

# PROGETTO ESECUTIVO

REL.

2

0	PRIMA EMISSIONE	MARZO 2012		
REV. Rev.	DESCRIZIONE Description	DATA Date	VERIFICATO Checked	APPROVATO Approved
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17			
COMMITTENTE		PROGETTO		PROGETTAZIONE
 Sede Legale: Via Vittorio Veneto, 30 43045 Rubbiano di Solignano (PR)		<b>PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA CAVA DI ARGILLA "COCGETTA" COMUNE DI LENTELLA (CH)</b>		 Studio di Geologia Applicata e Ambientale 66041 ATESSA (CH) - Via A. Gramsci, 1 Tel. 0872.865994 - Fax. 0872.665019 web site <a href="http://www.sgaa.it">www.sgaa.it</a> - e-mail: <a href="mailto:info@sgaa.it">info@sgaa.it</a>

## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il progettista  
Geol. Nicola Tullo

## **SOMMARIO**

<b>1.0 PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2.0 CARATTERI GEOLOGICI</b>	<b>2</b>
<b>3.0 CARATTERI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI</b>	<b>4</b>
<b>4.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI</b>	<b>6</b>
<b>5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>	<b>9</b>
<i>5.1. Sondaggi geognostici</i>	<i>9</i>
<i>5.2. Caratteri stratigrafici e geotecnici.</i>	<i>10</i>
<b>6.0 ANALISI DI STABILITA'</b>	<b>11</b>

### **ALLEGATI:**

- Carta geologica
- Ubicazione indagini geognostiche
- Prospetti stratigrafici
- Verifiche di stabilità.

## **1.0 PREMESSA**

La presente relazione illustra i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici dell'area interessata **dall'ampliamento della cava d'argilla "Cocchetta" nel Comune di Lentella** al fine di valutare:

- il locale assetto dei terreni;
- le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti;
- le caratteristiche idrogeologiche dei sedimenti con l'analisi del reticolo idrografico superficiale, l'eventuale ubicazione di pozzi e sorgenti e della falda sotterranea;
- la stabilità delle scarpate di scavo.

Lo studio, pertanto, è stato articolato nelle seguenti fasi:

- reperimento di informazioni di carattere bibliografico e cartografico relative a studi ed indagini eseguite nella zona ed in aree limitrofe geologicamente simili;
- rilevamento geologico e geomorfologico della zona;
- esecuzione di n. 5 sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo;
- consultazione di n. 6 sondaggi meccanici eseguiti per l'installazione di altrettanti piezometri;
- redazione della presente relazione geologica e geotecnica.

## **2.0 CARATTERI GEOLOGICI**

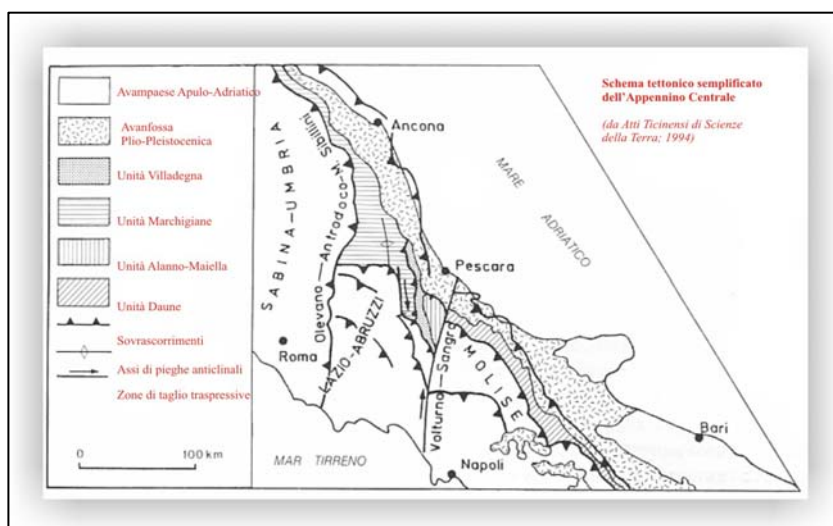
L'area in esame risulta cartografata nei Fogli 148 "Vasto" e 154 "Larino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e si colloca sulla sinistra idrografica del Trigno, in una fascia contraddistinta da un'evidente variabilità delle caratteristiche geolitologiche rappresentata dalle Unità del "Bacino Molisano".

L'analisi delle stratigrafie dei pozzi petroliferi permette di osservare la presenza di una serie calcareo-dolomitica di piattaforma fino ai termini del Miocene medio.

In seguito all'evoluzione tettonica della suddetta piattaforma si è generato il Bacino molisano con la definitiva differenziazione dall'Appennino calcareo e l'instaurarsi di una sedimentazione costituita da flysch prevalentemente calcareo.

I termini in affioramento più antichi, infatti, sono costituiti proprio da calcari marnosi con intercalazioni di calciruditi torbiditiche rappresentanti la “Formazione Faeto” (Ghisetti & Vezzani, 1997). A questi seguono i litotipi tardo-miocenici costituiti in prevalenza da marne e marne argillose grigie con intercalazioni di arenarie giallastre (marne pre-evaporitiche).

La loro deposizione continua fino al verificarsi della crisi di salinità che porta alla sedimentazione dei depositi evaporitici messiniani presenti nella zona d’interesse (gessi selenitici).



Nello schema tettonico semplificato qui riportato è possibile osservare quelli che sono i maggiori fronti di sovrascorrimento tra le diverse unità tettoniche, accavallatisi secondo un modello di migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese. In particolare i rapporti di imbricazione hanno ubicato le unità Umbro-Sabine e Laziali-Abruzzesi a tetto, mentre le più esterne unità Marchigiane, Villadegna-Cellino e Alanno-Maiella a letto (da Ghisetti e Vezzani, 1993).

L’area in esame è implicata nella zona di giunzione tra l’arco appenninico settentrionale e quello meridionale, separati da un lineamento tettonico ad andamento NNE-SSW, noto in letteratura come linea Ortona-Roccamonfina o linea Sangro – Volturno.

La tettonica, per lo più complessa, disordinata e spesso caotica, è direttamente collegata ai fenomeni di compressione generati dal movimento relativo tra la placca africana e la placca europea che determinano condizioni strutturali piuttosto complesse e, data l'elevata plasticità dei terreni presenti, di difficile riconoscimento.

I principali elementi strutturali sono infatti individuabili dall'andamento del reticolo idrografico che, sovente, è impostato lungo linee di più facile erodibilità (faglie o assi delle pieghe).

Il motivo tettonico principale che si presenta in generale nel bacino del fiume Trigno è rappresentato da faglie dirette in direzione SW-NE ma anche NW-SE che influenzano il decorso degli affluenti in tutta l'area medio-alta. Al contrario il percorso generale del F.Trigno è stato “preparato” dai lineamenti tettonici del primo gruppo (Balboni, 1968).

In generale la disarticolazione dei depositi miocenici è da attribuire all'arrivo delle coltri alloctone richiamate dallo “sprofondamento” progressivo del Bacino Molisano durante il Pliocene.

Queste, note in letteratura come Unità Sicilidi, sono costituite da olistoliti calcarei, marnosi, arenacei, gessosi ed hanno una matrice comune costituita dalle Argille Varicolori di età precedente alle formazioni sopra menzionate.

Dal punto di vista litologico sono costituite da argille scagliose rosse, verdi e grigie con intercalazioni di calcari marnosi.

Nella fascia a sud-est dell'area in studio le Unità considerate sono coperte dai sedimenti alluvionali del fiume Trigno costituiti in prevalenza da ghiaie sabbiose, limi argillosi ed argille limose.

### **3.0 CARATTERI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI**

L'area in studio, qualche chilometro fuori dal centro abitato di Lentella, s'inquadra lungo il confine regionale fra Abruzzo e Molise e più precisamente sul lato abruzzese, alla sinistra idrografica del fiume Trigno.

