

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA  
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO**

Via Camogli 59 - 41125 Modena  
Tel 347/4128277 - Fax 059/394816  
e-mail [delmaschio.l@alice.it](mailto:delmaschio.l@alice.it)  
PEC [delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it](mailto:delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it)

**COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO  
PROVINCIA DI MODENA**

**OGGETTO:**

**PIANO OPERATIVO COMUNALE 2015-2020  
DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO - AMBITO ANS 3.2.  
RELAZIONE GEOLOGICA, SULLA MODELLAZIONE SISMICA E  
GEOTECNICA DEL VOLUME SIGNIFICATIVO.**

**LOCALITÀ:**

Pavullo n/F - Via del Fossato

**COMMITTENTE**

Brusiani Ermanno

OTTOBRE 2015



## INDICE GENERALE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	1
a. Riferimenti cartografici	1
b. Copertura aerofotogrammetrica	1
c. Riferimenti catastali	1
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
4. USO DEL SUOLO	4
5. INDAGINI REALIZZATE	5
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	7
7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO	16
a. Indagini geofisiche	16
a1. I dati ottenuti	16
a2. Interpretazione delle indagini	16
b. Indagini geognostiche	30
b1. I dati ottenuti	30
b2. Interpretazione delle indagini	30
b2.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	30
b2.2 Prove penetrometriche dinamiche	32
c. Il modello geologico-tecnico del volume significativo	38
8. VERIFICHE DI SICUREZZA PRELIMINARI	40
a. Scopo delle verifiche	40
b. Analisi all'equilibrio limite	40
c. Verifiche di sicurezza	46
d. Commento ed analisi delle verifiche di sicurezza	83
9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE	84
a. Sismicità delle aree di interesse	84
b. Sismicità storica delle aree di intervento	85
c. Individuazione della pericolosità sismica del sito	87
d. Risposta sismica locale	90
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	91
11. ALLEGATI	96

## 1. PREMESSA

Su incarico della Proprietà ed in accordo con i tecnici incaricati della progettazione, Arch. Amidei - Fundo Studio Srl, è stato redatto lo studio geologico dell'area inerente il piano urbanistico attuativo PUA denominato "Via del Fossato in via del Fossato a Pavullo nel Frignano".

Nell'area in esame sono stati eseguiti vari studi da parte dell'amministrazione comunale ed in particolare per il Piano Strutturale Comunale approvato nel 2009.

L'indagine è stata effettuata mediante reperimento di materiale bibliografico conoscitivo (di cui sopra), sopralluoghi, rilievi diretti sul sito e indagini geognostiche e sismiche.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - AMMINISTRATIVO

L'area di intervento è ubicata in Pavullo nel Frignano, via del Fossato  
I principali riferimenti sono:

### **a. Riferimenti cartografici (fig. 2.1 - 2.2)**

C.T.R.: Tavola 236 NO (1:25.000);  
Sezione 236060 (1:10.000);  
Elemento 236061 (1:5000).

### **b. Copertura aereofotogrammetrica**

- Foto aeree RER 1954
- Foto aeree RER 1973-1978
- Ortofoto digitali AIMA 1996
- Ortofoto digitali Terraitaly 2000
- Ortofoto digitali QB 2003
- Ortofoto AGEA-RER 2008
- Ortofoto AGEA-RER 2011

