



Comune di Poggio Torriana



Comune di Novafeltria

Proponente:

**ICR**  
**IMPIANTI CAVE ROMAGNA**  
 Via Pio Turrone, 235 CESENA  
 Partita IVA - IT 01851940401



r\_empto.Giunta - Prot. 12/06/2023/0569355.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da GIORGINI MASSIMO

Gruppo di lavoro:

**GEOTECO**  
 Dott. Geol. Fabio Fabbri  
 Viale Voltumo 141, 48015 Cervia (RA)  
 cell. 335.5246445 - geofabiofabbr@gmail.com

STUDIO DI ARCHITETTURA

**LAPIS**

Arch. Claudio Lazzarini  
 via Della Costa 14  
 47822 Santarcangelo di R. (RN)  
 Tel. 0541/625205 - info@studiolapis.org



via zio balducci, 53 d-1  
 serraalle 47899 repubblica di san marino  
 telefono /fax 0549-900014  
 e-mail pampa@pampastudio.eu

Dott. Filippo Piva  
 Paesaggista

Dott. For. Cristian Guidi  
 Forestale

Elaborazioni cartografiche

**Geologica**  
 Tecnologie per il territorio

Piazza Marini 25  
 47822 Santarcangelo di R. (RN)  
 Tel. 0541/624073 - geologica.2022@gmail.com

Oggetto:

Variante alla sistemazione finale della Cava  
 Monte del Ronco nei Comuni di Poggio Torriana  
 e Novafeltria in Provincia di Rimini

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA E TECNICA

Elaborato:

**B**

Tipo:

Relazione tecnica

Scala:

---

Data:

Maggio 2023

PREMESSA.....	3
I – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....	5
II – INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	7
II.1 – Note Introduttive .....	7
II.2 – Stratigrafia .....	8
II.4 – Geomorfologia .....	12
II.5 – Idrologia.....	14
III – CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI LOCALI .....	16
III.1 – Note Introduttive .....	16
III.2 – Caratteri Litostratigrafici.....	17
III.3 – Aspetti geomorfologici.....	29
III.4 – Caratteri geotecnici.....	30
III.5 – Parametri geotecnici caratteristici .....	39
IV – SISMICITA' .....	40
IV.1 – Categoria di sottosuolo .....	40
IV.2 – Condizioni topografiche.....	40
IV.2.4 – Zonizzazione sismica .....	40
IV.2.5 – Pericolosità sismica di base .....	41
IV.2.6 – Pericolosità sismica locale .....	41
IV.2.7 – Coefficienti sismici orizzontali e verticali .....	41
IV.2.8 – Parametri sismici.....	42
IV.2.9 – Considerazioni sulla liquefazione .....	44
V – VERIFICHE STABILITA' .....	53
V.1– Considerazioni Generali.....	53
V.2– Parametri Geotecnici .....	53
V.3– Sezioni e Calcoli.....	57

V.3– Analisi dei risultati.....	90
VI – ANALISI DEI VINCOLI TERRITORIALI .....	91
VII – INDIRIZZI OPERATIVI E PIANO DI MONITORAGGIO .....	93
VIII – INTERVENTI DI PROGETTO – LINEE GENERALI.....	93
VIII.1 CONSIDERAZIONI GENERALI .....	95
VIII.2 LOGISTICA E DINAMICA DEGLI INTERVENTI.....	96
VIII.3 INDIRIZZI OPERATIVI DI RICOMPOSIZIONE MORFOLOGICA E DI REGIMAZIONE IDRICA .....	98
VIII.4 INTERVENTI DI PROGETTO – QUANTITA’.....	99
IX. LINEE GENERALI DEL PIANO DI SISTEMAZIONE FINALE – VEGETAZIONALE .	100
IX.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	100
IX.2 PEDOLOGIA .....	100
IX.3 VEGETAZIONE E USO DEL SUOLO.....	101
X. MODALITA’ DI ACCETTAZIONE E VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	103
CONCLUSIONI.....	104

## PREMESSA

---

La sistemazione del sito estrattivo dismesso denominato Cava Monte del Ronco in Comune di Poggio Torriana, si è attuato con una progressione di modellazioni morfologiche finalizzate a conseguire due prioritarie finalità:

1. Soddisfare affidabili condizioni di sicurezza relativamente alla stabilità dei terreni di riporto e controllarne l'assetto nel tempo tramite monitoraggio con strumentazione inclinometrica.
2. Mitigare con apprezzabile efficacia le alterazioni prodotte dall'attività estrattiva ai lineamenti del paesaggio locale iniziando dai settori esposti a una più ampia percezione visuale.

L'attività di sistemazione fino ad ora eseguita, ha espresso riscontri positivi sia in merito alla stabilità dei terreni conferiti, sia in relazione alle forme ottenute che, hanno permesso, di raccordarsi con soddisfacente efficacia ai profili delle zone naturali adiacenti preservate dalla coltivazione che confinano il fianco nord orientale dell'area di cava.

Visti gli esiti favorevoli delle operazioni di modellazione morfologica fino a ora attuate, in coerenza con le finalità di raggiungere i migliori, definitivi e permanenti risultati di rinaturalizzazione del sito, si afferma la necessità di proseguire il ripristino morfologico anche lungo il fianco sud – occidentale dell'area di cava, raccordandoli con una superficie ricadente in parte nel territorio comunale di Novafeltria.

A fronte di quanto sin qui argomentato, la Società ICR S.r.l. Impianti Cave Romagna con sede in Via Pio Turrone n. 235 PIEVESESTINA di CESENA (FC), mi ha conferito l'incarico di eseguire le verifiche di competenza geologica a supporto del programma di sistemazione finale graficamente dettagliato negli elaborati grafici di progetto. Considerando che, l'area di intervento ricade nell'ambito di un territorio sismico, si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018.

Al fine di uniformare le valutazioni analitiche della stabilità con quelle delle precedenti fasi di ricomposizione morfologica in ragione della loro attendibilità, confermata dall'assenza di segni d'instabilità e dagli esiti favorevoli del monitoraggio inclinometrico, si è ritenuto di utilizzare le medesime caratterizzazioni



geotecniche dei terreni di riporto già determinate tramite analisi e prove di laboratorio.

Il settore sud – occidentale dell'area di intervento interessato dal progetto di variante, si è ritenuto necessario sottoporlo a investigazione geognostica per verificare le condizioni litostratigrafiche locali. Il sito, infatti, fino a ora non è stato interessato da interventi di modellazione morfologica se non nelle fasi iniziali di apertura della cava risalenti ai primi anni 80 del '900, quindi, è parso più che opportuno acquisire aggiornate informazioni funzionali al perfezionamento degli indirizzi progettuali e delle verifiche di fattibilità. A tale scopo si è provveduto ad eseguire n. 2 prove penetrometriche statiche meccaniche e indagine geofisica sismica a stazione singola.

## I – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

---

L'area di intervento, è insediata nell'estrema porzione nord - orientale del Foglio 108 *Mercato Saraceno* Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 e nelle Sezioni N. 267010 *Torriana*, e N. 267010 *Pietracuta*, N. 267050 *Tausano*, della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.

La collocazione geografica delle superfici interessate dal progetto, coincidono con la propaggine meridionale del Monte del Ronco prossima al fondovalle alla sinistra orografica del Fiume Marecchia, oggetto in passato di attività estrattiva di materiali lapidei calcarei.

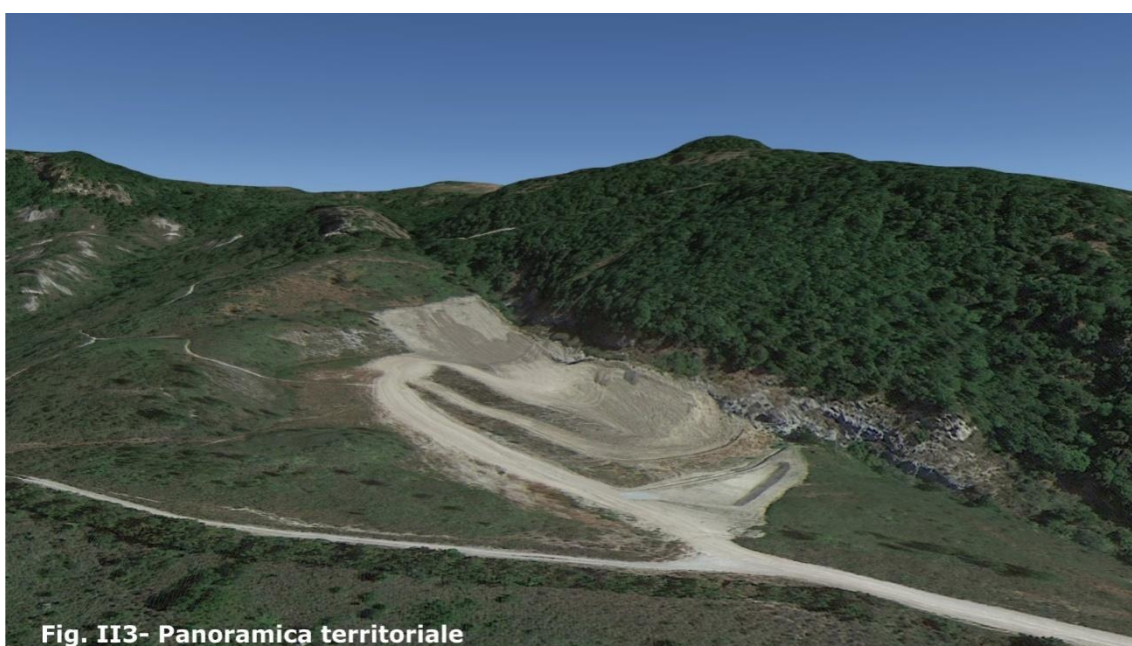
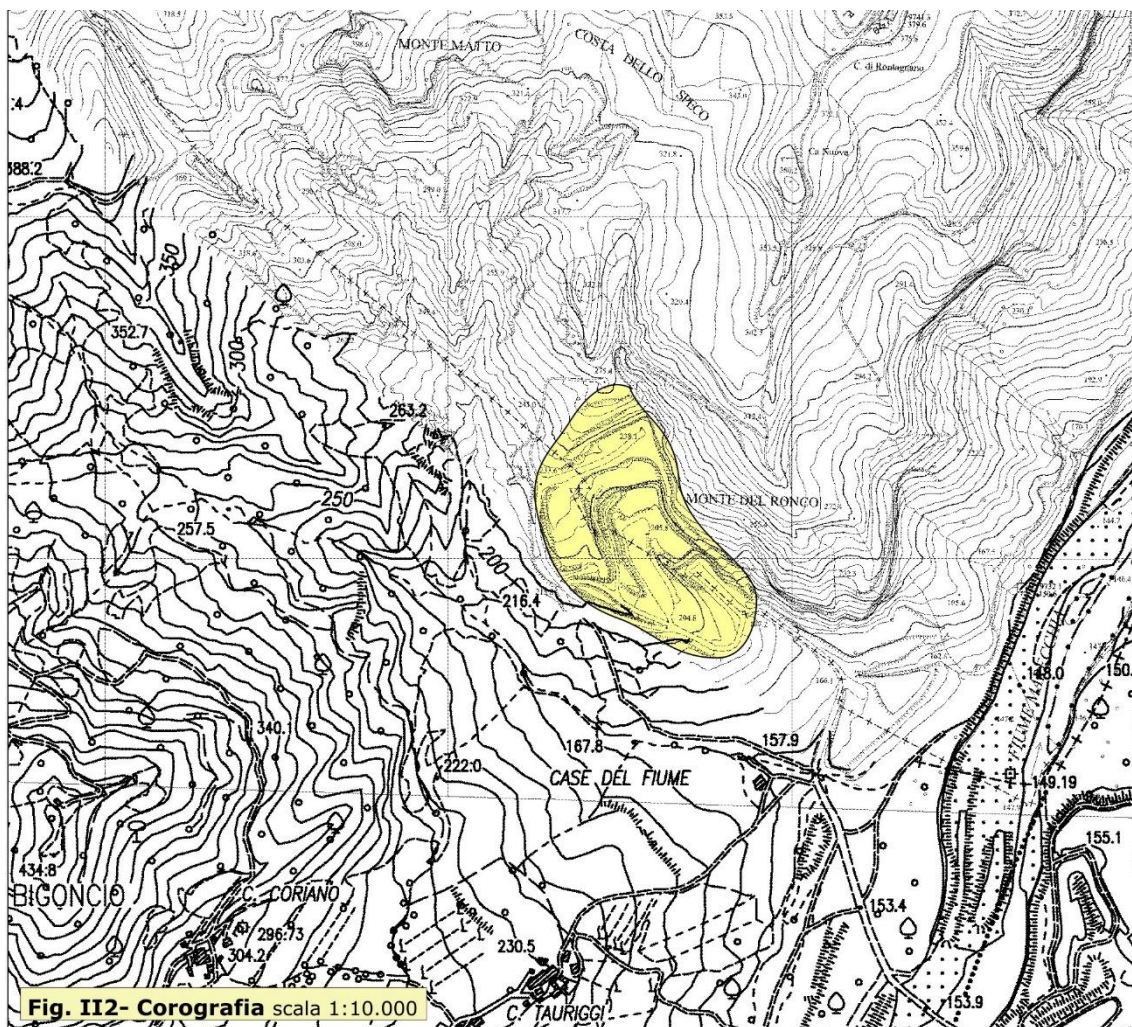
Il centroide della zona interessata dai lavori, corrisponde alle coordinate UTM:

Latitudine: 4870048,44 m N

Longitudine: 287267,88 m E







## II – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

---

### II.1 – Note Introduttive

Il territorio oggetto di indagine, esprime una configurazione complessa, conseguita ai processi deposizionali e ai meccanismi di evoluzione dell'Appennino settentrionale. Si discriminano formazioni della Successione Neogenico - Quaternaria del Margine Appenninico Padano, della Successione Epiligure e delle Unità liguri.

Depositi quaternari continentali ricoprono, su vaste aree lungo i versanti più prossimi al fondovalle, i substrati formazionali ampiamente affioranti in corrispondenza dei rilievi.



Dall'affioramento calcareo di Monte Ceti, procedendo verso nord, si discriminano i seguenti principali caratteri geologici:

- Sovrascorrimento delle Argille varicolori sui depositi pliocenici.
- Sequenza di rilievi formati da depositi pliocenici in facies arenacea, arenaceo - conglomeratica e argillosa poggianti sulle Argille varicolori.
- Argille varicolori interposte tra i depositi pliocenici e l'affioramento calcareo di Monte del Ronco.

La roccia in posto calcarea e calcareo - marnosa della Formazione di San Marino insediata nell'ambito dell'area di intervento, assume giaciture immergenti verso NE inclinate 38 - 40 gradi fino a 70 gradi, acquisendo disposizione a traversipoggio con



significativa componente a reggipoggio che, confina verso est, con la Formazione di Acquaviva e depositi pliocenici in facies arenacea con un contatto tettonico per faglia.

I rapporti stratigrafici fra materiali con distinte caratteristiche di resistenza e di reattività alla degradazione meteo climatica e all'azione gravitativa, costituiscono sostanziali fattori di condizionamento dell'evoluzione geomorfologica territoriale.

La maggiore diffusione di dissesti e/o di fenomeni erosivi concentrati, coincidono con le aree occupate da terreni argillosi posti a ovest dell'affioramento roccioso di Monte del Ronco. Tali situazioni di evoluzione geomorfologica accelerata, tuttavia, non esercitano verso l'area di progetto effetti perturbanti.

Il sito interessato dagli interventi in progetto, propone un substrato formazionale dotato di elevata affidabilità statica e condizioni di soddisfacente stabilità come dimostrano anche i materiali fino a oggi conferiti nel programma di ricomposizione morfologica della cava dismessa.

Contributi positivi alla situazione di stabilità espressa dalle superfici oggetto di riporto del terreno, sono forniti anche dall'efficiente regimazione del drenaggio superficiale e ipogeo organizzato dalla Ditta esercente le attività di sistemazione.

## **II.2 – Stratigrafia**

I depositi formazionali e le coperture riportate in Fig. II1 - Carta Geologica, sono di seguito descritti nei loro caratteri essenziali.

### **DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI**

#### **Deposito di frana per colamento**

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico - sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. Corpi di frana per colamento si insediano nell'impluvio posto a ovest dell'area di progetto occupato dalle Argille varicolori.

#### **Deposito antropico**

Deposito costituito da prevalenti limi argillosi con subordinata frazione sabbiosa insediato nell'area di cava sottoposta a ricomposizione morfologica.

### **SUCCESSIONE NEOGENICO - QUATERNARIA MARGINE APPENNINICO PADANO**

**Sintema Emiliano - Romagnolo Superiore.** *Pleistocene superiore-Olocene.*

Sabbie e ghiaie con subordinati limi argillosi costituenti terrazzi intravallivi e conoidi, talora con indizi di pedogenesi, e i depositi attualmente in evoluzione nel fondovalle. Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi limitati, in affioramento, dalle principali scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e, nel sottosuolo della pianura, da bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino - marginali e palustri su depositi di conoide e di piana alluvionale. Contatto inferiore erosivo e discordante sui vari terreni pre - quaternari.

**Unità di Modena** (*Olocene*)

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositati alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato.

**Argille Azzurre.** *Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore.*

Argille, argille marnose, localmente siltose, marne argillose e siltose, grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi. L'ambiente di sedimentazione varia da piattaforma, localmente litorale, a scarpata.

**Argille Azzurre - litofacies arenaceo pelitica.** *Pliocene inferiore.*

Alternanze di argille sabbiose grigie, localmente marnose, fortemente fossilifere, biancastre all'alterazione, e livelli siltosi o arenarie grigio giallastre in livelli sottili e medi, poco cementate (A/P variabile da 1/2 a 2); talora arenarie prevalenti in strati da spessi a molto spessi con livelli di tritume conchigliare e nuclei a maggiore cementazione o corpi arenacei lenticolari intercalati alle argille, costituiti da arenarie a granulometria da medio-fine a medio - grossolana, di colore giallastro (A/P>1).

**Argille Azzurre - litofacies conglomeratica.** *Pliocene inferiore.*

Conglomerati lenticolari grossolanamente stratificati in potenti banchi, senza strutture sedimentarie ad eccezione talora di una grossolana laminazione obliqua. Ciottoli eterometrici, arrotondati in matrice arenacea giallastra, costituiti principalmente da calcari micritici grigi, calcari marnosi grigio-verdastri e arenarie fini micacee; dimensioni dei clasti fino a 40 cm.

**SUCCESSIONE EPILIGURE**

**Formazione di Acquaviva.** *Tortoniano superiore - Messiniano inferiore.*

Arenarie grigio-giallastre talora a laminazione inclinata, incrociata e piano-parallela, con strutture da fuga di fluidi, in potenti strati massivi ed in banchi, lateralmente discontinui, con livelli di conglomerati generalmente lenticolari e argille parzialmente bituminose. Le arenarie sono generalmente piuttosto bioturbate e con abbondanti resti fossili; diffusi i frustoli carboniosi. Subordinati i livelli pelitici intercalati. Sono presenti anche livelli leggermente più pelitici debolmente deformati da processi di slumping.

**Formazione di San Marino.** *Burdigaliano superiore - Serravalliano inferiore.*

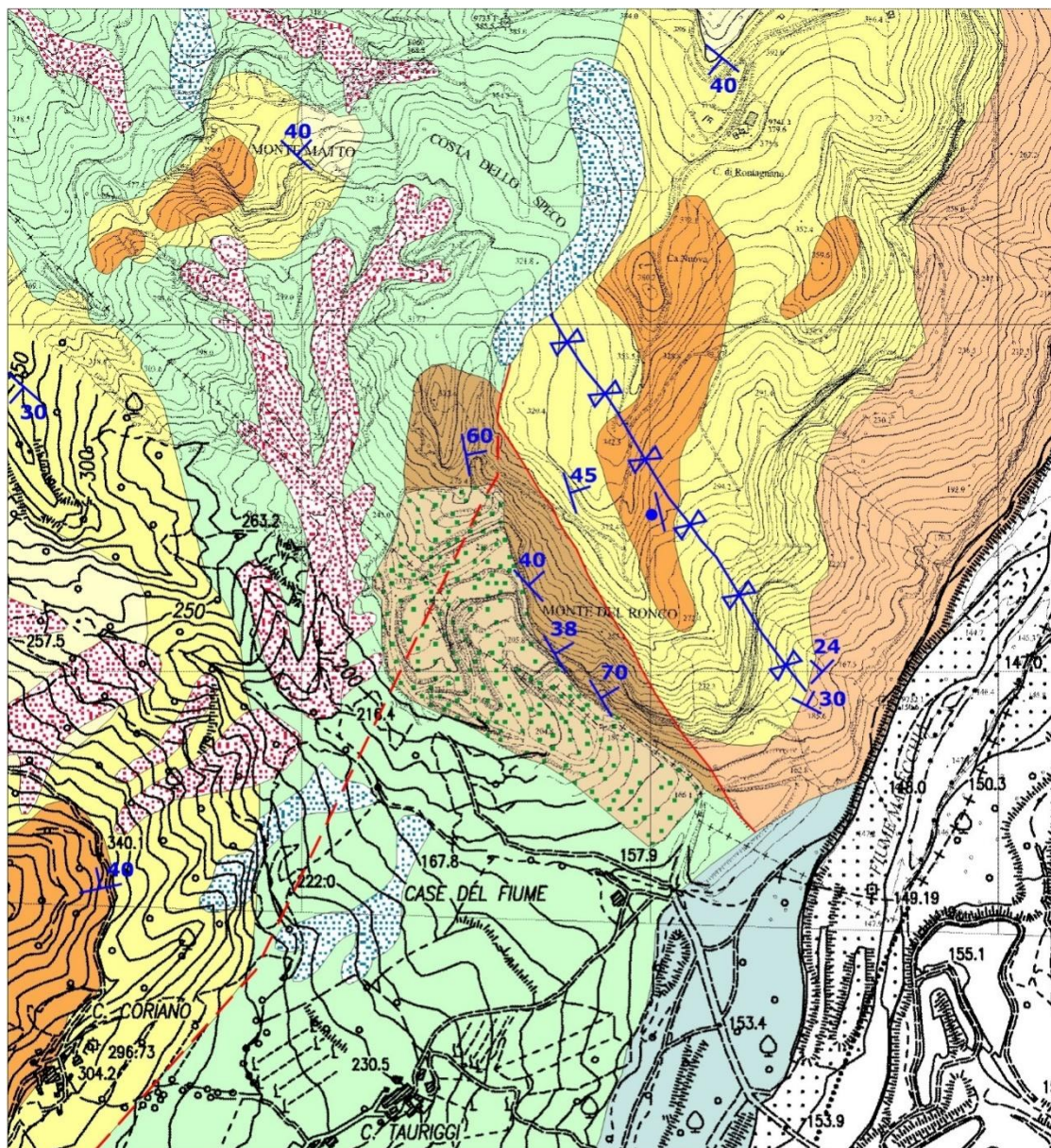
Calcari organogeni grigi e calcareniti bianco-grigiastre ricche in bioclasti. Diffusi i frammenti di Coralli e Briozoi. Generalmente le calcareniti non appaiono gradate a causa dell'intensa bioturbazione; la stratificazione è concavo-convessa, talora parallela ondulata ed incrociata con megaripples. Talvolta le calcareniti diventano argillose e glauconitiche, in particolare verso l'alto dell'unità formazionale.

**UNITÀ LIGURI**

**Argille Varicolori.** *Cretacico inferiore - Paleocene?*

Argilliti grigio-verdi, nerastre e rosso scure, recanti blocchi budinati di calcareniti, calcilutiti grigie o verdastre, areniti fini brune, siltiti di colore marrone scuro-rossastro e marne grigio-avana; marne e marne argillose di colore nero.





#### DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

Frane in evoluzione Frane quiescenti

#### DEPOSITI NEOGENICI QUATERNARI MARGINE APPENNINICO PADANO

Unità di Modena (OLOCENE)

Formazione argille azzurre - litofacies conglomeratica (PLIOCENE Inf.)

Formazione argille azzurre - litofacies arenacea (PLIOCENE Inf.)

Formazione argille azzurre - litofacies pelitica (PLIOCENE Inf.)

#### SUCCESSIONE EPIIGURE

Formazione di Acquaviva (TOTRONIANO Sup. - MESSINIANO Inf.)

Formazione di San Marino (BURDIGALIANO Sup. - SERRAVALLIANO Inf.)

#### UNITA' LIGURI

Argille varicolori (CRETACICO Inf. - PALEOCENE)

DEPOSITI ANTROPICI Terreni di riporto per ricomposizione morfologica

#### SIMBOLI

Stratificazione Stratificazione verticale con polarità Faglia  
 Contatto tettonico sepolto o incerto Traccia di superficie assiale sinforme

Fig. III1 - Carta Geologica scala 1:10.000



## II.4 – Geomorfologia

L'area di cava dismessa oggetto di ricomposizione morfologica, non è interessata da dissesti e/o segni incipienti di potenziale imminente instabilità.

Le zone coinvolte in fenomeni franosi o in processi di erosione accelerata, insediate soprattutto in corrispondenza di depositi argillosi, sono distanziate da quella di intervento. Quest'ultima occupata dalla roccia in posto calcareaa affiorante al contorno e alla base delle superfici già sottoposte a riporto di terreni e dal substrato liguride delle Argille varicolori nelle aree di completamento.

La foto panoramica unita di seguito, fornisce un'indicativa rappresentazione dello scenario di evoluzione geomorfologica territoriale, evidenziando la non interferenza tra la superficie di progetto e quelle caratterizzate da endemica fragilità statica.

Nell'area di intervento, lungo il fronte di scavo che confina a nord est l'area di cava, il substrato roccioso affiorante rappresenta la porzione residuale che si eleva sui terreni di riporto già conferiti. Tali paramenti rocciosi, soggetti ai normali processi di degradazione meteo climatica corticale, considerando l'assenza di apprezzabili discontinuità parietali e il favorevole assetto della stratificazione, offrono soddisfacenti presupposti di stabilità.

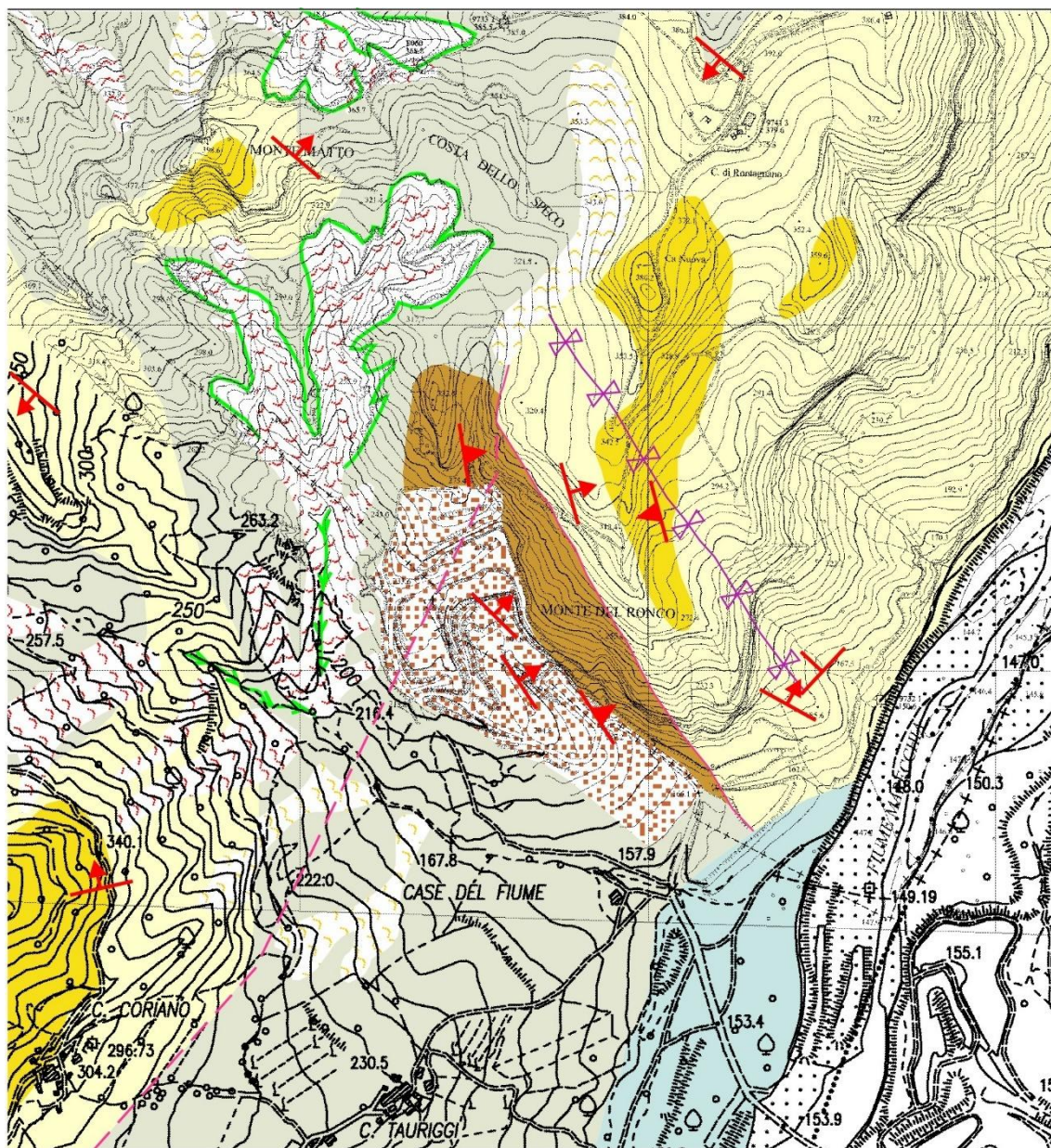
Il progetto di completamento della sistemazione finale, permetterà di ridurre ulteriormente l'affioramento in senso verticale delle scarpate rocciose, proteggendole e confinandole coi terreni di riporto corrispettivamente ai profili finali di progetto.

