RegioneEmiliaRomagna

Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile

SERVIZIO COORDINAMENTO PROGRAMMI SPECIALI E PRESIDI DI COMPETENZA

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 40 DEL 13/03/2020 APPROVAZIONE DEL PIANO DEGLI INTERVENTI URGENTI – ANNUALITA' 2020 DI CUI ALL'ART. 2 COMMA 1 DPCM DEL 27 FEBBRAIO 2019 "ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE FINANZIARIE DI CUI ALL'ART. 1 COMMA 1028 DELLA LEGGE 30 DICEMBRE 2018 N. 145 ."

TITOLO INTERVENTO:
"RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO"
COMUNE DI PALAGANO (MO)
COD. INT. 15802

CUP: **CIG:**

Importo del finanziamento: € 335.000,00

2) Relazione geologica, geotecnica e sismica

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Geom. Ferretti William
(Progettista responsabile)

ing. Monia Rivoli
(Collaboratore)

Dott. Pierluigi Dallari
(supporto tecnico)
(*firmato digitalmente*)

Data, 12/06/2020

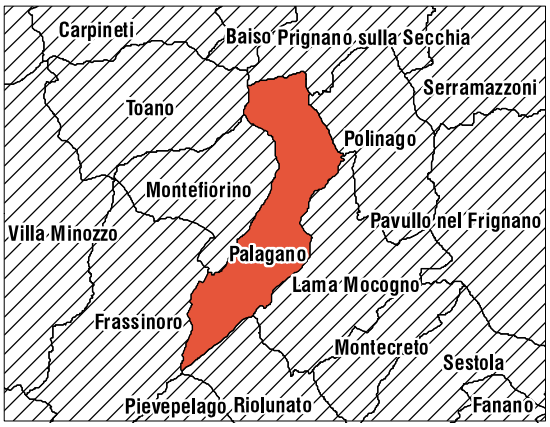
Visto di validazione

(art. 26 co. 8 D.Lgs 50/2016)

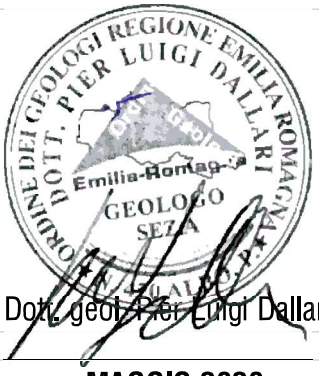
Il Responsabile Unico del Procedimento
(Dott.ssa Rita Nicolini)

COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

***
RELAZIONE GEOLOGICA
inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)
***
RELAZIONE GEOTECNICA
Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)
***
ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE
Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)



Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica sponda Dx Torrente Dragone



Dott. geol. Pier Luigi Dallari

MAGGIO 2020
RIF. 239/20

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE
CERTIFICAZIONE DI SISTEMA QUALITÀ DNV·GL ISO 9001

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI PALAGANO

PROVINCIA DI MODENA

***

RELAZIONE GEOLOGICA

inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

***

RELAZIONE GEOTECNICA

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)

***

ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

OGGETTO

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO

Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica e proposta d'intervento

Rif. n. 239/20

LOCALITÀ

Loc. Ponte di Savoniero
Comune di Palagano
Provincia Modena

COMMITTENTE

Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile
Regione Emilia Romagna

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)
SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
*1*Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it

INDICE DEL CONTENUTO

1. Premesse....4
1.2 Riferimenti normativi....5

2. Inquadramento generale....6
2.1 Aspetti morfologici....6
2.2 Aspetti geologici e geomorfologici....8
2.3 PTCP 2009: Provincia di Modena – Elaborati cartografici....12
2.3.1 Tutela delle risorse naturali (PTCP 2009 Provincia di Modena)....12
2.3.2 Carta del dissesto (PTCP 2009 Provincia di Modena)....13
2.4 Pericolosità sismica: Studio microzonazione sismica Comune di Palagano....14

3. Rilievo dello stato di fatto....15
3.2 Evoluzione geomorfologica....19

4. Indagini geognostiche....23
4.1 Campagna geognostica....23
4.2 Metodologie di indagine....23

5. Azione sismica di riferimento....28
5.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo (NTC 2018)....28
5.2 Azione sismica di riferimento (Analisi RSL 1D)....29
5.2 Azione sismica di riferimento (Approccio semplificato NTC 2018)....37

6. Modellazione geologica....39
6.1 Caratterizzazione del sottosuolo....39

7. Modellazione geotecnica....41
7.1 Interpretazione prove dinamiche SPT in foro....41
7.2 Prove di laboratorio....42
7.3 Modello geotecnico....43

8. Progettazione intervento scarpata....44
8.1 Difesa spondale....44

9. Verifiche geotecniche....46
9.1 Capacità portante....46
9.2 Verifica dei cedimenti – SETTLE3d....48
9.3 Modulo di sottofondo....49
9.3 Verifiche di stabilità....50
9.2.1 LEM1- Condizione non drenata statica – Fase di scavo....51
9.2.2 LEM2- Condizione drenata statica....53
9.2.2 LEM2- Condizione drenata sismica (approccio pseudo-statico)....56
9.4 Sintesi risultati verifiche....59

10. Indicazioni materiali costruzione....60
10.1 Reperibilità dei massi ciclopici in sito....60
10.2 Geogriglie....61

11. Controllo della verticalità del tubo inclinometrico....61

12. Conclusioni....64

TAVOLE

Tav. n. 1:	"Carta topografica"	scala 1: 5000;
Tav. n. 2:	"Ripresa satellitare"	scala 1: 1500;
Tav. n. 3:	"Carta geologica"	scala 1:10000;
Tav. n. 4:	"Ubicazione delle indagini"	scala 1:400;
Tav. n. 5:	"Carta geomorfologica"	scala 1:1000;
Tav. n. 6:	"Sezioni geologiche"	scala 1:500;
Tav. n. 7:	"Sezioni stato di progetto"	scala 1:300;
Tav. n. 8:	"Sezione tipologica"	scala 1:100;
Tav. n. 9:	"Analisi blocchi alveo"	scala 1:800;

ALLEGATI

ALL. n. 1 Stratigrafia sondaggio a carotaggio continuo;
ALL. n. 2 Prove SPT in foro di sondaggio;
ALL. n. 3 Prove penetrometriche dinamiche DPSH corredate di interpretazione geotecnica;
ALL. n. 4 Tomografia elettrica ERT;
ALL. n. 5 Indagine sismica MASW;
ALL. n. 6 Prove di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati;
ALL. n. 7 Verifiche di stabilità;

1. Premesse

Il presente elaborato viene predisposto a illustrazione dell'analisi condotta nei confronti degli aspetti geologici, geotecnici e sismici caratteristici della sponda destra del Torrente Dragone, in corrispondenza del ponte stradale sito in località Savoniero, nel Comune di Palagano. L'analisi è resa necessaria data la presenza di forme di erosione fluviale che coinvolgono la scarpata fluviale posta a valle della strada provinciale SP28.

L'analisi è condotta per illustrare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche caratteristiche del tratto di versante in oggetto, nonché definire il modello geotecnico e sismico a supporto dell'analisi progettuale di intervento per la mitigazione dello stato di dissesto rilevato.

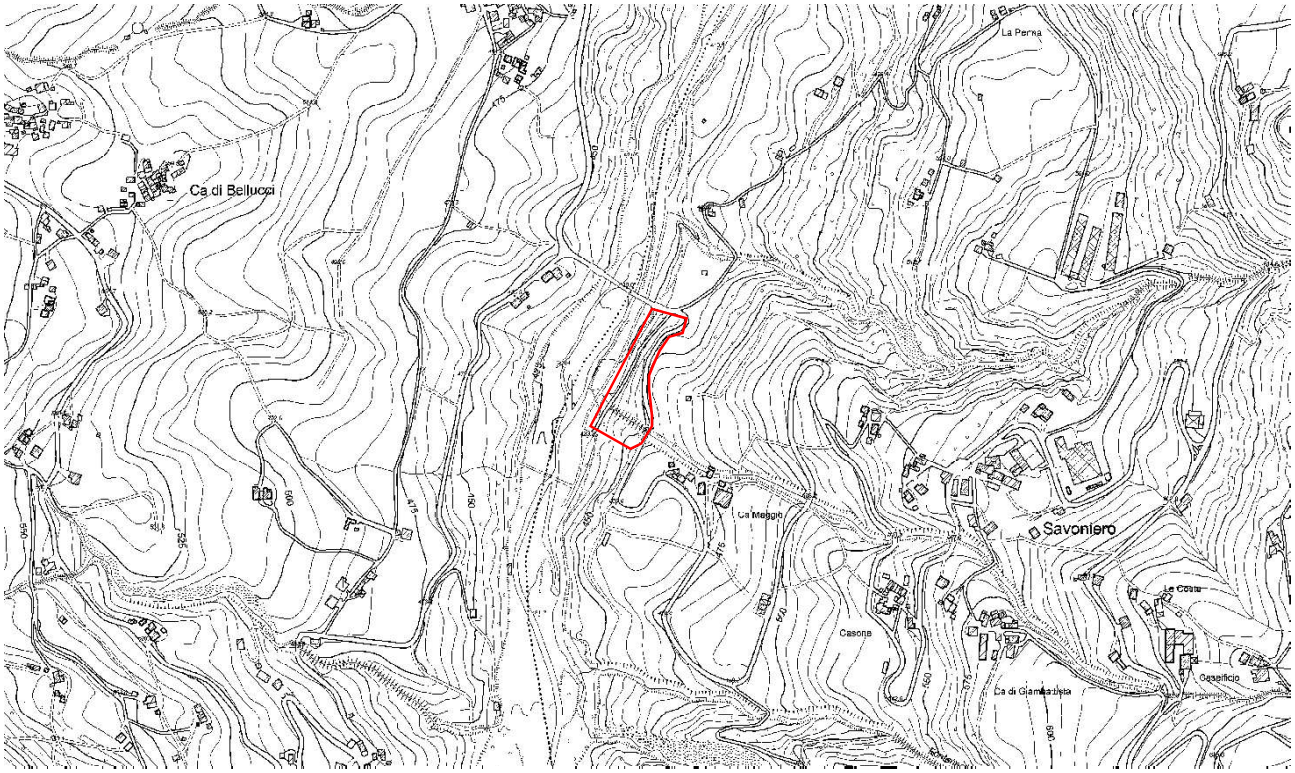


Fig. n. 1.1 – *Inquadramento del tratto di sponda fluviale oggetto di indagine*

1.2 Riferimenti normativi

Il presente elaborato viene redatto in ottemperanza delle seguenti disposizioni normative:

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**
  Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- **Eurocodice 7**
  Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

- **Eurocodice 8**
  Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

- **D.M. 17 Gennaio 2018**
  Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni".

- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7/C.S.LL.PP.**
  Circolare esplicativa delle NTC 2018.

2. Inquadramento generale

2.1 Aspetti morfologici

L'area di interesse è posta in destra idrografica del Torrente Dragone, in prossimità del tratto di alveo appena a monte del ponte stradale sito in località Savoniero. Nel seguente tratto la morfologia fluviale è tipica degli alvei semi-confinati.

A seguito dell'esecuzione di un rilievo fotogrammetrico mediante S.A.P.R. (Sistema aeromobile a pilotaggio remoto) è stato ricavato il modello digitale di elevazione dell'area di interesse. Da tale modello è stato ricavato l'andamento della pendenza definendo tre classi di acclività (Fig. 2.1): il versante è stato indicizzato nelle classi di pendenza 0°/30°, 31°/60°, 61°/90°. Dall'elaborazione eseguita emerge come il tratto della sponda destra, tratto per il quale è rilevata l'erosione ricada in classi relative a moderata ed elevata pendenza. I restanti settori posti più a monte sono caratterizzati da una pendenza più blanda, tipica di versanti caratterizzati da estesi depositi riconducibili a fenomeni gravitativi successivamente analizzati.

Il presente elaborato è corredato del rilievo topografico derivato dall'analisi fotogrammetrica.

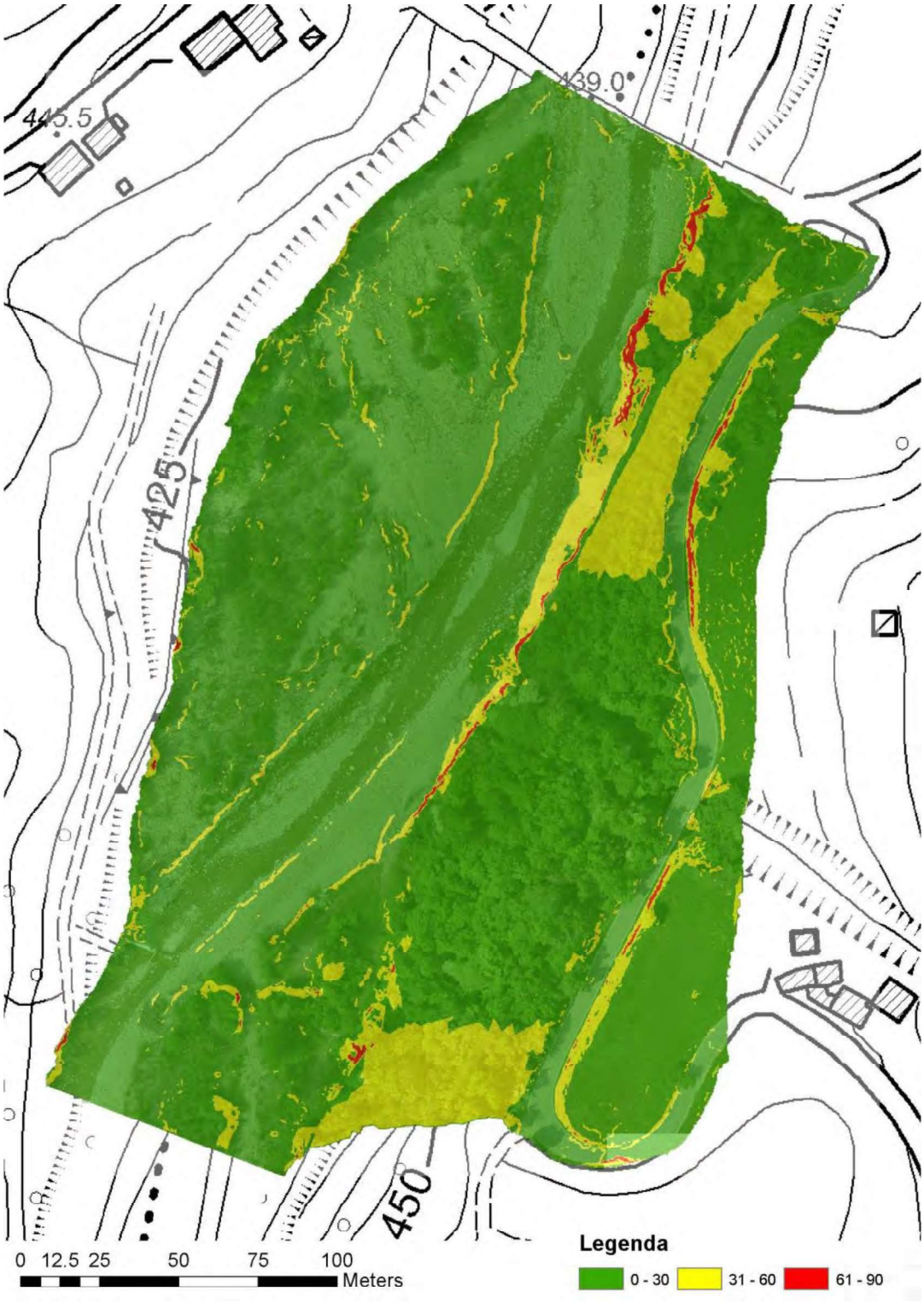


Fig. n. 2.1 – *Classi di inclinazione del pendio per l'area in oggetto (RILIEVO SAPR MAGGIO 2020)*

2.2 Aspetti geologici e geomorfologici

Analizzando la cartografia geologica prodotta dalla Regione Emilia Romagna (PROGETTO C.A.R.G) (fig. 2.2) è possibile desumere come le unità che rappresentano il substrato geologico sono rappresentate la formazione MOH (Formazione di Monghidoro) e la formazione MOV (Formazione di Montevenere). Entrambe le formazioni sono rappresentate da unità di torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi e molto spesi. Il contatto tra le seguenti unità risulta essere di tipo incerto, presumibilmente di tipo tettonico: stando infatti agli assetti indicati dalla cartografia consultata le seguenti unità risultano giacere integralmente secondo assetto "ribaltato", segno che risultano entrambe coinvolte da sconvolgimenti di natura tettonica-deformativa.

Riguardo ai depositi quaternari si rileva la presenza dell'unità b1 relativa ai depositi fluviali recenti e di un esteso deposito di frana attivo (a1g) che interessa l'intero areale in oggetto. Da legenda il fenomeno è definito come "deposito di frana complessa", messo in posto in seguito alla combinazione dello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento. In relazione a tale unità si precisa che il tratto di sponda destra del Torrente Dragone in analisi rappresenta, pertanto, parte del fronte del piede del fenomeno di frana attivo indicato dalla cartografia regionale. Si segnala infine che a Nord del deposito di frana indicato viene individuata un'estesa porzione di versante soggetta a fenomeno gravitativo per scivolamento in blocco profondo (a1h): è risaputo che la presenza di queste particolari ed estese forme di dissesto risultano influire sull'assetto idrogeologico dei versanti, sia all'interno di esse, sia ai contorni.

Al fine di inquadrare nel dettaglio il deposito di frana attivo a1g è stata consultata la cartografia relativa all'archivio nazionale catalogo frane (PROGETTO IFFI - Ispra) e ulteriori dati bibliografici relativi a campagne geognostiche pregresse disponibili.

Dalla consultazione del catalogo IFFI il fenomeno di frana indicato dalla cartografia regionale risulta composto da due sotto-fenomeni: in riferimento alla porzione di fenomeno interagente direttamente con il tratto della sponda in analisi, consultando il catalogo IFFI, si evidenza un'indicazione di attività di tipo "attivo,riattivato/sospeso".

A corredo dell'analisi circa la stabilità dell'intero versante insistente sul tratto di sponda in oggetto sono stati consultati i dati relativi ai prodotti interferometrici telerilevati (SAR). Per il funzionamento della tecnica si faccia riferimento al materiale illustrativo illustrata alla pagina web http://www.pcn.minambiente.it/mattm/progetto-pst-prodotti-interferometrici/. Considerato l'orientazione generale del versante, sono stati consultati i dati relativi alle orbite discendenti dei satelliti ERS (1992-2000) e ENVISAT (2003-2010). Come visibile nei due estratti precedentemente illustrati (fig. 2.4 e fig. 2.5) si evince come i dati relativi alle scansioni ERS e ENVISAT indichino velocità di allontanamento dal satellite nell'ordine di 10.00 mm/anno. Tale velocità, che risulta il valore di fondo scala della tecnica, è relativa a elevata attività delle forme di dissesto presenti.

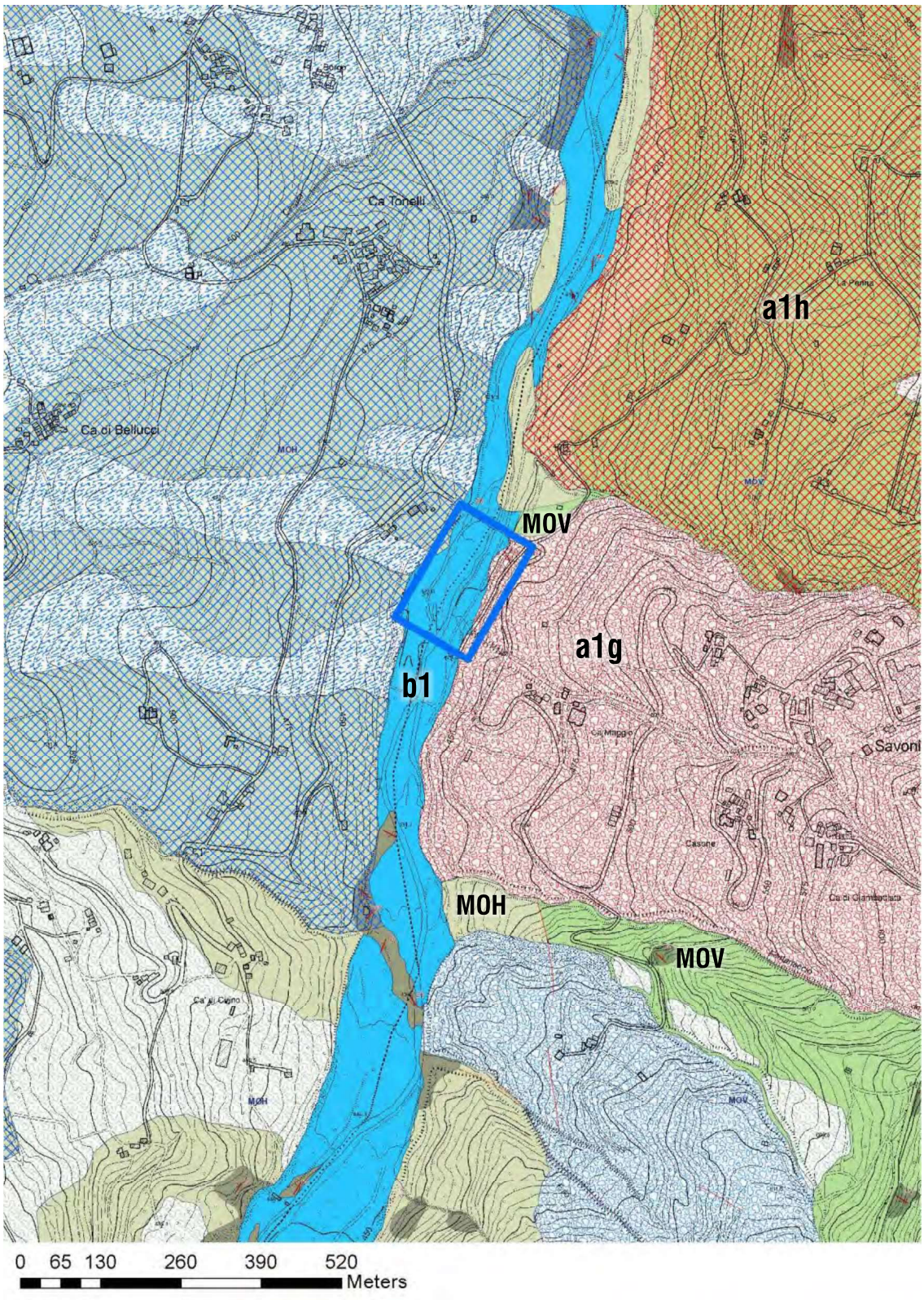


Fig. n. 2.2 – *Estratto della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna;*

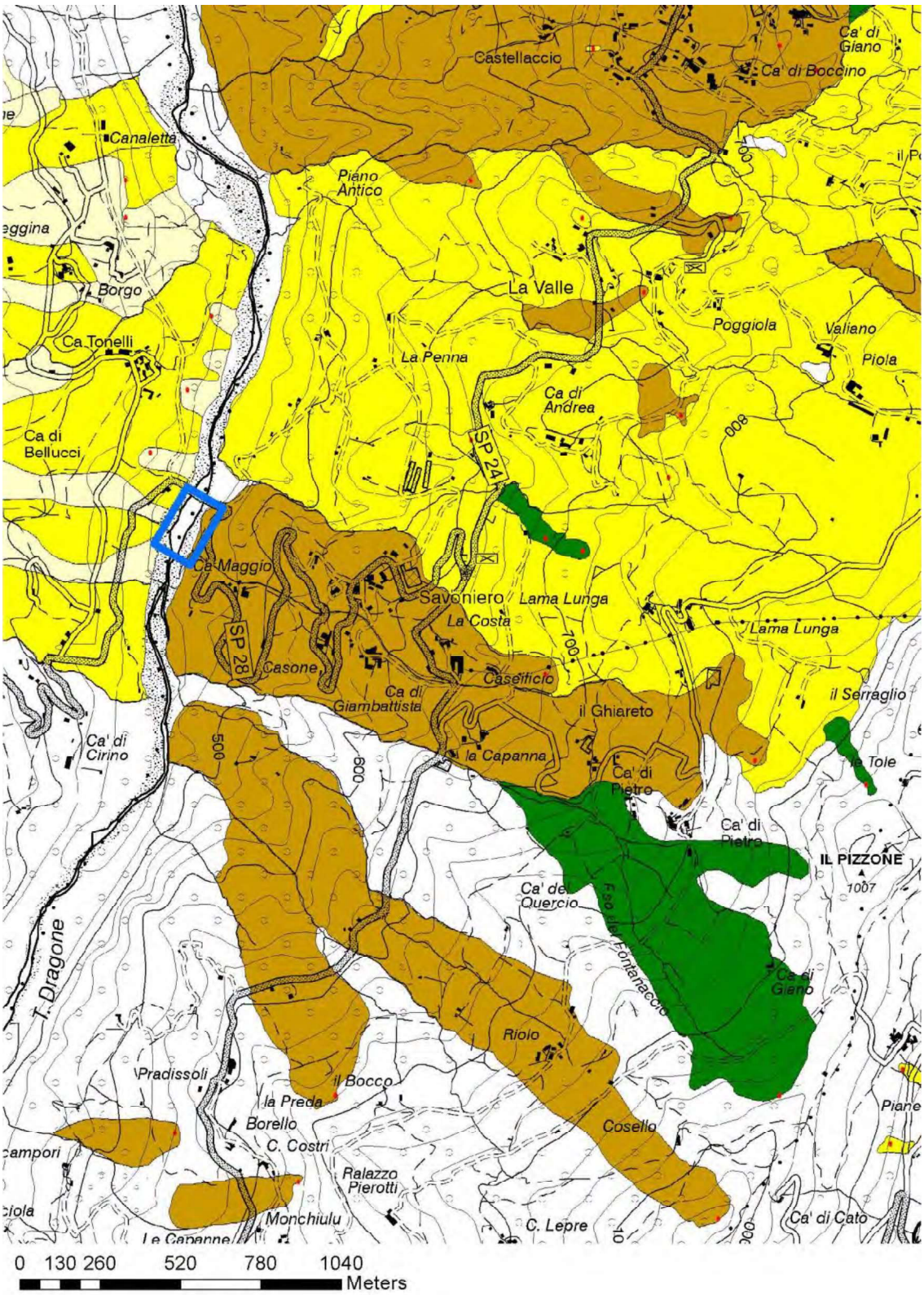


Fig. n. 2.3 – *Poligono fenomeno di frana (Catalogo IFFI);*

Fig. n. 2.4 – Estratto dell'analisi interferometrica per ERS descending;

Fig. n. 2.5 – Estratto dell'analisi interferometrica per ENVISAT descending;

2.3 PTCP 2009: Provincia di Modena – Elaborati cartografici

Con la finalità di inquadrare l'area di intervento sono stati consultati gli elaborati cartografici contenuti nel piano territoriale PTCP (2009) della Provincia di Modena.

2.3.1 Tutela delle risorse naturali (PTCP 2009 Provincia di Modena)

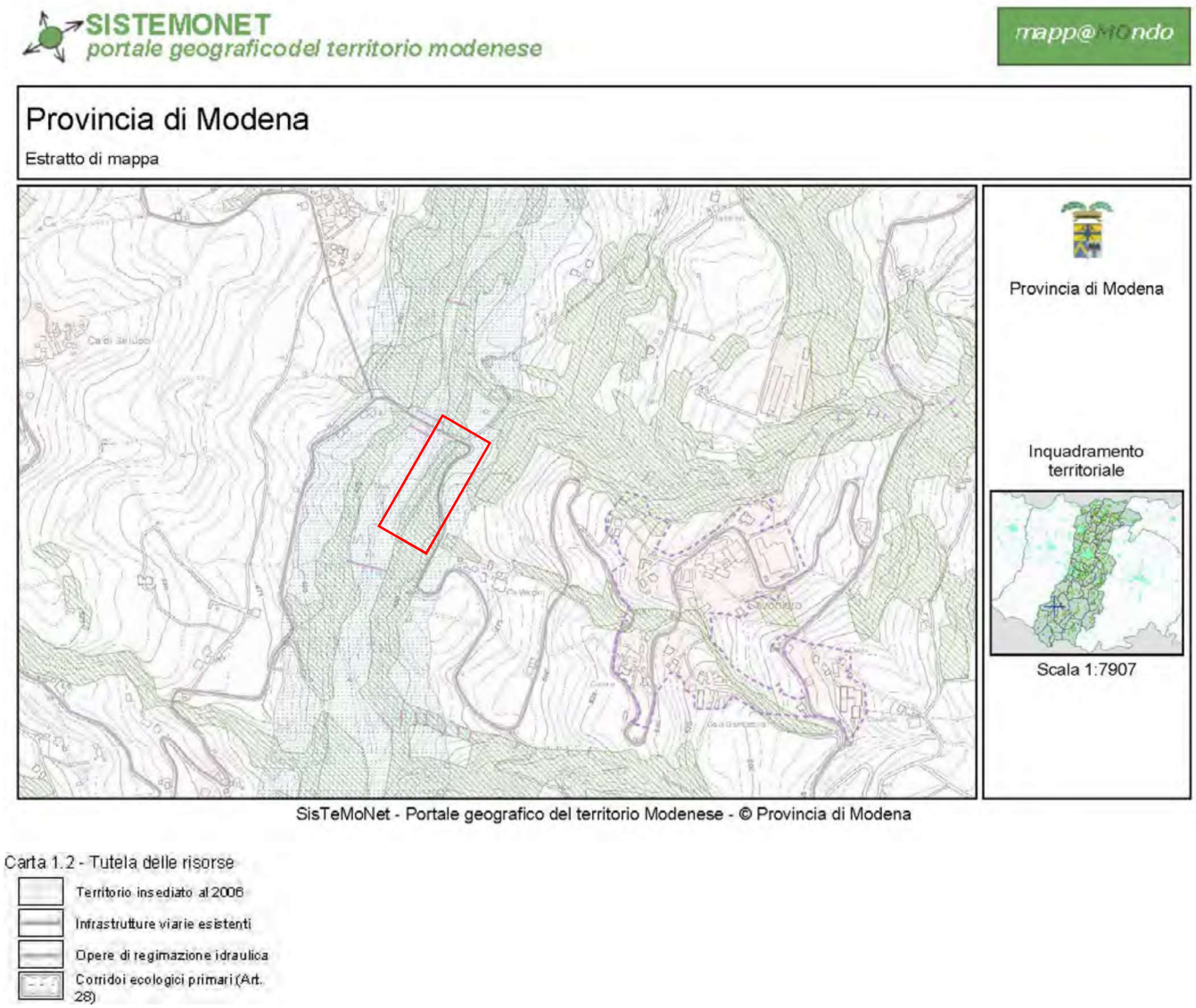
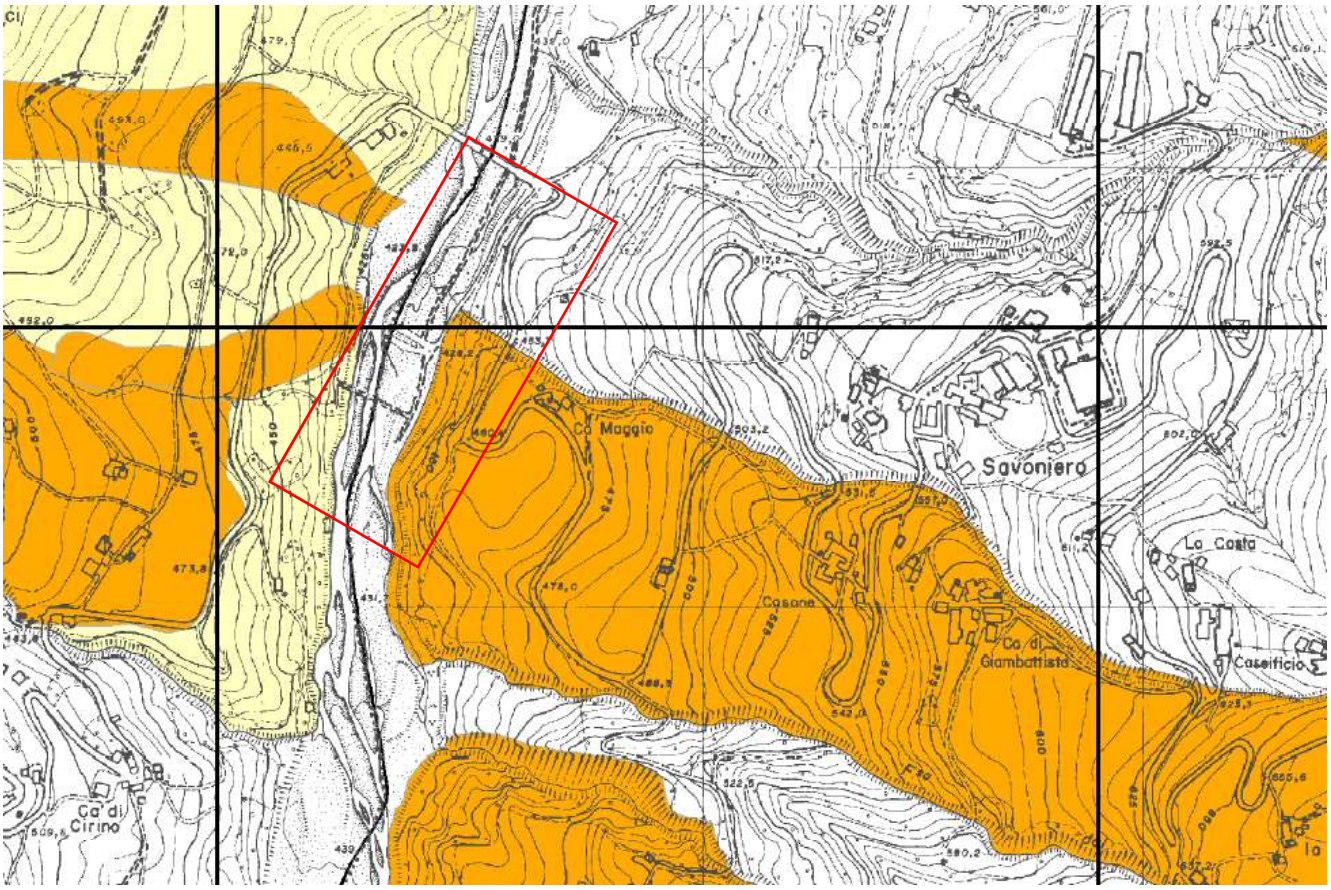


Fig. n. 2.6 – Estratto della cartografia PTCP Modena (2009) relativamente alla tutela delle risorse naturali;

2.3.2 Carta del dissesto (PTCP 2009 Provincia di Modena)

Secondo la seguente cartografia l'area è posta in corrispondenza di un corpo di frana quiescente. Come precedentemente illustrato, la seguente cartografia non risulta rispondente alle informazioni reperibili dalla cartografia geologica della Regione Emilia Romagna.



VOCI DI LEGENDA				
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità				
			Aree interessate da frane attive	Art.15
			Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità				
			Aree potenzialmente instabili	Art.16

Fig. n. 2.4 – Estratto della cartografia PTCP Modena (2009) relativamente al rischio da frana;

2.4 Pericolosità sismica: Studio microzonazione sismica Comune di Palagano

Con la finalità di inquadrare l'area di intervento nello scenario di pericolosità sismica comunale è stato consultato lo studio di microzonazione sismica del Comune di Palagano (Dott. geol. Valeriano Franchi Anno 2015).

Facendo riferimento alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (I livello) l'area di interesse è identificata da zone stabili (MOPS 2002) relativa all'alveo del fiume e a zone instabili (MOPS 3024) riconducibili al deposito di frana segnalato. Come nel caso della cartografia del rischio da frana del PTCP di Modena, il deposito di frana non risulta conforme al poligono di frana indicato nella cartografia geologica della Regione Emilia Romagna.

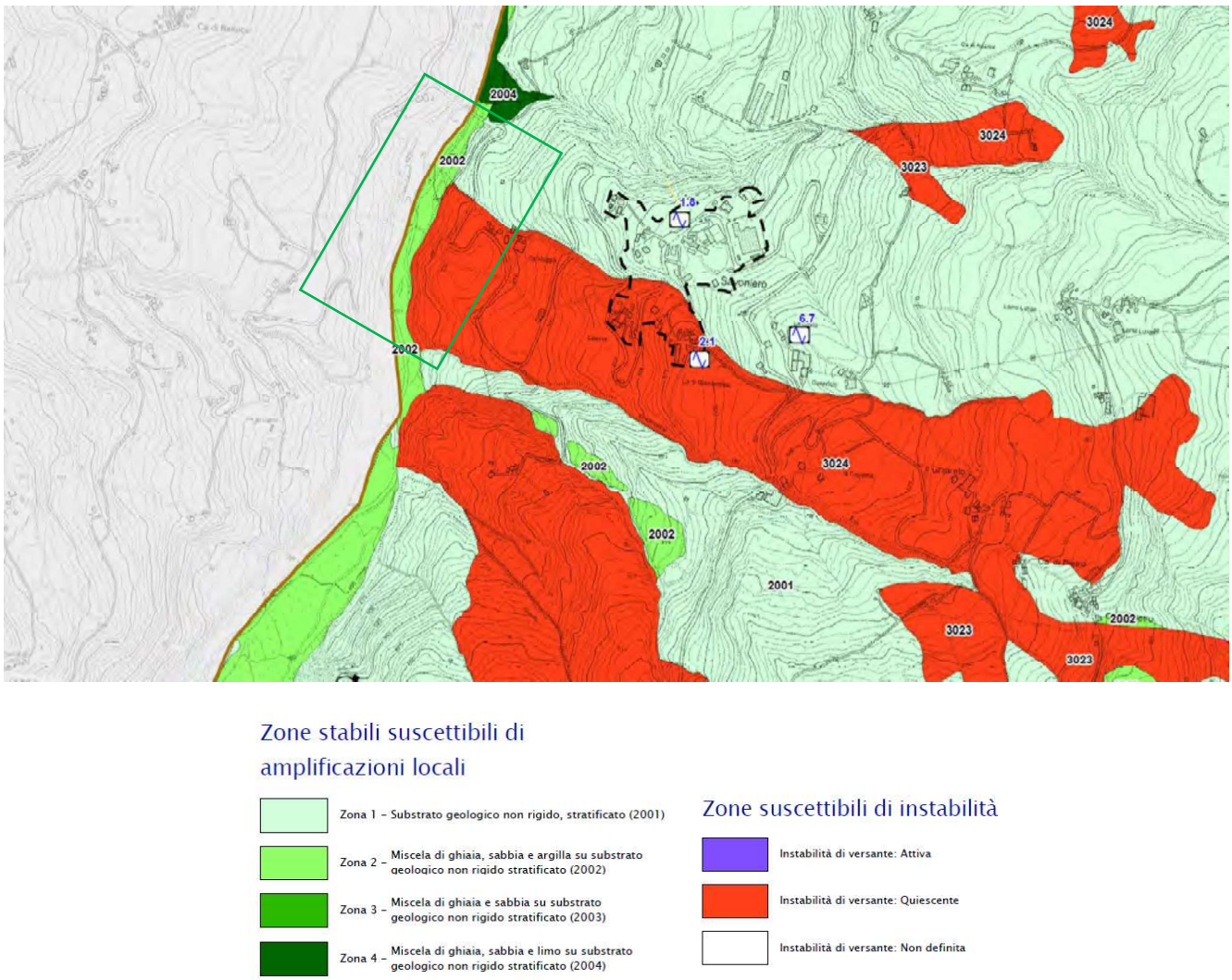


Fig. n. 2.5 – *Estratto della cartografia "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" studio MS Comune di Palagano 2015;*

3. Rilievo dello stato di fatto

Nel mese di maggio 2020 sono stati eseguiti rilievi in sito finalizzati alla caratterizzazione geologica e geomorfologica del tratto di versante posto in destra idraulica e affetto da forme di dissesto per erosione fluviale. I rilievi in sito sono stati supportati dall'esecuzione di un rilievo aereo fotogrammetrico mediante strumentazione S.A.P.R. (Sistema aeromobile a pilotaggio remoto).

Il tratto di sponda destra in analisi costituisce, secondo cartografia geologica, il piede dei depositi di frana attivi che si sviluppano dall'abitato di Savoniero fino a raggiungere l'alveo del fiume. Il tratto analizzato risulta affetto da erosione e alcune forme di ribaltamento per mancanza di sostegno al piede: il tratto per il quale si evidenziato le seguenti forme di dissesto è caratterizzato da una lunghezza di 135 m e un dislivello rispetto alla quota dell'alveo variabile da 7 a 10 metri.

Appena a valle del tratto nel quale l'esplica maggiormente l'erosione è stato rinvenuto un affioramento del substrato, rappresentato da bancate torbiditiche in assetto ribaltato (Fig.3.1) ascrivibili alla formazione di Monte Venere (MOV). Dal luogo dove si riviene l'affioramento roccioso fino alla sede del ponte a valle, l'andamento della scarpata fluviale appare vegetata e prominente in direzione dell'alveo. Questa evidenza fa supporre che il versante, nel seguente tratto, risulti costituito da litologie meno soggette a fenomeni erosivi, probabilmente sempre ascrivibili a unità di substrato.

In corrispondenza del tratto di sponda in erosione è possibile riconoscere visivamente (Fig. 3.2) la presenza di lembi di ghiaia in superficie (terrazzamenti fluviali) che giacciono sospesi al disopra di una falda detritica caotica rappresentata da una matrice argillosa/pelitica e con inclusi clasti a spigoli vivi da decimetrici a metrici. Risulta ragionevole assumere tale falda come detrito di frana, costituente il piede dei fenomeni precedentemente descritti. Visto l'andamento morfologico della sponda e la dinamica fluviale recente, è possibile ipotizzare che il piede di frana raggiungesse in passato porzioni di alveo più distali rispetto a quelle oggi occupate e che, in seguito all'erosione fluviale, si sia ridotto fino a raggiungere l'estensione attuale.

Il tratto di scarpata in erosione risulta interrotto da un solco di erosione originato dal deflusso di un torrente discendente dalla località "Cà di maggio" che, nonostante il periodo siccitoso primaverile, presenta una discreta portata: in corrispondenza della sezione di chiusura è possibile rilevare la presenza di una piccola conoide di deiezione. Tale forma indica come il torrente in oggetto sia caratterizzato da ingenti portate, tali da permettere il trasporto solido del terreno eroso.

In tav. n. 4 è illustrata la cartografia geomorfologica di dettaglio, derivata a seguito dei rilievi eseguiti e appena illustrati.

Fig. n. 3.1– *Ripresa fotografica del substrato roccioso affiorante appena a valle del tratto in erosione;*

Fig. n. 3.2 – *Ripresa fotografica del tratto eroso della sponda destra; chiara indicazione di lembi di terrazzo di ghiaia sospesi sul detrito di frana;*

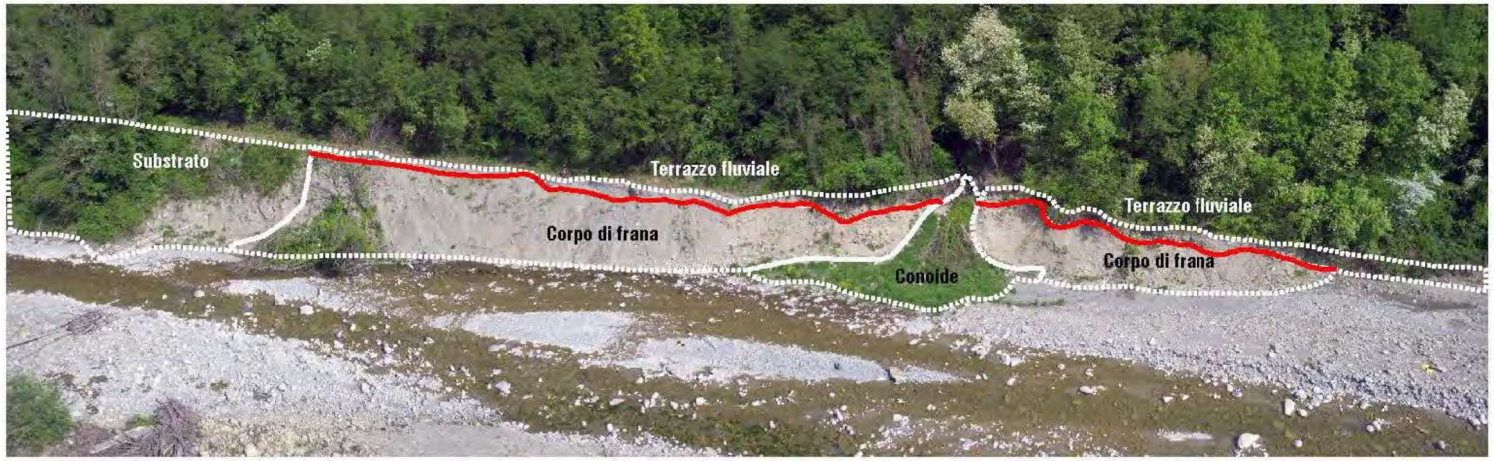


Fig. n. 3.3 – *Ripresa fotografica del tratto di sponda destra con indicazione delle unità litotecniche affioranti;*

Fig. n. 3.4 – *Estratto della cartografia geomorfologica realizzata;*

3.2 Evoluzione geomorfologica

A corredo della descrizione qualitativa dello stato di fatto appena discussa, è stata analizzata l'evoluzione geomorfologica del tratto di alveo in oggetto consultato cartografie e ortofotografie disponibili per l'area in oggetto.

Dall'analisi della carta storia del Ducato di Modena (1821) e del volo IGMI GAI 1954 si evince come sia sempre riconoscibile una forma arcuata che contraddistingue il tratto di alveo in analisi. La forma si estende concava dalla sponda destra in direzione della sponda sinistra. La morfologia risulta peculiare, indicando la passata permanenza nell'alveo di un esteso piede di frana. Analizzando le ortotofo relative al periodo 1988/2008 è possibile individuare l'evoluzione nel tempo di alcune forme lineari.

In sinistra idrografica si evince in tutte le fotografie un orlo di scarpata erosiva (tratto rosso): tale orlo di scarpata non pare subire alcuna evoluzione nel corso del tempo in tutti i fotogrammi analizzati. L'alveo fluviale alterna tracciati più o meno sinuosi, tendendo ad avvicinarsi alla sponda destra dal fotogramma del 2008 fino alla ortofoto dello stato di fatto (2020). La linea di scarpata/terrazzo relativa alla sponda destra mostra un evoluzione di arretramento verso monte (EST) con tendenza a rettificarsi parallelamente alla direzione di flusso. Nel fotogramma relativo allo stato di fatto (2020) viene rappresentata, per forme lineari, l'assetto precedentemente descritto relativo al fotogramma del 2008. Dal seguente confronto si evince come la dinamica fluviale negli ultimi 12 anni abbia contribuito all'arretramento della sponda destra fino alla condizione rilevabile ad oggi.

L'evoluzione geomorfologica appena descritta porta quindi a supporre che il tratto di alveo possa essere stato affetto dalla presenza di un esteso piede di frana, riconducibile ai corpi di frana ad oggi cartografati. In analogia ad altri fenomeni di frana appenninici, la formazione del piede di frana potrebbe risalire al periodo post-glaciale relativo all'ultimo massimo glaciale (10.000 anni fa). L'occlusione quasi integrale dell'alveo risulta plausibile anche analizzando il modello digitale di elevazione derivato per il rilievo SAPR eseguito nell'anno 2019 (fig.3.8). Facendo riferimento a tale rilievo, oltre a rilevare la forma arcuata dell'alveo e le altre forme precedentemente illustrate, risulta apprezzabile come la quota dell'alveo a monte del ponte risulti, nella media, superiore a quella derivabile appena a valle del ponte. Questo indicherebbe che a monte del ponte sia presente ad oggi, al disotto dell'alveo, detrito riconducibile al passato corpo di frana del quale oggi se ne rinvengono solamente indizi morfologici.