### **c. Riferimenti catastali**

Foglio 53, Mappale 42 - Comune di Pavullo nel Frignano

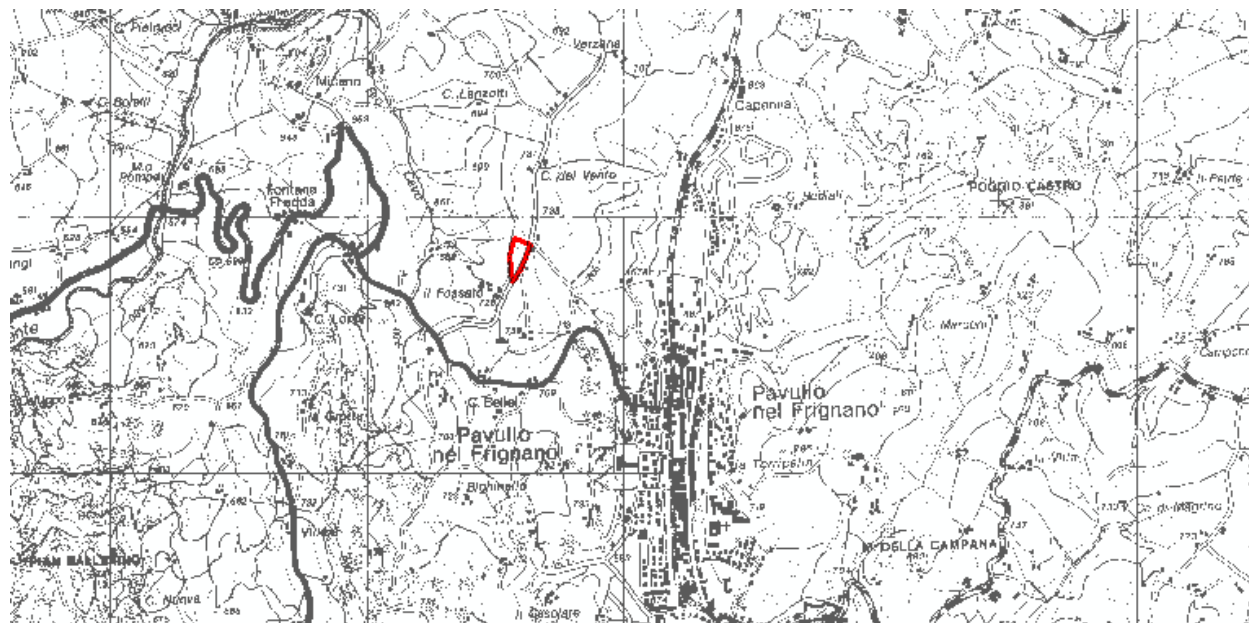


Figura 2.1: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:25.000.

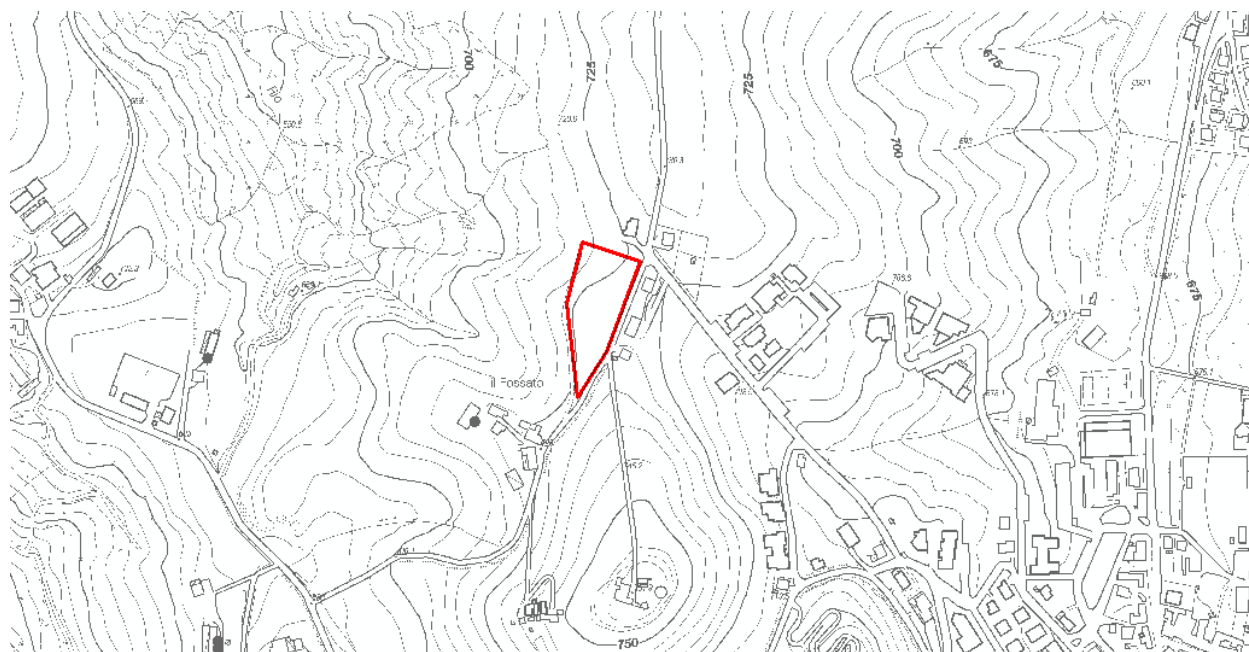


Figura 2.2: Localizzazione area di indagine su C.T.R. a scala 1:5.000.

### 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

**- D.P.R. 380/2001**

**- 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. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le costruzioni.