Lo stabilimento di proprietà della “Laterlite S.p.A.” occupa una ristretta fascia del fondovalle e si spinge fino al contatto con i termini argillosi costituenti il versante esposto a sud interessato dal progetto di ampliamento della cava.

La pianura alluvionale del Trigno, che in corrispondenza dell’area d’intervento risulta ancora alquanto limitata (poco più di 1 Km in larghezza), ha l’andamento antiappenninico SW-NE tipico dei corsi d’acqua ad esso prossimi e ciò è conseguenza della recente attività tettonica (Pleistocene inferiore).

L’alveo, nel settore medio-basso del suo percorso, in alcuni casi devia dal trend generale SW-NE. I cambiamenti di direzione più evidenti sono quelli in corrispondenza dell’area compresa fra Dogliola e Tufillo dove l’alveo descrive una curva con convessità verso SE in conformità del sollevamento recente Tufillo-Montemitro (*Rapisardi, 1978*).

Il suo andamento, inoltre, risulta traslato verso la destra idrografica come conseguenza dei basculamenti generati dai lineamenti tettonici ad andamento variabile da NE-SW a NW-SE che segmentano buona parte della costa adriatica. Queste hanno interessato la “striscia” dei terreni argilloso-sabbiosi affioranti fra il fronte appenninico e la costa suddividendoli in conci che presentano un’inclinazione prevalente verso SE (*Guerricchio, 1990*).

Nella fascia d’interesse il corso d’acqua presenta canali più o meno intrecciati anche se, in seguito all’erosione verticale causata dall’evento “alluvionale” del gennaio 2003, si è impostato, per un buon tratto, su un unico canale.

Numerosi sono, nella zona d’indagine, i fossi tributari a carattere torrentizio disposti sia in destra sia in sinistra idrografica che alimentano, durante gli eventi piovosi, il fiume Trigno. Hanno uno sviluppo dendritico con una densità di drenaggio piuttosto alta e modificano in modo evidente i profili dei versanti che drenano.

Si può affermare che nella zona i principali agenti di trasformazione sono legati a forme e processi di erosione dovuti all’azione delle acque unitamente al grado di acclività dei pendii e all’azione antropica di coltivazione.

Ben evidenti sono gli orli di scarpata fluviale generati dal fiume Trigno, segno dei diversi momenti erosivi.

Nella zona considerata nello studio il rischio di esondazione è limitato alle aree di fondovalle, mentre non riguarda l'area di cava.

Quest'ultima, unitamente alla zona d'ampliamento, non è interessata da corsi d'acqua.

Dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo è caratterizzato da sedimenti alluvionali fini in alto e sedimenti alluvionali grossolani in basso con una permeabilità idraulica medio-alta nella zona pianeggiante, in cui è localizzato lo stabilimento.

Questi ultimi depositi, costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli, possono essere raggruppati in un'unica formazione idrogeologica (acquifero), permeabile per porosità interstiziale e caratterizzata da un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  m/s per le ghiaie e  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s per i limi.

Il substrato di questa coltre alluvionale è rappresentato dalle Argille Varicolori dell'Oligocene, rinvenibili alla profondità variabile da 8.3 a 10.9 m dal p.c

La rete di monitoraggio ha permesso di ricostruire la morfologia di questa falda: dalla ricostruzione della superficie piezometrica della falda di sub-alveo si rileva una direzione di flusso principale (drenaggio preferenziale) orientato in direzione SW-NE ed una direzione derivata da Ovest ad Est.

La parte alta del versante invece, vale a dire quello interessato dalla escavazione è caratterizzato, come già accennato, da sedimenti limoso-argillosi con una permeabilità idraulica medio-bassa che non permettono l'instaurarsi di una vera e propria falda freatica.

#### **4.0 CARATTERI GEOMORFOLOGICI**

La conformazione geomorfologica è strettamente legata alla complessità geolito-logica di questa zona.

Una delle cause principali di tale condizione è senza dubbio la presenza delle coltri alloctone che hanno dislocato ammassi rocciosi calcarei e gessosi favorendo così la loro disgregazione e l'accumulo di grandi quantitativi di materiale detritico alla base.

Le “Argille Varicolori” sono, inoltre, sede di numerosi movimenti franosi, soprattutto per colamento, e sul versante d’interesse mostrano un’ampia area caratterizzata da movimenti superficiali che ne deformano il profilo (soliflusso).

Il territorio risulta, nel suo complesso, soggetto a dissesti idrogeologici legati essenzialmente alla natura litologica dei terreni che lo costituiscono, determinando un grado di rischio da medio a elevato per il verificarsi di processi morfogenetici semplici o complessi.

Nell’area di studio, si possono individuare zone in cui l’azione delle acque, unitamente al grado di acclività dei pendii, localmente presenta valori tali da favorire fenomeni gravitativi, anche di notevole estensione.

Tali fenomeni coinvolgono generalmente le porzioni più superficiali dei terreni di copertura, determinando aree interessate da forme di erosione superficiale e/o instabili per soliflusso generalizzato.

Nell’area sono presenti antichi corpi di frana generalmente quiescenti. La costituzione per lo più argillosa del substrato ha favorito, insieme alle condizioni morfologiche presenti, la diffusione di fenomeni di dissesto dovuti al dilavamento delle acque superficiali.

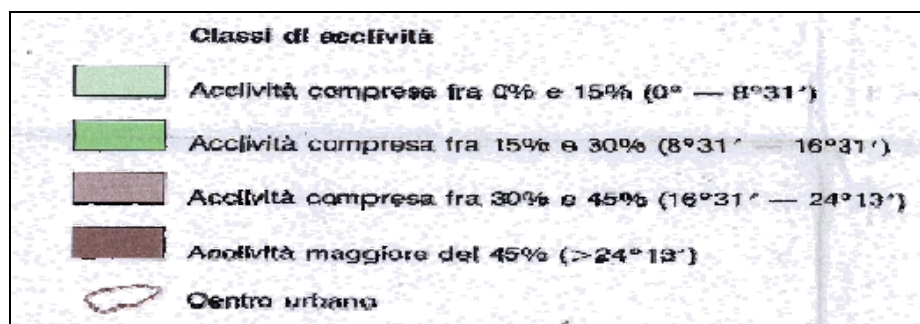
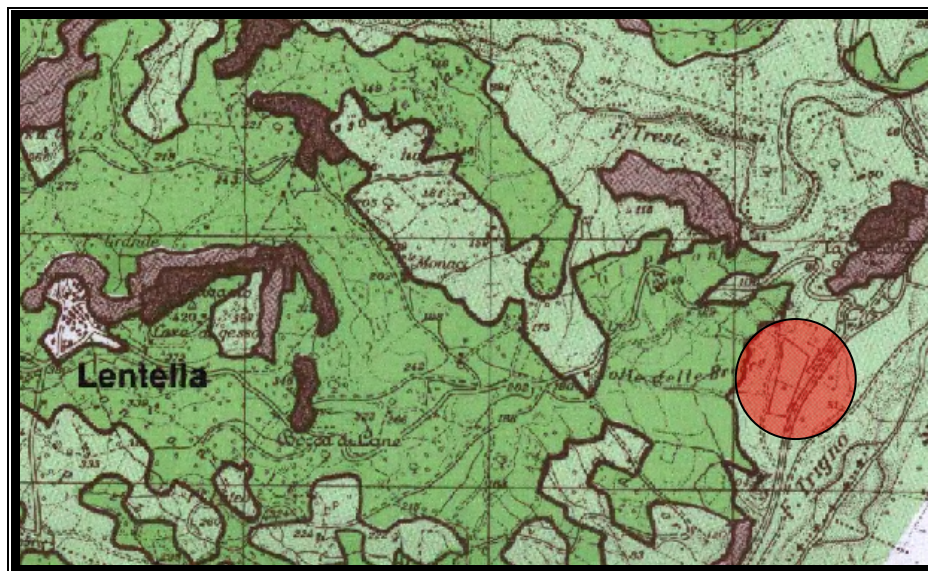
Fattori di instabilità potenziale sono attribuibili alla presenza di cigli di scarpate, presso i quali possono innescarsi, in occasione di intense piogge e/o di sismi, movimenti gravitativi di modesta entità.

