vacuolare e saccaroide e di colore variabile dal grigio al nocciola fino al nero pece.



*Particolare dei Calcari dolomitici coltivati in cava*

La tettonica del calcare risulta plicativa e disgiuntiva, ciò gli conferisce una notevole fatturazione secondaria e ne rende molto alta la permeabilità.

L'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo comporta la presenza di un'unica falda idrica sotterranea di notevole potenza, conosciuta come falda profonda o falda carsica. Questa falda si estende nel sottosuolo della Penisola Salentina, con continuità, dal mare Adriatico al mare Jonio ed è sostenuta alla base dall'acqua marina penetrata nella terraferma.

Le acque dolci di falda tendono infatti, per la loro minore densità, a “galleggiare” sulle sottostanti acque marine e, in mancanza di fenomeni di perturbazione, non si verifica alcun mescolamento, ma si stabilisce anzi una netta stratificazione salina.

Partendo dalla superficie piezometrica e scendendo in profondità, la concentrazione salina delle acque di falda presenta solitamente, nel tratto iniziale, degli incrementi minimi, almeno finché non si raggiunge la cosiddetta “zona di diffusione”, dove, nel giro di pochi metri si passa da acqua sostanzialmente dolce (1-2 g/l) ad acqua marina (~ 40 g/l). La zona di diffusione rappresenta a tutti gli effetti un livello idrico di transizione tra le acque dolci di falda e le sottostanti acque marine di invasione continentale.

Ubicata, come si è detto, nelle formazioni calcareo-dolomitiche del Cretacico, la falda profonda circola prevalentemente a pelo libero ad esclusione di alcune aree nelle quali si è verificato uno sprofondamento del basamento carbonatico mesozoico e la deposizione su di esso di livelli costituiti da materiali impermeabili: in tali zone la falda può essere rinvenuta, in pressione, al di sotto dello strato impermeabile o, se quest’ultimo si spinge a notevole profondità al di sotto del livello marino, essa può risultare completamente sostituita dalle acque marine di invasione continentale.

I carichi idraulici più elevati (3 metri circa sul l. m.) si rinvencono nelle zone più interne, risultando tuttavia sempre di entità piuttosto modesta così come le cadenti piezometriche, che raramente superano valori dello 0.025 %.

Valori così bassi del carico idraulico e delle cadenti piezometriche confermano sostanzialmente, in base alla legge di Darcy, quanto scaturito dalle prove di emungimento effettuate in numerosi pozzi attestati nella falda profonda, ossia che l’acquifero carbonatico mesozoico è, nel Salento, caratterizzato da una permeabilità media piuttosto elevata.

La permeabilità delle formazioni del Cretaceo è determinata essenzialmente da un elevato e diffuso stato di fratturazione e dalla quasi costante presenza fenomeni carsici, localmente assai evoluti.

Com’è noto, lo spessore delle acque dolci di falda appare legato al carico idraulico da un rapporto di proporzionalità diretta esprimibile, in base alla “Legge di Ghyben-Herzberg”, con la seguente relazione:

$$h = \frac{t}{\rho_s - \rho_w} \cong 33t$$

dove  $h$  è lo spessore di acqua dolce e  $t$  il carico idraulico della superficie piezometrica (espresso come altezza in metri rispetto al livello del mare), mentre  $\rho_s$  e  $\rho_w$  sono, rispettivamente, la densità dell'acqua salata e dell'acqua dolce.

Da quanto appena detto si desume facilmente che lo spessore massimo della falda (circa 100 metri) si rinviene in corrispondenza delle zone più interne della Penisola Salentina, caratterizzate dai più alti valori del carico idraulico (~ 3 metri sul l.m.).

Viceversa, in prossimità delle zone costiere invece, dove i carichi idraulici sono di norma particolarmente bassi, lo spessore della falda risulta minimo.

Seppur in maniera semplicistica, la falda profonda presenta dunque, in sezione, una forma che può essere per grandi linee assimilata a quella di una grande lente biconvessa con diversi raggi di curvatura.

L'alimentazione della falda avviene prevalentemente grazie all'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche incidenti sulle zone di affioramento delle formazioni calcaree mesozoiche. Occorre tuttavia considerare che un'aliquota di alimentazione non trascurabile proviene sicuramente dall'apporto di acque circolanti nelle falde superficiali: la confluenza di queste acque nella falda profonda è resa possibile dalla presenza sia di passaggi stratigrafici laterali che di discontinuità tettoniche.

Nell'area di studio la falda profonda è caratterizzata da un livello piezometrico di poco inferiore a 2 metri s.l.m.m.

**Parete nord - est** (cfr. documentazione fotografica)

Nel suo complesso la successione affiorante lungo il fronte orientale della cava presenta un assetto sub orizzontale.

Lungo i fronti di sbancamento più recenti la roccia si presenta moderatamente fratturata e tenace.

Le fratture risultano di norma sub-parallele e distanziate di alcuni decimetri, il che contribuisce ad evitare l'instaurarsi di potenziali situazioni di instabilità, anche perché i piani di strato risultano essere, quasi dappertutto, sub-orizzontali o comunque assai poco inclinati.

## STABILITÀ DELLE SCARPATE

### Considerazioni preliminari

La previsione delle problematiche inerenti la stabilità delle scarpate perimetrali delle aree di cava costituisce un capitolo assai importante nell'ambito della gestione tecnica dell'attività estrattiva, sia in fase di coltivazione che in fase di sistemazione e di recupero ambientale finale. Le tipologie di dissesti potenzialmente realizzabili in terreni sciolti ed in rocce lapidee presentano differenze sostanziali: mentre il comportamento meccanico dei terreni sciolti risulta regolato principalmente dalle loro caratteristiche mineralogiche, granulometriche e tessiturali (meccanica delle *terre*), la stabilità di un pendio roccioso è invece fortemente condizionata più che dalle proprietà intrinseche dei materiali lapidei da fattori di ordine strutturale e da fenomeni di alterazione e degradazione (meccanica delle *rocce*).

Nel caso di scarpate in roccia, particolare importanza assumono i piani di discontinuità presenti in seno all'ammasso roccioso (superfici di stratificazione, giunti di fratturazione, faglie, ecc.): il numero, la densità, l'orientazione, la spaziatura, la giacitura e le caratteristiche (rugosità, continuità, apertura, ecc..) di tali discontinuità, nonché la presenza di materiale fine di riempimento o di acqua, sono tutti parametri che influiscono in vario modo sulla stabilità della scarpata.

Superfici di stratificazione e giunti di fratturazione suddividono infatti l'ammasso roccioso in elementi volumetrici di forma e dimensioni variabili: in base ai rapporti giaciture dei suddetti piani di discontinuità ed all'orientazione delle pareti di scavo si possono creare le condizioni di isolamento di blocchi potenzialmente instabili ed in grado di originare fenomeni di "*crollo*", "*ribaltamento*" e "*scivolamento*".

I crolli interessano massi e frammenti di varie dimensioni che, superata la condizione di equilibrio, divengono instabili e scorrono verso il basso con estrema rapidità. Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia.

I distacchi di blocchi per ribaltamento, assai pericolosi e frequenti lungo il fronte di abbattimento delle cave, sono movimenti dovuti a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Sono

di norma collegati alla presenza di sistemi di fratture sub-verticali e si verificano preferenzialmente in corrispondenza del ciglio superiore delle scarpate, ove la roccia risulta sensibilmente alterata (“cappellaccio” di alterazione) e le fessure aperte e riempite di materiale fine (terreno vegetale, terra rossa).

I movimenti di scivolamento o di scorrimento comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici oppure dentro un livello abbastanza sottile.