**- Circolare n. 617 del 02/02/2009**

**- DAL Regione Emilia - Romagna 112/2007**

L'area di intervento non risulta vincolata ai sensi del "Vincolo idrogeologico" (Regio Decreto n.3267 del 30/12/1923 e Legge Regionale n.47 del 07/12/1978).

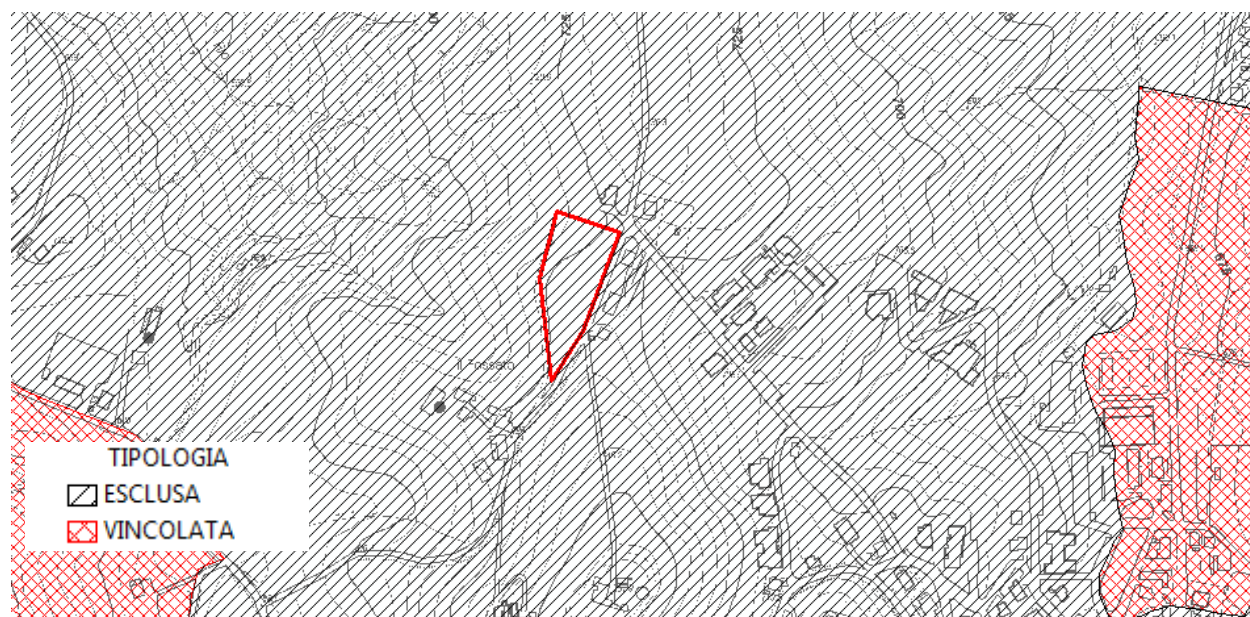


Figura 3.1: Area soggetta a vincolo idrogeologico.

## 4. USO DEL SUOLO

L'area di intervento risulta compresa nella tipologia "Seminativi non irrigui (Sn)". Quanto precedentemente descritto si può riscontrare nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Emilia-Romagna (ed. 2003) (fig. 4.1).