Fig. n. 3.5 – *Estratto della carta storica del Ducato di Modena 1821; Il tratto rosso indica la morfologia arcuata dell'alveo in corrispondenza del tratto in oggetto;*

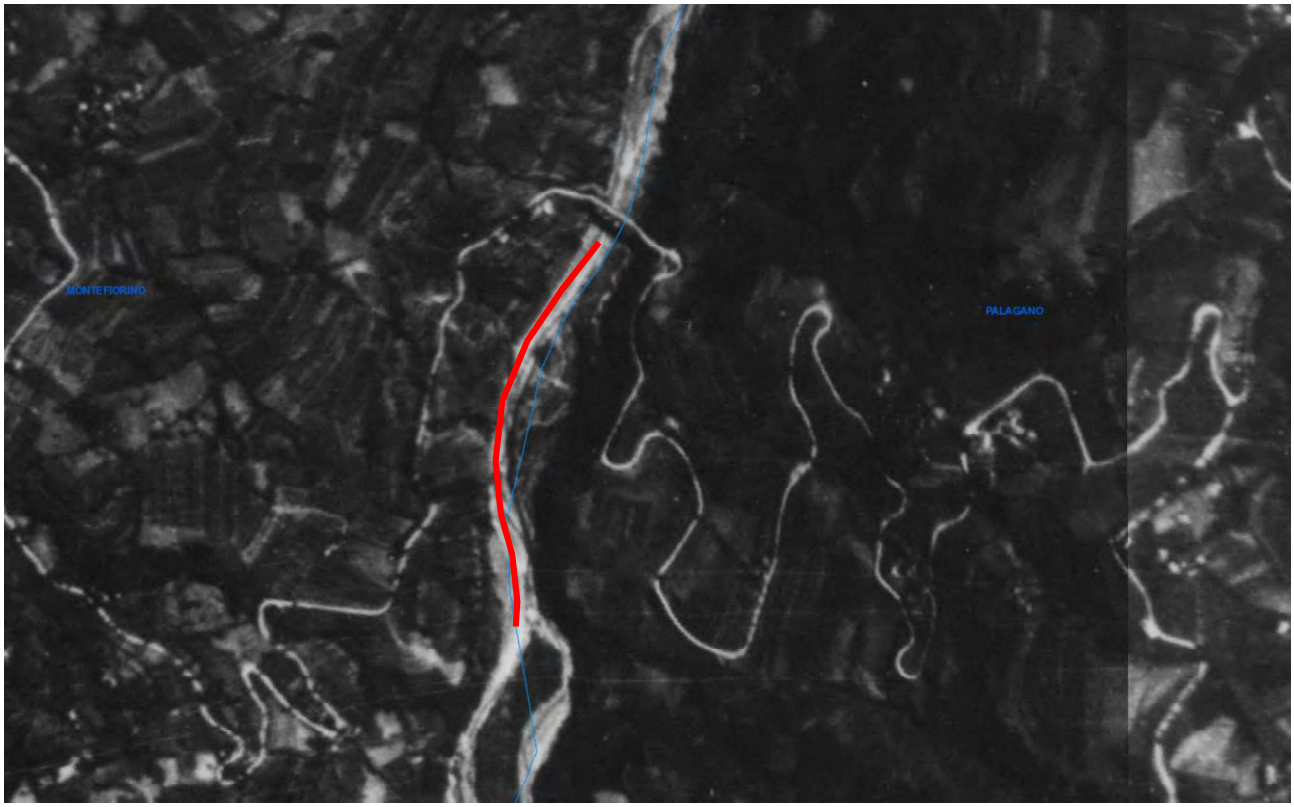


Fig. n. 3.6 – *Estratto del Volo IGMI GAI 1954, il tratto rosso indica la morfologia arcuata dell'alveo in corrispondenza del tratto in oggetto;*

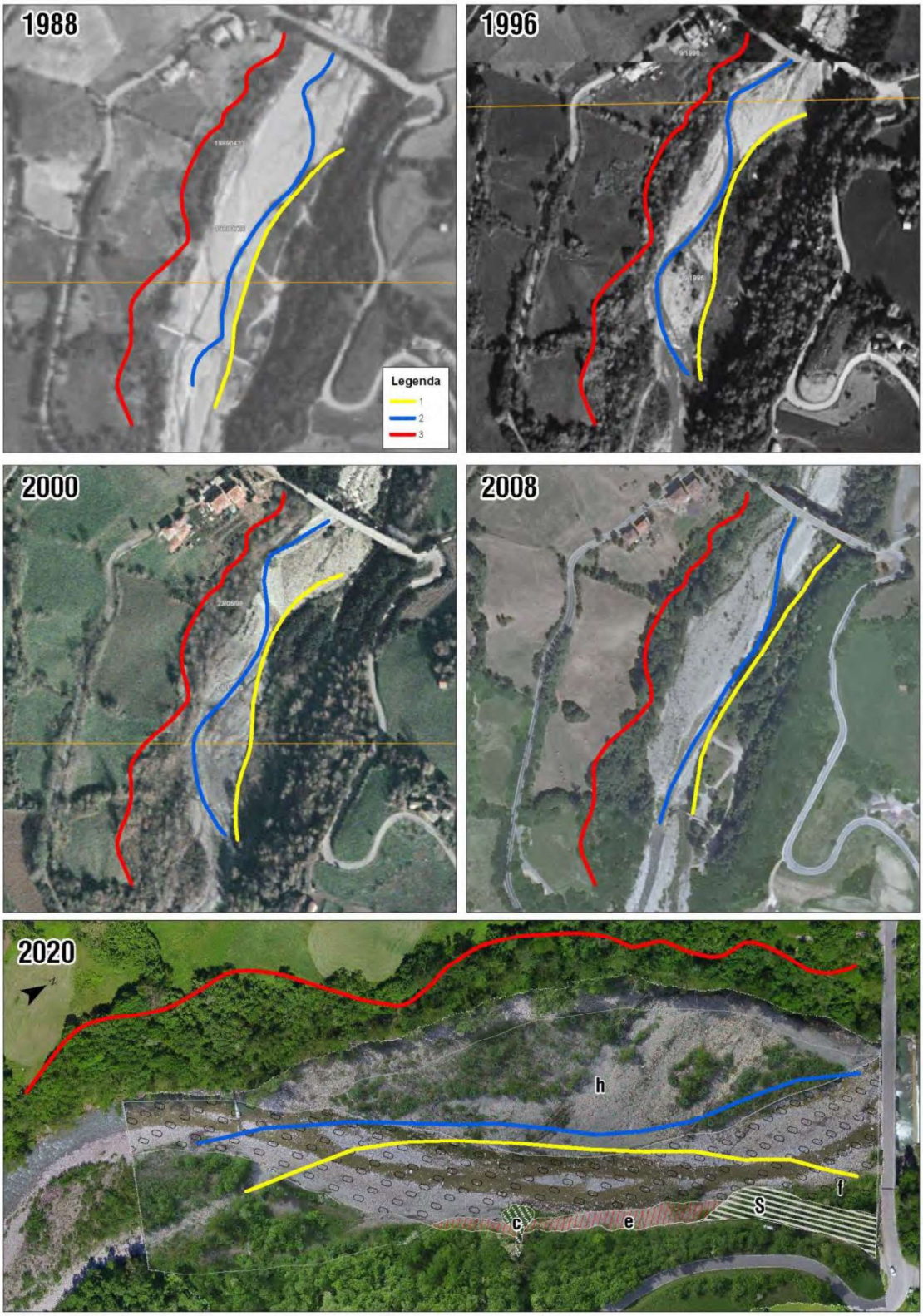


Fig. n. 3.7 – *Evoluzione geomorfologica ricostruita su base fotografica (1988/2020); Tratto rosso: antico orlo di erosione sinistra idrografica; Tratto blu: alveo di magra; Tratto giallo: Limite sponda destra; I tratti per il fotogramma del 2020 si riferiscono all'anno 2008;*

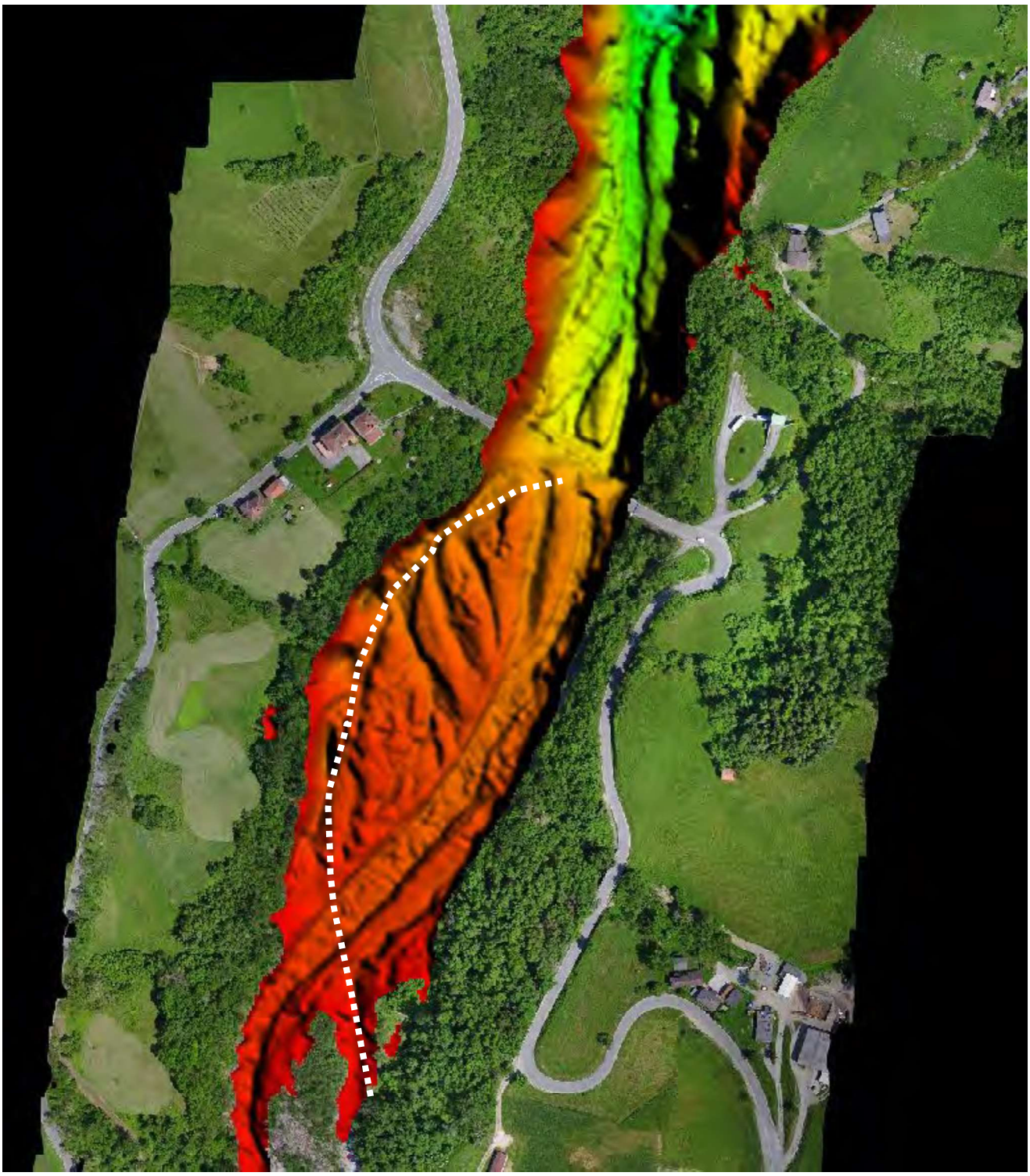


Fig. n. 3.8 – *Rappresentazione rilievo SAPR anno 2019 con indicazione del modello digitale di elevazione dell'alveo e del plausibile massimo ingombro del piede di frana antico;*

4. Indagini geognostiche

4.1 Campagna geognostica

Con la finalità di definire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico dei terreni che compongono il tratto di versante analizzato sono state espletate le seguenti indagini:

- *n° **1** indagine sismica secondo metodologia MASW;*
- *n° **3** prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH;*
- *n° **1** sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni e installazione tubo inclinometrico;*
- *n° **1** tomografia elettrica ERT;*
- *prove di laboratorio geotecnico e prove dinamiche in foro di sondaggio;*
- *rilievo topografico aereo mediante strumentazione S.A.P.R.;*

Alla tavola n. 5 è illustrata la planimetria di dettaglio relativa al posizionamento planimetrico delle indagini sopracitate.

4.2 Metodologie di indagine

4.2.1 Sondaggi a carotaggio continuo SCC

Per ricostruire l'assetto stratigrafico corpo di frana, campionare le unità litologiche e installare un tubo inclinometrico per il monitoraggio futuro degli spostamenti, è stato eseguito un carotaggio continuo nel tratto a monte dell'area in analisi. In allegato al presente documento sono visibili le stratigrafie redatte e la relativa documentazione tecnica. Il diametro di perforazione impiegato è pari a Ø = 101 mm.

Fig. 4.1 – *Punto di sondaggio S3PZ*

Durante l'esecuzione dei carotaggi si è provveduto ad eseguire indagini dirette in foro (SPT) e prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico. Il carotaggio continuo con prelievo di campioni è stato spinto alla profondità di 31.00 m da piano campagna. Sono state realizzate successive manovre di carotaggio per pulizia foro fino alla profondità di 31.70 m da p.c. Da tale profondità è stato installato un tubo inclinometrico in acciaio fino in superficie.

4.2.2 Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH

Le prove penetrometriche sono state eseguite con strumentazione cingolata Pagani TG63 – 100. Le principali caratteristiche tecniche di tale strumento sono riassunte nella tabella seguente:

Massa del maglio (kg):	63.5 ± 0.5
Altezza di caduta (cm):	75 ± 0.2
Diametro della punta (cm):	50.5 ± 0.05
Area della punta nominale (cm^2):	20
Apertura del cono:	90°
Diametro delle aste (cm) D:	3.2 ± 0.03
Peso del sistema di infissione escluso il maglio (Kg):	30
Penetrazione standard (cm):	20 (N_{10})

In allegato al presente elaborato viene illustrata l'elaborazione geotecnica delle seguenti indagini.

4.2.3 Caratterizzazione geofisica: Metodologie MASW

Ai fini della caratterizzazione sismica dell'area è stata eseguita un'indagine sismica MASW. Le indagini sismiche MASW sono state eseguite con strumentazione GEODE GEOMETRICS 24 canali. L'interpretazione delle seguenti indagini è stata condotta mediante il software Grilla.

4.2.4 Indagine geo-elettrica tomografica ERT

La prospezione geoelettrica è un'indagine indiretta finalizzata alla definizione della resistività elettrica nel sottosuolo. È una tecnica attiva che consiste nell'immissione di corrente continua nel terreno per mezzo di due elettrodi in acciaio, detti "elettrodi di corrente" (C1-C2), e nella conseguente misurazione della differenza di potenziale (d.d.p.), mediante altri due elettrodi detti "elettrodi di tensione" (P1-P2). In superficie si determina la resistività apparente ρa che è calcolata dalle misure di intensità di corrente immessa nel terreno e dalla differenza di potenziale ΔV misurata attraverso gli elettrodi di potenziale. La relazione generale, Legge di Ohm, è: $\rho a = k\ \Delta V / I$ dove k è il cosiddetto fattore geometrico dipendente dalla configurazione elettrodica utilizzata, cioè dalle distanze e posizioni reciproche dei 4 elettrodi (quadripolo). Al variare del dispositivo elettrodico utilizzato, si ottiene una diversa risoluzione delle discontinuità presenti nel sottosuolo, come pure varia la profondità di investigazione a parità di lunghezza del profilo. La geoelettrica effettuata con misure multiple lungo uno stesso profilo è denominata tomografia geoelettrica (ERT) o geoelectrical profiling.

La campagna geognostica è stata espletata mediante uno strumento prodotto dalla IRIS Instruments (Francia) modello SYSCAL Pro Switch a 96 elettrodi.

Fig. n. 4.2 – *Specifiche tecniche della strumentazione impiegata;*

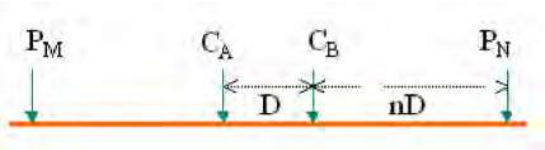
La campagna geognostica è stata espletata mediante l'esecuzione di un profilo elettrico superficiale con dispositivo multi-array. Si tratta di una metodologia che rappresenta l'evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate.

L'ubicazione delle indagini ERT è illustrata nel dettaglio in tavola n.4 allegata al presente documento.

SINTESI SCHEMATICA DELLE CONFIGURAZIONI ELETTRODICHE		
NOME	n. Elettrodi	Off-set (m)
ERT1	48	2.00

La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi e il potenziale misurato su tutte le altre coppie disponibili utilizzando una geometria del quadripolo che dipende dalla configurazione prescelta. Per il profilo elettrico è stata effettuata un'acquisizione con la configurazione elettrodica di tipo Schulmberger Reciproco.

CONFIGURAZIONE Schulmberger Reciproco



CA, CB (elettrodi di corrente); PM, PN (elettrodi di potenziali), D equispaziatura, n fattore incrementale della spaziatura in relazione al livello di profondità

Nel caso di un suolo omogeneo ed isotropo i valori di resistività ricavati corrispondono alla resistività vera del terreno. Nella realtà, però, questo non avviene a causa dell'eterogeneità della natura del terreno e il valore di resistività misurato è detto "apparente". Esso dipende da diversi fattori quali, ad esempio, la forma e la posizione dei mezzi rispetto al quadripolo degli elettrodi di misura. E' necessario, quindi, ricondurre la resistività apparente a valori "reali" del terreno attraverso la risoluzione del cosiddetto "problema inverso". Il problema inverso consiste nel ricostruire la distribuzione sconosciuta della resistività elettrica reale nel sottosuolo che ha dato origine ai dati di resistività apparente osservati in fase di acquisizione dei dati. Successivamente, quindi, ad una prima fase di verifica della coerenza dei dati acquisiti in cui è possibile evidenziare ed eliminare anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi, mediante un apposito algoritmo di inversione si ricostruisce la distribuzione della resistività reale del sottosuolo. Il software utilizzato per l'inversione dei dati di resistività apparente è Res2d sviluppato da Geotomo Software.

La resistività elettrica (Ω•m), definita anche come resistenza elettrica specifica, rappresenta l'attitudine di un materiale a opporre resistenza al passaggio di una corrente elettrica. La resistività dei terreni è funzione della porosità, permeabilità, contenuto ionico dei fluidi di ritenzione e mineralizzazione argillosa. Sulla base dei valori ottenuti, sono state sviluppate sezioni e volumi rappresentativi dei valori di resistività elettrica ottenuti presso l'area oggetto di indagine. Successivamente si illustrano abachi di riferimento relativi a valori di Resistività (Ω•m) di alcune categorie di terreni.

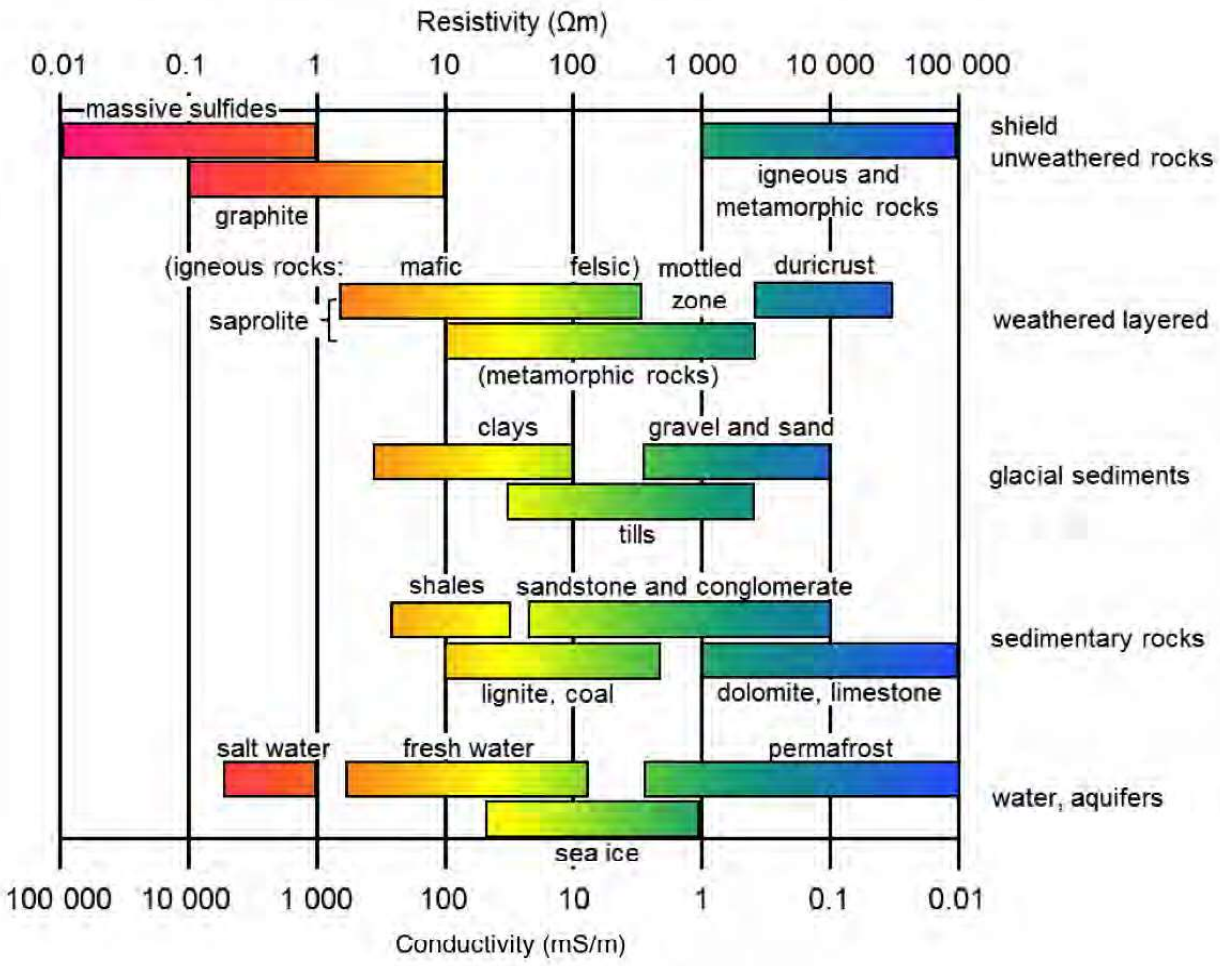


Fig. n. 4.3 – *Abaco dei valori di resistività naturale tipici dei suoli e delle rocce*

5. Azione sismica di riferimento

5.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo (NTC 2018)

A supporto dell'analisi della pericolosità sismica del sito in oggetto sono state espletate indagini geofisiche (Indagine MASW) volte a determinare il profilo di velocità S_h caratteristico del sottosuolo. In allegato al presente elaborato vengono illustrate le elaborazioni delle indagini suddette.

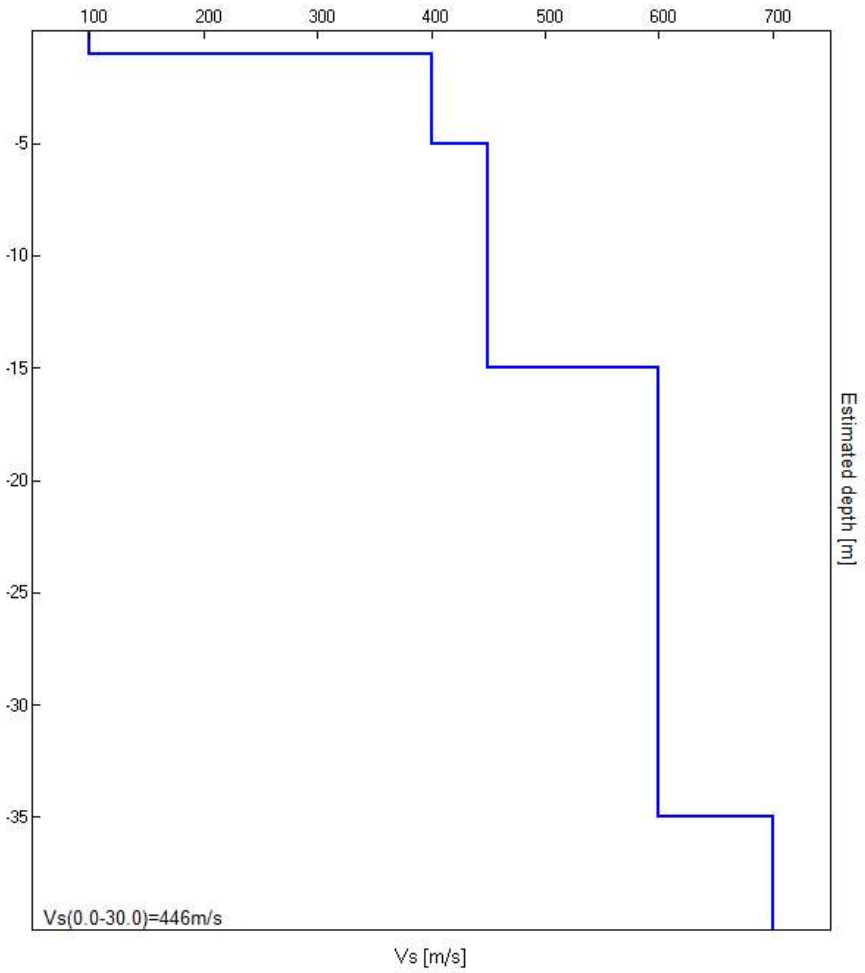


Fig. n. 5.1 – *Modello geofisico ricavato dall'indagine MASW eseguita*

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	100	0.42
5.00	4.00	400	0.42
15.00	10.00	450	0.42
35.00	20.00	600	0.42
inf.	inf.	700	0.42

5.2 Azione sismica di riferimento (Analisi RSL 1D)

In accordo con il paragrafo § 3.2.2 delle NTC 2018 e con quanto esposto nella DGR 630/19 della Regione Emilia Romagna, viene identificata l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 delle NTC 2018, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per l'esecuzione dell'analisi RSL è stato impiegato il software di calcolo DEEPSOIL (*Department of Civil and Environmental Engineering University of Illinois at Urbana-Champaign*). L'analisi è sviluppata considerando un modello lineare equivalente: attraverso questo modello è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di rigidezza e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

La soluzione dell'analisi viene ricercata nel dominio delle frequenze per la soluzione della risposta in termini di amplificazione a un singolo grado di liberta (SDOF – Single Degree of Freedom), cercando la soluzione all'equazione di equilibrio dinamico così definita:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g$$

dove m, c e k rappresentano la massa, lo smorzamento viscoso e l'elasticità del sistema nel modello SDOF precedentemente definito. $\ddot{u}$, $\dot{u}$ e u sono le accelerazioni relative ai nodi, le velocità relative e i relativi spostamenti □ □g è l'accelerazione di input del sistema SDOF.

Nell'analisi eseguita nel dominio delle frequenze, la funzione di amplificazione dello spettro (FAS – Fourier Amplitude Spectra) viene modificato attraverso una funzione di trasferimento così definita:

$$\boldsymbol{H}(\boldsymbol{f}) = \frac{-\boldsymbol{f}_n^2}{(\boldsymbol{f}^2 - \boldsymbol{f}_n^2) - 2\boldsymbol{i}\boldsymbol{\varepsilon}\boldsymbol{f}\boldsymbol{f}_n}$$

dove f_n è la frequenza naturale dell'oscillatore calcolata come $f_n = 1/2\pi\sqrt{k/m}$ e ε è il rapporto di smorzamento calcolato come $\varepsilon = c/2\sqrt{km}$. La soluzione nel dominio delle frequenze richiede che la FFTs (Fast Fourier Transforms) cambi tra il dominio delle frequenze, dove la funzione di trasferimento dell'oscillatore è applicata e il dominio dei tempi, quando la risposta al picco dell'oscillatore è calcolata.

Il profilo di onde S (modello iniziale o di input) adottato deriva dall'analisi congiunta delle tecniche geofisiche impiegate per la caratterizzazione del sito. I risultati e le procedure operative di elaborazione sono descritte i paragrafi precedenti.

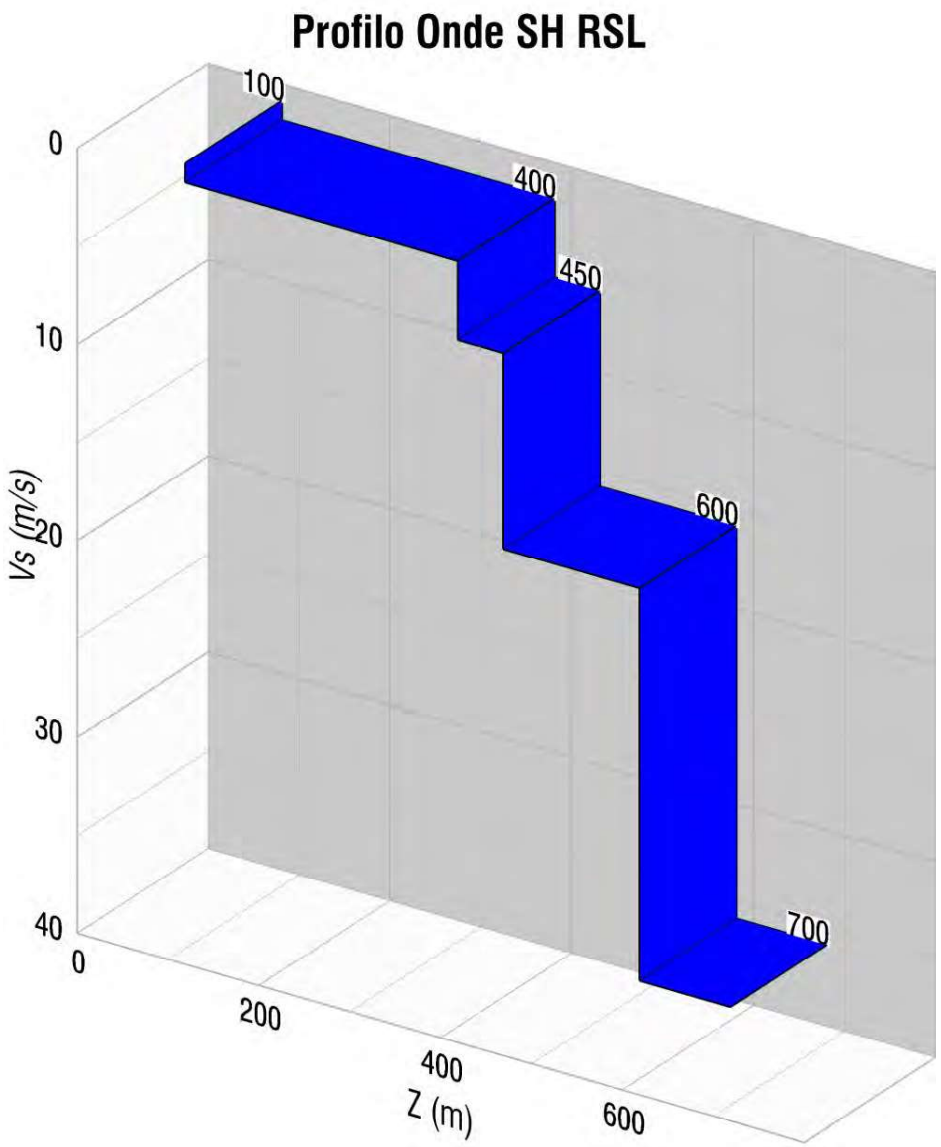


Fig. 5.2 – Modello congiunto tecniche geofisiche

Il modello di input rappresentato nel precedente grafico è il seguente:

z (m)	Vs (m/s)	S (m)	Curva di riferimento
1.00	100	1.0	Argilla (Idriss 1990)
5.00	400	5.0	Argilla (Idriss 1990)
15.00	450	15.0	Argilla (Idriss 1990)
35.00	600	35.0	Argilla (Idriss 1990)
	700		**BEDROCK**

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale γ(%). Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

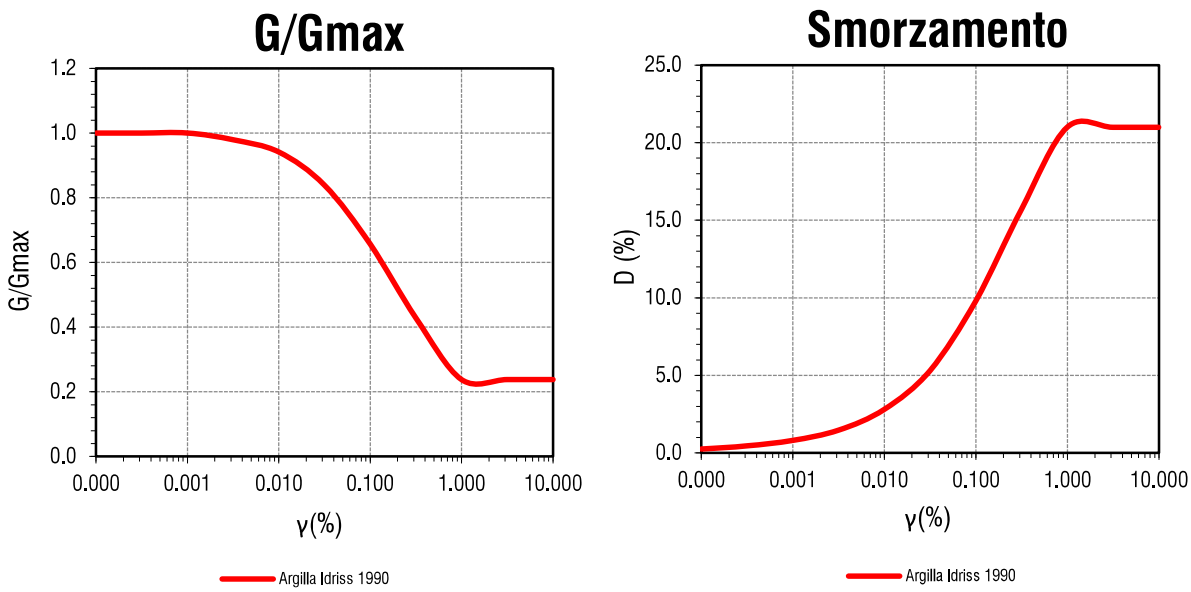


Fig. 5.3 – Curve di decadimento G/Gmax e smorzamento (D) dei terreni utilizzati per l'analisi

Trattandosi di una verifica diretta ai fini progettuale, in accordo con quanto esposto nel § 7.3 delle NTC 2018, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 30 accelerogrammi corrispondenti allo stato limite SLV. Gli accelerogrammi individuano moti sismici comparabili a quelli attesi nel contesto del bacino della pianura padana e del settore appenninico emiliano.

Gli accelerogrammi, riferibili a eventi di mainshock naturali e misurati, sono stati individuati mediante l'utilizzo del software REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures) realizzato dal Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Utilizzando le coordinate relative al sito di riferimento, considerando una categoria di sottosuolo A, una classe d'uso pari a II e una vita nominale pari a 50 anni è stata eseguita una ricerca all'interno del "European Strong-motion Database". La ricerca viene eseguita sulla base della "spettro compatibilità" di ciascuna set accelerometrico rispetto alla spettro di accelerazione da normativa precedentemente identificato.

Successivamente si illustrano i codici relativi agli accelerogrammi considerati e i relativi valori di accelerazione (g), registrati in funzione del tempo.

WAVE FORM ID	EARTH QUAKE ID	STATION ID	EARTHQUAKE NAME	DATE	MW	FAULT MECHANISM	EPICENTRAL DISTANCE [KM]	PGA_X [M/S^2]	PGA_Y [M/S^2]	PGV_X [M/S]	PGV_Y [M/S]	ID_X	ID_Y	NP_X	NP_Y	EC8 SITE CLASS	SF	COMPONENT
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	5.0514	2.9178	0.336	0.2097	7.3341	8.4263	0.6455 6	0.8517 1	A	0.50454	y
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5	thrust	23	3.4985	3.0968	0.2061	0.3262	6.9175	7.2301	0.5695 3	0.6860 7	A	0.4208	x
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698	0.218	0.8303	6.6884	2.0632	0.7083 8	0.6945 2	A	0.28376	x
5272	1338	ST2487	Mt. Vatnafjoll	25/05/1987	6	oblique	24	0.3222	0.243	0.0168	0.0228	7.194	5.4809	0.5543 2	0.5671	A	4.5695	x
598	286	ST222	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	27	0.2472	0.317	0.0167	0.0142	11.2898	11.5733	0.9353 3	0.8127 2	A	5.956	x
473	228	ST40	Vrancea	31/05/1990	6.3	thrust	7	0.1917	0.0863	0.0141	0.0074	6.9472	10.6204	0.5748 3	0.6199	A	7.6787	x
6336	2142	ST2563	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	24	1.1132	0.5434	0.1083	0.0409	5.0408	8.8213	1.1782	0.7558 8	A	1.3225	x
6327	2142	ST2552	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	24	1.2466	0.5814	0.083	0.0713	4.2339	6.5454	1.0673	0.9020 9	A	2.5321	y
149	65	ST26	Friuli (aftershock)	15/09/1976	6	thrust	12	1.3385	1.103	0.0681	0.0432	13.8832	15.7833	1.1309	0.6671 4	A	1.3347	y
7187	2322	ST3311	Avej	22/06/2002	6.5	thrust	28	4.374	4.245	0.2246	0.1819	11.0745	10.7261	0.7495	0.5347	A	0.33657	x
764	286	ST266	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	25	0.6803	1.0332	0.0319	0.0441	20.3921	8.8993	0.5113 9	0.5514 5	A	2.164	x
6326	2142	ST2496	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	1.1423	0.0966	0.1765	4.2231	5.5569	0.5096 3	0.5996 4	A	0.84239	x
665	286	ST238	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	21	1.8296	1.5949	0.1007	0.0808	7.8592	13.3847	0.4535 3	0.4749 1	A	0.80463	x
6333	2142	ST2487	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	28	0.1994	0.2743	0.0428	0.0673	4.5627	4.4465	0.8704 6	1.1298	A	7.3837	x
471	227	ST40	Vrancea	30/05/1990	6.9	thrust	6	0.2918	0.2344	0.0218	0.019	14.7582	5.9648	0.6338 2	0.5871 7	A	6.2794	y
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	13.7949	0.6553 7	1.162	A	2.5055	y
128	63	ST36	Friuli (aftershock)	15/09/1976	6	thrust	28	0.9984	0.6856	0.0316	0.0329	11.731	12.6218	0.7598 4	0.5821 3	A	1.4745	x
471	227	ST40	Vrancea	30/05/1990	6.9	thrust	6	0.2918	0.2344	0.0218	0.019	14.7582	5.9648	0.6338 2	0.5871 7	A	5.0446	x
764	286	ST266	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	25	0.6803	1.0332	0.0319	0.0441	20.3921	8.8993	0.5113 9	0.5514 5	A	1.428	y
6327	2142	ST2552	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	24	1.2466	0.5814	0.083	0.0713	4.2339	6.5454	1.0673	0.9020 9	A	1.1809	x
598	286	ST222	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	27	0.2472	0.317	0.0167	0.0142	11.2898	11.5733	0.9353 3	0.8127 2	A	4.642	y
6277	1635	ST2558	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	15	3.5251	5.0826	0.1961	0.2381	11.8078	6.9686	0.5000 8	0.4777 1	A	0.4172	x
6341	2142	ST2497	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	20	0.5044	1.0258	0.0876	0.1066	4.7834	3.5637	1.2513	0.9510 9	A	1.4351	y
473	228	ST40	Vrancea	31/05/1990	6.3	thrust	7	0.1917	0.0863	0.0141	0.0074	6.9472	10.6204	0.5748 3	0.6199	A	17.0507	y
7187	2322	ST3311	Avej	22/06/2002	6.5	thrust	28	4.374	4.245	0.2246	0.1819	11.0745	10.7261	0.7495	0.5347	A	0.3468	y
665	286	ST238	Umbria Marche	26/09/1997	6	normal	21	1.8296	1.5949	0.1007	0.0808	7.8592	13.3847	0.4535 3	0.4749 1	A	0.92304	y
5272	1338	ST2487	Mt. Vatnafjoll	25/05/1987	6	oblique	24	0.3222	0.243	0.0168	0.0228	7.194	5.4809	0.5543 2	0.5671	A	6.059	y
6331	2142	ST2486	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	22	0.513	0.386	0.0572	0.0397	6.5052	7.101	1.0681	0.7663 6	A	2.87	x

198	93	ST64	Montenegro	15/04/1979	6.9	thrust	21	1.7743	2.1985	0.1705	0.2591	13.0429	8.1574	0.5081	0.9342 3	A	0.829 71	x
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698	0.218	0.8303	6.6884	2.0632	0.7083 8	0.6945 2	A	0.2 64 31	y
MEAN:					6.3366 67		19.4	1.6531 53	1.5617 9	0.096 657	0.138 077	9.5685 77	8.4335 55	0.7341 29	0.7017 64		2.962 8	

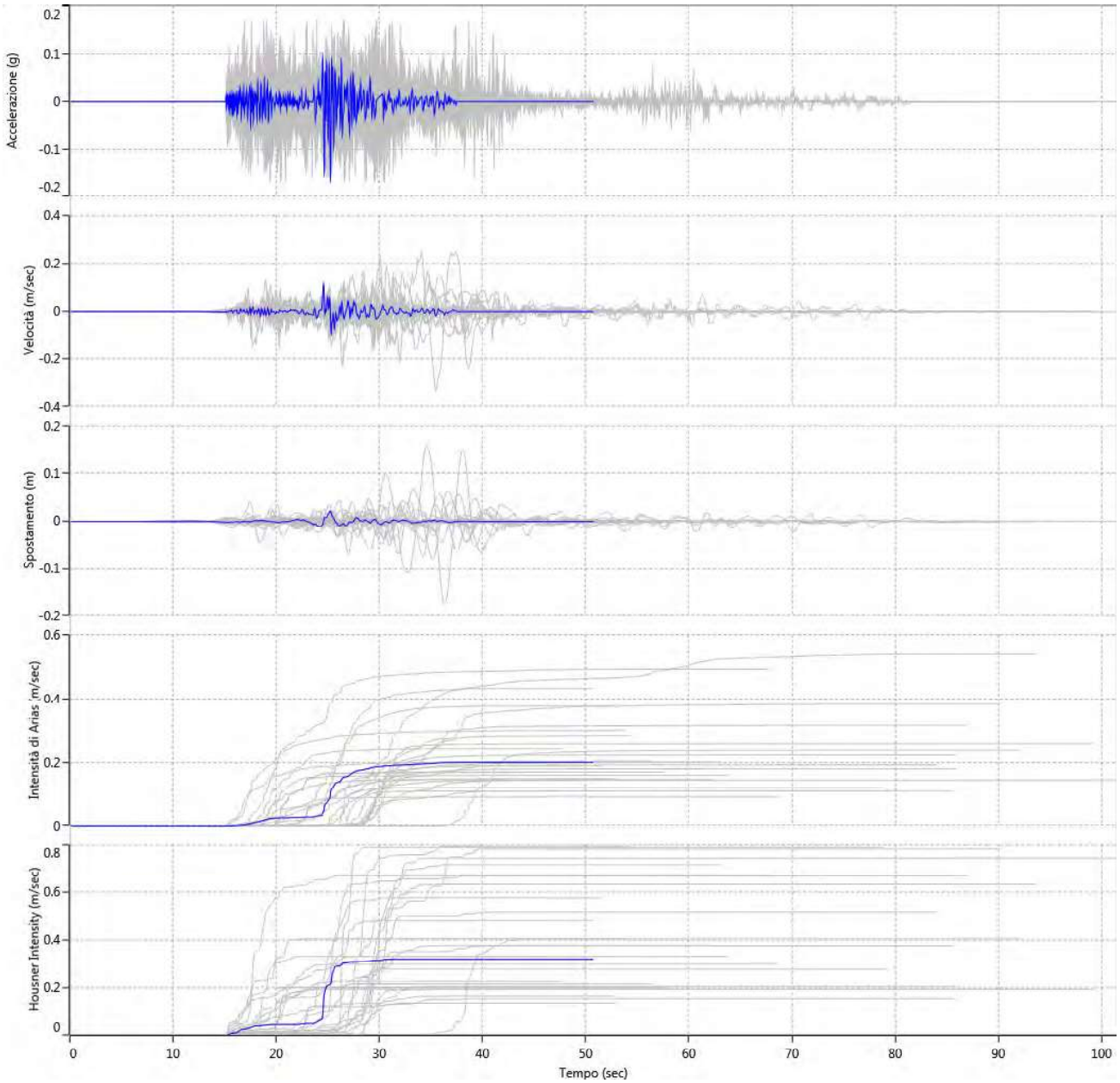


Fig. 5.3 – Forme accelerometriche selezionate per l'analisi RSL

A seguito dell'estrazione dei seguenti accelerogrammi, attraverso il software DEEPSOIL è possibile eseguire una correzione degli stessi in riferimento alla "linea di base" (Baseline Correction). Alcuni set accelerometrici sono infatti affetti da disturbi, dovuti alla registrazione, in riferimento al lungo periodo.

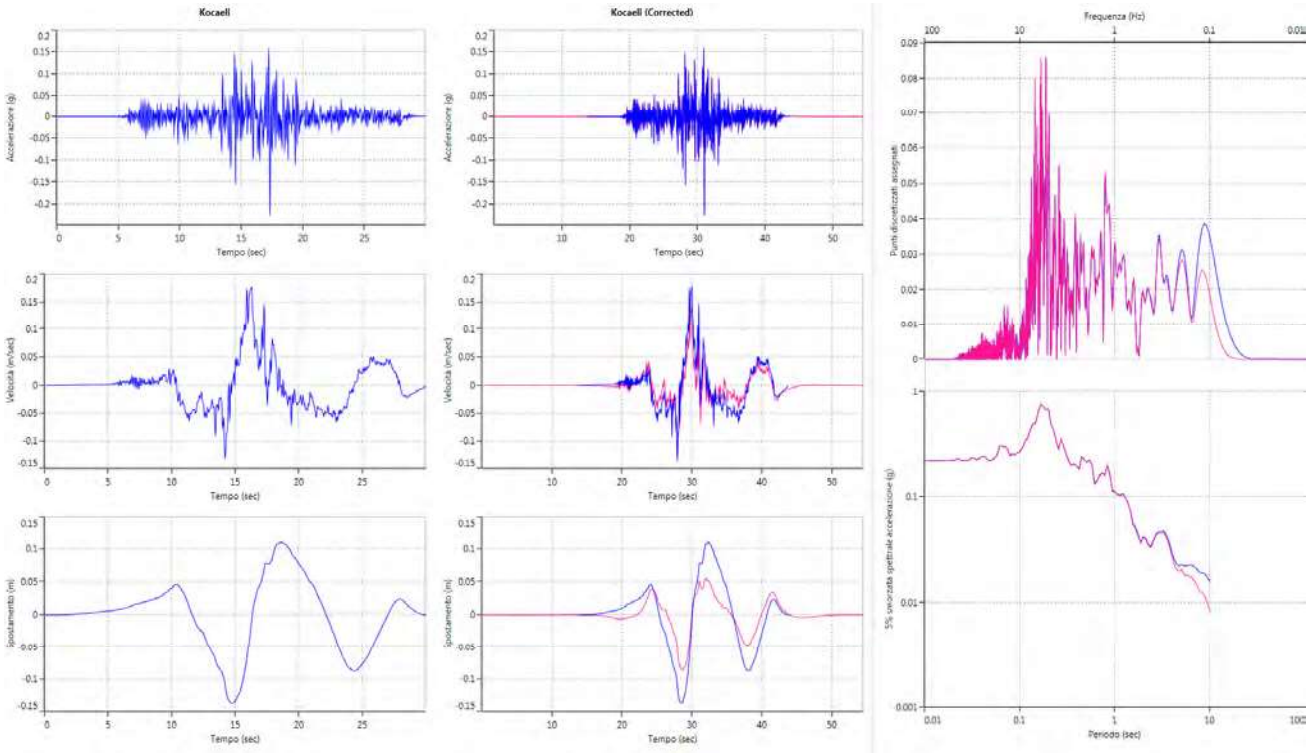


Fig. 5.4 – Esempio correzione "baseline" di una forma accelerometrica

A seguito dell'estrazione dei seguenti accelerogrammi, attraverso il software DEEPSOIL è possibile eseguire una correzione degli stessi in riferimento alla "linea di base" (Baseline Correction). Alcuni set accelerometrici sono infatti affetti da disturbi, dovuti alla registrazione, in riferimento al lungo periodo.

Si illustra successivamente il modello di input dell'analisi RSL eseguita e i relativi risultati.

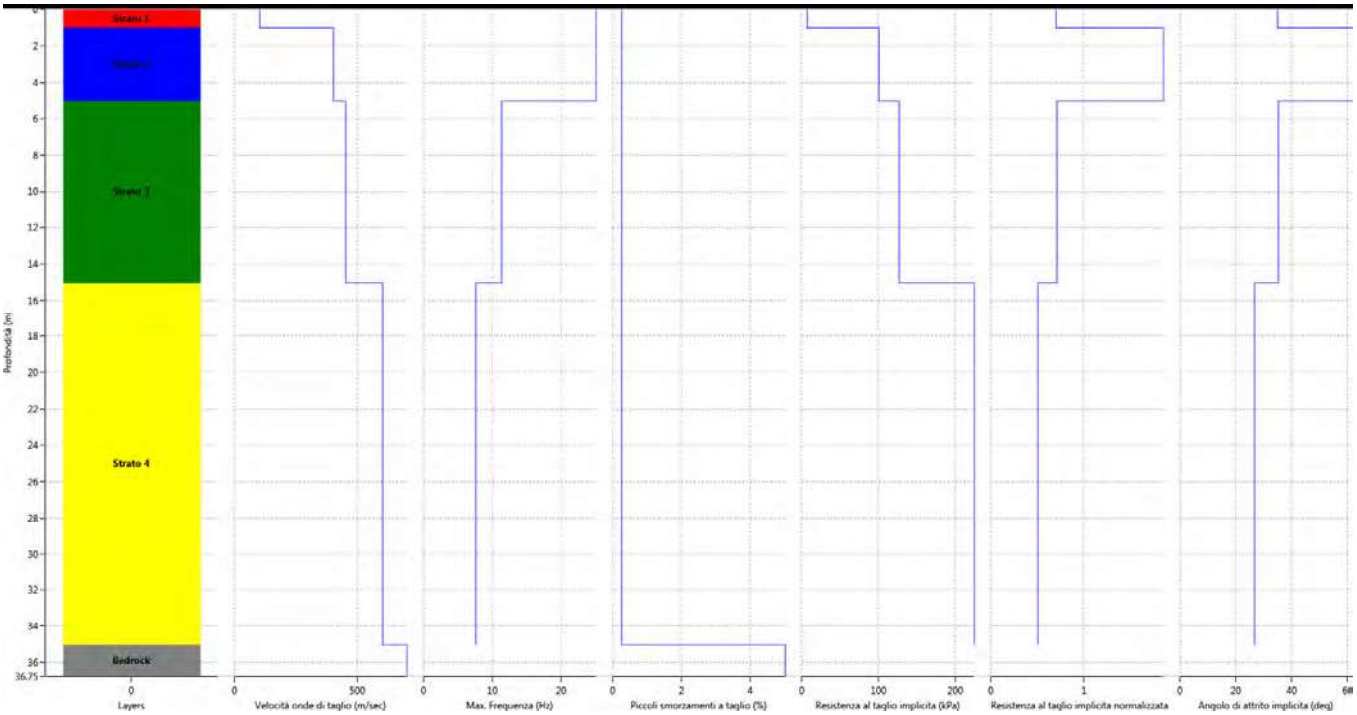


Fig. 5.5 – Modello di input dell'analisi RSL

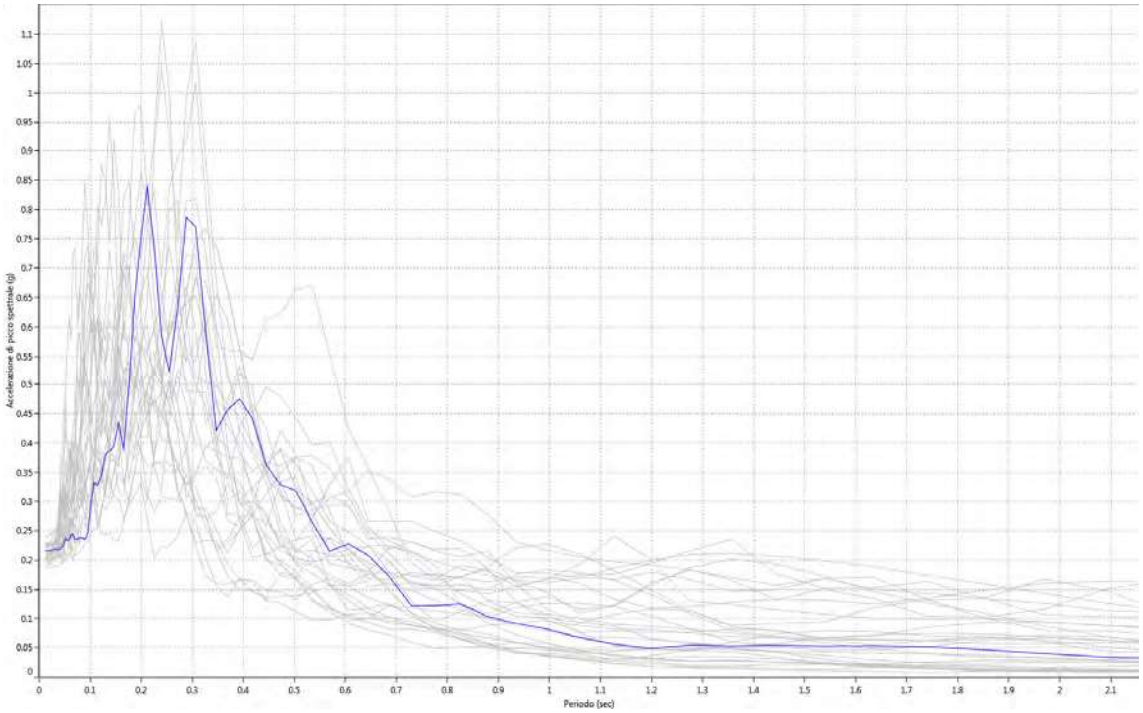


Fig. 5.6 – Spettri di accelerazione attesi in superficie derivanti dall'analisi RSL eseguita

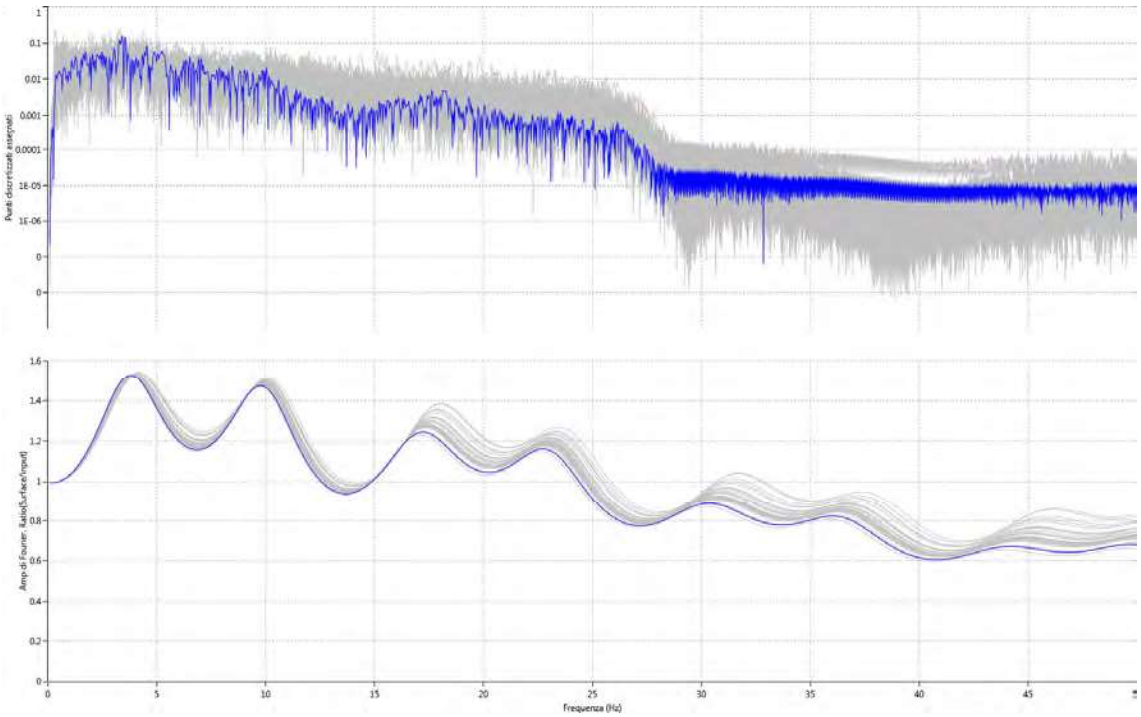


Fig. 5.7 – FFT e funzione di trasferimento relative all'analisi RSL eseguita

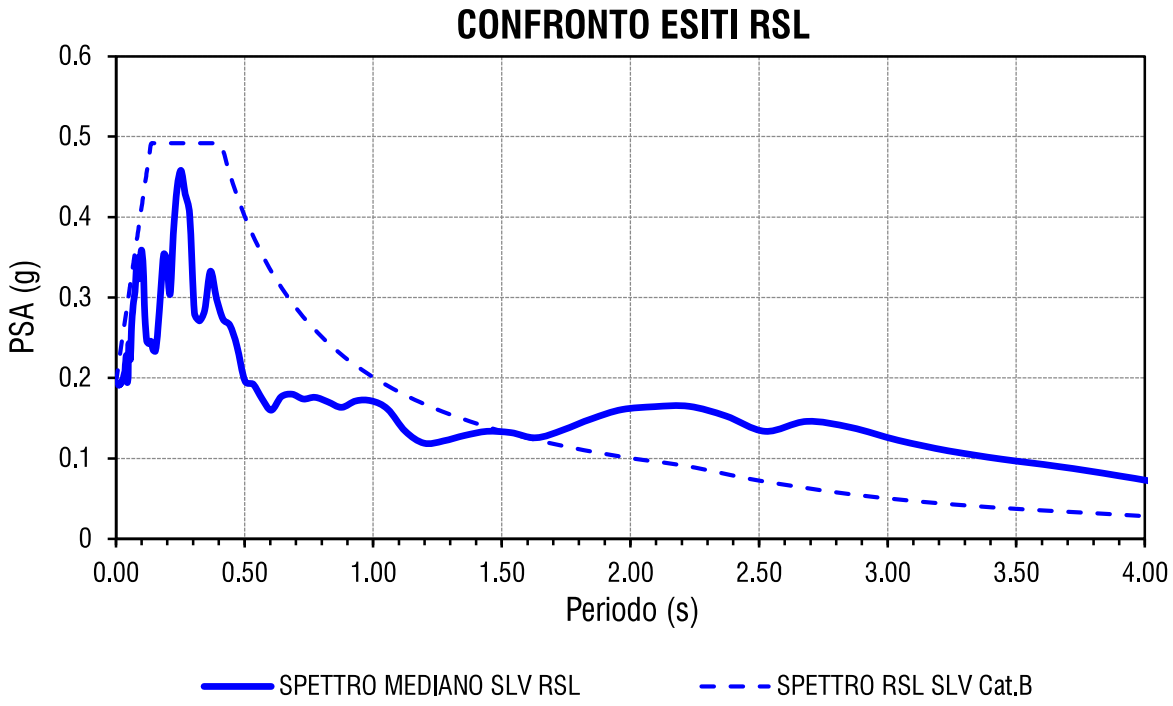


Fig. 5.8 – FFT e funzione di trasferimento relative all'analisi RSL eseguita

Lo spettro RSL definito sulla base di 30 simulazioni definisce un'azione sismica inferiore rispetto a quanto derivabile secondo approccio semplificato NTC2018 per una categoria di sottosuolo di tipo B (Fig. 5.7). In forza di ciò risulta ragionevole e cautelativo adottare, ai fini di progettazione, l'azione sismica derivabile secondo normativa tecnica nazionale e riferito all'approccio semplificato.