Gli scorrimenti che interessano gli ammassi rocciosi sono di tipo traslativo. Il movimento dei materiali si verifica lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata corrispondente a discontinuità strutturali, quali giunti di fratturazione o faglie, oppure a superfici di stratificazione. In tale tipo di situazione la giacitura dei piani di stratificazione assume infatti un’importanza notevole ai fini della stabilità della scarpata. Strati sub-orizzontali o con giacitura a “reggipoggio” determinano situazioni favorevoli alla stabilità; al contrario, un assetto a “franapoggio” (strati inclinati verso il fronte di scavo) può innescare, in presenza di giaciture sufficientemente inclinate (pendenza degli strati  $\geq 20^\circ$ ), movimenti di scivolamento di blocchi sia su piccola che su grande scala.

In linea generale, nell’ambito dell’intero territorio pugliese le cave attestate in roccia calcarea o calcarenitica non presentano di norma situazioni o fenomeni di particolare instabilità: ciò è in prevalenza legato alla presenza di giaciture quasi sempre sub-orizzontali, o comunque debolmente inclinate.

Dissesti di minore entità (distacco, ribaltamento o scorrimento di blocchi di modeste dimensioni volumetriche) sono, al contrario, possibili e frequenti essendo legati sia allo stato di fratturazione dell’ammasso roccioso che al rinvenimento di strutture e fenomenologie carsiche (cavità, sacche di terra rossa) o alla presenza di irregolarità del grado di cementazione della roccia (nel caso di ammassi calcarenitici).

Le verifiche di stabilità di scarpate in roccia non possono dunque prescindere dalla disponibilità di dati precisi relativi alle condizioni strutturali dell’ammasso roccioso e, in particolare, di quei parametri giaciturali e descrittivi (direzione, immersione, inclinazione, spaziatura, apertura, continuità, riempimento, ecc.) in grado di caratterizzare i principali piani di discontinuità che lo interessano (superfici di stratificazione e giunti di fratturazione).

### **Classificazione dell'ammasso roccioso: Indici RMR e GSI**

Nel valutare il comportamento geomeccanico di rocce lapidee (ad es. le rocce calcareo-dolomitiche presenti nella cava in esame), a differenza di quanto accade per un terreno sciolto (sabbie, limi, argille) occorre tenere presenti una serie di problematiche legate alla non corrispondenza tra le proprietà fisico-meccaniche che la roccia possiede quando viene considerata a livello di campione di laboratorio e quelle invece che caratterizzano l'ammasso roccioso nel suo complesso. La *meccanica delle rocce*, quindi, risulta assai più complessa e più difficilmente determinabile compiutamente rispetto alla *meccanica delle terre* la quale è retta da formule che conducono a risultati ben precisi una volta che siano noti i parametri geotecnici della terra stessa (ricavabili dalle prove di laboratorio).

Infatti, a differenza di una terra, la cui assimilazione ad un mezzo omogeneo ed isotropo non è una forzatura tale da condizionarne il risultato, la resistenza di una roccia lapidea dipende solo in minima parte dalle sue caratteristiche intrinseche (densità apparente, coesione, attrito, resistenza a compressione monoassiale) quanto dalle condizioni geologico-strutturali dell'ammasso roccioso nel suo complesso in quanto è legata alla presenza di discontinuità sedimentologiche (variazioni del grado di cementazione), stratigrafiche (giunti di stratificazione), strutturali (piani di fatturazione, faglie, ecc.), nonché dall'incidenza di fattori quali lo stato di alterazione ed il grado di carsificazione. Quest'ultimo aspetto risulta di primaria rilevanza in tutte le rocce lapidee affioranti nella nostra regione essendo esclusivamente rocce di composizione carbonatica le quali sono andate incontro per lunghi periodi di tempo a fenomeni di dissoluzione carsica (calcarei) e paracarsica (calcareniti). Per tale motivo risulta necessario determinare le condizioni qualitative globali dell'ammasso roccioso presente lungo una parete, così da ricavare i parametri di resistenza reali che ne condizioneranno la stabilità.

I sistemi di classificazione si basano sull'esame degli indici di qualità e di alcuni parametri caratteristici scelti in modo da fornire un giudizio il più possibile completo sulle caratteristiche globali dell'ammasso roccioso.

La classificazione di **Bieniawski** (1973), nota come classificazione **RMR** (acronimo di *Rock Mass Rating*), tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti o fondazioni).

I parametri sono:

- A1: Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- A2: Indice di qualità RQD (Rock Quality Designation);
- A3: Spaziatura dei giunti;
- A4: Condizioni dei giunti (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale di riempimento);
- A5: Condizioni idrauliche dei giunti;
- Ic: Indice di correzione.

Ad ogni parametro è associata una scala di valori parziali la cui somma algebrica fornisce il valore dell'indice complessivo dell'ammasso roccioso (denominato RMR), ovvero:

$$\text{RMR} = (\text{A1} + \text{A2} + \text{A3} + \text{A4} + \text{A5}) + \text{Ic}$$

La formulazione originaria del metodo di classificazione di Bieniawski (1973), ha subito diverse modifiche, integrazioni ed aggiornamenti, che hanno portato alla definizione di varie versioni, di cui le più usate sono quelle del 1976, del 1979 e del 1989. Nel presente studio è stata adottata la versione più recente, ovvero quella del 1989. Per classificare l'ammasso roccioso in esame si è fatto quindi riferimento ai grafici ed alle tabelle relative al metodo RMR 89, che, per chiarezza e completezza di trattazione, sono state di seguito allegate.