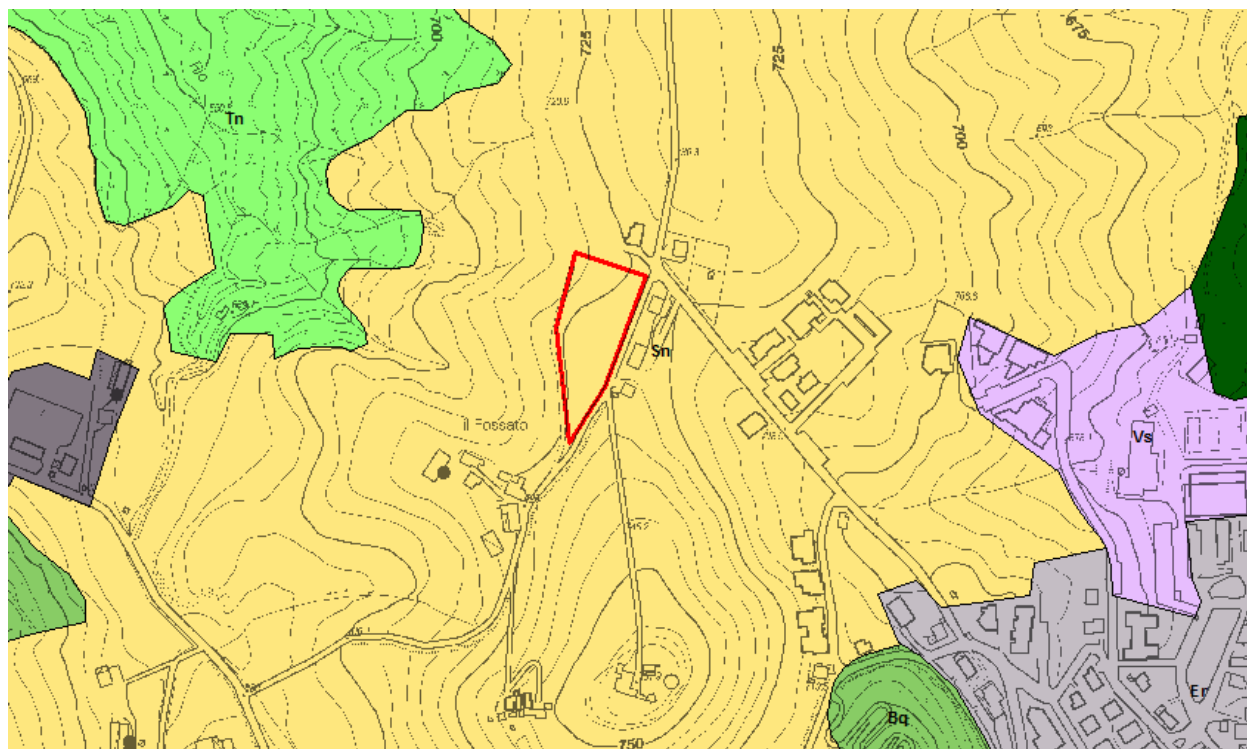


Figura 4.1: Carta Uso del suolo - Regione Emilia-Romagna ed. 2003.

## 5. INDAGINI REALIZZATE

Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche (figura 5.1):

- Indagini eseguite in fase di realizzazione del PSC Comunale (2009):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2008 e S3\_2008) spinti fino alla profondità max di 15.0 m dal p.c e attrezzati con tubi inclinometrici T1 e T2;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo superpesante DPSH (DPSH01\_2008, DPSH02\_2008, DPSH03\_2008, DPSH01\_2009 e DPSH02\_2009) per un totale di 39.0 m di perforazione;

- Indagini eseguite per lo studio del PUA (2015):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2015 e S2\_2015) spinti fino alla profondità di 15.0 m dal p.c.;
- n. 2 indagini sismiche passive di microtremori (HVSRO1 e HVSRO2);
- n. 2 indagini sismiche passive in array 2d (ESAC01 e ESAC02)
- n. 2 indagini sismiche attive in array 1d (MASW01 e MASW02)