5.3 Azione sismica di riferimento (Approccio semplificato NTC 2018)

In accordo con la normativa regionale DGR 1164/2018, il Comune di Palagano risulta classificato in Zona 3 (Rischio sismico basso).

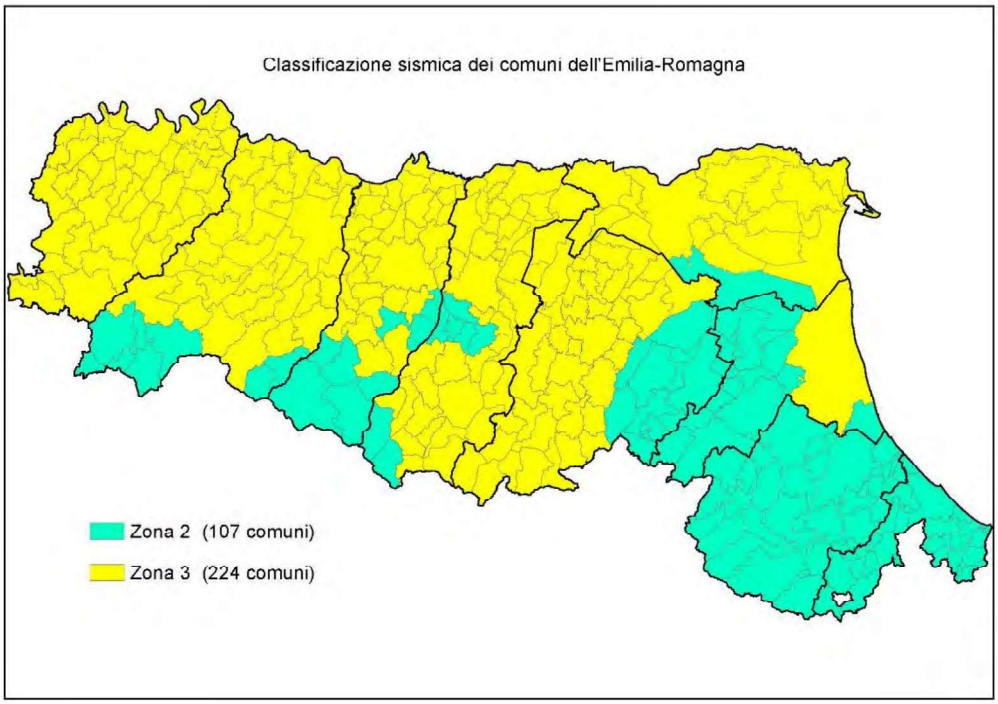


Fig. 5.9 – Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna

Sulla scorta della normativa tecnica nazionale NTC 2018, sulla scorta degli esiti derivanti dalle indagini geofisiche è possibile classificare i punti indagati secondo la categoria di sottosuolo B.

Sulla scorta degli esiti derivanti dalle indagini geofisiche è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa su suolo rigido a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni, considerando una classe d'uso pari a II e una vita nominale di 50 anni. Per l'opera in progetto il valore di a_g risulta pari a 0.162 g.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.057	2.490	0.249
Danno (SLD)	50	0.072	2.476	0.262
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.162	2.534	0.293
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.204	2.546	0.302
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al *bedrock*, per definire il valore di a_g in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il NTC 2018 da cui, essendo in classe **B** si avrà:

$$1{,}00 \leq \mathbf{S_s} = 1{,}40 - (0{,}40 \bullet F_o \bullet a_g/g) \leq 1{,}20 \qquad (5.1)$$

dove:
Fo = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore risulta pari a **2.534**;
ag/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;
S_S = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (5.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.20.**

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico ST dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤ 15°	**1.0**
T2	Pendii con inclinazione media > 15°	**1.2**
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°	**1.2**
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione madia > 30°	**1.4**

Per l'area studiata risulta cautelativo considerare una categoria topografica relativa alla classe T2 e, pertanto, si ottiene un fattore topografico ST pari a 1.2. In base a tali valori del fattore stratigrafico S_S e del fattore topografico S_T si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale A_{max}:

$$SLV\ A_{max} = S_s\,(\mathbf{1.20}) * S_t(\mathbf{1.20}) * a_g(\mathbf{0.162}) = \mathbf{0.233}\ \boldsymbol{g}$$

$$SLV\ k_h = A_{max}\,(\mathbf{0.233}) * \beta(\mathbf{0.240}) = \mathbf{0.056}$$

$$SLV\ k_v = k_h\,(\mathbf{0.056}) * 0.5 = \mathbf{0.027}$$

6. Modellazione geologica

6.1 Caratterizzazione del sottosuolo

Sulla scorta dell'elaborazione delle indagini eseguite, dei rilievi di superficie e delle considerazioni geomorfologiche sono state realizzate tre sezioni geologiche di dettaglio illustrate alla tavola 6. Si illustra successivamente in fig. 6.1 la sezione geologica n. 2.

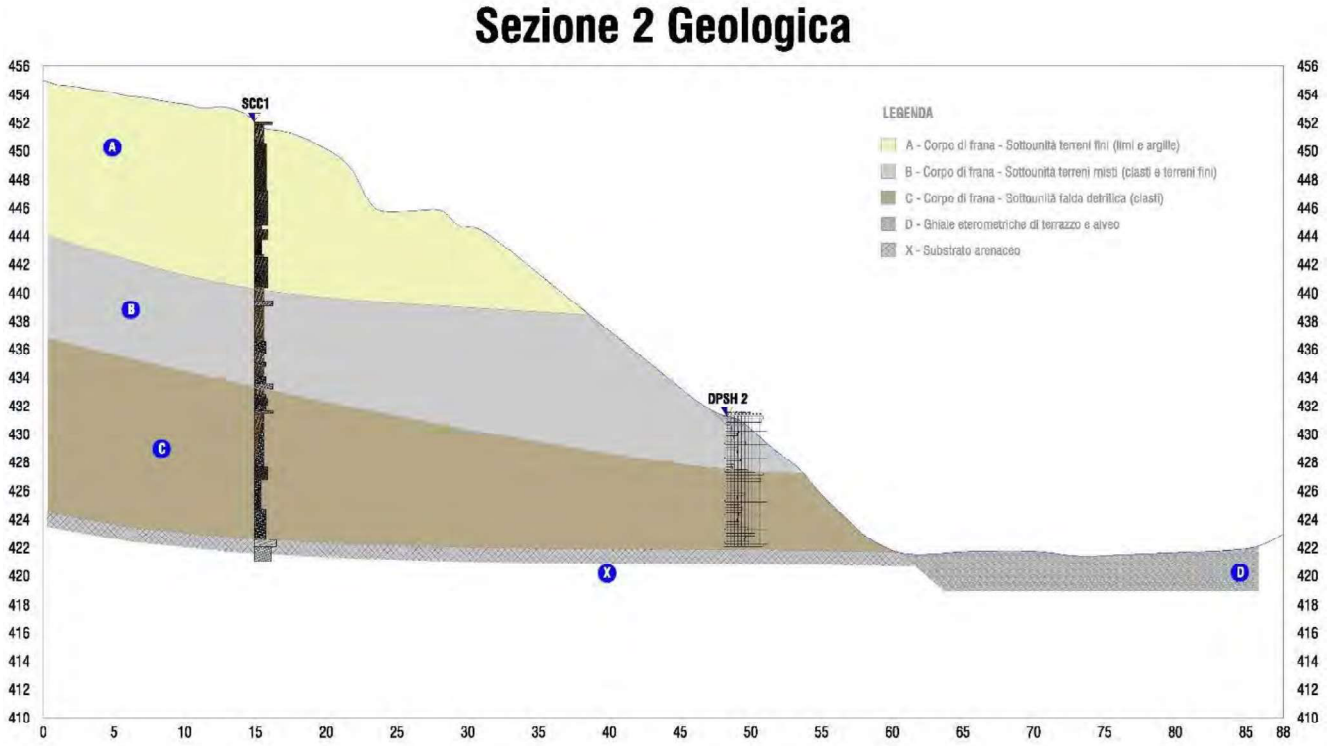


Fig. n. 6.1 – *Estratto della sezione geologica n. 2*

Dalla stratigrafia desumibile dal carotaggio SCC1, eseguito a monte della strada provinciale SP48, si riscontra uno spessore del corpo di frana pari a 29.50: tale unità risulta scomponibile in tre sotto-unità, raggruppandole in funzione della tessitura principale. La quota alla quale è possibile rinvenire il substrato di riferimento risulta essere pari a quella dell'alveo fluviale. Facendo riferimento alla verticale di prova DPSH2 è possibile riscontrare, al disotto di un sottile lembo di ghiaia (terrazzo fluviale sospeso), una prima unità di terreno caratterizzata da un numero di colpi medio pari a 15, seguita da un'unità di terreno caratterizzata da un numero di colpi medio pari a 20. Entrambe le seguenti unità sono ascrivibili al deposito di frana individuato nel corso del carotaggio. Al disotto delle seguenti unità, facendo riferimento alla verticale di prova DPSH3, alla quota di -8.40 da p.c. si riscontra un aumento sostanziale del numero di colpi fino a raggiungere la quota di -10.20 in corrispondenza della quale è stato raggiunto il rifiuto strumentale all'avanzamento. A tale quota, interpolando le quote derivanti dal sondaggio geognostico eseguito, risulta plausibile ipotizzare la presenza del substrato roccioso.

La sezione geologica n. 4, derivante dall'interpretazione delle indagini DPSH e della tomografia elettrica, si deriva come l'assetto stratigrafico in senso longitudinale rispetto all'asse del torrente Dragone, mostri un andamento

discretamente omogeneo delle unità precedentemente descritte. Al disotto dell'unità ghiaiosa (terrazzo sospeso S= 1.00 m) si rinviene l'unità definita dalla lettera B ascrivibile alla prima unità che compone il corpo di frana: in relazione alla misura elettrica tale unità mostra valori di resistività variabili da 20 Ohm*m a 100 Ohm*m. Più in profondità si rinviene la presenza di una fascia nettamente meno resistiva (10 Ohm*m a 20 Ohm*m) relativa alla seconda unità descritta dalla lettera C: considerati i valori delle prove DPSH e i valori di resistività è possibile affermare che tale unità risulta composta prevalentemente da terreni fini argillosi.

Alla quota di -10.00 m rispetto al punto di esecuzione della DPSH3 si rinviene un incremento del valore di resistività naturale, ascrivibile al tetto del substrato roccioso presso il quale la prova DPSH 3 ha raggiunto il rifiuto all'avanzamento. Analizzando l'andamento in sezione il substrato roccioso si approfondirse in direzione della DPSH1.

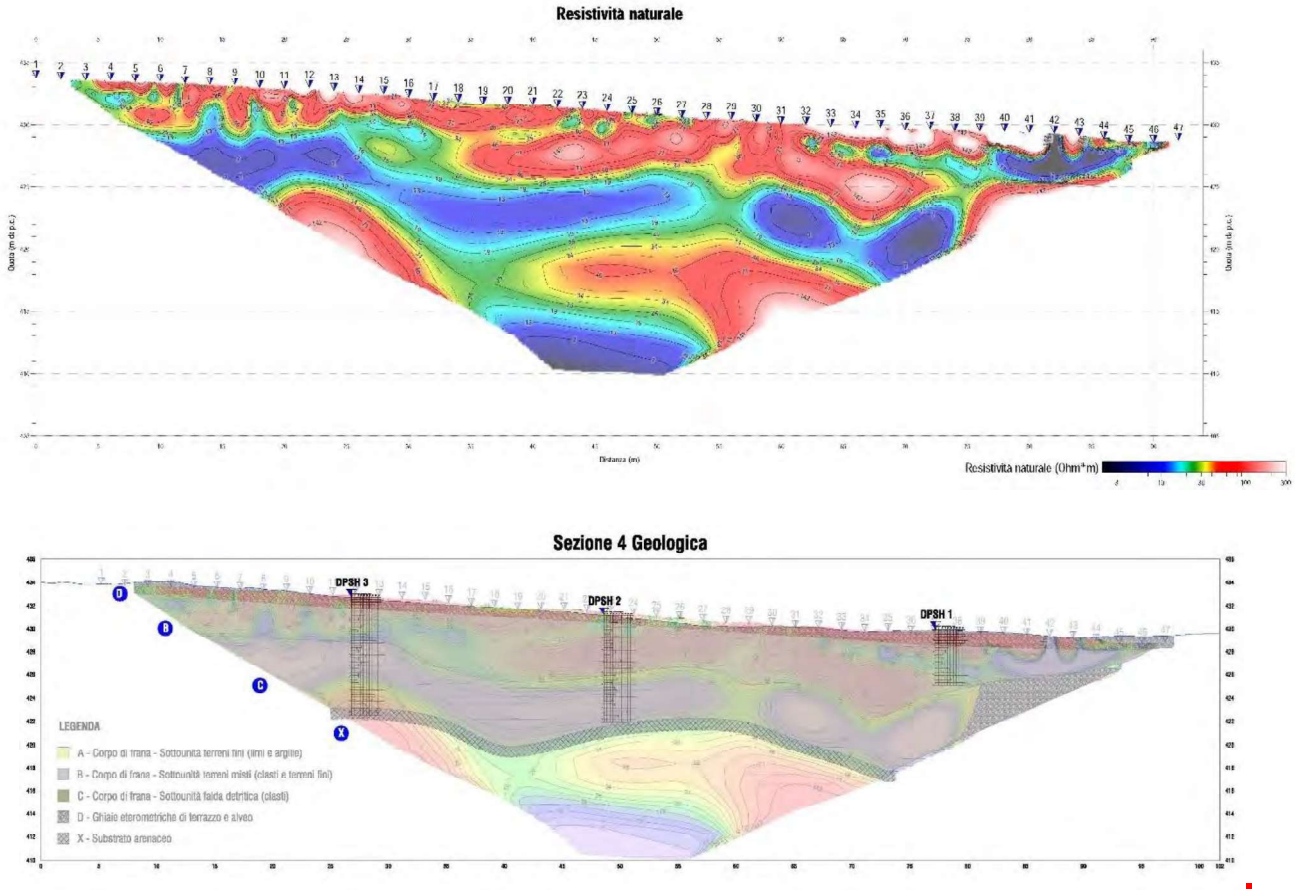


Fig. n. 6.2 – *Tomografia elettrica ERT e sezione geologica n. 4 (interpretazione ERT)*

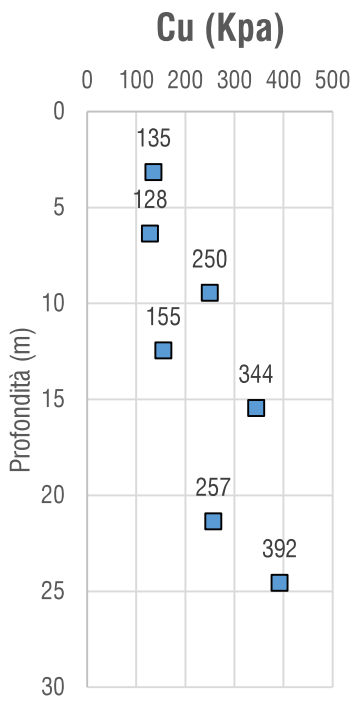
7. Modellazione geotecnica

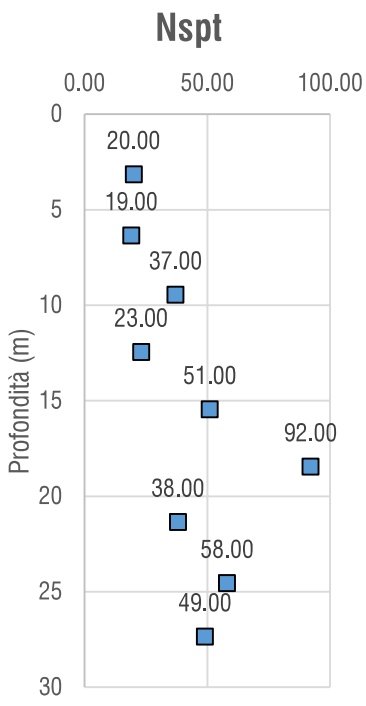
7.1 Interpretazione prove dinamiche SPT in foro

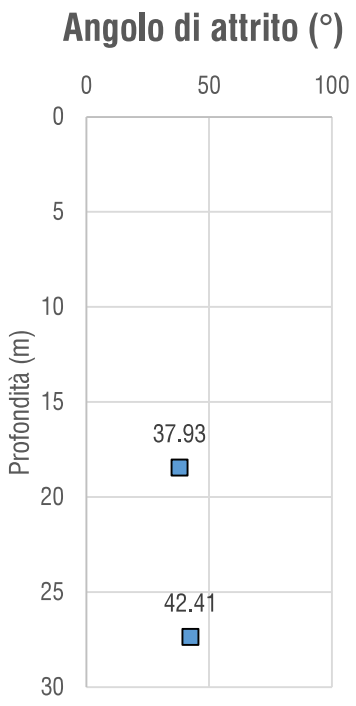
Si illustra successivamente l'interpretazione delle prove SPT eseguite nel foro di sondaggio. L'elaborazione completa è visibile in allegato.

Tab 1 INDAGINI SPT : PARAMETRO NSPT		
		NSPT
	z (m)	S1
SPT1	3.15	20
SPT2	6.35	19
SPT3	9.45	37
SPT4	12.45	23
SPT5	15.45	51
SPT6	18.45	92
SPT7	21.35	38
SPT8	24.55	58
SPT9	27.35	49

Si illustrano successivamente, per via grafica, parte dei parametri ricavati dall'elaborazione delle prove SPT







7.2 Prove di laboratorio

Successivamente si illustra una sintesi degli esiti delle prove di laboratorio eseguite:

Tab 3 Campioni di laboratorio

Sondaggio	Nome	Profondità (m da p.c.)	Unità litotecnica	Descrizione
S1	S1C1	5.30	A	Detrito in matrice argillosa, sabbiosa e limosa grigio scura
S1	S1C2	17.50	B	Detrito costituito da inclusi eterogenei ed eterometrici in matrice sabbiosa debolmente argillosa e limosa, grigia asciutta
S1	S1C3	26.00	C	Detrito costituito da inclusi eterogenei ed eterometrici in matrice argillosa con sabbia limosa, grigia, asciutta

Tab 4 Analisi di laboratorio eseguite

Nome	Profondità (m da p.c.)	Unità litotecnica	Umidità naturale	Limiti di Atterberg	Analisi granulometrica	Prova di taglio diretto
S1C1	5.30	A	x	x	x	x
S1C2	17.50	B	x	x	x	x
S1C3	26.00	C	x	x	x	x

Tab 5 Analisi granulometriche

Nome	Profondità (m da p.c.)	Unità litotecnica	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Classificazione AGI
S1C1	5.30	A	8.8	27.3	25.4	38.5	Argilla con limo e sabbia
S1C2	17.50	B	31.4	40.9	13.2	14.5	Sabbia limo-argillosa con ghiaia
S1C3	26.00	C	5.6	32.0	19.1	43.3	Argilla limosa con sabbia

Tab 6 Limiti di Atterberg

Nome	Profondità (m da p.c.)	Unità litotecnica	Limite Liquidità (%)	Limite plasticità (%)	Indice di plasticità (%)
S1C1	5.30	A	41.6	25.5	16.1
S1C2	17.50	B	42.5	26.1	16.4
S1C3	26.00	C	43.5	26.6	16.9

Tab 7 Prova di taglio CD

Nome	Profondità (m da p.c.)	Unità litotecnica	c' (kPa)	c_r (kPa)	Φ' (°)	$Φ_r$ (°)	γ_{NAT} (kN/m³)		
S1C1	5.30	A	2.2	4.3	23.9	19.6	19.0	18.7	18.4
S1C2	17.50	B	7.7	11.6	25.8	18.7	18.5	18.5	18.4
S1C3	26.00	C	15.4	4.1	26.6	17.4	18.5	18.6	18.9

7.3 Modello geotecnico

Si illustra successivamente il modello geotecnico di riferimento per le successive verifiche geotecniche relative alla realizzazione della difesa spondale. Il modello viene redatto sulla scorta delle elaborazioni delle prove dinamiche DPSH e del carotaggio continuo eseguito. Poiché l'andamento delle unità risulta eterogeneo in direzione trasversale, a titolo di sicurezza, il modello geotecnico fornito è relativo alla sezione topografica avente massimo sviluppo in elevazione rispetto alla quota dell'alveo. L'indagine di riferimento per la stima delle caratteristiche geotecniche è la verticale DPSH3. Si illustra successivamente la discretizzazione delle unità geotecniche.

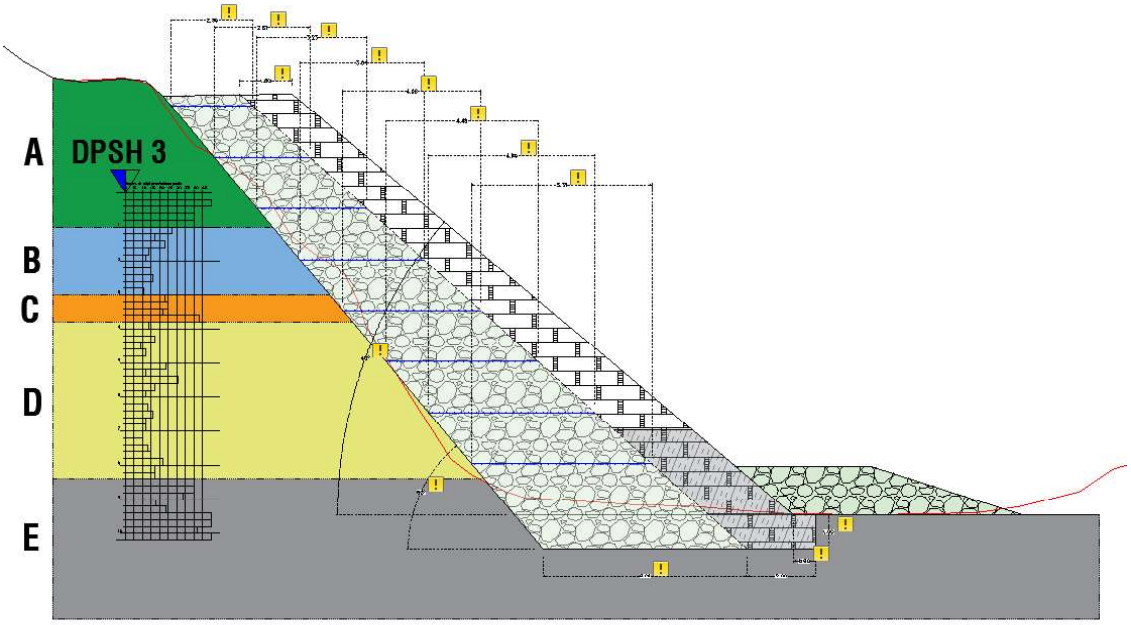


Fig. n. 7.1 – *Sezione geotecnica di riferimento per le verifiche geotecniche*

Tab. 7.1 Modello geotecnico

	Deposito	γ_{NAT} /γ_{SAT}	c'	Cu	ϕ^I	Φ_r	Es	M	Dw
A	Ghiaie (terrazzo sospeso)	19.0/21.0	/	/	35		40	/	Assente
B	Terreni argillosi (corpo di frana)	18.5/20.5	7.7	100	25	18.7	20	10	
C	Ghiaie	19.0/21.0	/	/	35		34	/	
D	Terreni argillosi (corpo di frana)	18.5/20.5	15.4	100	26.6	17.4	20	10	
E	Ghiaie o substrato roccioso	21.0/23.0	/	/	40		70	/	
	Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo (kN/m3)	Coesione efficace (kN/m2)	Coesione non drenata (kN/m^2)	Angolo d'attrito efficace di picco (°)	Angolo d'attrito efficace Residuo (°)	Modulo di Young (MPa)	Modulo edometrico (MPa)	Soggiacenza (m da p.c.)

8. Progettazione intervento scarpata

8.1 Difesa spondale

Facendo riferimento alle problematiche di stabilità e relative criticità idrauliche precedentemente illustrate, si propone la realizzazione di una difesa spondale per l'intero tratto soggetto a erosione. In tavola n. 7 sono illustrate le sezioni di progetto mentre in tavola n. 8 è illustrata la sezione tipologica di intervento. L'intervento è stato adattato sulla base del rilievo topografico/fotogrammetrico eseguito con strumentazione SAPR eseguito in data 08/05/2020.

La difesa si compone di un nucleo formato da ghiaia derivante dalle attività di ripristino dell'alveo, protetto da una superficie di rivestimento costituta da massi ciclopici (Volume superiore a 0.25 m^3). La difesa dovrà avere una base immorsata a -1.50 m su l'intero sviluppo trasversale alla superficie affetta da problematiche erosive, al disotto della quota dell'alveo relativa allo stato rilevato. Il rivestimento esterno dovrà essere costituito da massi ciclopici a geometria regolare: al fine di garantire la perfetta stabilità del fronte, in aggiunta alla maggiore praticità durante l'accrescimento della difesa, si prescrive l'impiego di massi ciclopici a geometria regolare (basi piane) affinché la resistenza allo scivolamento derivante dal mutuo incastro tra i blocchi risulti ottimale. Per il rivestimento esterno in ciclopici si dovrà prevedere l'intasamento della parte interrata (sotto il piano dell'alveo) e della parte affiorante fino alla quota relativa variabile da un minimo di +2.50 m da quota dell'alveo a un massimo di +3.50 m. L'intasamento dovrà essere eseguito con opportuna malta cementizia, con slump e pressione di iniezione calibrati. Il nucleo della difesa sarà composto da materiale granulare (ghiaie e blocchi) reperibili in sito a seguito degli interventi di ripristino dell'officiosità idraulica dell'alveo. Si prescrive l'impiego di geogriglie per la stabilizzazione del fronte della difesa non protetto da massi ciclopici: tale intervento risulta necessario in quanto, ad oggi, non risulta possibile definire l'assortimento granulometrico del materiale che verrà prelevato in alveo. Le geogriglie garantiscono una maggiore stabilità del fronte di ghiaia non confinato dallo strato ciclopici, al fine di scongiurare eventuali assestamenti locali che potrebbero comportare eventuali movimenti/collassi del tratto.

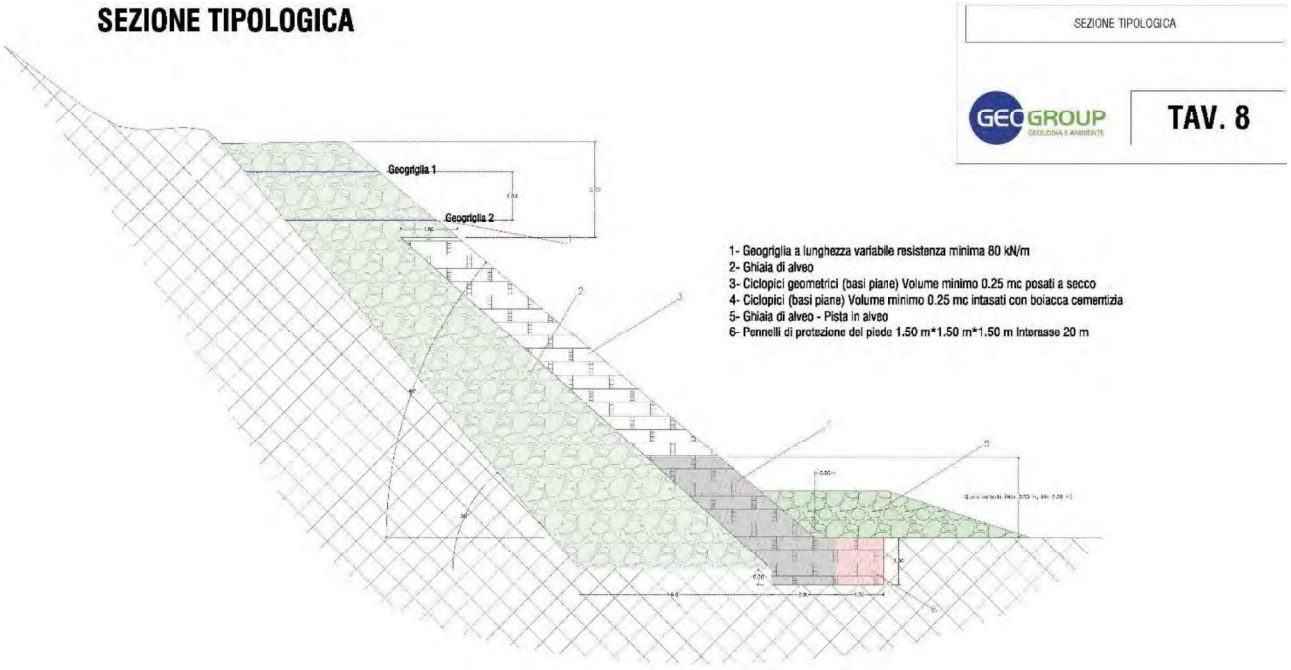


Fig. 8.1 – Sezione tipologica della difesa spondale in progetto

Fig. n. 8.2 – *Individuazione planimetrica della difesa spondale in progetto*

9. Verifiche geotecniche

9.1 Capacità portante

Per il calcolo della capacità portante del terreno sono stati adottati i parametri geotecnici precedentemente illustrati nel modello geotecnico. La fondazione della difesa è rappresentata dallo strato di ciclopici interamente intasati per lo spessore di 1 metro da p.c..

CICLOPICI INTASATI								
Larghezza fondazione(m) [media]				6.00				
Lunghezza fondazione (m)				135.0				
Profondità della quota di imposta (m da p.c. attuale)				-1.50				
Profondità superficie freatica (m da p.c.)				Assente				
PROFONDITÀ DA P.C. (m)	TERRENO	γ NAT	γ SAT	c'	Cu	φI	M	ES
-1.00 m da p.c. (quota alveo)	Ghiaie o substrato roccioso	21.00	23.00	\	\	40	\	70
	DESCRIZIONE	PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	COESIONE DRENATA EFFICACE	COESIONE NON DRENATA	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	MODULO EDOMETRICO	MODULO ELASTICO
	UNITÀ DI MISURA	kN/m^3	kN/m^3	kN/m^2	kN/m^2	°	MPa	MPa

Le verifiche di capacità portante sono state sviluppate secondo la formulazione proposta da Terzaghi, considerando cautelativamente fattori di forma generali. Poiché il terreno di fondazione risulta composto da terreno granulare (ghiaia), le verifiche di capacità portante sono state eseguite solamente per condizioni drenate.

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**) di tipo GEO relativamente ai sistemi fondali da adottare per la realizzazione delle opere in progetto. Nell'analisi geotecnica relativa ai sistemi fondali si fornisce il valore di resistenza offerta dal sistema geotecnico (**$R_{d\ GEO}$**) e, pertanto, non si procederà alla verifica dell'intero stato limite non disponendo il valore dell'azione di progetto. Il valore di progetto della resistenza **Rd** può essere determinato:

a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γM specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γR specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γR riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γR riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

La verifica della resistenza **GEO** dei sistemi fondali, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

VERIFICA	COEFF.PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 9.1: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del q_{lim} vengono introdotti, all'interno della formula di Terzaghi, i fattori correttivi z:

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_h \qquad z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan\varphi}\right)^{0.35} \qquad z_\gamma = z_q$$

Dove il K_h è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:
- a_{MAX} (ag/g): **0.233 g** (relativa a SLV ; Tr = 475 anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno K_h: **0.056**

La resistenza Rd calcolata in condizioni **"drenate"** seguendo l'**Approccio 2**, combinazione **(A1 + M1 + R3),** applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione: **tg φ'd = tg φ'k /1,0**, dove **φ'd è l'angolo d'attrito di progetto**, ne deriva, essendo **φ'k = φ'd.** Quindi secondo la formula di Terzaghi si ottiene, per l'intervento in progetto uno stato limite ultimo pari a:

Fondazione	CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
	Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
CICLOPICI INTASATI	-1.50 m da p.c.	6.00 x 135.00 m	**4347 kN/m²**

Fondazione	CONDIZIONE SISMICA PSEUDO-STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
	Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
CICLOPICI INTASATI	-1.50 m da p.c.	6.00 x 135.00 m	**4243 kN/m²**

9.2 Verifica dei cedimenti – SETTLE3d

A integrazione delle verifiche geotecniche della fondazione precedentemente illustrate si procede alla verifica dei cedimenti immediati imputabili all'applicazione del carico per la realizzazione della nuova difesa.

In via cautelativa, in riferimento alla pressione derivante dalla formazione della nuova difesa, è possibile stimare secondo modello semplicistico rettangolare quanto descritto:

Descrizione	Valore
Altezza	14.00 m
Base	6.00 m
Densità	25.00 kN/m^3
Peso totale	2100 kN
Pressione al suolo	350 kN/m^2

L'analisi dei cedimenti ha previsto la determinazione del solo cedimento immediato elastico. Per l'esecuzione delle verifiche dei cedimenti è stato adottato un modello tensionale tipo Westergaard mediante il software Settle3D (Rocscience) Ver. 2.0..

Si illustrano successivamente i risultati ottenuti a seguito delle analisi svolte:

Cedimento immediato				
	Profondità di imposta	$U_{y\,MAX}$ (m)	$U_{y\,MIN}$ (m)	**$U_{y\,MED}$ (m)**
Ciclopici intasati	1.50	0.043	0.022	**0.032**

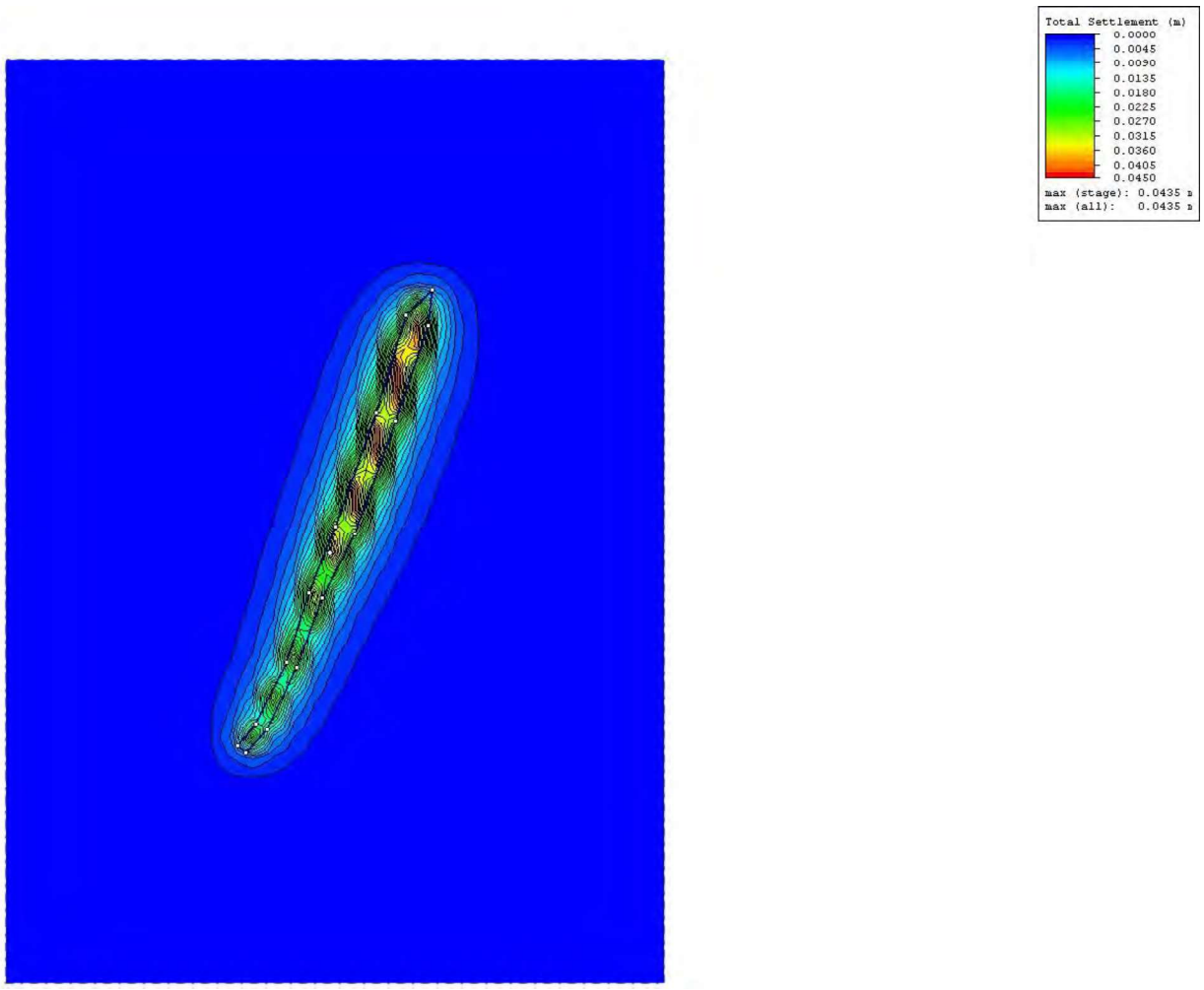


Fig. n. 9.1– *Analisi cedimento immediato alla base della difesa spondale*

9.3 Modulo di sottofondo

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p): ***p = kw***. Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno, ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione. Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

k (kN/mc) = 40 *Qlim effettivo applicato *Fc

dove Fc = 2.54 cm / cedimento della fondazione (in cm) e dove Qlim effettivo applicato = 3 * ΔP (incremento di carico sul terreno).

Fondazione	Profondità di imposta (m da p.c.)	P_{MED} (kN/m^2)	$U_{y\ Med}$ (m)	Tipo cedimento	K (kN/m^3)
Ciclopico intasato	1.50	350	**0.032**	**Immediato**	**11112.5**

9.3 Verifiche di stabilità

Si procede con l'illustrazione delle verifiche di stabilità relative alla fase transitoria di scavo e alla fase post-intervento. Le verifiche sono eseguite mediante il software SLIDE (ROCSCIENCE) secondo l'Approccio A2+M2+R2 in accordo con il paragrafo n. 6.8 "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" della normativa tecnica nazionale NTC2018. Le verifiche sono eseguite secondo la metodologia di calcolo proposta da Bishop. Le verifiche sono svolte nelle seguenti condizioni:

Tab. 9.1 Condizioni di verifica

CODICE	Condizione	Sismica	Parametri	Approccio	Fs_{min}
LEM1	Condizione non drenata statica – Fase di scavo	No	totali	A2+M2+R2	1.1
LEM2	Condizione drenata statica	No	efficaci	A2+M2+R2	1.1
LEM3	Condizione drenata sismica	Approccio pseudostatico	efficaci	A2+M2+R2	1.1

La resistenza offerta dalle geogriglie, precedentemente descritte, è stata implementata attraverso l'impiego della funzione "GeoTextile". L'elemento descritto permette di simulare la presenza di un materiale di rinforzo flessibile in grado di sviluppare una resistenza a carico per metro di copertura. Si illustrano successivamente i parametri adottati per il sistema "GeoTextile".

Tab. 9.2 Parametri elemento "GeoTextile" [Geogriglie]

Parametro	Descrizione	Valore assegnato	Unità di misura
Force application	Tipologia di applicazione della forza	Attiva	
Force orientation	Orientazione della resistenza offerta	Parallela al rinforzo	
Ancoraggio	Ancoraggio	Assente	
Strip coverage	Copertura	100%	
Tensile Strength	Resistenza a trazione	80 kN/m	
Pullout strenght Friction Angle	Forza di resistenza (angolo di attrito)	40	°

Le verifiche si riferiscono alla sezione geotecnica precedentemente illustrata, definita sulla scorta della sezione 3T illustrata in tavola n. 7.

Si illustrano successivamente le verifiche eseguite, i modelli e parametri impiegati e relativi risultati.

9.2.1 LEM1- Condizione non drenata statica – Fase di scavo

Il modello geometrico per l'analisi è il seguente:

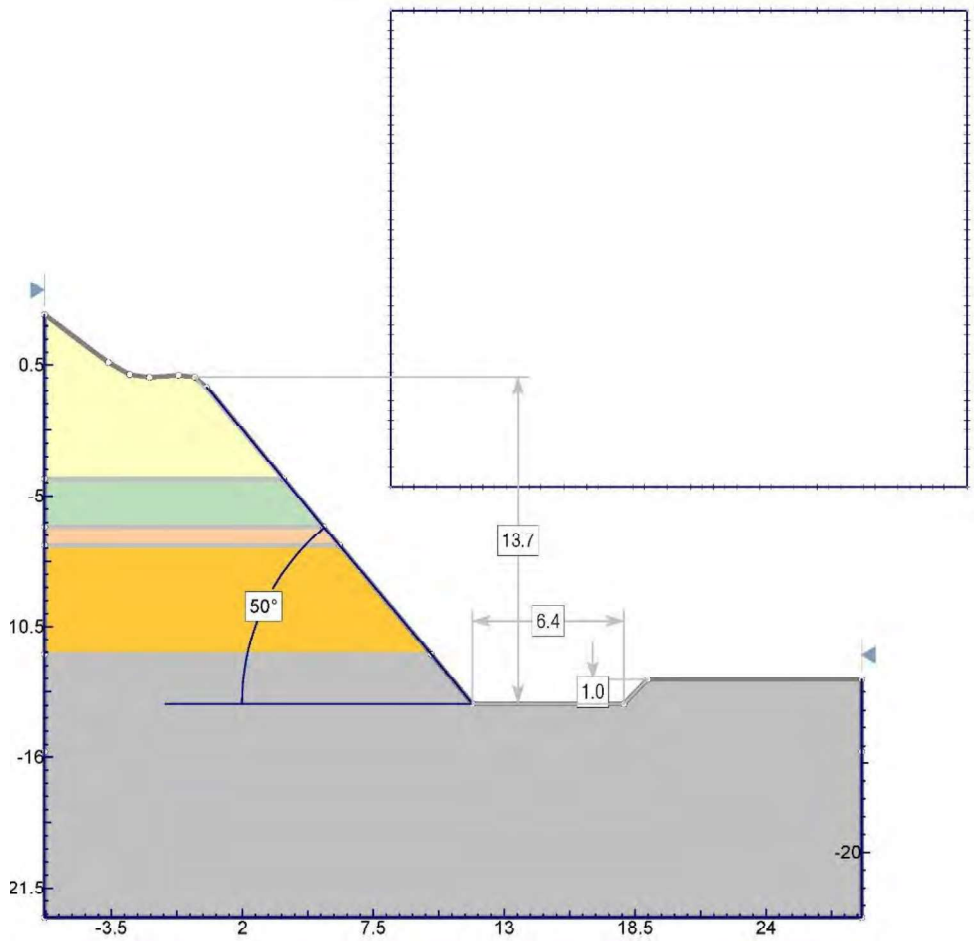


Figura 9.2: *Modello geometrico verifica LEM1*

Il modello geotecnico per l'analisi è il seguente:

Tab. 9.3 Parametri geotecnici analisi LEM1

Unità geotecnica	Modello costitutito	γ_{NAT}	c'_k	Φ'_k	c'_d	Φ'_d	Cu_k	Cu_d
A	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28		
B	Undrained – Tensioni totali	18.50	-	-	-	-	100	71.5
C	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28	-	-
D	Undrained – Tensioni totali	18.50	-	-	-	-	100	71.5
E	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	21.00	-	35	-	28	-	-
	Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo (kN/m3)	Coesione efficace caratteristica (kN/m2)	Angolo attrito interno caratteristica (°)	Coesione efficace progetto (kN/m2)	Angolo attrito interno progetto (°)	Coesione non drenata o permanente caratteristica (kN/m2)	Coesione non drenata o permanente progetto (kN/m2)

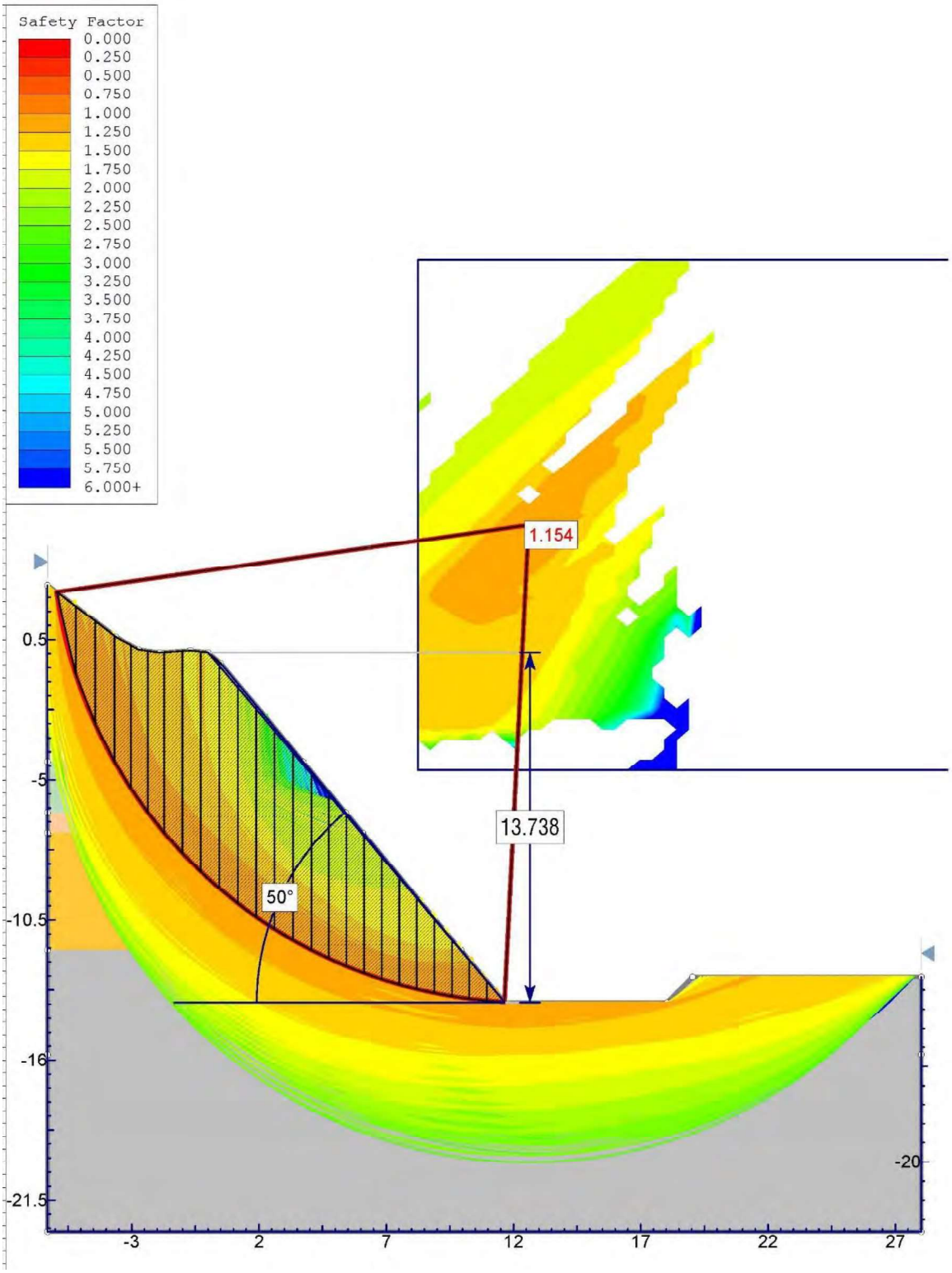
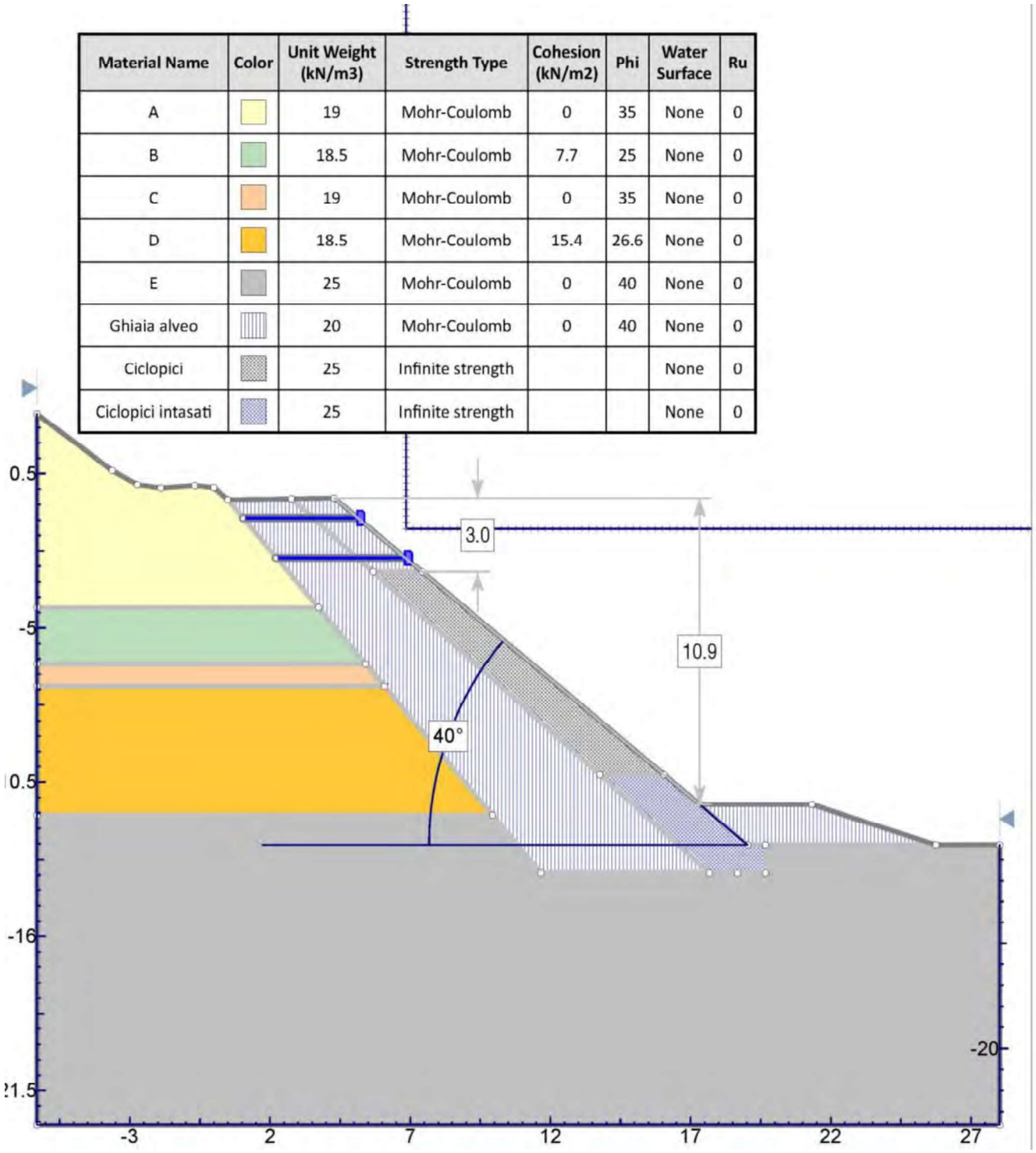