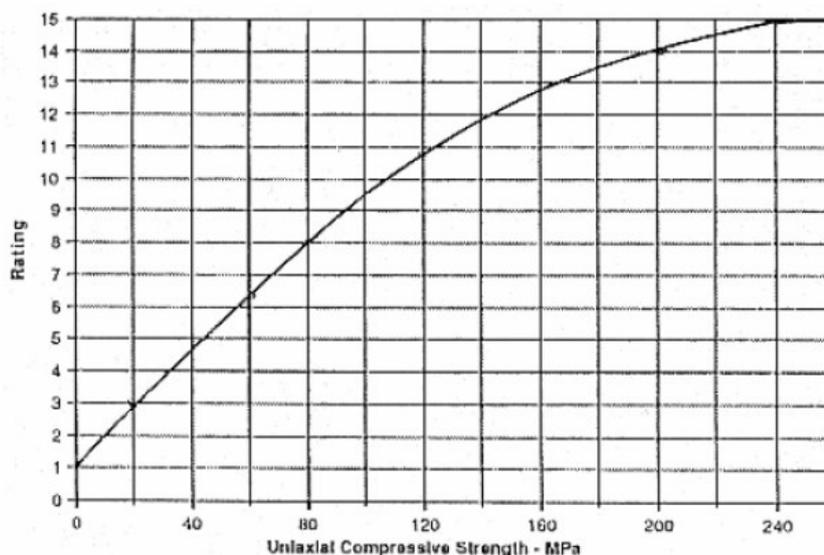


Grafico per la determinazione del Parametro A1 - Bieniawski. 1989

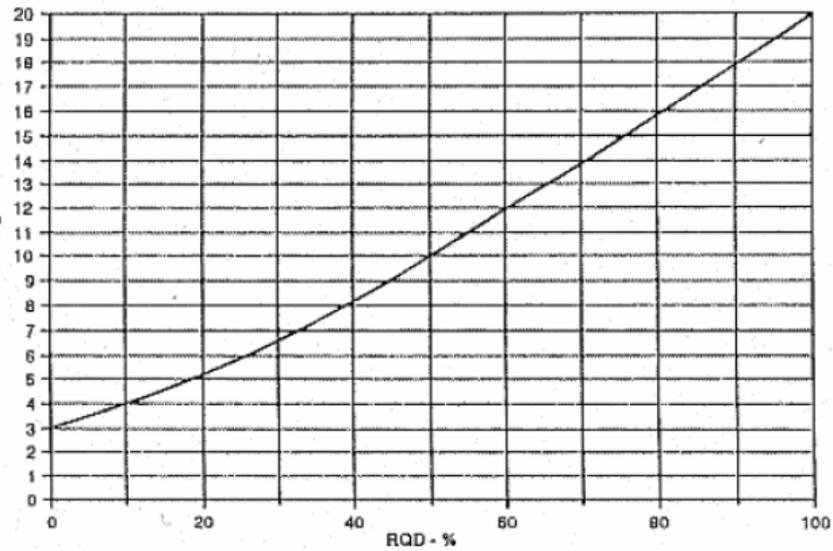


Grafico per la determinazione del Parametro A2 – Bieniawski, 1989

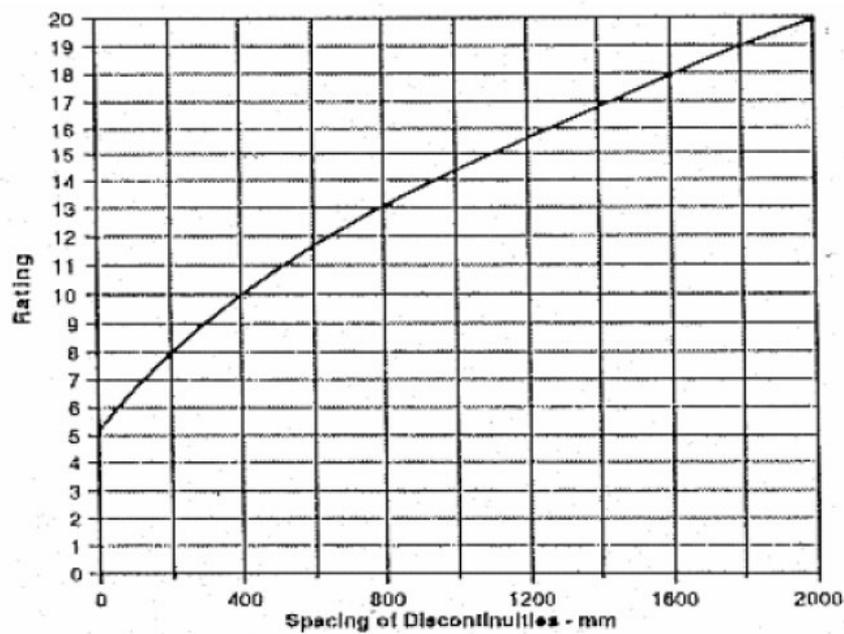


Grafico per la determinazione del Parametro A3 – Bieniawski, 1989

PARAMETRI	INTERVALLI DI VALORI				
Lunghezza giunto	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Indice	6	4	2	1	0
Apertura giunto	Chiuso	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	>5 mm
Indice	6	5	4	1	0
Rugosità giunto	Molto rugoso	Rugoso	Leggerm. rugoso	Liscio	Laminato
Indice	6	5	3	1	0
Riempimento	Nessuno	Compatto<5mm	Compatto>5mm	Molle<5mm	Molle>5mm
Indice	6	4	2	2	0
Alterazione giunti	Non alterati	Legg.alterati	Mediam.alterati	Molto alterati	Decomposti
Indice	6	5	3	1	0

Tabella per la determinazione del Parametro A4 – Bieniawski. 1989

CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10m di lunghezza del tunnel (litri/min)	Assente	<10	10-25	25-125	>125
	Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pressione naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Condizioni generali	Giunti asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua
<b>Indice</b>		<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

Tabella per la determinazione del Parametro A5 – Bieniawski. 1989

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	<b>Indice</b>	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-5	-15	-25
Versanti		0	-5	-7	-50	-60

Tabella per la determinazione dell'Indice di correzione Ic – Bieniawski. 1989

RMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA'	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima

Classificazione dell'ammasso roccioso : Indice RMR

Nel caso dell'ammasso roccioso calcareo-dolomitico presente lungo le pareti della cava in esame i valori scelti per tali parametri, alla luce sia del rilievo geologico-strutturale effettuato che delle prove meccaniche di laboratorio, sono i seguenti:

- A1 = 14 (assumendo il valore di resistenza a compressione 200 MPa, medio tra quelli registrati);
- A2 = 10 (in quanto il valore medio di RQD ottenibile è dell'ordine del 50% stante la massività con cui si presenta la successione);
- A3 = 11 (per le stesse considerazioni di cui sopra le discontinuità hanno una spaziatura media attorno a 50 cm);
- A4 = 23 (giunti lunghi, con apertura tra 0,1÷1 mm, rugosi, con eventuali riempimenti compatti e leggermente alterati);
- A5 = 15 (giunti asciutti, visto che il livello piezometrico della falda è situato in profondità metri rispetto al p.c.);
- Ic = -5 (correzione per versanti con condizioni di orientazione dei giunti ritenute favorevoli).

L'indice di qualità RMR attribuibile all'ammasso roccioso in esame risulta pertanto pari a:

$$\mathbf{RMR = (14 + 10 + 11 + 23 + 15) - 5 = 68}$$

ovvero si tratta di un **ammasso roccioso di II classe**, di qualità **"buona"**.

Il valore ottenuto sommando i 5 parametri descrittivi dell'ammasso roccioso senza applicare l'indice di correzione definisce l'indice **BRMR** ("Basic Rock Mass Rating"):

$$\mathbf{BRMR = 68 + 5 = 73}$$

L'indice BRMR in condizioni di giunti asciutti ( $A_5 = 15$ ) risulta direttamente correlato all'indice **G.S.I.** ("Geological Strength Index"), richiesto per la parametrizzazione del software di calcolo. Il parametro **G.S.I.** è legato all'indice BRMR dalla seguente relazione:

$$\mathbf{G.S.I. = BRMR - 5 = 68}$$

### **Risultati di verifica**

Le verifiche di stabilità sono state condotte lungo una sezione significativa dell'area di cava.

Sono state assunte le seguenti condizioni al contorno:

- presenza di n° 1 "strato": alternanze di calcari dolomitici e di dolomie in strati medi e spessi;
- assenza di falda;
- inclinazione scarpate: secondo rilievo.

Sono stati considerati i seguenti parametri geomeccanici (ricavati in precedenza):

- resistenza a compressione monoassiale: 200 MPa;
- costante di Hoek-Brown per roccia intatta:  $m_i = 9$  (valore assegnato alle rocce aventi la composizione litologica e la struttura delle dolomie);
- indice GSI = 68 (calcolato precedentemente mediante la classificazione di Bieniawski);
- indice di disturbo  $D = 0,7$ ;
- peso di volume naturale: 24,12 kN/m<sup>3</sup>;
- peso di volume saturo: 24,51 kN/m<sup>3</sup>.

Le analisi di stabilità sono state eseguite in condizioni dinamiche (cioè in presenza di sisma) mediante il metodo pseudostatico e i coefficienti amplificatori delle azioni sismiche (coefficiente sismico orizzontale  $K_h$  e coefficiente sismico verticale  $K_v$ ) in conformità al *DM 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Le verifiche sono state eseguite sulla base del livello di conoscenza raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e della complessità del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica.

*I calcoli eseguiti hanno evidenziato un **SURPLUS DI RESISTENZA** essendo i valori minimi del coefficiente di sicurezza **FS** relativo alle 10 superfici più critiche compresi tra **24.9÷ 25.5**.*

## CONCLUSIONI

Alla luce dell'indagine geologica e geotecnica condotta nell'area di cava in esame è possibile formulare le seguenti considerazioni conclusive:

1. nella cava affiorano esclusivamente rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche ascrivibili alla formazione geologica dei *"Calcari di Melissano"*.
2. La successione calcareo-dolomitica è rappresentata calcari grigio-bianchi e da dolomie di colore grigio scuro.
3. In linea generale lungo i nuovi fronti di cava le rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche si presentano moderatamente fratturate, con leggeri segni di alterazione e/o carsificazione, molto tenaci.
4. Gli strati affioranti nella zona orientale della cava presentano una giacitura sub orizzontale.