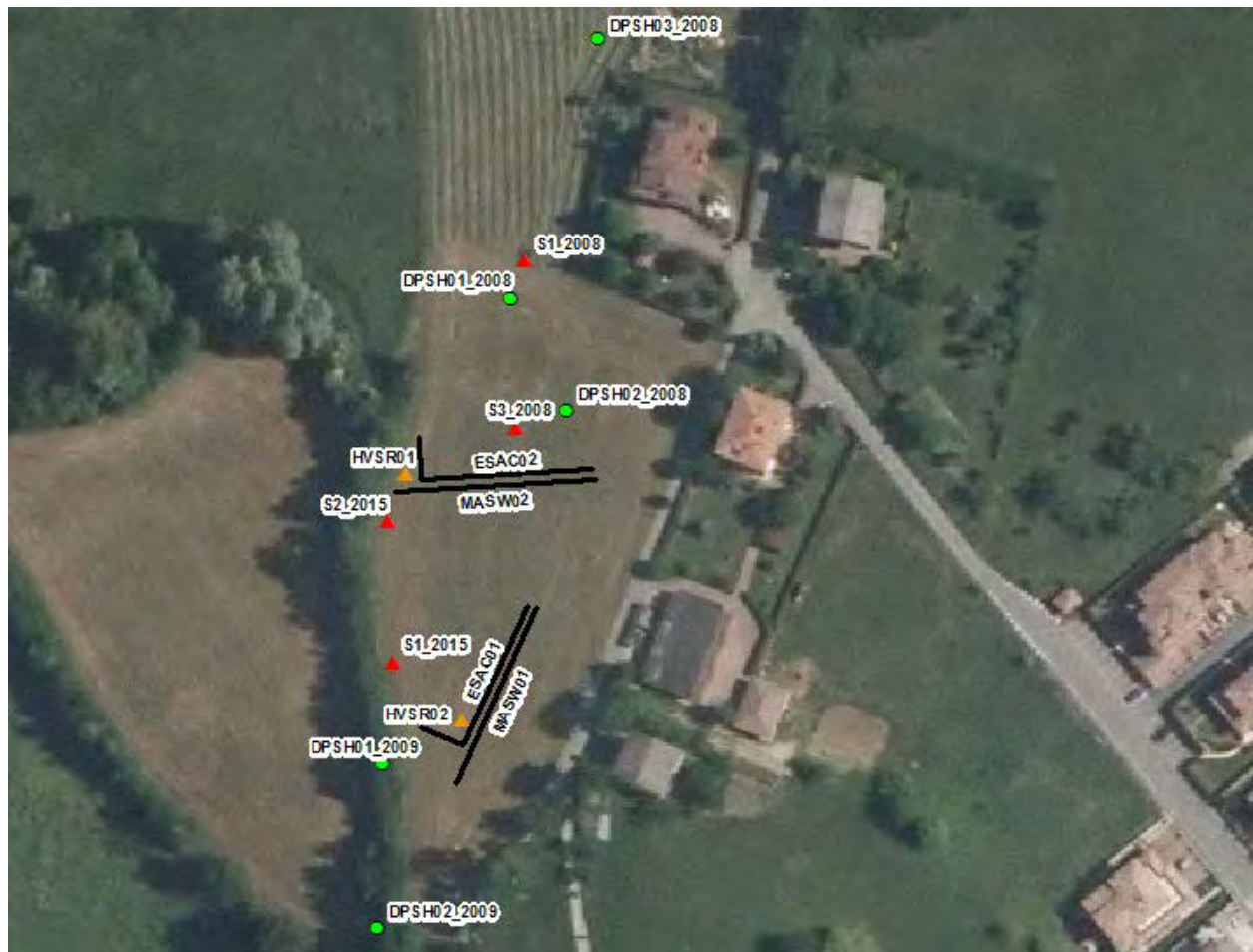


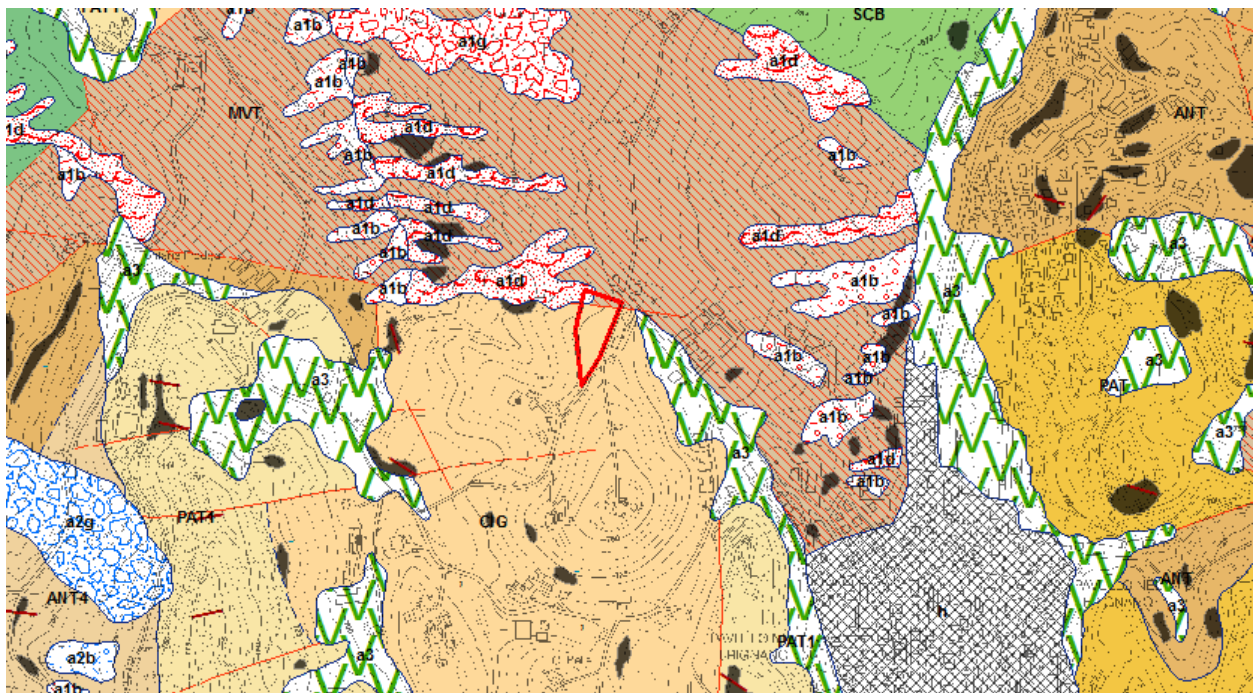
Figura 5.1: Ubicazione delle indagini geonostiche e sismiche.