Nel fianco opposto, invece, offre condizioni ottimali di raccordo morfologico la presenza di una dorsale salda come evidenziato nelle sezioni di progetto.



In Fig. II2 – Carta Geomorfologica, sono rappresentate le condizioni ed i processi geomorfologici del territorio oggetto di analisi.





#### LITOLOGIA DEL SUBSTRATO

- |  |                 |
|--|-----------------|
| Rocce marnose, marnoso pelitiche e pelitiche | Rocce calcaree  |
| Rocce arenitiche                             | Rocce ruditiche |

#### DEPOSITI QUATERNARI

- Frana per colamento attiva
- Frana per colamento quiescente
- Depositi alluvionali

#### FORME DA ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

- Area calanchiva
- Solco di erosione concentrata

#### FORME STRUTTURALI

- Faglia
- Contatto tettonico sepolto o incerto
- Traccia di superficie assiale sinforme

#### GIACITURE

- |          |           |           |
|----------|-----------|-----------|
| 6° - 25° | 26° - 45° | 46° - 85° |
|----------|-----------|-----------|

#### FORME ANTROPICHE

- Terreni di riporto di origine antropica

**Fig. II2 - Carta Geomorfologica** scala 1:10.000

## II.5 – Idrologia

Nelle aree occupate da depositi formazionali argillosi dotati di conducibilità idraulica molto bassa, le dinamiche di drenaggio delle acque meteoriche si risolvono soprattutto in superficie tramite laminazioni diffuse e flussi idrici concentrati in fossi e/o in confinati solchi di erosione.

Nelle zone protette da un'efficiente copertura vegetale e dotate di assetti morfologici regolari, le dinamiche di drenaggio idrico in terreni argillosi consentono di mitigare apprezzabilmente gli effetti erosivi, mentre nelle superfici denudate con elevata acclività, l'azione delle acque correnti si propone come primario fattore di erosione con la formazione di diffuse aree degradate fino alla configurazione calanchiva.

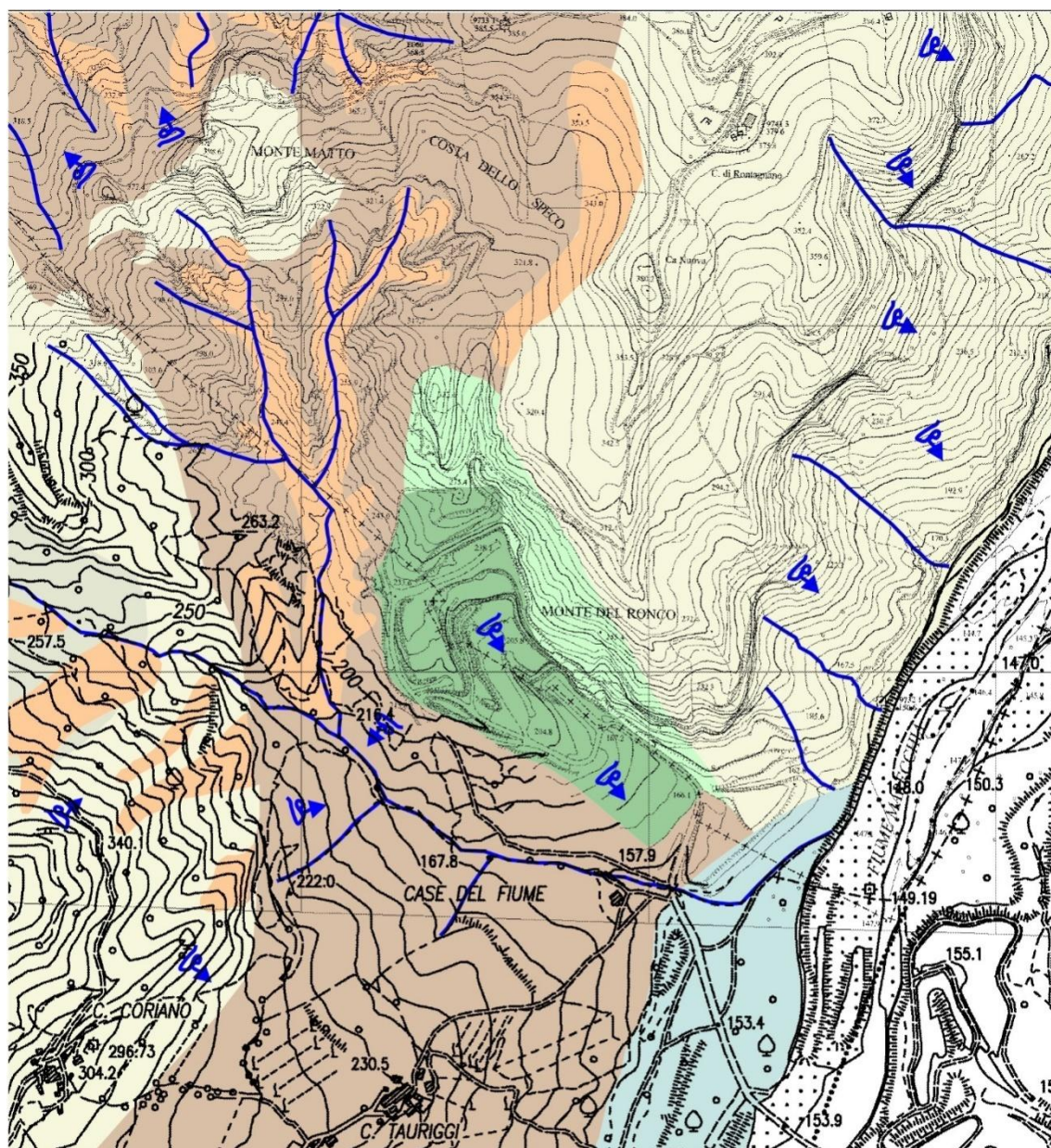
Alle quote superiori dei versanti, nelle aree acclivi con assetto della stratificazione a reggipoggio, si instaura un pattern di elevata densità, erosivo, di tipo dendritico e/o sub-dendritico.

Il reticolo idrografico minore, tributario del Fiume Marecchia in sinistra orografica, si polarizza conformemente ai maggiori elementi tettonici e tendenzialmente al confine tra substrati geologici differenti per composizione e resistenza, proponendo un pattern di media densità, erosivo e assimilabile al tipo sub - parallelo condizionato da controllo strutturale.

L'attività idrogeologica, correlata alla conducibilità idraulica dei terreni insediati nella porzione di territorio dove sono previsti gli interventi di modellazione morfologica in progetto, è sostanzialmente inibita nelle aree occupate dal substrato formazionale argilloso liguride, proponendo condizioni più favorevoli di infiltrazione e circolazione idrica ipogea negli affioramenti rocciosi fratturati permeabili in grande. Tale presupposto, ha infatti sollecitato la realizzazione di drenaggi aggiuntivi a quello di base, collocandoli al contatto fra il terreno di riporto e la compagine calcarea affiorante lungo il fianco nord - orientale dell'area di cava.

In Fig. II3 – Carta Idrografica e della permeabilità, è rappresentato il reticolo idrografico e idrogeologico territoriale.











#### IDROGRAFIA

— Reticolo idrografico minore  Laminazione diffusa con polarità di deflusso

#### IDROGEOLOGIA

-  Depositi a permeabilità molto elevata per porosità
-  Depositi a permeabilità medio - alta per fratturazione
-  Depositi a permeabilità medio - bassa per fratturazione
-  Depositi rimaneggiati da movimenti franosi con soglie di impermeabilità indefinita
-  Depositi antropici prevalentemente argillosi di bassa permeabilità
-  Depositi argillosi dotati di conducibilità idraulica molto bassa

**Fig. II3 - Carta Idrologica** scala 1:10.000



### III – CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI LOCALI

---

#### III.1 – Note Introduttive

L'area di cava dismessa dove si è esercitata l'attività estrattiva, corrisponde a un affioramento calcareo che, lungo il margine orientale, realizza un contatto tettonico con depositi della Formazione di Acquaviva e pliocenici in facies arenacea, mentre il fianco occidentale confina con depositi liguridi rappresentati dalle Argille varicolori. Al netto delle modellazioni morfologiche sin qui eseguite, rimane in affioramento della compagine calcarea l'estrema porzione settentrionale preservata dall'attività estrattiva, emergente con l'originaria configurazione a guisa di guglia dal territorio circostante. I depositi di copertura rappresentati dai cappellacci e dagli scarti di lavorazione prodotti nelle prime fasi estrattive, sono stati conferiti dai primi anni 80 del novecento lungo il margine occidentale dell'area di cava, dove i materiali di riporto si discriminano morfologicamente come risulta evidente nelle Fig. III1 e Fig. III2.



Fig. III1 - Panoramica materiali di riporto da ovest



**Fig. III2 - Panoramica materiali di riporto da sud est**

### **III.2 – Caratteri Litostratigrafici**

La composizione e stratigrafia dei terreni insediati nell'area di intervento, si è acquisita tramite la seguente attività geognostica:

- N. 7 Prove penetrometriche statiche meccaniche eseguite in corso di modellazione morfologica.
- N. 2 Prove penetrometriche statiche meccaniche eseguite nel marzo 2023 nell'area interessata dalla variante.

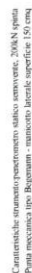
Le indagini in sito, comprendono anche quella sismica a stazione singola HVSR ubicata nel settore occidentale del sito estrattivo dove è previsto l'ampliamento della modellazione morfologica.

In Fig. III.3 è riportata la planimetria con l'ubicazione delle indagini e la traccia delle sezioni.

L'attività di investigazione geognostica, ha permesso di raggiungere il substrato roccioso residuale dell'attività estrattiva e, correlando tale quota con quelle della superficie topografica recentemente rilevata, si è potuta identificare sia la potenza e resistenza in termini di sforzi totali dei materiali di riporto fino a oggi conferiti, sia la configurazione finale della sistemazione dell'area di cava oggetto della variante. In Fig. III4 sono riprodotte le condizioni litostratigrafiche attuali e in Fig. III5e Fig. III6 le sezioni geologiche di progetto utilizzate anche per le verifiche di stabilità.

Prova n.: CPT1  
Cantiere: San Leo (RN) - Pietracuta, Cava del Ronco  
Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna  
Liv.falda: assente  
Note:



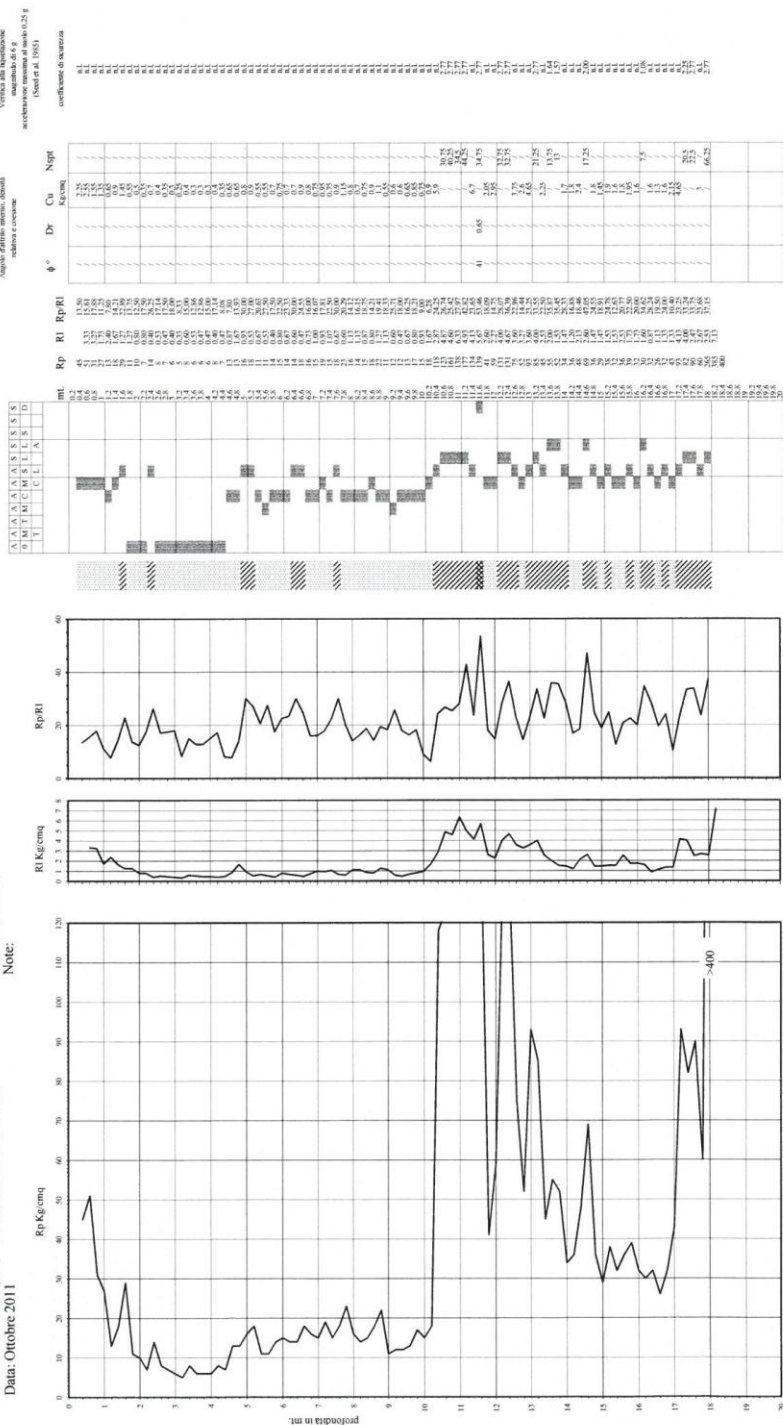
# Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CP12  
Canterre: San Leo (RN) - Pietracuta, Cava del Ronco  
Data: Ottobre 2011

Intergeo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeosm.com

Quota inizio: piano campagna  
Liv. falda: assente  
Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schniermann - 1978)



Caratteristiche strumento: penetrometro statico con sonda  
Punta meccanica (tipo Begemann) - manometro luerale superficie: 150 cm²

Legenda:

AO argilla organica e terreni misti; AM argilla media; AC argilla compatta; AL argilla leggera; SI sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa; SS sabbia sciaia; S sabbia; SD sabbia densa.



Prova n.: CPT3  
Cantiere: San Leo (RN) - Pietracuta, Cava del Ronco  
Data: Ottobre 2011

Quota inizio: piano campagna  
Liv.falda: 10,00 mt.

**Note:**



Prova n.: CPT4  
Cantiere: San Leo (RN) - Pietracuta, Cava del Ronco  
Data: Ottobre 2011

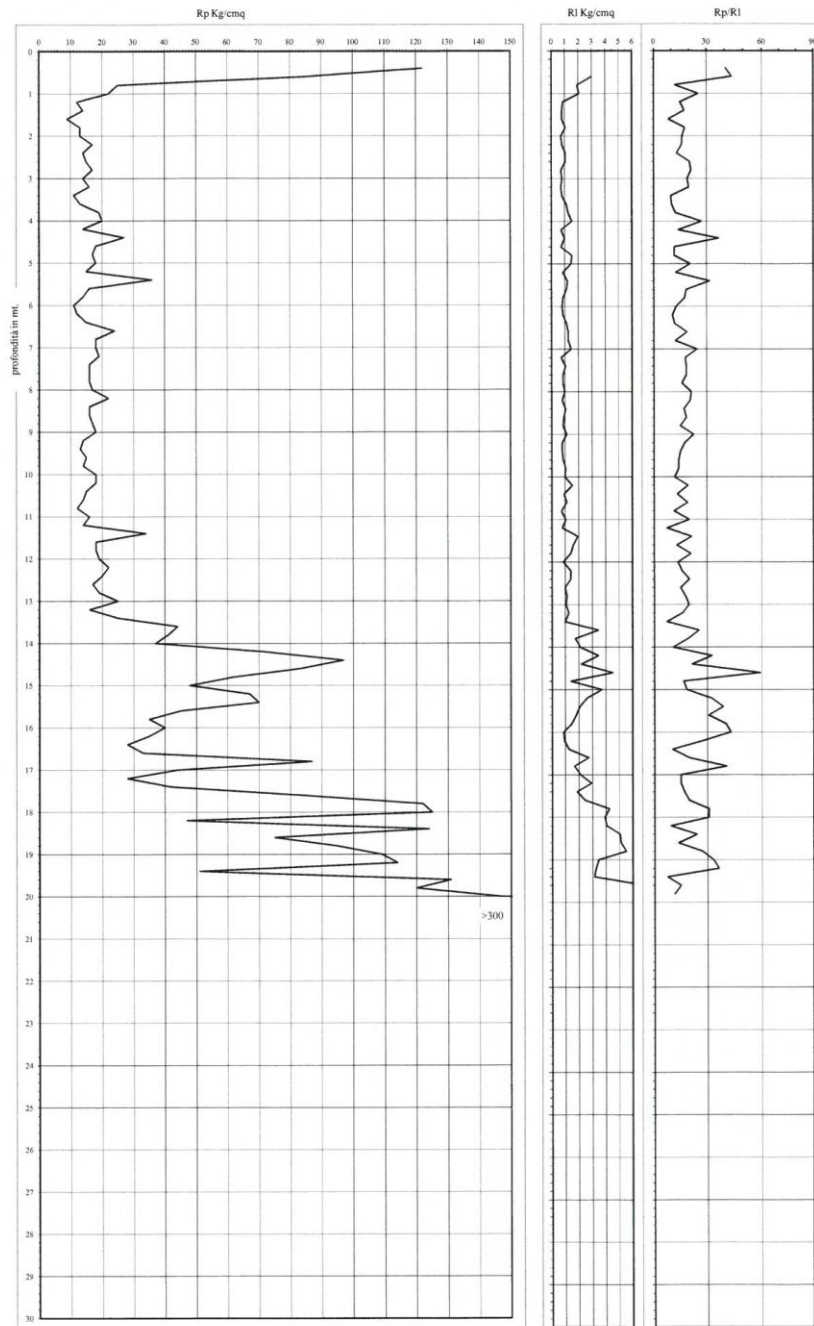
Quota inizio: piano campagna  
Liv. falda: assente  
Note:



### Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 5  
Cantiere: Pietracuta (RN) - CBR  
Data: Giugno 2013

Quota inizio: piano campagna  
Liv.falda: assente  
Note:



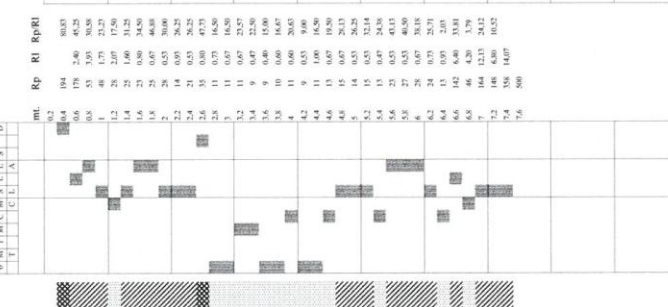
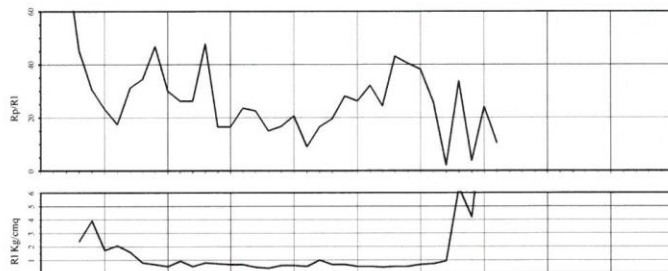
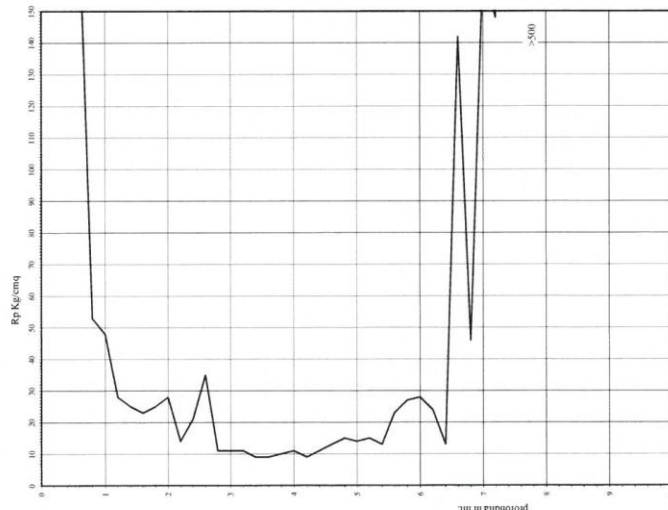
Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta  
Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cmq

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 6  
Canterre: Pietracuta (RN) - CBR  
Data: Giugno 2013

Intergo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeoem.com

Quota inizio: piano campagna  
Liv. falda: assente  
Note:



Verifica alla liquefazione trascurando di 6 g accelerazione massima di 0,25 g (Norma di 1981)									
coefficiente di sicurezza									
Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione									
$\phi^\circ$									
Cu									
Np									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									
Rp									

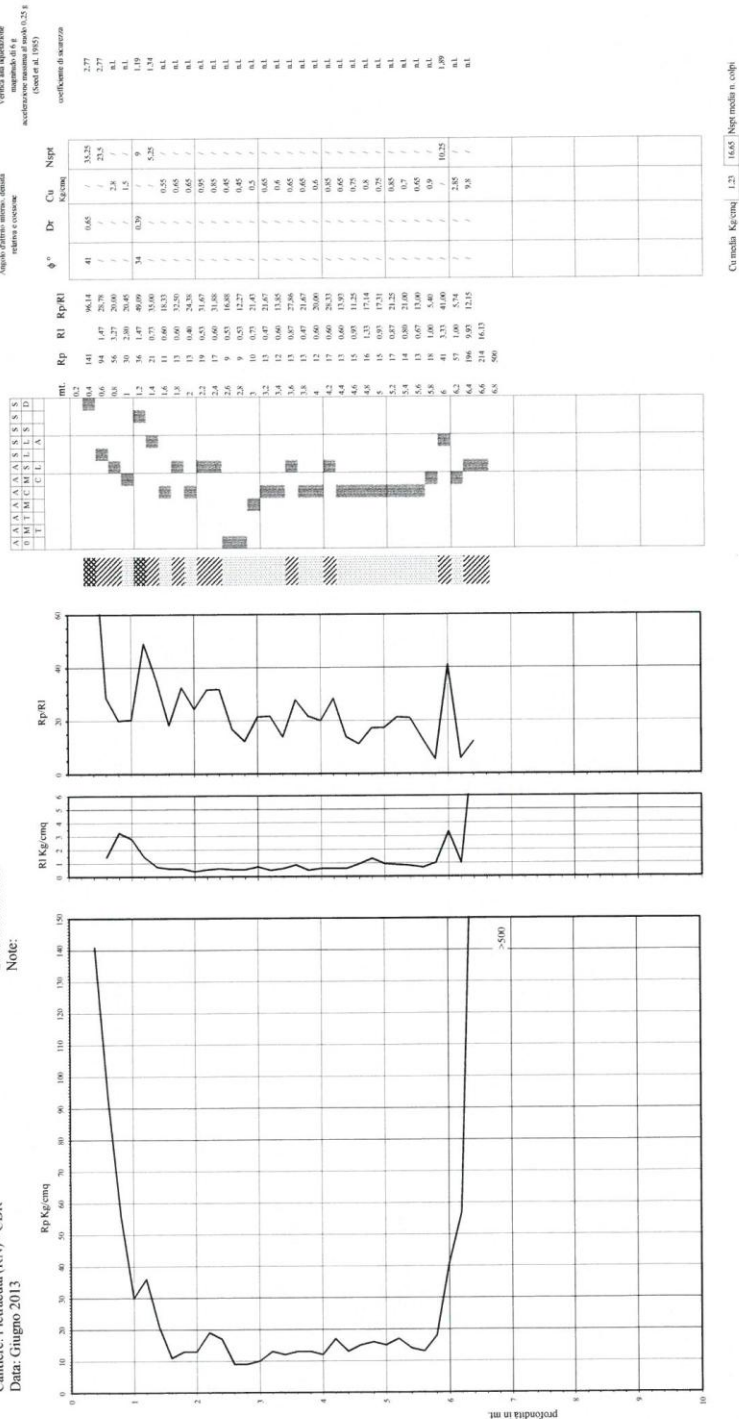
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 7  
Canterre: Pietracua (RN) - CBR  
Data: Giugno 2013

Intergo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeo.com

Classificazione orientativa dei terreni (Schnietmann - 1978)

Verifica alla liquefazione  
suggerimento di 6 g  
accelerazione  
(Codice n. 1985)







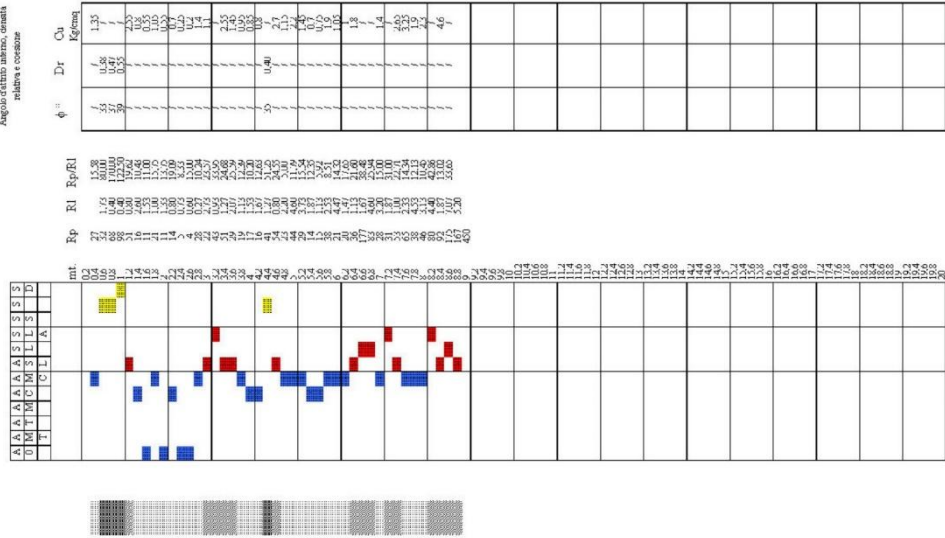
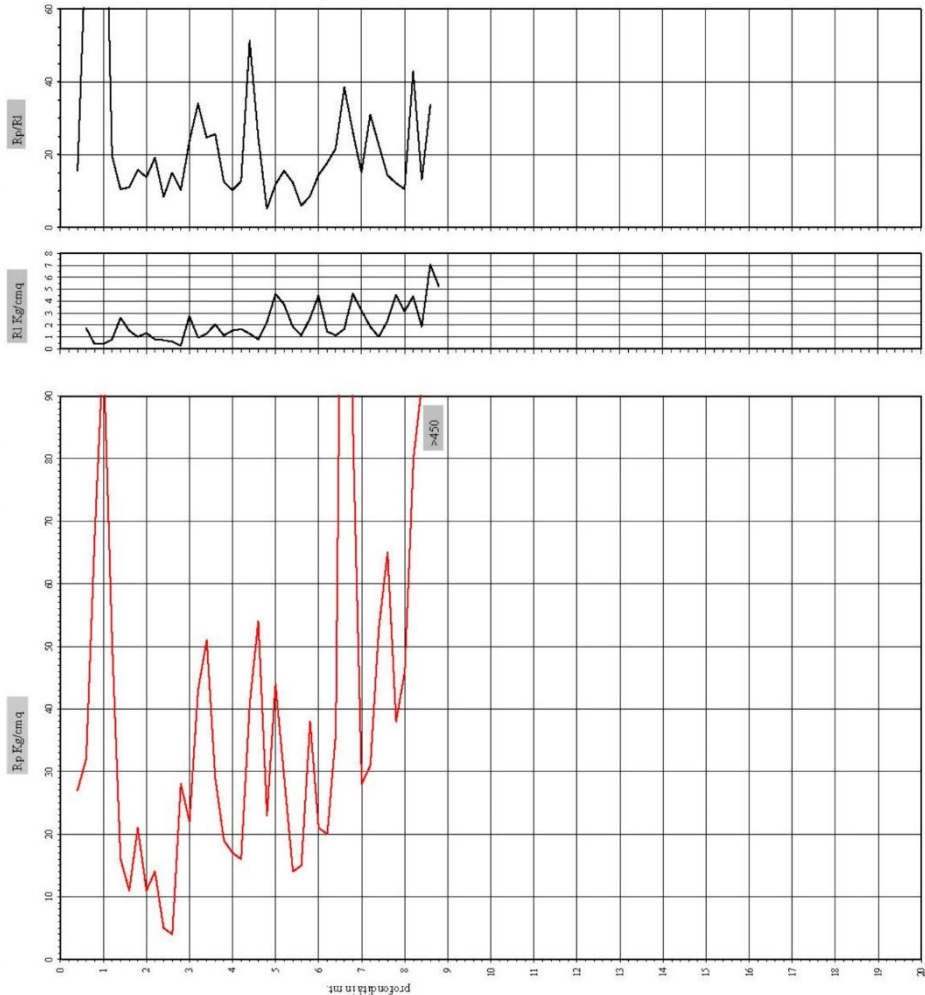
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2  
Cantiere: Novatefrina (RN) - Monte del Ronco, Cava ICR  
Data: Marzo 2023