Con specifico riferimento alla stabilità delle attuali scarpate verticali presenti nella cava, l'analisi di verifica, condotta alla luce dei risultati dei rilievi effettuati in situ e con l'adozione di valori e parametri ampiamente prudenziali e cautelativi ha fornito le seguenti indicazioni:

- in nessun punto della cava vi è alcun pericolo di franamento e/o caduta massi e/o caduta pietre che possono procurare danni ai lavoratori in cava e che l'altezza e la pendenza delle scarpate è tale da consentire sempre il disgaggio con i mezzi in dotazione alla ditta senza alcun pericolo per i lavoratori addetti;
- ai fini della sicurezza del cantiere di cava ed intesa come normale procedura operativa da eseguirsi su ogni fronte di cava in esercizio o dismesso, si raccomanda unicamente di continuare a verificare ed a "pulire" il ciglio superiore delle scarpate;

- nella cava, le ordinarie attività di sbancamento dovranno essere sempre precedute dalle operazioni di individuazione e disgaggio dei blocchi instabili, da eseguire con l'ausilio di un martellone demolitore e adottando opportune misure di sicurezza;
- eventuali presenze di "tasche" di terra rossa dovranno essere gestite in sicurezza attuando azioni localizzate, finalizzate alla rimozione in sicurezza del materiale disgregato per la pulizia del fronte.

Melendugno, luglio 2022

Dott. Geol. Luigi Candido



## **Allegati**

**Report di calcolo**

**Modello Sezione di Calcolo**

**Mappa superfici critiche**

**Documentazione fotografica**

**Ubicazione riprese fotografiche**

# Report elaborazioni #

-----  
 SSAP 5.0.2 - Slope Stability Analysis Program (1991,2021)  
 WWW.SSAP.EU  
 Build No. 12007  
 BY  
 Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*  
 \*UASLP, San Luis Potosi, Mexico  
 e-mail: lborselli@gmail.com  
 CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU  
 \*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
 -----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Febbraio 2021  
 -----

File report: C:\Users\Studio\Dropbox\Lavoro\Professione\Stabilita\_De\_Pascalis\_2022\Dati\_SSAP\report.txt  
 Data: 1/7/2022  
 Localita' : Galatina  
 Descrizione:

Modello pendio: modello.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
154.82	48.02	-	-	-	-	-	-
169.82	48.02	-	-	-	-	-	-
172.82	58.02	-	-	-	-	-	-
182.82	58.02	-	-	-	-	-	-
185.82	68.02	-	-	-	-	-	-
205.82	68.02	-	-	-	-	-	-

## ASSENZA DI FALDA ##

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	0.00	0.00	0.00	24.15	24.51	277.626	165.00	67.00	9.00	0.70

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)  
 C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)  
 Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)  
 Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)  
 Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)  
 STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)  
 ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-  
 sigci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)  
 GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)  
 mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)  
 D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)  
 Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO (solo per ROCCE)  
 Dai parametri sopra indicati, relativi al criterio di rottura Hoek et alii (2002),  
 sono stati ricavati i parametri equivalenti geomeccanici CARATTERISTICI di resistenza  
 al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c',Phi')00; tali parametri equivalenti sono stati  
 infine ridotti, per ricavare i valori di PROGETTO, tramite i coefficienti parziali  
 di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018.

Usa CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)\*: 2.0 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 155.84 201.74

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 30.02  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 160.94 204.80  
 TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

\*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : B (piu' accurato)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0110  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0055  
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali aggiuntive in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	24.9036	- Min. -	X	Y	Lambda= 0.8225
	169.47		48.02		
	171.06		47.64		
	173.15		48.34		
	175.78		49.32		
	177.08		50.00		
	178.26		50.61		
	180.60		51.84		
	181.80		52.04		
	183.74		52.81		
	185.94		54.42		
	187.34		55.28		
	188.49		56.04		
	190.14		57.31		
	190.79		57.55		
	190.79		68.02		

Fattore di sicurezza (FS)	24.9681	- N.2 --	X	Y	Lambda= 0.8949
	169.82		48.03		
	172.13		47.88		
	176.09		49.57		
	179.40		51.10		
	182.70		52.88		
	184.56		54.07		
	186.84		55.39		
	189.47		57.56		
	190.10		58.03		
	190.10		68.02		

Fattore di sicurezza (FS)	24.9782	- N.3 --	X	Y	Lambda= 0.7607
	169.71		48.02		
	171.42		47.74		
	173.52		48.61		
	176.94		49.94		
	178.71		50.56		
	182.17		51.36		
	185.04		52.60		
	186.08		53.44		
	188.86		55.61		
	190.13		56.51		
	190.13		68.02		

Fattore di sicurezza (FS) 25.2967 - N.4 -- X Y Lambda= 0.7712  
 169.85 48.10  
 172.14 48.28  
 176.25 49.52  
 179.68 50.77  
 183.86 52.30  
 187.51 54.35  
 188.87 55.72  
 190.15 57.00  
 190.15 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.3348 - N.5 -- X Y Lambda= 0.8659  
 169.84 48.10  
 171.22 48.09  
 173.14 48.64  
 174.21 49.04  
 176.14 49.70  
 177.25 50.07  
 178.70 50.57  
 180.85 51.53  
 182.90 52.46  
 184.70 53.34  
 187.30 55.36  
 189.15 57.47  
 189.15 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.3365 - N.6 -- X Y Lambda= 0.6023  
 169.46 48.02  
 172.57 47.61  
 174.33 48.03  
 175.80 48.37  
 177.20 48.41  
 180.25 48.74  
 183.06 50.09  
 184.99 51.10  
 186.92 52.57  
 188.39 53.78  
 189.43 54.64  
 190.50 55.40  
 191.81 56.35  
 191.81 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.4724 - N.7 -- X Y Lambda= 0.8778  
 169.61 48.02  
 171.32 47.50  
 172.60 47.82  
 175.37 49.07  
 178.04 49.97  
 179.66 50.65  
 181.40 51.70  
 183.01 52.88  
 185.15 54.51  
 186.11 55.31  
 187.72 56.43  
 188.98 57.46  
 188.98 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.5349 - N.8 -- X Y Lambda= 0.8201  
 169.88 48.22  
 171.47 48.38  
 175.30 49.25  
 178.92 50.73  
 180.75 51.44  
 183.19 52.28  
 184.28 53.04

186.61 55.05  
 188.89 56.95  
 189.85 57.54  
 189.85 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.5378 - N.9 -- X Y Lambda= 0.7074  
 169.83 48.07  
 170.75 47.82  
 172.99 47.37  
 175.43 48.10  
 177.62 48.79  
 179.72 49.78  
 180.71 50.42  
 181.58 50.81  
 183.18 51.43  
 185.46 53.04  
 187.13 54.11  
 189.37 55.84  
 190.66 56.74  
 190.66 68.02

Fattore di sicurezza (FS) 25.5585 - N.10 -- X Y Lambda= 0.6249  
 169.49 48.02  
 171.77 47.46  
 174.17 48.31  
 176.42 48.85  
 177.69 49.06  
 180.99 49.19  
 183.25 49.91  
 184.82 50.95  
 186.43 52.00  
 187.56 53.07  
 189.37 54.92  
 190.67 56.27  
 190.67 68.02

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	24.904	49981.9	2007.0	47573.5	Surplus
2	24.968	48258.5	1932.8	45939.1	Surplus
3	24.978	48404.3	1937.9	46078.9	Surplus
4	25.297	48171.4	1904.3	45886.3	Surplus
5	25.335	46310.1	1827.9	44116.6	Surplus
6	25.336	55832.1	2203.6	53187.8	Surplus
7	25.472	46903.7	1841.4	44694.0	Surplus
8	25.535	47485.7	1859.6	45254.1	Surplus
9	25.538	52252.5	2046.1	49797.2	Surplus
10	25.558	54172.2	2119.5	51628.8	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 44116.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

**TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS**

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
169.473	0.321	-13.49	0.30	0.00	0.00	0.00	54.39 1805.20
169.795	0.025	-13.49	0.05	0.00	0.00	0.00	54.39 1794.97
169.820	0.321	-13.49	5.13	0.00	0.00	0.00	54.39 1792.57
170.141	0.321	-13.49	14.09	0.00	0.00	0.00	54.15 1801.34
170.463	0.321	-13.49	23.05	0.00	0.00	0.00	53.91 1808.00
170.784	0.276	-13.49	26.95	0.00	0.00	0.00	53.79 1798.70
171.060	0.321	18.54	38.99	0.00	0.00	0.00	53.67 1794.85
171.381	0.321	18.54	46.51	0.00	0.00	0.00	53.43 1807.54
171.703	0.321	18.54	54.03	0.00	0.00	0.00	53.31 1801.73
172.024	0.321	18.54	61.55	0.00	0.00	0.00	53.20 1798.22
172.346	0.321	18.54	69.06	0.00	0.00	0.00	53.08 1801.51
172.667	0.153	18.54	35.53	0.00	0.00	0.00	52.96 1812.29
172.820	0.321	18.54	75.98	0.00	0.00	0.00	52.96 1808.28
173.141	0.012	18.54	2.74	0.00	0.00	0.00	52.96 1804.22
173.153	0.321	20.43	75.07	0.00	0.00	0.00	52.96 1804.12
173.474	0.321	20.43	74.13	0.00	0.00	0.00	52.96 1804.10
173.796	0.321	20.43	73.20	0.00	0.00	0.00	52.96 1806.43
174.117	0.321	20.43	72.26	0.00	0.00	0.00	52.96 1810.21
174.439	0.321	20.43	71.33	0.00	0.00	0.00	53.08 1791.08
174.760	0.321	20.43	70.39	0.00	0.00	0.00	53.08 1796.83
175.081	0.321	20.43	69.46	0.00	0.00	0.00	53.08 1802.93
175.403	0.321	20.43	68.53	0.00	0.00	0.00	53.08 1809.79
175.724	0.053	20.43	11.22	0.00	0.00	0.00	53.20 1794.14
175.777	0.321	27.50	67.25	0.00	0.00	0.00	53.20 1795.72
176.098	0.321	27.50	65.95	0.00	0.00	0.00	53.20 1804.21
176.420	0.321	27.50	64.64	0.00	0.00	0.00	53.20 1811.73
176.741	0.321	27.50	63.33	0.00	0.00	0.00	53.31 1794.82
177.063	0.022	27.50	4.28	0.00	0.00	0.00	53.31 1800.52
177.085	0.321	27.51	61.94	0.00	0.00	0.00	53.31 1800.87
177.406	0.321	27.51	60.63	0.00	0.00	0.00	53.31 1805.35
177.727	0.321	27.51	59.33	0.00	0.00	0.00	53.31 1809.46
178.049	0.214	27.51	38.74	0.00	0.00	0.00	53.43 1790.61
178.262	0.321	27.76	57.14	0.00	0.00	0.00	53.43 1793.83
178.584	0.321	27.76	55.83	0.00	0.00	0.00	53.43 1798.77
178.905	0.321	27.76	54.51	0.00	0.00	0.00	53.43 1802.87
179.227	0.321	27.76	53.19	0.00	0.00	0.00	53.43 1806.12
179.548	0.321	27.76	51.87	0.00	0.00	0.00	53.43 1807.72
179.869	0.321	27.76	50.55	0.00	0.00	0.00	53.43 1807.23
180.191	0.321	27.76	49.23	0.00	0.00	0.00	53.43 1804.86
180.512	0.087	27.76	13.16	0.00	0.00	0.00	53.43 1801.91
180.599	0.321	9.19	48.00	0.00	0.00	0.00	53.43 1801.18
180.921	0.321	9.19	47.60	0.00	0.00	0.00	53.43 1799.73
181.242	0.321	9.19	47.19	0.00	0.00	0.00	53.43 1800.09
181.564	0.237	9.19	34.48	0.00	0.00	0.00	53.43 1802.84
181.800	0.321	21.60	46.19	0.00	0.00	0.00	53.43 1805.98
182.122	0.321	21.60	45.20	0.00	0.00	0.00	53.43 1809.10
182.443	0.321	21.60	44.21	0.00	0.00	0.00	53.43 1809.73
182.764	0.056	21.60	7.57	0.00	0.00	0.00	53.43 1807.96
182.820	0.321	21.60	47.22	0.00	0.00	0.00	53.43 1807.36
183.141	0.321	21.60	54.59	0.00	0.00	0.00	53.43 1801.94
183.463	0.280	21.60	53.61	0.00	0.00	0.00	53.43 1794.05
183.743	0.321	36.33	67.95	0.00	0.00	0.00	53.31 1808.81
184.064	0.321	36.33	74.47	0.00	0.00	0.00	53.31 1796.89
184.386	0.321	36.33	80.98	0.00	0.00	0.00	53.20 1805.84
184.707	0.321	36.33	87.50	0.00	0.00	0.00	53.08 1812.18
185.028	0.321	36.33	94.02	0.00	0.00	0.00	53.08 1795.83
185.350	0.321	36.33	100.53	0.00	0.00	0.00	52.96 1805.51
185.671	0.149	36.33	48.76	0.00	0.00	0.00	52.96 1794.13
185.820	0.119	36.33	39.53	0.00	0.00	0.00	52.85 1813.78
185.939	0.321	31.37	105.36	0.00	0.00	0.00	52.85 1810.91
186.261	0.321	31.37	103.83	0.00	0.00	0.00	52.85 1805.40
186.582	0.321	31.37	102.30	0.00	0.00	0.00	52.85 1803.26
186.903	0.321	31.37	100.77	0.00	0.00	0.00	52.85 1804.18
187.225	0.115	31.37	35.83	0.00	0.00	0.00	52.85 1808.95
187.340	0.321	33.64	98.62	0.00	0.00	0.00	52.85 1811.38

187.662	0.321	33.64	96.95	0.00	0.00	52.96	1795.63
187.983	0.321	33.64	95.28	0.00	0.00	52.96	1805.02
188.304	0.185	33.64	54.19	0.00	0.00	53.08	1791.49
188.490	0.321	37.58	92.52	0.00	0.00	53.08	1797.52
188.811	0.321	37.58	90.59	0.00	0.00	53.08	1806.42
189.132	0.321	37.58	88.66	0.00	0.00	53.20	1790.46
189.454	0.321	37.58	86.73	0.00	0.00	53.20	1797.75
189.775	0.321	37.58	84.80	0.00	0.00	53.20	1801.20
190.097	0.047	37.58	12.17	0.00	0.00	53.20	1807.37
190.143	0.321	20.51	83.09	0.00	0.00	53.20	1810.83
190.465	0.321	20.51	82.15	0.00	0.00	53.67	1794.90

-----

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
W(kN/m) : Forza peso concio  
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