## 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

### a. Litologie affioranti e loro caratteristiche

I terreni presenti nell'area di intervento appartengono alle unità Epiliguri, come risulta dalla Carta Geologica, in scala 1:10.000 pubblicata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, Sezioni 236060 e dal rilievo diretto in campagna; in particolare le litologie del substrato qui presenti risultano essere la Formazione di Cigarello (CIG) e le Breccie Argillose della Val Tiepido-Canossa (figura 5.1):



<p style="text-align: center;"><b>LEGENDA</b></p> <p><b>a1</b> Frana attiva</p> <p><b>a2</b> Frana quiescente</p> <p><b>a3</b> Deposito di versante s.l.</p> <p><b>CIG</b> Formazione di Cigarello</p> <p><b>PAT1</b> Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano</p> <p><b>MVT</b> Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa</p>
--

Figura 5.1: Stralcio della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).  
(<http://geo.regione.emilia-romagna.it>)

La Formazione di Cigarello (CIG) si presenta come Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con  $A/P < 1$  o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. Lo potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

La Formazione delle Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa (MVT) si presenta come Breccie a matrice argillosa grigia o grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. Il limite inferiore è netto, su MMP o graduale rapido su AVS, spesso meccanico; questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT. Depositi di colata gravitativa (mud e debris flow). La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 500 m.

Per quanto riguarda le forme e i depositi del quaternario si sottolinea la presenza di frane attive (**a1**), quiescenti (**a2**) e di depositi di versante s.l. (**a3**) che coinvolgono anche direttamente l'area di intervento e di cui saranno meglio specificate le caratteristiche nei paragrafi successivi.

### **b. Assetto strutturale**

La presenza di affioramenti proprio in presenza dell'area di intervento non consente comunque determinare la giacitura degli strati.

### **c. Caratteristiche litotecniche**

Per caratterizzare i materiali presenti dal punto di vista fisico-meccanico, si è proceduto ad effettuare una caratterizzazione litotecnica speditiva suddividendo le formazioni in 4 macroclassi così rappresentate (figura 5.2):

#### **- Materiali lapidei ( A):**

##### **A - Materiale lapideo costituito da un unico tipo non stratificato**

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione non esiste o è superiore a 3 metri.

##### **As - Materiale lapideo stratificato**

Costituito interamente da rocce lapidee in cui la stratificazione è inferiore a 3 metri;

#### **- Materiali costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici ( B)**

La classe comprende le alternanze ordinate di livelli lapidei (in prevalenza da arenarie, calcareniti e calcilutiti e di livelli pelitici ( costituiti da argille, argille marnose e marne), a loro volta divise in base al rapporto reciproco.

**Bl – Alternanze con livelli lapidei prevalenti: rapporto  $L/P \geq 3$ ;**

**Blp – Alternanze con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici  $3 > L/P \geq 1/3$ ;**

**Bp – Alternanze con livelli pelitici prevalenti: rapporto  $L/P < 1/3$ .**

#### **- Materiali granulari cementati ( C)**

In queste U.L. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.;

Le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nell'U.L. **A**. Le arenarie molto cementate ricadono nelle U.L. **A** o **B**. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nell'U.L. **E**.

**Cc - conglomerati e breccie clasto sostenuti poco cementati;**

**Cm - conglomerati e breccie matrice - sostenute;**

**Cs - sabbie e areniti poco cementate**

**- Materiali coesivi consistenti (D)**

Sono compresi terreni coesivi, sovraconsolidati , costituiti in prevalenza da marne, marne argillose e argille.

**Dm - Marne;**

**Da - Argille , argille marnose e argille siltose;** comprendono anche gli orizzonti costituiti da slump sedimentari prevalentemente pelitici;

**Dsc - Argilliti**

unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ( "argille scagliose" auctt.) e talora intensamente diagenizzate fino all'anchimetamorfismo. Eventuali inclusi di litotipi diversi individuano talora (es: APA) una tessitura a scala dell'affioramento a "blocchi in matrice" in cui la matrice argillosa è sempre prevalente e determinante per il comportamento geotecnico complessivo;

**Dol - Argille a struttura primaria caotica**

unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica, dalla scala dell'affioramento fino alla scala microscopica, originata dalla messa in posto di colate sottomarine di fango e detrito.