Quota inizio: piano campagna  
Liv. falda: assente  
Note:



Pagani TG 63200



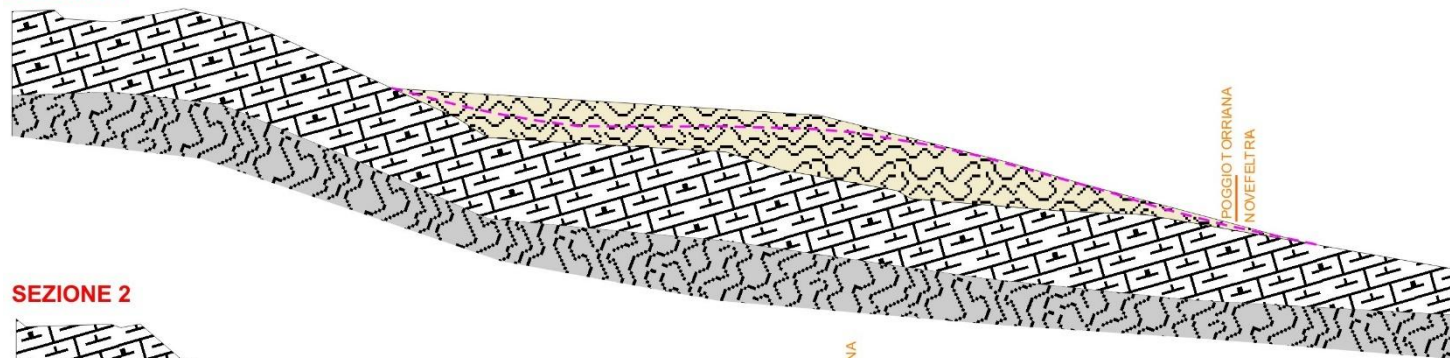
Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Angolo d'attrito interno, densità  
relativa e coesione

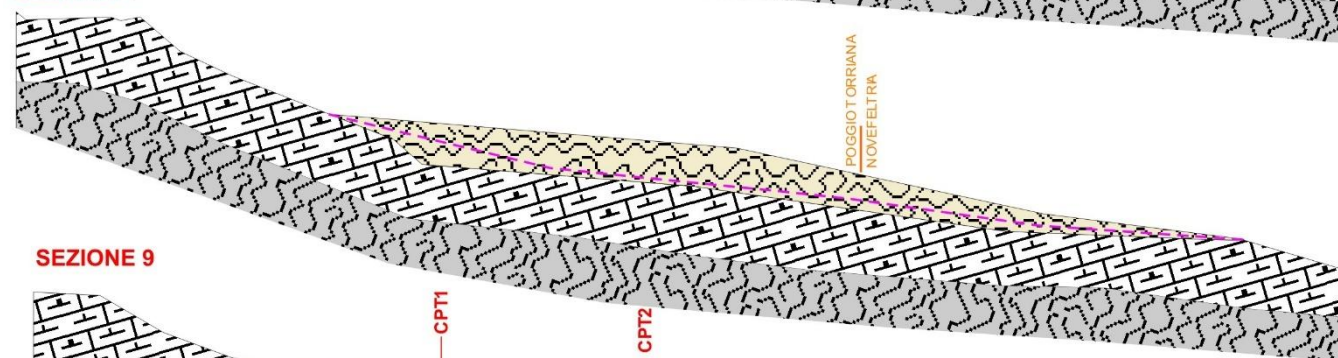
AO argilla organica e terreni mar., AMT argilla molto tenera;  
AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta  
AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,  
SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa  
SS sabbia sabbia, S sabbia, SD sabbia densa

argilla  
sabbia limosa argillosa  
sabbia

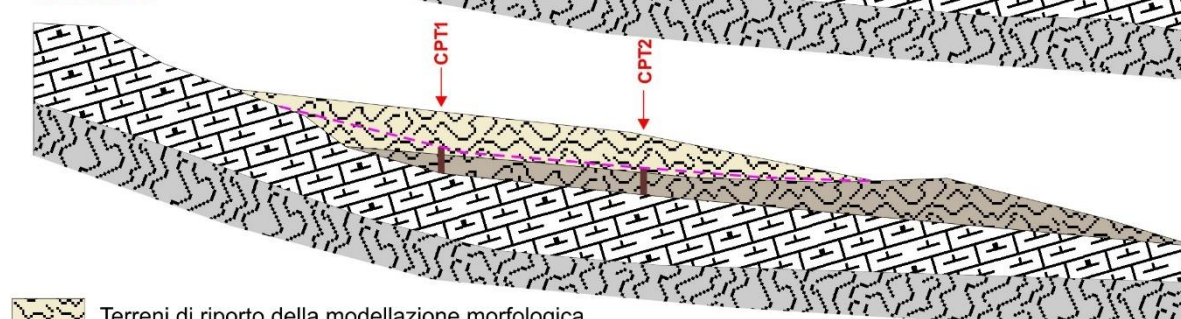
### SEZIONE 1








### SEZIONE 2



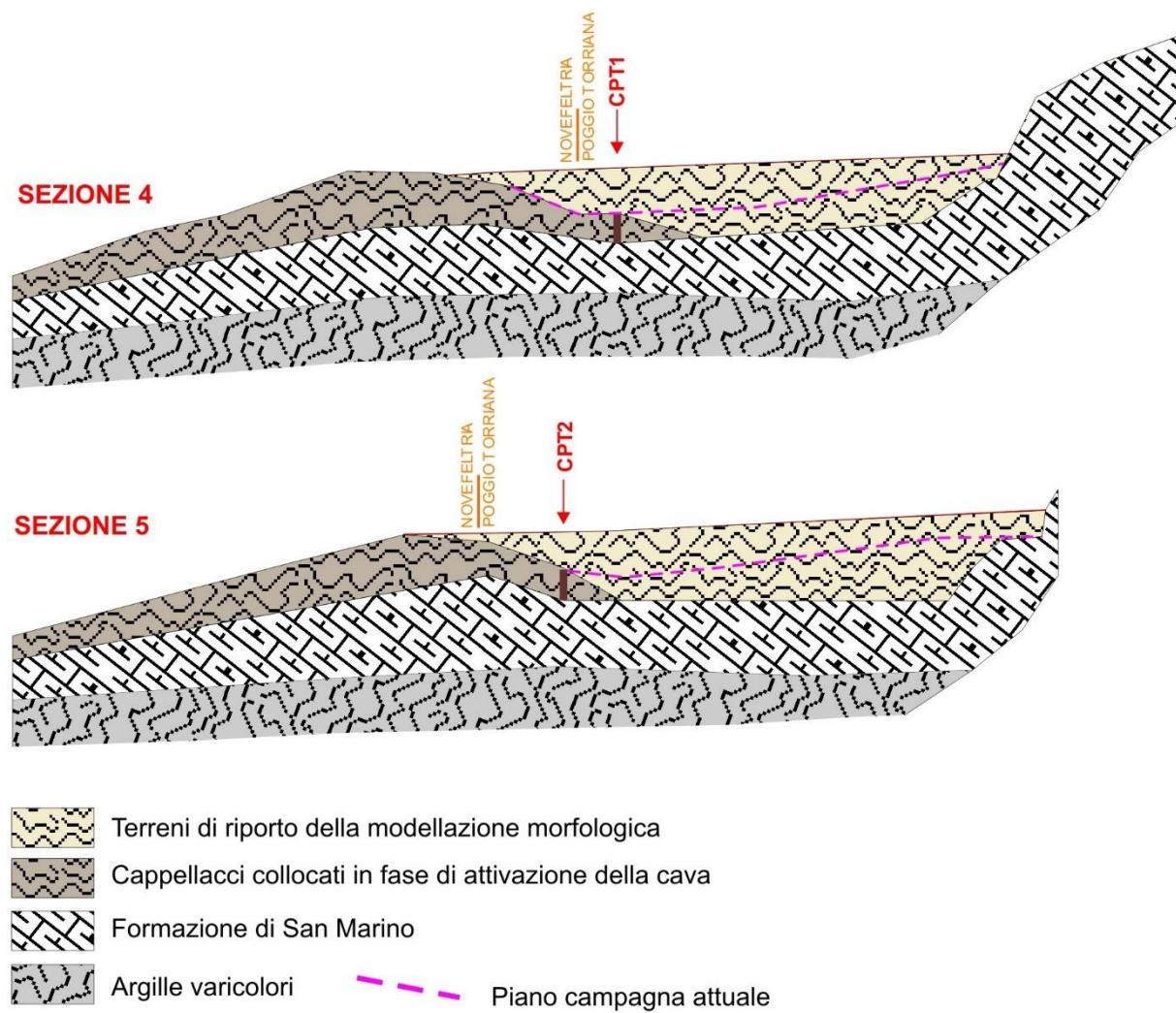
### SEZIONE 9



-  Terreni di riporto della modellazione morfologica
-  Cappellacci collocati in fase di attivazione della cava
-  Formazione di San Marino
-  Argille varicolori
-  Piano campagna attuale

**Fig. III15 - Sezioni Geologiche longitudinali** scala 1:200





**Fig. IIII6 - Sezioni Geologiche trasversali** scala 1:200

### III.3 – Aspetti geomorfologici

Le condizioni geomorfologiche delle aree oggetto di modellazione morfologica e di quelle adiacenti direttamente raccordate, non propongono criticità attive e/o incombenti di stabilità, nonché processi apprezzabili di erosione accelerata, proponendo assetti caratterizzati da una sostanziale affidabilità. Quest'ultima supportata sia dalla presenza di un substrato roccioso alla base del terreno di riporto e affiorante lungo il margine orientale, sia dal distanziamento dei dissesti attivi lungo i versanti occupati dalle Argille varicolori posti a ovest dell'area di progetto.

Riscontri soddisfacenti sulla stabilità, sono emersi anche lungo la fascia occupata dai riporti dei cappellacci posti lungo il fianco occidentale, bordata sul ciglio da una sequenza continua di conifere d'alto fusto (Fig. III7).



Fig. III7 - Piante di alto fusto esistenti

### III.4 – Caratteri geotecnici

La caratterizzazione fisico meccanica dei terreni conferiti, si è acquisita da analisi e prove di laboratorio su n. 2 campioni prelevati nei primi metri di profondità in occasione di precedenti indagini poste nel settore interessato dalla modellazione morfologica.

#### **CAMPIONE S1 C1 –Profondità 1,50÷1,90 metri**

##### ***Limo con argilla debolmente sabbioso***

##### CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

W **22,0%** (contenuto in acqua)

$\gamma$  **19,6 kN/m<sup>3</sup>** [1,96 g/cm<sup>3</sup>] (peso di volume umido)

$\gamma_d$  **16,1 kN/m<sup>3</sup>** [1,61 g/cm<sup>3</sup>] (peso di volume secco)

Gs **27,41 kN/m<sup>3</sup>** [2,741 g/cm<sup>3</sup>] (peso specifico)

e = **0,706** (indice dei vuoti)

s = **85,40%** (grado di saturazione)

##### GRANULOMETRIA

Sabbia **8%**

Limo **55%**

Argilla **37%**

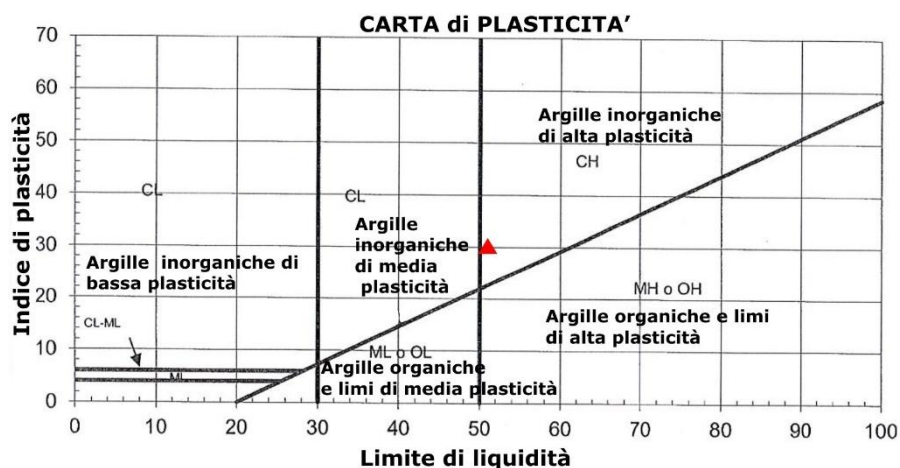
##### LIMITI DI ATTERBERG

LL **51%** (limite di liquidità)

LP **22%** (limite di plasticità)

IP **29** (indice di plasticità)

IC **1,00** (indice di consistenza)



Secondo l'abaco di Casagrande, il terreno è classificato come: *argille inorganiche di alta plasticità*.

#### RESISTENZA

$q_u = 270,0 \text{ kPa}$  [ $2,70 \text{ Kg/cm}^2$ ] (Pocket penetrometer)

$c_u = 140,0 \text{ kPa}$  [ $1,40 \text{ Kg/cm}^2$ ] (Vane test)

#### PROVA TAGLIO DIRETTO IN CONDIZIONI CONSOLIDATE DRENATE CD

$\phi' = 24,50^\circ$  (angolo di attrito)

$c' = 15,0 \text{ kPa}$  [ $0,15 \text{ Kg/cm}^2$ ] (coesione efficace)

#### **CAMPIONE S2 C1** Profondità 2,00÷2,40 metri

**Limo con argilla debolmente sabbioso**

#### CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

W **22,0%** (contenuto in acqua)

$\gamma 19,8 \text{ kN/m}^3$  [ $1,98 \text{ g/cm}^3$ ] (peso di volume umido)

$\gamma_d 16,2 \text{ kN/m}^3$  [ $1,62 \text{ g/cm}^3$ ] (peso di volume secco)

Gs **27,43 kN/m<sup>3</sup>** [ $2,743 \text{ g/cm}^3$ ] (peso specifico)

e = **0,690** (indice dei vuoti)

s = **87,44%** (grado di saturazione)

#### GRANULOMETRIA

Sabbia **10%**

Limo **48%**

Argilla **42%**

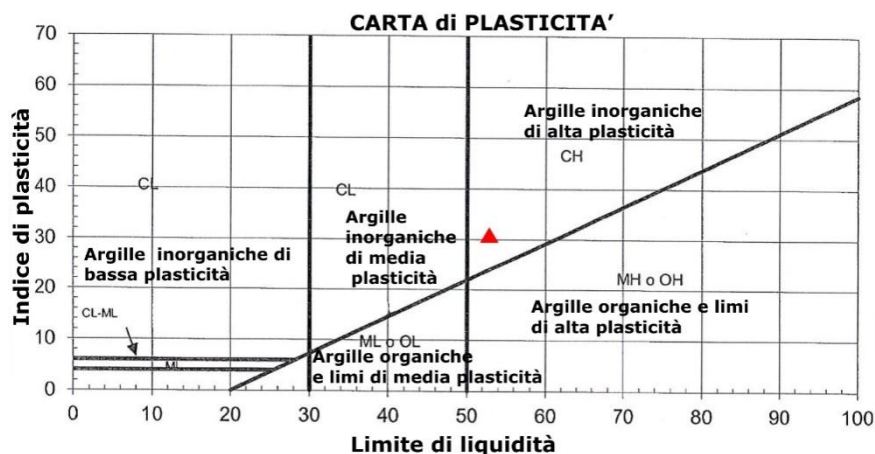
#### LIMITI DI ATTERBERG

LL **52%** (limite di liquidità)

LP **22%** (limite di plasticità)

IP**30** (indice di plasticità)

IC **1,00** (indice di consistenza)



Secondo l'abaco di Casagrande, il terreno è classificato come: *argille inorganiche di alta plasticità*.

#### RESISTENZA

$q_u = 300,0 \text{ kPa}$  [ $3,00 \text{ Kg/cm}^2$ ] (Pocket penetrometer)

$c_u = 135,0 \text{ kPa}$  [ $1,35 \text{ Kg/cm}^2$ ] (Vane test)

#### PROVA TAGLIO DIRETTO IN CONDIZIONI CONSOLIDATE DRENATE CD

$\phi' 24\text{gradi}$  (angolo di attrito)

$c' 20,0\text{kPa}$  [ $0,20 \text{ Kg/cm}^2$ ] (coesione efficace)

Adottando un approccio ritenuto più prudentiale rispetto ai valori determinati con Pocket penetrometer e Vane test sui due campioni, i parametri di resistenza in termini di sforzi totali ( $c_u$ ), si sono ricavati dalle resistenze più rappresentative opposte dai terreni alla penetrazione statica ( $R_p$ ) utilizzando per terreni coesivi la relazione di *Lunne e Eide*:

$$c_u = [(R_p - \sigma) / (20,7 - 0,18IP)] = 78,89 \text{ kPa} [0,789 \text{ Kg/cm}^2]$$

$R_p = 12 \text{ Kg/cm}^2$  (resistenza alla punta)

$\sigma$  (pressione litostatica efficace a metà strato considerando  $\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3$ )

$IP = 29$



di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Tel/Fax 0541 020342 - Cell. Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.i.039 913 304 02

Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R	Data: Marzo 2014
Sondaggio n.: 1	Campione n.: 1
	Profondità : 1,50÷1,90 mt.

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio verde con variegazioni di colore grigio

Stato del campione: indisturbato

### Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali			limiti di consistenza	
Contenuto in acqua	w	= 22 %	Limite di liquidità	Wl = 51 %
Peso di volume umido	y	= 1,96 gr/cmc	Limite di plasticità	Wp = 22 %
Peso di volume secco	yd	= 1,61 gr/cmc	Limite di ritiro	Ws = " %
Peso specifico	Gs	= 2,741 gr/cmc	Ritiro lineare	R = " %
Indice dei vuoti	e	= 0,706	Indice di plasticità	Ip = 29 %
Grado di saturazione	s	= 85,40 %	Indice di consistenza	Ic = 1

resistenza		
Penetrometro tascabile	qu	= 2,70 Kg/cm <sup>2</sup>
Vane test	cu	= 1,40 Kg/cm <sup>2</sup>

granulometria		classificazione A.G.I.
ghiaia	: " %	limo con argilla debolmente sabbioso
sabbia	: 8 %	
limo	: 55 %	
argilla	: 37 %	

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.		
angolo di attrito	$\phi'$	= 24,50°
coesione	c'	= 0,15 Kg/cm <sup>2</sup>





di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Tel.Fax 0541 020342 - Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.i.039 913 304 02

Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R.	Data: Marzo 2014
Sondaggio n.: 1	Campione: 1
	Profondità : 1,50÷1,90 mt.

### Analisi granulometrica

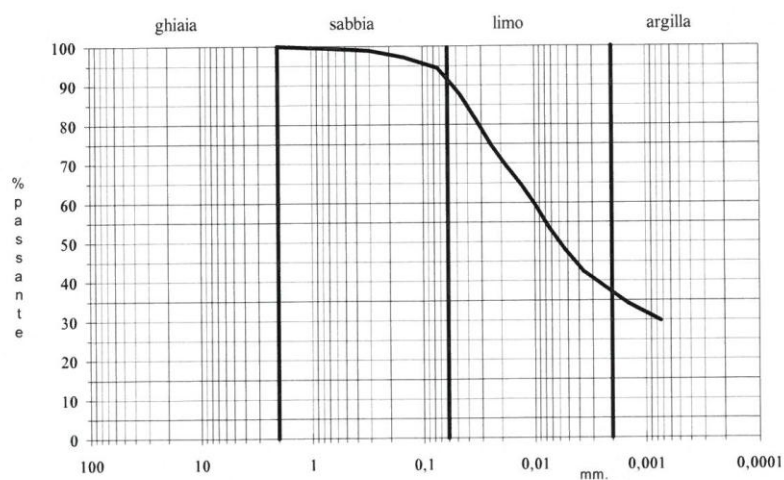
Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 47,23 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
10	2,000	100,00
30	0,600	99,34
50	0,300	98,92
100	0,150	97,25
200	0,075	94,37

Descrizione (Classificazione A.G.I.)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
limo con argilla debolmente sabbioso	"	8	55	37





di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Tel/Fax 0541 020342 - Cell. Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.i.039 913 304 02

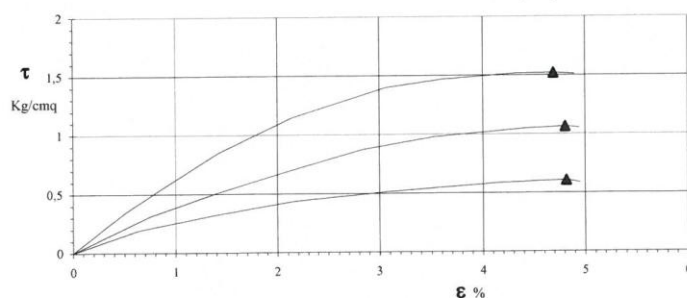
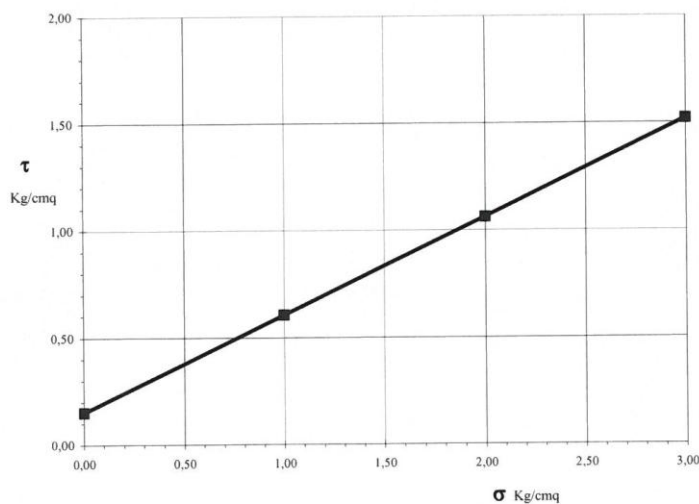
Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R.	Data: Marzo 2014
Sondaggio n.: 1	Campione: 1
	Profondità: 1,50÷1,90 mt.

### Prova di taglio diretto C.D.

provino n.	dimensione iniziale		consolidamento			fase di rottura			valori a rottura		
	$\phi$ (mm)	H cm.	t (ore)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\Delta H$ (mm)	v (mm/min)	t (min)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\epsilon$ %	$\Delta H$ (mm)	$\tau$ (Kg/cmq)
1	60	20	24	1,000	0,37	0,002	1530	1,000	4,82	0,01	0,606
2	60	20	24	2,000	0,54	0,002	1590	2,000	4,81	0,06	1,062
3	60	20	24	3,000	0,92	0,002	1620	3,000	4,70	0,02	1,517

$C' = 0,15 \text{ Kg/cmq.}$

$\phi' = 24,50^\circ$







di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Tel/Fax 0541 020342 - Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.039 913 304 02

Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R.	Data: Marzo 2014
Sondaggio n.: 2	Campione n. : 1
	Profondità : 2,00÷2,40 mt.

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio verde con variegazioni di colore grigio

Stato del campione: indisturbato

### Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali		limiti di consistenza	
Contenuto in acqua	w = 22 %	Limite di liquidità	Wl = 52 %
Peso di volume umido	y = 1,98 gr/cmc	Limite di plasticità	Wp = 22 %
Peso di volume secco	yd = 1,62 gr/cmc	Limite di ritiro	Ws = " %
Peso specifico	Gs = 2,743 gr/cmc	Ritiro lineare	R = " %
Indice dei vuoti	e = 0,690	Indice di plasticità	Ip = 30 %
Grado di saturazione	s = 87,44 %	Indice di consistenza	Ic = 1

resistenza	
Penetrometro tascabile	qu = 3,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Vane test	cu = 1,35 Kg/cm <sup>2</sup>

granulometria	classificazione A.G.I.
ghiaia : " %	limo con argilla debolmente sabbioso
sabbia : 10 %	
limo : 48 %	
argilla : 42 %	

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.	
angolo di attrito	$\phi' = 24,00^\circ$
coesione	c' = 0,20 Kg/cm <sup>2</sup>



di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Tel.Fax 0541 020342 - Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.1039 913 304 02

Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R

Data: Marzo 2014

Sondaggio n.: 2

Campione: 1

Profondità : 2,00÷2,40 mt.

### Analisi granulometrica

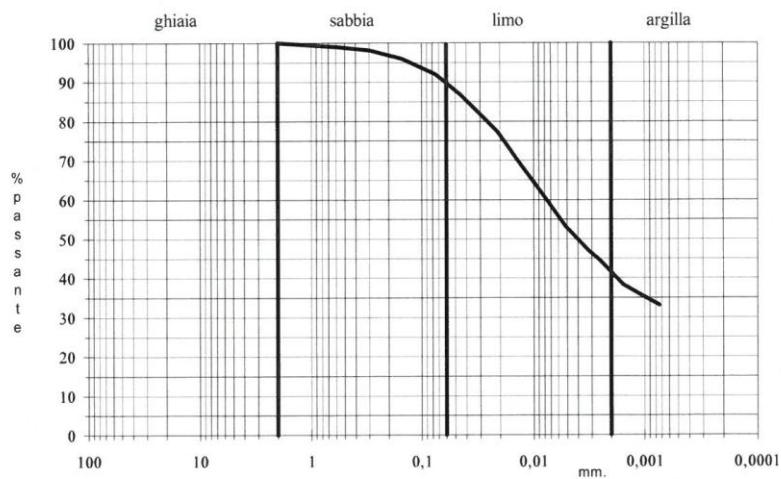
Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 45,46 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
10	2,000	100,00
30	0,600	98,94
50	0,300	98,12
100	0,150	95,91
200	0,075	91,95

Descrizione (Classificazione A.G.I.)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
limo con argilla debolmente sabbioso	"	10	48	42





di Scaparrotti dott. Roberto  
Via Coleri 82/b - 47921 Rimini  
Tel/Fax 0541 020342 - Cell. 320 0555670  
mail: scaparrotti.roberto@libero.it - p.i.039 913 304 02

Cantiere: Poggio-Torriana (FC) - Cava del Monte Ronco - C.B.R

Data: Marzo 2014

Sondaggio n.: 2

Campione: 1

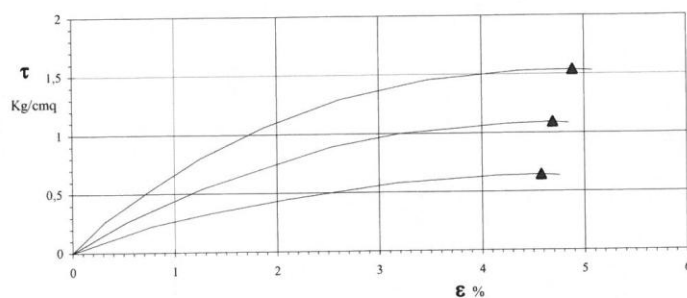
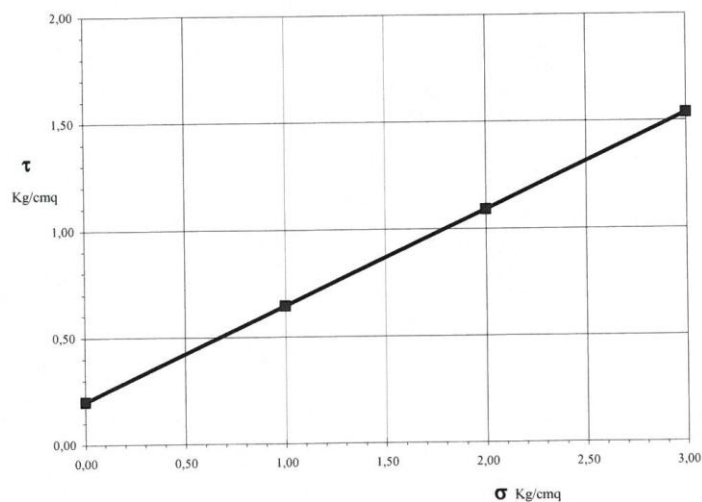
Profondità: 2,00÷2,40 mt.

### Prova di taglio diretto C.D.

provino n.	dimensione iniziale		consolidamento			fase di rottura			valori a rottura		
	$\phi$ (mm)	H cm.	t (ore)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\Delta H$ (mm)	v (mm/min)	t (min)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\epsilon$ %	$\Delta H$ (mm)	$\tau$ (Kg/cmq)
1	60	20	24	1,000	0,25	0.002	1464	1,000	4,58	0,05	0,645
2	60	20	24	2,000	0,42	0.002	1560	2,000	4,70	0,01	1,091
3	60	20	24	3,000	0,74	0.002	1680	3,000	4,89	0,06	1,536

$C' = 0,20 \text{ Kg/cm}^2$

$\phi' = 24,00^\circ$



### III.5 – Parametri geotecnici caratteristici

$\gamma$  **19,7 kN/m<sup>3</sup>** [1,97 g/cm<sup>3</sup>] (peso di volume umido)

$c_u$  = **78,89 kPa** [0,789 Kg/cm<sup>2</sup>] (coesione non drenata)

$c'$  **8 kPa** [0,08 Kg/cm<sup>2</sup>] (coesione efficace)

$\phi'$  **24gradi** (angolo di attrito)

I valori di resistenza caratteristici dei terreni, in rapporto al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 applicato alle verifiche di stabilità relative alla modellazione morfologica in progetto, sono regolarizzati secondo l'approccio di verifica adottato (Approccio 1 Combinazione 2):

Approccio 1 Combinazione 2:

$$\gamma_d 19,7 / 1 = 19,7 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u_d} = c_{u_k} / 1,40 = 78,89 / 1,40 = 56,35 \text{ kPa} [0,564 \text{ Kg/cm}^2]$$

$$c'_d = c'_k / 1,25 = 8 / 1,25 = 6,4 \text{ kPa} [0,064 \text{ Kg/cm}^2]$$

$$\phi'_d = \text{tg } \phi'_k / 1,25 = \text{tg } 24 / 1,25 = 19,6 \text{ gradi}$$



## IV – SISMICITA'

---

### IV.1 – Categoria di sottosuolo

La determinazione delle proprietà dinamiche dei terreni e nello specifico la valutazione della risposta sismica del sottosuolo necessaria a determinare la categoria di suolo, si è risolta tramite indagine geofisica sismica a stazione singola HVSR. La prova geofisica ha determinato la stratigrafia di velocità delle onde trasversali  $V_s$  da cui ricavare il parametro  $V_{S30}$ .