-----

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

FS_srmFEM (--)	X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)
169.473	0.000	48.020	-0.151	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	3.9448330360E+002			
0.830	50.000	50.000	-0.151	7.2503298356E+001	5.7740293141E-001	5.6726857112E+001			
169.795	0.017	47.960	0.531	7.3600750486E+001	6.3939905512E-001	4.5609204172E+001			
0.830	50.000	50.000	0.684	9.7064344787E+001	3.1317902343E+000	8.9321439772E+001			
169.820	0.031	47.968	0.910	1.3101168279E+002	1.2398258700E+001	9.5562268074E+001			
0.830	50.000	50.000	1.083	1.5848653992E+002	2.6512097881E+001	7.6455589683E+001			
170.141	0.284	48.144	1.284	1.7744587327E+002	4.0514769809E+001	6.6669901276E+001			
0.830	50.000	38.105	1.449	1.9811393844E+002	5.8764575237E+001	5.2321280160E+001			
170.463	0.624	48.407	1.587	2.1107512825E+002	7.7815329483E+001	3.3798585337E+001			
0.830	50.000	48.626	1.533	2.1983781906E+002	9.6799305588E+001	2.1436438520E+001			
170.784	1.024	48.729	1.248	2.2485329756E+002	1.1166238032E+002	1.2217413074E+001			
0.830	50.000	50.000	1.023	2.2769050344E+002	1.2190791410E+002	7.7127205154E+000			
171.060	1.415	49.054	0.717	2.2878945577E+002	1.2567189703E+002	6.6436041043E+000			
0.830	50.000	48.832	0.632	2.3056150839E+002	1.3093545590E+002	5.4618840809E+000			
171.381	1.749	49.496	0.435	2.3062505516E+002	1.3110853180E+002	5.4363672405E+000			
0.830	50.000	43.305	0.380	2.3216247236E+002	1.3409333734E+002	5.1003029621E+000			
171.703	2.130	49.985	0.301	2.3390325073E+002	1.3586494534E+002	6.0906599663E+000			
0.830	39.512	35.973	0.264	2.3607721520E+002	1.3680794287E+002	7.8550194449E+000			
172.024	2.554	50.517							
0.830	32.380	29.696							
172.346	2.900	50.970							
0.830	28.605	26.050							
172.667	3.141	51.319							
0.830	26.632	24.239							
172.820	3.226	51.456							
0.830	25.975	23.560							
173.141	3.322	51.659							
0.830	25.135	22.812							
173.153	3.325	51.666							
0.830	25.107	22.790							
173.474	3.343	51.804							
0.830	24.628	22.514							
173.796	3.330	51.910							
0.830	24.339	22.476							
174.117	3.298	51.998							
0.830	24.181	22.596							

174.439	3.260	52.080	0.251	2.3895202727E+002	1.3702484769E+002	9.5614278763E+000
0.830	24.116	22.518				
174.760	3.220	52.159	0.229	2.4222277767E+002	1.3676787323E+002	9.5697765989E+000
0.830	24.036	22.826				
175.081	3.168	52.227	0.208	2.4510295584E+002	1.3620730661E+002	8.2757761559E+000
0.830	23.904	23.136				
175.403	3.114	52.293	0.213	2.4754199360E+002	1.3542045650E+002	6.6185161118E+000
0.830	23.705	23.460				
175.724	3.065	52.364	0.224	2.4935697572E+002	1.3427790893E+002	4.0516319338E+000
0.830	23.451	23.494				
175.777	3.059	52.377	0.257	2.4955796094E+002	1.3402964558E+002	3.5578908400E+000
0.830	23.402	23.569				
176.098	2.974	52.460	0.264	2.5025314262E+002	1.3234319789E+002	1.4991064192E+000
0.830	23.248	24.032				
176.420	2.894	52.547	0.274	2.5052150449E+002	1.3042905654E+002	5.9566393461E-001
0.830	23.246	24.548				
176.741	2.815	52.636	0.286	2.5063600280E+002	1.2838471454E+002	5.7195563843E-001
0.830	23.393	24.774				
177.063	2.743	52.731	0.293	2.5088912626E+002	1.2622978451E+002	9.4642157016E-001
0.830	23.738	25.461				
177.085	2.737	52.737	0.280	2.5091015511E+002	1.2609346588E+002	1.0433863754E+000
0.830	23.765	25.508				
177.406	2.660	52.827	0.279	2.5165032346E+002	1.2415247117E+002	3.1332735566E+000
0.830	24.287	26.267				
177.727	2.582	52.916	0.286	2.5292405185E+002	1.2235563709E+002	4.7900637373E+000
0.830	24.936	27.146				
178.049	2.509	53.011	0.304	2.5472911424E+002	1.2060038575E+002	6.6800229394E+000
0.830	25.730	27.805				
178.262	2.466	53.079	0.327	2.5630849050E+002	1.1941754865E+002	7.9950381965E+000
0.830	26.386	28.633				
178.584	2.404	53.186	0.317	2.5917142579E+002	1.1772319245E+002	9.4020213829E+000
0.830	27.548	30.050				
178.905	2.332	53.283	0.318	2.6235159521E+002	1.1641958441E+002	1.1183573659E+001
0.830	28.787	31.467				
179.227	2.270	53.390	0.343	2.6635961478E+002	1.1533064935E+002	1.3823737581E+001
0.830	30.299	33.062				
179.548	2.214	53.503	0.330	2.7123673705E+002	1.1460919563E+002	1.6084450994E+001
0.830	32.060	34.771				
179.869	2.144	53.602	0.288	2.7669781947E+002	1.1449326381E+002	1.8771986751E+001
0.830	33.621	36.197				
180.191	2.061	53.688	0.249	2.8330234262E+002	1.1499897194E+002	2.3773299409E+001
0.830	34.924	37.344				
180.512	1.965	53.762	0.220	2.9197799505E+002	1.1627887144E+002	2.8570664141E+001
0.830	35.904	38.188				
180.599	1.935	53.778	0.172	2.9451361551E+002	1.1670758636E+002	3.0532979185E+001
0.830	36.099	38.361				
180.921	1.937	53.832	0.161	3.0613776773E+002	1.1894750360E+002	3.8758079981E+001
0.830	36.624	38.799				
181.242	1.935	53.882	0.170	3.1942518782E+002	1.2194422584E+002	4.4533893397E+001
0.830	36.959	38.970				
181.564	1.942	53.941	0.203	3.3476171676E+002	1.2635099189E+002	4.6637991697E+001
0.830	37.005	38.772				
181.800	1.958	53.995	0.279	3.4560550946E+002	1.3014800443E+002	4.3517721829E+001
0.830	36.865	38.407				
182.122	1.932	54.096	0.386	3.5857696403E+002	1.3608405562E+002	3.4766398415E+001
0.830	36.124	37.555				
182.443	1.952	54.243	0.542	3.6795144735E+002	1.4287820805E+002	2.5257122979E+001
0.830	34.694	36.202				
182.764	2.026	54.445	0.640	3.7481086018E+002	1.5080063360E+002	1.5492049203E+001
0.830	32.726	34.391				
182.820	2.044	54.485	0.955	3.7561785313E+002	1.5220369178E+002	1.3866125640E+001
0.830	32.347	34.040				
183.141	2.237	54.805	1.139	3.7894224295E+002	1.6234731073E+002	4.1470606485E+000
0.830	29.658	31.489				
183.463	2.522	55.217	1.417	3.7828335672E+002	1.7379099315E+002	-9.7029150411E+000
0.830	26.765	28.588				
183.743	2.851	55.657	1.729	3.7369524989E+002	1.8431162264E+002	-2.4734541266E+001
0.830	24.297	26.346				