Figura 9.3: *Risultati verifica LEM1*

9.2.2 LEM2- Condizione drenata statica

Il modello geometrico per l'analisi è il seguente:



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
A		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
B		18.5	Mohr-Coulomb	7.7	25	None	0
C		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
D		18.5	Mohr-Coulomb	15.4	26.6	None	0
E		25	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ghiaia alveo		20	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ciclopici		25	Infinite strength			None	0
Ciclopici intasati		25	Infinite strength			None	0

Figura 9.3: *Modello geometrico verifica LEM2*

Il modello geotecnico per l'analisi è il seguente:

Tab. 9.3 Parametri geotecnici analisi LEM1

Unità geotecnica	Modello costitutito	γ_{NAT}	c'_k	Φ'_k	c'_d	Φ'_d	Cu_k	Cu_d
A	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28	-	-
B	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	18.50	7	25	-	-	-	-
C	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28	-	-
D	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	18.50	15.4	26.6	-	-	100	71.5
E	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	21.00	-	35	-	28	-	-
Ghiaia alveo	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	20.00	-	40	-	32	-	-
Ciclopici	Infinite strength	25.00	-	-	-	-	-	-
Ciclopici intasati	Infinite strength	25.00	-	-	-	-	-	-
	Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo (kN/m3)	Coesione efficace caratteristica (kN/m2)	Angolo attrito interno caratteristica (°)	Coesione efficace progetto (kN/m2)	Angolo attrito interno progetto (°)	Coesione non drenata o permanente caratteristica (kN/m2)	Coesione non drenata o permanente progetto (kN/m2)

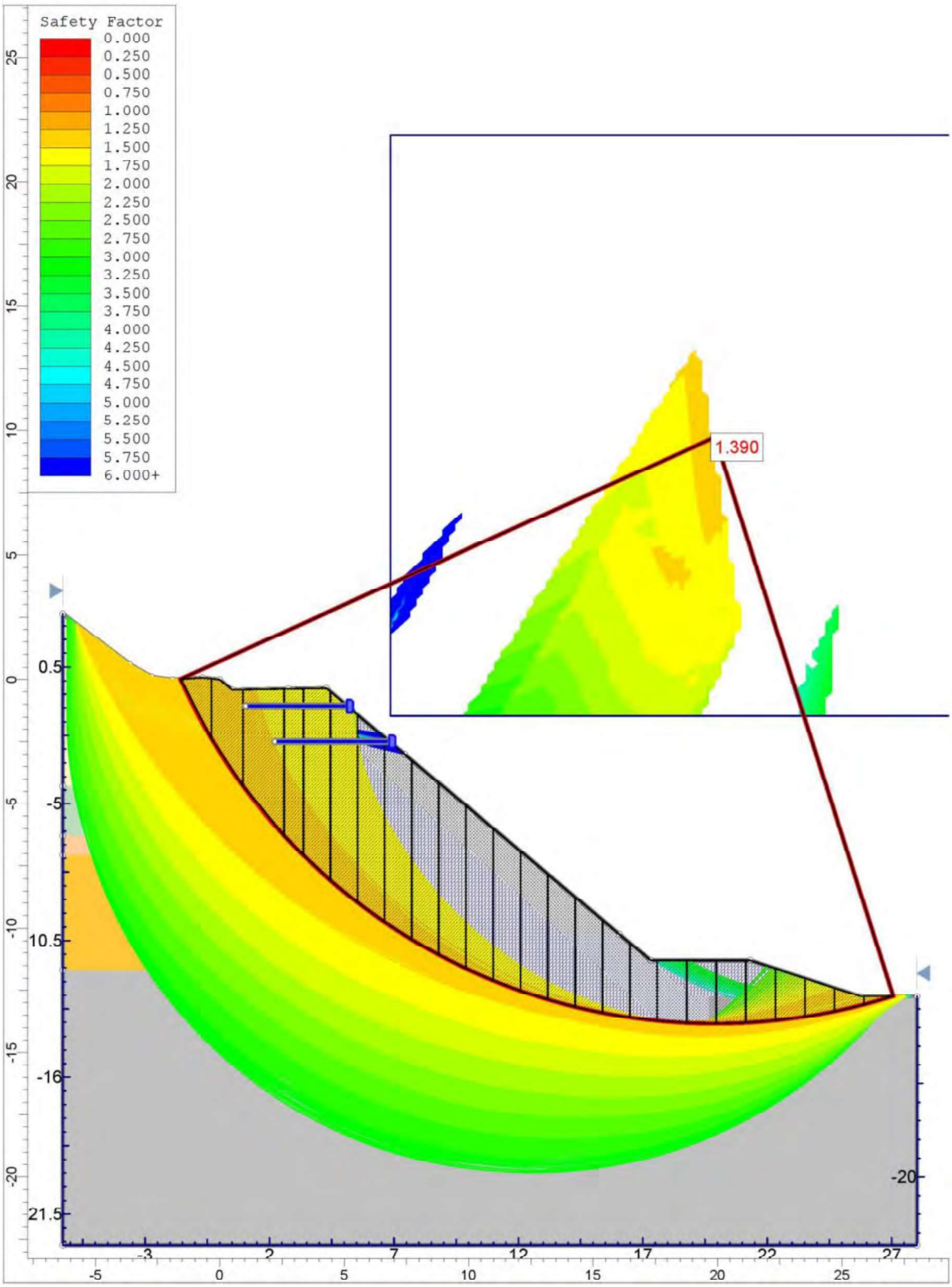
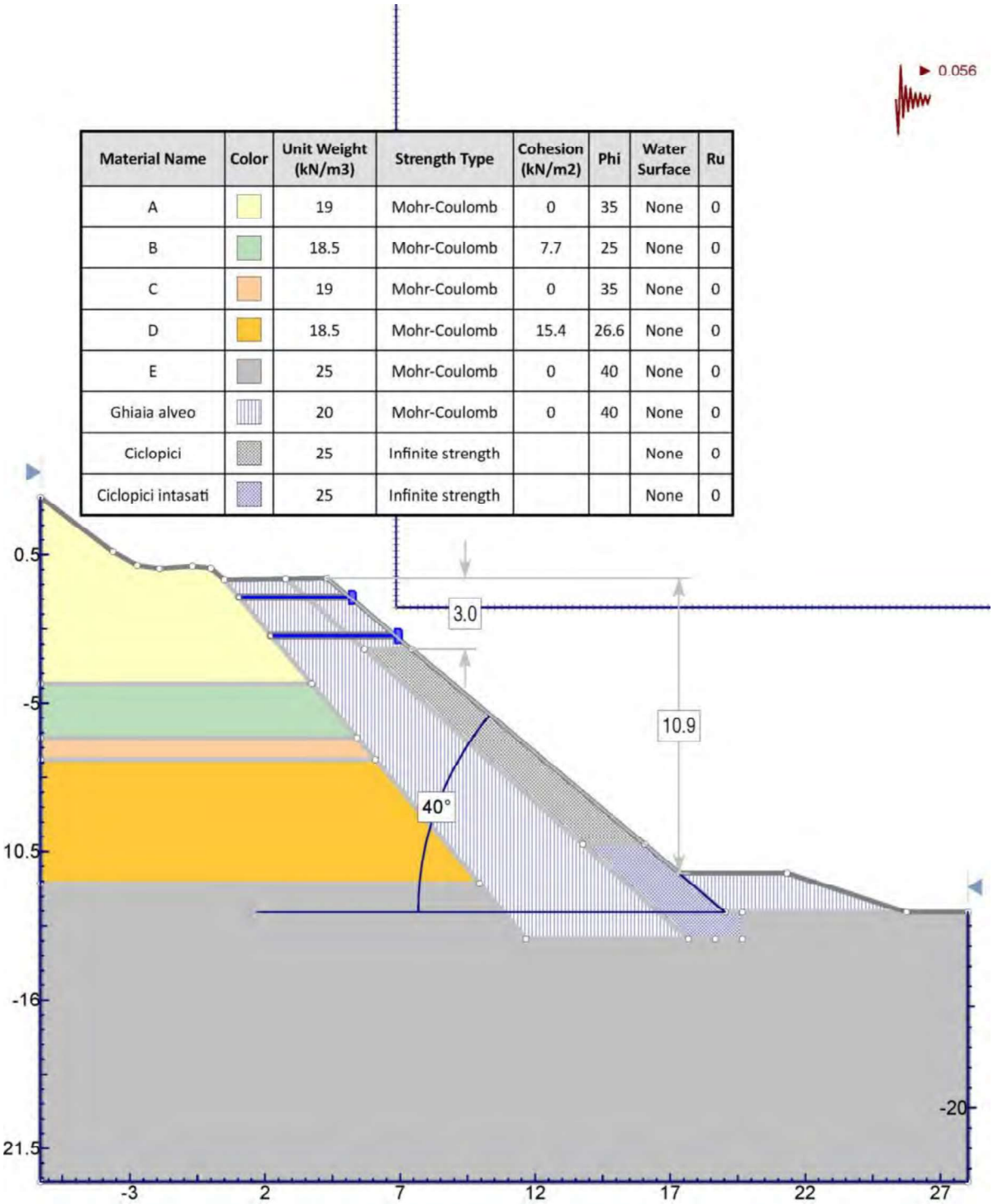


Figura 9.4: *Risultati verifica LEM2*

9.2.2 LEM2- Condizione drenata sismica (approccio pseudo-statico)

Il modello geometrico per l'analisi è il seguente:



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
A		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
B		18.5	Mohr-Coulomb	7.7	25	None	0
C		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
D		18.5	Mohr-Coulomb	15.4	26.6	None	0
E		25	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ghiaia alveo		20	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ciclopici		25	Infinite strength			None	0
Ciclopici intasati		25	Infinite strength			None	0

Figura 9.5: *Modello geometrico verifica LEM2*

Il modello geotecnico per l'analisi è il seguente:

Tab. 9.3 Parametri geotecnici analisi LEM1

Unità geotecnica	Modello costitutito	γ_{NAT}	c'_k	Φ'_k	c'_d	Φ'_d	Cu_k	Cu_d
A	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28	-	-
B	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	18.50	7	25	-	-	-	-
C	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	19.00	-	35	-	28	-	-
D	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	18.50	15.4	26.6	-	-	100	71.5
E	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	21.00	-	35	-	28	-	-
Ghiaia alveo	Mohr-Coulomb – Tensioni efficaci	20.00	-	40	-	32	-	-
Ciclopici	Infinite strength	25.00	-	-	-	-	-	-
Ciclopici intasati	Infinite strength	25.00	-	-	-	-	-	-
	Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo	Coesione efficace caratteristica	Angolo attrito interno caratteristica	Coesione efficace progetto	Angolo attrito interno progetto	Coesione non drenata o permanente caratteristica	Coesione non drenata o permanente progetto
		(kN/m3)	(kN/m2)	(°)	(kN/m2)	(°)	(kN/m2)	(kN/m2)

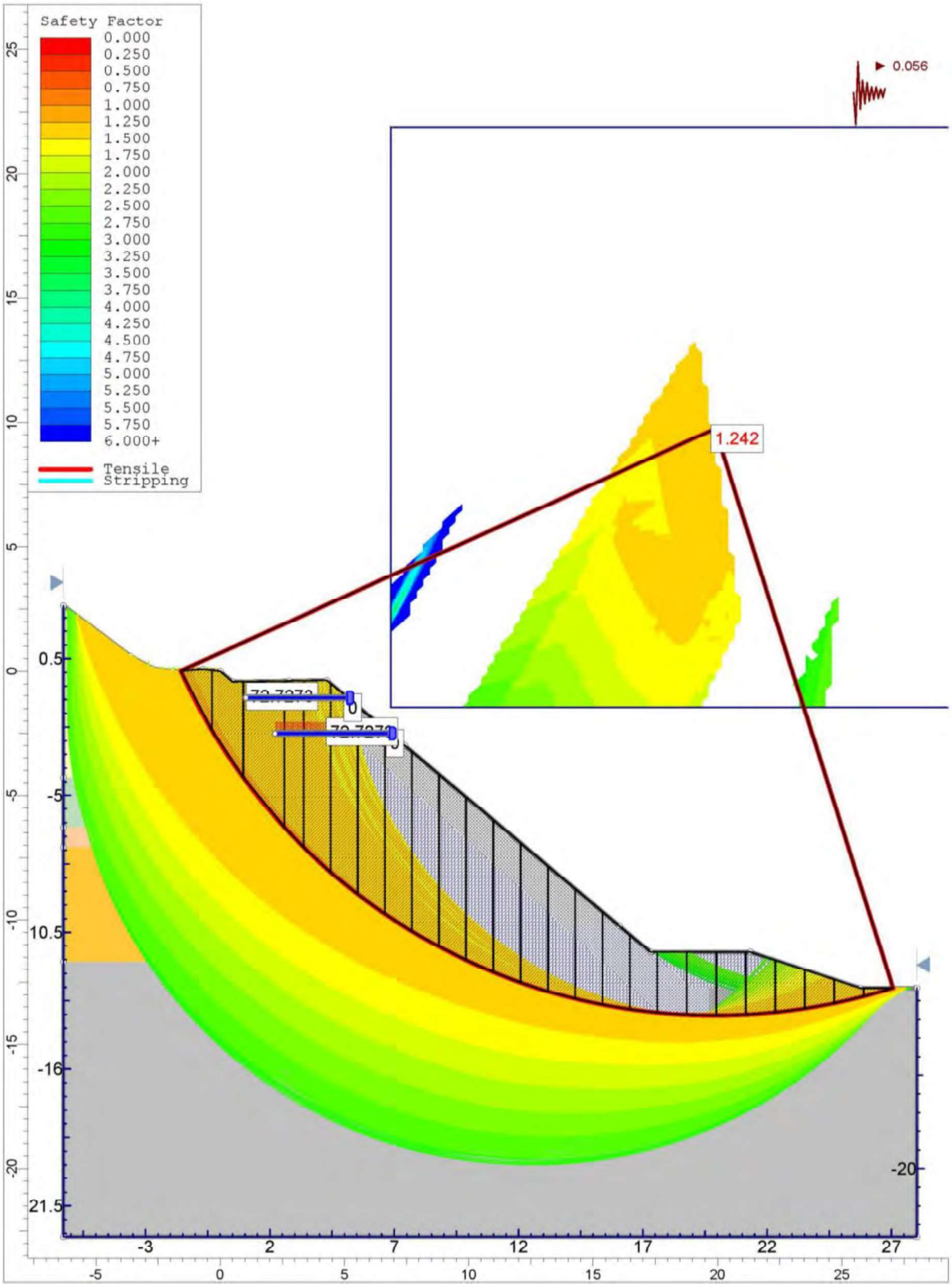


Figura 9.6: *Risultati verifica LEM2*

9.4 Sintesi risultati verifiche

Si illustrano successivamente i risultati, in termini di fattore di sicurezza, ottenuti per ciascuna verifica.

Tab. 9.4 Sintesi risultati

CODICE	Condizione	Sismica	Parametri	Approccio	Fs_{min}	Fs	Fs> Fs_{min}
LEM1	Condizione non drenata statica - Scavo	No	totali	A2+M2+R2	1.1	1.154	Verificata
LEM2	Condizione drenata statica	No	efficaci	A2+M2+R2	1.1	1.390	Verificata
LEM3	Condizione drenata sismica	Approccio pseudostatico	totali	A2+M2+R2	1.1	1.242	Verificata

La totalità delle analisi di stabilità soddisfa la condizione Fs> Fsmin .

10. Indicazioni materiali costruzione

10.1 Reperibilità dei massi ciclopici in sito

In riferimento all'eventuale possibilità di reperire massi ciclopici (Volume superiore a 0.25 m^3) in prossimità dell'aree in alveo interessate dai lavori di ripristino dell'officiosità idraulica, è stata svolta un'analisi dell'ortofotografia derivata a seguito del rilievo fotogrammetrico eseguito a maggio 2020.

L'analisi è svolta attraverso particolari algoritmi di analisi pixel in funzione delle principali caratteristiche di retro-diffusione dei corpi inquadrati (R,G,B,C,M,Y,K…). A seguito di diverse iterazioni dei predetti algoritmi, è possibile discretizzare un immagine, raggruppando i pixel per classi in funzione dei precedenti parametri citati e forme geometriche derivanti da pixel analoghi disposti in continuità tra loro.

I risultati dell'analisi svolta sono riassunti in tavola n. 9. Dopo aver classificato l'immagine sono state definite tre classi: Vegetazione/Ombre, Fondo (terreni fini), blocchi (ghiaie e blocchi). L'analisi di ricerca è stata concentrata sulla terza classe: su tale classe sono stati applicati filtri definendo l'area, il perimetro e il rapporto RPA (Perimetro/Area). Poiché l'obiettivo dell'analisi risulta ricercare volumi superiori a 0.25 m^3, sono state prese in considerazione le superfici superiori a 0.40 m^2 (0.63 m x 0.63 m). Di queste sono state selezionate solamente quelle per le quali è derivabile un rapporto RPA superiore a 10 (modello sub-cubico). L'analisi ha derivato la presenza, nell'area analizzata (1732 mq), di 25 blocchi con caratteristiche geometriche soddisfacenti per la condizione di Volume > 0.25 m^2. Considerata la superficie totale e rapportata alla superficie dei blocchi individuati con volume idoneo, è possibile definire che solamente 1% della superficie è costituita da blocchi utilizzabili per la parte della difesa composta da massi ciclopici. La presente analisi risulta relativa alla condizione stratigrafica superficiale (profondità 0.40/0.50 cm da p.c.). L'analisi dei volumi presenti posti più in profondità deve essere eseguita necessariamente per mezzo di indagini dirette (scavi/carotaggi).

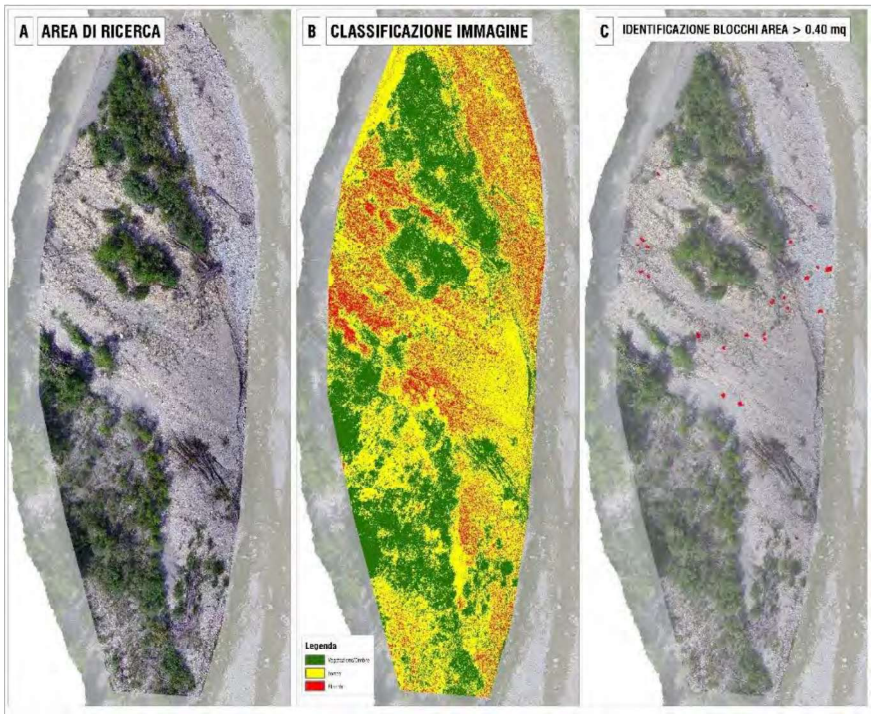


Fig. n. 10.1– *Estratto della tavola n. 9 recante l'analisi dell'immagine ortofotografica*

10.2 Geogriglie

In riferimento all'impiego delle geogriglie per il rinforzo del fronte composto da materiale inerte (ghiaia) e non confinato da massi ciclopici si fornisce di seguito una scheda tecnica di un prodotto commerciale che rispetta le caratteristiche necessarie per la finalità dell'intervento.

HUESKER
Idee. Ingegneria. Innovazione.

Descrizione del Prodotto

1. Nome		**Fortrac® 80 T**
2. Descrizione		Geogriglia flessibile ad elevato modulo con rivestimento polimerico
3. Materia prima Geogriglia: Rivestimento:	 Longitudinale / Trasversale	 PET Polimerico
4. Compatibilità ambientale		Non pericoloso

Caratteristiche tecniche

1. Peso unitario (EN ISO 9864)		g/m²	≅ 320
2. Apertura della maglia (circa)		mm	25 x 25
3. Resistenza alla trazione (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	kN/m kN/m	≥ 80 ≥ 20
4. Allungamento alla tensione nominale (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	% %	≤ 10 ≤ 10
5. Dimensioni standard del rotolo (Larghezza x Lunghezza)		m x m	5,00 x 200
6. Durabilità (EN 13249:2015)		Previsione di durabilità minima 100 anni in terreni naturali con pH ≥ 4 e ≤ 9 e temperature del terreno ≤ 25 °C	

11. Controllo della verticalità del tubo inclinometrico

Al fine di poter individuare ed eventualmente monitorare spostamenti del versante dovuti ad un piano di scivolamento, è stato installato un tubo inclinometrico all'interno del sondaggio S1 in data 15/05/2020. Il tubo inclinometrico a quattro guide è stato calato nel foro fino alla profondità di -31.70 m rispetto alla quota del piano campagna. Il punto di monitoraggio è segnalato da apposito cartello metallico RER-49.

Fig. n. 11.1– *Ripresa fotografica del tubo inclinometrico;*

Gli inclinometri sono strumenti volti a monitorare le deformazioni ortogonali all'asse di un tubo attraverso una sonda che vi scorre all'interno. Contenendo un trasduttore, la sonda permette la misurazione dell'inclinazione del tubo rispetto alla veritcale. I campi di applicazioni tipici degli inclinometri sono:

- Determinazione della superficie di scivolamento di una frana;
- Monitoraggio dei movimenti orizzontali su terreni soffici o lungo il bordo di scavi;
- Monitoraggio della deviazione rispetto alla verticale di pali di fondazione o muri di sostegno;

Gli strumenti inclinometrici si costituiscono di un tubo ad installazione permanente la cui sezione presenta delle scanalature simmetriche reciprocamente a 90° necessarie a guidare la sonda. Il tubo può essere di materiale plastico o di alluminio.

La sonda portatile contiene un trasduttore d'inclinazione ed è collegata ad un'unità di lettura attraverso un cavo elettrico graduato. La sonda è munita di ruote che si inseriscono e scorrono all'interno delle guide in modo che attraversando il tubo il trasduttore effettui le misure lungo un piano definito. Con due serie di misurazioni, nei due piani ortogonali individuati dalle due coppie di scanalature, possono essere determinate, rispetto ad una qualsiasi sezione, le componenti del movimento orizzontale.

A garanzia della corretta installazione del tubo inclinometrico in data 01/06/2020 è stata eseguita una misura di controllo della verticalità. In allegato al presente documento sono riportati i grafici recanti la misura eseguita. Il range massimo di inclinazione rispetto alla verticale risulta pari a Δi = 1.32%, garantendo il suo corretto funzionamento per l'intero periodo di monitoraggio.

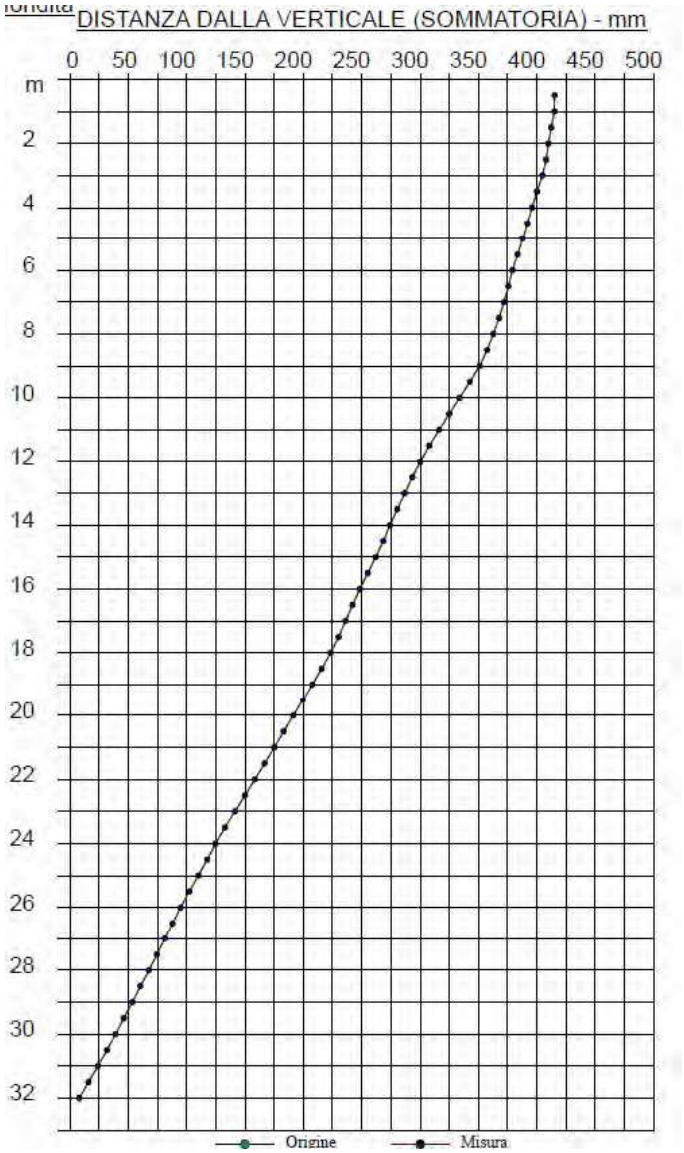


Fig. n. 11.2– *Grafico relativo alla misura di controllo della verticalità eseguita in data 15/05/2020;*

12. Conclusioni

Sulla scorta della campagna indagini svolta, delle analisi bibliografiche e delle verifiche svolte in riferimento all'area di studio è possibile concludere quanto segue:

- L'area in oggetto è posta in destra idrografica del Torrente Dragone, tra i Comuni di Montefiorino e Palagano, in corrispondenza della località Savoniero.
- In riferimento al quadro generale del dissesto idrogeologico si rilevano difformità riguardo a quanto contenuto nei vari archivi cartografici e negli elaborati di piano (PTCP, Microzonazione sismica). Stando alle informazioni contenute nella cartografia geologica della Regione Emilia Romagna il fenomeno di dissesto, interagente direttamente con l'area in analisi, risulta classificabile attivo e rientra nella classificazione dei movimenti di versante a cinematismo complesso. L'attività del complesso in dissesto risulta contestualizzata anche dall'analisi dei dati telerilevati relativi a misure di interferometria satellitare. Analizzando cartografie storiche e modelli di elevazione risulta possibile identificare, proprio in corrispondenza del tratto di alveo in analisi, forme ed indizi che conducono a ipotizzare che il fenomeno di dissesto sia stato caratterizzato, in passato, da una maggiore estensione all'interno dell'alveo. Tale estensione ad oggi deriva la peculiare dimensione, in senso trasversale al flusso, dell'alveo stesso.
- Attraverso i rilievi locali eseguiti nel mese di Maggio 2020 è stata realizzata una cartografia geomorfologica di dettaglio recante lo stato delle criticità geomorfologiche ad oggi presenti nell'area in analisi. In particolare, con riferimento alla sponda in destra idrografica, si è constatato la presenza di una porzione di sponda assoggettata a erosione/instabilità per fenomeni di scalzamento al piede ad opera della corrente e ad altri fenomeni erosivi generali. Il tratto in erosione mostra un estensione di circa 135/140 m.
- A seguito dell'esecuzione di specifiche indagini geognostiche e geofisiche si è reso possibile definire il modello geologico, geotecnico e sismico relativo al tratto in erosione, per il quale occorre predisporre l'intervento successivamente descritto. In particolare, il sondaggio a carotaggio continuo eseguito a monte del tracciato della strada provinciale mostra uno spessore della copertura detritica (corpo di frana) di circa 30 m che, in funzione dell'andamento topografico, indicherebbe la presenza del substrato roccioso appena sotto la quota dell'alveo fluviale.
- Trattandosi di area instabile, così come definita anche negli specifici elaborati relativi allo studio di microzonazione sismica del Comune di Palagano, ai fini della determinazione dell'azione sismica è stata eseguita una specifica analisi di risposta sismica locale. Gli esiti di tale analisi mostrano come l'approccio semplificato NTC2018, riferendosi a una categoria di sottosuolo B definita sulla scorta della MASW eseguita, risulti maggiormente cautelativo nell'ottica della definizione delle azioni sismiche.
- In sede del seguente elaborato è stata definita una soluzione progettuale di intervento, illustrata alle tavole n. 7 e n. 8, volta a contrastare ed eliminare i fenomeni erosivi in atto la quale attività, sostanzialmente, riduce via via il sostegno al piede dell'intero complesso di frana attiva. Si precisa che l'intervento proposto ha la mera finalità di eliminare l'azione erosiva fluviale e di contrastare possibili scivolamenti locali limitati al settore in erosione. Vista l'estensione dell'intero complesso di frana, non si garantisce che complete o parziali riattivazioni dei settori a monte dell'intervento possano subire l'influenza dell'opera in progetto. L'opera si esplica in una difesa spondale costituita secondo quanto indicato nella sezione tipologica (tav. n. 8).
- Particolari raccomandazioni riguardo alla formazione della difesa constano in:
    1. La realizzazione della difesa prevede la regolarizzazione del fronte in erosione a mezzo di escavazione e riprofilatura: la verifica di stabilità eseguita in condizioni di breve termine (fase di

scavo) mostra un fattore di sicurezza superiore alla soglia prefissata da normativa. In ogni caso occorre eseguire le fasi di scavo nella stagione opportuna (estiva,secca), cercando di limitare il più possibile la durata temporale tra la fase di scavo e la fase di realizzazione della difesa (1 mese circa).

2. La difesa, così come concepita, potrà essere in parte costituita da materiale inerte (ghiaia) reperita in sito a seguito dei lavori di ripristino dell'alveo fluviale. Occorre prevedere una schermatura del fronte della difesa mediante l'impiego di massi ciclopici non gelivi (Volume superiore a 0.25 m^3, densità pari e superiore a 25 kN/ m^3): poiché l'opera in alcuni settori raggiunge un ragguardevole sviluppo in elevazione (H= 10 m) e considerato l'angolo di riposo del fronte, si consiglia l'impiego di massi ciclopici a geometria regolare (basi piane) affinché la resistenza allo scivolamento derivante dal mutuo incastro tra i blocchi risulti ottimale. Per il rivestimento esterno in ciclopici si dovrà prevedere l'intasamento della parte interrata (sotto il piano dell'alveo) e della parte affiorante fino alla quota relativa variabile da un minimo di +2.50 m da quota dell'alveo a un massimo di +3.50 m. L'intasamento dovrà essere eseguito con opportuna malta cementizia, con slump e pressione di iniezione calibrati. Il nucleo della difesa sarà composto da materiale granulare (ghiaie e blocchi) reperibili in sito a seguito degli interventi di ripristino dell'officiosità idraulica dell'alveo. Si prescrive l'impiego di geogriglie per la stabilizzazione del fronte della difesa non protetto da massi ciclopici: tale intervento risulta necessario in quanto, ad oggi, non risulta possibile definire l'assortimento granulometrico del materiale che verrà prelevato in alveo. Le geogriglie garantiscono una maggiore stabilità del fronte di ghiaia non confinato dallo strato ciclopici, al fine di scongiurare eventuali assestamenti locali che potrebbero comportare eventuali movimenti/collassi del tratto.

In riferimento alla difesa spondale in progetto sono state condotte verifiche geotecniche riguardo la capacità portante e relativi cedimenti. Sono state inoltre eseguite verifiche di stabilità relativamente alle fasi transitorie di scavo e realizzazione della difesa secondo l'Approccio A2+M2+R2 in accordo con il paragrafo n. 6.8 "Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" della normativa tecnica nazionale NTC2018.

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. PIER LUIGI DALLARI
Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ. A

Modena 11/06/2020

GEO GROUP SRL

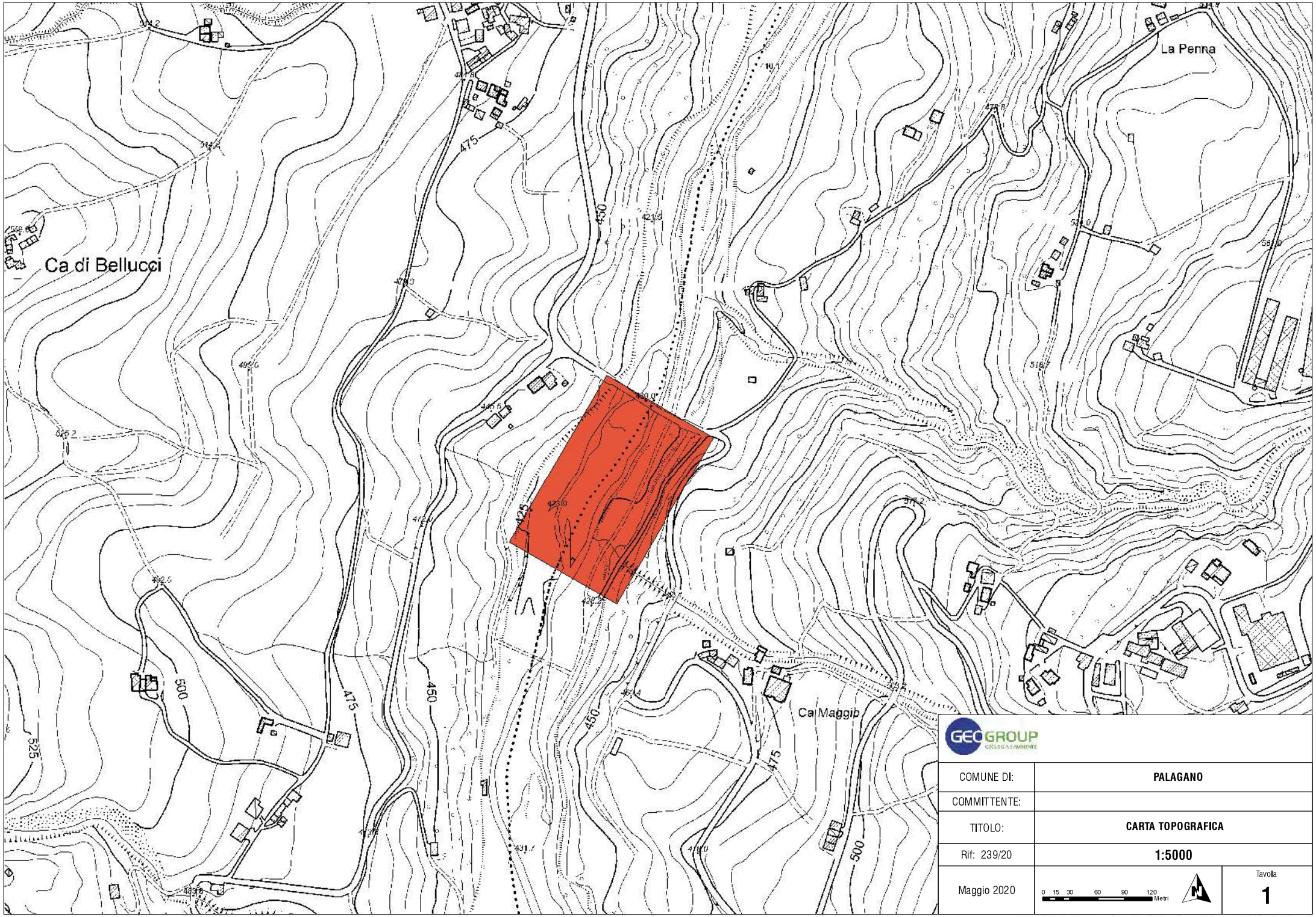
Dott. geol. Pier Luigi Dallari

Collaboratore

Dott. geol. Gabriele Ghirardini

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

TAVOLE

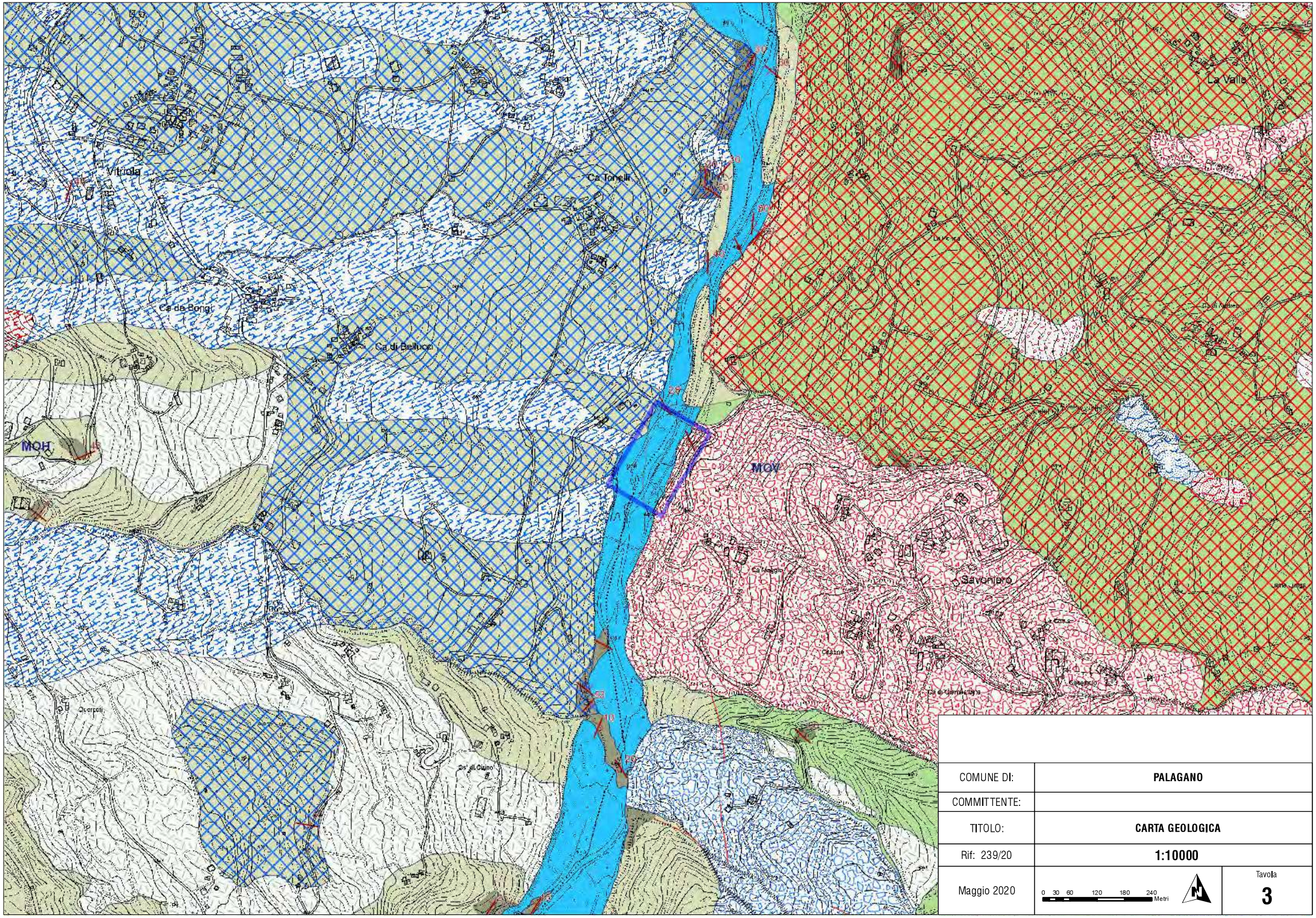


GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

COMUNE DI:	**PALAGANO**
COMMITTENTE:	
TITOLO:	**CARTA TOPOGRAFICA**
Rif: 239/20	**1:5000**
Maggio 2020	0 15 30 60 90 120 Metri — N — Tavola **1**

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

COMUNE DI:	**PALAGANO**
COMMITTENTE:	
TITOLO:	**RILIEVO FOTOGRAMMETRICO (2019)**
Rif: 239/20	**1:1500**
Maggio 2020	0 4.5 9 18 27 36 Metri — N — Tavola **2**



COMUNE DI:	**PALAGANO**
COMMITTENTE:	
TITOLO:	**CARTA GEOLOGICA**
Rif: 239/20	**1:10000**
Maggio 2020	0 30 60 120 180 240 Metri — N — Tavola **3**

DPSH3 432.49 m s.l.m.
DPSH2 430.96 m s.l.m.
DPSH1 429.62 m s.l.m.
SCC1 452.7 m s.l.m.
Legenda
Prove penetrometriche dinamiche DPSH
Sondaggio a carotaggio SCC
Tomografia elettrica
Indagini sismiche MASW
GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE
COMUNE DI:
PALAGANO
COMMITTENTE:
TITOLO:
UBICAZIONE DELLE INDAGINI
Rif: 239/20
1:400
Maggio 2020
0 1.5 3 6 9 12 Metri
Tavola
4

Legenda

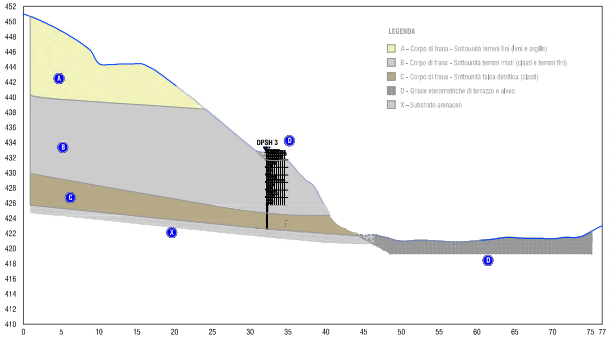
- Traccia presunto piede di frana antico
- Area dissesto attivo (Fonte CARG)
- Incisione torrentizia
- Alveo
- Terrazzo fluviale
- Conoide fluviale
- Erosione
- Substrato affiorante

GEO GROUP GEOLOGIA E AMBIENTE

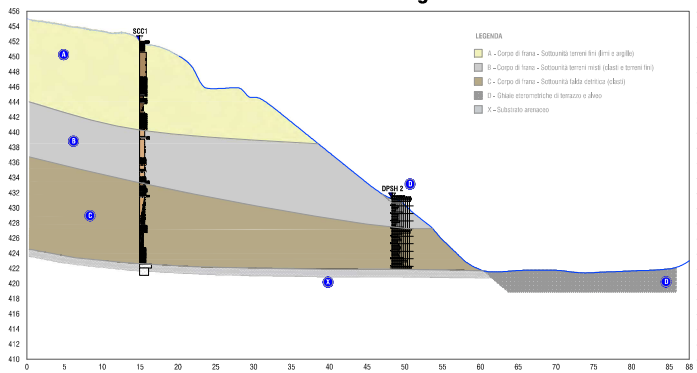
COMUNE DI:	PALAGANO
COMMITTENTE:	
TITOLO:	CARTA GEOMORFOLOGICA
Rif: 239/20	1:1000
Maggio 2020	0 4.25 8.5 17 25.5 34 Metri — Tavola 5

1:500

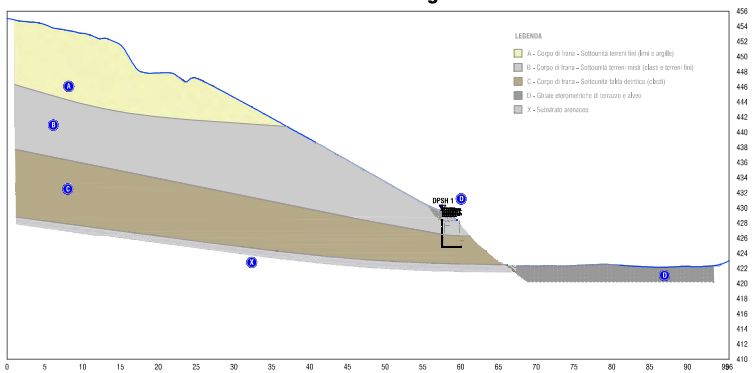
Sezione 1 Geologica

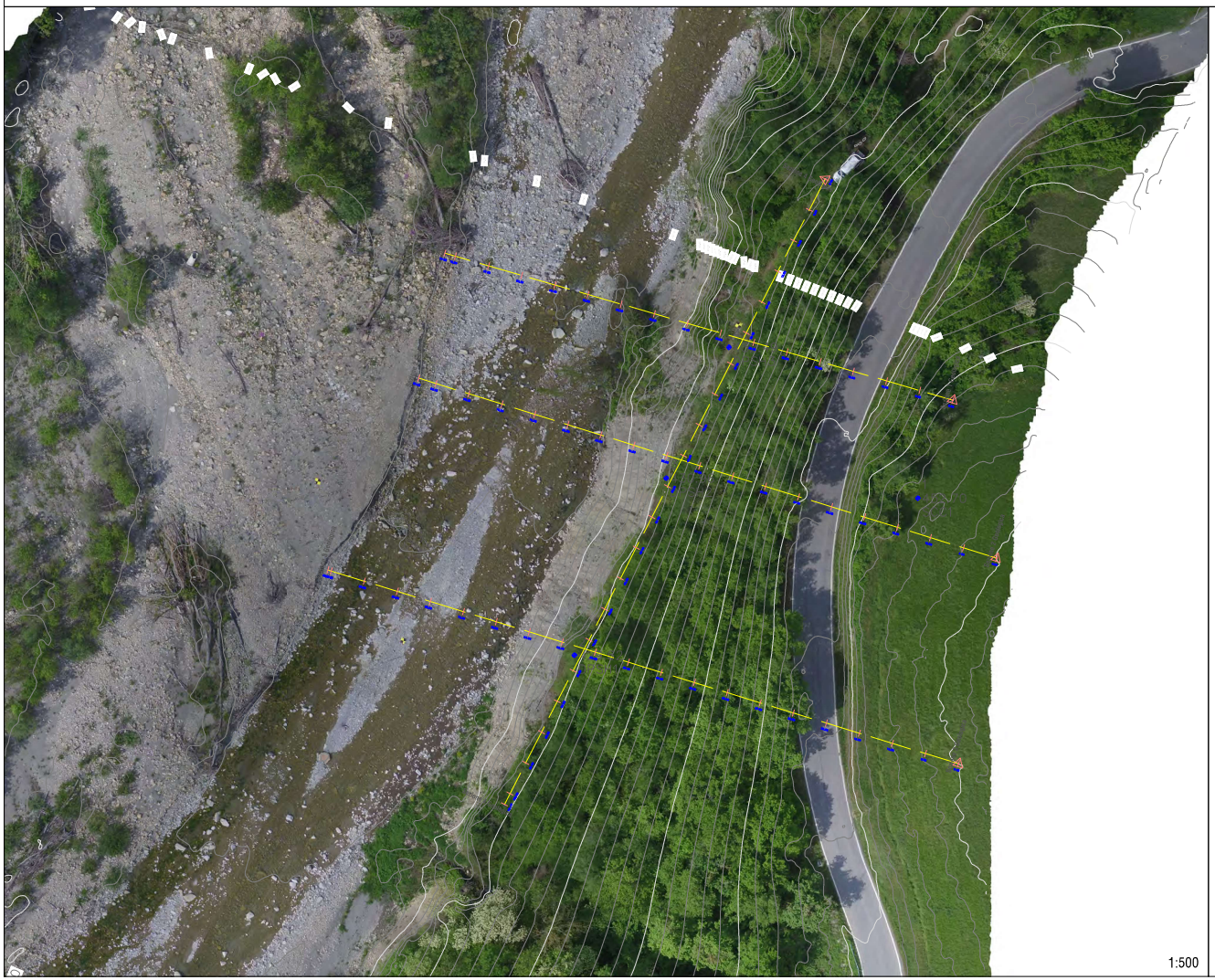


Sezione 2 Geologica



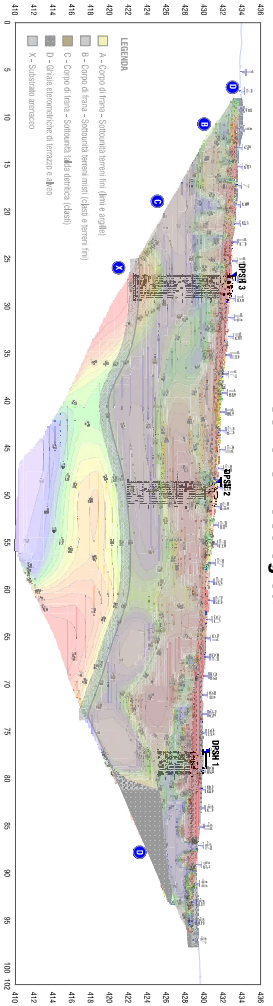
Sezione 3 Geologica





1:500

1:400



Sezione 4 Geologica

COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO
Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

Scala varia

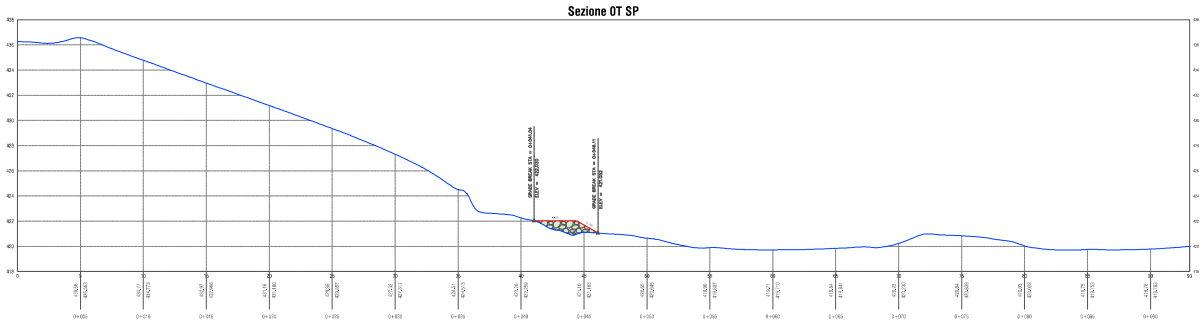
SEZIONI GEOLOGICHE/GEOTECNICHE

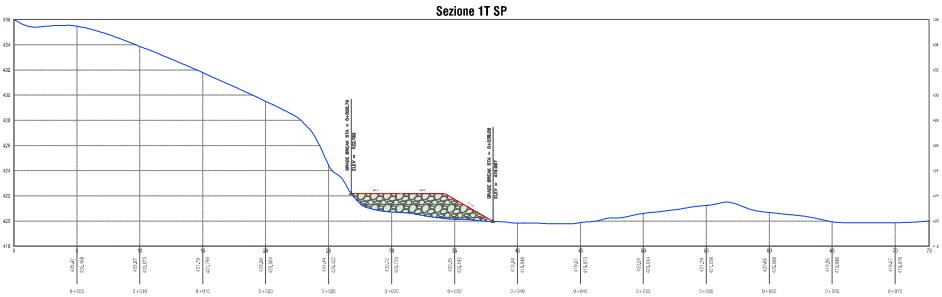
GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