Il sito interessato dal progetto è compreso tra due costoni costituiti da gessi, calcari sbriciolati, selciosi e pulverulenti; presenta una morfologia ondulata sia in senso longitudinale sia trasversale, rispetto all’andamento dell’asse fluviale del Trigno, che dà luogo ad un impluvio, con pendenza media del 12-13 % e direzione Nord-Ovest Sud-Est, afferente direttamente al F. Trigno.

Dal punto di vista dell’acclività i valori maggiori (anche > 45%) si distribuiscono in corrispondenza degli affioramenti calcareo-gessosi che danno origine, in seguito a fenomeni di crollo, a pendenze notevoli.

Ciò non accade per le litologie argilloso-sabbiose circostanti in cui i fenomeni erosivi meteorici tendono ad “addolcire” l’andamento del versante.





Pantaleone A., D'Alessandro L., (1987).

## **5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

### ***5.1. Sondaggi geognostici***

L'area interessata dall'ampliamento della cava è stata investigata mediante numerosi sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15.0 m dal piano campagna e ubicati come nella planimetria allegata.

La realizzazione dei sondaggi stratigrafici ha comportato l'esecuzione delle seguenti fasi operative:

- perforazione a rotazione e carotaggio continuo a profondità prestabilita;
- descrizione stratigrafica dei termini rinvenuti;
- esecuzione di prove speditive di campagna (pocket penetrometer) ed annotazione di osservazioni per una prima caratterizzazione geotecnica del materiale.

Le perforazioni sono state eseguite con il sistema a rotazione a secco con uso di carotiere semplice  $\phi$  101 mm.

La percentuale di carotaggio è risultata di circa il 70 % nei depositi incoerenti e del 95% in quelli coesivi.

La descrizione stratigrafica dei termini rinvenuti durante le operazioni di perforazione è stata effettuata in maniera tale da mettere in evidenza i seguenti caratteri:

- composizione granulometrica;
- colore dominante ed eventuali screziature di ciascun litotipo;
- grado di arrotondamento e diametro dei clasti a granulometria grossolana;
- consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi, valutata con il pocket penetrometer;
- presenza di materiale di origine organica, riporti, etc;
- composizione mineralogica, tessitura e struttura;
- grado di alterazione.

Per l'acquisizione dei termini stratigrafici si rimanda alle schede allegate e alle descrizioni riportate nel relativo paragrafo.

### ***5.2. Caratteri stratigrafici e geotecnici.***

Dai prospetti stratigrafici allegati si nota, al di sotto del cappellaccio di alterazione, di spessore variabile da 0.80 a 1.20 m, una successione monotona costituita da ***argille marnose a struttura scagliosa con prevalenti colori rosso, verde, avana e grigio (Argille Varicolori).***

All'interno di questo materiale sono presenti, a varie altezze, inclusioni calcarenitiche e calcareo-gessifere ed arenacee.

Le Argille Varicolori, sottilmente stratificate e spesso tettonizzate, possono essere definite come argille fortemente sovraconsolidate, fessurate e dilatanti: si tratta di materiali con alta percentuale della frazione argillosa, la cui plasticità medio-alta si accorda con la granulometria fina e la composizione mineralogica prevalentemente smectitica.

In esse la componente lapidea è rappresentata da relitti di strati contorti e disarticolati e da frammenti poligenici a spigoli vivi immersi nella matrice argillosa.

Quest'ultima è costituita da un insieme di scagliette, che ad occhio nudo risultano di dimensioni variabili dal millimetro al centimetro, con superficie esterna generalmente liscia e lucente, spesso striata.

L'orientamento delle scaglie è generalmente variabile e caotico, solo a volte si riscontra un assetto ordinato con una direzione preferenziale.

I fenomeni di alterazione e rigonfiamento influiscono sostanzialmente sulla struttura del materiale fino a determinare una matrice continua e rammollita, che ha perso i caratteri strutturali.

I materiali argillosi precedentemente illustrati si presentano sensibili all'azione delle acque meteoriche, con conseguenti fenomeni di ammolimento e degradazione delle caratteristiche di resistenza, le quali tendono a migliorare con la profondità.

Si tratta di sedimenti difficilmente il cui prelievo di campioni indisturbati risulta particolarmente difficile. I dati riportati in letteratura hanno fornito i seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

• <i>Peso di volume naturale</i>	$\gamma_n$	2,01 – 2,04 t/mc
• <i>Contenuto naturale d'acqua</i>	$W_n$	= 17,63 – 24,47 %
• <i>Densità secca</i>	$\gamma_s$	= 2,63 - 2,75 t/mc
• <i>Limite Liquido</i>	$LL$	= 50,50 – 68,00%
• <i>Limite Plastico</i>	$LP$	= 36,61 – 44,72%
• <i>Indice Plastico</i>	$IP$	= 13,89 – 23,61%
• <i>Indice di Consistenza</i>	$IC$	= 1,87-2,21
• <i>Angolo d'attrito efficace</i>	$\phi'$	= 24,00 – 30,00°
• <i>Coesione intercetta</i>	$c'$	= 0,30 – 0,50 Kg/cmq
• <i>Modulo di compressione Edometrico</i>	$Mo$	= 40 - 551 Kg/cmq

## **6.0 ANALISI DI STABILITA'**

L'ampliamento della cava interessa la formazione delle "Argille Varicolori" litologia particolarmente afflitta da movimenti franosi, soprattutto del tipo colata.

Nell'area, infatti, sono presenti antichi corpi di frana generalmente quiescenti. La costituzione argillosa del substrato ha favorito, insieme alle condizioni morfologiche presenti, la diffusione di fenomeni di dissesto dovuti al dilavamento delle acque superficiali che deformano il profilo dei versanti.

Tali fenomeni coinvolgono generalmente le porzioni più superficiali dei terreni di copertura, determinando aree interessate da forme di erosione superficiale e/o instabili per soliflusso generalizzato.

Fattori di instabilità potenziale sono attribuibili alla presenza di cigli di scarpate, presso i quali possono innescarsi, in occasione di intense piogge e/o di sismi, movimenti gravitativi di modesta entità.

Per l'ampliamento in progetto oggetto verrà utilizzato il metodo di scavo a gradoni con splateamento dall'alto e profilo di rilascio unico al fine di regolarizzare il versante aumentandone la stabilità

Si è quindi proceduto ad un'analisi delle condizioni di stabilità del pendio, lungo una sezione longitudinale, nell'ipotesi di realizzazione del progetto.

Premesso che, dal punto di vista geotecnico, i fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza al taglio del terreno lungo tale superficie, la verifica di stabilità si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad un'ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Le verifiche sono state effettuate utilizzando il metodo dell'equilibrio limite LEM, nell'ipotesi di deformazione piana.

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Per tener conto dell'andamento variabile delle tensioni lungo la superficie di scivolamento, l'intero pendio viene suddiviso in un insieme opportunamente fitto di strisce verticali.

La generica striscia è sottoposta ad un sistema di forze derivanti sia da azioni interne che da azioni di contatto agenti sul piano di campagna, sulle due interfacce che

la collegano alle strisce adiacenti e sulla parte della superficie di scivolamento tagliata dalla striscia.