184.064	3.215	56.257	1.977	3.6266483763E+002	1.9600205440E+002	-4.3799031478E+001
0.830	21.609	23.458				
184.386	3.649	56.928	2.197	3.4554362988E+002	2.0504526381E+002	-6.5272746675E+001
0.830	19.459	21.360				
184.707	4.154	57.669	2.184	3.2071108890E+002	2.0845510236E+002	-7.7696650037E+001
0.830	17.863	19.711				
185.028	4.580	58.332	1.883	2.9560447612E+002	2.0764963040E+002	-7.5596976136E+001
0.830	16.869	18.409				
185.350	4.892	58.879	1.527	2.7212149059E+002	2.0317161939E+002	-6.9823674166E+001
0.830	16.347	17.850				
185.671	5.090	59.314	1.274	2.5072564030E+002	1.9606881820E+002	-6.3697346437E+001
0.830	16.132	17.370				
185.820	5.145	59.478	1.019	2.4144409935E+002	1.9206109595E+002	-6.2742812321E+001
0.830	16.107	17.461				
185.939	5.166	59.587	0.803	2.3392076449E+002	1.8788037016E+002	-6.2841140918E+001
0.830	16.148	17.402				
186.261	5.215	59.832	0.665	2.1390309991E+002	1.7494484952E+002	-6.1106573104E+001
0.830	16.303	17.336				
186.582	5.201	60.014	0.491	1.9464480408E+002	1.6016684685E+002	-5.8872727526E+001
0.830	16.527	17.409				
186.903	5.139	60.148	0.362	1.7606293317E+002	1.4391624033E+002	-5.8759436079E+001
0.830	16.796	17.594				
187.225	5.042	60.247	0.284	1.5687745488E+002	1.2525985611E+002	-5.2466045912E+001
0.830	17.082	17.896				
187.340	4.996	60.272	0.141	1.5112051373E+002	1.1940179085E+002	-4.8931098423E+001
0.830	17.150	18.008				
187.662	4.820	60.309	0.069	1.3623357254E+002	1.0337339713E+002	-4.6517825877E+001
0.830	17.333	18.102				
187.983	4.612	60.316	-0.029	1.2122140150E+002	8.6560097660E+001	-4.7218377754E+001
0.830	17.531	18.484				
188.304	4.373	60.290	-0.110	1.0588418391E+002	6.9273400200E+001	-4.9670178820E+001
0.830	17.735	18.644				
188.490	4.220	60.260	-0.199	9.6470270461E+001	5.9133329482E+001	-5.3613320206E+001
0.830	17.861	18.900				
188.811	3.902	60.190	-0.219	7.7668533638E+001	4.0936244673E+001	-5.7928331617E+001
0.830	18.275	19.386				
189.132	3.584	60.119	-0.207	5.9237109719E+001	2.6277258507E+001	-5.5619298202E+001
0.830	18.843	19.577				
189.454	3.275	60.057	-0.172	4.1919493185E+001	1.4181921013E+001	-5.5973849830E+001
0.830	19.566	20.097				
189.775	2.979	60.008	-0.039	2.3260182887E+001	4.2204344848E+000	-5.3175404355E+001
0.830	20.708	20.515				
190.097	2.755	60.031	0.081	7.7412539261E+000	6.4424157189E-001	-3.7770980011E+001
0.830	23.318	20.859				
190.143	2.725	60.038	0.214	6.0483406230E+000	4.2418214745E-001	-3.3738733879E+001
0.830	24.356	20.917				
190.465	2.677	60.110	0.214	7.4072397775E-001	1.1752023305E-002	-9.4101675592E+000
0.830	30.431	20.852				

-----  
 -----  
**LEGENDA SIMBOLI**

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure  
 -----

**TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS**

-----  

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF	TauStrength	TauS
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)	(kPa)	(kN/m)

169.473	0.321	0.330	-13.492	-0.203	-0.067	1818.966	601.156
169.795	0.025	0.026	-13.492	-0.421	-0.011	1814.655	47.129
169.820	0.321	0.330	-13.492	-3.455	-1.142	1867.758	617.282
170.141	0.321	0.330	-13.492	-9.492	-3.137	2059.511	680.655
170.463	0.321	0.330	-13.492	-15.528	-5.132	2206.386	729.196
170.784	0.276	0.284	-13.492	-21.138	-5.999	2277.308	646.359
171.060	0.321	0.339	18.537	37.768	12.802	1585.738	537.499
171.381	0.321	0.339	18.537	45.052	15.271	1609.114	545.422
171.703	0.321	0.339	18.537	52.335	17.739	1631.681	553.072
172.024	0.321	0.339	18.537	59.619	20.208	1735.848	588.380
172.346	0.321	0.339	18.537	66.902	22.677	1856.484	629.270
172.667	0.153	0.161	18.537	72.278	11.666	1932.516	311.907
172.820	0.321	0.339	18.537	73.605	24.949	1985.461	672.988
173.141	0.012	0.012	18.537	73.183	0.898	1989.317	24.420
173.153	0.321	0.343	20.430	78.662	26.977	2009.974	689.309
173.474	0.321	0.343	20.430	77.683	26.641	2032.944	697.187
173.796	0.321	0.343	20.430	76.704	26.305	2049.914	703.006
174.117	0.321	0.343	20.430	75.725	25.969	2066.102	708.558
174.439	0.321	0.343	20.430	74.746	25.634	2054.980	704.744
174.760	0.321	0.343	20.430	73.767	25.298	2063.943	707.817
175.081	0.321	0.343	20.430	72.788	24.962	2071.573	710.434
175.403	0.321	0.343	20.430	71.809	24.627	2082.774	714.275
175.724	0.053	0.057	20.430	71.239	4.033	2074.020	117.426
175.777	0.321	0.362	27.503	87.527	31.713	2062.510	747.288
176.098	0.321	0.362	27.503	85.828	31.097	2073.241	751.176
176.420	0.321	0.362	27.503	84.129	30.481	2080.215	753.703
176.741	0.321	0.362	27.503	82.429	29.866	2063.061	747.488
177.063	0.022	0.025	27.503	81.522	2.019	2061.911	51.066
177.085	0.321	0.362	27.514	80.635	29.219	2058.440	745.890
177.406	0.321	0.362	27.514	78.934	28.602	2054.547	744.479
177.727	0.321	0.362	27.514	77.233	27.986	2053.214	743.996
178.049	0.214	0.241	27.514	75.818	18.276	2032.247	489.891
178.262	0.321	0.363	27.756	74.813	27.169	2029.000	736.846
178.584	0.321	0.363	27.756	73.085	26.541	2018.440	733.011
178.905	0.321	0.363	27.756	71.357	25.914	2012.080	730.702
179.227	0.321	0.363	27.756	69.629	25.286	2000.486	726.491
179.548	0.321	0.363	27.756	67.901	24.659	1980.424	719.206
179.869	0.321	0.363	27.756	66.174	24.031	1957.818	710.996
180.191	0.321	0.363	27.756	64.446	23.404	1928.956	700.515
180.512	0.087	0.099	27.756	63.347	6.259	1914.785	189.193
180.599	0.321	0.326	9.189	25.148	8.187	1978.848	644.215
180.921	0.321	0.326	9.189	24.936	8.118	1969.591	641.201
181.242	0.321	0.326	9.189	24.723	8.049	1956.839	637.050
181.564	0.237	0.240	9.189	24.539	5.880	1952.035	467.770
181.800	0.321	0.346	21.604	50.573	17.481	1836.809	634.901
182.122	0.321	0.346	21.604	49.485	17.105	1816.689	627.946
182.443	0.321	0.346	21.604	48.398	16.729	1787.895	617.993
182.764	0.056	0.060	21.604	47.760	2.863	1780.208	106.732
182.820	0.321	0.346	21.604	51.698	17.870	1745.540	603.353
183.141	0.321	0.346	21.604	59.763	20.657	1736.944	600.382
183.463	0.280	0.301	21.604	67.311	20.285	1739.670	524.268
183.743	0.321	0.399	36.328	102.426	40.858	1590.868	634.601
184.064	0.321	0.399	36.328	112.247	44.776	1687.193	673.025
184.386	0.321	0.399	36.328	122.068	48.693	1905.763	760.214
184.707	0.321	0.399	36.328	131.889	52.611	2073.090	826.961
185.028	0.321	0.399	36.328	141.710	56.528	2200.062	877.610
185.350	0.321	0.399	36.328	151.531	60.446	2316.077	923.889
185.671	0.149	0.185	36.328	158.716	29.320	2370.573	437.922
185.820	0.119	0.148	36.328	160.474	23.769	2481.635	367.574
185.939	0.321	0.376	31.373	148.351	55.840	2530.997	952.683
186.261	0.321	0.376	31.373	146.197	55.030	2578.891	970.711
186.582	0.321	0.376	31.373	144.044	54.219	2618.520	985.627
186.903	0.321	0.376	31.373	141.891	53.409	2690.563	1012.745
187.225	0.115	0.135	31.373	140.427	18.988	2618.366	354.037
187.340	0.321	0.386	33.636	143.863	55.531	2617.218	1010.242
187.662	0.321	0.386	33.636	141.429	54.591	2623.530	1012.679
187.983	0.321	0.386	33.636	138.995	53.652	2643.755	1020.485
188.304	0.185	0.223	33.636	137.076	30.515	2637.130	587.055
188.490	0.321	0.406	37.577	141.134	57.230	2670.336	1082.823