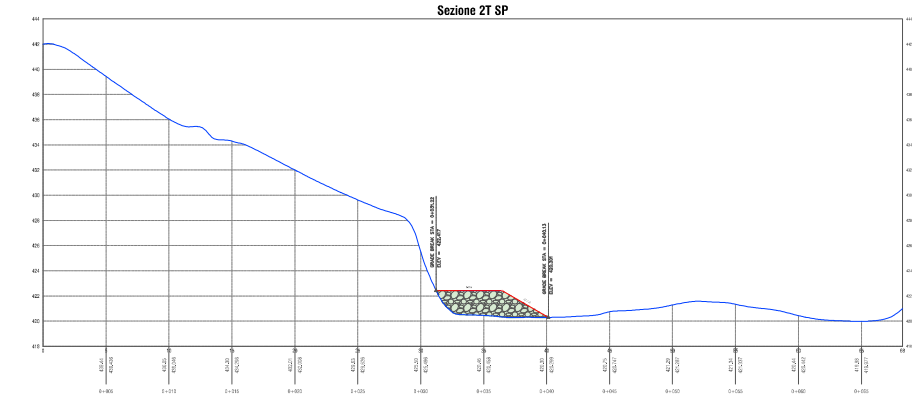
TAV. 6

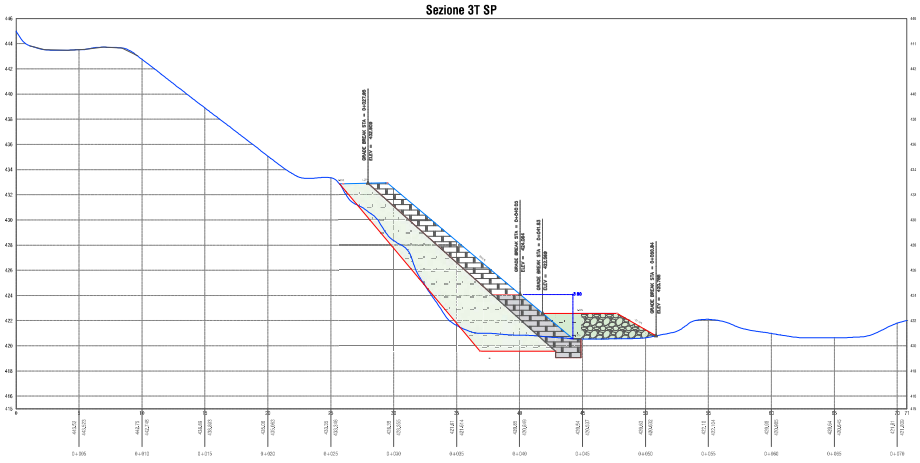
0 20 40 Meters

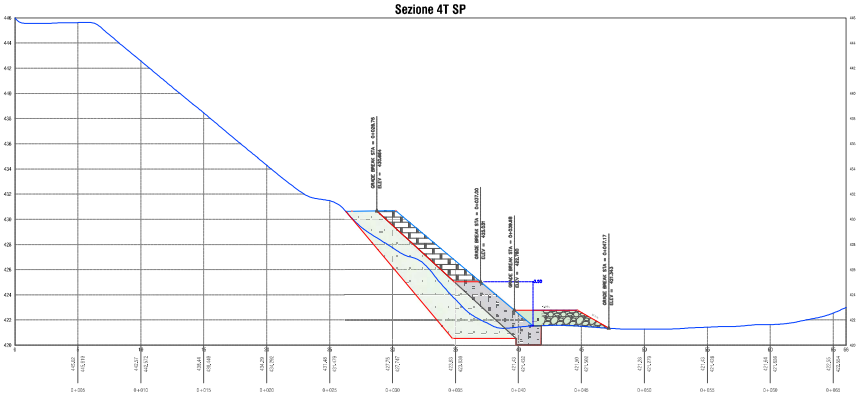
N W E S

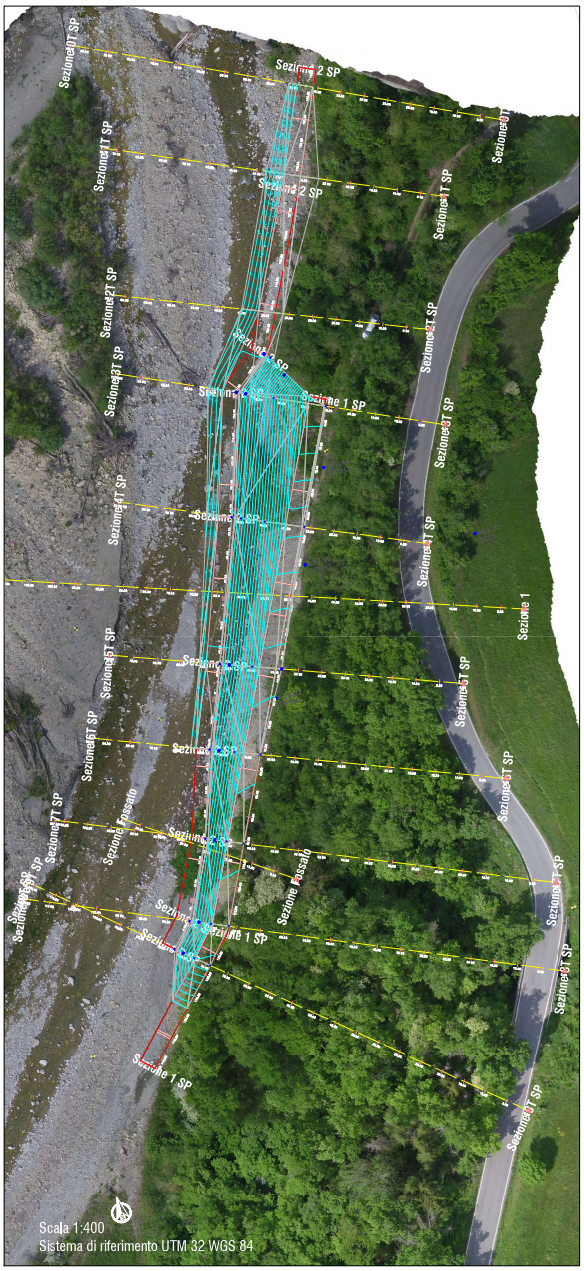












COMUNE DI PALAGANO

PROVINCIA DI MODENA

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO

Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

SCALA 1:150

SEZIONI STATO DI PROGETTO

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

TAV. 7.1

COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO
Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

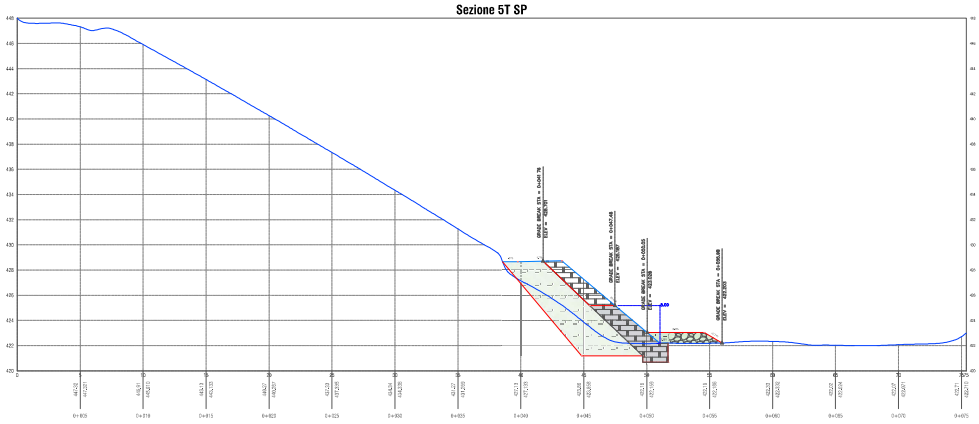
SCALA 1:150

SEZIONI STATO DI PROGETTO

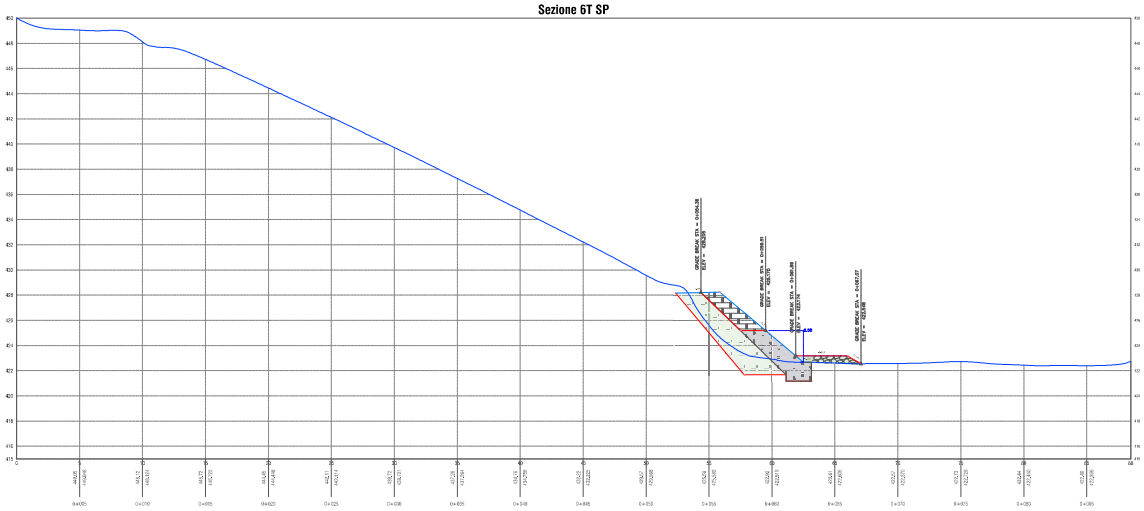
GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

TAV. 7.2

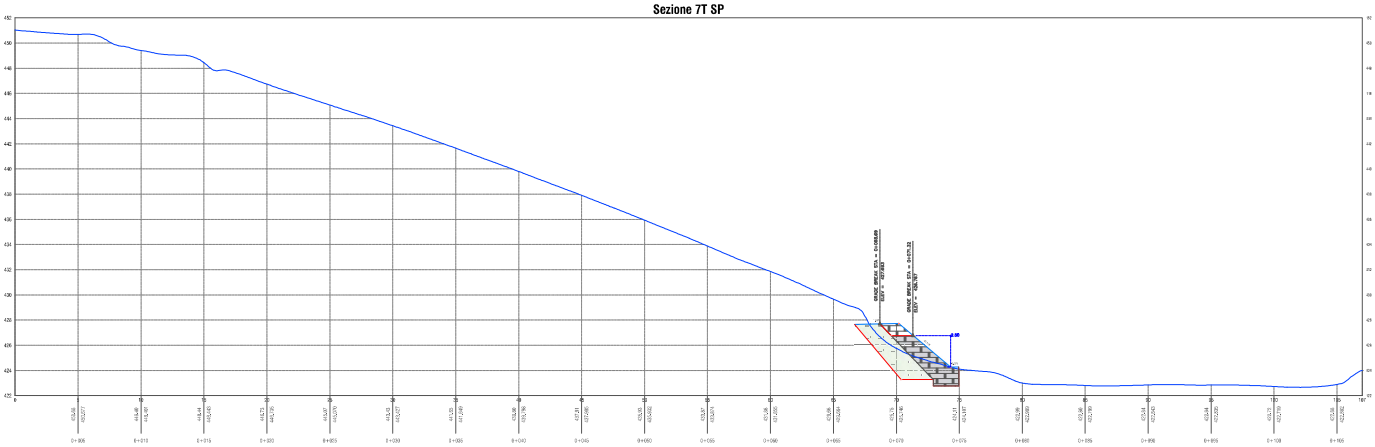
Sezione 5T SP

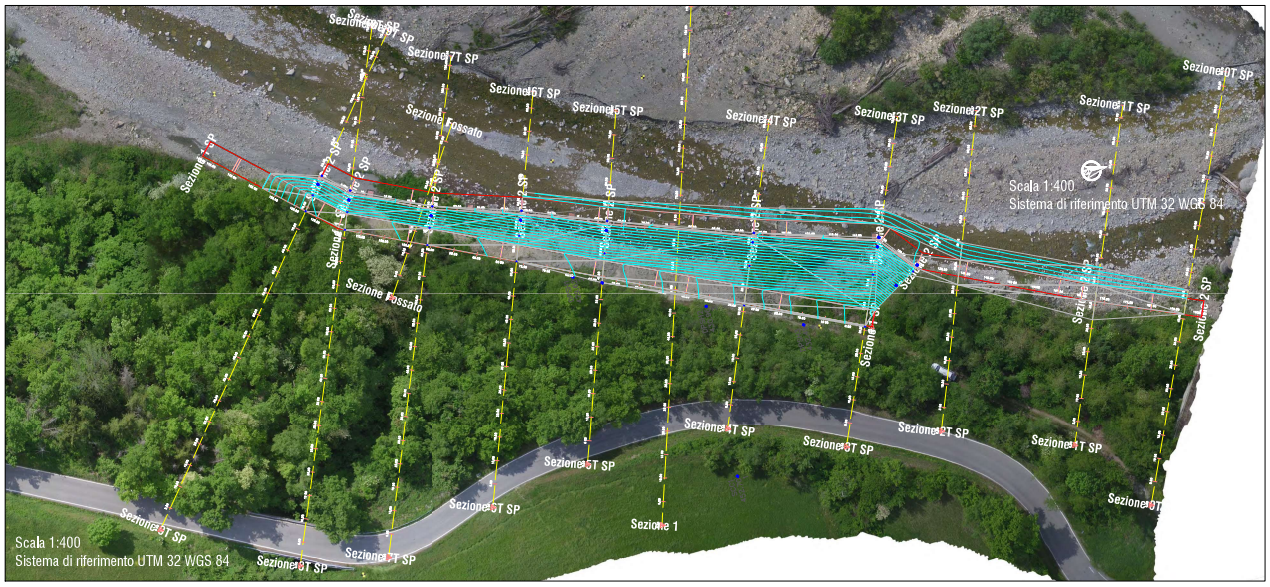


Sezione 6T SP



Sezione 7T SP





COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

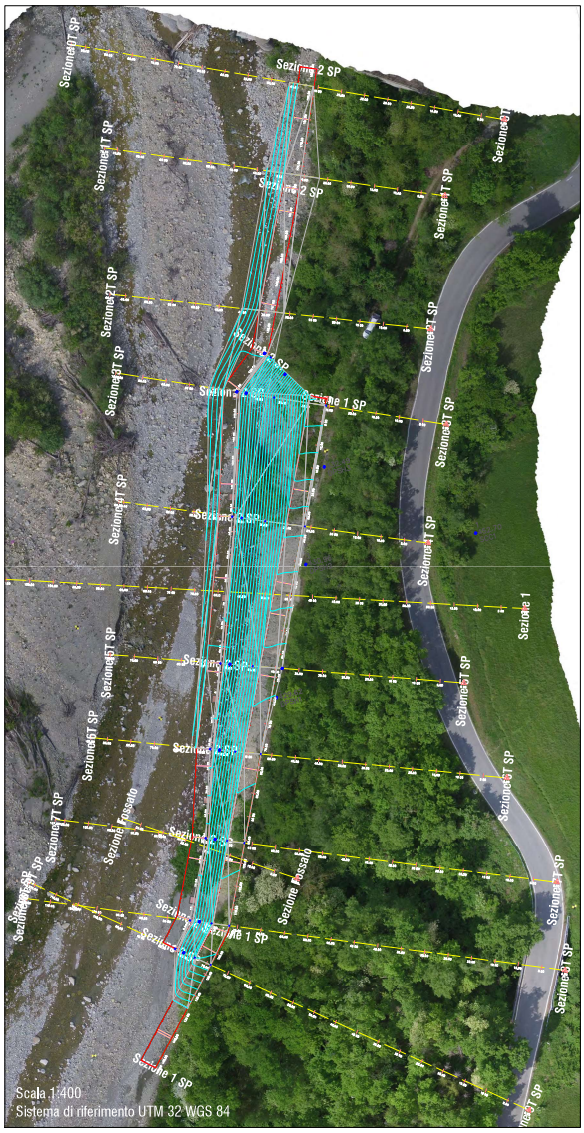
RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO
Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

SCALA 1:150

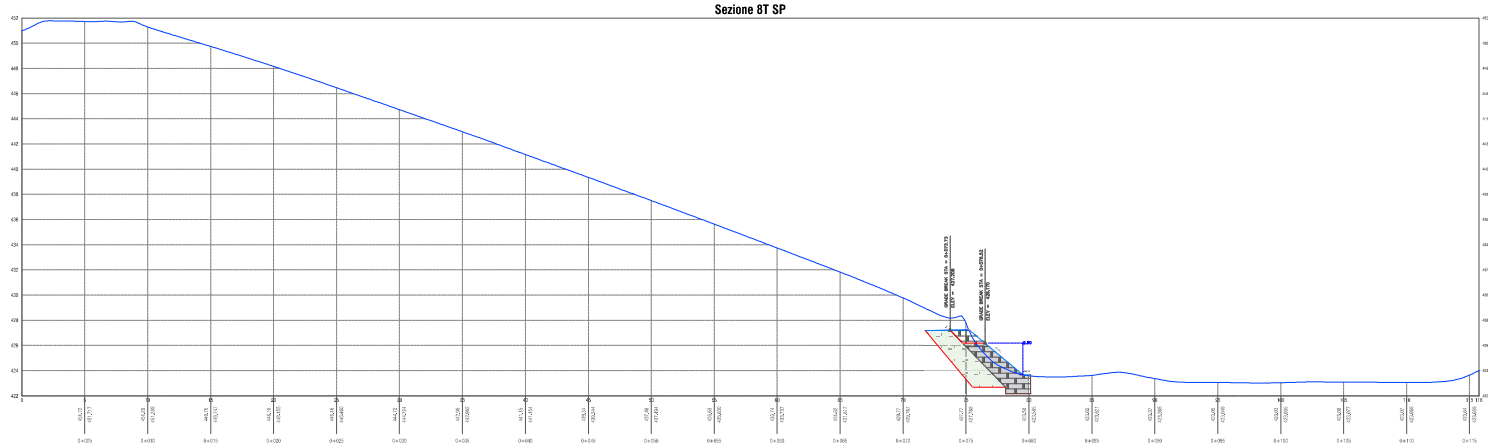
SEZIONI STATO DI PROGETTO

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

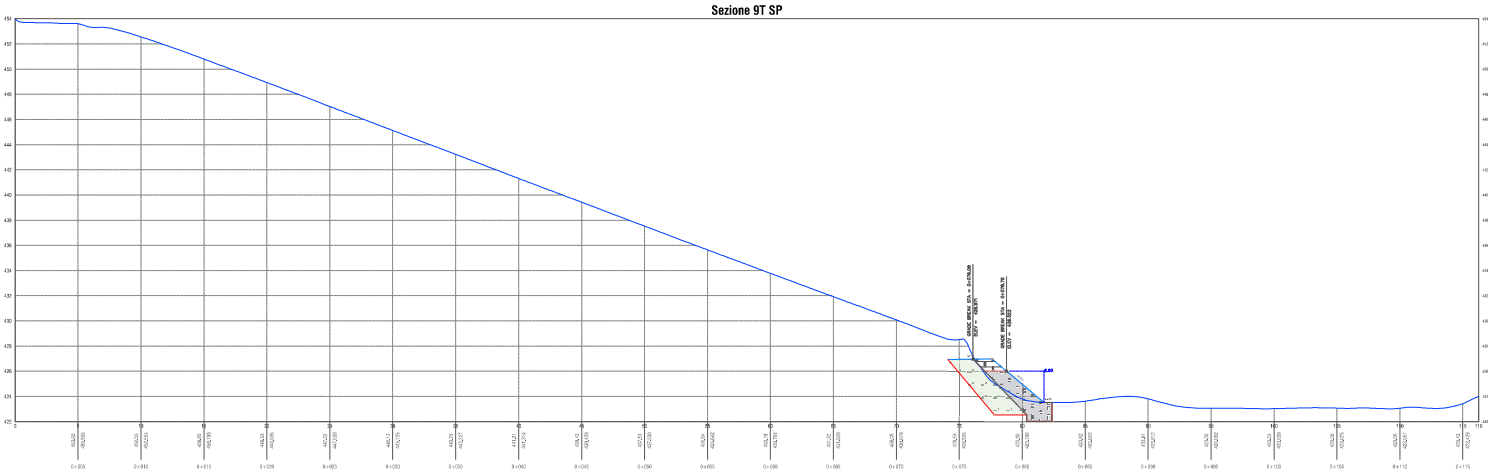
TAV. 7.3



Sezione 8T SP



Sezione 9T SP



COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO
Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica

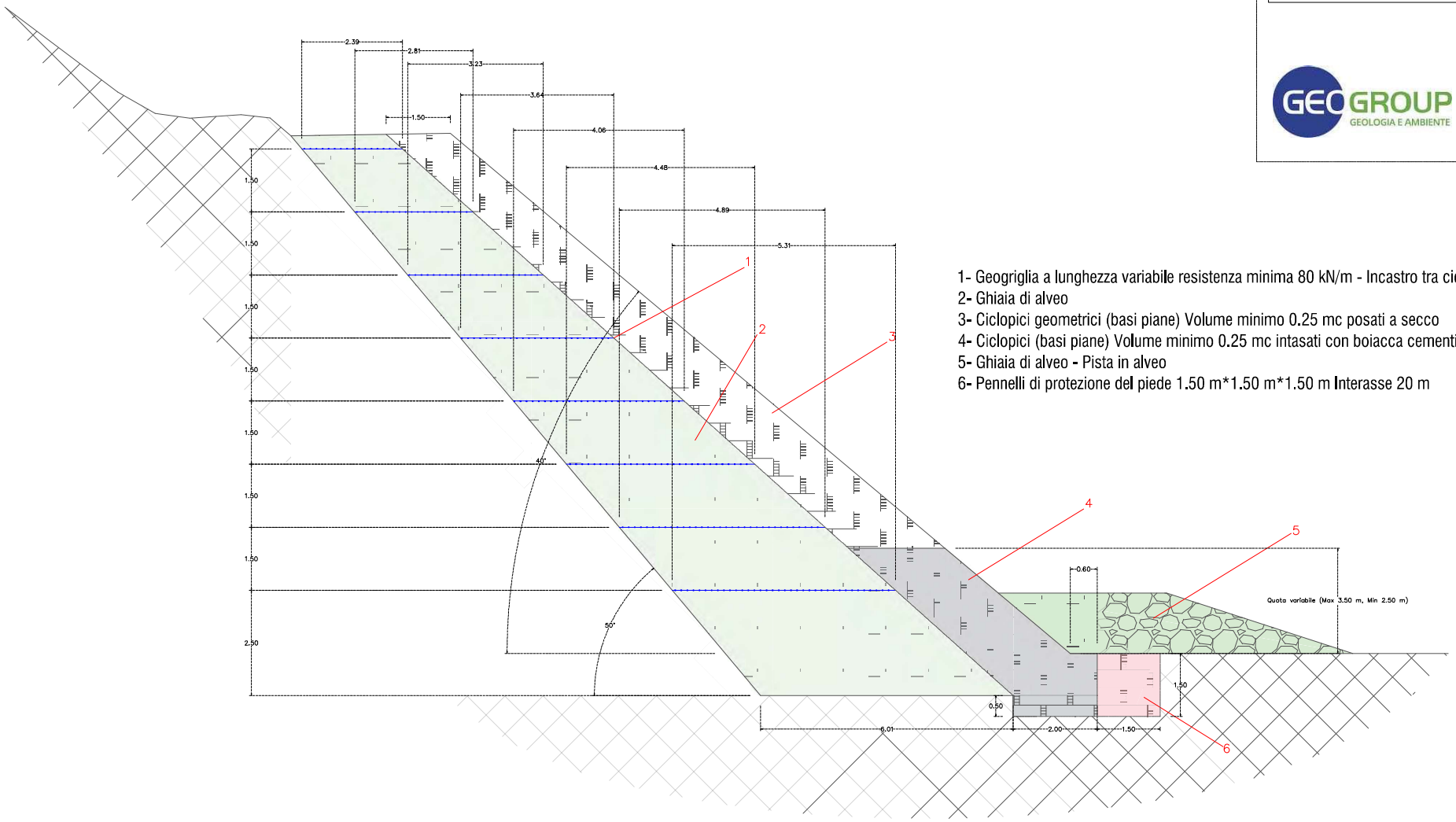
SCALA 1:100

SEZIONE TIPOLOGICA

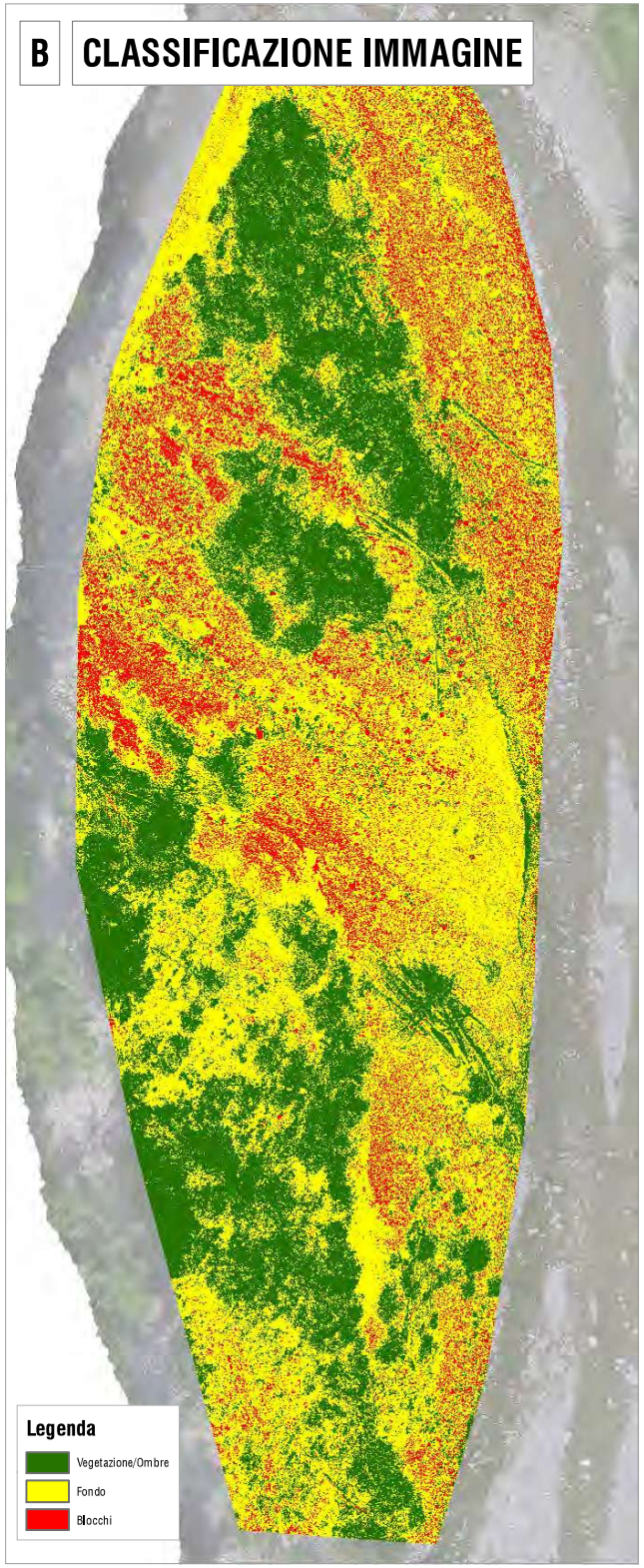
GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

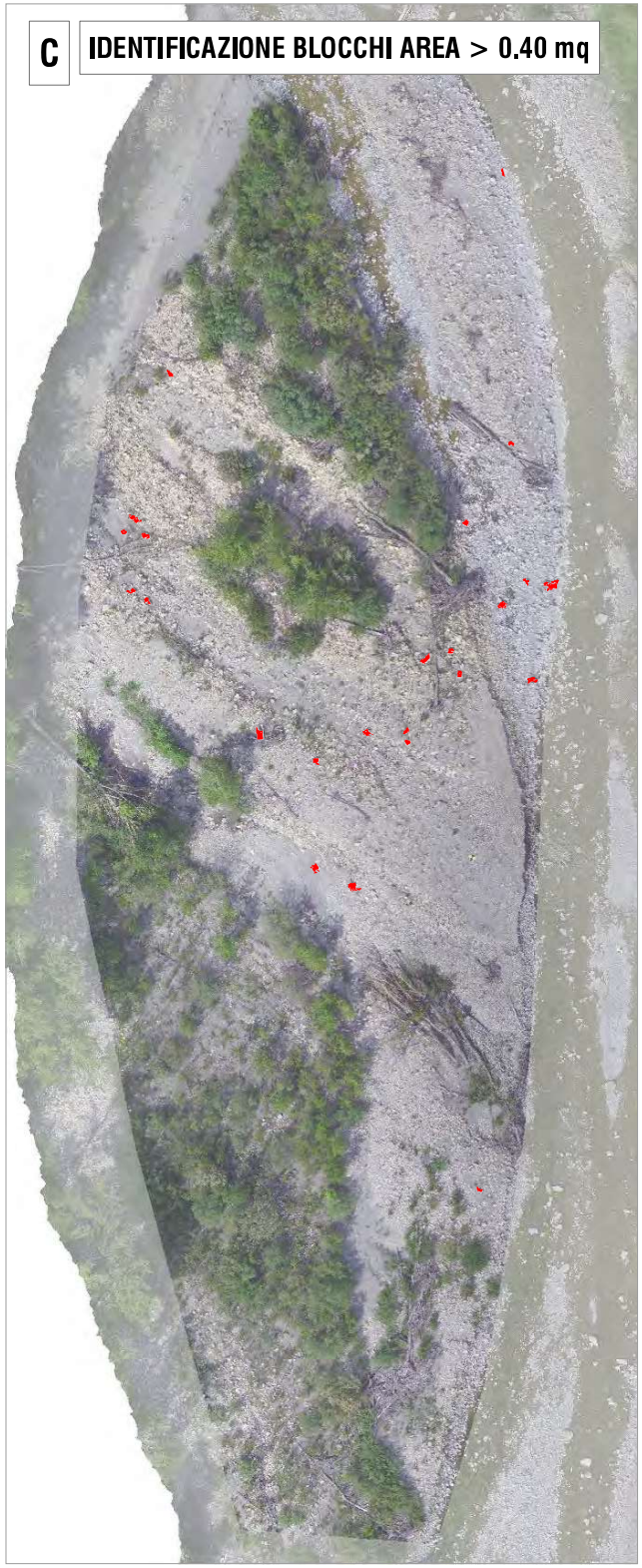
TAV. 8

SEZIONE TIPOLOGICA



1- Geogriglia a lunghezza variabile resistenza minima 80 kN/m - Incastro tra ciclopici
2- Ghiaia di alveo
3- Ciclopici geometrici (basi piane) Volume minimo 0.25 mc posati a secco
4- Ciclopici (basi piane) Volume minimo 0.25 mc intasati con boiacca cementizia
5- Ghiaia di alveo - Pista in alveo
6- Pennelli di protezione del piede 1.50 m*1.50 m*1.50 m Interasse 20 m





1:800

0 3.75 7.5 15 22.5 30 Metri

ANALISI BLOCCHI
VOLUME > 0.25 mc

Ricerca blocchi cubici volume 0.25 mc
Area blocco cubico 0.63 m x 0.63 m = 0.40 mq
Filtro blocchi aventi superficie superiore a 0.40 mq e RPA (Rapporto Perimetro/Area) inferiore a 10
Numero blocchi trovati = 25
Area blocchi trovati = 17.50 mq
Area totale ricerca blocchi = 1732 mq
Percentuale blocchi A > 0.40 mq e RAP < 10 = 1%

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

TITOLO: **ANALISI BLOCCHI ALVEO**

Maggio 2020

Rif. 239/20

Tavola
9

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

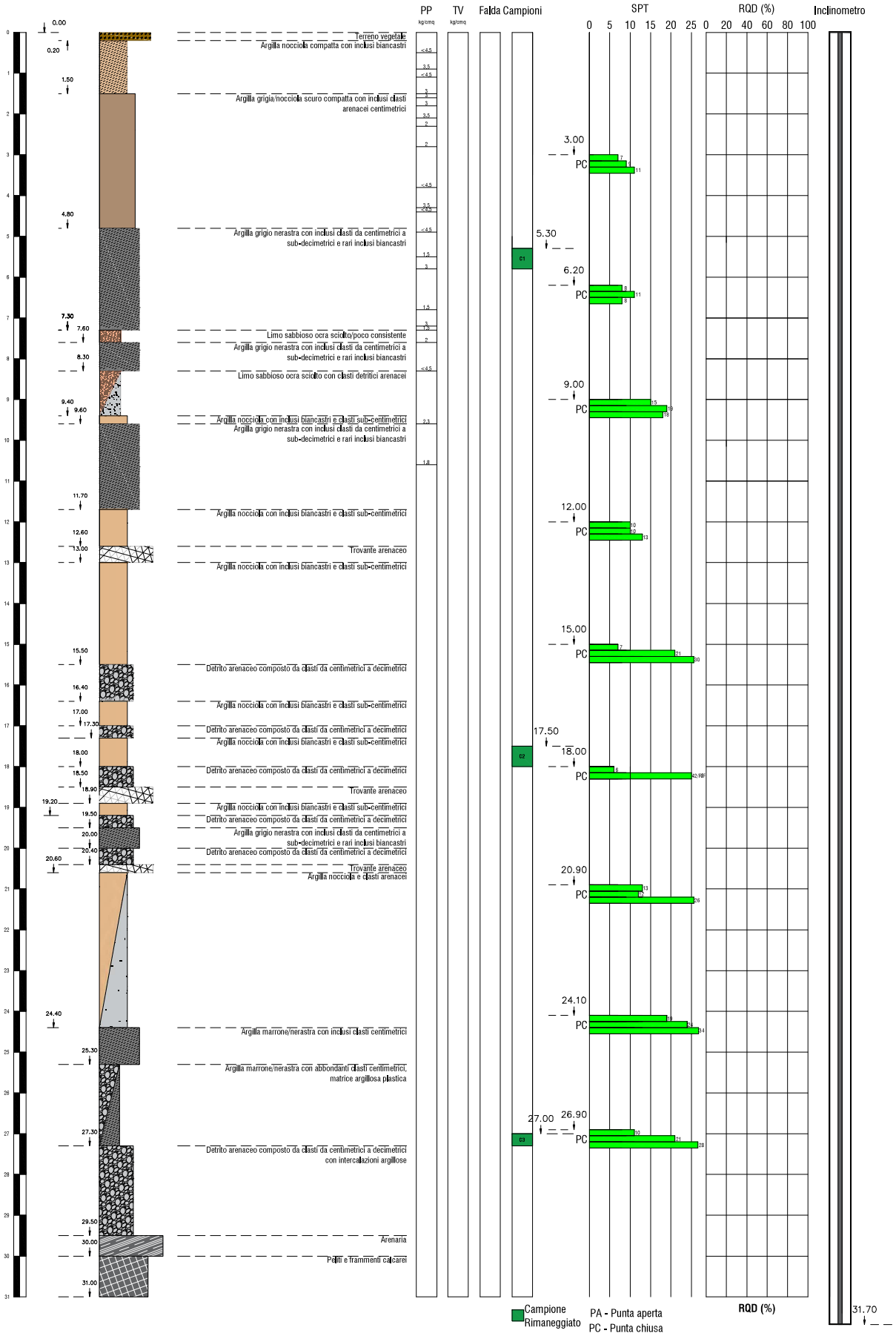
Allegato n.1

Stratigrafia sondaggio a carotaggio continuo

GEO GROUP SrL

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche - Rif. ENAC 18627

CANTIERE : SAVONIERO	**CAROTAGGIO :** S1 (RER_49)	**PROFONDITA' :** 31.00 m da p.c.	**FALDA :** non rilevata
DATA PERFORAZIONE : 12/05/2020-15/05/2020	**STRUMENTAZIONE :** ATLAS COPCO	**NOTE :**	



UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
Allegato fotografico

Codice: **SCC1**

INFORMAZIONI GENERALI

Cantiere: **RER – Sponda destra Torrente Dragone Comune di Palagano**
Data inizio perforazione: **12/05/2020**
Data fine perforazione: **15/05/2020**
Strumentazione utilizzata: **PERFORATRICE MUSTANG-ATLAS COPCO**
Carotiere: **T1 (Φ = 101 mm)**
Rivestimento: **Φ = 127 mm**
Profondità raggiunta: **31.50 m**
Attrezzatura installata: **Tubo inclinometrico 4 gole – Profondità 31.70 m**

Punto di sondaggio

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 1 – (0.00-5.00 m)

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

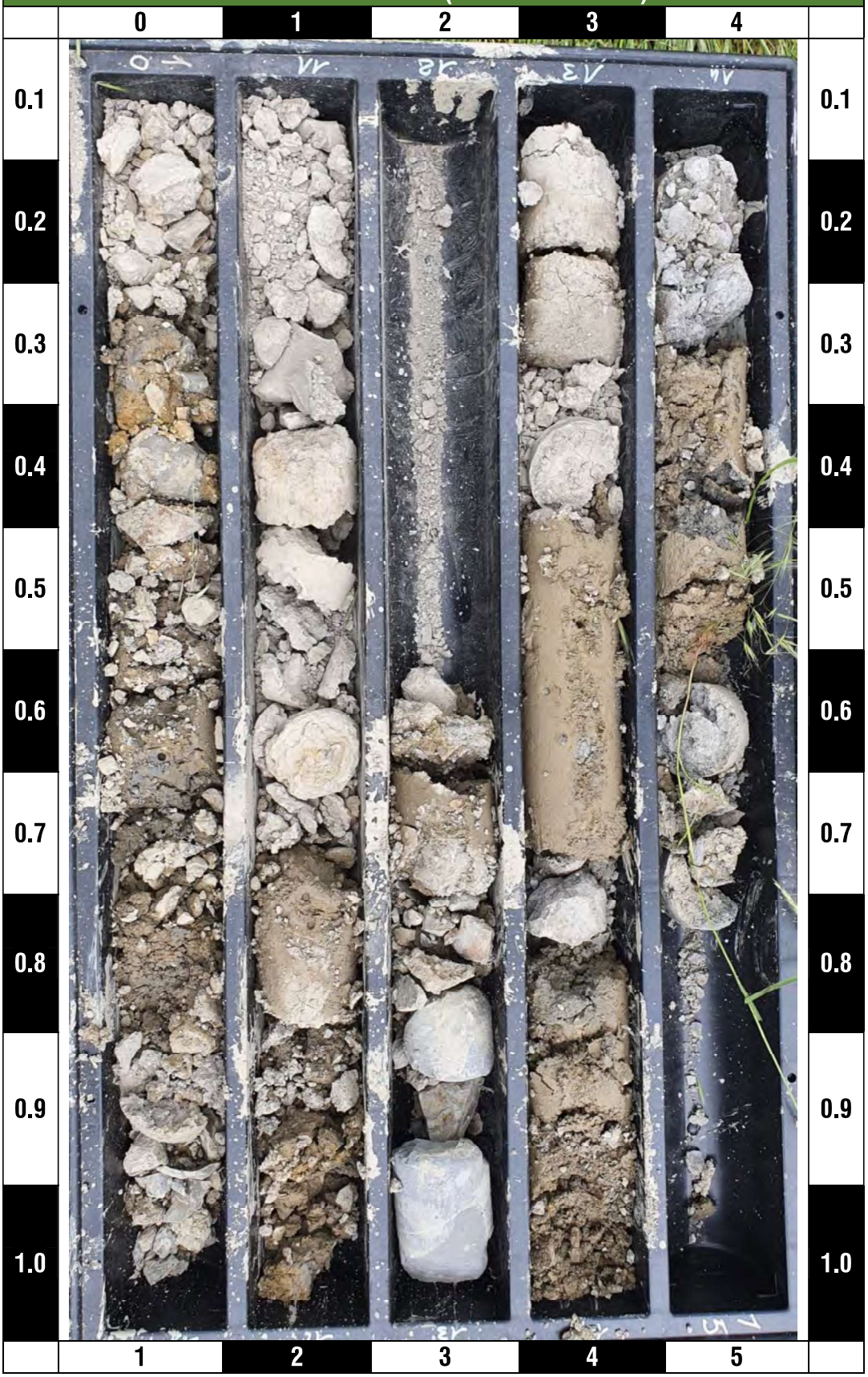
UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 2 – (5.00-10.00 m)

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 3 – (10.00-15.00 m)



GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 4 – (15.00-20.00 m)

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 5 – (20.00-25.00 m)

	0	1	2	3	4	
0.1						0.1
0.2						0.2
0.3						0.3
0.4						0.4
0.5						0.5
0.6						0.6
0.7						0.7
0.8						0.8
0.9						0.9
1.0						1.0
	1	2	3	4	5	

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

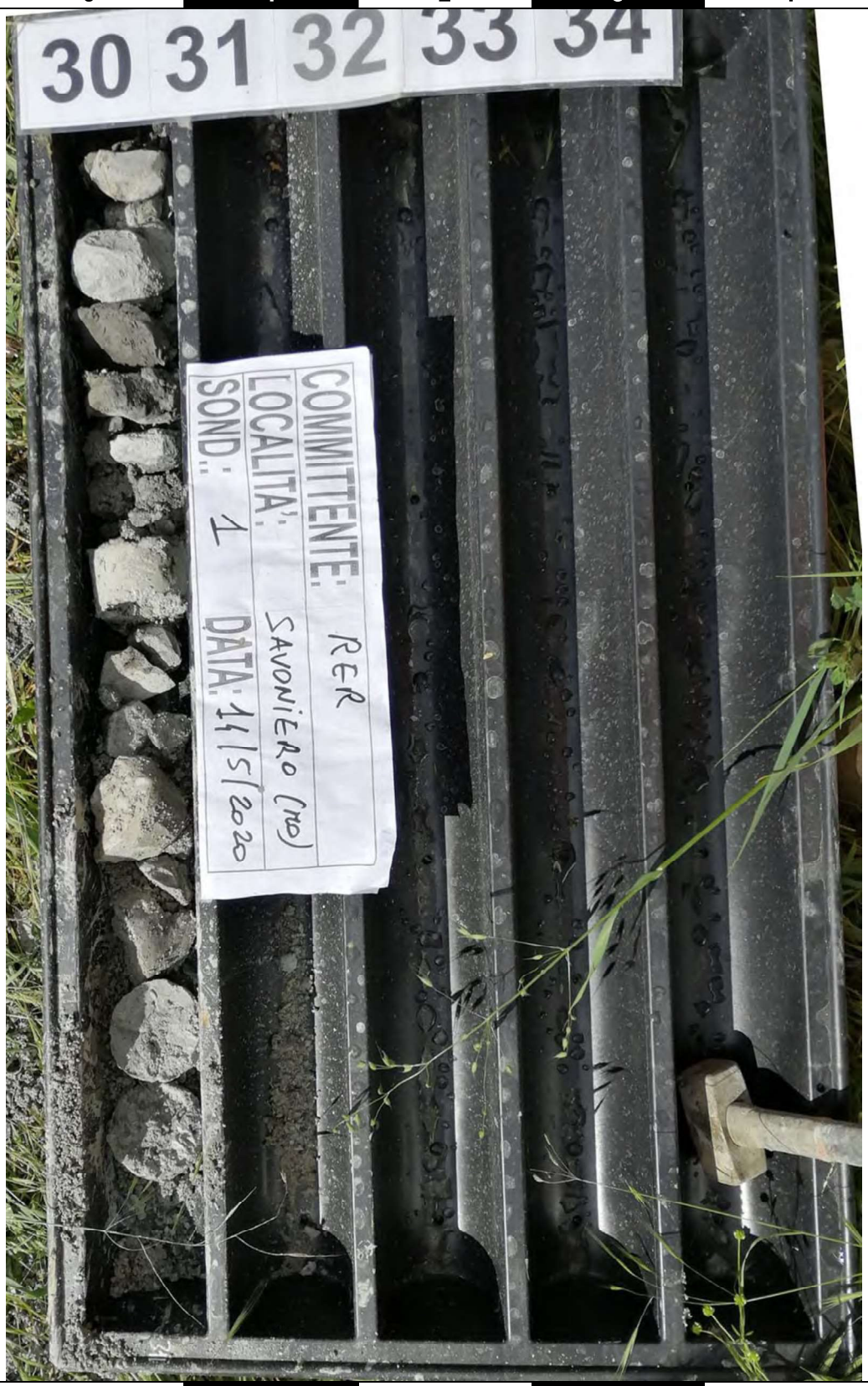
UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 6 – (25.00-30.00 m)

GEO GROUP
GEOLOGIA E AMBIENTE

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

CASSETTA N. 7 – (30.00-35.00 m)



UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.2

Prove SPT in foro di sondaggio

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3.15	7
3.30	9
3.45	11

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	20	3.45	1.35	2.50	1.00	0.78	1.98	0.00	1.70	2.08	1.00	3.05	2.50

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	20	3.45	Robertson (1983)	40.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	20	3.45	91.76	--	205.78	200.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	20	3.45	209.60	200.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	20	3.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	20	3.45	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	20	3.45	Meyerhof	2.31

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	20	3.45		0

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
6.35	8
6.50	11
6.65	8

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	19	6.65	1.28	2.38	1.00	0.74	1.88	0.00	1.62	1.99	0.95	2.40	2.38

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	19	6.65	Robertson (1983)	38.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	19	6.65	87.17	--	195.58	190.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	19	6.65	198.10	190.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	19	6.65	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	19	6.65	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	19	6.65	Meyerhof	2.31

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	19	6.65		0

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
9.15	15
9.30	19
9.45	18

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	37	9.45	2.50	4.63	0.00	1.36	3.69	0.00	2.91	3.87	1.85	5.01	4.63

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	37	9.45	Robertson (1983)	74.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	37	9.45	169.76	--	379.17	370.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	37	9.45	405.10	370.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	37	9.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	37	9.45	Meyerhof	2.36

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	37	9.45	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	37	9.45		0

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
12.15	10
12.30	10
12.45	13

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	23	12.45	1.55	2.88	1.00	0.88	2.28	0.00	1.93	2.37	1.15	2.23	2.88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	23	12.45	Robertson (1983)	46.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	23	12.45	105.52	--	236.38	230.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	23	12.45	244.10	230.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	23	12.45	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	23	12.45	Meyerhof	2.11

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	23	12.45	Meyerhof	2.17

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	23	12.45		0

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
15.15	7
15.30	21
15.45	30

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	51	15.45	3.44	6.38	0.00	1.78	5.10	0.00	3.74	5.62	2.55	6.35	6.38

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	51	15.45	Robertson (1983)	102.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	51	15.45	233.99	--	521.96	510.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	51	15.45	566.10	510.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	51	15.45	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	51	15.45	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	51	15.45	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	51	15.45		0

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
18.15	6
18.30	42
18.45	50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	92	18.45	62.07	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	92	18.45	92	53.29	46.29	53.76	30.51	37.93	42	>38	52.15	54.6	49.71	57.9

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	92	18.45	92	684.64	736.00	1086.30	870.00	535.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	92	18.45	92	552.00	216.44	653.20	448.32

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	92	18.45	92	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] -	92	18.45	92	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] -	92	18.45	92	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	92	18.45	92	(A.G.I.)	0.17

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	92	18.45	92	4559.05	1980.54

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	92	18.45	92	Ohta & Goto (1978) Limi	229.67

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	92	18.45	92	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] -	92	18.45	92		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	92	18.45	92		---

PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
21.05	13
21.20	12
21.35	26

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	38	21.35	2.57	4.75	0.00	1.39	3.79	0.00	2.97	3.99	1.90	3.11	4.75

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	38	21.35	Robertson (1983)	76.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	38	21.35	174.34	--	389.37	380.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	38	21.35	416.60	380.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	38	21.35	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	38	21.35	Meyerhof	2.41

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	38	21.35	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	38	21.35		0

PROVA ... Nr.8

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
24.25	19
24.40	24
24.55	34

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	58	24.55	3.92	7.25	0.00	1.97	5.81	0.00	4.10	6.58	2.90	5.97	7.25

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] -	58	24.55	Robertson (1983)	116.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	58	24.55	266.10	--	593.36	580.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	58	24.55	646.60	580.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	58	24.55	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] -	58	24.55	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] -	58	24.55	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	58	24.55		0

PROVA ... Nr.9

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data 19/05/2020
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[0] -	49	27.35	84.5	100	0	79.53

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[0] -	49	27.35	49	41	34	41.72	31.3	42.41	42	35-38	42.11	41.7	52.98	46.3

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[0] -	49	27.35	49	499.65	392.00	578.90	547.50	320.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[0] -	49	27.35	49	294.00	128.11	347.90	256.54

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[0] -	49	27.35	49	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[0] -	49	27.35	49	Terzaghi-Peck 1948	1.85

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[0] -	49	27.35	49	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[0] -	49	27.35	49	(A.G.I.)	0.26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[0] -	49	27.35	49	2521.72	1347.78

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[0] -	49	27.35	49	Ohta & Goto (1978) Limi	222.21

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[0] -	49	27.35	49	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[0] -	49	27.35	49		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[0] -	49	27.35	49		---

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.3

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

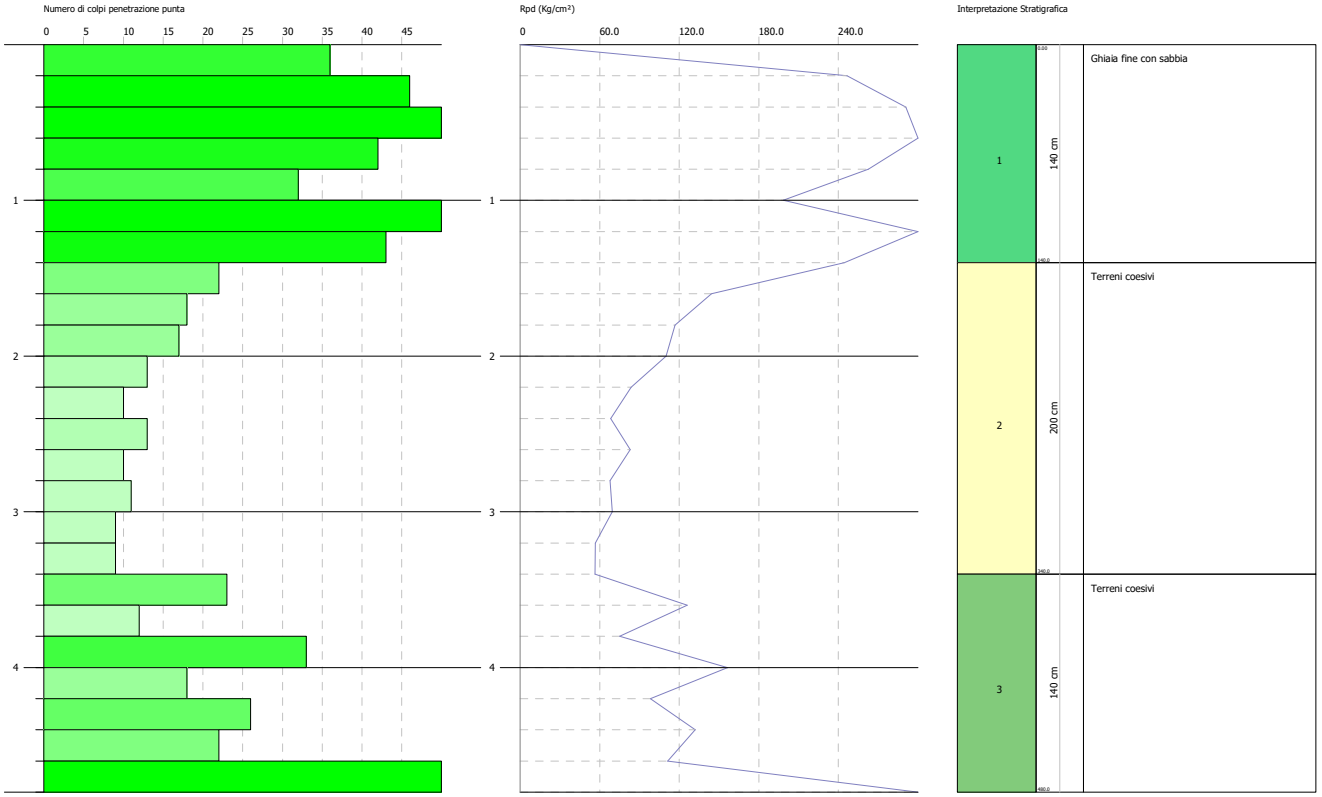
Geo Group Srl
Via Cesare Costa n. 182
Modena

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Regione Emilia Romagna
Descrizione: BIANCO RC
Località: Savoniero (MO)