**- Depositi di copertura:**

**Eg** - prevalentemente ghiaioso

**Egs** - ghiaioso-sabbioso o sabbioso-ghiaioso

**Es** - prevalentemente sabbioso

**Esl** - sabbioso-limoso o limoso-sabbioso

**Ea** - prevalentemente argilloso

**Elm** - prevalentemente limoso

**El** - prevalentemente limoso-argilloso o argilloso-limoso

**Em** - a granulometria mista

**Ec** - Detrito cementato o molto addensato

**Ea** - Coltre di alterazione del substrato

**FT** - Materiale intensamente fratturato, cataclasite

**G** - Rocce Gessose (gessareniti, localmente gessoruditi fini, e gesso selenitico)

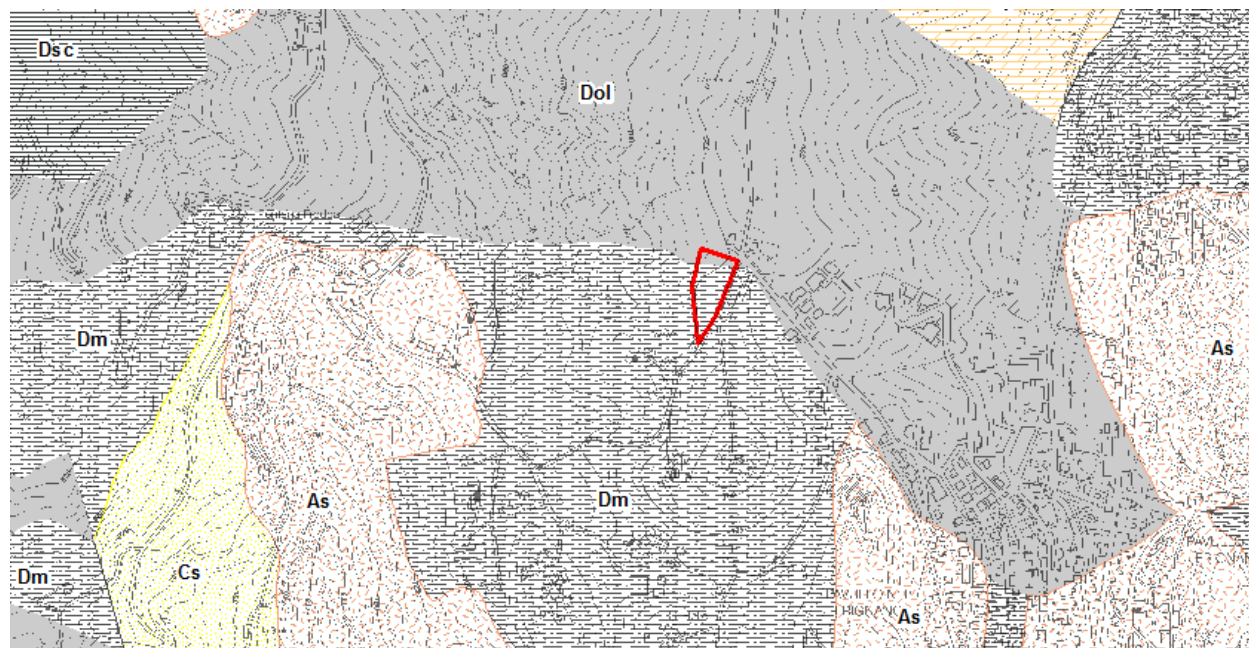


Figura 5.2: Stralcio della Carta Litotecnica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (scala 1: 10.000).

## **d. Geomorfologia**

### **d1. Note bibliografiche**

- *Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena* (F. Brunamonte – Regione Emilia-Romagna, 2002)
- *Inventario del Dissesto* a scala 1:25.000 (Regione Emilia-Romagna, 1996);
- *Aggiornamento Inventario del Dissesto* a scala 1:10.000 (Approvata con DGR n°803/2004 - Regione Emilia-Romagna, 2004);
- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.)* (Approvato con DCP n°46/2009 - Provincia di Modena);
- *Analisi Multitemporale di fotografie aeree:*
  - *Analisi Foto aeree RER 1954*
  - *Analisi Foto aeree RER 1973-1978*
  - *Analisi ortofoto digitali AIMA 1996*
  - *Analisi ortofoto digitali Terraitaly 2000*
  - *Analisi ortofoto digitali QB 2003*
  - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2008*
  - *Analisi ortofoto digitali AGEA 2011*

## d2. Analisi dissesto idrogeologico

Di seguito viene riportato lo stralcio della cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP 2009) (fig. 5.3).