L'ipotesi di stato di deformazione piano ha consentito di descrivere il pendio assegnando le caratteristiche geometriche e meccaniche della striscia unitaria, parallela alla direzione di scorrimento.

Anche se la suddetta ipotesi prescinde dall'aspetto tridimensionale in cui avviene il fenomeno franoso e da tutte le altre irregolarità presenti nella realtà, in situazioni di frane aventi forma approssimativamente cilindrica e molto allungata in direzione ortogonale al piano di deformazione, tale ipotesi è ritenuta sufficientemente accurata per rappresentare il fenomeno franoso che avviene nella parte centrale della frana.

Le verifiche sono state condotte nel rispetto delle seguenti normative:

- L. 02.02.1974 n. 64 - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*;
- D.M. 11.03.1988 - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, etc.*
- D.M. 14.01.2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni*

Tra i metodi di calcolo disponibili in letteratura, è stato utilizzato quello di Morgenstern-Price applicato a superfici di forma generica.

Sulla scorta delle indagini geognostiche la superficie di escavazione è stata sagomata con un fronte di abbandono unico con inclinazione non superiore a 30°.

Come si può notare dalle tabelle e sezioni riportate in allegato, adottando per il terreno in esame valori medi dei parametri geotecnici, sono stati ottenuti soddisfacenti valori del fattore di sicurezza ( $F_s > 1.3$ ).

Onde evitare l'innescio di fenomeni di erosione e di dissesto nelle operazioni di riassetto, sarà garantito l'allontanamento delle acque superficiali dilavanti provenienti da monte mediante la realizzazione di una rete drenante che intercetti tali acque convogliandole nei fossi naturali presenti.

Tale rete sarà costituita da un fosso di guardia lungo il perimetro della cava, con doppia pendenza, avente la funzione di intercettare ed allontanare le acque superficiali

ruscellati provenienti da monte, e da cunette di sottoscarpa in corrispondenza di ciascun gradone.

Le acque meteoriche, convogliate attraverso la rete drenante in apposite vasche di decantazione, già realizzate alla base della cava, saranno totalmente riutilizzate in stabilimento nel ciclo di produzione dell'argilla espansa.

Atessa, marzo 2012

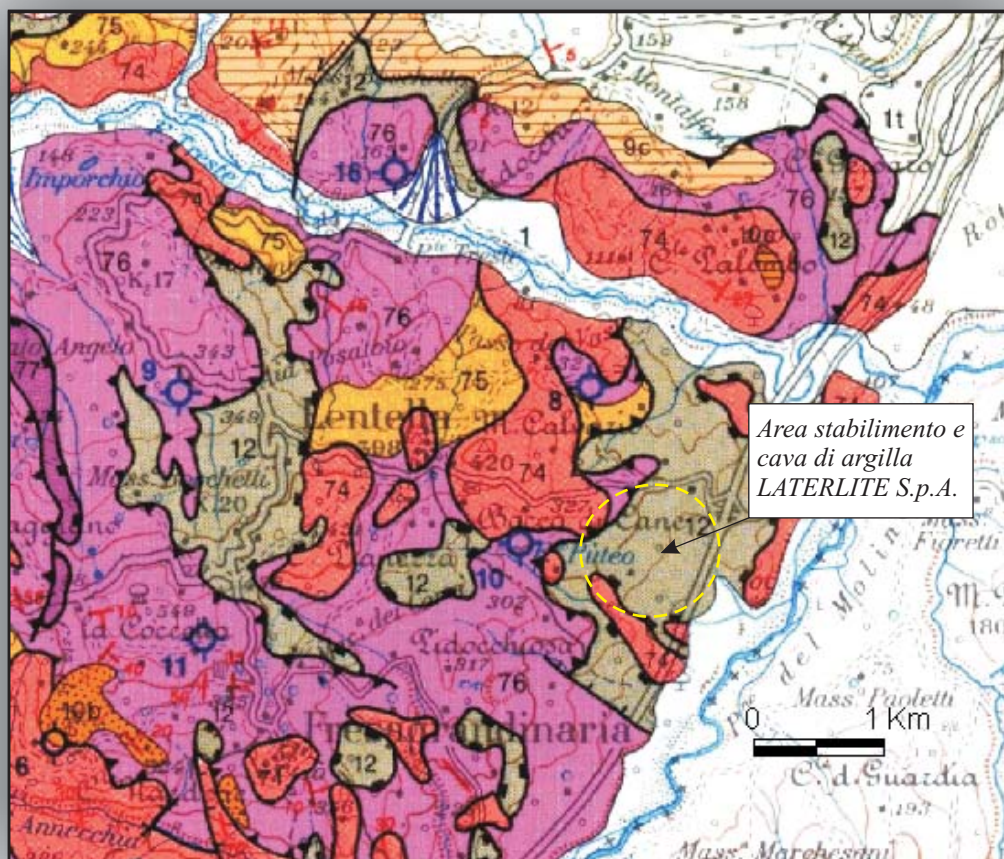
**Geol. Nicola Tullo**

## **PLANIMETRIE**

- *Carta Geologica;*
- *Ubicazione indagini geognostiche.*



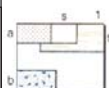
# STRALCIO CARTA GEOLOGICA DELL'ABRUZZO (Ghisetti & Vezzani)



## Legenda:



Ubicazione area d'interesse



Depositi lacustri argilloso-limoso sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle piane costiere (8). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene - Pleistocene superiore*



**Argille Varicolori (Auct.)** Argille scagliose rosse e verdi con intercalazioni di micriti calcaree, calcari mamosi tipo "pietra paesina" e radiolanti (a), in associazione tettonica con calciruditi, calcareniti, calcari micritici, gessi e calcari evaporitici. *Oligocene inferiore - Cretaceo superiore*. A volte difficilmente distinguibili dalle argille policrome, di età Burdigaliano-Oligocene superiore (7), presenti alla base delle Unità Molisane. Spessore: da qualche decina di metri fino ad oltre 1000 m.



74

**Successione evaporitica.** Depositi prevalentemente conglomeratici con clasti gessosi pesanti verso l'alto a gessaretti ed a gessosilti (Forte dell'Olimo in sinistra del Fiume Tre-  
sti). Foraminiferi bentonici di facies litorale e planctonici rarinaggiati. Spessore: 40-50 m.

**Pliocene inferiore? - Messiniano.** Separati da un'incerta discordanza angolare seguono verso il basso: gessaretti e gessosilti con intercalazioni di gessosilti in strati da qualche cm a 1-2 m, con alla base argille bituminose nerastre. Associazioni oligotipiche a soli Foraminiferi planctonici. Spessore: 50-60 m. A Gissi e Lentella prevalgono gessi selentici, cui si alternano gessosilti in lamine millimetriche e gessi a struttura nodulare, passanti verso il basso a pochi metri di marni distomitiche brune con microfossili in prevalenza planctoniche, a frequente *Orbulina universa*, e con *Globigerina quinqueloba*. Spessore: 70-80 m. *Messiniano - Tortoniano superiore?*



75

**Formazione di Vallone Ferrato.** Marni e marni argillose grigie, spesso laminati, con intercalazioni di arenarie gradate giallastre e di siltiti che tendono a diradarsi verso l'alto (Fiume Sinello). Foraminiferi in prevalenza planctonici con *Globorotalia acuturris* nei livelli inferiori, e *Globorotalia conanica* in quelli superiori. Spessore: 150-200 m. *Messiniano - Tortoniano.*