Data: 13/05/2020

Scala 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

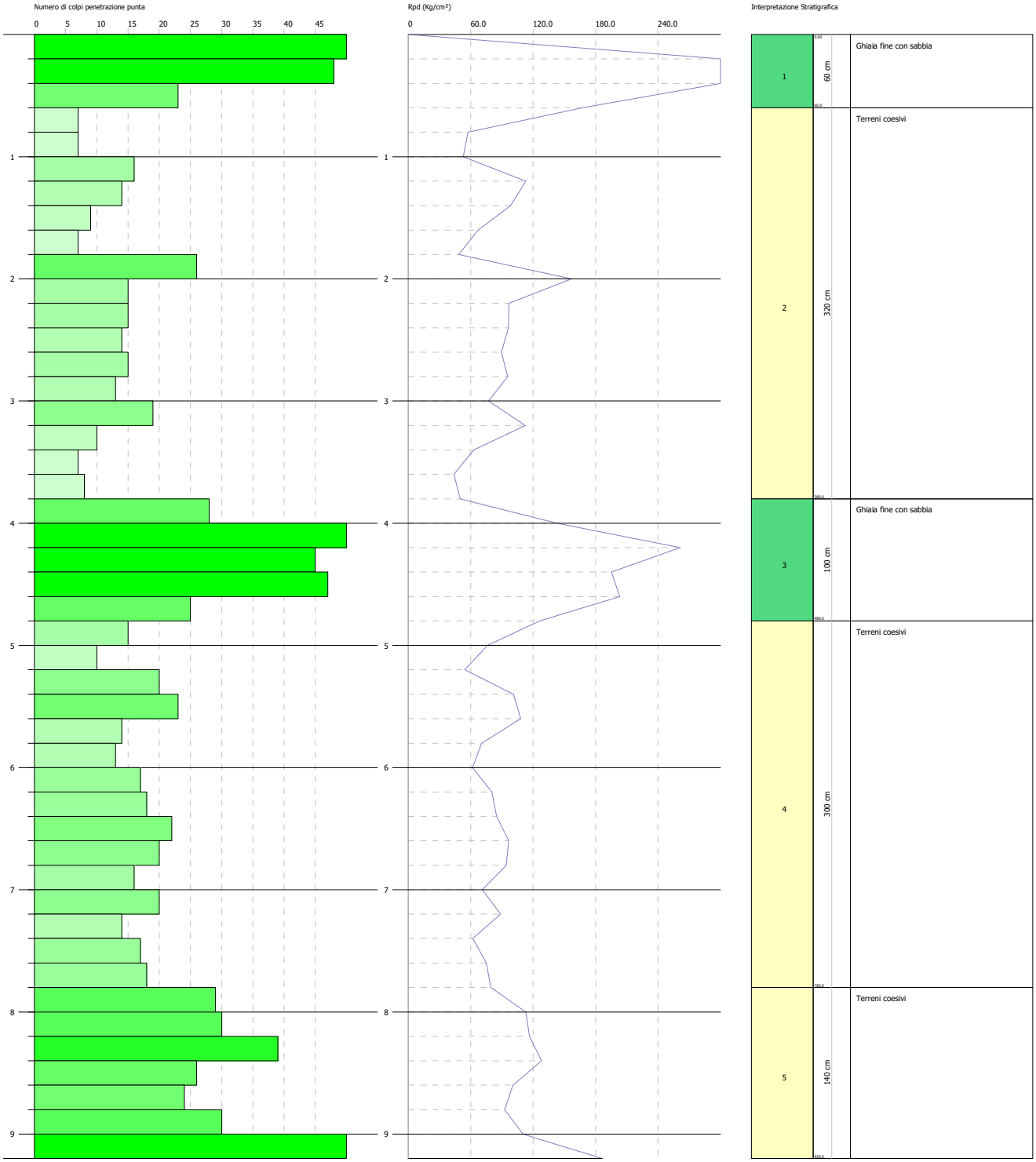
Geo Group Srl
Via Cesare Costa n. 182
Modena

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Regione Emilia Romagna
Descrizione: BIANCO RC
Località: Savoniero (MO)

Data: 13/05/2020

Scala 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

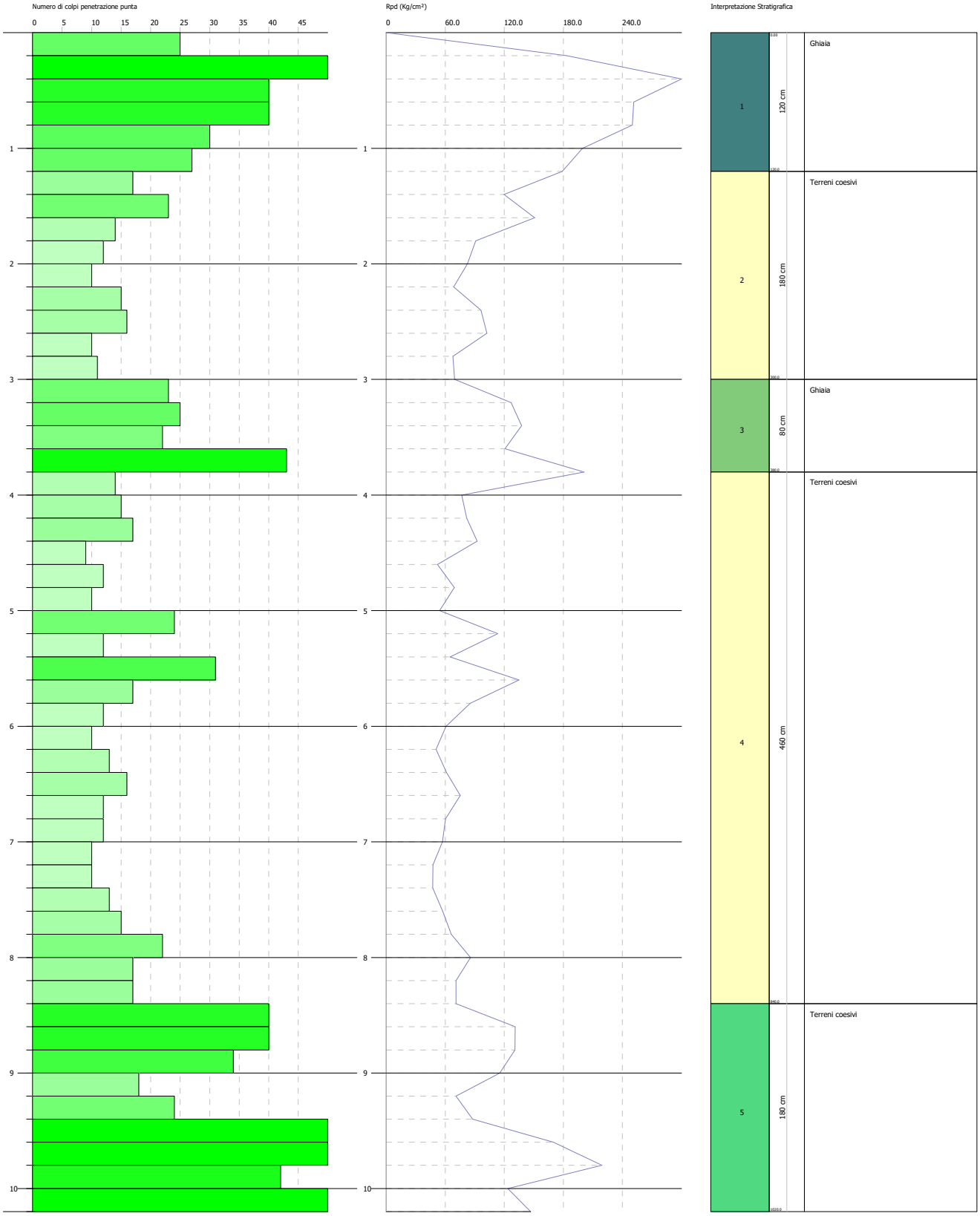
Geo Group Srl
Via Cesare Costa n. 182
Modena

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Regione Emilia Romagna
Descrizione: BIANCO RC
Località: Savoniero (MO)

Data: 13/05/2020

Scala 1:50



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Regione Emilia Romagna Località: Savoniero (MO)	Codice commessa: 300 Numero certificati allegati: 1

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	8	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20	cm^2
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.504	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 13/05/2020
Profondità prova 4.80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	36	0.705	246.51	349.84	246.51	349.84
0.40	46	0.651	290.91	447.02	290.91	447.02
0.60	56	0.647	352.10	544.20	352.10	544.20
0.80	42	0.643	262.58	408.15	262.58	408.15
1.00	32	0.690	198.43	287.68	198.43	287.68
1.20	58	0.636	331.76	521.41	331.76	521.41
1.40	43	0.633	244.64	386.56	244.64	386.56
1.60	22	0.730	144.29	197.78	144.29	197.78
1.80	18	0.776	125.62	161.82	125.62	161.82
2.00	17	0.773	109.93	142.18	109.93	142.18
2.20	13	0.770	83.73	108.72	83.73	108.72
2.40	10	0.817	68.34	83.63	68.34	83.63
2.60	13	0.764	83.09	108.72	83.09	108.72
2.80	10	0.811	67.86	83.63	67.86	83.63
3.00	11	0.809	69.55	86.00	69.55	86.00
3.20	9	0.806	56.72	70.37	56.72	70.37
3.40	9	0.803	56.53	70.37	56.53	70.37
3.60	23	0.701	126.03	179.83	126.03	179.83
3.80	12	0.798	74.91	93.82	74.91	93.82
4.00	33	0.646	156.49	242.23	156.49	242.23
4.20	18	0.744	98.26	132.12	98.26	132.12
4.40	26	0.691	131.96	190.85	131.96	190.85
4.60	22	0.689	111.30	161.49	111.30	161.49
4.80	70	0.587	301.66	513.82	301.66	513.82

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.4	44.71	420.69	Incoerente	0	2.36	2.19	0.17	1.5	67.24	Ghiaia fine con sabbia
3.4	13.2	111.32	Coesivo	0	2.1	2.31	0.54	1.5	19.85	Terreni coesivi
4.8	29.14	216.31	Coesivo	0	2.5	2.5	0.93	1.5	43.83	Terreni coesivi

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	1.34	2.48	1.00	0.77	1.96	3.34	1.69	2.07	0.99	3.04	2.48
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	2.96	5.48	0.00	1.57	4.38	6.49	3.33	4.69	2.19	6.97	5.48

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	Robertson (1983)	39.70
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	Robertson (1983)	87.66

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	91.07	--	204.25	198.50
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	201.09	--	448.83	438.30

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	207.88	198.50
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	483.65	438.30

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	Meyerhof	2.10
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40	Meyerhof	2.31
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Terreni coesivi	19.85	3.40		0
[3] - Terreni coesivi	43.83	4.80		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	88.88	100	100	99.56

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Peck-Hanson-Thornburn-	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki

			falda	Meyerhof 1956							BRIDGE SPECIFICATION)			
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	46.21	39.21	46.83	35.73	42.32	42	>38	46.76	47.17	55.11	51.67

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	585.31	537.92	794.13	684.30	411.20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	403.44	165.58	477.40	337.89

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	Terzaghi-Peck 1948	1.93

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	Terzaghi-Peck 1948	2.20

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	(A.G.I.)	0.22

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	3395.34	1635.27

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	Ohta & Goto (1978) Limi	132.25

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	67.24	1.40	67.24		---

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 13/05/2020
Profondità prova 9.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	50	0.655	318.08	485.89	318.08	485.89
0.40	48	0.651	303.56	466.46	303.56	466.46
0.60	23	0.747	166.96	223.51	166.96	223.51
0.80	7	0.843	57.37	68.02	57.37	68.02
1.00	7	0.840	52.84	62.93	52.84	62.93
1.20	16	0.786	113.09	143.84	113.09	143.84
1.40	14	0.783	98.53	125.86	98.53	125.86
1.60	9	0.830	67.12	80.91	67.12	80.91
1.80	7	0.826	52.00	62.93	52.00	62.93
2.00	26	0.723	157.25	217.45	157.25	217.45
2.20	15	0.770	96.61	125.45	96.61	125.45
2.40	15	0.767	96.24	125.45	96.24	125.45
2.60	14	0.764	89.48	117.09	89.48	117.09
2.80	15	0.761	95.52	125.45	95.52	125.45
3.00	13	0.759	77.11	101.64	77.11	101.64
3.20	19	0.756	112.30	148.55	112.30	148.55
3.40	10	0.803	62.81	78.18	62.81	78.18
3.60	7	0.801	43.83	54.73	43.83	54.73
3.80	8	0.798	49.94	62.55	49.94	62.55
4.00	28	0.696	143.05	205.53	143.05	205.53
4.20	60	0.594	261.47	440.42	261.47	440.42
4.40	45	0.591	195.36	330.31	195.36	330.31
4.60	47	0.589	203.28	344.99	203.28	344.99
4.80	25	0.687	126.09	183.51	126.09	183.51
5.00	15	0.735	76.26	103.76	76.26	103.76
5.20	10	0.783	54.16	69.17	54.16	69.17
5.40	20	0.731	101.13	138.34	101.13	138.34
5.60	23	0.679	108.05	159.10	108.05	159.10
5.80	14	0.727	70.43	96.84	70.43	96.84
6.00	13	0.725	61.68	85.02	61.68	85.02
6.20	17	0.724	80.47	111.18	80.47	111.18
6.40	18	0.722	85.00	117.72	85.00	117.72
6.60	22	0.670	96.45	143.88	96.45	143.88
6.80	20	0.719	94.01	130.80	94.01	130.80
7.00	16	0.717	71.17	99.24	71.17	99.24
7.20	20	0.716	88.77	124.04	88.77	124.04
7.40	14	0.714	62.01	86.83	62.01	86.83
7.60	17	0.713	75.15	105.44	75.15	105.44
7.80	18	0.711	79.41	111.64	79.41	111.64
8.00	29	0.660	112.86	171.02	112.86	171.02
8.20	30	0.659	116.51	176.92	116.51	176.92
8.40	39	0.557	128.17	230.00	128.17	230.00
8.60	26	0.656	100.58	153.33	100.58	153.33
8.80	24	0.655	92.67	141.54	92.67	141.54
9.00	30	0.653	110.20	168.64	110.20	168.64
9.20	60	0.552	186.27	337.27	186.27	337.27

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	40.33	391.95	Incoerente	0	2.29	2.17	0.07	1.5	60.66	Ghiaia fine con sabbia
3.8	12.62	106.31	Coesivo	0	2.1	2.31	0.47	1.5	18.98	Terreni coesivi
4.8	41	300.95	Incoerente	0	2.3	2.17	0.92	1.5	61.66	Ghiaia fine con sabbia
7.8	17.13	112.2	Coesivo	0	2.12	2.25	1.36	1.5	25.76	Terreni coesivi
9.2	34	196.96	Coesivo	0	2.5	2.5	1.85	1.5	51.14	Terreni coesivi

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	1.28	2.37	1.00	0.74	1.88	3.19	1.62	1.99	0.95	2.82	2.37
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	1.74	3.22	1.00	0.98	2.56	3.37	2.13	2.65	1.29	3.42	3.22
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	3.45	6.39	0.00	1.78	5.12	5.91	3.75	5.64	2.56	7.49	6.39

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	Robertson (1983)	37.96
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	Robertson (1983)	51.52
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	Robertson (1983)	102.28

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	87.08	--	195.38	189.80
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	118.19	--	264.53	257.60
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	234.63	--	523.39	511.40

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	197.87	189.80
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	275.84	257.60
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	567.71	511.40

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	Meyerhof	2.10
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	Meyerhof	2.12
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80	Meyerhof	2.31
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80	Meyerhof	2.25
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Terreni coesivi	18.98	3.80		0
[4] - Terreni coesivi	25.76	7.80		0
[5] - Terreni coesivi	51.14	9.20		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	88.87	100	100	90.81
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	68.32	100	100	92

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	44.33	37.33	44.98	37.47	42.66	42	>38	45.16	45.2	54.58	49.83
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	44.62	37.62	45.26	31.85	42.63	42	>38	45.41	45.5	51.47	50.12

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	555.93	485.28	716.49	634.95	378.30
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	560.50	493.28	728.29	642.45	383.30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	363.96	152.06	430.69	308.54
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	369.96	154.12	437.79	313.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	Terzaghi-Peck 1948	1.91
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	Terzaghi-Peck 1948	1.91

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	Terzaghi-Peck 1948	2.19
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	Terzaghi-Peck 1948	2.19

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	(A.G.I.)	0.23
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	(A.G.I.)	0.23

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	3082.06	1535.55
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	3129.80	1550.97

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	Ohta & Goto (1978) Limi	110.32
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	Ohta & Goto (1978) Limi	184.95

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66		---
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Ghiaia fine con sabbia	60.66	0.60	60.66		---
[3] - Ghiaia fine con sabbia	61.66	4.80	61.66		---

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 13/05/2020
Profondità prova 10.20 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	25	0.755	183.33	242.95	183.33	242.95
0.40	52	0.651	328.85	505.33	328.85	505.33
0.60	40	0.647	251.50	388.71	251.50	388.71
0.80	40	0.643	250.07	388.71	250.07	388.71
1.00	30	0.740	199.51	269.70	199.51	269.70
1.20	27	0.736	178.71	242.73	178.71	242.73
1.40	17	0.783	119.64	152.83	119.64	152.83
1.60	23	0.730	150.85	206.77	150.85	206.77
1.80	14	0.776	97.71	125.86	97.71	125.86
2.00	12	0.823	82.61	100.36	82.61	100.36
2.20	10	0.820	68.59	83.63	68.59	83.63
2.40	15	0.767	96.24	125.45	96.24	125.45
2.60	16	0.764	102.27	133.81	102.27	133.81
2.80	10	0.811	67.86	83.63	67.86	83.63
3.00	11	0.809	69.55	86.00	69.55	86.00
3.20	23	0.706	126.96	179.83	126.96	179.83
3.40	25	0.703	137.49	195.46	137.49	195.46
3.60	22	0.701	120.55	172.01	120.55	172.01
3.80	43	0.598	201.18	336.19	201.18	336.19
4.00	14	0.746	76.66	102.76	76.66	102.76
4.20	15	0.744	81.88	110.10	81.88	110.10
4.40	17	0.741	92.52	124.78	92.52	124.78
4.60	9	0.789	52.14	66.06	52.14	66.06
4.80	12	0.787	69.33	88.08	69.33	88.08
5.00	10	0.785	54.30	69.17	54.30	69.17
5.20	24	0.683	113.39	166.01	113.39	166.01
5.40	12	0.781	64.83	83.01	64.83	83.01
5.60	31	0.629	134.91	214.43	134.91	214.43
5.80	17	0.727	85.52	117.59	85.52	117.59
6.00	12	0.775	60.86	78.48	60.86	78.48
6.20	10	0.774	50.60	65.40	50.60	65.40
6.40	13	0.722	61.39	85.02	61.39	85.02
6.60	16	0.720	75.38	104.64	75.38	104.64
6.80	12	0.769	60.33	78.48	60.33	78.48
7.00	12	0.767	57.10	74.43	57.10	74.43
7.20	10	0.766	47.49	62.02	47.49	62.02
7.40	10	0.764	47.39	62.02	47.39	62.02
7.60	13	0.713	57.46	80.63	57.46	80.63
7.80	15	0.711	66.17	93.03	66.17	93.03
8.00	22	0.660	85.62	129.74	85.62	129.74
8.20	17	0.709	71.04	100.26	71.04	100.26
8.40	17	0.707	70.91	100.26	70.91	100.26
8.60	40	0.556	131.15	235.90	131.15	235.90
8.80	40	0.555	130.86	235.90	130.86	235.90
9.00	34	0.603	115.34	191.12	115.34	191.12
9.20	18	0.702	71.06	101.18	71.06	101.18
9.40	24	0.651	87.84	134.91	87.84	134.91
9.60	55	0.550	170.03	309.16	170.03	309.16
9.80	71	0.549	219.03	399.10	219.03	399.10
10.00	42	0.548	123.52	225.53	123.52	225.53
10.20	50	0.547	146.75	268.48	146.75	268.48

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	35.67	339.69	Incoerente	0	2.25	2.16	0.14	1.5	53.65	Ghiaia
3	14.22	122.04	Coesivo	0	2.1	2.13	0.46	1.5	21.39	Terreni coesivi
3.8	28.25	220.87	Incoerente	0	2.21	2.12	0.74	1.5	42.49	Ghiaia

8.4	14.78	98.11	Coesivo	0	2.11	2.15	1.31	1.5	22.23	Terreni coesivi
10.2	41.56	233.48	Coesivo	0	2.5	2.5	2.02	1.5	62.51	Terreni coesivi

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	1.44	2.67	1.00	0.83	2.12	3.66	1.80	2.21	1.07	3.37	2.67
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	1.50	2.78	1.00	0.86	2.20	2.94	1.87	2.30	1.11	2.70	2.78
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	4.22	7.81	0.00	2.09	6.27	7.00	4.32	7.24	3.13	9.34	7.81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	Robertson (1983)	42.78
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	Robertson (1983)	44.46
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	Robertson (1983)	125.02

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	98.14	--	219.96	213.90
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	101.99	--	228.52	222.30
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	286.80	--	639.36	625.10

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	225.59	213.90
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	235.25	222.30
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	698.47	625.10

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	Meyerhof	2.10
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	Meyerhof	2.11
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	Meyerhof	2.50

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00	Meyerhof	2.13
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40	Meyerhof	2.15
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20	Meyerhof	2.50

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Terreni coesivi	21.39	3.00		0
[4] - Terreni coesivi	22.23	8.40		0
[5] - Terreni coesivi	62.51	10.20		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	82.58	100	100	83.57
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	61.28	100	100	74.34

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	42.33	35.33	43.02	35.8	42.64	42	>38	43.37	43.1	53.25	47.76
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	39.14	32.14	39.9	31.74	41.79	42	35-38	40.25	39.75	48.93	44.15

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	522.82	429.20	633.77	582.38	343.25
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	465.28	339.92	502.08	498.68	287.45

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	321.90	137.66	380.92	277.28
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	254.94	114.74	301.68	227.51

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	Terzaghi-Peck 1948	1.80

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	Terzaghi-Peck 1948	2.16
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	Terzaghi-Peck 1948	2.12

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	(A.G.I.)	0.25
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	(A.G.I.)	0.27

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	2746.05	1424.55
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	2205.48	1235.36

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	Ohta & Goto (1978) Limi	123.46
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	Ohta & Goto (1978) Limi	165.73

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65		---
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm^2)
[1] - Ghiaia	53.65	1.20	53.65		---
[3] - Ghiaia	42.49	3.80	42.49		---

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.4

Tomografia elettrica ERT

COMUNE DI PALAGANO
PROVINCIA DI MODENA

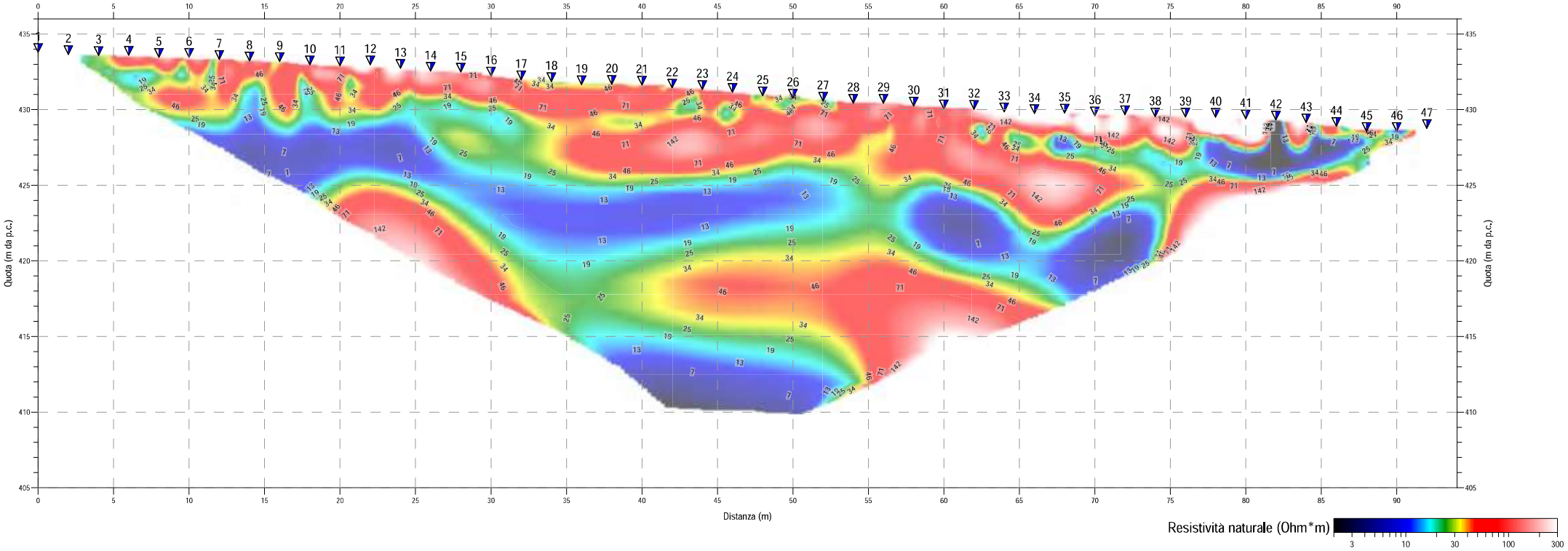
ERT 1

ERT *Elettrical resistivity tomography*

GEO GROUP GEOLOGIA E AMBIENTE

CONFIGURAZIONE ARRAY — Data rilievi 8/05/2020
n. 1 Array 48 elettrodi continui - Offset 2.00 m
Acquisizione: Dipolo-Dipolo

Resistività naturale



UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.5

Indagine sismica MASW

..

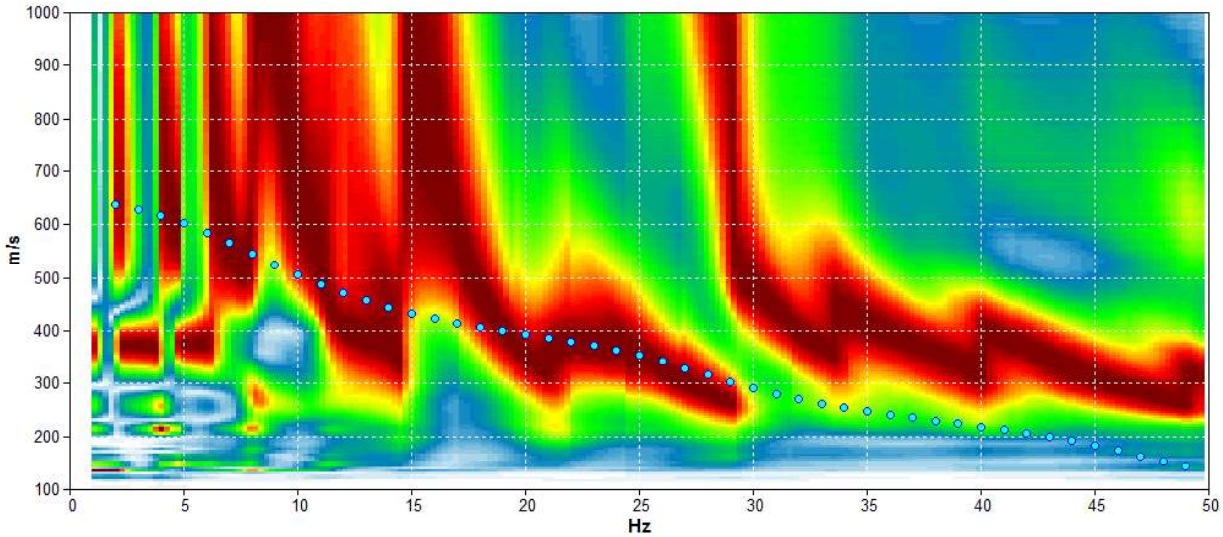
SAVONIERO, MASW1

Start recording: 08/05/20 12:52:35 End recording: 08/05/20 12:52:37
Trace length: 0h00'02".
Sampling rate: 4000 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ; CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ; CH16 ; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ; CH24

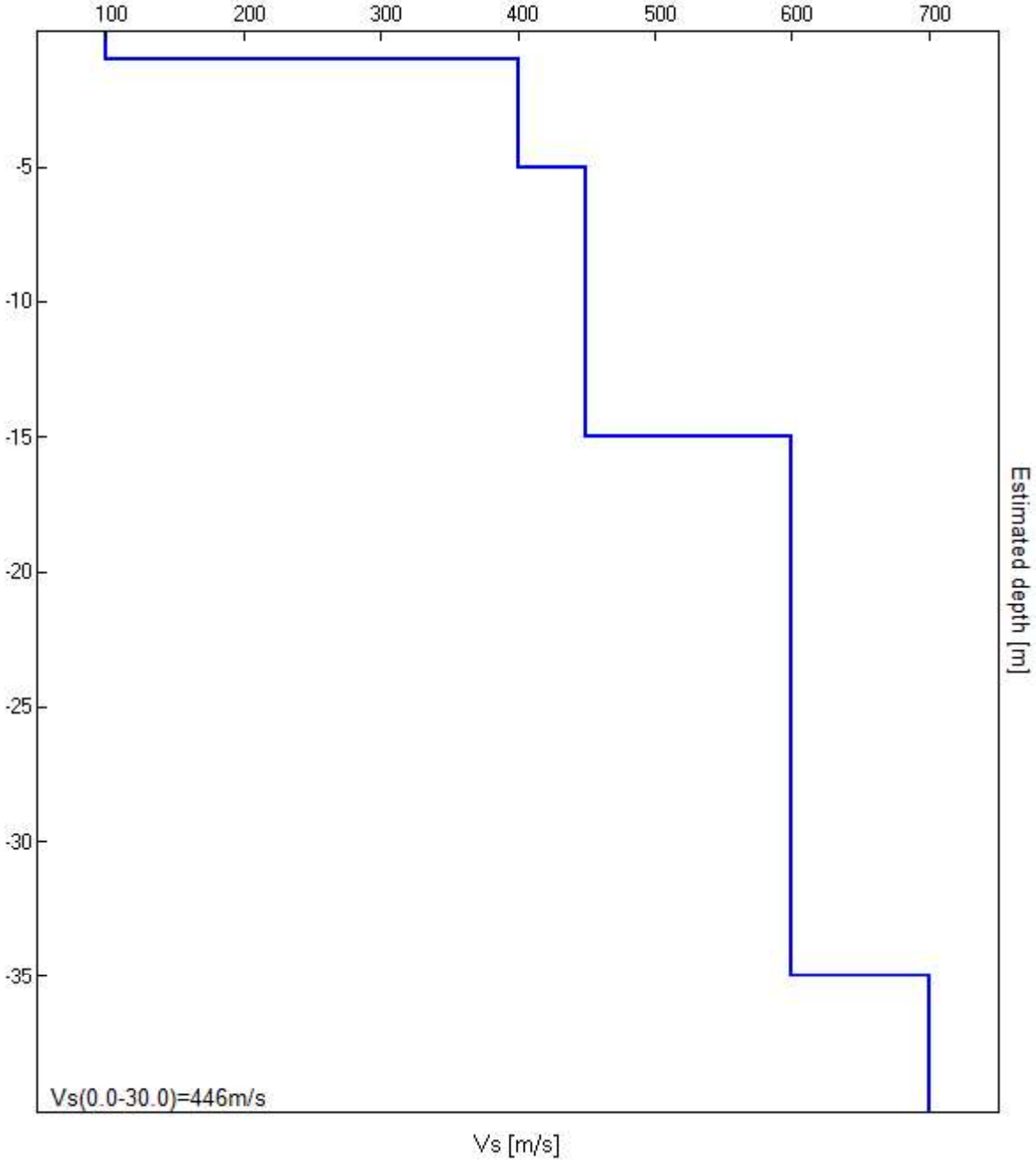
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	100	0.42
5.00	4.00	400	0.42
15.00	10.00	450	0.42
35.00	20.00	600	0.42
inf.	inf.	700	0.42

Vs(0.0-30.0)=446m/s


100
200
300
400
500
600
700
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
Estimated depth [m]
Vs(0.0-30.0)=446m/s
Vs [m/s]

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.6

Prove di laboratorio geotecnico

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

35.00

DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P00428

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Palagano (MO), fraz. Savoniero**

Cantiere: **studio terreno**

Data apertura e descrizione: **19/05/2020**

Data emissione rapporto: **27/05/2020**

Sondaggio n. **1** Campione: **1**

Profondità di prelievo: **5.30 – 5.60 m**

Qualità campione: **AGI Q3**

Alto: 5.30 m	**P.P.** (Kg/cm²)	**T.V.** (Kg/cm²)	**Descrizione Litologica**
	>6.00	N.D.	Detrito costituito da inclusi eterogenei ed eterometrici in matrice argilloso sabbioso limosa, grigia scura, asciutta.
			Lunghezza campione: 0.30 m
	>6.00		Note:
Basso: 5.60 m			

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

RAPPORTO DI PROVA N°: P00425	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 26/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

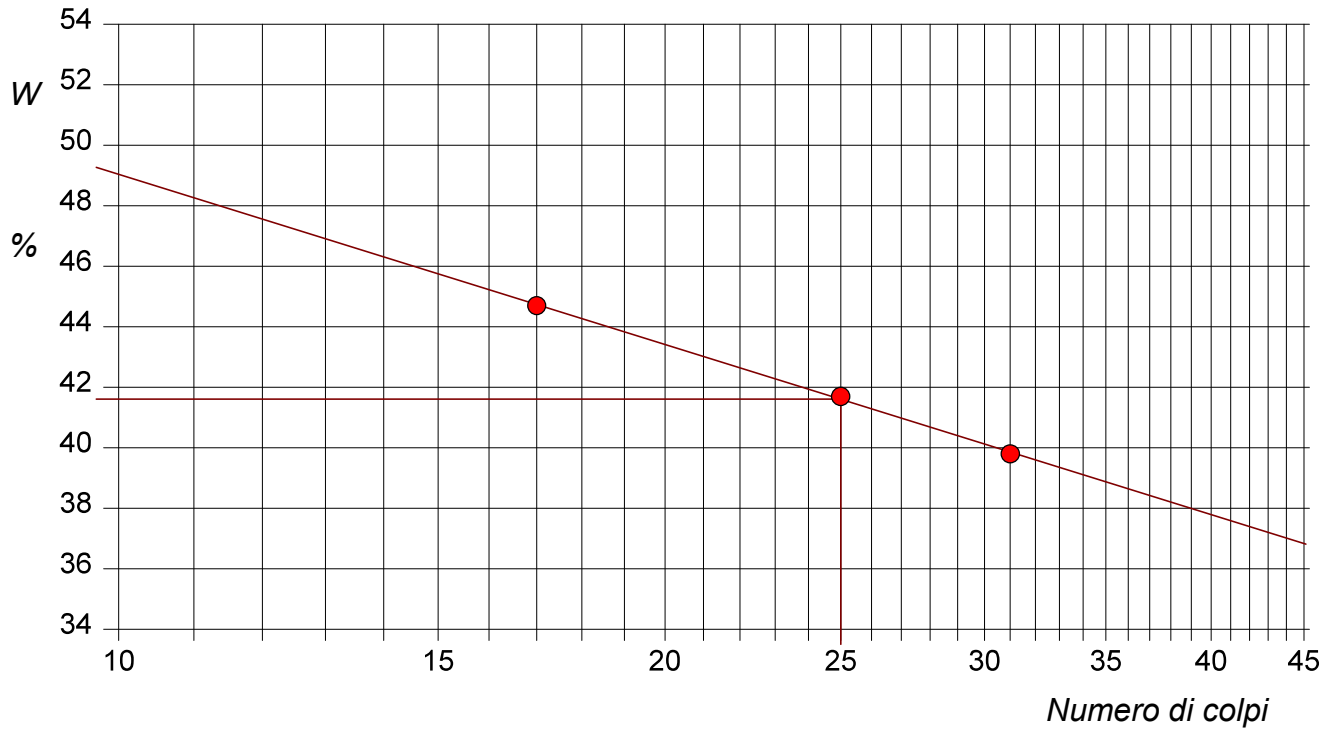
Limite di liquidità	41,6	%
Limite di plasticità	25,5	%
Indice di plasticità	16,1	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	17	25	31		
Umidità (%)	44,7	41,7	39,8		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	24,6	26,3
Umidità media	25,5	

Determinazione del Limite di liquidità



PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

RAPPORTO DI PROVA N°: P00425 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi:	25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	26/05/20

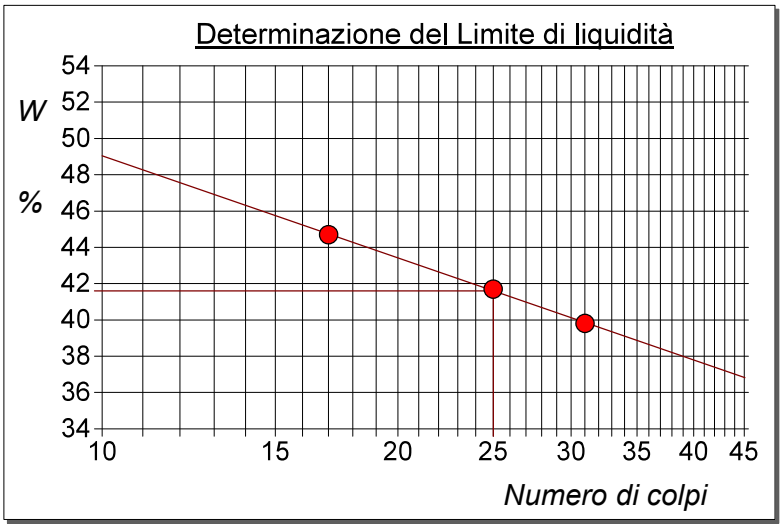
COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

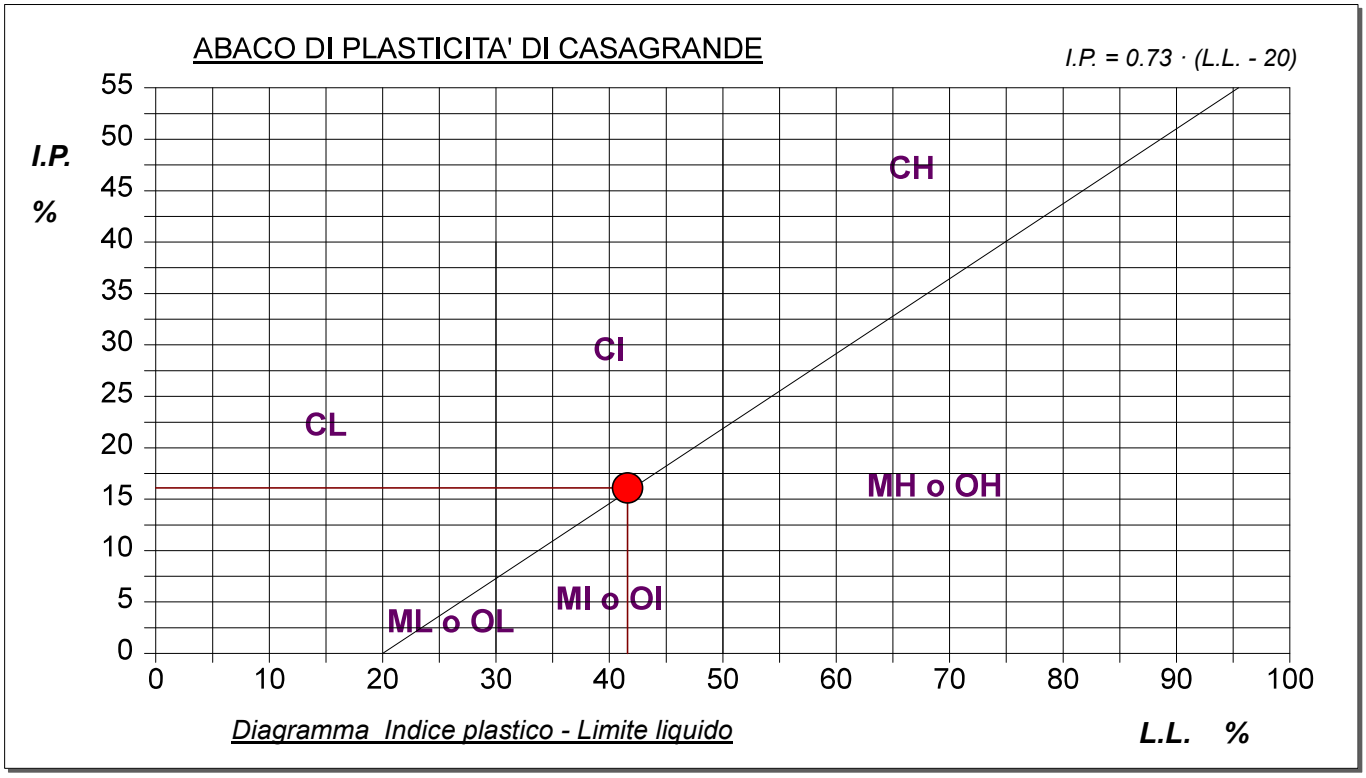
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

Limite di liquidità	41,6	%
Limite di plasticità	25,5	%
Indice di plasticità	16,1	%
Indice di consistenza	1,72	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità





PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

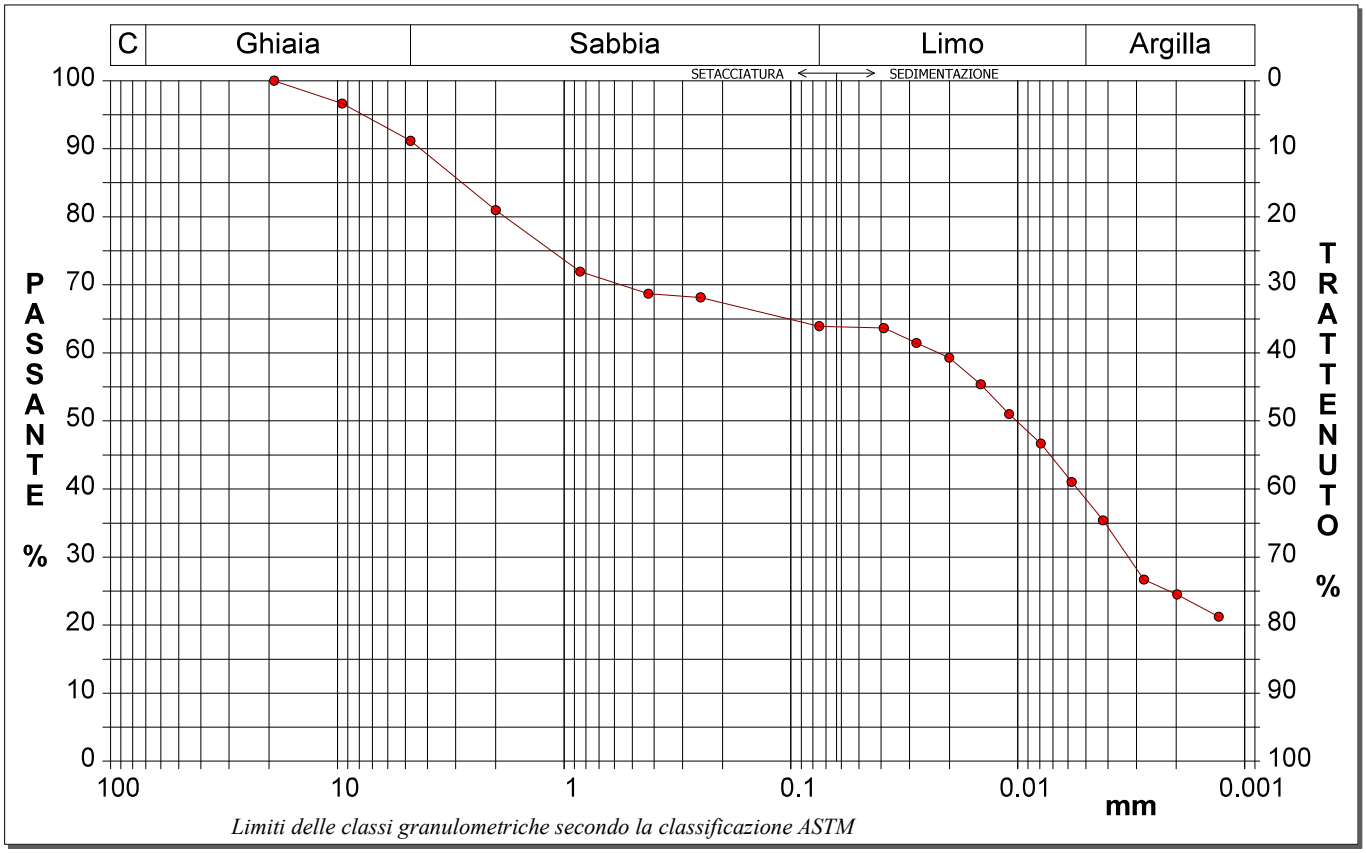
RAPPORTO DI PROVA N°: P00422	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 19/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 27/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-07,ASTM D422-07

Ghiaia	8,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	81,0 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	27,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	68,7 %	D_{30}	0,00325 mm
Limo	25,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	63,9 %	D_{50}	0,01012 mm
Argilla	38,5 %			D_{60}	0,02235 mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	4,30112 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,4250	68,71	0,0201	59,29	0,0042	35,38		
9,5200	96,63	0,2500	68,16	0,0145	55,38	0,0028	26,69		
4,7500	91,17	0,0750	63,92	0,0109	51,03	0,0020	24,52		
2,0000	80,97	0,0389	63,64	0,0079	46,68	0,0013	21,26	Setacci	7
0,8500	71,95	0,0279	61,46	0,0058	41,03			Punti sediment.	11

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00531 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi:	18/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	20/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,008	1,0	0,05	0,102	50,4	0,04	0,029	1,7	0,09
0,196	1,2	0,06	0,324	72,4	0,07	0,145	18,5	0,11
0,341	1,0	0,07	0,564	84,0	0,11	0,261	35,3	0,12
0,473	13,9	0,08	0,807	93,3	0,13	0,444	68,5	0,15
0,638	32,7	0,11	1,055	99,7	0,15	0,627	101,7	0,17
0,863	46,9	0,16	1,303	106,6	0,18	0,848	118,9	0,22
1,096	56,9	0,20	1,553	110,7	0,20	1,068	136,1	0,26
1,331	64,2	0,25	1,804	114,7	0,22	1,304	144,4	0,30
1,563	70,6	0,29	2,054	118,2	0,24	1,539	152,8	0,34
1,793	75,7	0,32	2,308	121,7	0,25	1,781	157,5	0,37
2,033	79,9	0,35	2,563	123,4	0,27	2,022	162,2	0,40
2,273	83,5	0,38	2,813	126,3	0,29	2,264	166,1	0,43
2,512	87,0	0,40	3,065	128,1	0,31	2,506	170,0	0,46
2,749	89,9	0,42	3,318	129,8	0,33	2,749	173,8	0,49
2,994	92,1	0,44	3,569	125,3	0,35	2,992	177,5	0,51
3,242	89,2	0,46				3,238	178,3	0,53
						3,483	179,1	0,56

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00531	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi: 18/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 20/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

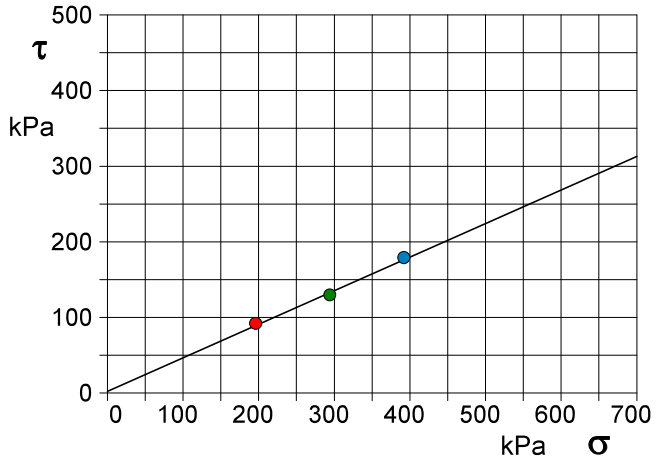
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	196		294		392	
Tensione a rottura (kPa):	92		130		179	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,99	0,44	3,32	0,33	3,48	0,56
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15,0	20,0	14,9	17,8	15,0	19,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,0	19,9	18,7	19,2	18,4	19,2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	76,7	100,0	73,0	86,9	69,8	91,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	2,2 kPa
Angolo di attrito interno:	23,9 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



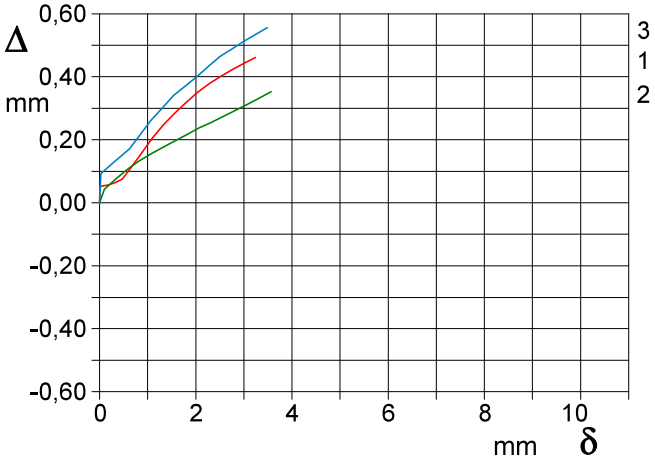


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

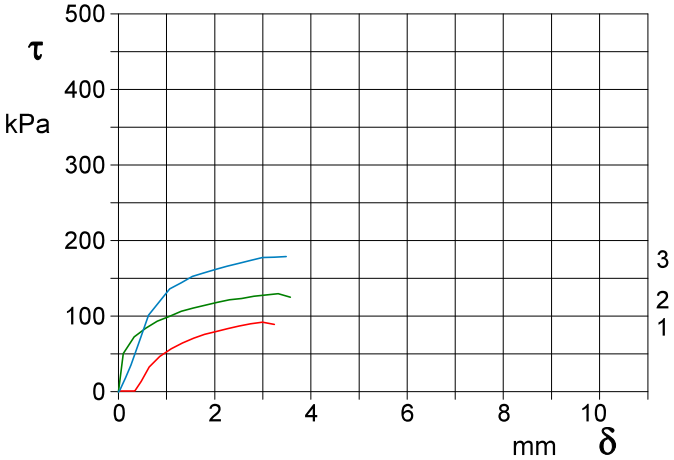


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00531 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi:	19/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	21/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,084	0,2	2,11	0,354	2,7	2,04	0,308	0,2	3,34
0,170	1,3	2,13	0,444	5,0	2,05	0,408	1,8	3,35
0,303	1,3	2,14	0,663	10,4	2,06	0,508	14,5	3,36
0,555	1,1	2,14	0,862	27,1	2,11	0,608	38,5	3,39
0,769	4,2	2,15	1,083	39,4	2,16	0,708	57,7	3,42
0,922	21,0	2,17	1,318	48,9	2,19	0,808	75,8	3,45
1,146	31,6	2,22	1,556	56,6	2,22	0,908	92,3	3,48
1,364	40,5	2,26	1,789	64,3	2,25	1,108	106,6	3,51
1,586	48,1	2,30	2,026	70,6	2,26	1,208	118,0	3,53
1,811	54,9	2,33	2,268	76,0	2,28	1,308	126,2	3,55
2,044	60,4	2,35	2,514	80,5	2,29	1,408	131,9	3,57
2,277	65,1	2,38	2,754	84,6	2,29	1,508	136,1	3,59
2,513	68,7	2,40	2,999	88,2	2,30	1,608	139,0	3,61
2,748	71,9	2,42	3,245	83,0	2,30	1,708	141,2	3,62
2,990	74,4	2,44				1,808	139,0	3,64
3,234	72,1	2,45				1,908	137,9	3,65

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
Il Tecnico

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00531 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi:	19/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	21/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.30 - 5.60

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

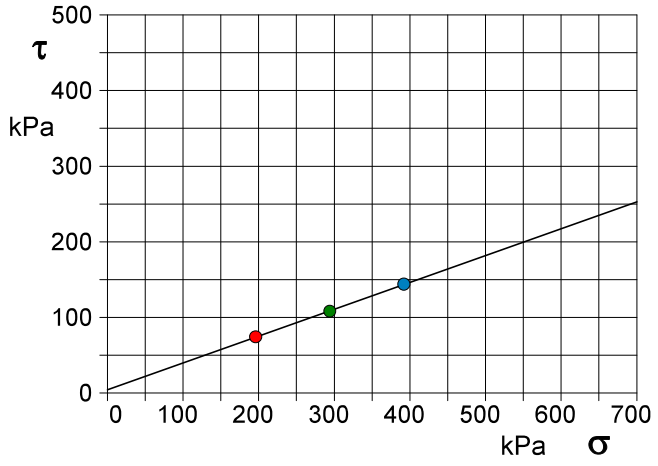
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	196		294		392	
Tensione a rottura (kPa):	74		108		144	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,99	0,44	5,73	0,33	1,91	0,56
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15,0	20,0	14,9	17,8	15,0	19,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,0	19,9	18,7	19,2	18,4	19,2
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	76,7	100,0	73,0	86,9	69,8	91,5

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	4,3	kPa
Angolo di attrito interno:	19,6	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