188.811	0.321	0.406	37.577	138.190	56.036	2550.954	1034.414
189.132	0.321	0.406	37.577	135.246	54.843	2441.504	990.032
189.454	0.321	0.406	37.577	132.303	53.649	2369.454	960.816
189.775	0.321	0.406	37.577	129.359	52.455	2145.441	869.978
190.097	0.047	0.059	37.577	127.673	7.525	2076.901	122.411
190.143	0.321	0.343	20.506	87.327	29.963	2121.706	727.989
190.465	0.321	0.343	20.506	86.342	29.625	2098.843	720.144

-----  
**LEGENDA SIMBOLI**

X(m)	: Ascissa sinistra concio
dx(m)	: Larghezza concio
dl(m)	: lunghezza base concio
alpha(°)	: Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa)	: Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m)	: Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa)	: Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m)	: Forza resistente al taglio su base concio

-----

Strato 1 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

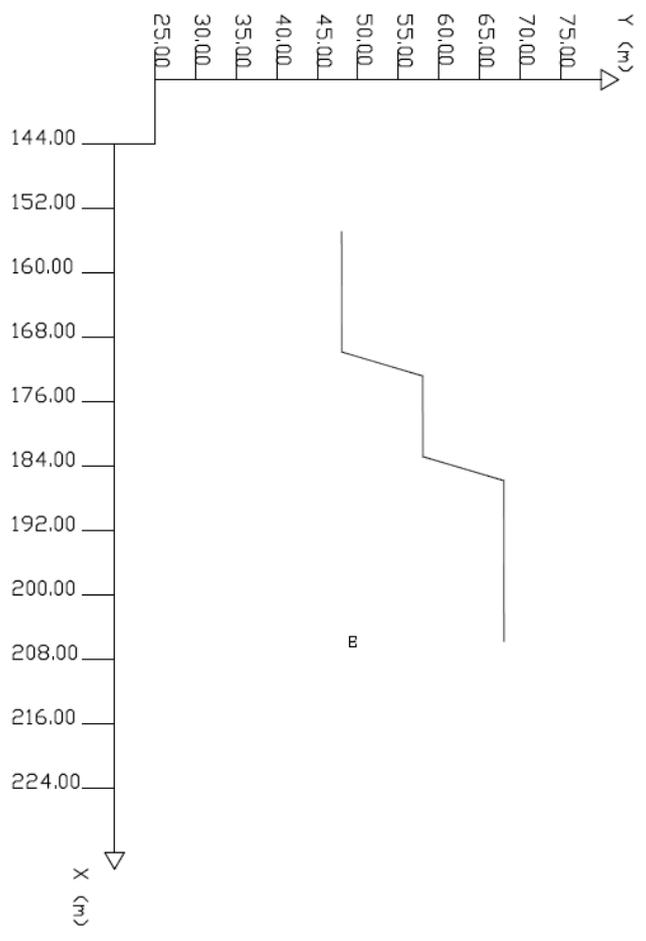
CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)  
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN'(kPa)	TauStrength(kPa)	Phi'(deg)	c'(kPa)
25.00	2284.94	54.27	1793.19
50.00	2339.12	54.03	1802.40
75.00	2366.42	53.91	1790.25
100.00	2421.44	53.67	1801.17
125.00	2449.16	53.55	1790.09
150.00	2505.02	53.31	1802.68
175.00	2533.15	53.20	1792.63
200.00	2589.85	52.96	1806.84
225.00	2618.41	52.85	1797.81
250.00	2675.95	52.61	1813.60
275.00	2704.93	52.50	1805.57
300.00	2763.31	52.27	1822.90
325.00	2792.71	52.16	1815.83
350.00	2822.26	52.04	1809.12
375.00	2881.77	51.82	1828.55
400.00	2911.74	51.71	1822.78
425.00	2941.85	51.60	1817.35
450.00	3002.49	51.37	1838.82
475.00	3033.03	51.26	1834.30
500.00	3063.70	51.15	1830.12
600.00	3219.23	50.61	1844.68
700.00	3378.33	50.07	1866.22
800.00	3508.21	49.65	1864.78
900.00	3673.82	49.13	1898.79
1000.00	3808.93	48.73	1907.84
1100.00	3946.40	48.32	1921.56
1200.00	4086.23	47.92	1939.85
1300.00	4228.45	47.53	1962.63
1400.00	4373.06	47.14	1989.80
1500.00	4483.11	46.85	1986.35
2000.00	5132.78	45.26	2088.22

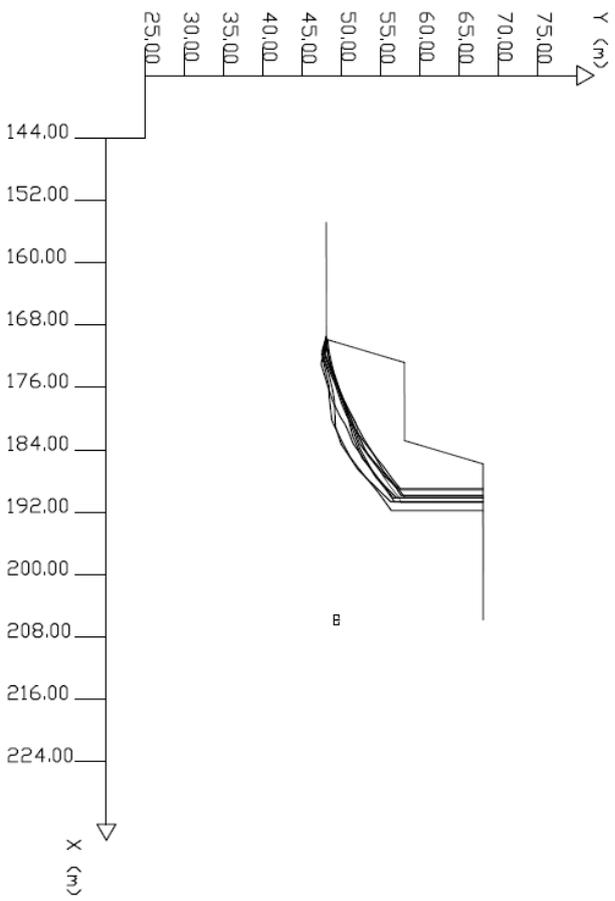
SSAP 5.0.2 (2021) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)  
 Data: 1/7/2022  
 Localita': Galatina  
 Descrizione:  
 [N] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati # -----

N	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgcl	GSI	mi	D
"	deg	KPa	KPa	KN/m3	KN/m3	MPa	"	"	"
1	0	0	0	24.15	24.51	165.00	67.00	9.00	0.70



SSAP 5.02 (2021) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr. Geol. Liborselli - www.liborsello-bor-sellieu  
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)  
 Data: 1/7/2022  
 Localita': Galatina  
 Descrizione:  
 [n] = N. strato o lente



Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)  
 DATI 10 SUP. CON MINDR Fs  
 Fs minimo : 24,9036  
 Range Fs : 24,9036 - 25,5585  
 Differenza % Range Fs : 2,56  
 Coefficiente Sismo orizzontale - Kh: 0,0110  
 Coefficiente Sismo verticale - Kv: 0,0055

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM  
 Campione Superfici - N: 10000  
 Lunghezza media segmenti (m) : 2,0  
 Range X inizio generazione : 155,8 - 201,7  
 Range X termine generazione : 160,9 - 204,8  
 Livello Y minimo considerato : 30,0

Parametri Geotecnici degli strati # -----

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
"	deg	KPa	KPa	KN/m3	KN/m3	MPa		"	"
1	0	0	0	24,15	24,51	165,00	67,00	9,00	0,70

Documentazione fotografica



1



2



3



4



5



6



7



8