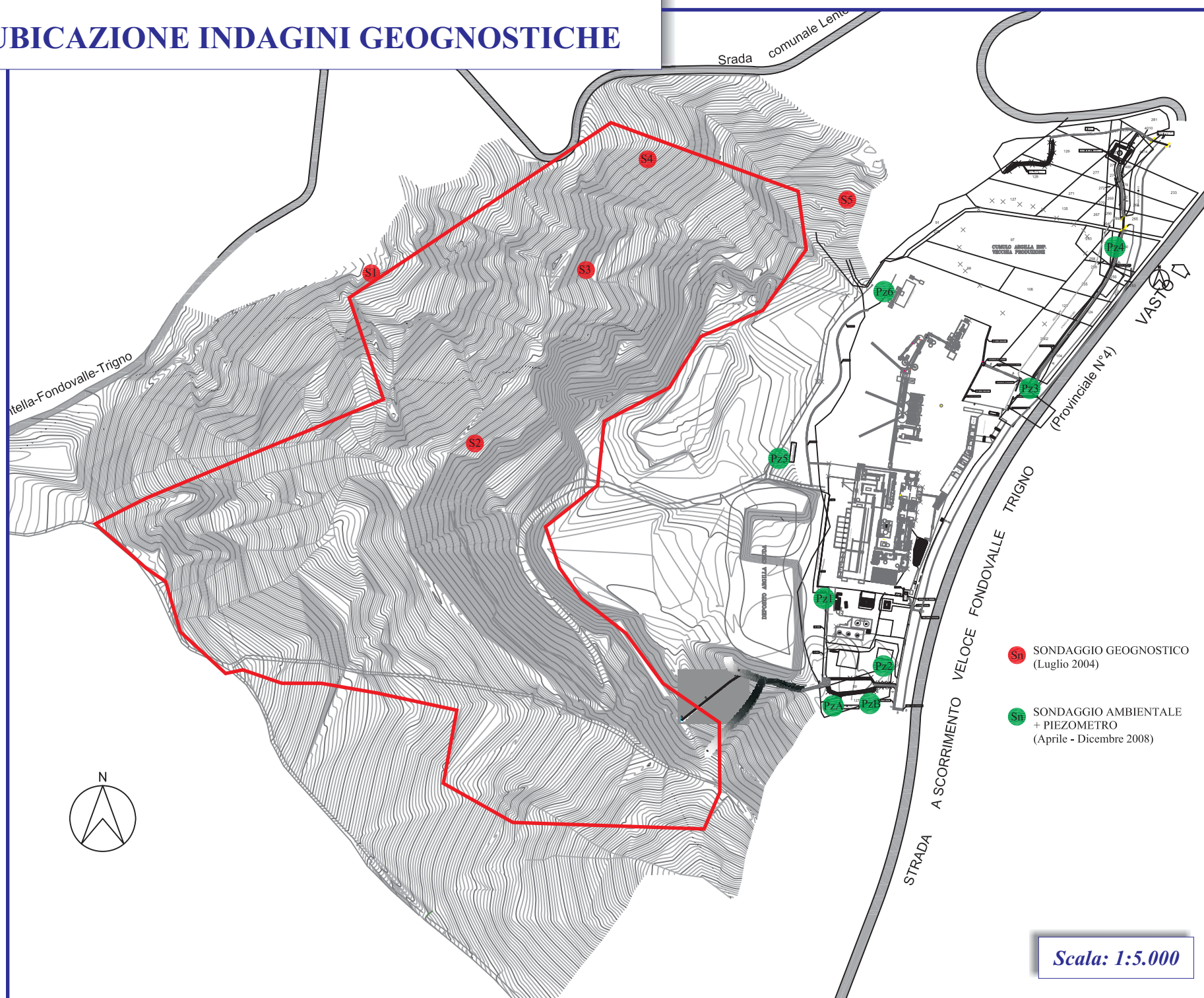


76

**Formazione Faeto.** Calcari mamosi e marni bianche con sottili intercalazioni di biocalcarenti e di calciruditi torbiditiche. Spessore: 300-400 m. *Tortoniano - Serravalliano.* Alla base sono presenti grossi banchi di calcareniti e calciruditi torbiditiche con sottili intercalazioni di marni chiare. *Langhiano.*



# UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



## **PROSPETTI STRATIGRAFICI**

Riferimento: LATERLITE S.p.a. - Ampliamento cava d'argilla Coccetta	Sondaggio: 1
Località: LENTELLA (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: EDILGEOSONDA s.n.c.	Data: 12 luglio 2004
Coordinate:	Redattore: Geol. Nicola Tullo
Perforazione: a rotazione e carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101				1									1.2	Ghiaia eterometrica in matrice limo-sabbiosa. Poco addensata.
				2										Argilla marnosa a struttura scagliosa, con prevalenti colorazioni rosso mattone, verde e grigio. Consistenza variabile.  Intercalazione di livelli calcarei fratturati.
				3										
				4										
				5										
101				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
101				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	

Non sono state rinvenute falde idriche.

Riferimento: LATERLITE S.p.a. - Ampliamento cava d'argilla Coccetta	Sondaggio: 2
Località: LENTELLA (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: EDILGEOSONDA s.n.c.	Data: 12 luglio 2004
Coordinate:	Redattore: Geol. Nicola Tullo
Perforazione: a rotazione e carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101				1									1.2	Terreno pedogenizzato, marrone
				2										Argilla marnosa a struttura scagliosa, con prevalenti colorazioni rosso mattone, verde e grigio. Consistenza variabile.
				3										
				4										
				5										
101				6										Presenza di frammenti calcarei e gessiferi.
				7										
				8										
				9										
				10										Livelli calcarei fratturati.
101				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	

Non sono state rinvenute falde idriche.

Riferimento: LATERLITE S.p.a. - Ampliamento cava d'argilla Coccetta	Sondaggio: 3
Località: LENTELLA (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: EDILGEOSONDA s.n.c.	Data: 13 luglio 2004
Coordinate:	Redattore: Geol. Nicola Tullo
Perforazione: a rotazione e carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
101					1									0.8	Terreno pedogenizzato, marrone
					2									2.1	Limi argillosi nocciola alternati a materiali detritici costituiti da frammenti calcarei in matrice limo-argillosa avana.
					3									Argilla marnosa a struttura scagliosa, con prevalenti colorazioni rosso mattone, verde e grigio. Consistenza variabile.	
					4										
					5										
101					6									Frammenti calcarei e gessiferi.	
					7										
					8										
					9										
					10										
101					11										
					12										
					13										
					14										
					15									15.0	

Non sono state rinvenute falde idriche.



Riferimento: LATERLITE S.p.a. - Ampliamento cava d'argilla Coccetta	Sondaggio: 4
Località: LENTELLA (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: EDILGEOSONDA s.n.c.	Data: 14 luglio 2004
Coordinate:	Redattore: Geol. Nicola Tullo
Perforazione: a rotazione e carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101				1										Ghiaia eterometrica in matrice argillosa
				2										
				3										Limi argillosi nocciola alternati a materiali detritici costituiti da frammenti calcarei in matrice limo-argillosa avana.
				4										
				5										Argilla marnosa a struttura scagliosa, con prevalenti colorazioni rosso mattone, verde e grigio. Consistenza variabile.
101				6										
				7										
				8										
				9										
				10										
101				11										
				12										
				13										
				14										
				15										

Non sono state rinvenute falde idriche.

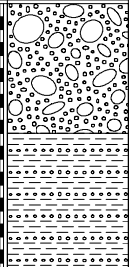
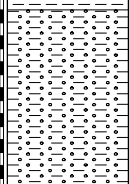
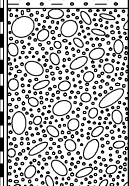
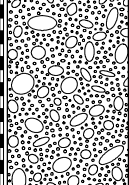
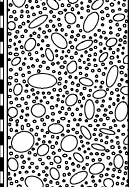
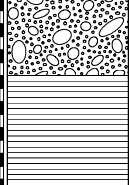
Riferimento: LATERLITE S.p.a. - Ampliamento cava d'argilla Coccetta	Sondaggio: 5
Località: LENTELLA (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: EDILGEOSONDA s.n.c.	Data: 15 luglio 2004
Coordinate:	Redattore: Geol. Nicola Tullo
Perforazione: a rotazione e carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
										S.P.T.	N				
101			1									1.1	Terreno pedogenizzato, marrone		
			2										2.3	Limi argillosi nocciola alternati a materiali detritici costituiti da frammenti calcarei in matrice limo-argillosa avana.	
			3											Argilla marnosa a struttura scagliosa, con prevalenti colorazioni rosso mattone, verde e grigio. Consistenza variabile.	
			4												
			5												
6															
101			7												Frammenti calcarei e arenacei.
			8												
			9												
			10												
			101	11											
12															
13															
14															
15															
													15.0		

Non sono state rinvenute falde idriche.