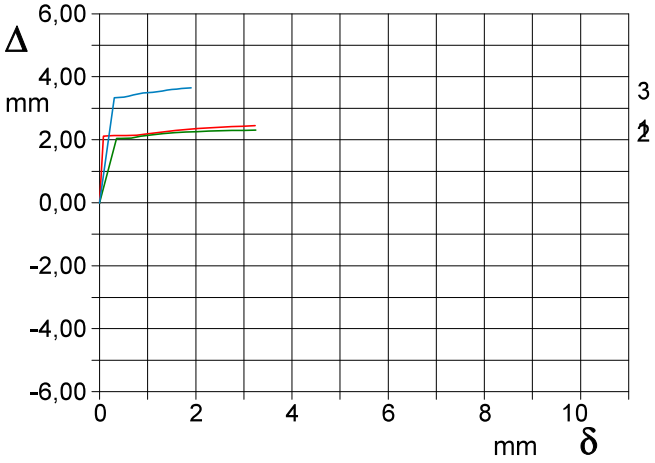


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

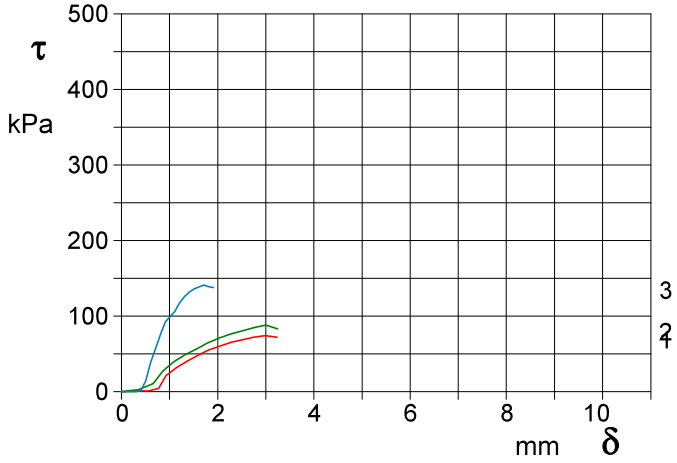


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

35.00

DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P00429

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Palagano (MO), fraz. Savoniero**

Cantiere: **studio terreno**

Data apertura e descrizione: **19/05/2020**

Data emissione rapporto: **27/05/2020**

Sondaggio n. **1** Campione: **2**

Profondità di prelievo: **17.50 – 17.80 m**

Qualità campione: **AGI Q3**

Alto: 17.50 m	**P.P.** (Kg/cm²)	**T.V.** (Kg/cm²)	**Descrizione Litologica**
	>9.00	N.D.	Detrito costituito da inclusi eterogenei ed eterometrici in matrice sabbiosa debolmente argillosa e limosa, grigia, asciutta.
			Lunghezza campione: 0.30 m
			Note:
Basso: 17.80 m			

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

RAPPORTO DI PROVA N°: P00426	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 26/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

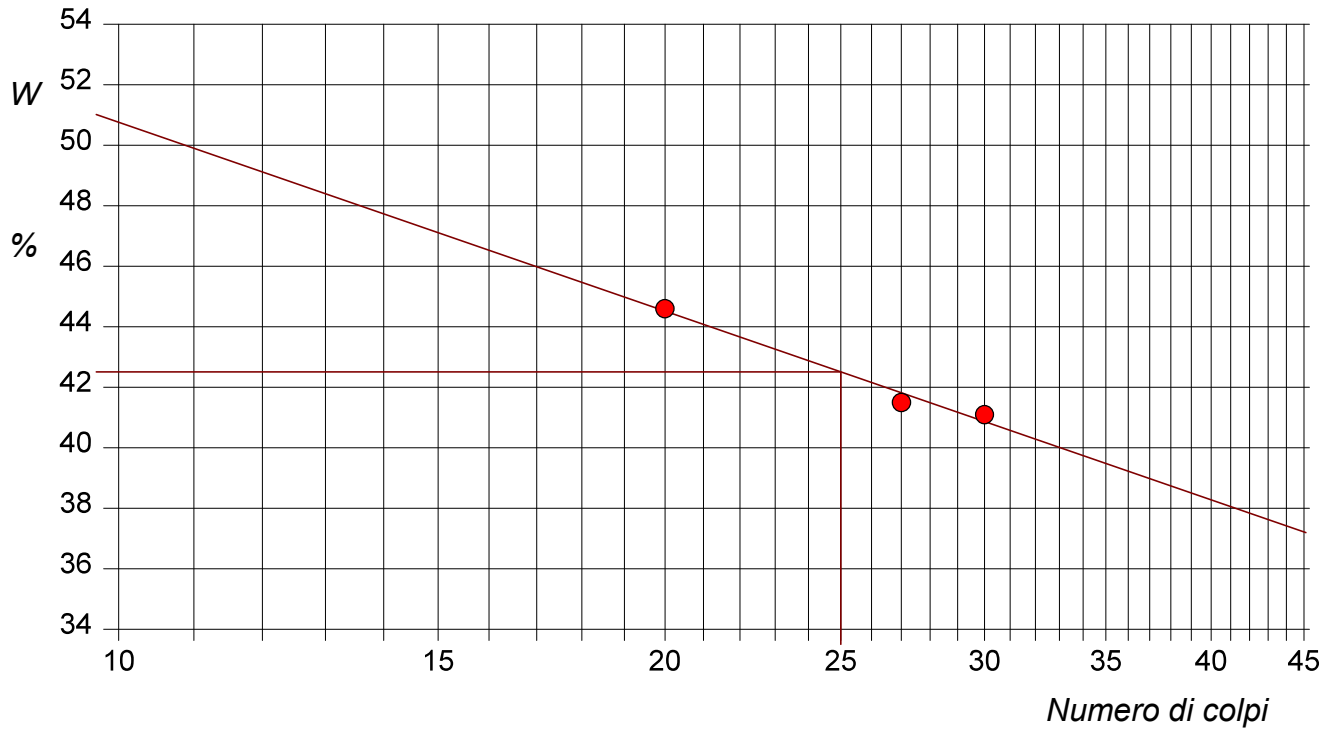
Limite di liquidità	42,5	%
Limite di plasticità	26,1	%
Indice di plasticità	16,4	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	20	27	30		
Umidità (%)	44,6	41,5	41,1		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	24,5	27,6
Umidità media	26,1	

Determinazione del Limite di liquidità



PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

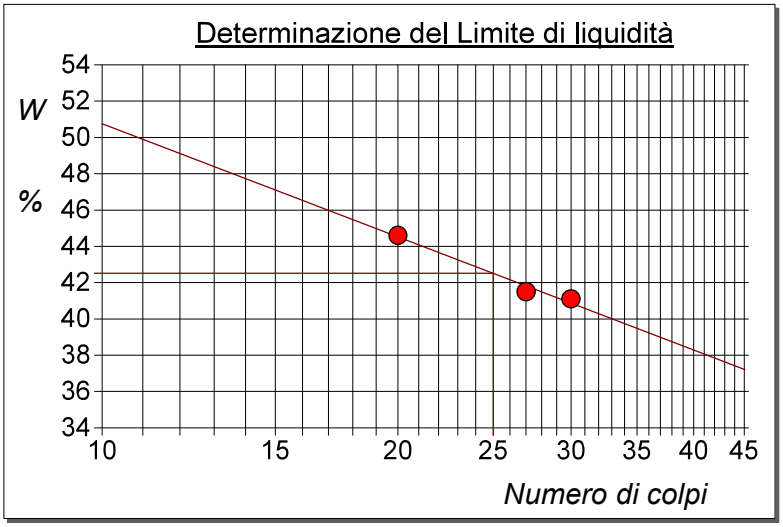
RAPPORTO DI PROVA N°: P00426 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi:	25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	26/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

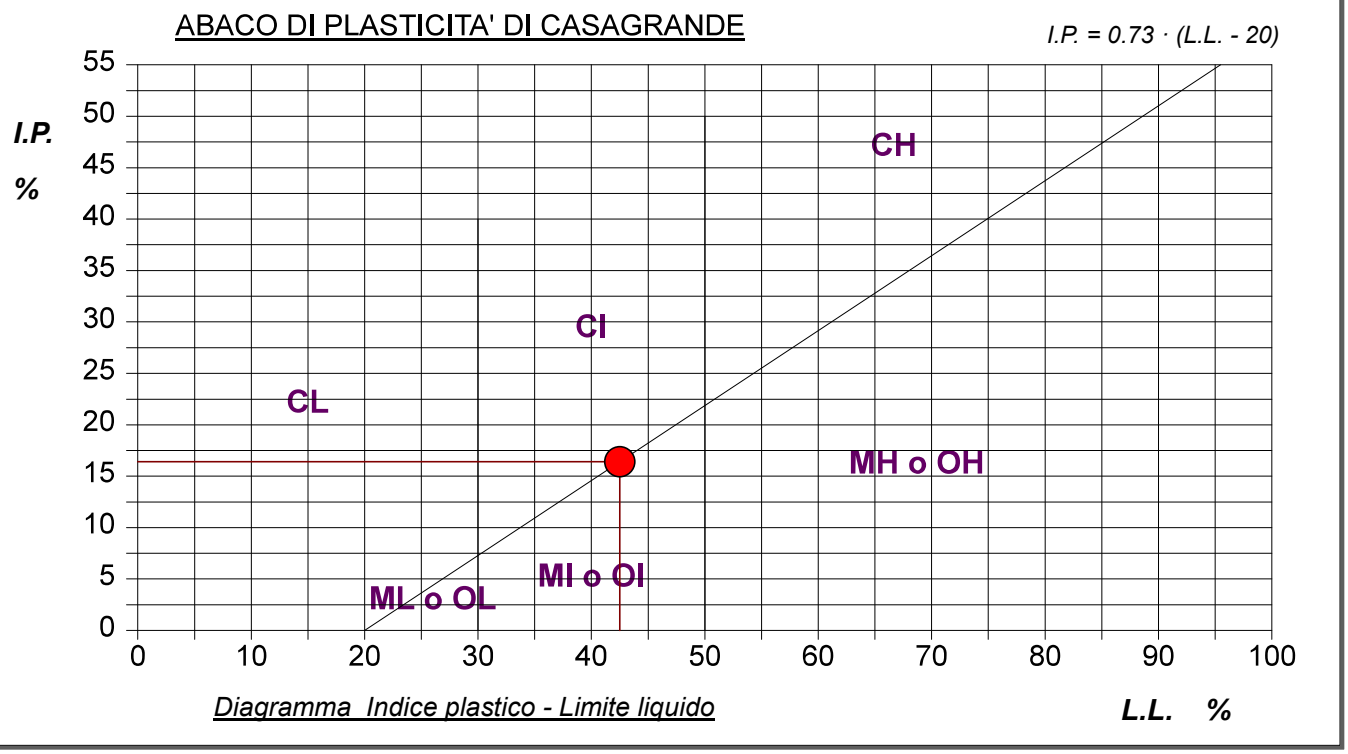
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

Limite di liquidità	42,5	%
Limite di plasticità	26,1	%
Indice di plasticità	16,4	%
Indice di consistenza	1,74	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

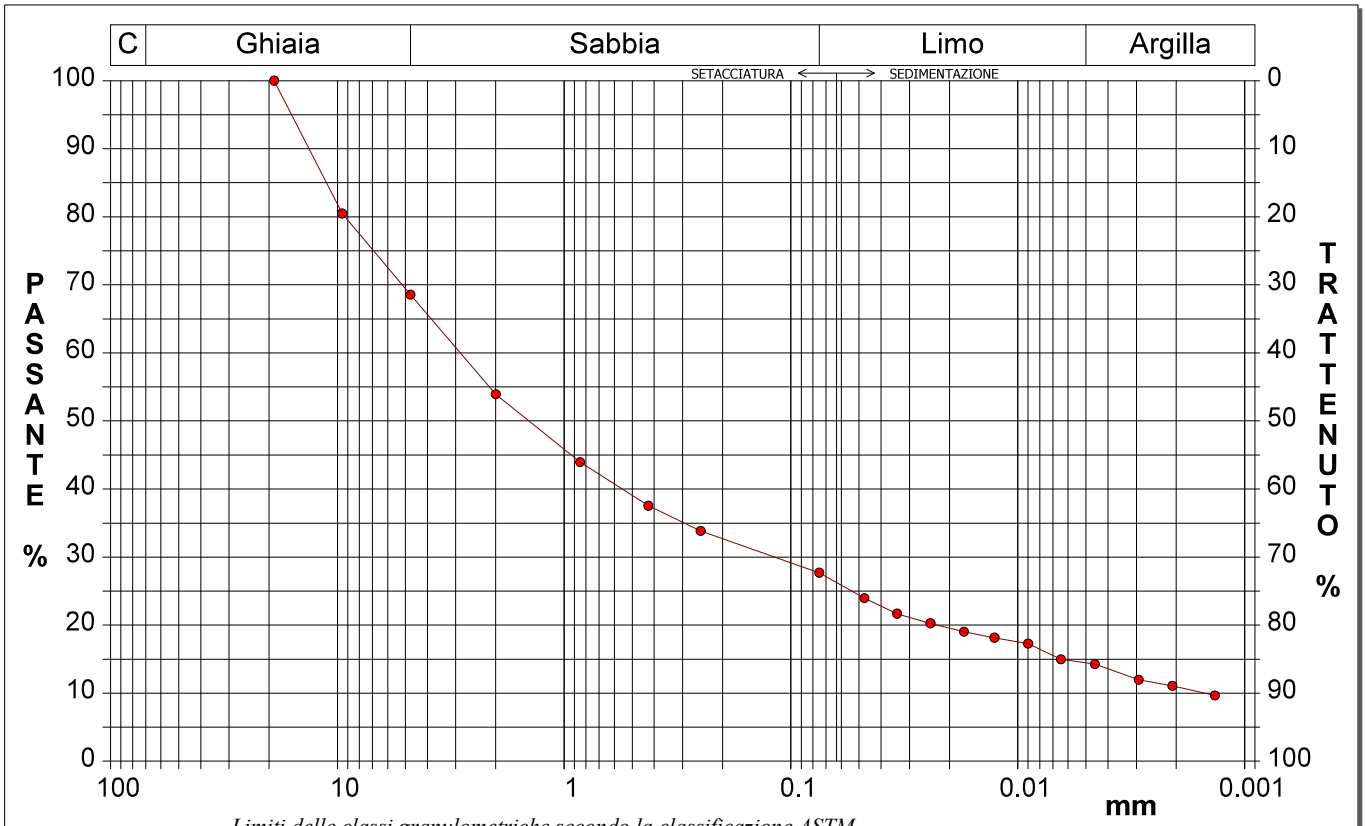
RAPPORTO DI PROVA N°: P00423	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 19/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 27/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-07,ASTM D422-07

Ghiaia	31,4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	53,9 %	D_{10}	0,00149 mm
Sabbia	40,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	37,5 %	D_{30}	0,11758 mm
Limo	13,2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	27,7 %	D_{50}	1,42642 mm
Argilla	14,5 %			D_{60}	2,86154 mm
Coefficiente di uniformità	1918,72	Coefficiente di curvatura	3,24	D_{90}	13,33563 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,4250	37,54	0,0242	20,27	0,0046	14,27		
9,5200	80,48	0,2500	33,85	0,0173	19,04	0,0029	11,97		
4,7500	68,57	0,0750	27,71	0,0127	18,15	0,0021	11,09		
2,0000	53,94	0,0475	23,98	0,0090	17,27	0,0014	9,68	Setacci	7
0,8500	43,96	0,0340	21,69	0,0064	14,98			Punti sediment.	11

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00532 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi:	20/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	22/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,003	2,2	0,05	0,067	38,2	0,22	0,041	10,5	0,22
0,212	21,2	0,09	0,283	65,6	0,27	0,249	56,9	0,24
0,460	38,6	0,12	0,513	84,7	0,30	0,390	93,8	0,27
0,713	55,0	0,15	0,747	102,7	0,32	0,592	116,1	0,30
0,964	62,6	0,17	0,988	118,5	0,35	0,814	132,7	0,33
1,210	70,8	0,18	1,225	131,9	0,36	1,044	144,1	0,35
1,454	78,4	0,19	1,468	143,0	0,38	1,281	153,4	0,38
1,697	87,6	0,20	1,713	151,3	0,38	1,521	161,8	0,41
1,939	94,2	0,20	1,959	157,8	0,39	1,763	168,1	0,44
2,181	99,6	0,21	2,206	163,9	0,40	2,003	173,0	0,48
2,422	104,0	0,21	2,454	168,6	0,40	2,249	177,8	0,53
2,663	107,8	0,22	2,704	171,5	0,40	2,495	181,7	0,58
2,905	111,6	0,23	2,956	171,5	0,41	2,737	187,7	0,63
3,146	114,3	0,24	3,209	169,7	0,42	2,977	193,7	0,67
3,394	118,1	0,25	3,458	169,0	0,42	3,219	200,6	0,71
3,641	121,4	0,27	3,710	170,1	0,44	3,464	206,3	0,76
3,889	124,1	0,28	3,963	170,1	0,45	3,707	212,1	0,80
4,137	126,3	0,29	4,214	170,4	0,46	3,950	216,3	0,83
4,384	127,9	0,29	4,465	171,5	0,47	4,195	220,2	0,87
4,628	120,6	0,31	4,713	162,5	0,48	4,443	222,6	0,91
						4,694	217,2	0,93

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

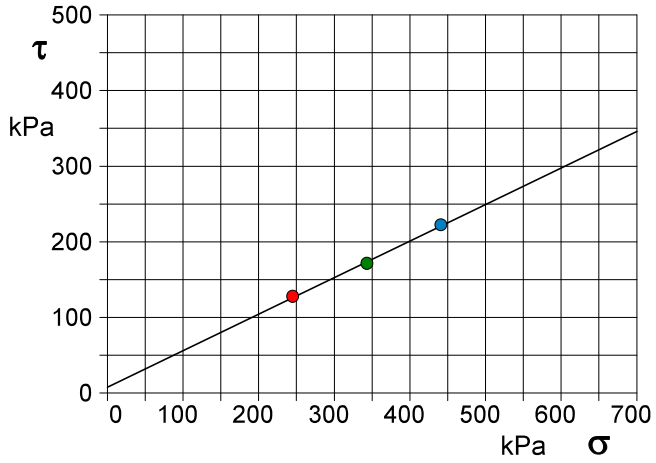
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	245		343		441	
Tensione a rottura (kPa):	128		172		223	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4,38	1,76	2,70	2,56	4,44	2,87
Umidità iniziale e umidità finale (%):	9,2	14,7	9,1	14,1	9,4	15,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	19,5	18,5	19,3	18,4	19,4
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	51,0	81,7	50,1	77,2	50,5	81,3

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	7,7	kPa
Angolo di attrito interno:	25,8	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



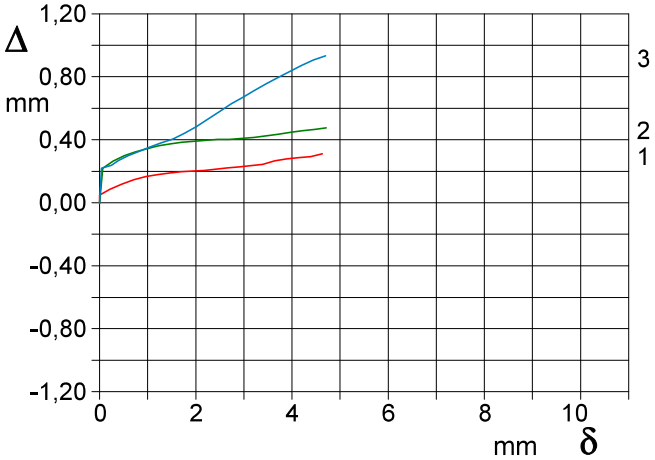


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

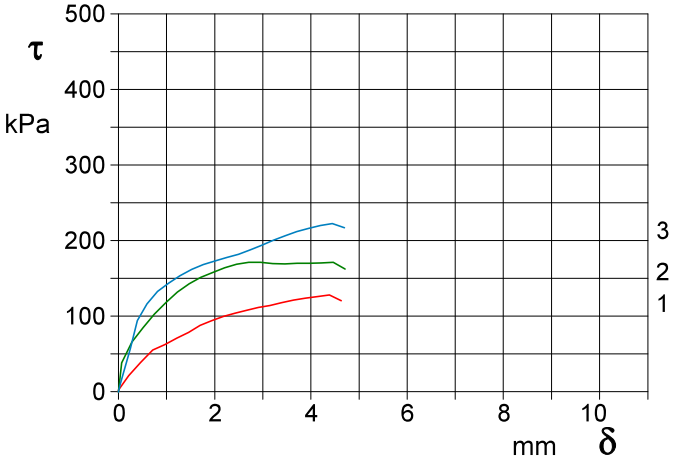


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00532	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi: 22/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 25/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,645	3,9	1,53	0,319	0,3	2,07	0,014	0,9	2,45
0,656	4,3	1,54	0,387	1,4	2,09	0,028	4,1	2,47
0,824	5,3	1,57	0,620	5,8	2,10	0,148	6,9	2,48
1,052	7,7	1,58	0,799	29,0	2,14	0,191	11,4	2,49
1,298	18,3	1,63	1,014	42,6	2,18	0,289	13,7	2,51
1,544	29,4	1,67	1,233	55,3	2,22	0,312	43,7	2,53
1,795	39,5	1,70	1,462	65,5	2,26	0,349	62,9	2,57
2,041	48,7	1,72	1,692	74,7	2,29	0,557	80,5	2,60
2,288	54,4	1,73	1,926	82,7	2,32	0,776	95,0	2,63
2,536	61,7	1,74	2,165	89,6	2,34	0,999	107,3	2,65
2,782	67,0	1,75	2,407	94,3	2,36	1,233	117,4	2,68
3,034	71,3	1,76	2,648	99,6	2,37	1,470	125,8	2,70
3,282	77,6	1,76	2,894	103,7	2,39	1,710	133,2	2,71
3,534	81,4	1,76	3,142	107,3	2,40	1,948	139,4	2,73
3,789	84,8	1,76	3,388	110,6	2,42	2,191	144,6	2,74
4,042	87,7	1,76	3,633	114,0	2,43	2,436	148,7	2,76
4,293	89,1	1,76	3,882	117,3	2,45	2,683	151,9	2,77
4,544	92,0	1,76	4,131	119,8	2,48	2,927	154,5	2,78
4,795	92,5	1,76	4,382	122,2	2,50	3,176	155,6	2,79
5,046	95,4	1,76	4,632	123,9	2,53	3,426	157,2	2,80
			4,878	125,0	2,54	3,673	159,3	2,82
			5,123	127,0	2,56	3,921	160,9	2,83
						4,172	161,5	2,84
						4,425	161,3	2,84
						4,677	161,1	2,85
						4,930	161,3	2,86
						5,180	161,8	2,87

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 17.50 - 17.80

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

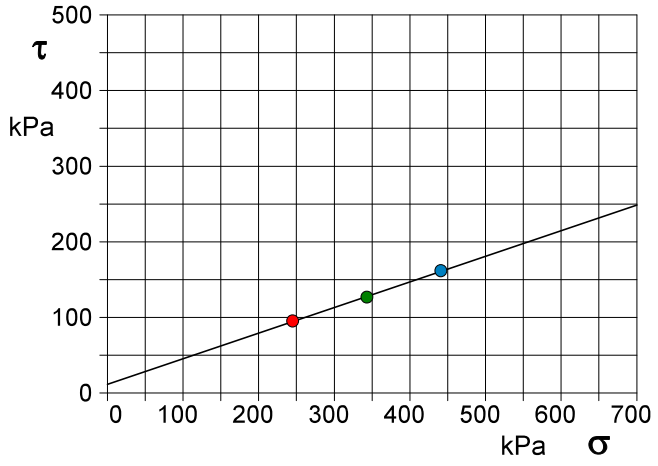
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	245		343		441	
Tensione a rottura (kPa):	95		127		162	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	5,05	1,76	5,12	2,56	5,18	2,87
Umidità iniziale e umidità finale (%):	9,2	14,7	9,1	14,1	9,4	15,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	19,5	18,5	19,3	18,4	19,4
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	51,0	81,7	50,1	77,2	50,5	81,3

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	11,6	kPa
Angolo di attrito interno:	18,7	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



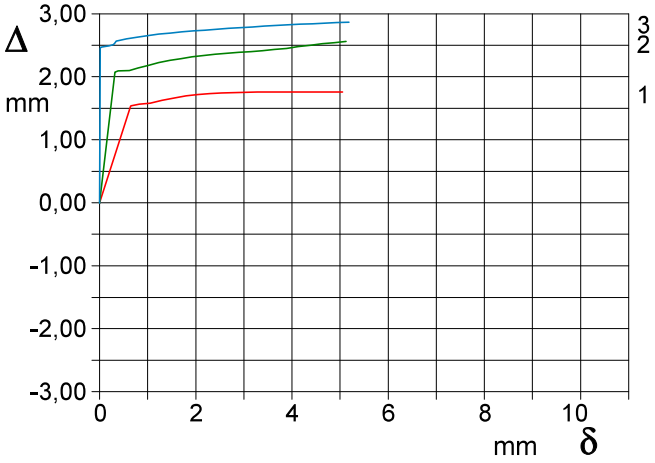


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

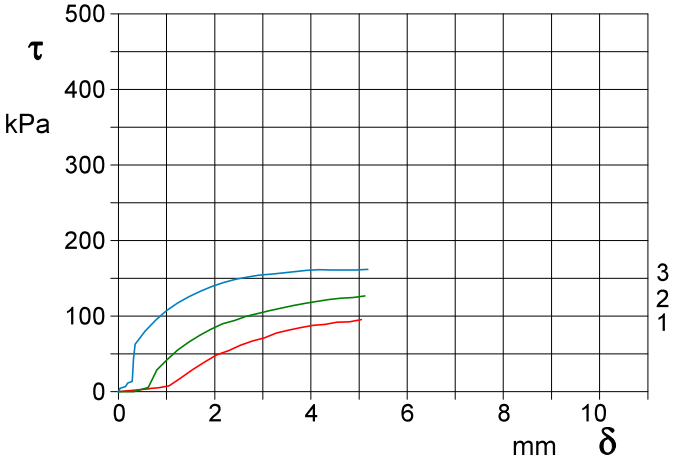


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: info@provepenetrometriche.com
www.provepenetrometriche.com

35.00

DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

ASTM D1558-10, ASTM D2488-17, ASTM D2573-18, ASTM D4648-16, Raviolo P.L. (1993)

RAPPORTO DI PROVA N. P00430

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Palagano (MO), fraz. Savoniero**

Cantiere: **studio terreno**

Data apertura e descrizione: **19/05/2020**

Data emissione rapporto: **27/05/2020**

Sondaggio n. **1** Campione: **3**

Profondità di prelievo: **26.00 – 26.15 m**

Qualità campione: **AGI Q3**

Alto: 26.00 m	P.P. (Kg/cm²)	T.V. (Kg/cm²)	Descrizione Litologica
	>9.00	N.D.	Detrito costituito da inclusi eterogenei ed eterometrici in matrice argillosa con sabbia limosa, grigia, asciutta.
			Lunghezza campione: 0.15 m
			Note:
Basso: 26.15 m			

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

RAPPORTO DI PROVA N°: P00427	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 26/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

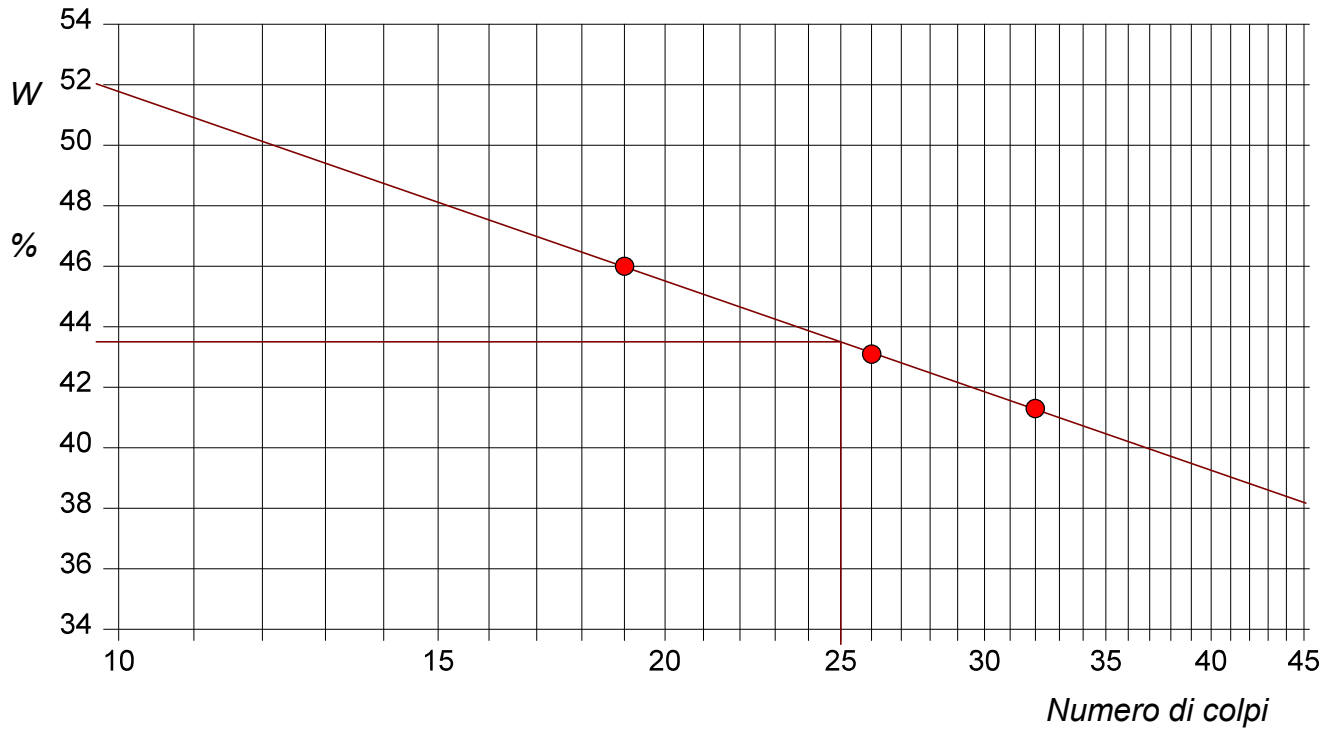
Limite di liquidità	43,5	%
Limite di plasticità	26,6	%
Indice di plasticità	16,9	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					
Numero di colpi	19	26	32		
Umidità (%)	46,0	43,1	41,3		

LIMITE DI PLASTICITA'		
Umidità (%)	24,4	28,8
Umidità media	26,6	

Determinazione del Limite di liquidità



PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

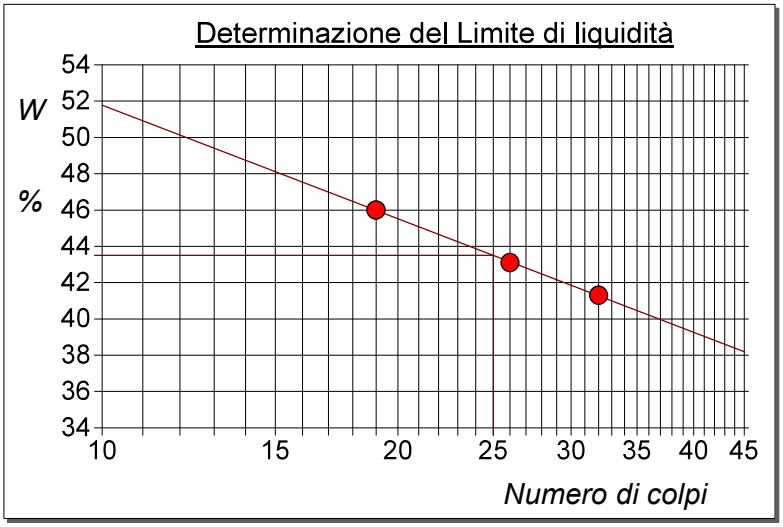
RAPPORTO DI PROVA N°: P00427 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi:	25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	26/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

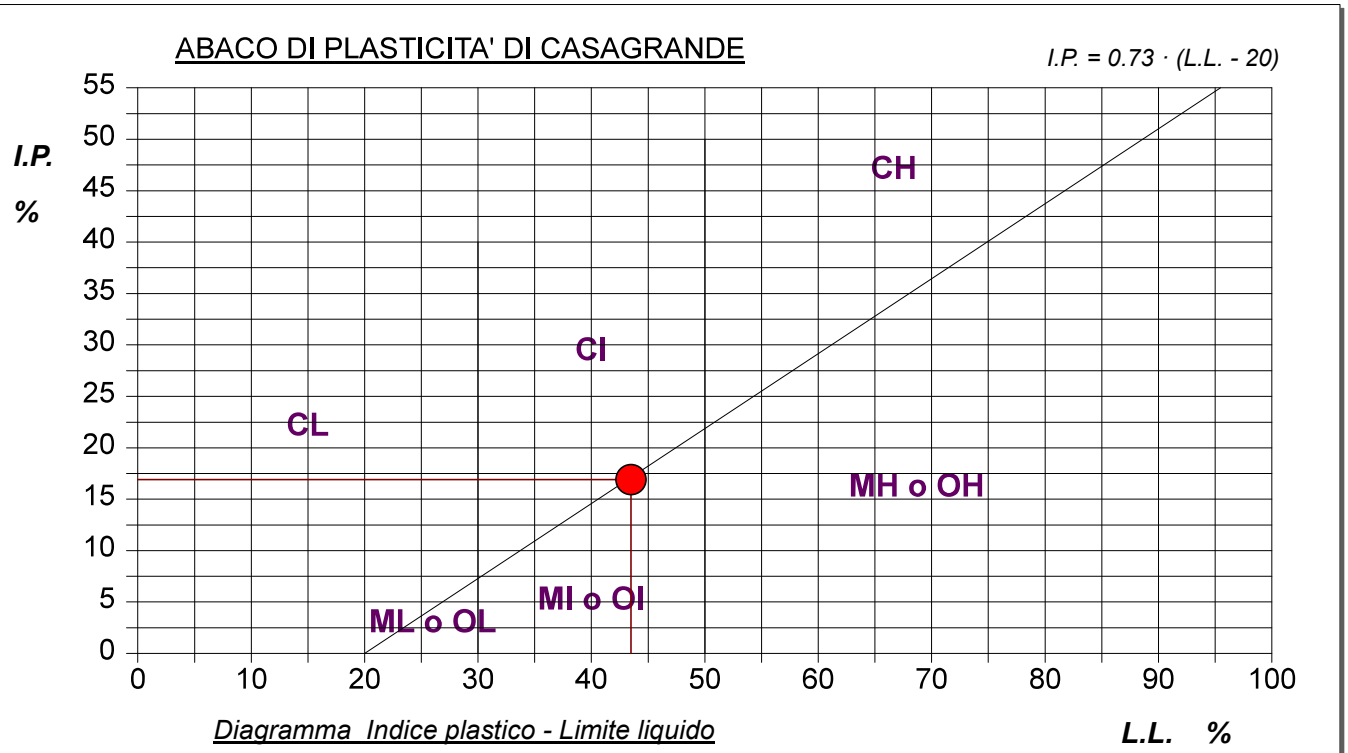
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17, ASTM D4943-18

Limite di liquidità	43,5	%
Limite di plasticità	26,6	%
Indice di plasticità	16,9	%
Indice di consistenza	1,95	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA DNV-GL

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 1845/15-02-2017 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

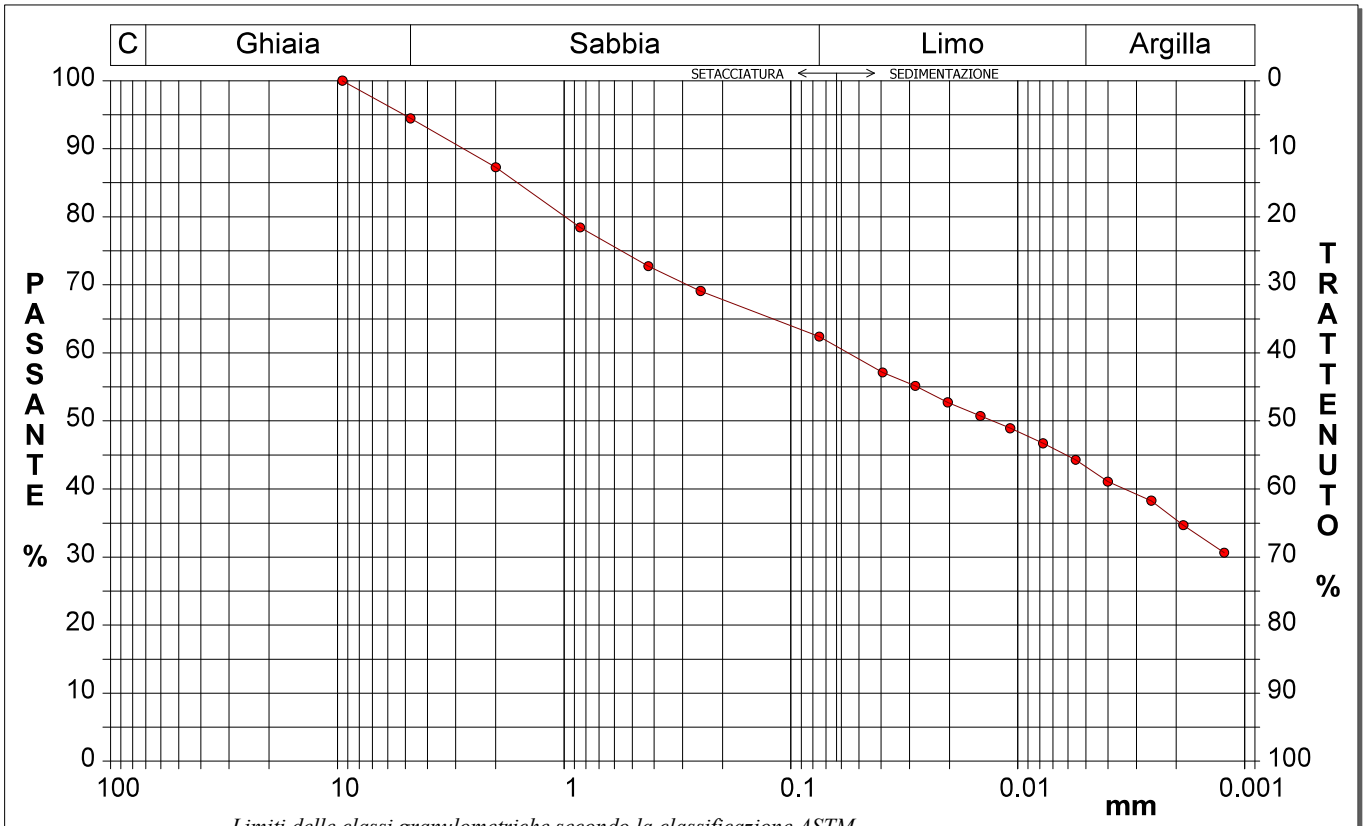
RAPPORTO DI PROVA N°: P00423	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/05/20	Inizio analisi: 19/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 27/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-07,ASTM D422-07

Ghiaia	5,6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	87,3 %	D_{10}	--- mm
Sabbia	32,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	72,7 %	D_{30}	--- mm
Limo	19,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	62,4 %	D_{50}	0,01292 mm
Argilla	43,3 %			D_{60}	0,05594 mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D_{90}	2,77483 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	69,09	0,0146	50,72	0,0026	38,28		
4,7500	94,45	0,0750	62,39	0,0108	48,92	0,0019	34,67		
2,0000	87,29	0,0394	57,15	0,0077	46,71	0,0012	30,66		
0,8500	78,45	0,0283	55,14	0,0056	44,30			Setacci	6
0,4250	72,75	0,0203	52,73	0,0040	41,09			Punti sediment.	11

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00533 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi:	25/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi:	27/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,042	10,2	0,37	0,063	49,9	0,11	0,025	30,7	0,20
0,256	58,2	0,42	0,275	88,2	0,15	0,191	80,5	0,29
0,511	80,6	0,45	0,507	112,0	0,19	0,356	130,3	0,38
0,762	104,3	0,47	0,743	132,5	0,22	0,577	150,7	0,40
1,011	121,9	0,47	0,984	148,8	0,25	0,798	171,1	0,42
1,259	130,7	0,47	1,227	162,8	0,28	1,031	183,9	0,45
1,506	140,8	0,47	1,471	173,5	0,30	1,263	196,7	0,47
1,758	149,0	0,47	1,715	181,9	0,32	1,500	206,1	0,52
2,014	159,1	0,47	1,960	188,5	0,35	1,737	215,4	0,57
2,270	165,2	0,47	2,206	194,5	0,38	1,979	222,0	0,59
2,525	163,2	0,47	2,455	200,1	0,41	2,220	228,6	0,61
2,776	167,2	0,46	2,703	204,3	0,44	2,468	233,1	0,64
3,026	162,5	0,47	2,952	207,1	0,46	2,716	237,6	0,67
3,276	161,8	0,47	3,202	205,3	0,49	2,964	242,7	0,70
3,529	156,4	0,48	3,453	202,9	0,51	3,211	247,8	0,73
3,786	153,7	0,50	3,704	202,9	0,54	3,458	253,1	0,75
4,043	152,3	0,51	3,959	200,6	0,56	3,704	258,4	0,77
4,300	153,7	0,52	4,211	201,1	0,58	3,951	261,0	0,79
4,555	151,7	0,53	4,465	199,7	0,60	4,198	263,5	0,81
4,809	153,0	0,53	4,715	198,7	0,62	4,449	264,0	0,85
			4,962	199,2	0,64	4,699	264,4	0,89

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

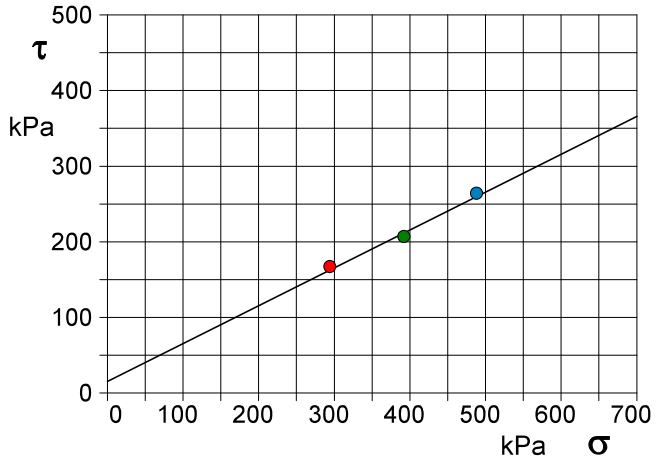
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	294		392		488	
Tensione a rottura (kPa):	167		207		264	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,78	2,22	2,95	2,45	4,70	2,65
Umidità iniziale e umidità finale (%):	10,5	13,0	9,8	14,1	10,3	14,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	18,9	18,6	19,3	18,9	19,6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	55,5	68,4	54,0	77,4	58,4	81,8

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	15,4	kPa
Angolo di attrito interno:	26,6	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



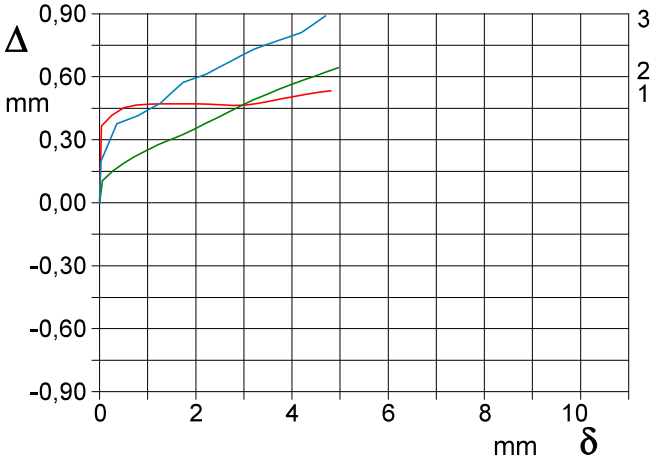


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

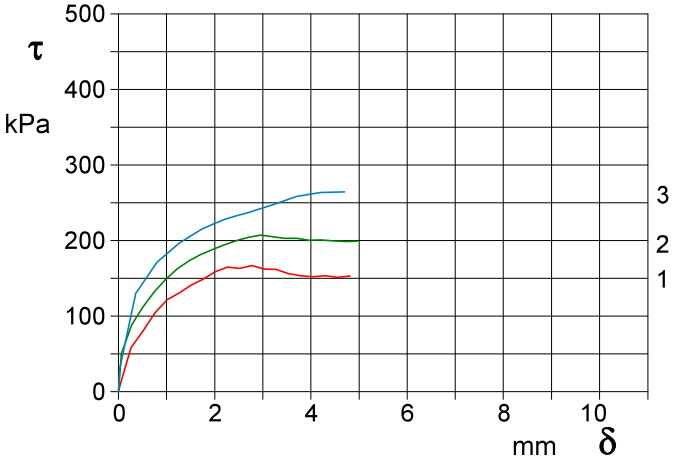


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

PROVE PENETROMETRICHE Srl
41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Via per Modena, 8

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA DNV-GL

RAPPORTO DI PROVA N°: P00533	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/20	Inizio analisi: 26/05/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 19/05/2020	Fine analisi: 28/05/20

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
1,003	32,5	2,08	0,295	1,7	1,83	0,143	51,4	0,90
1,249	46,1	2,11	0,419	4,3	2,10	0,247	62,5	1,11
1,299	57,3	2,13	0,542	12,7	2,11	0,351	73,5	1,32
1,345	66,4	2,14	0,710	35,7	2,15	0,454	84,5	1,53
1,495	75,0	2,15	0,904	53,2	2,19	0,558	95,5	1,74
1,604	85,3	2,17	1,116	67,9	2,23	0,672	102,8	1,84
1,766	93,5	2,18	1,338	80,3	2,26	0,787	110,1	1,94
1,870	93,0	2,19	1,575	90,4	2,28	0,901	117,4	2,04
2,022	93,9	2,21	1,818	98,7	2,31	1,015	124,8	2,14
2,272	97,1	2,22	2,061	106,2	2,33	1,132	129,2	2,16
2,526	94,8	2,23	2,308	112,2	2,35	1,250	133,6	2,18
2,780	94,8	2,23	2,554	117,1	2,37	1,484	142,4	2,23
3,033	93,0	2,24	2,802	120,3	2,39	1,731	146,9	2,27
3,283	93,9	2,25	3,053	123,5	2,42	1,978	151,5	2,32
3,533	93,5	2,25	3,304	125,2	2,44	2,230	152,9	2,37
3,786	93,5	2,25	3,554	126,6	2,45	2,482	154,3	2,43
4,034	92,6	2,26	3,806	126,6	2,47	2,734	155,3	2,47
4,290	92,1	2,27	4,062	126,0	2,48	2,986	156,3	2,51
4,545	93,5	2,27	4,314	126,3	2,49	3,238	156,9	2,55
4,802	92,6	2,28	4,566	125,8	2,45	3,489	157,4	2,60
5,055	91,7	2,28	4,817	126,0	2,51	3,741	157,4	2,60
			5,069	126,6	2,52	3,993	157,4	2,61
			5,321	122,0	2,53	4,245	157,7	2,63
						4,496	158,0	2,65
						4,749	157,4	2,67
						5,002	156,9	2,69
						5,254	153,7	2,72
						5,505	150,5	2,74

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
Il Tecnico

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Palagano (MO), fraz. Savoniero		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 26.00 - 26.15

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

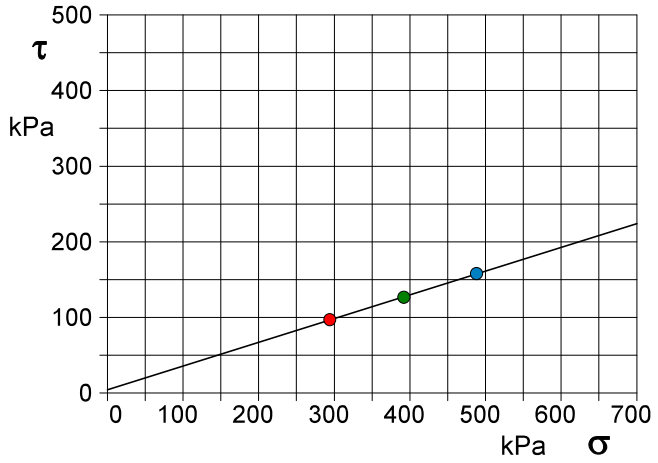
Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Ricostituito		Ricostituito		Ricostituito	
Pressione verticale (kPa):	294		392		488	
Tensione a rottura (kPa):	97		127		158	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,27	2,22	3,55	2,45	4,50	2,65
Umidità iniziale e umidità finale (%):	10,5	13,0	9,8	14,1	10,3	14,4
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,5	18,9	18,6	19,3	18,9	19,6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	55,5	68,4	54,0	77,4	58,4	81,8

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	4,1	kPa
Angolo di attrito interno:	17,4	°

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



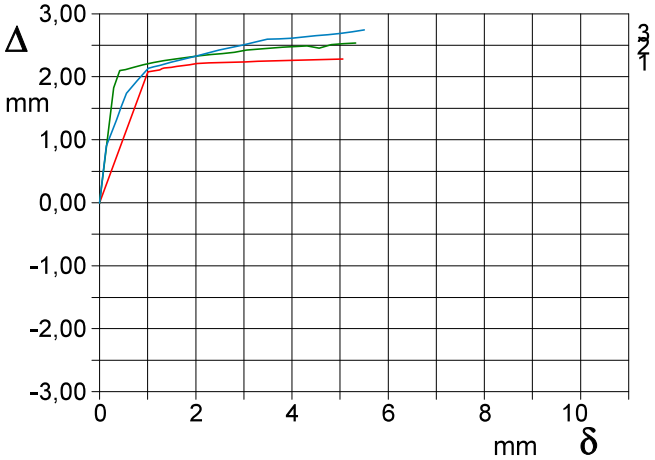


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

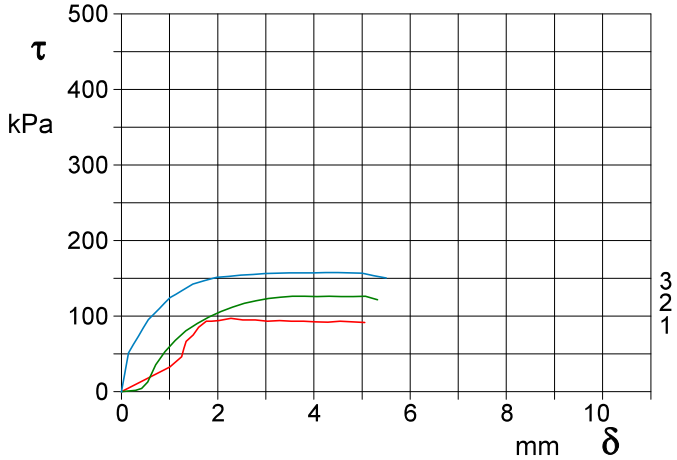


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362
Email: info@geogroupmodena.it Pec: geo.group@winpec.it Sito: www.geogroupmodena.it
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Allegato n.7

Verifiche di stabilità

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Scavo
Slide Modeler Version: 6.009
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 28/05/2020, 13:24:52

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 1

Material Properties

Property	A	B	C	D	E
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	18.5	19	18.5	21
Cohesion [kPa]	0		0		0
Friction Angle [deg]	35		35		40
Cohesion Type		100		100	
Water Surface	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.153640
Center: 12.598, 4.996

Radius: 18.737
Left Slip Surface Endpoint: -5.954, 2.364
Right Slip Surface Endpoint: 11.645, -13.717
Resisting Moment=21853.3 kN-m
Driving Moment=18942.9 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 8139
Number of Invalid Surfaces: 20472

Error Codes:

Error Code -103 reported for 66 surfaces
Error Code -107 reported for 1463 surfaces
Error Code -108 reported for 11 surfaces
Error Code -112 reported for 1144 surfaces
Error Code -115 reported for 210 surfaces
Error Code -1000 reported for 17578 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15364

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.757835	19.2184	A	0	29.2561	4.0042	4.6194	8.24648	0	8.24648
2	0.757835	48.2325	A	0	29.2561	13.8164	15.9392	28.4545	0	28.4545
3	0.757835	64.5662	A	0	29.2561	21.2491	24.5138	43.7617	0	43.7617
4	0.658113	65.7974	B	71.4286	0	61.9158	71.4286	-0.623295	0	-0.623295
5	0.658113	73.8466	B	71.4286	0	61.9158	71.4286	24.6774	0	24.6774
6	0.638114	80.5655	C	0	29.2561	38.1095	43.9646	78.4849	0	78.4849
7	0.723378	102.425	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	72.3581	0	72.3581
8	0.723378	113.101	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	94.4984	0	94.4984