Velocità delle onde di taglio: 352 m/sec da 0,0 a 30,0 metri, cui corrisponde una categoria di suolo C .

La prova HVSR ha permesso di identificare la frequenza tipica del sito pari a:  
 $1,09 \pm 2,78$  Hz (range 0,0÷64,0 Hz).

### IV.2 – Condizioni topografiche

Le condizioni topografiche conseguenti alla modellazione morfologica, definiscono un assetto dotato di inclinazione media < di 15 gradi che, accredita, l'attribuzione delle condizioni topografiche alla categoria T1 (Tab. 3.2IV delle NTC).

#### IV.2.4 – Zonizzazione sismica

Il territorio nazionale è classificato sismicamente in quattro zone, definito da un reticolo sismico mediante coordinate geografiche di latitudine e longitudine ( $\lambda$  e  $\phi$ ), per periodi discreti di ritorno ( $T_r$ ) di 35, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni. In tali nodi della maglia viene definito il valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) riferita ad un suolo rigido di categoria A, il fattore di accelerazione massima del suolo ( $F_o$ ) ed il periodo caratteristico ( $T_c^*$ ) dello spettro (zona a velocità di risposta lineare). I parametri sismici del reticolo, sono forniti dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed allegati alle NTC del DM 14 gennaio 2008. Per poter definire il periodo di ritorno sismico con il quale entrare nel reticolo sismico è necessario conoscere i dati dell'opera che riguardano:

- Vita nominale ( $V_n$ ) in base alla Tab. 2.4.I delle NTC
- Classe d'uso e coefficiente d'uso ( $C_u$ ) in base alla Tab. 2.4.II delle NTC
- Periodo di riferimento sismico ( $V_r$ )

dato dalla relazione  **$V_r = V_n \times C_u$**

- Probabilità di superamento (**Pvr**) dello stato limite di progetto nel periodo di riferimento  $V_r$  in base alla Tab. 3.2.I
- Periodo di ritorno sismico (**Tr**)

dato dalla relazione  **$T_r = -V_n / \ln (1-P_{vr})$**

#### IV.2.5 – Pericolosità sismica di base

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è necessario conoscere la pericolosità sismica di base definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_g$ ) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate di spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento.

I parametri di sito sono definiti in base alle coordinate geografiche e alle caratteristiche dell'opera.

#### IV.2.6 – Pericolosità sismica locale

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di suolo è definito mediante  $a_{max}$  attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

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

$$S = S_s + S_t$$

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica dipendente dalla categoria di sottosuolo (tab. 3.2.V- NTC)

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica (tab. 3.2.VI- NTC)

#### IV.2.7 – Coefficienti sismici orizzontali e verticali

$$K_h = \beta_s \cdot a_{max}/g \text{ (Coefficiente orizzontale)}$$

$$K_v = \pm 0,5 K_h \text{ (Coefficiente verticale)}$$

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

I valori specifici della zona in progetto vengono riportati nel seguente rapporto sviluppato mediante elaborazione da software Geostru.

#### IV.2.8 – Parametri sismici

Tipo di elaborazione: **stabilità pendii**

##### Sito in esame.

Latitudine: 43,953763

Longitudine: 12,34962

Classe:1

Vita nominale:50

##### Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19408 Lat: 43,9290 Lon: 12,3101 Distanza: 4195,640

Sito 2 ID: 19409 Lat: 43,9297 Lon: 12,3795 Distanza: 3592,855

Sito 3 ID: 19187 Lat: 43,9796 Lon: 12,3786 Distanza: 3695,759

Sito 4 ID: 19186 Lat: 43,9790 Lon: 12,3091 Distanza: 4284,394

##### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35 anni

Coefficiente cu: 0,7

##### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr	ag	Fo	Tc*
30 [anni]	0,057 g	2,462	0,268 [s]

##### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr	ag	Fo	Tc*
35 [anni]	0,062g	2,454	0,271 [s]

##### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr	ag	Fo	Tc*
332[anni]	0,157g	2,420	0,318[s]

##### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr	ag	Fo	Tc*
682[anni]	0,204g	2,440	0,328[s]

##### Coefficienti Sismici

###### SLO:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1500	1,620	1,000	0,017	0,009	0,844	0,200

###### SLD:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,500	1,610	1,000	0,018	0,009	0,906	0,200

###### SLV:

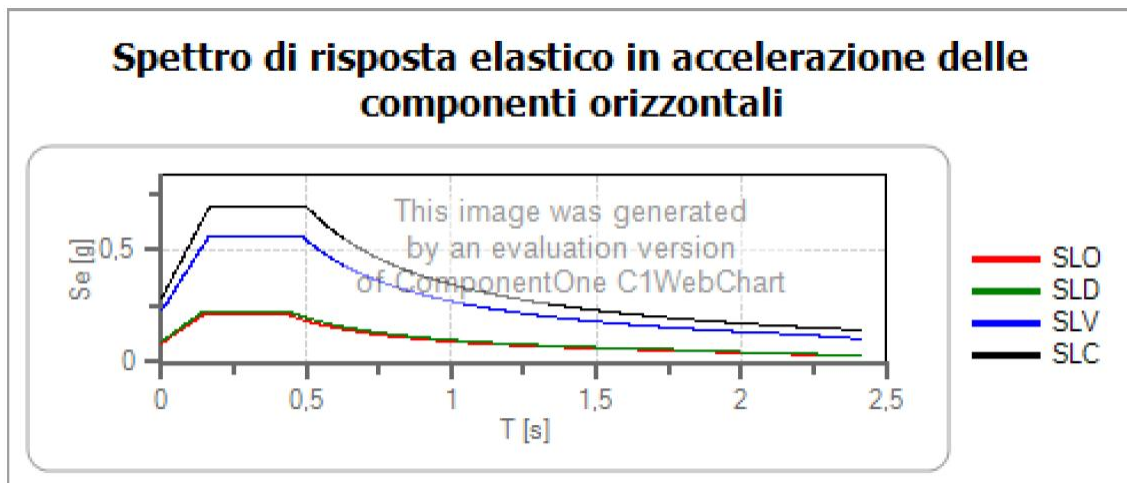
Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,470	1,530	1,000	0,055	0,028	2,263	0,240

**SLC:**

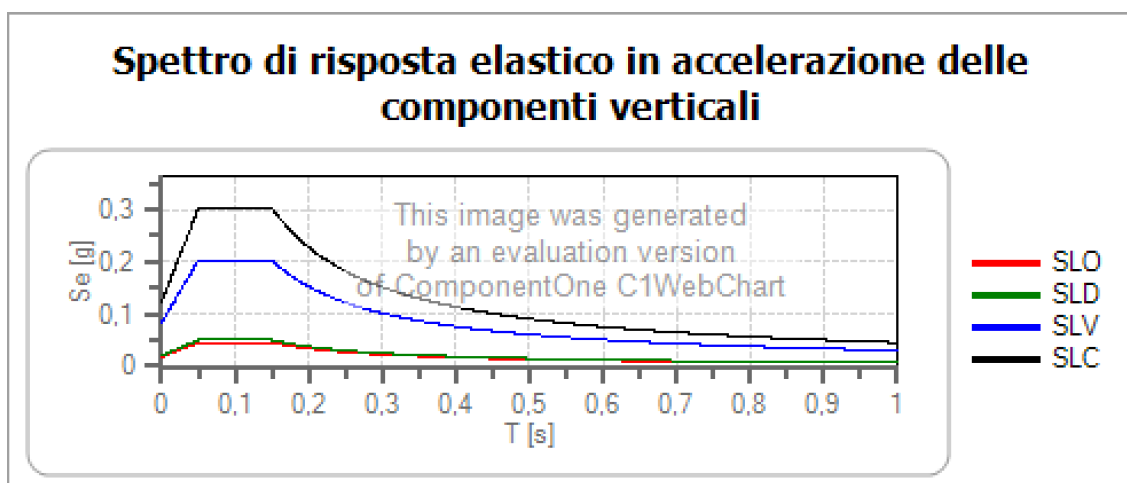
Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,400	1,520	1,000	0,080	0,040	2,798	0,280

**SPETTRI di RISPOSTA****Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali**

- Coefficiente di smorzamento viscoso = 5%
- Coefficiente che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,057	2,462	0,268	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,145	0,434	1,829
SLD	0,7	0,062	2,454	0,271	1,500	1,610	1,000	1,500	1,000	0,146	0,437	1,846
SLV	0,7	0,167	2,420	0,318	1,470	1,530	1,000	1,470	1,000	0,162	0,486	2,228
SLC	0,7	0,204	2,440	0,328	1,400	1,520	1,000	1,400	1,000	0,166	0,498	2,415



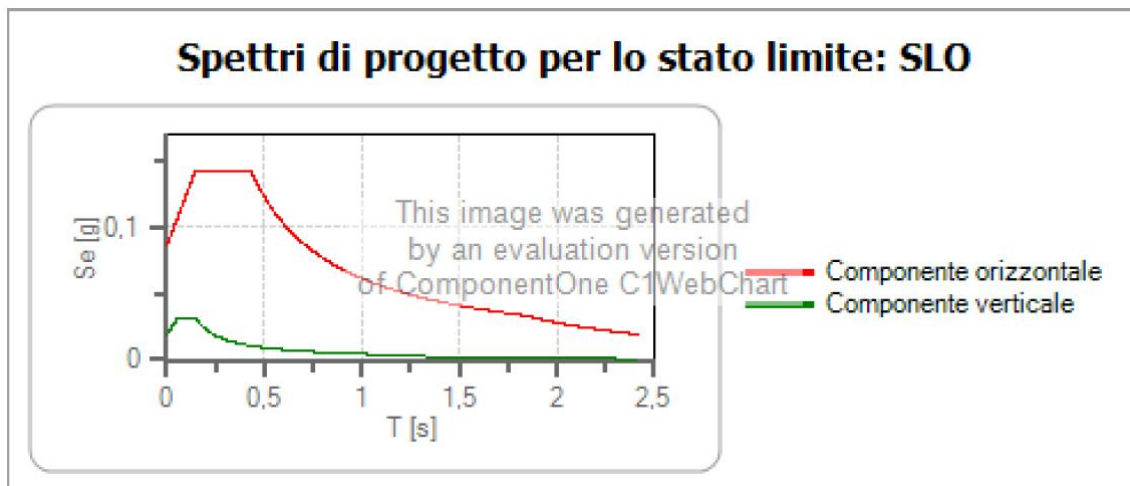


	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	0,7	0,057	2,462	0,268	1,000	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	0,7	0,062	2,454	0,271	1,000	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	0,7	0,167	2,420	0,318	1,000	1,530	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	0,7	0,204	2,440	0,328	1,000	1,520	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

#### Spettro di progetto

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1,5  
Per lo spettro orizzontale = 0,667
- Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1,5  
Per lo spettro verticale = 0,667

Stati limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	0,7	0,057	2,462	0,268	1,500	1,620	1,000	1,500	1,500	0,145	0,434	1,829
SLO verticale	0,7	0,057	2,462	0,268	1,500	1,620	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

#### IV.2.9 – Considerazioni sulla liquefazione

Le NTC del DM 17 gennaio 2018 al capitolo §7.11.3.4 affrontano il tema della liquefazione. In terreni predisposti alla liquefazione, gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, rendendo necessario in caso di accertata suscettibilità a questo fenomeno, introdurre provvedimenti di

consolidamento e misure in grado di trasferire le azioni delle strutture in strati di terreno non liquefacibile. Nell'ambito dell'area di progetto, occupata da depositi argillosi con assenza di falda, non sussistono condizioni locali predisponenti fenomeni di liquefazione, pertanto, per quanto indicato al capitolo §7.11.3.4.2 delle NTC, è esentata la verifica.

Con riferimento alla normativa regionale vigente, nonostante non sussistano condizioni di liquefacibilità dei depositi insediati nell'area di progetto, si provvede a fornire riferimenti sull'indice del potenziale di liquefazione IL, valore correlato al fattore di sicurezza F o FL definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

$$w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left( 1 - \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

$z_{crit}$  è la profondità critica, (profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m).

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione IL si definiscono le seguenti classi di pericolosità (*Sonmez, 2003*):

IL = 0 Non liquefacibile (FL ≥ 1.2)

0 < IL ≤ 2 Potenziale basso

2 < IL ≤ 5 Potenziale moderato

5 < IL ≤ 15 Potenziale alto

15 < IL Potenziale molto alto

F(z) = 0 per FL ≥ 1.2

F(z) =  $2 \cdot 106^{(-18.427 \cdot FL)}$  per 1.2 > FL ≥ 0.95

F(z) = 1 - FL per FL ≤ 0.95

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DA PROVA SISMICA Metodo di Andrus e Stokoe (1997)									
PARAMETRI:									
$\gamma$	=	1,97	g/cm <sup>3</sup>						
$\sigma_{vo}$	=	0,591	kg/cm <sup>2</sup>						
$\sigma'_{vo}$	=	0,591	kg/cm <sup>2</sup>						
profondità della prova	=	300	cm						
profondità falda	=	300	cm						
$\gamma_{H_2O}$	=	1	g/cm <sup>3</sup>						
Pressione neutra	=	0	kg/cm <sup>2</sup>						
z	=	3	m						
$V_s$	=	200							
$V_{s1c}$	=	200	m/s	FC<5%	FC=20%	FC>35%			
				220	210	200			
$V_{s1}$	=	228,10							
M	=	6,1							
MSF	=	1,94	se M<7,5						
		1,67	se M>7,5						
FORMULE:									
$V_{s1}$	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$						228,10	$V_{s1}$
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$						0,119570689	R
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$		se M<7,5				0,064696303	$T_{M<7,5}$
				se M>7,5				0,07504764	$T_{M>7,5}$
$a_{max}/g$	=	0,25							
$r_d$	=	0,7705							
Fs=R/T	>	1		se M<7,5				1,84818426	Verificato Fs
				se M>7,5				1,593263814	Verificato Fs

Il fattore di sicurezza di  $F = 1,848$  ( $F = 1,593$  per una magnitudo  $> 7,5$  più elevata di quella attribuita alla zona sismica sede dell'intervento) è ampiamente superiore a  $F 1,2$  da cui è confermata la non liquefacibilità del deposito e un corrispettivo basso indice del potenziale di liquefazione.

Lab.Geo

Prove geognostiche  
e indagini geofisiche

di **Scaparrotti dott. Roberto**

Via Coletti 82/b - 47921 Rimini  
Cell. 320 0555670  
mail: [scaparrotti.roberto@libero.it](mailto:scaparrotti.roberto@libero.it) - p.i.039 913 304 02  
c.f.: SCP RRT 60A 08H 294W

## **INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE TROMOGRAFO DIGITALE "TROMINO" ® (METODO NAKAMURA)**

### **STIMA DELLA $V_{seq}$ CON MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA DA STAZIONE SINGOLA - METODO H/V**

**LOCALITÀ:** Cava ICR – Novafeltria (RN)

## ***RELAZIONE GEOFISICA***

**Rif. F26/2-VZ3**

**Rimini, Aprile 2023**



La caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, è stata svolta con metodologia di sismica passiva a stazione singola H/V per mezzo di strumento *Tromino*®, Micromed S.p.a.. La tecnica si basa sulla misura del microtremore sismico ambientale come di seguito descritto.

#### **Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale**

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla loro acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato nella figura sottostante. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

#### **La tecnica impiegata. Cenni storici**

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie. Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenze maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità è dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità  $h$  della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza  $h=V/(4fr)$  o, al più, tramite la formula [1] in cui  $v_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $x$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $f_r$  la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[ \frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) il contenuto in frequenza,
- b) la risposta strumentale,
- c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli

sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di  $v_s$  è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore – anche molto superficiale – riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la  $v_s$  del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2007).

## Procedura ed analisi dei dati per stazioni singole H/V

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza* ovvero il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso tra due diversi strati. Per *strato* si intende un'unità distinta da quella sopra o sottostante caratterizzate dunque da contrasti d'impedenza diversi. L'interpretazione della curva sperimentale è stata svolta con apposito programma “*Grilla*” agganciandosi alla stratigrafia della prova CPT 1.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero, viene ricavata la curva sperimentale H/V secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s.;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene poi invertita creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

L'inversione delle curve H/V è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo. Nel caso in questione tale vincolo è fornito dalla profondità del riflettore sismico noto tramite il sondaggio preso come riferimento, il cui marker è riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2007).

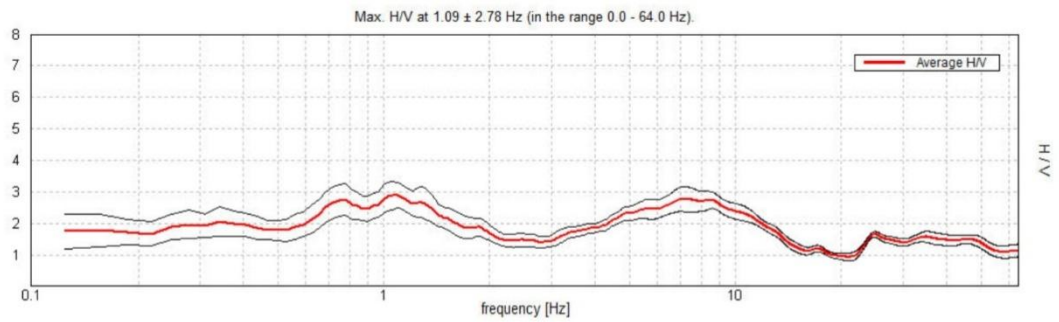
Dall'analisi congiunta della curva sperimentale H/V e degli spettri da cui essa deriva è stata ricavata la curva teorica.

È stata svolta una registrazione HVSR con un intervallo di tempo di 20 minuti.

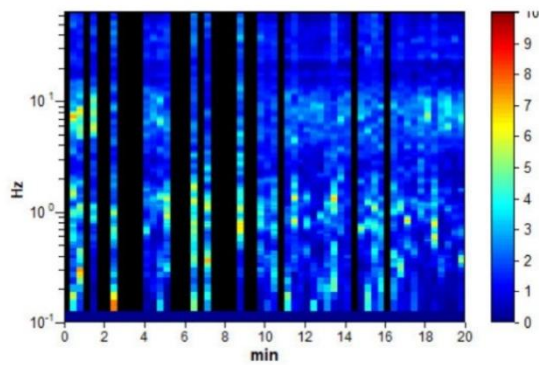
### TR 1

Instrument: TEN-0035/01-08  
Data format: 16 bit  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 30/03/2023 15:06:25 End recording: 30/03/2023 15:26:26  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
GPS data not available  
Trace length: 0h20'00". Analyzed 98% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

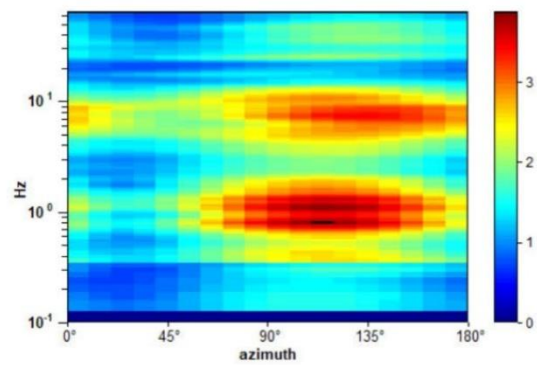
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



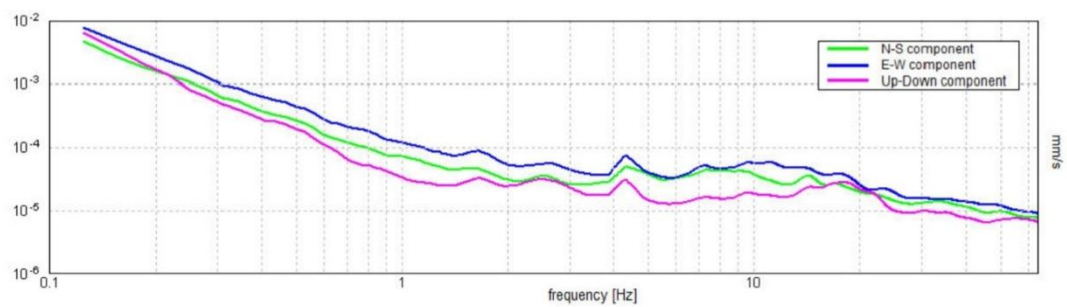
## H/V TIME HISTORY



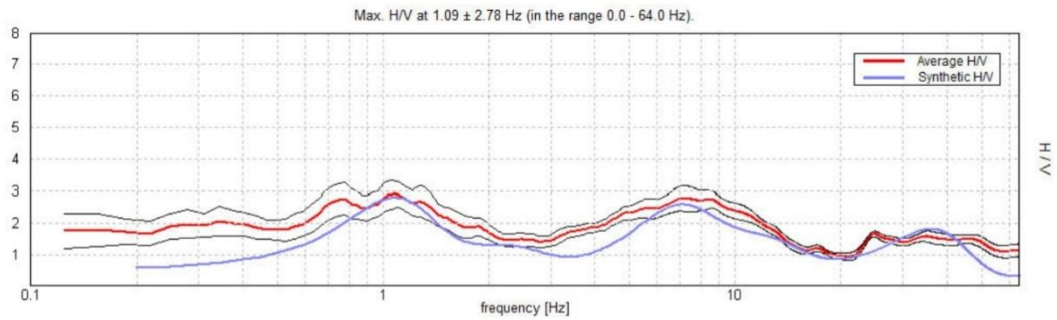
## DIRECTIONAL H/V



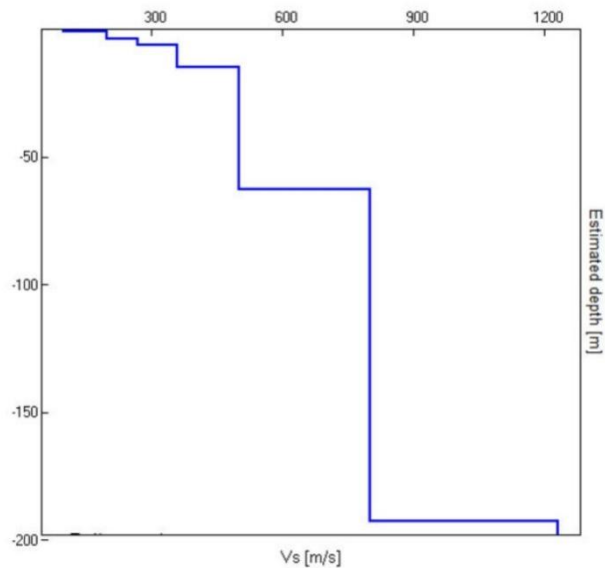
## SINGLE COMPONENT SPECTRA



# EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	100	0.42
3.70	3.00	200	0.42
5.90	2.20	270	0.42
14.90	9.00	360	0.42
62.90	48.00	500	0.42
192.90	130.00	800	0.42
inf.	inf.	1230	0.42



Ipotizzando le fondazioni a varie quote si ottengono le seguenti  $V_{seq}$ :

Profondità fondazione (m)	$V_{seq}$ (m/s)
0.0	352



Si riportano di seguito i **tabulati del METODO SESAME 2005** (Site EffectS assessment using **AM**biEnt **EX**itAtions) applicati alla curva. Trattasi di un progetto di ricerca internazionale sull'utilizzo di strumentazioni sismiche idonee alla registrazione del rumore ambientale che costituisce il presupposto fondamentale per una corretta applicazione del metodo Nakamura. In tale tabulato i primi tre parametri debbono essere tutti verificati in quanto rappresentano la correttezza della misura, mentre gli ulteriori sei non debbono essere necessariamente tutti verificati in quanto evidenziano picchi non significativi dal punto di vista sismico. Un bedrock roccioso, per esempio, potrebbe dare tutti NO in quanto non presenterebbe picchi significativi.

**Max. H/V at 1.09 ± 2.78 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	853.1 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 53 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.89 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 2.54592  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.7846 < 0.10938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.406 < 1.78	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### V.1– Considerazioni Generali

L'analisi è stata eseguita secondo i criteri dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche, statiche e post sisma. Nei metodi pseudostatici, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Il calcolo del coefficiente di sicurezza, eseguito con il metodo di Fellenius noto anche come il metodo delle strisce o degli svedesi, si è risolto considerando la massa potenzialmente mobilitabile e suddividendo in conci l'intervallo stratigrafico delimitato dal piano campagna e dalla superficie di slittamento ipotetica. Le verifiche di stabilità, sono incentrate su sezioni tracciate lungo i vettori di massima pendenza longitudinali (sezioni 1, 2, 9) e in senso trasversale (sezioni 4 e 5) che, propongono, le situazioni più gravose ai fini dell'equilibrio statico (Fig. V.1 e Fig. V2).