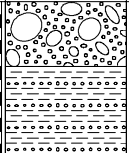
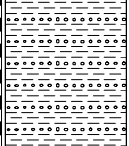
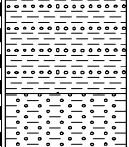
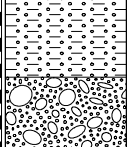
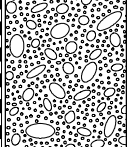
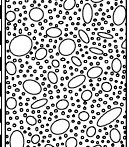


Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 1
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 10/04/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101				1		1) Dis < 1,45 1,55							1,0	Massetto e materiale di riporto
				2									2,1	Limo sabbioso marrone
101				3		2) Dis < 7,45 7,55							3,5	Sabbia limosa marrone
				4									8,3	Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa. Ciottoli subarrotondati di dimensioni fino a decimetriche
101				5		2) Dis < 7,45 7,55							8,3	Argilla varicolore
				6									12,0	
101				7		2) Dis < 7,45 7,55							12,0	
				8									12,0	
101				9		2) Dis < 7,45 7,55							12,0	
				10									12,0	
101				11		2) Dis < 7,45 7,55							12,0	
				12									12,0	

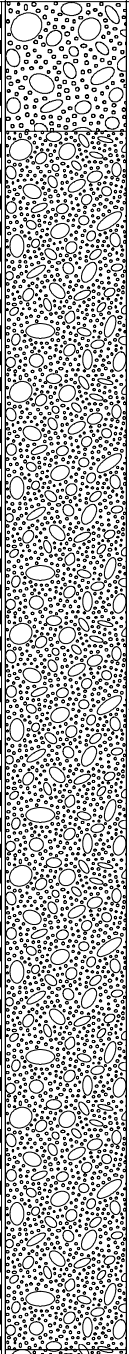
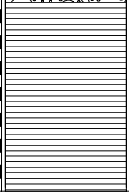
Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 1,45 - 1,55 m dal p.c.;  
-- 7,45 - 7,55 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 2
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 11/04/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101													0.5	Massetto e materiale di riporto
				1										Limo argilloso-sabbioso marroncino con macchie rosse e grigie. Ciottoli sparsi
				2										
101						1) Dis < 1,45 1,55							3.0	Sabbia limosa avana con ghiaietto sparso
				3										
				4									4.0	Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa. Ciottoli subarrotondati di dimensioni fino a decimetriche
101														
				5										
				6										
101														
				7										
				8										
101						2) Dis < 7,85 8,00								
				9										
				10									9.3	Argilla varicolore
101														
				11										
				12									12.0	

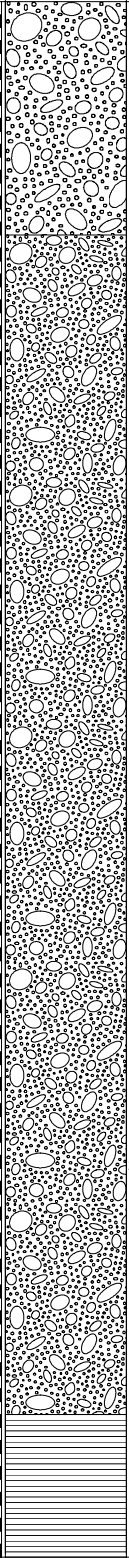
Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 1,45 - 1,55 m dal p.c.;  
-- 7,85 - 8,00 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 3
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 11/04/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
101				1										Materiale di riporto
				2									1,0	Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa. Ciottoli subarrotondati di dimensioni fino a decimetriche
				3										
101				4										
				5										
				6										
101				7										
				8										
				9										
101				10										
				11									10,4	Argilla varicolore
													11,9	

Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 1,45 - 1,55 m dal p.c.;  
-- 5,45 - 5,55 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 4
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 12/04/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
101				1										Materiale di riporto
				2		1) Dis < 2,00 2,15							1.8	Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa. Ciottoli subarrotondati di dimensioni fino a decimetriche
				3										
101				4										
				5										
				6										
101				7										
				8										
				9		2) Dis < 9,00 9,20								
101				10										
				11									10,9	Argilla varicolore
				12									12,0	

Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 2,00 - 2,15 m dal p.c.;  
-- 9,00 - 9,20 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 5
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 09/12/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
127				1										Massetto e materiale di riporto del piazzale
				2										Terreno di riporto argilloso con inclusi marnosi rossastri
				3										Argilla marnosa da azzurra a grigio plumbea con rottura scistosa e inclusi marnoso-arenacei. Livelli rossastri e nuclei di carbonato di calcio. Molto consolidata
101				4		1) Dis < 2.50 2.70								
				5										
				6										
101				7		2) Dis < 4.50 4.65								
				8										
				9										
101				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15										

Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 2,50 - 2,70 m dal p.c.;  
-- 4,50 - 4,65 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

Riferimento: Laterlite S.p.A.	Sondaggio: Pz 6
Località: Lentella (CH)	Quota:
Impresa esecutrice: Terra Drilling Technology	Data: 09/12/2008
Coordinate:	Redattore: Geol.M.F.Di Paolo
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo	

ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
127				1									1.2	Massetto e materiale di riporto del piazzale
				2		1) Dis < 1.80 2.00								Argilla marnosa marroncina con inclusi argillosi e marnoso-arenacei. Nella parte bassa livelli rossastri e nerastrì e nuclei di carbonato di calcio. Tra i 7,0 e i 9,0 m livello argilloso verdastro
101				3										
				4		2) Dis < 4.00 4.20								
				5										
				6										
101				7										
				8										
				9									8.9	Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-limosa marroncina e grigia. Ciottoli subarrotondati di dimensioni fino a decimetriche con nuclei color ruggine o argillosi.
101				10										
				11									11.1	Argilla marnosa grigia
				12									12.0	

Dalle cassette calogatrici sono stati prelevati i seguenti campioni di terreno:  
-- 1,80 - 2,00 m dal p.c.;  
-- 4,00 - 4,20 m dal p.c.  
I campioni sono stati prelevati in barattoli di vetro e conservati in frigorifero fino al trasporto in laboratorio

## **ANALISI DI STABILITA'**

# LATERLITE S.p.A.

## Progetto di ampliamento cava

### Analisi di stabilità in condizioni di progetto

#### Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Lat./Long.	41,99412/14,712879
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,4	2,5	0,29
S.L.D.	50,0	0,49	2,52	0,34
S.L.V.	475,0	1,09	2,6	0,44
S.L.C.	975,0	1,34	2,69	0,46

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6	0,2	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.V.	1,635	0,24	0,04	0,02
S.L.C.	1,9825	0,24	0,0485	0,0243

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0122
Coefficiente azione sismica verticale	0,0061

#### Vertici profilo

N	X m	y m
1	-3,12	56,48
2	6,18	58,52
3	14,47	62,34
4	25,8	68,46
5	128,64	69,32
6	146,8	75,53
7	185,1	98,06



8	225,99	122,85
9	246,24	134,0
10	259,87	142,26
11	262,89	143,87
12	268,51	144,31
13	275,31	144,31
14	287,13	146,53
15	302,42	145,98
16	308,62	145,1 6