9	0.723378	119.949	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	110.223	0	110.223
10	0.723378	118.791	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	114.059	0	114.059
11	0.723378	114.415	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	112.826	0	112.826
12	0.723378	109.316	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	110.109	0	110.109
13	0.723378	103.569	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	106.114	0	106.114
14	0.723378	97.2602	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	101.035	0	101.035
15	0.689454	86.832	E	0	33.8726	57.1238	65.9003	98.1711	0	98.1711
16	0.689454	80.9577	E	0	33.8726	54.4743	62.8437	93.6178	0	93.6178
17	0.689454	74.452	E	0	33.8726	51.2049	59.072	87.999	0	87.999
18	0.689454	67.5224	E	0	33.8726	47.4407	54.7295	81.5301	0	81.5301
19	0.689454	60.2792	E	0	33.8726	43.2476	49.8922	74.324	0	74.324
20	0.689454	52.6163	E	0	33.8726	38.537	44.4578	66.2284	0	66.2284
21	0.689454	44.5473	E	0	33.8726	33.301	38.4174	57.2301	0	57.2301
22	0.689454	36.0831	E	0	33.8726	27.5282	31.7576	47.3091	0	47.3091
23	0.689454	27.0734	E	0	33.8726	21.0791	24.3177	36.2259	0	36.2259
24	0.689454	16.6231	E	0	33.8726	13.2098	15.2393	22.7018	0	22.7018
25	0.689454	5.60297	E	0	33.8726	4.54519	5.24351	7.81121	0	7.81121

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15364

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.757835	19.2184	A	0	29.2561	4.0042	4.6194	8.24648	0	8.24648
2	0.757835	48.2325	A	0	29.2561	13.8164	15.9392	28.4545	0	28.4545
3	0.757835	64.5662	A	0	29.2561	21.2491	24.5138	43.7617	0	43.7617
4	0.658113	65.7974	B	71.4286	0	61.9158	71.4286	-0.623295	0	-0.623295
5	0.658113	73.8466	B	71.4286	0	61.9158	71.4286	24.6774	0	24.6774
6	0.638114	80.5655	C	0	29.2561	38.1095	43.9646	78.4849	0	78.4849
7	0.723378	102.425	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	72.3581	0	72.3581
8	0.723378	113.101	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	94.4984	0	94.4984
9	0.723378	119.949	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	110.223	0	110.223
10	0.723378	118.791	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	114.059	0	114.059
11	0.723378	114.415	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	112.826	0	112.826
12	0.723378	109.316	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	110.109	0	110.109
13	0.723378	103.569	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	106.114	0	106.114
14	0.723378	97.2602	D	71.4286	0	61.9158	71.4286	101.035	0	101.035
15	0.689454	86.832	E	0	33.8726	57.1238	65.9003	98.1711	0	98.1711
16	0.689454	80.9577	E	0	33.8726	54.4743	62.8437	93.6178	0	93.6178
17	0.689454	74.452	E	0	33.8726	51.2049	59.072	87.999	0	87.999
18	0.689454	67.5224	E	0	33.8726	47.4407	54.7295	81.5301	0	81.5301
19	0.689454	60.2792	E	0	33.8726	43.2476	49.8922	74.324	0	74.324
20	0.689454	52.6163	E	0	33.8726	38.537	44.4578	66.2284	0	66.2284
21	0.689454	44.5473	E	0	33.8726	33.301	38.4174	57.2301	0	57.2301
22	0.689454	36.0831	E	0	33.8726	27.5282	31.7576	47.3091	0	47.3091
23	0.689454	27.0734	E	0	33.8726	21.0791	24.3177	36.2259	0	36.2259
24	0.689454	16.6231	E	0	33.8726	13.2098	15.2393	22.7018	0	22.7018
25	0.689454	5.60297	E	0	33.8726	4.54519	5.24351	7.81121	0	7.81121

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15364

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-5.95384	2.36408	0	0	0
2	-5.196	-0.875232	23.6788	0	0
3	-4.43816	-2.80572	68.1407	0	0
4	-3.68033	-4.28373	116.72	0	0
5	-3.02222	-5.35321	75.312	0	0
6	-2.3641	-6.28373	57.5334	0	0
7	-1.72599	-7.08373	96.0067	0	0
8	-1.00261	-7.89274	109.763	0	0
9	-0.279233	-8.61549	133.28	0	0
10	0.444144	-9.26511	160.101	0	0
11	1.16752	-9.8512	182.168	0	0
12	1.8909	-10.381	197.163	0	0
13	2.61428	-10.8602	205.145	0	0
14	3.33766	-11.2933	206.314	0	0
15	4.06103	-11.6837	200.985	0	0
16	4.75049	-12.019	194.517	0	0
17	5.43994	-12.3203	185.176	0	0
18	6.1294	-12.5895	173.564	0	0
19	6.81885	-12.8279	160.302	0	0
20	7.5083	-13.0369	146.021	0	0
21	8.19776	-13.2174	131.41	0	0
22	8.88721	-13.3703	117.202	0	0
23	9.57666	-13.4962	104.182	0	0
24	10.2661	-13.5957	93.2559	0	0
25	10.9556	-13.6692	85.819	0	0
26	11.645	-13.7171	0	0	0

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15364

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-5.95384	2.36408	0	0	0
2	-5.196	-0.875232	23.6788	0	0
3	-4.43816	-2.80572	68.1407	0	0
4	-3.68033	-4.28373	116.72	0	0
5	-3.02222	-5.35321	75.312	0	0
6	-2.3641	-6.28373	57.5334	0	0
7	-1.72599	-7.08373	96.0067	0	0
8	-1.00261	-7.89274	109.763	0	0
9	-0.279233	-8.61549	133.28	0	0
10	0.444144	-9.26511	160.101	0	0
11	1.16752	-9.8512	182.168	0	0
12	1.8909	-10.381	197.163	0	0

13	2.61428	-10.8602	205.145	0	0
14	3.33766	-11.2933	206.314	0	0
15	4.06103	-11.6837	200.985	0	0
16	4.75049	-12.019	194.517	0	0
17	5.43994	-12.3203	185.176	0	0
18	6.1294	-12.5895	173.564	0	0
19	6.81885	-12.8279	160.302	0	0
20	7.5083	-13.0369	146.021	0	0
21	8.19776	-13.2174	131.41	0	0
22	8.88721	-13.3703	117.202	0	0
23	9.57666	-13.4962	104.182	0	0
24	10.2661	-13.5957	93.2559	0	0
25	10.9556	-13.6692	85.819	0	0
26	11.645	-13.7171	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
-6.30681	-22.7383
28.0181	-22.7383
28.0181	-15.7818
28.0181	-12.7383
19.0329	-12.7383
18.0335	-13.7383
11.6628	-13.7383
9.93919	-11.6837
6.08013	-7.08373
5.40899	-6.28373
3.73113	-4.28373
0.496037	-0.4275
0	0
-0.688969	0.0760756
-1.90219	-0.0115307
-2.7329	0.106245
-3.62341	0.611646
-6.30681	2.62951
-6.30681	-4.28373
-6.30681	-6.28373
-6.30681	-7.08373
-6.30681	-11.6837
-6.30681	-15.7818

Material Boundary

X	Y

-6.30681	-4.28373
3.73113	-4.28373

Material Boundary

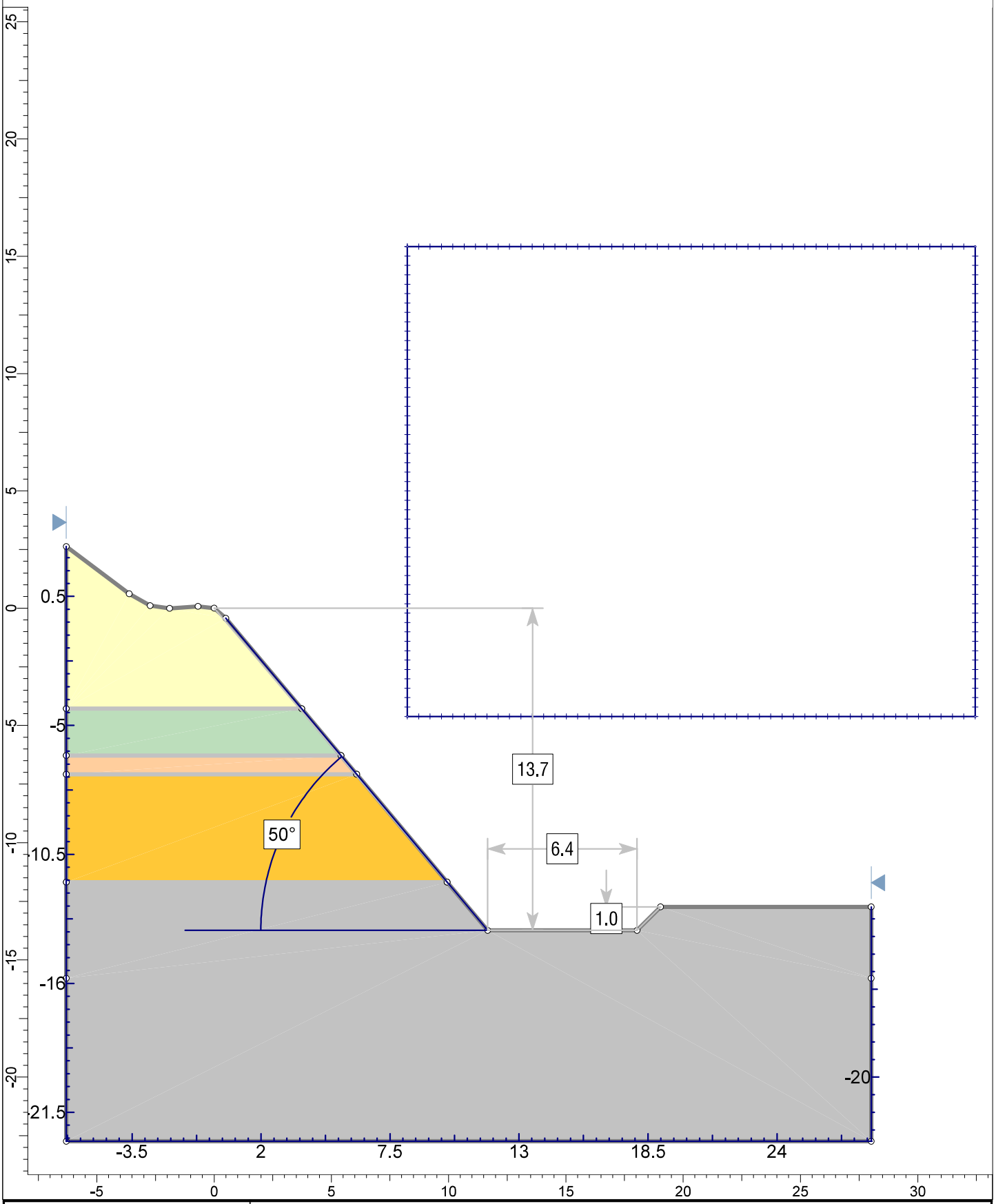
X	Y
-6.30681	-6.28373
5.40899	-6.28373

Material Boundary

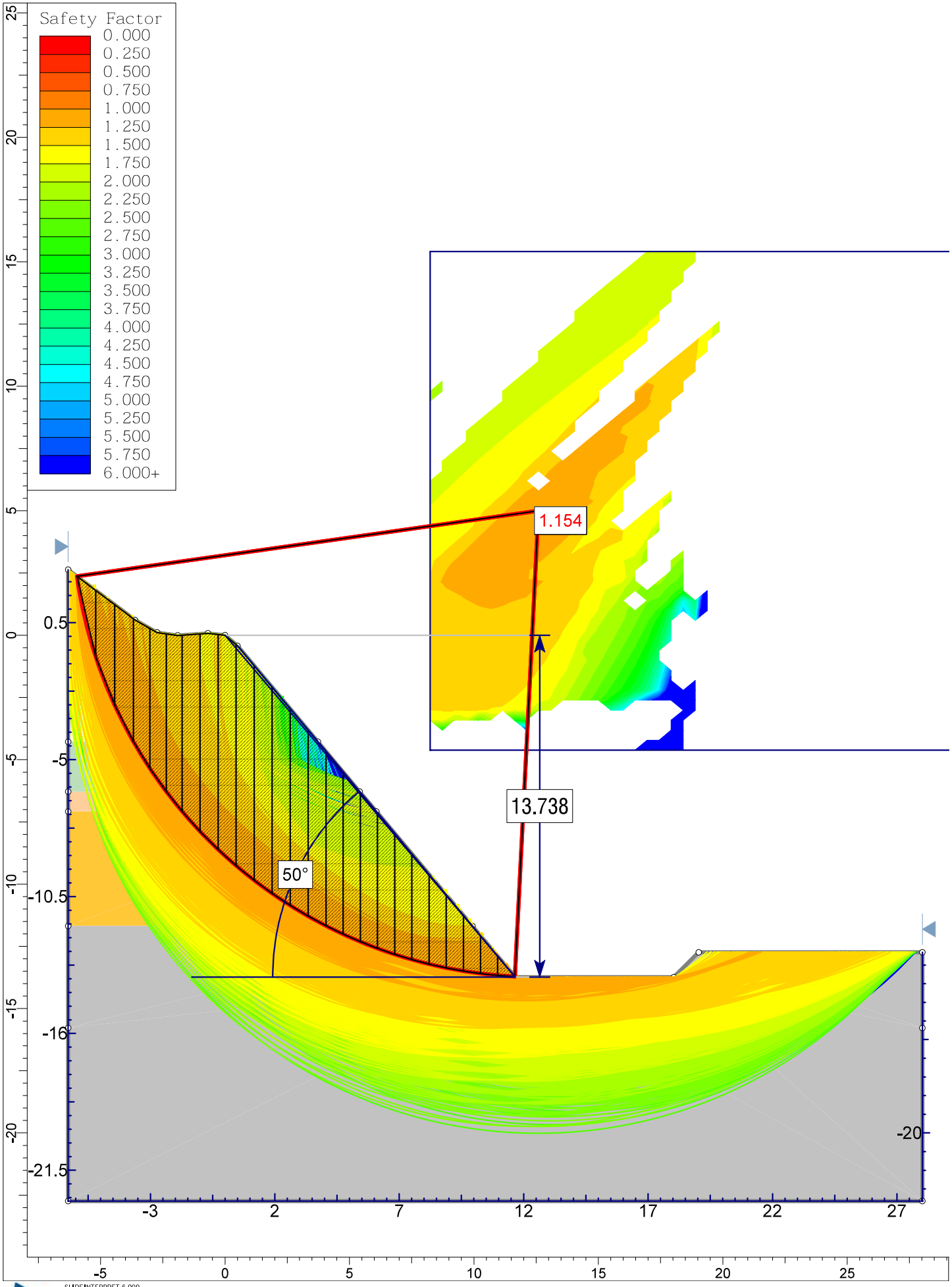
X	Y
-6.30681	-7.08373
6.08013	-7.08373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-11.6837
9.93919	-11.6837



SLIDE 6.009	Project: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale 1:222	Company
	Date 28/05/2020, 13:24:52		File Name Scavo.slim



SLIDEINTERPRET 6.009

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: CD_statica
Slide Modeler Version: 6.009
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 28/05/2020, 13:24:52

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 5
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 1

Material Properties

Property	A	B	C	D	E	Ghiaia alveo	Ciclopici	Ciclopici intasati
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	19	18.5	19	18.5	25	20	25	25
Cohesion [kPa]	0	7.7	0	15.4	0	0		
Friction Angle [deg]	35	25	35	26.6	40	40		
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Support Properties

Geogriglie

Support Type: GeoTextile
Force Application: Active
Force Orientation: Parallel to Reinforcement
Anchorage: Embedded End
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 80 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.389660
Center: 19.903, 9.737
Radius: 23.589
Left Slip Surface Endpoint: -1.589, 0.011
Right Slip Surface Endpoint: 27.067, -12.738
Resisting Moment=33317.9 kN-m
Driving Moment=23975.6 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2655
Number of Invalid Surfaces: 58551

Error Codes:

Error Code -99 reported for 30568 surfaces
Error Code -107 reported for 271 surfaces
Error Code -109 reported for 261 surfaces
Error Code -115 reported for 31 surfaces
Error Code -1000 reported for 27420 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-99 = Slip surface intersects an infinite strength material. If infinite strength regions are defined for a model, a large number of potential slip surfaces may show this error code. This is Normal.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38966

				Base	Base	Shear	Shear	Base	Pore	Effective

Number	[m]	[kN]	Material	Cohesion [kPa]	Friction Angle [degrees]	Stress [kPa]	Strength [kPa]	Normal Stress [kPa]	Pressure [kPa]	Normal Stress [kPa]
1	1.26027	29.6664	A	0	29.2561	5.36733	7.45877	13.3153	0	13.3153
2	1.26027	74.6601	A	0	29.2561	14.897	20.7018	36.9566	0	36.9566
3	1.65581	155.125	B	6.16	20.4579	22.3501	31.059	66.745	0	66.745
4	0.776069	94.3932	C	0	29.2561	34.6572	48.1617	85.9775	0	85.9775
5	1.08709	152.042	D	12.32	21.8315	38.8614	54.0041	104.052	0	104.052
6	1.08709	160.602	D	12.32	21.8315	41.6711	57.9086	113.798	0	113.798
7	1.08709	161.375	D	12.32	21.8315	42.7603	59.4223	117.577	0	117.577
8	1.08709	163.57	D	12.32	21.8315	44.1011	61.2856	122.228	0	122.228
9	1.08709	160.764	D	12.32	21.8315	44.2641	61.5121	122.793	0	122.793
10	1.08709	155.061	D	12.32	21.8315	43.6903	60.7147	120.803	0	120.803
11	1.09942	148.89	Ghiaia alveo	0	33.8726	54.0069	75.0512	111.803	0	111.803
12	1.09942	138.831	Ghiaia alveo	0	33.8726	51.5646	71.6573	106.748	0	106.748
13	1.09942	127.389	Ghiaia alveo	0	33.8726	48.4107	67.2744	100.218	0	100.218
14	1.09942	114.635	Ghiaia alveo	0	33.8726	44.5477	61.9062	92.2209	0	92.2209
15	1.09942	100.626	Ghiaia alveo	0	33.8726	39.9714	55.5467	82.7475	0	82.7475
16	1.09942	85.4059	Ghiaia alveo	0	33.8726	34.6708	48.1806	71.7743	0	71.7743
17	1.09942	69.5786	Ghiaia alveo	0	33.8726	28.8646	40.112	59.7546	0	59.7546
18	1.18564	69.2403	E	0	33.8726	27.2452	37.8616	56.402	0	56.402
19	1.18564	66.8317	E	0	33.8726	26.9302	37.4238	55.75	0	55.75
20	1.18564	66.6083	E	0	33.8726	27.4996	38.2151	56.9287	0	56.9287
21	1.18564	61.4968	E	0	33.8726	26.0315	36.1749	53.8894	0	53.8894
22	1.18564	48.8586	E	0	33.8726	21.225	29.4955	43.9392	0	43.9392
23	1.18564	34.2992	E	0	33.8726	15.3102	21.276	31.6947	0	31.6947
24	1.18564	17.9368	E	0	33.8726	8.23971	11.4504	17.0575	0	17.0575
25	1.18564	5.09914	E	0	33.8726	2.41537	3.35655	5.00023	0	5.00023

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38966

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.26027	29.6664	A	0	29.2561	5.36733	7.45877	13.3153	0	13.3153
2	1.26027	74.6601	A	0	29.2561	14.897	20.7018	36.9566	0	36.9566
3	1.65581	155.125	B	6.16	20.4579	22.3501	31.059	66.745	0	66.745
4	0.776069	94.3932	C	0	29.2561	34.6572	48.1617	85.9775	0	85.9775
5	1.08709	152.042	D	12.32	21.8315	38.8614	54.0041	104.052	0	104.052
6	1.08709	160.602	D	12.32	21.8315	41.6711	57.9086	113.798	0	113.798
7	1.08709	161.375	D	12.32	21.8315	42.7603	59.4223	117.577	0	117.577
8	1.08709	163.57	D	12.32	21.8315	44.1011	61.2856	122.228	0	122.228
9	1.08709	160.764	D	12.32	21.8315	44.2641	61.5121	122.793	0	122.793
10	1.08709	155.061	D	12.32	21.8315	43.6903	60.7147	120.803	0	120.803
11	1.09942	148.89	Ghiaia alveo	0	33.8726	54.0069	75.0512	111.803	0	111.803
12	1.09942	138.831	Ghiaia alveo	0	33.8726	51.5646	71.6573	106.748	0	106.748
13	1.09942	127.389	Ghiaia alveo	0	33.8726	48.4107	67.2744	100.218	0	100.218
14	1.09942	114.635	Ghiaia alveo	0	33.8726	44.5477	61.9062	92.2209	0	92.2209
15	1.09942	100.626	Ghiaia alveo	0	33.8726	39.9714	55.5467	82.7475	0	82.7475
16	1.09942	85.4059	Ghiaia alveo	0	33.8726	34.6708	48.1806	71.7743	0	71.7743
17	1.09942	69.5786	Ghiaia alveo	0	33.8726	28.8646	40.112	59.7546	0	59.7546
18	1.18564	69.2403	E	0	33.8726	27.2452	37.8616	56.402	0	56.402

19	1.18564	66.8317	E	0	33.8726	26.9302	37.4238	55.75	0	55.75
20	1.18564	66.6083	E	0	33.8726	27.4996	38.2151	56.9287	0	56.9287
21	1.18564	61.4968	E	0	33.8726	26.0315	36.1749	53.8894	0	53.8894
22	1.18564	48.8586	E	0	33.8726	21.225	29.4955	43.9392	0	43.9392
23	1.18564	34.2992	E	0	33.8726	15.3102	21.276	31.6947	0	31.6947
24	1.18564	17.9368	E	0	33.8726	8.23971	11.4504	17.0575	0	17.0575
25	1.18564	5.09914	E	0	33.8726	2.41537	3.35655	5.00023	0	5.00023

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38966

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-1.58877	0.0111015	0	0	0
2	-0.328494	-2.39459	25.2821	0	0
3	0.931777	-4.28373	76.3628	0	0
4	2.58759	-6.28373	172.922	0	0
5	3.36366	-7.08373	214.863	0	0
6	4.45075	-8.08754	277.151	0	0
7	5.53784	-8.9747	332.901	0	0
8	6.62493	-9.76114	378.98	0	0
9	7.71202	-10.4586	416.39	0	0
10	8.79911	-11.0761	444.194	0	0
11	9.8862	-11.6206	462.566	0	0
12	10.9856	-12.1025	457.188	0	0
13	12.085	-12.5197	445.151	0	0
14	13.1845	-12.8758	427.731	0	0
15	14.2839	-13.1738	406.331	0	0
16	15.3833	-13.4158	382.498	0	0
17	16.4827	-13.6035	357.933	0	0
18	17.5822	-13.7383	334.319	0	0
19	18.7678	-13.8254	306.994	0	0
20	19.9534	-13.8526	276.65	0	0
21	21.1391	-13.8202	242.269	0	0
22	22.3247	-13.728	206.497	0	0
23	23.5104	-13.5751	174.668	0	0
24	24.696	-13.3605	149.75	0	0
25	25.8816	-13.0823	135.256	0	0
26	27.0673	-12.7383	0	0	0

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38966

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-1.58877	0.0111015	0	0	0
2	-0.328494	-2.39459	25.2821	0	0
3	0.931777	-4.28373	76.3628	0	0
4	2.58759	-6.28373	172.922	0	0
5	3.36366	-7.08373	214.863	0	0

6	4.45075	-8.08754	277.151	0	0
7	5.53784	-8.9747	332.901	0	0
8	6.62493	-9.76114	378.98	0	0
9	7.71202	-10.4586	416.39	0	0
10	8.79911	-11.0761	444.194	0	0
11	9.8862	-11.6206	462.566	0	0
12	10.9856	-12.1025	457.188	0	0
13	12.085	-12.5197	445.151	0	0
14	13.1845	-12.8758	427.731	0	0
15	14.2839	-13.1738	406.331	0	0
16	15.3833	-13.4158	382.498	0	0
17	16.4827	-13.6035	357.933	0	0
18	17.5822	-13.7383	334.319	0	0
19	18.7678	-13.8254	306.994	0	0
20	19.9534	-13.8526	276.65	0	0
21	21.1391	-13.8202	242.269	0	0
22	22.3247	-13.728	206.497	0	0
23	23.5104	-13.5751	174.668	0	0
24	24.696	-13.3605	149.75	0	0
25	25.8816	-13.0823	135.256	0	0
26	27.0673	-12.7383	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
28.0181	-12.7383
25.7522	-12.7383
21.3212	-11.302
17.3212	-11.302
16.0535	-10.2383
7.42952	-3.0019
4.28805	-0.365892
2.76187	-0.390688
0.496037	-0.4275
-4.65661e-010	0
-0.688969	0.0760756
-1.90219	-0.0115307
-2.7329	0.106245
-3.62341	0.611646
-6.30681	2.62951
-6.30681	-4.28373
-6.30681	-6.28373
-6.30681	-7.08373
-6.30681	-11.6837
-6.30681	-22.7383
28.0181	-22.7383

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-4.28373
3.73113	-4.28373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-6.28373
5.40899	-6.28373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-7.08373
6.08013	-7.08373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-11.6837
9.93919	-11.6837

Material Boundary

X	Y
0.496037	-0.4275
3.73113	-4.28373
5.40899	-6.28373
6.08013	-7.08373
9.93919	-11.6837
11.6628	-13.7383
17.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
13.76	-10.2383
16.0535	-10.2383

Material Boundary

X	Y
19.0329	-12.7383
19.6689	-12.7383
25.7522	-12.7383

Material Boundary

X	Y
19.6689	-13.7383
19.6689	-12.7383

Material Boundary

X	Y
18.6689	-13.7383
19.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
17.6689	-13.7383
18.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
2.76187	-0.390688
5.67817	-3.0019
13.76	-10.2383
17.6689	-13.7383

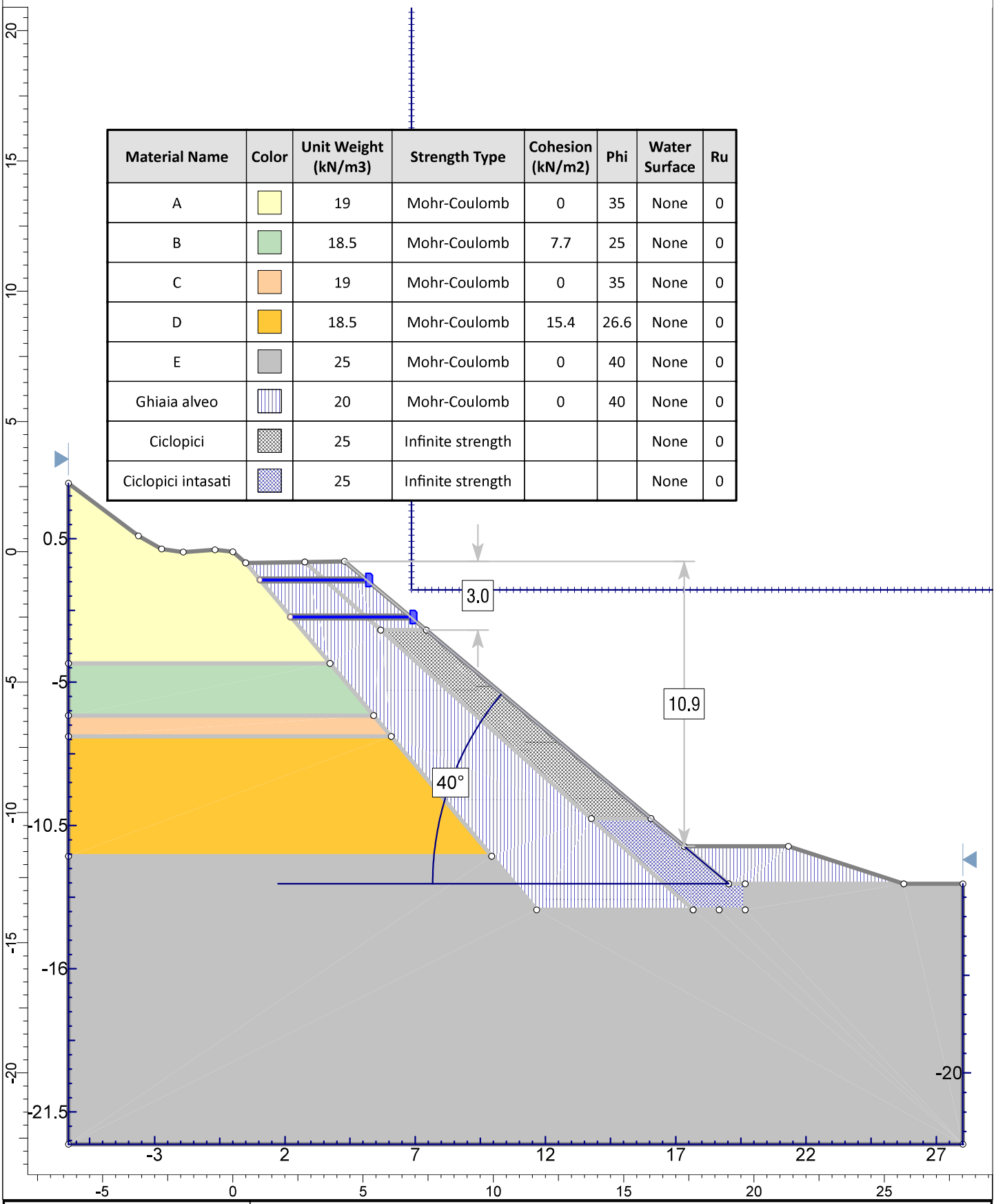
Material Boundary

X	Y
17.3212	-11.302
19.0329	-12.7383

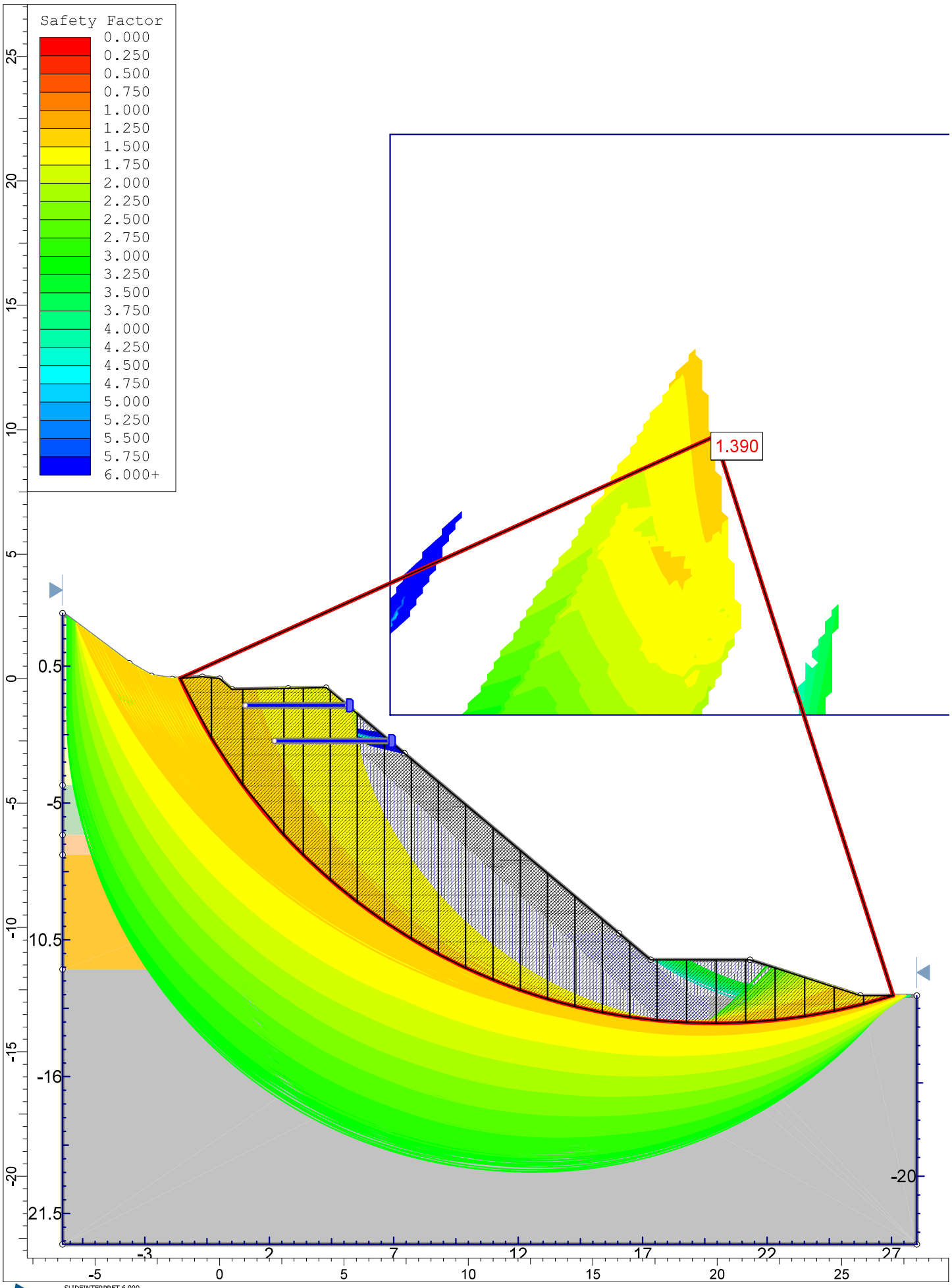
Material Boundary

X	Y
5.67817	-3.0019
7.42952	-3.0019

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
A		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
B		18.5	Mohr-Coulomb	7.7	25	None	0
C		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
D		18.5	Mohr-Coulomb	15.4	26.6	None	0
E		25	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ghiaia alveo		20	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ciclopici		25	Infinite strength			None	0
Ciclopici intasati		25	Infinite strength			None	0



Project	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
Analysis Description			
Drawn By	Scale 1:200	Company	
Date	28/05/2020, 13:24:52	File Name	CD_statica.slim


Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
1.390
0.5
-5
-10.5
-16
-20
-21.5
-3
2
7
12
17
22
27
-5
0
5
10
15
20
25
SLIDEINTERPRET 6.009

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: CD_sismica
Slide Modeler Version: 6.009
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 28/05/2020, 13:24:52

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 5
Composite Surfaces: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 1

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.056

Material Properties

Property	A	B	C	D	E	Ghiaia alveo	Ciclopici	Ciclopici intasati
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	19	18.5	19	18.5	25	20	25	25
Cohesion [kPa]	0	7.7	0	15.4	0	0		
Friction Angle [deg]	35	25	35	26.6	40	40		
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Support Properties

Geogriglie

Support Type: GeoTextile
Force Application: Active
Force Orientation: Parallel to Reinforcement
Anchorage: Embedded End
Shear Strength Model: Linear
Strip Coverage: 100 percent
Tensile Strength: 80 kN/m
Pullout Strength Adhesion: 0 kN/m2
Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.242070
Center: 19.903, 9.737
Radius: 23.589
Left Slip Surface Endpoint: -1.589, 0.011
Right Slip Surface Endpoint: 27.067, -12.738
Resisting Moment=32785.7 kN-m
Driving Moment=26396 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2662
Number of Invalid Surfaces: 58544

Error Codes:

Error Code -99 reported for 30568 surfaces
Error Code -107 reported for 264 surfaces
Error Code -109 reported for 261 surfaces
Error Code -115 reported for 31 surfaces
Error Code -1000 reported for 27420 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-99 = Slip surface intersects an infinite strength material. If infinite strength regions are defined for a model, a large number of potential slip surfaces may show this error code. This is Normal.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24207

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.26027	29.6664	A	0	29.2561	5.70739	7.08898	12.6552	0	12.6552
2	1.26027	74.6601	A	0	29.2561	15.9468	19.807	35.3592	0	35.3592
3	1.65581	155.125	B	6.16	20.4579	24.2926	30.1731	64.3702	0	64.3702
4	0.776069	94.3932	C	0	29.2561	37.4567	46.5239	83.0538	0	83.0538
5	1.08709	152.042	D	12.32	21.8315	42.4101	52.6763	100.737	0	100.737
6	1.08709	160.602	D	12.32	21.8315	45.5818	56.6158	110.571	0	110.571
7	1.08709	161.375	D	12.32	21.8315	46.8716	58.2178	114.57	0	114.57
8	1.08709	163.57	D	12.32	21.8315	48.4351	60.1598	119.417	0	119.417
9	1.08709	160.764	D	12.32	21.8315	48.7023	60.4917	120.246	0	120.246
10	1.08709	155.061	D	12.32	21.8315	48.1536	59.8102	118.545	0	118.545
11	1.09942	148.89	Ghiaia alveo	0	33.8726	59.1845	73.5113	109.509	0	109.509
12	1.09942	138.831	Ghiaia alveo	0	33.8726	56.6399	70.3507	104.801	0	104.801
13	1.09942	127.389	Ghiaia alveo	0	33.8726	53.2985	66.2005	98.6185	0	98.6185
14	1.09942	114.635	Ghiaia alveo	0	33.8726	49.159	61.0589	90.9594	0	90.9594
15	1.09942	100.626	Ghiaia alveo	0	33.8726	44.2118	54.9141	81.8051	0	81.8051
16	1.09942	85.4059	Ghiaia alveo	0	33.8726	38.4395	47.7445	71.1246	0	71.1246
17	1.09942	69.5786	Ghiaia alveo	0	33.8726	32.0795	39.845	59.3567	0	59.3567
18	1.18564	69.2403	E	0	33.8726	30.358	37.7067	56.1714	0	56.1714
19	1.18564	66.8317	E	0	33.8726	30.0906	37.3746	55.6767	0	55.6767
20	1.18564	66.6083	E	0	33.8726	30.8166	38.2764	57.0201	0	57.0201
21	1.18564	61.4968	E	0	33.8726	29.2616	36.345	54.1429	0	54.1429
22	1.18564	48.8586	E	0	33.8726	23.9375	29.7321	44.2917	0	44.2917
23	1.18564	34.2992	E	0	33.8726	17.3285	21.5232	32.0629	0	32.0629
24	1.18564	17.9368	E	0	33.8726	9.36211	11.6284	17.3228	0	17.3228
25	1.18564	5.09914	E	0	33.8726	2.75622	3.42342	5.09984	0	5.09984

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24207

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.26027	29.6664	A	0	29.2561	5.70739	7.08898	12.6552	0	12.6552
2	1.26027	74.6601	A	0	29.2561	15.9468	19.807	35.3592	0	35.3592
3	1.65581	155.125	B	6.16	20.4579	24.2926	30.1731	64.3702	0	64.3702
4	0.776069	94.3932	C	0	29.2561	37.4567	46.5239	83.0538	0	83.0538
5	1.08709	152.042	D	12.32	21.8315	42.4101	52.6763	100.737	0	100.737
6	1.08709	160.602	D	12.32	21.8315	45.5818	56.6158	110.571	0	110.571
7	1.08709	161.375	D	12.32	21.8315	46.8716	58.2178	114.57	0	114.57
8	1.08709	163.57	D	12.32	21.8315	48.4351	60.1598	119.417	0	119.417
9	1.08709	160.764	D	12.32	21.8315	48.7023	60.4917	120.246	0	120.246
10	1.08709	155.061	D	12.32	21.8315	48.1536	59.8102	118.545	0	118.545
11	1.09942	148.89	Ghiaia alveo	0	33.8726	59.1845	73.5113	109.509	0	109.509
12	1.09942	138.831	Ghiaia alveo	0	33.8726	56.6399	70.3507	104.801	0	104.801
13	1.09942	127.389	Ghiaia alveo	0	33.8726	53.2985	66.2005	98.6185	0	98.6185
14	1.09942	114.635	Ghiaia alveo	0	33.8726	49.159	61.0589	90.9594	0	90.9594

15	1.09942	100.626	Ghiaia alveo	0	33.8726	44.2118	54.9141	81.8051	0	81.8051
16	1.09942	85.4059	Ghiaia alveo	0	33.8726	38.4395	47.7445	71.1246	0	71.1246
17	1.09942	69.5786	Ghiaia alveo	0	33.8726	32.0795	39.845	59.3567	0	59.3567
18	1.18564	69.2403	E	0	33.8726	30.358	37.7067	56.1714	0	56.1714
19	1.18564	66.8317	E	0	33.8726	30.0906	37.3746	55.6767	0	55.6767
20	1.18564	66.6083	E	0	33.8726	30.8166	38.2764	57.0201	0	57.0201
21	1.18564	61.4968	E	0	33.8726	29.2616	36.345	54.1429	0	54.1429
22	1.18564	48.8586	E	0	33.8726	23.9375	29.7321	44.2917	0	44.2917
23	1.18564	34.2992	E	0	33.8726	17.3285	21.5232	32.0629	0	32.0629
24	1.18564	17.9368	E	0	33.8726	9.36211	11.6284	17.3228	0	17.3228
25	1.18564	5.09914	E	0	33.8726	2.75622	3.42342	5.09984	0	5.09984

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24207

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-1.58877	0.0111015	0	0	0
2	-0.328494	-2.39459	24.9195	0	0
3	0.931777	-4.28373	75.8205	0	0
4	2.58759	-6.28373	173.061	0	0
5	3.36366	-7.08373	215.748	0	0
6	4.45075	-8.08754	279.322	0	0
7	5.53784	-8.9747	336.904	0	0
8	6.62493	-9.76114	385.138	0	0
9	7.71202	-10.4586	424.986	0	0
10	8.79911	-11.0761	455.346	0	0
11	9.8862	-11.6206	476.27	0	0
12	10.9856	-12.1025	472.37	0	0
13	12.085	-12.5197	461.657	0	0
14	13.1845	-12.8758	445.371	0	0
15	14.2839	-13.1738	424.894	0	0
16	15.3833	-13.4158	401.761	0	0
17	16.4827	-13.6035	377.674	0	0
18	17.5822	-13.7383	354.335	0	0
19	18.7678	-13.8254	327.145	0	0
20	19.9534	-13.8526	296.761	0	0
21	21.1391	-13.8202	262.141	0	0
22	22.3247	-13.728	225.928	0	0
23	23.5104	-13.5751	193.54	0	0
24	24.696	-13.3605	168.052	0	0
25	25.8816	-13.0823	153.148	0	0
26	27.0673	-12.7383	0	0	0

Query 1 (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24207

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-1.58877	0.0111015	0	0	0

2	-0.328494	-2.39459	24.9195	0	0
3	0.931777	-4.28373	75.8205	0	0
4	2.58759	-6.28373	173.061	0	0
5	3.36366	-7.08373	215.748	0	0
6	4.45075	-8.08754	279.322	0	0
7	5.53784	-8.9747	336.904	0	0
8	6.62493	-9.76114	385.138	0	0
9	7.71202	-10.4586	424.986	0	0
10	8.79911	-11.0761	455.346	0	0
11	9.8862	-11.6206	476.27	0	0
12	10.9856	-12.1025	472.37	0	0
13	12.085	-12.5197	461.657	0	0
14	13.1845	-12.8758	445.371	0	0
15	14.2839	-13.1738	424.894	0	0
16	15.3833	-13.4158	401.761	0	0
17	16.4827	-13.6035	377.674	0	0
18	17.5822	-13.7383	354.335	0	0
19	18.7678	-13.8254	327.145	0	0
20	19.9534	-13.8526	296.761	0	0
21	21.1391	-13.8202	262.141	0	0
22	22.3247	-13.728	225.928	0	0
23	23.5104	-13.5751	193.54	0	0
24	24.696	-13.3605	168.052	0	0
25	25.8816	-13.0823	153.148	0	0
26	27.0673	-12.7383	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
28.0181	-12.7383
25.7522	-12.7383
21.3212	-11.302
17.3212	-11.302
16.0535	-10.2383
7.42952	-3.0019
4.28805	-0.365892
2.76187	-0.390688
0.496037	-0.4275
-4.65661e-010	0
-0.688969	0.0760756
-1.90219	-0.0115307
-2.7329	0.106245
-3.62341	0.611646
-6.30681	2.62951
-6.30681	-4.28373
-6.30681	-6.28373
-6.30681	-7.08373

-6.30681	-11.6837
-6.30681	-22.7383
28.0181	-22.7383

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-4.28373
3.73113	-4.28373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-6.28373
5.40899	-6.28373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-7.08373
6.08013	-7.08373

Material Boundary

X	Y
-6.30681	-11.6837
9.93919	-11.6837

Material Boundary

X	Y
0.496037	-0.4275
3.73113	-4.28373
5.40899	-6.28373
6.08013	-7.08373
9.93919	-11.6837
11.6628	-13.7383
17.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
13.76	-10.2383
16.0535	-10.2383

Material Boundary

X	Y
19.0329	-12.7383
19.6689	-12.7383

25.7522	-12.7383

Material Boundary

X	Y
19.6689	-13.7383
19.6689	-12.7383

Material Boundary

X	Y
18.6689	-13.7383
19.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
17.6689	-13.7383
18.6689	-13.7383

Material Boundary

X	Y
2.76187	-0.390688
5.67817	-3.0019
13.76	-10.2383
17.6689	-13.7383

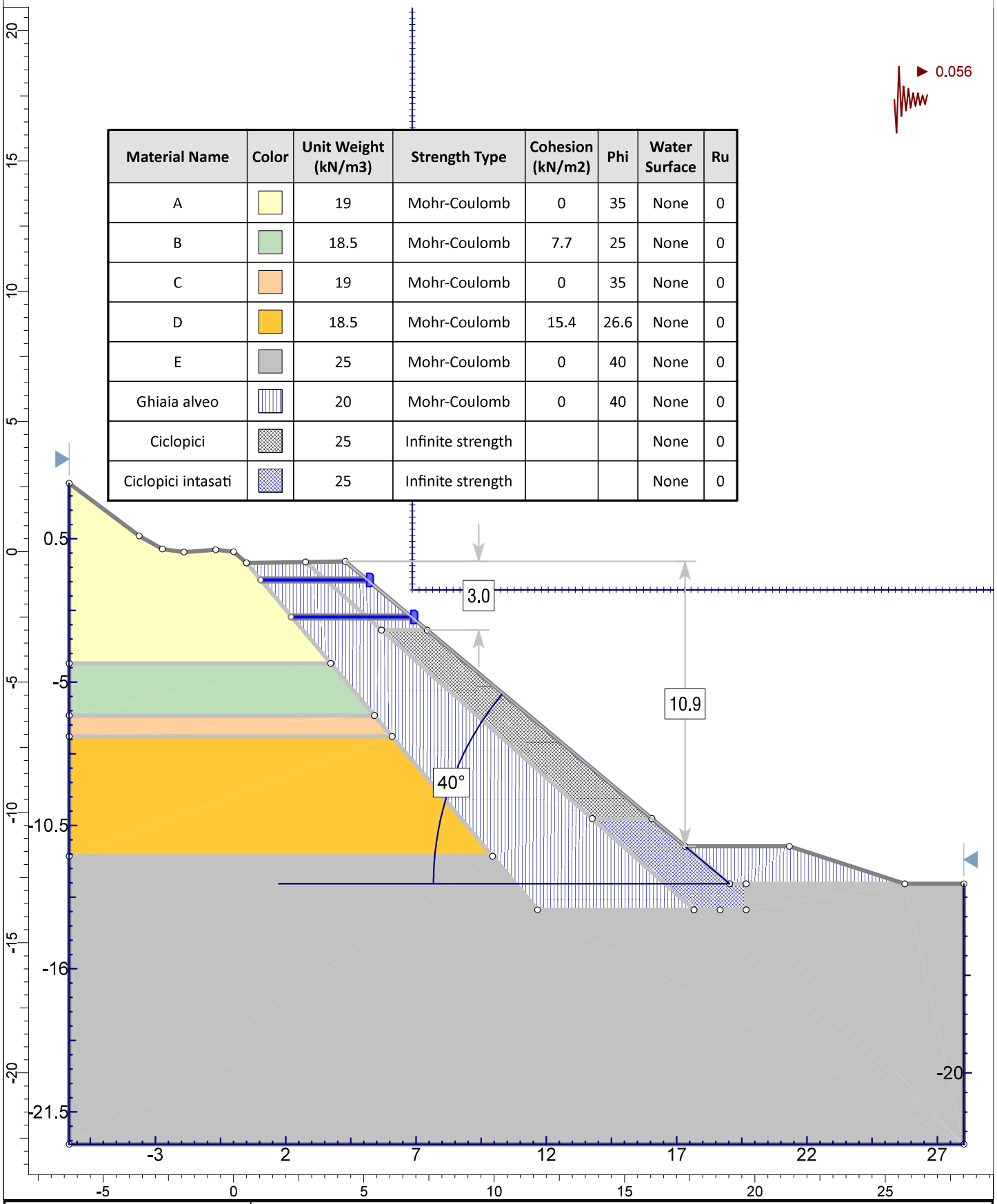
Material Boundary

X	Y
17.3212	-11.302
19.0329	-12.7383

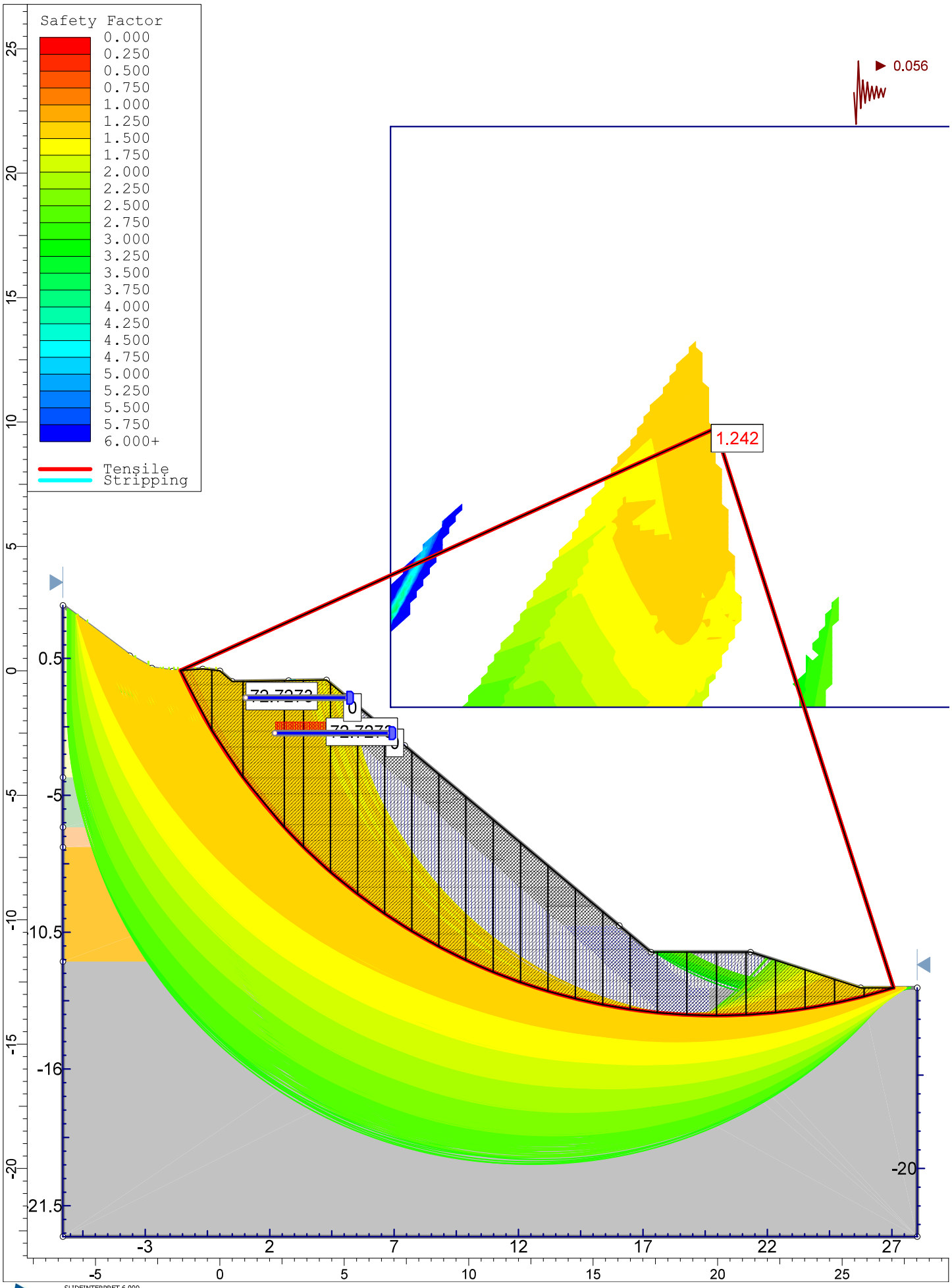
Material Boundary

X	Y
5.67817	-3.0019
7.42952	-3.0019

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
A		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
B		18.5	Mohr-Coulomb	7.7	25	None	0
C		19	Mohr-Coulomb	0	35	None	0
D		18.5	Mohr-Coulomb	15.4	26.6	None	0
E		25	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ghiaia alveo		20	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
Ciclopici		25	Infinite strength			None	0
Ciclopici intasati		25	Infinite strength			None	0



Project	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
Analysis Description			
Drawn By	Scale 1:200	Company	
Date 28/05/2020, 13:24:52		File Name	CD_sismica.slim



SLIDEINTERPRET 6.009