### V.2– Parametri Geotecnici

I valori di resistenza caratteristici dei terreni sottoposti a verifica di stabilità, determinati tramite analisi e prove di laboratorio, in ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono regolarizzati secondo: Approccio 1 Combinazione 2:

#### **TERRENI DI RIPORTO:**

$$\gamma = 19,7 \text{ kN/m}^3 [1,97 \text{ g/cm}^3]$$

#### Condizioni pseudostatiche:

$$c_u = 56,35 \text{ KPa} [0,564 \text{ Kg/cm}^2]$$

#### Condizioni statiche:

$$\phi = 19,6 \text{ gradi}$$

$$c' = 6,4 \text{ KPa} [0,064 \text{ Kg/cm}^2]$$

#### Condizioni post sisma:

$$\phi = 19 \text{ gradi}$$

$$c' = 5,5 \text{ KPa} [0,055 \text{ Kg/cm}^2]$$

## PARAMETRI SISMICI

### Salvaguardia della vita (SLV):

ag: 0,157 g

Ss: 1,470

St: 1,000

Beta: 0,240

L'analisi pseudostatica considera le forze sismiche orizzontali  $F_h$  ( $F_h = K_h * W$ ) poiché la forza sismica verticale  $F_v$  ( $F_v = \pm 0,5 F_h$ ) è in genere influente sull'equilibrio globale delle masse. La forza sismica orizzontale, in particolare, è data dal rapporto tra coefficiente sismico orizzontale e il peso dalla formula:

$$K_h = a/g * St * Ss * \beta_s = 0,157 \times 1,000 \times 1,470 \times 0,240 = \mathbf{0,055}$$

Relazione applicata per ogni singolo concio.

$$C_s = \frac{\sum [CL + (W \cos \alpha) - (K_h W \sin \alpha) \tan \phi]}{\sum (W \sin \alpha) + (K_h W \cos \alpha)}$$

$c$  = coesione (t/mq)

$L$  = arco su cui si esplica la coesione ( $L = b / \cos \alpha$ );

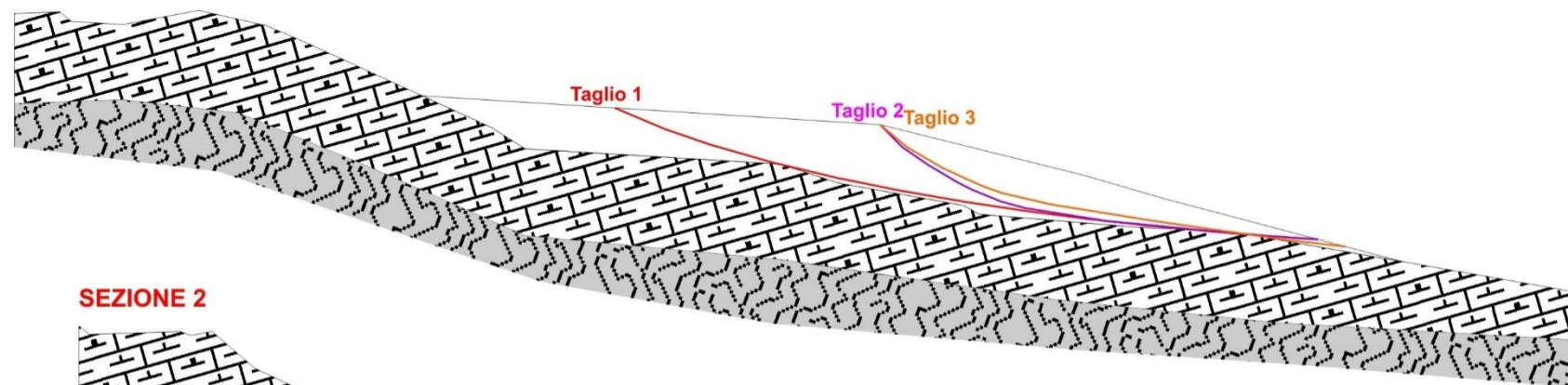
$b$  = larghezza concio (m);

$W$  = peso di un concio applicato al proprio baricentro (t/m)

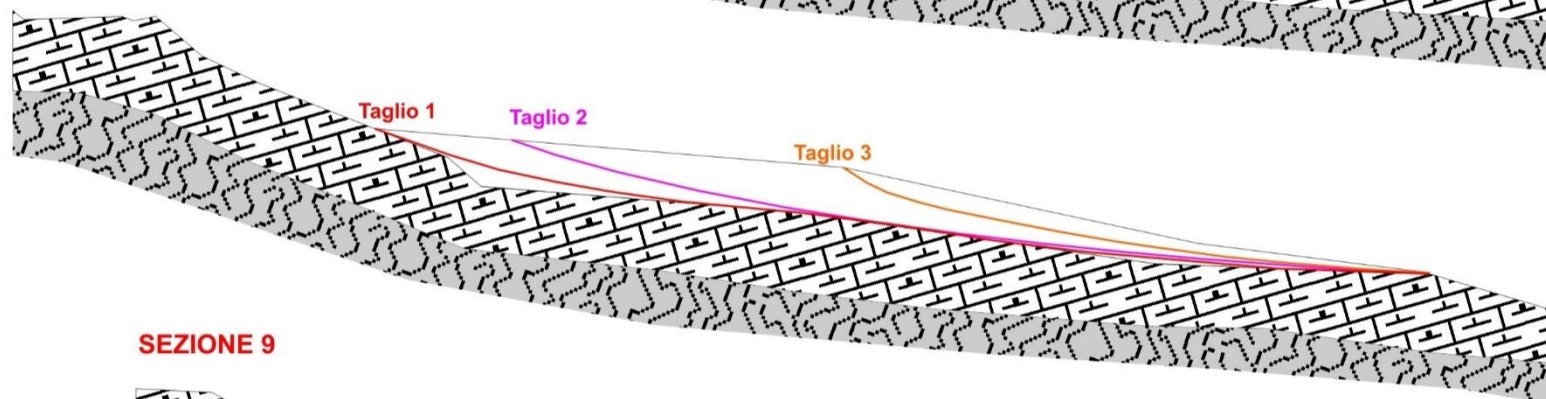
$\alpha$  = angolo formato dalla verticale con la tangente alla linea di slittamento

$\phi$  = angolo di attrito

### SEZIONE 1



### SEZIONE 2



### SEZIONE 9

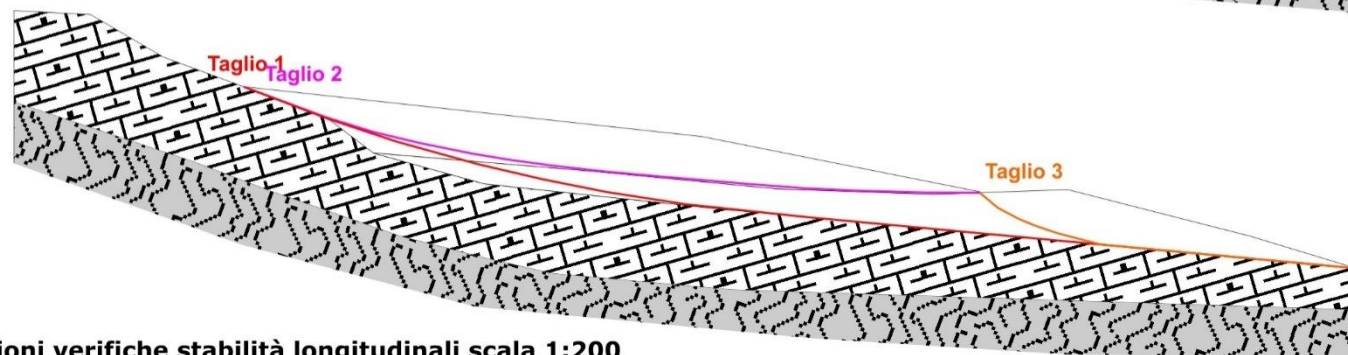
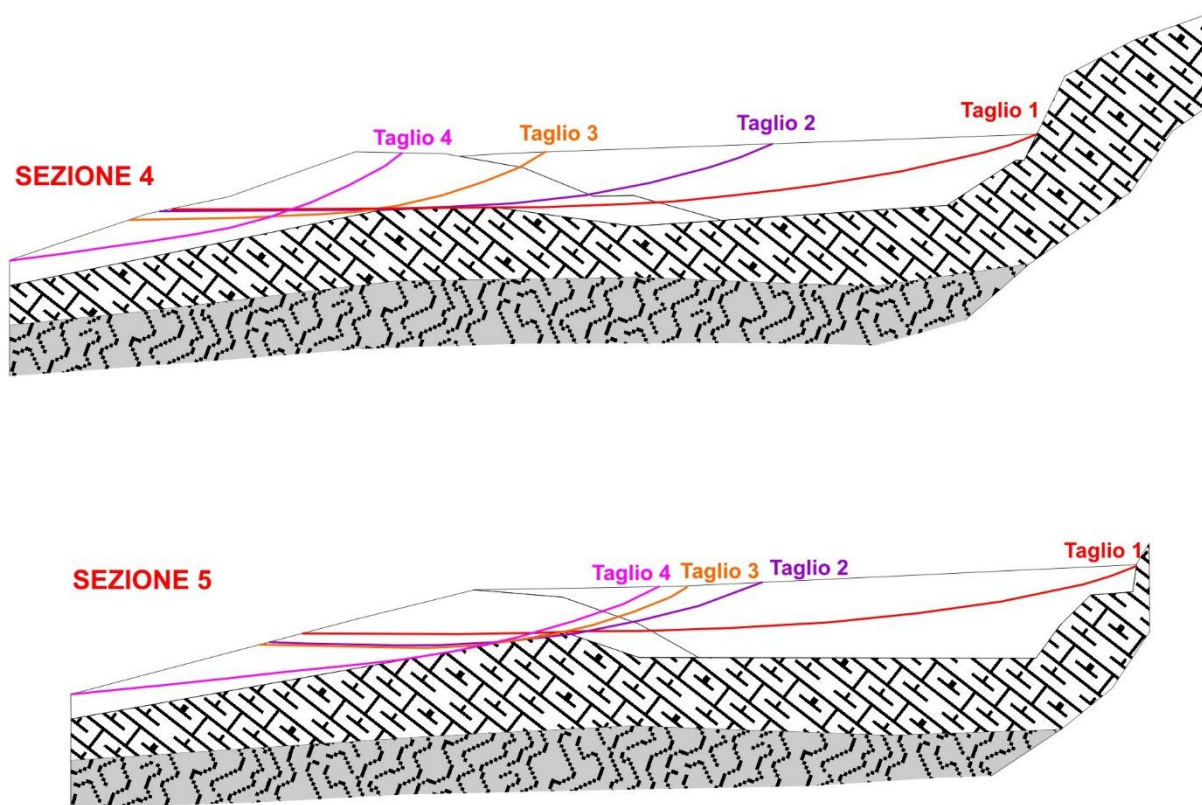


Fig. V1 - Sezioni verifiche stabilità longitudinali scala 1:200

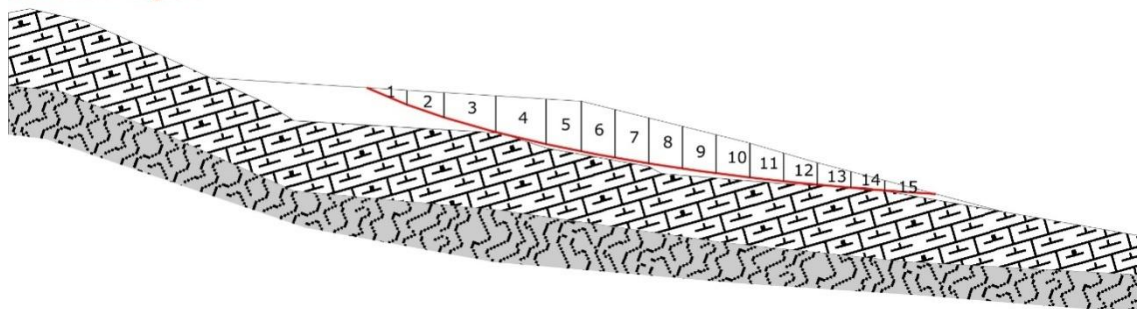


**Fig. V2 - Sezioni verifiche stabilità trasversali scala 1:200**



## V.3– Sezioni e Calcoli

SEZIONE 1 - Taglio 1



### SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 1 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_i =$

1,97

peso di volume

$c_i =$

5,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_i =$

0,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,35	23,00	0,00	87,56	31,93	2,74	55,62
2	180,47	19,00	0,00	166,29	100,07	1,66	66,22
3	401,12	16,00	0,00	274,60	231,84	1,18	42,76
4	508,14	13,00	0,00	378,22	373,38	1,01	4,84
5	420,55	11,00	0,00	450,32	476,33	0,95	-26,01
6	415,83	11,00	0,00	519,27	578,12	0,90	-58,85
7	389,59	10,00	0,00	587,99	666,88	0,88	-78,88
8	367,13	9,00	0,00	656,52	744,25	0,88	-87,73
9	340,42	8,00	0,00	724,86	810,17	0,89	-85,31
10	304,96	7,00	0,00	793,05	863,98	0,92	-70,93
11	264,77	6,00	0,00	861,10	906,14	0,95	-45,04
12	210,16	6,00	0,00	929,16	939,60	0,99	-10,45
13	160,28	5,00	0,00	997,09	962,35	1,04	34,74
14	107,56	5,00	0,00	1065,03	977,62	1,09	87,41
15	63,93	4,00	0,00	1168,10	985,59	1,19	182,51

**$F_s = 1,19$**

**SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 1 condizioni statiche**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

19,60

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,35	23,00	0,00	33,65	28,27	1,19	5,38
2	180,47	19,00	0,00	103,35	87,02	1,19	16,32
3	401,12	16,00	0,00	252,93	197,59	1,28	55,35
4	508,14	13,00	0,00	440,99	311,89	1,41	129,10
5	420,55	11,00	0,00	596,18	392,14	1,52	204,04
6	415,83	11,00	0,00	749,35	471,48	1,59	277,87
7	389,59	10,00	0,00	893,77	539,13	1,66	354,63
8	367,13	9,00	0,00	1030,66	596,56	1,73	434,10
9	340,42	8,00	0,00	1158,45	643,94	1,80	514,51
10	304,96	7,00	0,00	1273,97	681,11	1,87	592,87
11	264,77	6,00	0,00	1375,46	708,78	1,94	666,68
12	210,16	6,00	0,00	1457,60	730,75	1,99	726,85
13	160,28	5,00	0,00	1522,17	744,72	2,04	777,45
14	107,56	5,00	0,00	1568,03	754,09	2,08	813,94
15	63,93	4,00	0,00	1602,44	758,55	2,11	843,88

**Fs = 2,11****SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 1 condizioni post sisma**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

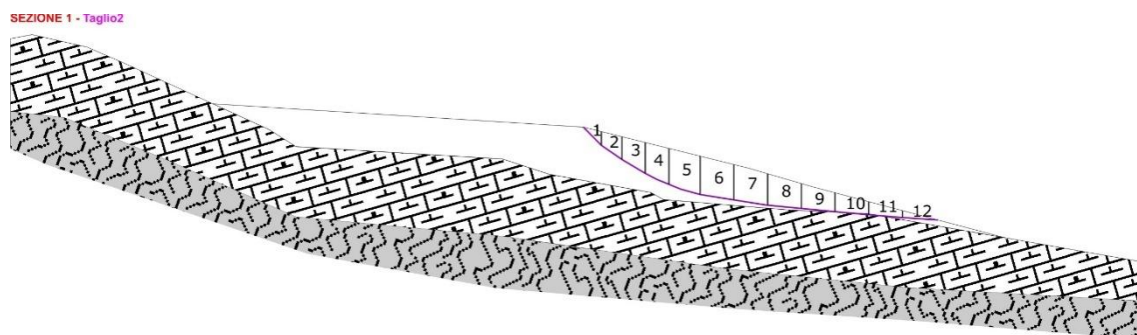
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	72,35	23,00	0,00	32,25	28,27	1,14	3,98
2	180,47	19,00	0,00	99,38	87,02	1,14	12,35
3	401,12	16,00	0,00	243,67	197,59	1,23	46,08
4	508,14	13,00	0,00	425,17	311,89	1,36	113,28
5	420,55	11,00	0,00	574,99	392,14	1,47	182,85
6	415,83	11,00	0,00	722,87	471,48	1,53	251,39
7	389,59	10,00	0,00	862,29	539,13	1,60	323,16
8	367,13	9,00	0,00	994,44	596,56	1,67	397,87
9	340,42	8,00	0,00	1117,78	643,94	1,74	473,84
10	304,96	7,00	0,00	1229,26	681,11	1,80	548,15

11	264,77	6,00	0,00	1327,16	708,78	1,87	618,38
12	210,16	6,00	0,00	1406,37	730,75	1,92	675,62
13	160,28	5,00	0,00	1468,58	744,72	1,97	723,86
14	107,56	5,00	0,00	1512,70	754,09	2,01	758,61
15	63,93	4,00	0,00	1545,62	758,55	2,04	787,07

**Fs = 2,04**



#### SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 2 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE

Kh = 0,055

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma := 1,97$  peso di volume  
 $c_t = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_t = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	30,41	45,00	0,00	50,25	22,68	2,22	27,57
2	90,08	35,00	0,00	100,79	78,41	1,29	22,37
3	154,80	31,00	0,00	155,27	165,44	0,94	-10,17
4	206,84	25,00	0,00	207,79	263,16	0,79	-55,37
5	297,00	18,00	0,00	273,68	370,47	0,74	-96,80
6	307,08	9,00	0,00	342,20	435,19	0,79	-93,00
7	281,08	9,00	0,00	410,72	494,43	0,83	-83,71
8	238,29	5,00	0,00	478,66	528,26	0,91	-49,60
9	190,30	5,00	0,00	546,60	555,27	0,98	-8,67
10	135,46	5,00	0,00	614,54	574,50	1,07	40,04
11	87,70	5,00	0,00	682,48	586,95	1,16	95,53
12	40,06	4,00	0,00	753,88	591,94	1,27	161,94

**Fs = 1,27**

**SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 2 condizioni statiche**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

19,60

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	30,41	45,00	0,00	13,36	21,50	0,62	-8,14
2	90,08	35,00	0,00	45,37	73,17	0,62	-27,80
3	154,80	31,00	0,00	98,80	152,90	0,65	-54,10
4	206,84	25,00	0,00	171,51	240,31	0,71	-68,80
5	297,00	18,00	0,00	279,57	332,09	0,84	-52,52
6	307,08	9,00	0,00	395,35	380,13	1,04	15,22
7	281,08	9,00	0,00	501,98	424,10	1,18	77,88
8	238,29	5,00	0,00	594,21	444,87	1,34	149,35
9	190,30	5,00	0,00	669,43	461,45	1,45	207,98
10	135,46	5,00	0,00	725,19	473,26	1,53	251,93
11	87,70	5,00	0,00	764,01	480,90	1,59	283,11
12	40,06	4,00	0,00	786,34	483,70	1,63	302,65

**Fs = 1,63****SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 2 condizioni post sisma**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

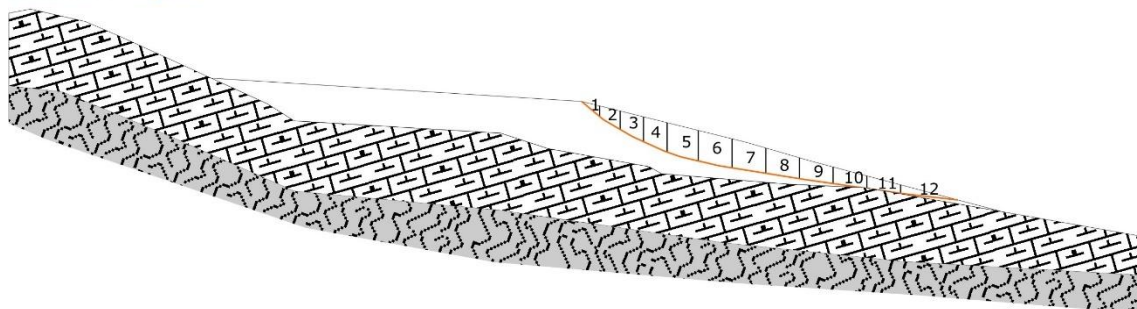
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	30,41	45,00	0,00	12,75	21,50	0,59	-8,75
2	90,08	35,00	0,00	43,53	73,17	0,59	-29,64
3	154,80	31,00	0,00	95,02	152,90	0,62	-57,88
4	206,84	25,00	0,00	165,15	240,31	0,69	-75,16
5	297,00	18,00	0,00	269,42	332,09	0,81	-62,67
6	307,08	9,00	0,00	381,15	380,13	1,00	1,02
7	281,08	9,00	0,00	484,03	424,10	1,14	59,93
8	238,29	5,00	0,00	572,99	444,87	1,29	128,13
9	190,30	5,00	0,00	645,50	461,45	1,40	184,05
10	135,46	5,00	0,00	699,19	473,26	1,48	225,93
11	87,70	5,00	0,00	736,50	480,90	1,53	255,60
12	40,06	4,00	0,00	757,86	483,70	1,57	274,16

**Fs = 1,57**

### SEZIONE 1 - Taglio3



### SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 3 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	23,94	40,00	0,00	47,34	16,40	2,89	30,94
2	78,37	32,00	0,00	96,16	61,58	1,56	34,57
3	130,33	28,00	0,00	149,05	129,10	1,15	19,95
4	159,62	24,00	0,00	201,15	202,04	1,00	-0,89
5	240,75	16,00	0,00	266,34	281,13	0,95	-14,79
6	254,84	12,00	0,00	335,53	347,82	0,96	-12,29
7	233,33	9,00	0,00	404,05	397,00	1,02	7,05
8	191,72	9,00	0,00	472,58	437,41	1,08	35,17
9	157,68	8,00	0,00	540,92	467,94	1,16	72,98
10	126,00	8,00	0,00	609,27	492,34	1,24	116,93
11	86,29	8,00	0,00	677,61	509,05	1,33	168,57
12	64,83	7,00	0,00	793,76	520,49	1,53	273,27

**$F_s = 1,53$**



**SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 3 condizioni statiche**

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	23,94	40,00	0,00	11,90	15,39	0,77	-3,49
2	78,37	32,00	0,00	41,11	56,92	0,72	-15,81
3	130,33	28,00	0,00	88,09	118,11	0,75	-30,02
4	159,62	24,00	0,00	145,92	183,03	0,80	-37,11
5	240,75	16,00	0,00	235,73	249,39	0,95	-13,66
6	254,84	12,00	0,00	332,34	302,37	1,10	29,97
7	233,33	9,00	0,00	422,18	338,87	1,25	83,30
8	191,72	9,00	0,00	497,38	368,86	1,35	128,52
9	157,68	8,00	0,00	560,74	390,81	1,43	169,93
10	126,00	8,00	0,00	612,92	408,35	1,50	204,58
11	86,29	8,00	0,00	651,10	420,35	1,55	230,75
12	64,83	7,00	0,00	687,20	428,25	1,60	258,94

**Fs = 1,60****SEZIONE IN ESAME: - 1 - Taglio 3 condizioni post sisma**

SISMICITA': 0

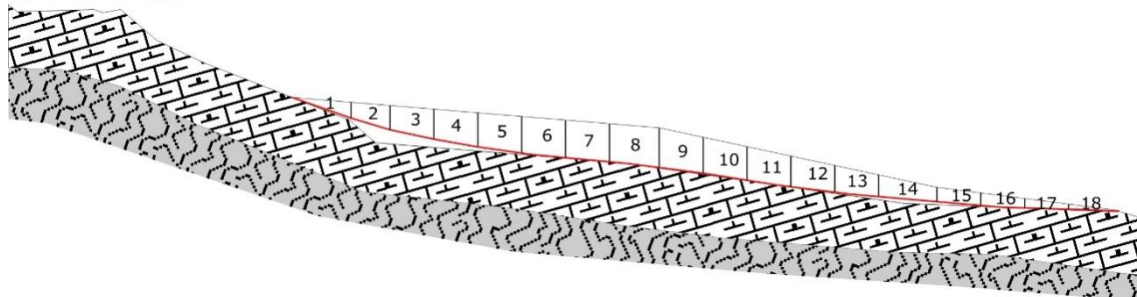
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	23,94	40,00	0,00	11,35	15,39	0,74	-4,04
2	78,37	32,00	0,00	39,43	56,92	0,69	-17,49
3	130,33	28,00	0,00	84,68	118,11	0,72	-33,43
4	159,62	24,00	0,00	140,43	183,03	0,77	-42,60
5	240,75	16,00	0,00	227,05	249,39	0,91	-22,34
6	254,84	12,00	0,00	320,24	302,37	1,06	17,87
7	233,33	9,00	0,00	406,89	338,87	1,20	68,01
8	191,72	9,00	0,00	479,38	368,86	1,30	110,51
9	157,68	8,00	0,00	540,41	390,81	1,38	149,60
10	126,00	8,00	0,00	590,65	408,35	1,45	182,30
11	86,29	8,00	0,00	627,34	420,35	1,49	206,99
12	64,83	7,00	0,00	661,85	428,25	1,55	233,60

**Fs = 1,55**

## SEZIONE 2 - Taglio1



### SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 1 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:  $K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	107,18	19,00	0,00	120,19	40,47	2,97	79,73
2	180,55	17,00	0,00	198,99	102,75	1,94	96,24
3	276,59	12,00	0,00	285,48	175,14	1,63	110,34
4	323,87	10,00	0,00	371,38	248,92	1,49	122,46
5	354,60	8,00	0,00	456,81	317,58	1,44	139,23
6	376,17	6,00	0,00	541,88	377,48	1,44	164,40
7	384,15	5,00	0,00	626,80	432,01	1,45	194,80
8	441,77	7,00	0,00	723,63	509,96	1,42	213,67
9	383,26	7,00	0,00	808,87	577,59	1,40	231,27
10	348,39	9,00	0,00	894,52	651,02	1,37	243,50
11	330,96	9,00	0,00	980,18	720,77	1,36	259,40
12	293,14	7,00	0,00	1065,41	772,50	1,38	292,91
13	244,67	6,00	0,00	1150,48	811,46	1,42	339,02
14	246,32	5,00	0,00	1263,20	846,42	1,49	416,78
15	136,82	5,00	0,00	1348,12	865,84	1,56	482,28
16	117,31	3,00	0,00	1432,84	878,42	1,63	554,41
17	83,04	2,00	0,00	1517,49	885,89	1,71	631,60
18	28,28	2,00	0,00	1610,61	888,43	1,81	722,18

**Fs = 1,81**

**SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 1 condizioni statiche**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	107,18	19,00	0,00	49,72	34,89	1,43	14,83
2	180,55	17,00	0,00	120,15	87,68	1,37	32,47
3	276,59	12,00	0,00	226,30	145,19	1,56	81,11
4	323,87	10,00	0,00	349,62	201,43	1,74	148,19
5	354,60	8,00	0,00	484,35	250,78	1,93	233,57
6	376,17	6,00	0,00	627,22	290,10	2,16	337,12
7	384,15	5,00	0,00	773,12	323,58	2,39	449,55
8	441,77	7,00	0,00	940,24	377,42	2,49	562,83
9	383,26	7,00	0,00	1085,37	424,12	2,56	661,25
10	348,39	9,00	0,00	1217,62	478,63	2,54	739,00
11	330,96	9,00	0,00	1343,74	530,40	2,53	813,34
12	293,14	7,00	0,00	1457,02	566,12	2,57	890,89
13	244,67	6,00	0,00	1553,32	591,70	2,63	961,62
14	246,32	5,00	0,00	1653,48	613,17	2,70	1040,32
15	136,82	5,00	0,00	1711,65	625,09	2,74	1086,56
16	117,31	3,00	0,00	1762,98	631,23	2,79	1131,75
17	83,04	2,00	0,00	1802,14	634,13	2,84	1168,01
18	28,28	2,00	0,00	1822,77	635,12	2,87	1187,65

**Fs = 2,87****SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 1 condizioni post sisma**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

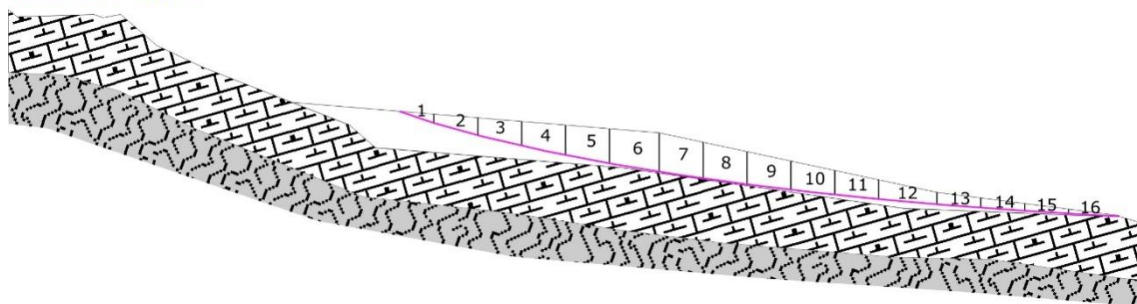
$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	107,18	19,00	0,00	47,68	34,89	1,37	12,79
2	180,55	17,00	0,00	115,51	87,68	1,32	27,83
3	276,59	12,00	0,00	217,87	145,19	1,50	72,68
4	323,87	10,00	0,00	336,83	201,43	1,67	135,41
5	354,60	8,00	0,00	466,83	250,78	1,86	216,05
6	376,17	6,00	0,00	604,70	290,10	2,08	314,60
7	384,15	5,00	0,00	745,50	323,58	2,30	421,92

8	441,77	7,00	0,00	906,78	377,42	2,40	529,36
9	383,26	7,00	0,00	1046,83	424,12	2,47	622,71
10	348,39	9,00	0,00	1174,43	478,63	2,45	695,81
11	330,96	9,00	0,00	1296,10	530,40	2,44	765,70
12	293,14	7,00	0,00	1405,35	566,12	2,48	839,23
13	244,67	6,00	0,00	1498,18	591,70	2,53	906,49
14	246,32	5,00	0,00	1594,67	613,17	2,60	981,50
15	136,82	5,00	0,00	1650,63	625,09	2,64	1025,54
16	117,31	3,00	0,00	1699,98	631,23	2,69	1068,75
17	83,04	2,00	0,00	1737,56	634,13	2,74	1103,43
18	28,28	2,00	0,00	1757,20	635,12	2,77	1122,08

**Fs = 2,77**

#### SEZIONE 2 - Taglio2



#### SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 2 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

Kh = 0,055

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$  1,97

peso di volume

$c_1 =$  5,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$  0,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,57	19,00	0,00	70,39	13,43	5,24	56,96
2	133,27	16,00	0,00	158,40	57,21	2,77	101,19
3	210,40	13,00	0,00	245,22	115,81	2,12	129,41
4	277,47	12,00	0,00	331,71	188,43	1,76	143,28
5	325,64	11,00	0,00	417,89	268,15	1,56	149,75
6	426,32	9,00	0,00	515,20	358,00	1,44	157,20
7	374,40	9,00	0,00	600,85	436,91	1,38	163,95
8	344,85	8,00	0,00	686,28	503,68	1,36	182,60
9	308,50	7,00	0,00	771,52	558,12	1,38	213,40
10	269,50	6,00	0,00	856,59	601,03	1,43	255,56
11	219,26	6,00	0,00	941,65	635,94	1,48	305,71
12	216,12	5,00	0,00	1054,37	666,62	1,58	387,75
13	110,81	4,00	0,00	1139,18	680,43	1,67	458,75

14	87,47	4,00	0,00	1223,99	691,33	1,77	532,66
15	59,40	3,00	0,00	1308,70	697,70	1,88	611,00
16	24,38	3,00	0,00	1401,89	700,32	2,00	701,57

**Fs = 2,00**

## SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 2 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,57	19,00	0,00	19,96	11,58	1,72	8,38
2	133,27	16,00	0,00	75,57	48,31	1,56	27,25
3	210,40	13,00	0,00	158,42	95,64	1,66	62,77
4	277,47	12,00	0,00	264,88	153,33	1,73	111,54
5	325,64	11,00	0,00	388,48	215,47	1,80	173,01
6	426,32	9,00	0,00	549,46	282,16	1,95	267,30
7	374,40	9,00	0,00	690,86	340,73	2,03	350,13
8	344,85	8,00	0,00	822,15	388,72	2,12	433,43
9	308,50	7,00	0,00	940,86	426,32	2,21	514,54
10	269,50	6,00	0,00	1045,95	454,49	2,30	591,46
11	219,26	6,00	0,00	1133,25	477,41	2,37	655,84
12	216,12	5,00	0,00	1222,70	496,24	2,46	726,46
13	110,81	4,00	0,00	1271,69	503,97	2,52	767,71
14	87,47	4,00	0,00	1312,38	510,08	2,57	802,31
15	59,40	3,00	0,00	1343,11	513,18	2,62	829,93
16	24,38	3,00	0,00	1362,36	514,46	2,65	847,90