**Vertici superficie Nr...1**

N	X m	y m
1	133,29	71,02
2	140,43	70,45
3	148,26	71,27
4	156,71	72,72
5	163,51	74,57
6	174,23	78,08
7	184,96	83,06
8	199,87	91,45
9	209,68	99,72
10	214,38	105,32
11	219,15	112,48
12	223,81	121,56

**Vertici superficie Nr...2**

N	X m	y m
1	133,82	71,2
2	140,39	70,07
3	148,26	70,48
4	156,77	71,48
5	163,66	72,97
6	174,55	75,91
7	185,52	80,32
8	195,4	84,58
9	201,03	87,47
10	207,04	91,65
11	211,08	95,67
12	216,07	101,02
13	221,18	107,88
14	231,82	126,09

**Vertici superficie Nr...3**

N	X m	y m
1	134,97	71,59
2	140,34	69,68
3	148,21	69,69
4	156,77	70,24
5	163,72	71,37
6	174,75	73,73
7	185,94	77,57
8	195,82	81,27
9	201,8	83,9
10	207,12	87,61
11	212,27	91,55
12	217,53	96,63
13	223,02	103,25

14	229,04	111,92
15	235,44	121,69
16	240,01	130,61

**Vertici superficie Nr...4**

N	X m	y m
1	134,06	71,28
2	140,26	69,31
3	148,12	68,89
4	156,7	69,0
5	163,7	69,77
6	174,84	71,55
7	186,21	74,79
8	200,73	79,57
9	213,24	87,38
10	218,76	92,18
11	224,59	98,5
12	234,76	110,4
13	240,16	118,32
14	244,7	126,91
15	249,36	135,93

**Vertici superficie Nr...5**

N	X m	y m
1	134,29	71,36
2	140,16	68,93
3	148,0	68,11
4	156,56	67,76
5	163,6	68,16
6	174,81	69,36
7	186,34	72,0
8	202,78	76,64
9	213,99	83,16
10	219,75	87,67
11	225,91	93,67
12	237,97	106,02
13	245,55	116,97
14	251,78	126,74
15	254,47	132,81
16	257,59	140,92

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo.

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.35	28	1800,00	2100,00	argilla varicolori

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

### Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,37

Lambda = 0,468

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	4,51	-4,58	4,53	7732,33
2	4,51	0,45	4,51	21585,28
3	4,51	6,01	4,54	32042,71
4	4,51	8,73	4,57	44904,77
5	4,51	9,69	4,58	60518,83
6	4,51	14,52	4,66	74200,94
7	4,51	16,29	4,7	85657,87
8	4,51	18,1	4,75	95871,48
9	4,51	18,1	4,75	105448,3
10	4,51	24,79	4,97	112552,0
11	4,51	24,9	4,97	117141,3
12	4,51	27,64	5,09	120646,8
13	4,51	29,36	5,18	122954,1
14	4,51	29,36	5,18	124551,0
15	4,51	32,9	5,37	124600,7
16	4,51	40,15	5,9	119500,9
17	4,51	41,6	6,03	109987,2
18	4,51	50,61	7,11	93611,23
19	4,51	56,52	8,18	65793,06
20	4,51	62,83	9,88	24594,55

### Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	8369,74	17901,77	0,0	0,0	-2009,24	9775,22
2	18172,03	38867,57	8369,74	17901,77	12077,93	14697,8
3	27355,9	58510,67	18172,03	38867,57	24943,04	19280,98
4	36629,73	78346,16	27355,9	58510,67	38417,4	24085,96
5	46692,86	99869,88	36629,73	78346,16	53598,04	29454,9
6	54315,75	116174,2	46692,86	99869,88	68750,41	34979,07
7	60981,77	130432,0	54315,75	116174,2	80028,88	39038,57
8	66345,95	141905,2	60981,77	130432,0	89784,36	42577,79
9	71756,44	153477,6	66345,95	141905,2	98893,03	45782,09
10	71222,38	152335,3	71756,44	153477,6	102232,3	47473,33
11	70374,36	150521,5	71222,38	152335,3	106305,8	48916,27
12	66936,8	143169,0	70374,36	150521,5	106479,9	49253,07
13	61849,19	132287,3	66936,8	143169,0	106182,1	49341,62
14	56631,07	121126,4	61849,19	132287,3	107549,8	49822,73
15	48399,4	103519,9	56631,07	121126,4	101778,3	48248,69
16	35191,23	75269,4	48399,4	103519,9	82842,05	42812,19
17	22510,14	48146,23	35191,23	75269,4	73336,27	39771,0
18	7907,47	16913,04	22510,14	48146,23	44006,28	31947,21
19	-1941,62	-4152,87	7907,47	16913,04	23702,82	27281,48
20	-0,03	-0,06	-1941,62	-4152,87	13840,39	27750,33

**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,34**

Lambda = 0,466

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	4,89	-9,8	4,96	11068,34
2	4,89	-0,89	4,89	29825,13
3	4,89	3,34	4,9	43613,27
4	4,89	6,69	4,92	63936,29
5	4,89	8,64	4,94	83447,83
6	4,89	12,26	5,0	100809,9
7	4,89	14,93	5,06	115706,4
8	4,89	15,1	5,06	129469,9
9	4,89	19,99	5,2	141144,3
10	4,89	21,9	5,27	149978,4
11	4,89	22,56	5,29	157741,3
12	4,89	23,31	5,32	165607,9
13	4,89	25,08	5,4	172344,3
14	4,89	29,57	5,62	176146,2
15	4,89	35,52	6,01	174660,6
16	4,89	45,36	6,96	163601,9
17	4,89	48,51	7,38	143577,6
18	4,89	54,56	8,43	115112,3
19	4,89	59,71	9,69	74149,98
20	4,89	59,71	9,69	24964,55

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	12015,74	25798,27	0,0	0,0	-5235,2	9896,73
2	24841,54	53335,77	12015,74	25798,27	16756,14	17663,89
3	37749,2	81049,04	24841,54	53335,77	32501,36	23365,43
4	51105,45	109725,4	37749,2	81049,04	53872,38	31139,13
5	64898,07	139338,8	51105,45	109725,4	73663,83	38336,55
6	76600,9	164465,2	64898,07	139338,8	92749,86	45363,14
7	86282,85	185252,7	76600,9	164465,2	108119,4	51045,61
8	96254,91	206663,2	86282,85	185252,7	121299,7	55812,88
9	100697,9	216202,5	96254,91	206663,2	131947,4	59985,14
10	102781,1	220675,2	100697,9	216202,5	139058,8	62710,61
11	103874,4	223022,5	102781,1	220675,2	145712,3	65171,37
12	103788,5	222838,1	103874,4	223022,5	152223,2	67591,49
13	101167,3	217210,1	103788,5	222838,1	156146,2	69184,03
14	92640,97	198903,9	101167,3	217210,1	151462,7	68023,67
15	77194,36	165739,4	92640,97	198903,9	135089,1	63030,2
16	53068,52	113940,2	77194,36	165739,4	94344,09	50581,48
17	30079,27	64581,39	53068,52	113940,2	72640,54	43751,29
18	9403,43	20189,54	30079,27	64581,39	41835,77	35129,9
19	-2326,98	-4996,11	9403,43	20189,54	21018,95	30612,48
20	-0,05	-0,11	-2326,98	-4996,11	15546,24	28637,29