**Fs = 2,65**

## SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 2 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

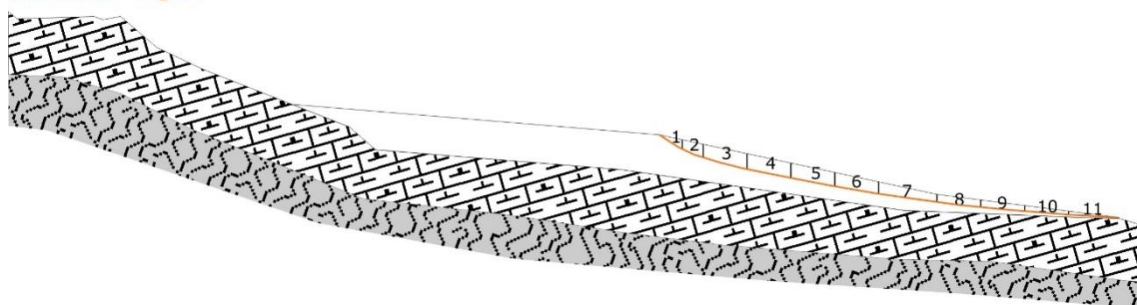
Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	35,57	19,00	0,00	19,07	11,58	1,65	7,49
2	133,27	16,00	0,00	72,54	48,31	1,50	24,23
3	210,40	13,00	0,00	152,37	95,64	1,59	56,72



4	277,47	12,00	0,00	255,02	153,33	1,66	101,69
5	325,64	11,00	0,00	374,26	215,47	1,74	158,79
6	426,32	9,00	0,00	529,60	282,16	1,88	247,44
7	374,40	9,00	0,00	666,04	340,73	1,95	325,31
8	344,85	8,00	0,00	792,71	388,72	2,04	403,99
9	308,50	7,00	0,00	907,21	426,32	2,13	480,89
10	269,50	6,00	0,00	1008,55	454,49	2,22	554,06
11	219,26	6,00	0,00	1092,68	477,41	2,29	615,27
12	216,12	5,00	0,00	1178,81	496,24	2,38	682,56
13	110,81	4,00	0,00	1225,89	503,97	2,43	721,92
14	87,47	4,00	0,00	1264,96	510,08	2,48	754,88
15	59,40	3,00	0,00	1294,39	513,18	2,52	781,21
16	24,38	3,00	0,00	1312,69	514,46	2,55	798,23

**Fs = 2,65**

#### SEZIONE 2 - Taglio3



#### SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 3 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE

Kh = 0,055

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	24,50	32,00	0,00	52,34	14,12	3,71	38,22
2	61,10	22,00	0,00	95,71	40,13	2,39	55,58
3	149,52	15,00	0,00	183,30	86,77	2,11	96,52
4	152,48	11,00	0,00	269,48	124,10	2,17	145,38
5	143,91	11,00	0,00	355,66	159,33	2,23	196,34
6	127,95	10,00	0,00	441,57	188,47	2,34	253,09
7	134,53	8,00	0,00	554,96	214,53	2,59	340,44
8	78,01	7,00	0,00	640,20	228,29	2,80	411,91
9	62,35	5,00	0,00	725,12	237,14	3,06	487,98
10	45,21	5,00	0,00	810,05	243,56	3,33	566,49
11	19,50	3,00	0,00	903,23	245,65	3,68	657,58

**Fs = 3,68**

**SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 3 condizioni statiche**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

19,60

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	24,50	32,00	0,00	13,34	12,98	1,03	0,36
2	61,10	22,00	0,00	38,43	35,87	1,07	2,56
3	149,52	15,00	0,00	99,80	74,57	1,34	25,23
4	152,48	11,00	0,00	162,88	103,66	1,57	59,21
5	143,91	11,00	0,00	222,96	131,12	1,70	91,83
6	127,95	10,00	0,00	277,57	153,34	1,81	124,23
7	134,53	8,00	0,00	337,88	172,06	1,96	165,82
8	78,01	7,00	0,00	375,12	181,57	2,07	193,55
9	62,35	5,00	0,00	406,88	187,01	2,18	219,87
10	45,21	5,00	0,00	432,55	190,95	2,27	241,61
11	19,50	3,00	0,00	450,06	191,97	2,34	258,10

**Fs = 2,34****SEZIONE IN ESAME: - 2 - Taglio 3 condizioni post sisma**

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =&gt;

 $\gamma_1 =$ 

1,97

peso di volume

 $c_1 =$ 

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>] $\phi_1 =$ 

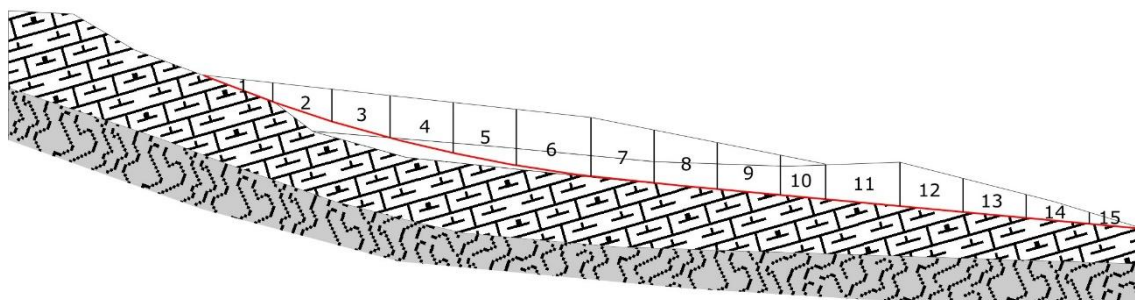
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	24,50	32,00	0,00	12,72	12,98	0,98	-0,26
2	61,10	22,00	0,00	36,84	35,87	1,03	0,97
3	149,52	15,00	0,00	95,89	74,57	1,29	21,32
4	152,48	11,00	0,00	156,60	103,66	1,51	52,93
5	143,91	11,00	0,00	214,41	131,12	1,64	83,28
6	127,95	10,00	0,00	266,93	153,34	1,74	113,59
7	134,53	8,00	0,00	324,87	172,06	1,89	152,80
8	78,01	7,00	0,00	360,60	181,57	1,99	179,03
9	62,35	5,00	0,00	391,02	187,01	2,09	204,01
10	45,21	5,00	0,00	415,56	190,95	2,18	224,62
11	19,50	3,00	0,00	432,18	191,97	2,25	240,22

**Fs = 2,25**

## SEZIONE 9 - Taglio 1



### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 1 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:  $K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	21,00	0,00	134,54	52,13	2,58	82,41
2	304,41	18,00	0,00	245,61	162,12	1,52	83,49
3	421,70	15,00	0,00	352,99	293,66	1,20	59,33
4	579,18	14,00	0,00	469,24	464,69	1,01	4,55
5	663,10	11,00	0,00	584,16	627,02	0,93	-42,86
6	850,49	8,00	0,00	718,74	791,70	0,91	-72,96
7	698,96	6,00	0,00	832,16	903,00	0,92	-70,84
8	622,91	6,00	0,00	945,58	1002,18	0,94	-56,60
9	538,60	5,00	0,00	1058,81	1078,63	0,98	-19,82
10	336,74	5,00	0,00	1140,00	1126,43	1,01	13,57
11	576,43	5,00	0,00	1273,27	1208,25	1,05	65,02
12	479,10	5,00	0,00	1386,50	1276,26	1,09	110,24
13	365,24	5,00	0,00	1499,73	1328,10	1,13	171,63
14	238,37	5,00	0,00	1612,96	1361,94	1,18	251,02
15	62,03	5,00	0,00	1710,91	1370,74	1,25	340,16

**Fs = 1,25**

### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 1 condizioni statiche

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	21,00	0,00	57,56	45,59	1,26	11,97
2	304,41	18,00	0,00	173,26	139,66	1,24	33,59
3	421,70	15,00	0,00	330,48	248,81	1,33	81,68
4	579,18	14,00	0,00	543,79	388,92	1,40	154,86
5	663,10	11,00	0,00	788,61	515,45	1,53	273,16
6	850,49	8,00	0,00	1103,78	633,81	1,74	469,96
7	698,96	6,00	0,00	1364,17	706,87	1,93	657,30
8	622,91	6,00	0,00	1597,64	771,99	2,07	825,65
9	538,60	5,00	0,00	1801,54	818,93	2,20	982,61
10	336,74	5,00	0,00	1930,21	848,28	2,28	1081,93
11	576,43	5,00	0,00	2149,80	898,52	2,39	1251,29
12	479,10	5,00	0,00	2332,60	940,27	2,48	1392,33
13	365,24	5,00	0,00	2475,01	972,10	2,55	1502,91
14	238,37	5,00	0,00	2572,42	992,88	2,59	1579,54
15	62,03	5,00	0,00	2605,54	998,29	2,61	1607,25

**Fs = 2,61**

#### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 1 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

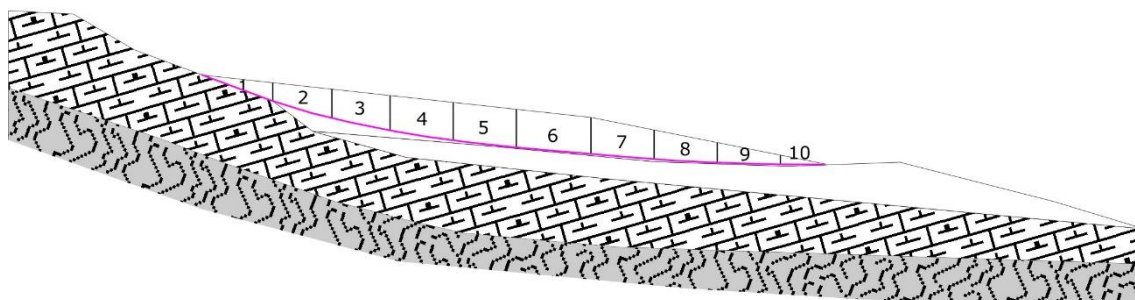
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	21,00	0,00	55,21	45,59	1,21	9,62
2	304,41	18,00	0,00	166,71	139,66	1,19	27,05
3	421,70	15,00	0,00	318,39	248,81	1,28	69,59
4	579,18	14,00	0,00	524,26	388,92	1,35	135,34
5	663,10	11,00	0,00	760,62	515,45	1,48	245,17
6	850,49	8,00	0,00	1064,93	633,81	1,68	431,12
7	698,96	6,00	0,00	1316,35	706,87	1,86	609,47
8	622,91	6,00	0,00	1541,73	771,99	2,00	769,74
9	538,60	5,00	0,00	1738,52	818,93	2,12	919,59
10	336,74	5,00	0,00	1862,66	848,28	2,20	1014,39
11	576,43	5,00	0,00	2074,57	898,52	2,31	1176,05
12	479,10	5,00	0,00	2250,95	940,27	2,39	1310,68
13	365,24	5,00	0,00	2388,28	972,10	2,46	1416,18
14	238,37	5,00	0,00	2482,09	992,88	2,50	1489,21
15	62,03	5,00	0,00	2513,79	998,29	2,52	1515,50

**Fs = 2,52**

## SEZIONE 9 - Taglio 2



### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 2 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:  $K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	20,00	0,00	133,66	50,09	2,67	83,57
2	274,89	16,00	0,00	243,56	140,39	1,73	103,16
3	364,46	12,00	0,00	349,59	235,78	1,48	113,82
4	459,01	9,00	0,00	463,80	332,52	1,39	131,29
5	478,32	6,00	0,00	577,22	408,68	1,41	168,55
6	565,60	5,00	0,00	711,00	488,96	1,45	222,04
7	413,31	5,00	0,00	824,24	547,63	1,51	276,61
8	307,71	3,00	0,00	937,19	580,63	1,61	356,56
9	181,63	2,00	0,00	1050,06	596,96	1,76	453,10
10	41,53	0,00	0,00	1130,94	599,24	1,89	531,70

**Fs = 1,89**

### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 2 condizioni statiche

SISMICITA' (s): 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	20,00	0,00	57,74	43,51	1,33	14,22
2	274,89	16,00	0,00	164,30	119,28	1,38	45,02



3	364,46	12,00	0,00	303,28	195,06	1,55	108,22
4	459,01	9,00	0,00	477,67	266,86	1,79	210,80
5	478,32	6,00	0,00	659,93	316,86	2,08	343,06
6	565,60	5,00	0,00	875,74	366,16	2,39	509,58
7	413,31	5,00	0,00	1035,20	402,18	2,57	633,02
8	307,71	3,00	0,00	1157,44	418,28	2,77	739,16
9	181,63	2,00	0,00	1234,89	424,62	2,91	810,26
10	41,53	0,00	0,00	1258,85	424,62	2,96	834,23

**Fs = 2,96**

### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 2 condizioni post sisma

SISMICITA': 0

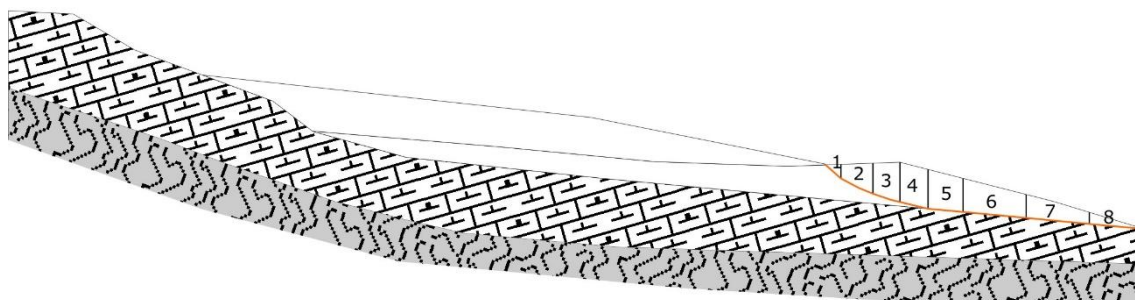
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	127,23	20,00	0,00	55,39	43,51	1,27	11,87
2	274,89	16,00	0,00	158,06	119,28	1,33	38,78
3	364,46	12,00	0,00	292,09	195,06	1,50	97,03
4	459,01	9,00	0,00	460,35	266,86	1,73	193,48
5	478,32	6,00	0,00	636,21	316,86	2,01	319,35
6	565,60	5,00	0,00	844,45	366,16	2,31	478,29
7	413,31	5,00	0,00	998,27	402,18	2,48	596,09
8	307,71	3,00	0,00	1116,09	418,28	2,67	697,81
9	181,63	2,00	0,00	1190,60	424,62	2,80	765,98
10	41,53	0,00	0,00	1213,51	424,62	2,86	788,88

**Fs = 2,86**

### SEZIONE 9 - Taglio 3



### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 3 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	21,22	42,00	0,00	36,66	15,07	2,43	21,59
2	147,48	25,00	0,00	99,70	84,74	1,18	14,95
3	190,78	17,00	0,00	150,24	150,55	1,00	-0,31
4	217,69	13,00	0,00	201,70	211,19	0,96	-9,49
5	251,48	5,00	0,00	264,60	246,89	1,07	17,71
6	355,78	5,00	0,00	377,83	297,39	1,27	80,44
7	230,88	5,00	0,00	491,06	330,16	1,49	160,90
8	62,03	5,00	0,00	589,00	338,97	1,74	250,04

**Fs = 1,74**

### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 3 condizioni statiche

GRADO DI SISMICITA' (s):

9

A= 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	21,22	42,00	0,00	9,77	14,20	0,69	-4,42
2	147,48	25,00	0,00	64,52	76,52	0,84	-12,00
3	190,78	17,00	0,00	135,22	132,30	1,02	2,92
4	217,69	13,00	0,00	216,59	181,27	1,19	35,32
5	251,48	5,00	0,00	312,93	203,19	1,54	109,74
6	355,78	5,00	0,00	451,99	234,20	1,93	217,79
7	230,88	5,00	0,00	546,74	254,32	2,15	292,42
8	62,03	5,00	0,00	579,86	259,73	2,23	320,13

**Fs = 2,23**

### SEZIONE IN ESAME: - 9 - Taglio 3 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

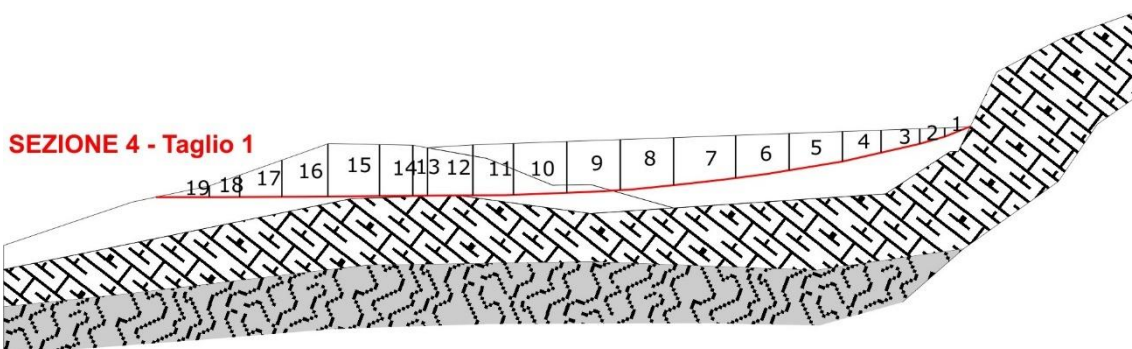
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	21,22	42,00	0,00	9,33	14,20	0,66	-4,87
2	147,48	25,00	0,00	62,06	76,52	0,81	-14,47
3	190,78	17,00	0,00	130,25	132,30	0,98	-2,05
4	217,69	13,00	0,00	208,76	181,27	1,15	27,49
5	251,48	5,00	0,00	301,72	203,19	1,48	98,53
6	355,78	5,00	0,00	435,80	234,20	1,86	201,60
7	230,88	5,00	0,00	527,05	254,32	2,07	272,72
8	62,03	5,00	0,00	558,74	259,73	2,15	299,01

**Fs = 2,15**



### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 1 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE :

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	17,64	21,00	0,00	43,62	7,23	6,04	36,39
2	46,54	16,00	0,00	84,75	22,51	3,76	62,23
3	111,90	13,00	0,00	147,49	53,68	2,75	93,81
4	155,25	13,00	0,00	210,24	96,93	2,17	113,31
5	277,47	9,00	0,00	295,89	155,41	1,90	140,49
6	333,32	8,00	0,00	381,33	219,95	1,73	161,37

7	434,46	7,00	0,00	480,31	296,61	1,62	183,70
8	402,18	5,00	0,00	565,23	353,70	1,60	211,53
9	421,09	3,00	0,00	649,95	398,87	1,63	251,08
10	426,11	2,00	0,00	734,60	437,16	1,68	297,44
11	321,54	1,00	0,00	798,85	460,45	1,73	338,40
12	345,85	1,00	0,00	870,72	485,51	1,79	385,21
13	113,74	1,00	0,00	894,01	493,75	1,81	400,26
14	264,14	1,00	0,00	946,76	512,88	1,85	433,87
15	419,33	1,00	0,00	1028,49	543,26	1,89	485,23
16	315,84	1,00	0,00	1101,48	566,14	1,95	535,34
17	155,71	1,00	0,00	1168,33	577,42	2,02	590,90
18	81,07	1,00	0,00	1216,39	583,30	2,09	633,09
19	46,42	0,00	0,00	1301,04	585,85	2,22	715,20

**Fs = 2,22**

#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 1 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,64

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

19,60

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	17,64	21,00	0,00	10,81	6,32	1,71	4,49
2	46,54	16,00	0,00	31,41	19,15	1,64	12,26
3	111,90	13,00	0,00	77,35	44,32	1,75	33,03
4	155,25	13,00	0,00	138,34	79,24	1,75	59,10
5	277,47	9,00	0,00	245,65	122,65	2,00	123,00
6	333,32	8,00	0,00	372,88	169,04	2,21	203,84
7	434,46	7,00	0,00	537,66	221,99	2,42	315,67
8	402,18	5,00	0,00	689,96	257,04	2,68	432,92
9	421,09	3,00	0,00	849,31	279,08	3,04	570,23
10	426,11	2,00	0,00	1010,55	293,95	3,44	716,61
11	321,54	1,00	0,00	1132,32	299,56	3,78	832,76
12	345,85	1,00	0,00	1263,61	305,60	4,13	958,01
13	113,74	1,00	0,00	1306,75	307,58	4,25	999,17
14	264,14	1,00	0,00	1406,78	312,19	4,51	1094,58
15	419,33	1,00	0,00	1565,34	319,51	4,90	1245,84
16	315,84	1,00	0,00	1686,08	325,02	5,19	1361,06
17	155,71	1,00	0,00	1749,10	327,74	5,34	1421,36
18	81,07	1,00	0,00	1783,41	329,15	5,42	1454,26
19	46,42	0,00	0,00	1809,55	329,15	5,50	1480,40

**Fs = 5,50**

SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 1 condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

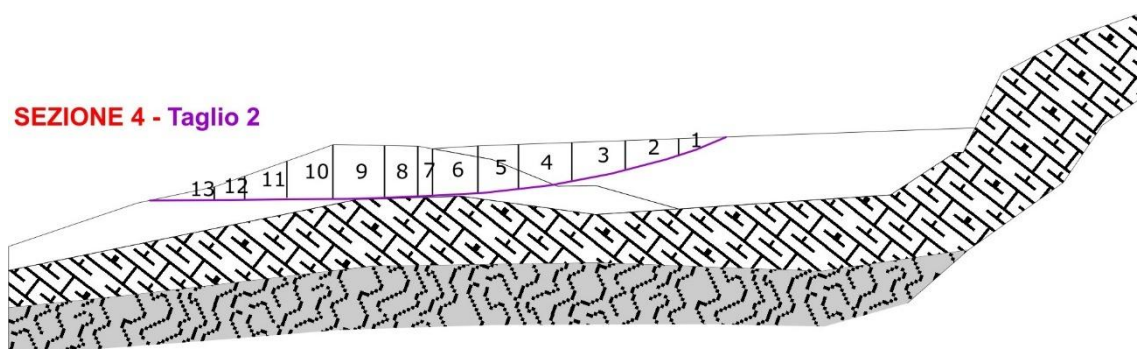
STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	17,64	21,00	0,00	10,31	6,32	1,63	3,99
2	46,54	16,00	0,00	30,09	19,15	1,57	10,94
3	111,90	13,00	0,00	74,31	44,32	1,68	29,99
4	155,25	13,00	0,00	133,07	79,24	1,68	53,82
5	277,47	9,00	0,00	236,55	122,65	1,93	113,90
6	333,32	8,00	0,00	359,29	169,04	2,13	190,25
7	434,46	7,00	0,00	518,30	221,99	2,33	296,31
8	402,18	5,00	0,00	665,29	257,04	2,59	408,25
9	421,09	3,00	0,00	819,10	279,08	2,94	540,02
10	426,11	2,00	0,00	974,73	293,95	3,32	680,78
11	321,54	1,00	0,00	1092,27	299,56	3,65	792,71
12	345,85	1,00	0,00	1218,98	305,60	3,99	913,38
13	113,74	1,00	0,00	1260,62	307,58	4,10	953,03
14	264,14	1,00	0,00	1357,16	312,19	4,35	1044,97
15	419,33	1,00	0,00	1510,22	319,51	4,73	1190,71
16	315,84	1,00	0,00	1626,72	325,02	5,00	1301,70
17	155,71	1,00	0,00	1687,44	327,74	5,15	1359,70
18	81,07	1,00	0,00	1720,46	329,15	5,23	1391,31
19	46,42	0,00	0,00	1745,46	329,15	5,30	1416,30

**Fs = 5,30**



## SEZIONE 4 - Taglio 2



### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 2 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	62,27	21,00	0,00	81,25	25,51	3,19	55,74
2	196,21	15,00	0,00	168,84	86,72	1,95	82,12
3	284,57	12,00	0,00	255,33	161,19	1,58	94,14
4	352,83	8,00	0,00	340,76	229,51	1,48	111,25
5	290,13	6,00	0,00	405,35	275,71	1,47	129,64
6	332,55	3,00	0,00	477,31	311,38	1,53	165,93
7	111,06	3,00	0,00	500,63	323,29	1,55	177,34
8	264,69	2,00	0,00	553,40	347,08	1,59	206,32
9	425,04	1,00	0,00	635,13	377,87	1,68	257,26
10	326,80	0,00	0,00	708,12	395,84	1,79	312,27
11	202,16	0,00	0,00	774,95	406,96	1,90	367,99
12	89,63	0,00	0,00	823,00	411,89	2,00	411,11
13	54,70	0,00	0,00	907,66	414,90	2,19	492,76

**Fs = 2,19**

### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 2 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$	Massa resistente	Massa destab.	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
---------------	-------------------------	------------------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------------	-------------------

			[ml]	[tonn/ml]	[tonn/ml]		
1	62,27	21,00	0,00	29,92	22,31	1,34	7,61
2	196,21	15,00	0,00	107,35	73,10	1,47	34,25
3	284,57	12,00	0,00	216,28	132,26	1,64	84,01
4	352,83	8,00	0,00	350,38	181,37	1,93	169,02
5	290,13	6,00	0,00	460,46	211,69	2,18	248,76
6	332,55	3,00	0,00	586,87	229,10	2,56	357,78
7	111,06	3,00	0,00	629,01	234,91	2,68	394,10
8	264,69	2,00	0,00	729,19	244,15	2,99	485,05
9	425,04	1,00	0,00	889,80	251,56	3,54	638,23
10	326,80	0,00	0,00	1014,45	251,56	4,03	762,88
11	202,16	0,00	0,00	1094,02	251,56	4,35	842,45
12	89,63	0,00	0,00	1131,39	251,56	4,50	879,82
13	54,70	0,00	0,00	1160,47	251,56	4,61	908,91

**Fs = 4,61**

#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 2 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

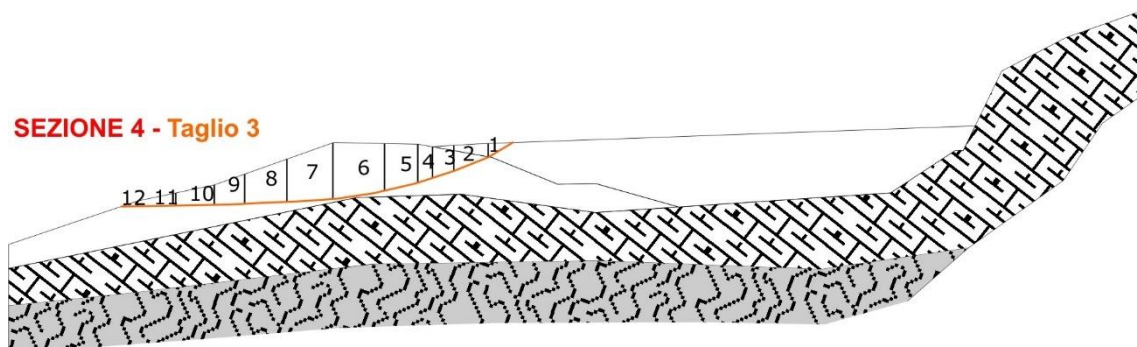
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	62,27	21,00	0,00	28,66	22,31	1,28	6,35
2	196,21	15,00	0,00	103,24	73,10	1,41	30,14
3	284,57	12,00	0,00	208,28	132,26	1,57	76,02
4	352,83	8,00	0,00	337,68	181,37	1,86	156,31
5	290,13	6,00	0,00	443,90	211,69	2,10	232,21
6	332,55	3,00	0,00	565,90	229,10	2,47	336,80
7	111,06	3,00	0,00	606,57	234,91	2,58	371,66
8	264,69	2,00	0,00	703,27	244,15	2,88	459,12
9	425,04	1,00	0,00	858,29	251,56	3,41	606,73
10	326,80	0,00	0,00	978,58	251,56	3,89	727,02
11	202,16	0,00	0,00	1055,31	251,56	4,19	803,74
12	89,63	0,00	0,00	1091,28	251,56	4,34	839,71
13	54,70	0,00	0,00	1119,12	251,56	4,45	867,56

**Fs = 4,45**

#### SEZIONE 4 - Taglio 3



#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 3 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,06	31,00	0,00	46,59	15,21	3,06	31,37
2	105,26	22,00	0,00	105,47	60,01	1,76	45,46
3	93,66	18,00	0,00	140,93	93,85	1,50	47,08
4	79,49	18,00	0,00	165,42	122,57	1,35	42,85
5	220,48	13,00	0,00	219,54	183,99	1,19	35,56
6	419,05	9,00	0,00	302,29	272,30	1,11	29,98
7	350,26	3,00	0,00	375,37	309,87	1,21	65,49
8	232,98	3,00	0,00	442,29	334,86	1,32	107,43
9	116,15	2,00	0,00	490,38	345,30	1,42	145,08
10	96,56	1,00	0,00	551,41	352,30	1,57	199,11
11	121,50	1,00	0,00	612,44	361,10	1,70	251,35
12	6,74	1,00	0,00	638,50	361,58	1,77	276,92

**Fs = 1,77**

#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 3 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,06	31,00	0,00	13,55	13,94	0,97	-0,39
2	105,26	22,00	0,00	54,98	53,37	1,03	1,61

3	93,66	18,00	0,00	90,72	82,31	1,10	8,41
4	79,49	18,00	0,00	120,42	106,87	1,13	13,55
5	220,48	13,00	0,00	203,06	156,47	1,30	46,59
6	419,05	9,00	0,00	359,83	222,02	1,62	137,80
7	350,26	3,00	0,00	492,67	240,36	2,05	252,31
8	232,98	3,00	0,00	583,11	252,55	2,31	330,56
9	116,15	2,00	0,00	629,90	256,60	2,45	373,30
10	96,56	1,00	0,00	671,20	258,29	2,60	412,92
11	121,50	1,00	0,00	721,39	260,41	2,77	460,98
12	6,74	1,00	0,00	726,74	260,53	2,79	466,22

**Fs = 2,79**

### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 3 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

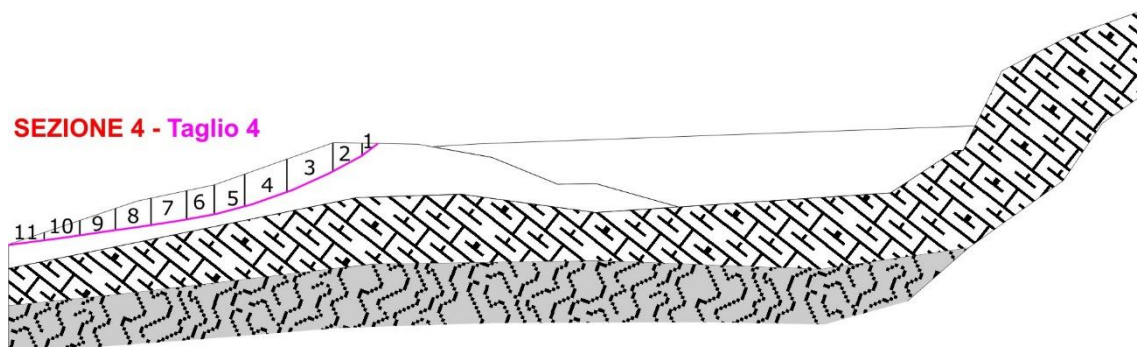
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,06	31,00	0,00	12,94	13,94	0,93	-0,99
2	105,26	22,00	0,00	52,81	53,37	0,99	-0,56
3	93,66	18,00	0,00	87,25	82,31	1,06	4,94
4	79,49	18,00	0,00	115,89	106,87	1,08	9,02
5	220,48	13,00	0,00	195,62	156,47	1,25	39,15
6	419,05	9,00	0,00	346,94	222,02	1,56	124,91
7	350,26	3,00	0,00	475,15	240,36	1,98	234,79
8	232,98	3,00	0,00	562,38	252,55	2,23	309,83
9	116,15	2,00	0,00	607,46	256,60	2,37	350,86
10	96,56	1,00	0,00	647,20	258,29	2,51	388,91
11	121,50	1,00	0,00	695,52	260,41	2,67	435,11
12	6,74	1,00	0,00	700,61	260,53	2,69	440,09

**Fs = 2,69**

#### SEZIONE 4 - Taglio 4



#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 4 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	15,41	37,00	0,00	31,57	9,95	3,17	21,62
2	92,84	28,00	0,00	84,01	58,04	1,45	25,97
3	211,58	24,00	0,00	163,90	154,73	1,06	9,17
4	215,00	19,00	0,00	234,58	235,91	0,99	-1,33
5	144,35	15,00	0,00	284,33	280,94	1,01	3,39
6	123,38	10,00	0,00	328,94	309,05	1,06	19,90
7	152,48	9,00	0,00	386,05	341,18	1,13	44,86
8	136,92	8,00	0,00	443,00	367,70	1,20	75,31
9	101,65	8,00	0,00	499,96	387,38	1,29	112,58
10	62,84	8,00	0,00	556,91	399,55	1,39	157,36
11	21,67	7,00	0,00	613,73	403,37	1,52	210,36

**Fs = 1,52**

#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 4 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resist [tonn/ml]	Massa dest [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	15,41	37,00	0,00	7,96	9,27	0,86	-1,31
2	92,84	28,00	0,00	43,10	52,86	0,82	-9,75
3	211,58	24,00	0,00	121,00	138,92	0,87	-17,92



4	215,00	19,00	0,00	201,41	208,91	0,96	-7,51
5	144,35	15,00	0,00	256,70	246,27	1,04	10,42
6	123,38	10,00	0,00	305,03	267,70	1,14	37,33
7	152,48	9,00	0,00	365,14	291,55	1,25	73,58
8	136,92	8,00	0,00	419,88	310,61	1,35	109,27
9	101,65	8,00	0,00	462,18	324,75	1,42	137,43
10	62,84	8,00	0,00	490,81	333,50	1,47	157,31
11	21,67	7,00	0,00	504,91	336,14	1,50	168,77

**Fs = 1,50**

#### SEZIONE IN ESAME: - 4 - Taglio 4 condizioni post sisma

SISMICITA': 0

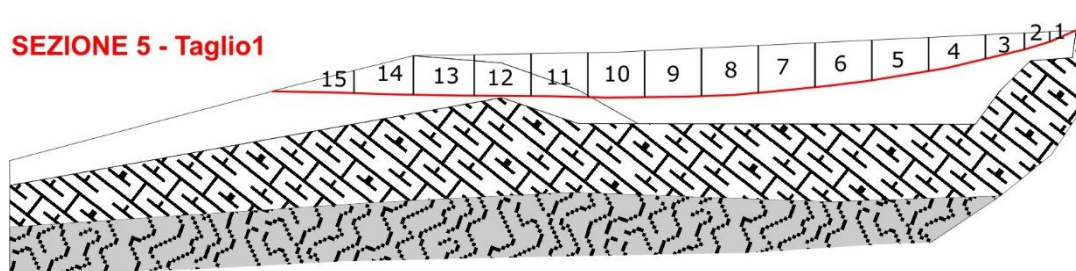
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	15,41	37,00	0,00	7,60	9,27	0,82	-1,68
2	92,84	28,00	0,00	41,40	52,86	0,78	-11,46
3	211,58	24,00	0,00	116,45	138,92	0,84	-22,46
4	215,00	19,00	0,00	193,97	208,91	0,93	-14,94
5	144,35	15,00	0,00	247,27	246,27	1,00	1,00
6	123,38	10,00	0,00	293,86	267,70	1,10	26,16
7	152,48	9,00	0,00	351,79	291,55	1,21	60,24
8	136,92	8,00	0,00	404,53	310,61	1,30	93,92
9	101,65	8,00	0,00	445,25	324,75	1,37	120,50
10	62,84	8,00	0,00	472,74	333,50	1,42	139,24
11	21,67	7,00	0,00	486,19	336,14	1,45	150,05

**Fs = 1,45**

### SEZIONE 5 - Taglio1



### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 1 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: 9 Kh = 0,055

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	18,18	23,00	0,00	42,52	8,03	5,30	34,50
2	47,31	17,00	0,00	81,98	24,35	3,37	57,63
3	107,54	13,00	0,00	141,60	54,30	2,61	87,30
4	231,08	12,00	0,00	228,09	114,78	1,99	113,31
5	285,75	9,00	0,00	313,74	175,00	1,79	138,74
6	330,37	7,00	0,00	398,98	233,30	1,71	165,68
7	356,96	6,00	0,00	484,04	290,14	1,67	193,91
8	375,88	3,00	0,00	568,76	330,45	1,72	238,31
9	367,31	1,00	0,00	653,37	357,06	1,83	296,31
10	352,83	0,00	0,00	737,97	376,47	1,96	361,50
11	335,98	0,00	0,00	822,57	394,95	2,08	427,63
12	324,46	0,00	0,00	907,17	412,79	2,20	494,38
13	334,31	-1,00	0,00	997,82	425,34	2,35	572,48
14	252,99	-1,00	0,00	1086,27	434,84	2,50	651,43
15	127,04	-1,00	0,00	1208,34	439,61	2,75	768,73

**Fs = 2,75**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 1 condizioni statiche

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_i = 1,97$  peso di volume  
 $c_i = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_i = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$	Massa resistente	Massa destab.	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
---------------	-------------------------	------------------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------------	-------------------

			[ml]	[tonn/ml]	[tonn/ml]		
1	18,18	23,00	0,00	10,79	7,10	1,52	3,68
2	47,31	17,00	0,00	31,37	20,94	1,50	10,44
3	107,54	13,00	0,00	75,45	45,13	1,67	30,32
4	231,08	12,00	0,00	165,75	93,17	1,78	72,58
5	285,75	9,00	0,00	275,97	137,88	2,00	138,09
6	330,37	7,00	0,00	402,40	178,14	2,26	224,27
7	356,96	6,00	0,00	538,47	215,45	2,50	323,02
8	375,88	3,00	0,00	681,74	235,12	2,90	446,62
9	367,31	1,00	0,00	822,12	241,53	3,40	580,58
10	352,83	0,00	0,00	957,35	241,53	3,96	715,82
11	335,98	0,00	0,00	1086,59	241,53	4,50	845,06
12	324,46	0,00	0,00	1211,73	241,53	5,02	970,19
13	334,31	-1,00	0,00	1341,04	235,70	5,69	1105,34
14	252,99	-1,00	0,00	1441,14	231,28	6,23	1209,86
15	127,04	-1,00	0,00	1500,22	229,07	6,55	1271,16

**Fs = 6,55**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 1 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

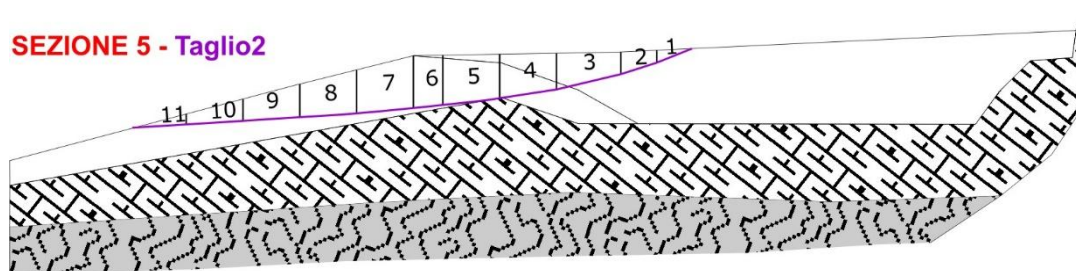
19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	18,18	23,00	0,00	10,29	7,10	1,45	3,18
2	47,31	17,00	0,00	30,06	20,94	1,44	9,13
3	107,54	13,00	0,00	72,49	45,13	1,61	27,36
4	231,08	12,00	0,00	159,52	93,17	1,71	66,34
5	285,75	9,00	0,00	265,81	137,88	1,93	127,93
6	330,37	7,00	0,00	387,78	178,14	2,18	209,65
7	356,96	6,00	0,00	519,07	215,45	2,41	303,62
8	375,88	3,00	0,00	657,33	235,12	2,80	422,21
9	367,31	1,00	0,00	792,79	241,53	3,28	551,26
10	352,83	0,00	0,00	923,28	241,53	3,82	681,74
11	335,98	0,00	0,00	1047,96	241,53	4,34	806,43
12	324,46	0,00	0,00	1168,68	241,53	4,84	927,15
13	334,31	-1,00	0,00	1293,42	235,70	5,49	1057,72
14	252,99	-1,00	0,00	1389,93	231,28	6,01	1158,65
15	127,04	-1,00	0,00	1446,65	229,07	6,32	1217,59

**Fs = 6,32**

### SEZIONE 5 - Taglio2



### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 2 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$

peso di volume

$c_1 = 5,64$

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	29,90	22,00	0,00	56,63	12,72	4,45	43,91
2	85,34	18,00	0,00	112,97	43,56	2,59	69,41
3	254,19	13,00	0,00	211,37	114,36	1,85	97,01
4	313,53	9,00	0,00	297,03	180,44	1,65	116,59
5	364,06	7,00	0,00	382,26	244,68	1,56	137,58
6	205,53	6,00	0,00	426,38	277,41	1,54	148,98
7	371,44	5,00	0,00	511,31	330,13	1,55	181,17
8	294,32	4,00	0,00	596,11	366,81	1,63	229,30
9	210,10	4,00	0,00	680,92	392,99	1,73	287,93
10	125,88	4,00	0,00	765,73	408,68	1,87	357,04
11	38,79	3,00	0,00	846,32	412,84	2,05	433,48

**Fs = 2,05**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 2 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$

peso di volume

$c_1 = 0,64$

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	29,90	22,00	0,00	16,30	11,20	1,46	5,10
2	85,34	18,00	0,00	51,59	37,57	1,37	14,02
3	254,19	13,00	0,00	150,95	94,75	1,59	56,20

4	313,53	9,00	0,00	270,94	143,80	1,88	127,14
5	364,06	7,00	0,00	409,28	188,16	2,18	221,11
6	205,53	6,00	0,00	487,07	209,65	2,32	277,42
7	371,44	5,00	0,00	628,47	242,02	2,60	386,44
8	294,32	4,00	0,00	742,64	262,55	2,83	480,08
9	210,10	4,00	0,00	826,89	277,21	2,98	549,68
10	125,88	4,00	0,00	881,23	285,99	3,08	595,24
11	38,79	3,00	0,00	904,17	288,02	3,14	616,15

**Fs = 3,14**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 2 condizioni post sisma

SISMICITA': 0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

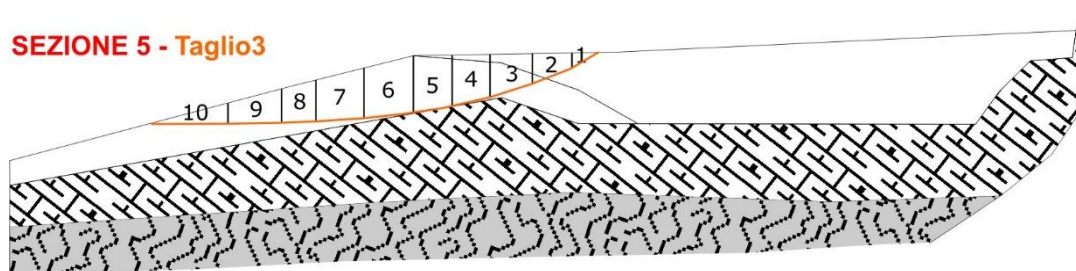
STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	29,90	22,00	0,00	15,57	11,20	1,39	4,37
2	85,34	18,00	0,00	49,51	37,57	1,32	11,94
3	254,19	13,00	0,00	145,26	94,75	1,53	50,51
4	313,53	9,00	0,00	261,00	143,80	1,82	117,20
5	364,06	7,00	0,00	394,48	188,16	2,10	206,32
6	205,53	6,00	0,00	469,56	209,65	2,24	259,91
7	371,44	5,00	0,00	606,01	242,02	2,50	363,99
8	294,32	4,00	0,00	716,12	262,55	2,73	453,57
9	210,10	4,00	0,00	797,31	277,21	2,88	520,10
10	125,88	4,00	0,00	849,57	285,99	2,97	563,58
11	38,79	3,00	0,00	871,49	288,02	3,03	583,47

**Fs = 3,03**



### SEZIONE 5 - Taglio3



### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 3 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,62	30,00	0,00	46,11	15,12	3,05	30,99
2	124,34	22,00	0,00	109,68	68,04	1,61	41,63
3	211,18	18,00	0,00	176,03	144,35	1,22	31,68
4	241,92	13,00	0,00	233,92	211,73	1,10	22,18
5	290,29	9,00	0,00	292,39	272,91	1,07	19,48
6	359,68	7,00	0,00	366,60	336,38	1,09	30,22
7	295,99	4,00	0,00	438,35	373,27	1,17	65,08
8	176,88	2,00	0,00	489,48	389,17	1,26	100,31
9	198,61	1,00	0,00	569,35	403,55	1,41	165,80
10	109,23	0,00	0,00	683,90	409,56	1,67	274,34

**Fs = 1,67**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 3 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,62	30,00	0,00	13,75	13,81	1,00	-0,06
2	124,34	22,00	0,00	62,01	60,39	1,03	1,63
3	211,18	18,00	0,00	141,06	125,65	1,12	15,42
4	241,92	13,00	0,00	231,57	180,07	1,29	51,50

5	290,29	9,00	0,00	340,30	225,48	1,51	114,82
6	359,68	7,00	0,00	475,84	269,31	1,77	206,53
7	295,99	4,00	0,00	589,12	289,96	2,03	299,16
8	176,88	2,00	0,00	657,87	296,13	2,22	361,74
9	198,61	1,00	0,00	737,64	299,60	2,46	438,05
10	109,23	0,00	0,00	789,54	299,60	2,64	489,94

**Fs = 2,64**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 3 condizioni post sisma

SISMICITA': 0

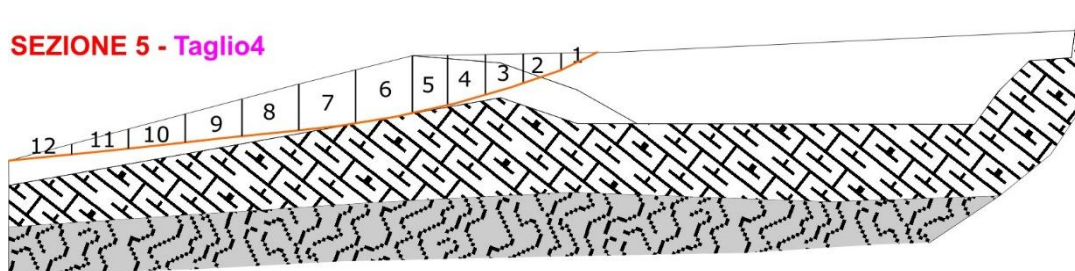
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>  $\gamma_1 = 1,97$  peso di volume  
 $c_1 = 0,60$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]  
 $\phi_1 = 19,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destabil. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	27,62	30,00	0,00	13,14	13,81	0,95	-0,67
2	124,34	22,00	0,00	59,60	60,39	0,99	-0,79
3	211,18	18,00	0,00	135,82	125,65	1,08	10,17
4	241,92	13,00	0,00	223,14	180,07	1,24	43,07
5	290,29	9,00	0,00	328,08	225,48	1,46	102,60
6	359,68	7,00	0,00	458,90	269,31	1,70	189,59
7	295,99	4,00	0,00	568,20	289,96	1,96	278,25
8	176,88	2,00	0,00	634,51	296,13	2,14	338,38
9	198,61	1,00	0,00	711,38	299,60	2,37	411,79
10	109,23	0,00	0,00	761,18	299,60	2,54	461,58

**Fs = 2,54**

### SEZIONE 5 - Taglio4



### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 4 condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE:

$K_h = 0,055$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 5,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 0,00$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	42,67	26,00	0,00	60,68	20,82	2,92	39,86
2	122,73	19,00	0,00	120,33	67,16	1,79	53,17
3	181,24	7,00	0,00	177,15	99,14	1,79	78,02
4	234,43	15,00	0,00	235,54	172,27	1,37	63,28
5	258,14	12,00	0,00	289,05	239,82	1,21	49,23
6	429,07	10,00	0,00	374,96	337,57	1,11	37,39
7	389,17	7,00	0,00	460,19	406,24	1,13	53,95
8	320,91	6,00	0,00	545,26	457,34	1,19	87,92
9	249,99	6,00	0,00	630,32	497,15	1,27	133,18
10	184,10	6,00	0,00	715,39	526,46	1,36	188,93
11	119,09	6,00	0,00	800,46	545,42	1,47	255,03
12	44,91	6,00	0,00	894,82	552,57	1,62	342,25

**Fs = 1,62**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 4 condizioni statiche

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 = 1,97$  peso di volume

$c_1 = 0,64$  coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 = 19,60$  angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	42,67	26,00	0,00	20,54	18,71	1,10	1,84
2	122,73	19,00	0,00	68,63	58,66	1,17	9,97

3	181,24	7,00	0,00	139,14	80,75	1,72	58,39
4	234,43	15,00	0,00	226,39	141,43	1,60	84,97
5	258,14	12,00	0,00	322,38	195,10	1,65	127,28
6	429,07	10,00	0,00	482,59	269,60	1,79	212,98
7	389,17	7,00	0,00	629,80	317,03	1,99	312,77
8	320,91	6,00	0,00	753,10	350,57	2,15	402,53
9	249,99	6,00	0,00	851,29	376,71	2,26	474,58
10	184,10	6,00	0,00	926,13	395,95	2,34	530,18
11	119,09	6,00	0,00	977,96	408,40	2,39	569,56
12	44,91	6,00	0,00	1004,57	413,09	2,43	591,48

**Fs = 2,43**

### SEZIONE IN ESAME: - 5 - Taglio 4 condizioni post sisma

SISMICITA':

0

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 =>

$\gamma_1 =$

1,97

peso di volume

$c_1 =$

0,60

coesione [tonn/m<sup>2</sup>]

$\phi_1 =$

19,00

angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio $\alpha$ [°]	Altezza falda $h_w$ [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	42,67	26,00	0,00	19,66	18,71	1,05	0,96
2	122,73	19,00	0,00	65,96	58,66	1,12	7,30
3	181,24	7,00	0,00	133,95	80,75	1,66	53,20
4	234,43	15,00	0,00	218,13	141,43	1,54	76,71
5	258,14	12,00	0,00	310,77	195,10	1,59	115,67
6	429,07	10,00	0,00	465,40	269,60	1,73	195,80
7	389,17	7,00	0,00	607,47	317,03	1,92	290,44
8	320,91	6,00	0,00	726,41	350,57	2,07	375,84
9	249,99	6,00	0,00	821,07	376,71	2,18	444,37
10	184,10	6,00	0,00	893,16	395,95	2,26	497,21
11	119,09	6,00	0,00	942,99	408,40	2,31	534,60
12	44,91	6,00	0,00	968,41	413,09	2,34	555,32

**Fs = 2,34**

### V.3– Analisi dei risultati

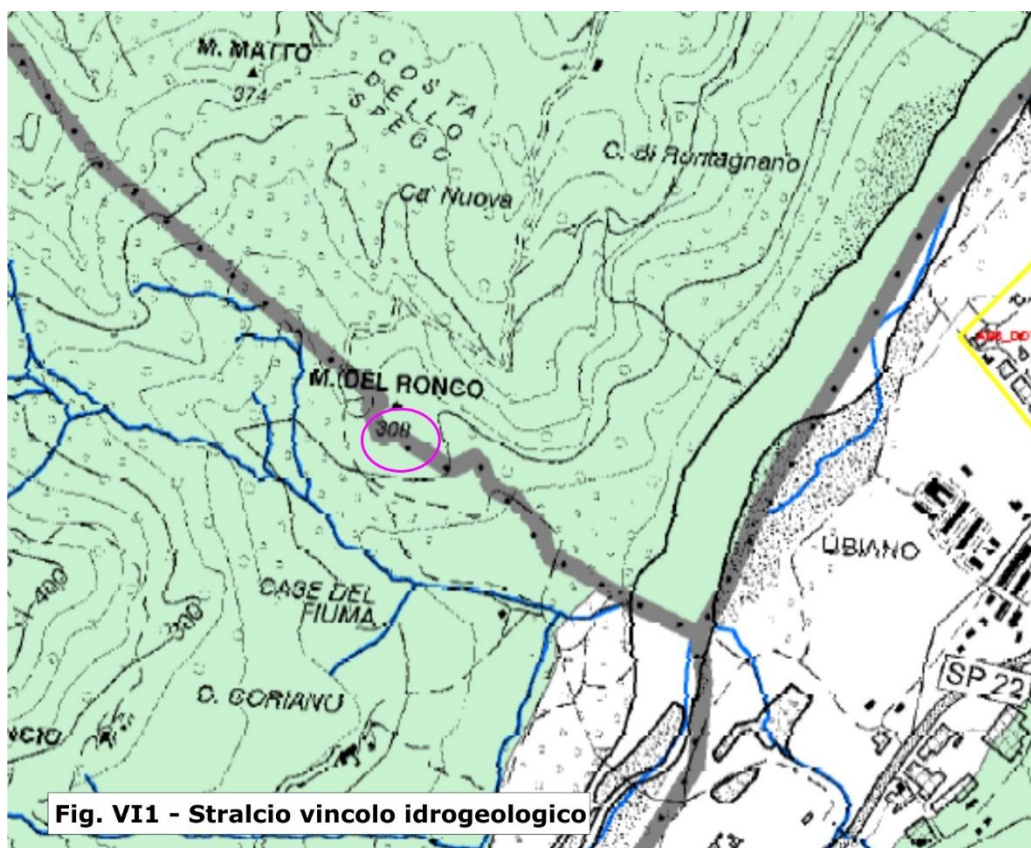
Le verifiche di stabilità hanno espresso fattori di sicurezza soddisfacenti per i quali è accreditata una buona affidabilità statica dei profili finali di modellazione morfologica in progetto.

## VI – ANALISI DEI VINCOLI TERRITORIALI

---

La zona che include l'area di progetto, è compresa nella perimetrazione del R.D.L. 3267/23 inerente al vincolo idrogeologico (Fig. VI.1).

In considerazione degli interventi previsti, è prescritto l'ottenimento della preventiva autorizzazione.

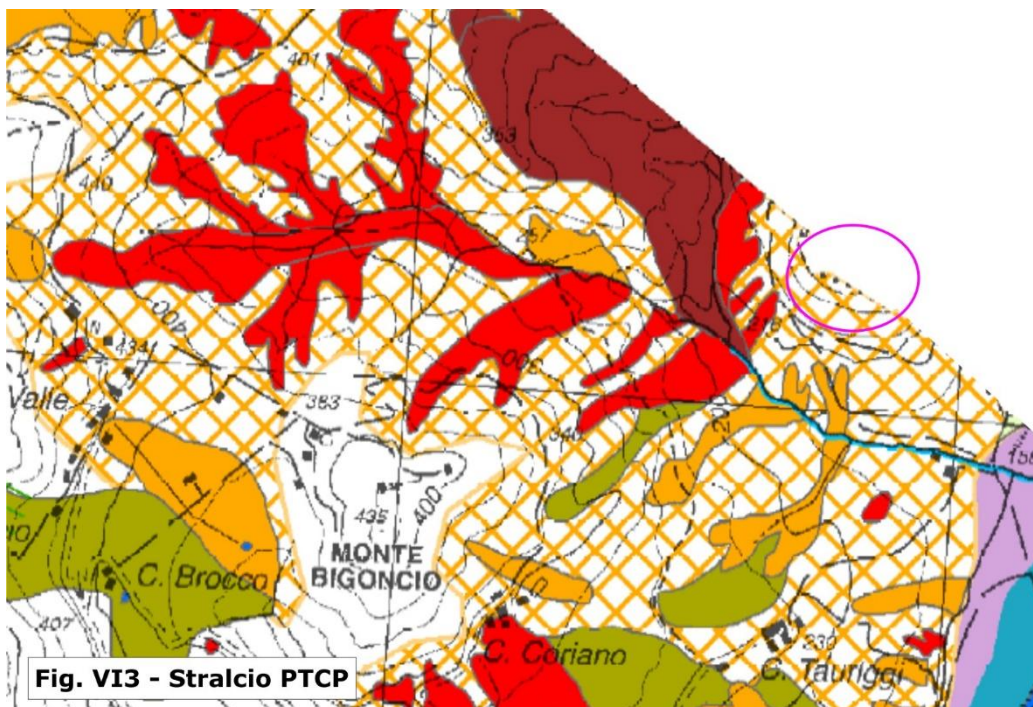
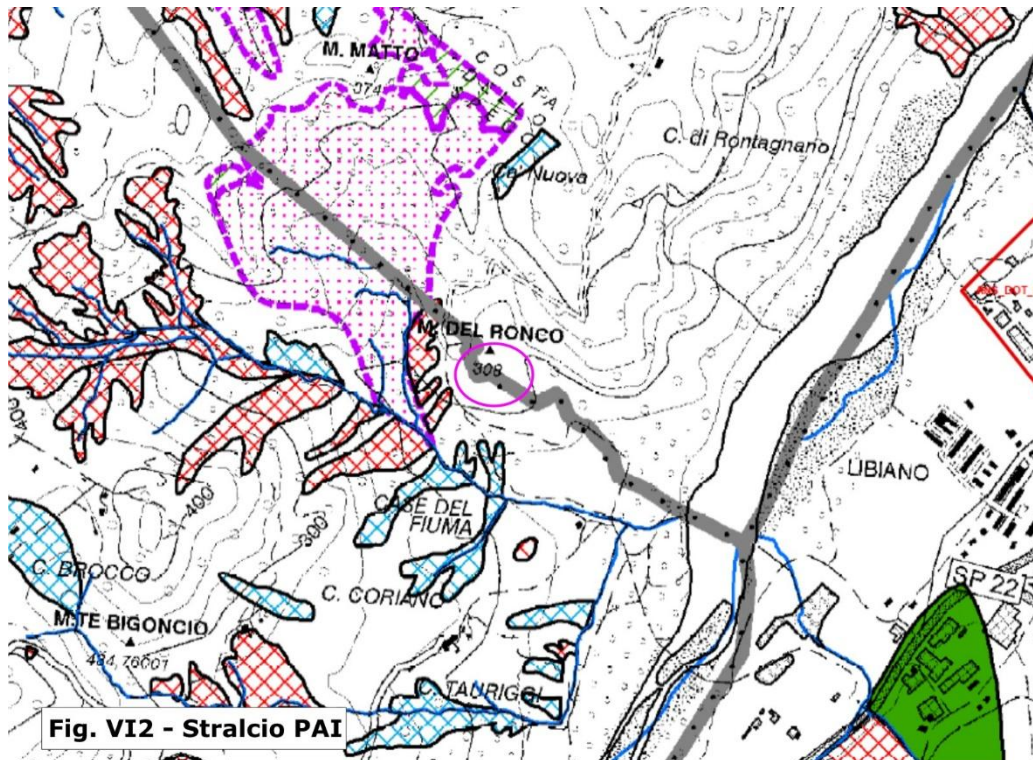


Rispetto al PAI dell'Autorità di Bacino Interregionale Marecchia - Conca (Fig. VII.2) e al PTCP della Provincia di Rimini (Fig. VI.3), l'area non è interessata da perimetrazioni di pericolosità geologica molto elevate ed elevate.