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1,32**

Lambda = 0,464

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	5,24	-19,48	5,56	17214,63
2	5,24	0,01	5,24	42886,02
3	5,24	1,86	5,25	62310,45
4	5,24	3,69	5,25	89021,6
5	5,24	8,55	5,3	112818,7
6	5,24	10,81	5,34	133485,8
7	5,24	12,1	5,36	152564,5
8	5,24	15,16	5,43	169665,5
9	5,24	18,9	5,54	183601,9
10	5,24	19,42	5,56	195519,7
11	5,24	20,58	5,6	207472,7
12	5,24	21,9	5,65	218227,7
13	5,24	27,11	5,89	225604,2
14	5,24	35,62	6,45	225199,0
15	5,24	39,43	6,79	217112,3
16	5,24	45,94	7,54	201187,8
17	5,24	51,57	8,44	174428,2
18	5,24	55,38	9,23	136937,3
19	5,24	56,77	9,57	90598,39
20	5,24	62,17	11,23	33232,89

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	22837,03	49231,14	0,0	0,0	-21551,89	5499,22
2	38377,34	82732,31	22837,03	49231,14	27612,5	22687,45
3	56068,59	120870,4	38377,34	82732,31	46189,18	29477,91
4	76258,2	164394,4	56068,59	120870,4	71961,63	38909,0
5	93659,59	201907,5	76258,2	164394,4	100408,2	49412,39
6	109944,5	237014,0	93659,59	201907,5	122200,0	57456,62
7	125728,8	271040,9	109944,5	237014,0	141394,1	64524,69
8	137750,8	296957,6	125728,8	271040,9	159393,3	71265,35
9	144319,1	311117,2	137750,8	296957,6	172411,0	76282,96
10	150091,6	323561,3	144319,1	311117,2	183423,6	80346,54
11	153896,9	331764,8	150091,6	323561,3	193852,5	84253,73
12	155289,3	334766,3	153896,9	331764,8	202546,0	87550,02
13	147647,7	318292,8	155289,3	334766,3	200082,6	87225,66
14	126809,0	273369,7	147647,7	318292,8	173346,5	78808,08
15	101600,3	219025,8	126809,0	273369,7	151979,7	71818,64
16	70655,26	152315,7	101600,3	219025,8	112585,0	59237,6
17	39101,82	84294,11	70655,26	152315,7	73739,26	47205,84
18	13354,35	28788,77	39101,82	84294,11	45847,57	38927,67
19	-1162,41	-2505,89	13354,35	28788,77	30807,46	34249,01
20	0,0	0,01	-1162,41	-2505,89	16924,87	33177,28

**Superficie Nr...4 Fattore di sicurezza=1,31**

Lambda = 0,464

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	5,76	-17,68	6,04	19697,78
2	5,76	-3,75	5,77	51545,57
3	5,76	-0,84	5,76	78937,58
4	5,76	1,22	5,76	113822,5
5	5,76	6,26	5,79	144999,9
6	5,76	8,76	5,82	172218,7
7	5,76	9,1	5,83	197927,7
8	5,76	15,52	5,97	219949,5
9	5,76	15,9	5,98	238256,7
10	5,76	18,16	6,06	255765,8
11	5,76	18,24	6,06	272303,9
12	5,76	24,71	6,34	284899,9
13	5,76	31,97	6,79	288707,1
14	5,76	34,64	7,0	285639,8
15	5,76	43,12	7,89	273266,3
16	5,76	47,98	8,6	248402,0
17	5,76	49,48	8,86	214754,5
18	5,76	53,03	9,57	173118,3
19	5,76	59,81	11,44	115122,1
20	5,76	62,58	12,5	39397,14

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	23715,89	51110,39	0,0	0,0	-19160,67	7597,71
2	45253,07	97525,4	23715,89	51110,39	27262,57	24053,23
3	69953,19	150756,9	45253,07	97525,4	53942,97	33862,75
4	98657,88	212618,8	69953,19	150756,9	87076,84	46082,0
5	123921,8	267065,3	98657,88	212618,8	125641,9	60382,79
6	147815,4	318558,7	123921,8	267065,3	155153,3	71345,71
7	173510,3	373934,0	147815,4	318558,7	179635,1	80386,51
8	187621,9	404346,2	173510,3	373934,0	207045,4	90844,02
9	201552,7	434368,4	187621,9	404346,2	224571,0	97333,36
10	211011,6	454753,6	201552,7	434368,4	240903,8	103532,4
11	220480,9	475160,9	211011,6	454753,6	256557,8	109311,2
12	215370,0	464146,5	220480,9	475160,9	258974,1	110871,7
13	195025,5	420301,8	215370,0	464146,5	238576,0	104440,4
14	169818,0	365976,8	195025,5	420301,8	224339,2	99701,23
15	131072,8	282476,6	169818,0	365976,8	169620,5	81683,95
16	89178,48	192189,6	131072,8	282476,6	126028,2	67340,02
17	52184,7	112463,9	89178,48	192189,6	101835,6	59051,18
18	20607,75	44412,0	52184,7	112463,9	67671,85	48184,5
19	-622,55	-1341,65	20607,75	44412,0	28170,4	38165,26
20	-0,01	-0,02	-622,55	-1341,65	18732,23	37242,35

**Superficie Nr...5 Fattore di sicurezza=1,32**

Lambda = 0,461

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	6,16	-21,42	6,61	25050,1
2	6,16	-5,99	6,19	65347,08
3	6,16	-3,07	6,17	102322,5
4	6,16	-0,06	6,16	144324,3
5	6,16	4,0	6,17	182112,0
6	6,16	6,1	6,19	216216,5
7	6,16	9,13	6,24	247225,2
8	6,16	12,9	6,32	274069,1
9	6,16	14,53	6,36	297881,2
10	6,16	15,76	6,4	320765,3
11	6,16	15,76	6,4	342865,1
12	6,16	28,87	7,03	355784,2
13	6,16	30,84	7,17	357958,6
14	6,16	38,97	7,92	351341,8
15	6,16	44,51	8,63	331559,4
16	6,16	45,68	8,81	302075,6
17	6,16	47,76	9,16	267157,6
18	6,16	55,3	10,82	217901,1
19	6,16	57,37	11,42	154214,1
20	6,16	67,28	15,94	60804,91

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	32755,85	71053,88	0,0	0,0	-32867,55	3908,53
2	60772,63	131827,8	32755,85	71053,88	31262,93	26383,9
3	94109,48	204142,0	60772,63	131827,8	65710,08	38944,01
4	130997,4	284159,3	94109,48	204142,0	108236,8	54503,25
5	165716,2	359471,1	130997,4	284159,3	153243,1	71028,44
6	200163,4	434193,8	165716,2	359471,1	189715,0	84438,99
7	230381,9	499743,7	200163,4	434193,8	225668,7	97717,16
8	252914,0	548620,3	230381,9	499743,7	256983,7	109383,9
9	272307,5	590688,6	252914,0	548620,3	280981,5	118282,3
10	289143,7	627209,6	272307,5	590688,6	303244,7	126528,0
11	306661,4	665208,9	289143,7	627209,6	324315,9	134247,9
12	288022,7	624778,0	306661,4	665208,9	308185,0	129864,9
13	264268,6	573250,7	288022,7	624778,0	300951,6	127553,7
14	222041,5	481651,8	264268,6	573250,7	247347,7	109719,3
15	171018,4	370972,6	222041,5	481651,8	193854,5	91843,67
16	123073,5	266970,6	171018,4	370972,6	168764,4	83084,57
17	78289,23	169824,8	123073,5	266970,6	136461,8	72083,64
18	34017,61	73790,9	78289,23	169824,8	68843,82	51308,58
19	4194,4	9098,49	34017,61	73790,9	43685,33	43540,4
20	-0,02	-0,05	4194,4	9098,49	16170,97	44369,77

LATERLITE S.p.A.  
 Progetto di ampliamento cava  
 Analisi di stabilità in condizioni di progetto  
 Metodo di Morgenstern e Price

Fs=1,32 Sup...5  
 Fs=1,31 Sup...4  
 Fs=1,32 Sup...3  
 Fs=1,34 Sup...2  
 Fs=1,37 Sup...1