In relazione ai riscontri emersi dal rilevamento geologico – geomorfologico e dalle verifiche eseguite, l'area di progetto è caratterizzata da sostanziali condizioni di stabilità, pertanto, gli interventi previsti di completamento della modellazione morfologica, fatti salvi gli indirizzi progettuali di regimazione del drenaggio idrico superficiale e sotterraneo, nonché la corretta messa in opera dei terreni di riporto



tramite idonee attrezzature compattatrici, sono compatibili rispetto agli strumenti di pianificazione territoriale vigenti.





## **VII – INDIRIZZI OPERATIVI E PIANO DI MONITORAGGIO**

---

Sostanziale presupposto da considerare nell'attività di riporto del terreno, è quello di soddisfare una elevato addensamento dei materiali conferiti procedendo per strati contenuti entro cm 30 ed utilizzando efficaci attrezzature compattatrici.

Nel settore occidentale dove il progetto di variante propone di estendere il riporto di terreno, è necessario eseguire un'accurata regimazione del drenaggio idrico sotterraneo e superficiale. In questo contesto, considerando la presenza di depositi antropici conferiti nelle fasi iniziali di attivazione della cava, i drenaggi saranno dotati di impermeabilizzazione del fondo per evitare dispersioni d'acqua in profondità.

La modellazione morfologica di progetto inibisce condizioni di ristagno delle acque meteoriche, favorendo assieme alle scoline, una loro efficiente regimazione verso il fondovalle.

Il programma di monitoraggio prevede l'installazione di un inclinometro nel settore occidentale, analogamente a quanto già predisposto nell'area attigua dove è collocato e funzionante una strumentazione di controllo inclinometrico.

Verifiche sull'efficienza di funzionamento dei drenaggi e la manutenzione dei fossi di scolo, rappresentano ulteriori e necessarie attività di gestione del sito oggetto di sistemazione.

## **VIII – INTERVENTI DI PROGETTO – LINEE GENERALI**

---

La sistemazione finale del sito sarà attuata con il conferimento di ulteriori quote di materiali da esterno, con profili morfologici finali variati rispetto a quanto autorizzato nel progetto variante 2016. Le modalità operative proseguiranno conformemente a quanto fino ad oggi attuato dalla ditta, prevedendo per il proseguo una sostanziale continuità sia negli apporti da esterno dei materiali, sia nella logistica interna, sia nella gestione e nell'utilizzo dei mezzi.

In rapporto alle condizioni morfologiche disposte dai profili finali delle fasi di conferimento autorizzate con l'autorizzazione vigente, gli orientamenti di

ricomposizione rappresentano la sintesi progettuale elaborata per conseguire i seguenti principali obiettivi:

- 1) Raggiungere generali condizioni di affidabilità statica considerando opportunamente la prospettiva di lungo periodo.
- 2) Mitigare ulteriormente le lacerazioni introdotte dalla pratica estrattiva tramite il reintegro di adeguati volumi di terreno in grado di predisporre una soddisfacente rinaturalizzazione del sito e comunque efficaci a eliminare la percettibilità delle regolari artificiose geometrie prodotte dalla coltivazione. Il riporto di terreno, è sollecitato anche dalla necessità di assicurare un efficace rincalzo alla scarpata orientale potendo in tal modo aggiungere efficaci contributi di stabilità a questo fronte roccioso soggetto a degradamento ed espulsione di frammenti rocciosi dal paramento corticale fratturato. In particolare, gli orientamenti progettuali prevedono di conseguire una condizione per la quale le altezze di affioramento residuali della scarpata rocciosa risulteranno di circa 4-5 metri, contro i 10-12 attuali.
- 3) Predisporre un armonico raccordo paesaggistico e vegetazionale con il contesto circostante e ridurre sensibilmente le aree scoperte e sterili (piazze di manovra, piste e carraie).

Il progetto di ricomposizione morfologica proposto persegue gli stessi obiettivi finali già indicati nel progetto 2016 autorizzato nel 2018 ricavando percorsi naturalistici (pedonali, ciclabili) in grado di soddisfare un armonico raccordo coi sentieri esistenti tracciati dal CAI (n. 5 per Montebello e n. 96 che da Case del Fiume procede verso Monte Bigoncio). La struttura viaria di servizio, sostituisce la preesistente strada comunale per Rontagnano, la quale se ripristinata nella posizione originaria all'interno dell'area di cava, risulterebbe pressoché impraticabile per effetto degli elevati gradienti morfologici che intervengono alle quote superiori prodotti dalla pratica estrattiva. Riposizionare la strada comunale per Rontagnano all'interno dell'area di cava, nell'ambito del terreno di riporto, appare inoltre orientamento non opportuno per gli effetti erosivi potenzialmente indotti dalla preventivabile concentrazione di acque correnti lungo la carreggiata in occasione di intense precipitazioni meteoriche. Al fine di evitare questa prospettiva perturbante, la ex strada comunale per Rontagnano sarà ridimensionata in termini di ampiezza trasversale e assumerà la fisionomia e la funzione di sentiero ad uso degli escursionisti che preferiranno utilizzare tale percorso per raggiungere il soprastante sentiero CAI n. 5.

Il percorso correrà prima a lato del fosso ai piedi della scarpata rocciosa posta nella porzione est della cava, poi girerà verso ovest andando a ricollegarsi al percorso che corre a ovest della cava ricollegandosi quindi al soprastante sentiero CAI. Questo permetterà di rendere percorribile il sentiero senza dover superare dislivelli troppo impegnativi.

La rete di percorsi, individuata nelle tavole di progetto, produrrà inoltre l'ulteriore prospettiva di realizzare un collegamento stabile e facilmente percorribile tra il crinale e l'area del fondovalle Marecchia.

E' infine il caso di sottolineare che, il progetto di ricomposizione morfologica, intende soddisfare l'importante obiettivo di organizzare un'ordinata rete scolante delle acque superficiali, evitando la prospettiva di apprezzabili processi erosivi.

In particolare, relativamente alla ricomposizione morfologica dell'area di cava, si è valutato che, per conseguire i profili finali indicati nelle tavole di progetto nella variante 2023, siano necessari mc 150.000 di terreno conferiti in Comune di Poggio Torriana e in Comune di Novafeltria al fine di conseguire una migliore ricomposizione dei profili e migliori condizioni di stabilità.

A seguito della indisponibilità nell'ambito dell'area di cava delle quantità di idonei materiali di riporto per la sistemazione finale, il loro approvvigionamento sarà reperito da prodotti di scavo opportunamente selezionati provenienti da cantieri esterni gestiti dalla società proponente.

### **VIII.1 CONSIDERAZIONI GENERALI**

La formulazione degli orientamenti progettuali di sistemazione, è conseguita all'analisi di alcuni sostanziali parametri di riferimento, che riguardano in particolare:

- Esame dello stato di fatto prodotto dalle fasi di conferimento e messa in posto del materiale precedentemente espletate nell'area di cava (rilievi e verifiche annuali).
- Caratteristiche composizionali e strutturali del materiale abbancato e delle forme residuali della passata attività estrattiva ad oggi osservabili.
- Definizione di profili di abbancamento in grado di assicurare affidabili condizioni di stabilità nelle fasi operative e dei profili finali di sistemazione definitiva.

- Predisposizione di assetti funzionali a prospettare una soddisfacente sistemazione dell'area di cava e un suo armonico raccordo con le zone contermini.
- Possibilità di intervenire con operazioni di recupero morfologico e vegetazionale contestualmente alle fasi di conferimento di materiale a completamento della variante.
- Mitigazione paesaggistica e compensazione vegetazionale, anche con ripristino alla naturalità di porzioni degradate esterne all'ambito estrattivo stesso.

Il piano di sistemazione proposto nella attuale fase riprende, nelle linee generali, quanto attuato fino ad oggi, integrando le prescrizioni specifiche e le modifiche richieste e contenute nella precedente autorizzazione, integrando le esigenze logistiche e di quantità espresse dalla ditta esercente, producendo un migliore inserimento nel contesto morfologico locale.

## **VIII.2 LOGISTICA E DINAMICA DEGLI INTERVENTI**

L'ambito estrattivo Monte del Ronco è funzionalmente collegato al sito di lavorazione cantiere Pianetta in Comune di San Leo di proprietà della medesima ICR SRL.

Le operazioni di conferimento avvengo attraverso il cantiere Pianetta, per poi attraversare il Fiume Marecchia in corrispondenza del guado in alveo (autorizzato dal Servizio Tecnico di Bacino) e, oltrepassato questo, lungo la pista di cantiere che conduce all'ambito Monte del Ronco. I mezzi carichi (autocarri) diretti al sito di conferimento transitano quindi preventivamente presso il punto di accettazione localizzato nella zona uffici/pesa, dove si procede alla pesatura del mezzo, alla verifica dei documenti di trasporto e alle procedure di accettazione. Rientrano tra le procedure di accettazione anche la verifica visiva dei materiali caricati sul mezzo, provvedendo ad eventuali misure di controllo e di respingimento in caso di difformità.

Una volta completate le procedure di accettazione e aver comunicato al responsabile di cantiere l'avvio delle operazioni di conferimento, i mezzi vengono inviati al sito di recapito finale Monte del Ronco.

In sito, i materiali verranno scaricati in base alle indicazioni del responsabile di cantiere che, indirizzerà i mezzi, in base alle modalità logistiche e operative attive al momento e in funzione delle caratteristiche meteorologiche. Saranno da evitarsi conferimenti in periodi particolarmente avversi sotto il profilo meteorologico al fine di evitare problemi per il transito dei mezzi e conferimenti di materiali

eccessivamente bagnati (cfr. il proseguo della presente relazione per le caratteristiche dei materiali conferibili).

Il materiale scaricato dai mezzi verrà quindi posizionato nel settore definitivo, livellato e sistemato dai mezzi d'opera presenti (ruspa cingolata, pala gommata, escavatore cingolato) in base alle indicazioni della direzione lavori e sotto la supervisione del responsabile di cantiere.

In caso di sovrapposizione di più conferimenti i mezzi in ingresso dovranno attendere il completo scarico del materiale dal mezzo precedente nella apposita zona all'ingresso del sito e quindi procedere per il proprio turno di scarico.

In caso di lavorazioni sui fronti di abbancamento o di condizioni del fondo che rendano impraticabili le piste interne agli autocarri, lo scarico del mezzo potrà avvenire nella zona adibita a tale scopo posta all'ingresso del sito. Anche in questo caso le indicazioni precise dovranno essere fornite dal responsabile di cantiere che deve coordinare tutte le attività qui descritte.

Durante la fase di scarico dovranno essere visionati da parte del responsabile di cantiere i materiali conferiti al fine di valutarne la conformità e le caratteristiche dichiarate e verificare che i requisiti siano quelli necessari per il sito.

I materiali conferibili provverranno da cantieri esterni e/o gestiti direttamente dal proponente o da società del medesimo gruppo imprenditoriale, operativa nei settori dei lavori pubblici stradali, per infrastrutture e reti tecnologiche di sottoservizi, opere di ingegneria, movimentazione terra e scavi in generale.

Tutte le operazioni di conferimento e gestione avverranno con procedure interne e in base a disciplinari della ditta.

Gli abbancamenti del materiale avverranno in base alle caratteristiche stesse del materiale (prevalentemente terre e rocce da scavo) e la sistemazione sarà attuata in strati di spessore massimo non eccedente i 50 cm opportunamente compattati dai mezzi d'opera. La compattazione degli strati avverrà sempre con leggera contropendenza al fine di garantire migliori condizioni di stabilità; conferimenti ulteriori nei settori di lavorazione potranno essere effettuati solo al termine delle operazioni di livellamento e compattazione dei materiali già presenti, onde evitare materiali di riporto con differenti caratteristiche geotecniche che possano nel tempo provocare decadimenti nelle condizioni di stabilità.

Dovrà essere prestata particolare cura e attenzione nell'allontanamento delle acque meteoriche superficiali provvedendo alla realizzazione di fossi di guardia esternamente ai settori di conferimento attivi (fossi provvisori) convogliati verso l'esterno del sito. In caso di eventi meteorologici particolarmente avversi che



possano provocare smottamenti e/o danneggiamenti dei settori attivi, prima di riprendere le operazioni di conferimento di materiali da esterno si dovranno ripristinare le condizioni morfologiche provvedendo, se del caso, al ripristino completo con livellamento e compattazione adeguati.

I materiali che non rispettano i requisiti minimi di tipo geotecnico indicati nella relazione geologica del progetto, dovranno sostare (nelle aree individuate nel sito) in attesa del raggiungimento delle caratteristiche idonee in particolare per il tenore di umidità. Non sono consentiti abbancamenti di materiali troppo fini, con tenori di umidità troppo bassi, pulverulenti o con tenori di umidità troppo elevati, e comunque con caratteristiche fisiche tali da renderne difficoltoso l'abbancamento secondo profili stabili e in condizioni di sicurezza. I materiali di riporto con caratteristiche non adeguate potranno essere miscelati con altri materiali di riporto presenti in sito fino al raggiungimento delle caratteristiche minime di lavorabilità. In caso di assenza di materiali di riporto miscelabili i materiali non propriamente idonei dovranno essere stoccati nelle aree indicate in planimetria in attesa o del raggiungimento delle caratteristiche necessarie, o di altri materiali con il quali produrre una opportuna miscelazione.

### **VIII.3 INDIRIZZI OPERATIVI DI RICOMPOSIZIONE MORFOLOGICA E DI REGIMAZIONE IDRICA**

Le operazioni di costipamento del terreno di riporto, saranno condotte con idonei mezzi meccanici che opereranno l'addensamento percorrendo le superfici di recapito sia in senso longitudinale e sia in quello trasversale. Lo spessore di ogni singolo orizzonte di terreno di riporto da sottoporre a compattazione, dovrà essere contenuto entro 40-50 cm.

Le fasi di ricomposizione morfologica, procederanno verso le quote inferiori fino a completare quanto disposto dal progetto.

Allo scopo di soddisfare un'efficiente regimazione del drenaggio idrico ipogeo e superficiale, sono previsti i seguenti indirizzi progettuali:

- a) Predisposizione di fossi scolanti superficiali opportunamente raccordati con il collettore principale individuato lungo la pista di accesso al sito.
- b) Realizzazione di un fosso di guardia con funzione di ripristino del fosso di Rontagnano, in grado di produrre una adeguata regimazione delle acque con allontanamento dai settori di conferimento dei materiali.
- c) Realizzazione di protezioni al fondo con pietrame allo scopo di inibire erosioni in corrispondenza di accentuati incrementi di pendenza e di cambi della direzione di

deflusso. Nei tratti dove maggiore è il rischio erosione per la pendenza si procederà inoltre alla messa a dimora di specie arboree ed arbustive lateralmente al fosso conferendogli maggiore stabilità senza però ostruire la sezione idraulica.

La sequenza delle fasi di ricomposizione morfologica proposte dal progetto consentono di attuare, con analoga contestuale progressione, anche il recupero ambientale dell'area di cava. Quest'ultimo, che prevede la piantagione di specie vegetali autoctone improntate alle specie presenti nel territorio conterminale, è concepito per ripristinare una soddisfacente naturalità dalle quote superiori verso la base dell'area di cava, riservando la precedenza alle porzioni più percettibili che trasmettono i maggiori impatti visuali.

#### **VIII.4 INTERVENTI DI PROGETTO – QUANTITA'**

Complessivamente gli interventi di progetto prevedono le seguenti quantità (a misura), integrando il presente progetto in variante con quanto già approvato e ad oggi autorizzato:

1. Riporto di materiale idoneo e certificato: m3 150.000.
2. Movimentazione terra per sterro e riporto a compensazione delle aree da sistemare morfologicamente prima dell'impianto della vegetazione di progetto ed esterne al settore di conferimento del materiale, compresa la riprofilatura e il ridimensionamento delle piste di accesso e di arroccamento ancora presenti: m3 3500 circa.
3. Realizzazione dei fossi di scolo: ml 711.0.
5. Sentieri e percorsi escursionistici: ml 650.0.
7. Protezioni a fondo fosso in pietrame opportunamente stabilizzato con cls magro: m2 720.0 pari a circa m3 120/150.

Per il completamento delle volumetrie autorizzate nel progetto variante 2016 rimangono residui per circa 7.000 mc di materiali conferibili, alla data di aprile 2023.

## IX. LINEE GENERALI DEL PIANO DI SISTEMAZIONE FINALE – VEGETAZIONALE

---

Nel presente paragrafo saranno descritte le condizioni dello stato di fatto ambientale e vegetazionale del sito e gli interventi di sistemazione finale per il ripristino vegetazionale.

### IX.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'esame dei dati climatici, risulta essere di fondamentale importanza ai fini della valutazione delle specie da mettere a dimora, vista l'impossibilità di effettuare apporti idrici alle piante che verranno scelte nell'intervento di ripristino ambientale. Vengono presi come riferimento i dati rilevati dalla stazione di Novafeltria desunti dagli annali ARPA, dai quali si ottengono i seguenti valori significativi (media sugli ultimi 10 anni):

- Temperatura media annua: 13.1° C
- Temperatura media del mese più freddo: 3.6° C
- Media del minimo: - 8.8° C

L'esame delle temperature estreme nel periodo considerato permette di individuare i seguenti valori:

- Minima assoluta: - 14.5° C
- Massima assoluta: 41.5° C

Dal punto di vista termico c'è quindi una leggera tendenza alla continentalizzazione del clima, anche se le temperature massime assolute non superano nel 70% dei casi i 37°C e i minimi assoluti non scendono al di sotto dei - 10°C.

La distribuzione della piovosità si può considerare sufficientemente regolare con valori massimi nei mesi autunnali e primaverili ma con una certa consistenza anche nel periodo estivo, infatti nel 30% dei casi agosto è risultato il mese più piovoso.

La precipitazione media annua risulta, nel periodo considerato, di mm 977 e nel 70% dei casi maggiore di mm 880.

### IX.2 PEDOLOGIA

La cava in esame, ubicata sulla sponda sinistra del fiume Marecchia, ha pendenza media attuale di circa il 30-40%, ad eccezione della porzione in affioramento (scarpata rocciosa sul margine Est).

Parte integrante del recupero della cava, è la sistemazione morfologica della stessa: verranno ridotte le pendenze dei vari fronti per ridurre i rischi di eventi franosi e per

facilitare l'attecchimento delle specie arboree ed arbustive che verranno messe a dimora. Per rimodellare il fronte della cava, verrà effettuato un riporto di materiale a composizione preminentemente terrosa (argilloso-limoso-sabbiosa).

Dal punto di vista geologico, il substrato è calcareo-marnoso, mentre a Nord-Ovest dell'area di cava si insediano terreni argillosi.

### IX.3 VEGETAZIONE E USO DEL SUOLO

Dal punto di vista vegetazionale, tutta l'area può essere classificata nel Castanetum caldo secondo la classificazione di Pavari, o nel tipo di vegetazione Sopra-mediterraneo secondo la classificazione proposta da Quezel. Entrambe le classificazioni prevedono la presenza della roverella come specie predominante, accompagnata da diverse specie accessorie che variano al variare delle condizioni climatiche: spostandosi nel senso di una maggiore xericità dell'ambiente si incontra l'orniello, nel senso di minore termofilia il carpino nero, e nel senso di maggiore termofilia il leccio.

In questo contesto si inseriscono le tipologie vegetazionali presenti nell'intorno dell'area da sistemare.

Ad Ovest della cava, è presente una formazione calanchiva, caratterizzata dalla presenza di specie arbustive, fra cui principalmente la cannuccia (*Phragmites*), il biancospino (*Crataegus monogyna*), la ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*), e il pruno (*Prunus spinosa*), e diverse specie arboree insediate di recente, fra cui l'olmo campestre (*Ulmus campestris*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e l'orniello (*Fraxinus ornus*).

A Nord della stessa, sono presenti alcune formazioni rocciose affioranti di matrice calcarea, caratterizzate dalla presenza di vegetazione termofila, fra cui principalmente il leccio a portamento pressoché cespuglioso, accompagnato da altre specie ben tolleranti delle condizioni di xericità, come il ginepro comune, la ginestra dei carbonai.

Ad Est, sono presenti formazioni boschive ceduate, a prevalenza di roverella e orniello; come accennato in precedenza, al variare di alcune condizioni climatiche o edafiche, si incontrano il carpino nero, il leccio, l'acero campestre, e specie arbustive correlate come l'erica arborea, la fillirea, la ginestra dei carbonai, il pungitopo, l'asparago e la Rubia peregrina.

A Nord del settore di conferimento è presente un'area già risistemata e rinaturalizzata (gradone superiore); a Sud un ampio versante sul quale si è deciso di non intervenire in quanto la rinaturalizzazione spontanea dei materiali conferiti negli anni passati ha assunto un ottimo grado di evoluzione suggerendo il mantenimento dello stato di fatto (versante a confine tra Poggio Torriana e Novafeltria). Le tavole 5 e 7 individuano nel dettaglio i settori già sistemati e rinaturalizzati sui quali non si interviene con il presente progetto.

## **METODOLOGIA**

L'obiettivo che ci si prefigge con il presente progetto, è quello di ricostituire nell'area interessata dalle attività estrattive, un soprassuolo boscato analogo a quello già esistente nell'intorno della cava; a tal fine sono state prese attentamente in considerazione le formazioni vegetali limitrofe.

A Nord della cava si trovano formazioni rocciose affioranti in cui vegeta il leccio, ad Est della cava, si trovano formazioni boschive in cui si trovano orniello e acero campestre.

Analizzando la composizione e struttura si è ricavato un modello di formazione boscata al quale ispirarsi.

La valutazione e il censimento delle specie ha riguardato anche quelle arbustive con il fine di introdurne un cospicuo numero all'interno del progetto di ricomposizione, integrando la messa a dimora di specie arboree anche con specie arbustive, al fine di velocizzare l'azione di consolidamento delle superfici da sistemare.

## **MODALITA' DI IMPIANTO**

L'impianto di vegetazione arborea ed arbustiva sarà eseguito con sesto di 3 metri sulla fila e 2,5 m tra le file nelle zone individuate nella tavola 7 di progetto, con impianto di complessive 550 esemplari di specie arboree e 1025 individui appartenenti a specie arbustive.

L'impianto sarà eseguito intervallando le specie arboree all'interno del sesto delle specie arbustive in maniera da ricreare le condizioni tipiche delle fasi di ricolonizzazione. Lungo i fossi di raccolta delle acque è prevista, ai lati degli stessi e nelle porzioni dove maggiore è il rischio erosione (le porzioni più pendenti, dove l'acqua può avere più velocità) la messa a dimora di specie igrofile. Il fosso che corre in posizione più centrale alla sistemazione della cava presenterà vegetazione solo da un lato, quello più a ovest, in maniera da rendere possibile la pulizia dello stesso dal lato libero.

Gran parte dell'area di intervento sarà gestita a prato agevolando la ricolonizzazione naturale da parte della vegetazione erbacea, particolarmente rapida nell'insediarsi in questi spazi.

## **X. MODALITA' DI ACCETTAZIONE E VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

---

Come descritto in precedenza l'accesso per il conferimento dei materiali al sito Monte del Ronco avviene e avverrà dal cantiere Pianetta in Comune di San Leo per raggiungere la pista di collegamento con la cava dismessa utilizzando il guado sul Fiume Marecchia.

a) Gli autocarri provenienti dai luoghi di produzione/origine dei materiali terre e rocce da scavo accederanno alla zona accettazione posta in prossimità dell'ingresso sulla via SP 258 Marecchiese, saranno sottoposti a pesatura, al controllo dei documenti ed ad una prima valutazione visiva della corrispondenza dei materiali trasportati ai documenti in possesso dell'autista del mezzo. I documenti di trasporto corredati delle certificazioni e di quant'altro richiesto dalla normativa specifica di settore verranno controllati e ne verrà conservata una copia presso gli uffici della zona accettazione.

b) Successivamente, avvisato il responsabile di cantiere, il mezzo procederà in direzione del sito Monte del Ronco per effettuare lo scarico dei materiali.

c) I materiali conferiti provverranno da cantieri esterni e/o gestiti dalla Soc. Impianti Cave Romagna (ICR) o da altre imprese dello stesso raggruppamento/gruppo.

d) Alla conclusione del conferimento in sito il mezzo scarico transiterà nuovamente alla zona accettazione per la pesatura successiva e per la chiusura della procedura di accettazione. Le verifiche per la chiusura di accettazione saranno quindi trasmesse alla procedura di gestione della commessa per il completamento delle pratiche di avvenuto utilizzo.

e) In caso di verifica di conformità con esito negativo durante la fase di accettazione presso la pesa, il mezzo verrà fatto temporaneamente sostare nella zona contermina all'ingresso del cantiere Pianetta; verrà avvertito il responsabile di cantiere che procederà all'apertura della non conformità e al respingimento del materiale verso il sito di origine o verso altro sito idoneo al conferimento dei materiali non conformi.

f) In caso la verifica di conformità avvenga durante le operazioni di scarico nel sito Monte del Ronco, il materiale verrà temporaneamente stoccato in attesa di essere valutato dal responsabile di cantiere e dal direttore lavori, che in accordo procederanno all'apertura di una non conformità e alle operazioni di respingimento. Nel caso il materiale scaricato non abbia le caratteristiche fisiche idonee per essere abbancato sarà depositato nell'area prossima all'accesso in attesa che acquisisca le caratteristiche geotecniche richieste.

g) Nel caso il materiale possa essere accettato miscelato con altri materiali già presenti in sito fino al raggiungimento delle caratteristiche necessarie, il materiale sarà conferito direttamente al settore di abbancamento.

h) Nel caso in cui il materiale non sia conforme ai documenti di trasporto o sia difforme o sia particolarmente inidoneo all'utilizzo, si procederà al carico del mezzo e al respingimento destinando il materiale ad altro centro autorizzato al conferimento.

i) Nel caso in cui i materiali siano di difficile caratterizzazione solo visiva o vi siano dubbi sulla natura e sulla composizione, il materiale dovranno essere eseguite



nuove caratterizzazioni che attestino l'idoneità dei materiali per l'utilizzo nel sito Monte del Ronco. In caso di contro-verifiche di esito negativo il materiale dovrà seguire la procedura per il respingimento.

Tutte le procedure sopra descritte dovranno essere codificate e comunicate al direttore lavori e al sito di produzione in maniera tale che si possa provvedere alla corretta gestione del materiale come sottoprodotto.

## CONCLUSIONI

---

La sistemazione del sito estrattivo dismesso denominato Cava Monte del Ronco in Comune di Poggio Torriana, è in corso di attuazione tramite modellazioni morfologiche finalizzate a ripristinare condizioni di soddisfacente reinserimento dell'area oggetto di coltivazione nel contesto paesaggistico e naturalistico locale. Le operazioni di modellazione sin ora eseguite, monitorate tramite strumentazione inclinometrica con esiti positivi di stabilità, hanno interessato la superficie centrale fino al raccordo con l'affioramento calcareo residuale sotteso lungo il fianco orientale della cava. Allo scopo di completare la definitiva sistemazione del sito con la prospettiva di ottenere i migliori risultati di raccordo con le aree adiacenti a quelle coltivate e mitigando così molto più efficacemente i retaggi dell'attività estrattiva, si è provveduto a redigere un progetto di variante che interessa anche una superficie posta in Comune di Novafeltria raccordata direttamente con quella in corso di sistemazione.

L'area di cava dismessa oggetto di ricomposizione morfologica, non è interessata da dissesti e/o segni incipienti di potenziale imminente instabilità. Le zone coinvolte in fenomeni franosi o in processi di erosione accelerata, insediate soprattutto in corrispondenza di depositi argillosi, sono distanziate da quella di intervento e non stabiliscono diretti rapporti di interazione geomorfologica.

I materiali di riporto fino a oggi conferiti per la modellazione morfologica, poggiano sul substrato roccioso della Formazione di San Marino, così come i cappellacci posti lungo il bordo occidentale, messi in opera nelle fasi di attivazione della cava. In quest'ultimo settore, dove si sono acquisiti riscontri sulla potenza e addensamento dei terreni di riporto tramite n. 2 Prove penetrometriche statiche (CPT1/2023 e CPT2/2023), sarà estesa la modellazione morfologica per raggiungere le finalità del progetto di ottimizzare l'inserimento del sito estrattivo dismesso nel contesto paesaggistico e naturalistico locale.

Le verifiche di stabilità, condotte lungo le sezioni di progetto ritenute più gravose ai fini dell'equilibrio statico, hanno espresso esiti favorevoli e si affermano come ulteriore sostanziale presupposto di sostenibilità dell'intervento di modellazione morfologica proposto.

La zona che include l'area di progetto, è compresa nella perimetrazione del R.D.L. 3267/23 inerente al vincolo idrogeologico. In considerazione degli interventi previsti in progetto, è prescritto l'ottenimento della preventiva autorizzazione. Il sito non è interessato da perimetrazioni di pericolosità molto elevata e/o elevata da parte del PAI dell'Autorità di Bacino Interregionale Marecchia – Conca e del PTCP della Provincia di Rimini.

In relazione ai riscontri emersi dall'attività di indagine e di verifica, per quanto di competenza geologica e anche per l'ottenimento dell'autorizzazione ai sensi del R.D.L. 3267/23 inerente al vincolo idrogeologico, si esprime un giudizio di fattibilità del progetto di modellazione morfologica graficamente rappresentato nelle tavole allegate e ulteriormente descritto nella relazione tecnica.