Nelle cartografie di seguito riportate non sono stati graficati i perimetri delle aree ex art. 29 (Abitati da consolidare o da trasferire), 29A (Aree a rischio idrogeologico molto elevato) e 29B (Aree a rischio da frana perimetrare e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)) in quanto l'intervento non vi ricade all'interno.

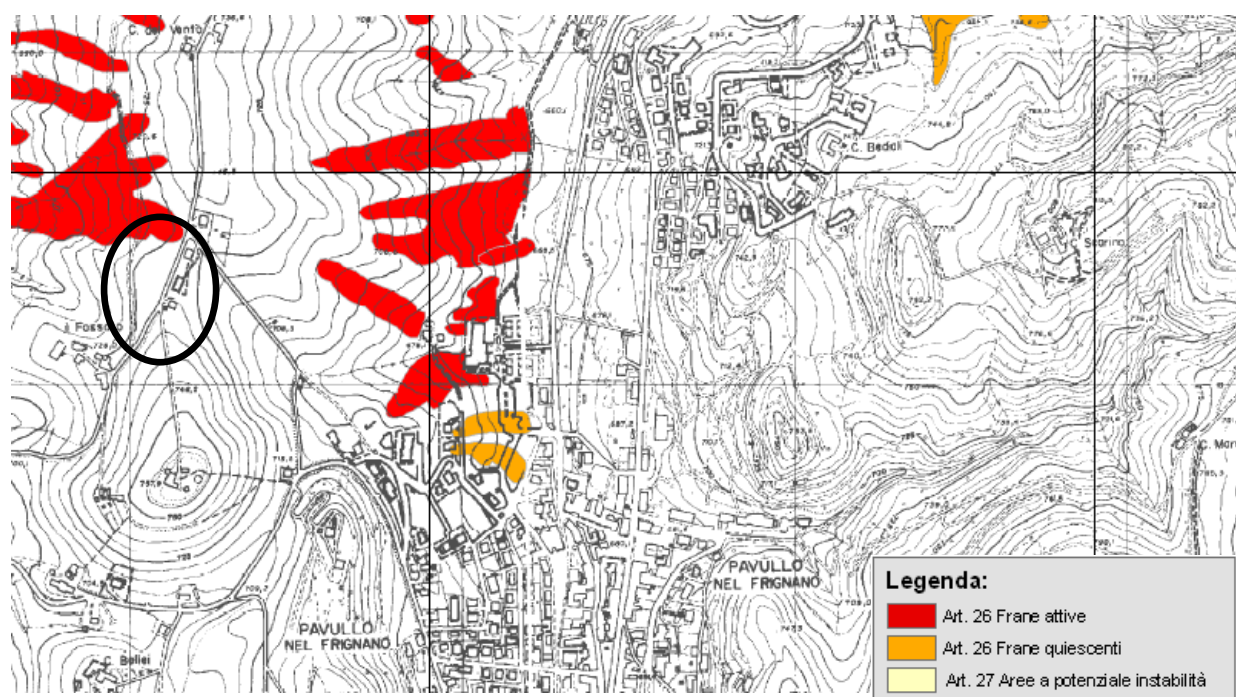


Figura 5.3: Stralcio della Tavola 2.1 “Rischio da frana: carta del dissesto” in scala 1:10.000 (PTCP 2009).

## d3. Ricostruzione del modello geologico di dettaglio

L'analisi geomorfologica di dettaglio dell'area oggetto di intervento, effettuata mediante rilevamento in campagna e sulla base dei dati derivanti dalle indagini geognostiche e geofisiche evidenzia che la porzione settentrionale dell'area oggetto del piano è interessata da movimenti franosi parzialmente attivi. Tale porzione è caratterizzato dal contatto stratigrafico tra le litologie arenaceo/marnose della formazione di Cigarellino e quelle argillose delle breccie della Val Tiepido-Canossa che, a causa della loro genesi formazionale e della matrice prettamente argillosa rappresenta il substrato debole sul quale si innestano i movimenti di cui sopra.

Tali movimenti, come evidenziato dalle indagini geognostiche realizzate in occasione del PSC comunale del 2009 sono concentrati nei primi 2.5-3.0 m e hanno una fenomenologia di scivolamenti rotazionali/colate tipiche dei materiali a prevalente matrice argillosa. Al momento attuale durante i sopralluoghi condotti non sono stati riscontrati fenomeni regressivi in atto tali da far ipotizzare il coinvolgimento di ulteriori masse di materiale verso monte.

La porzione di area della variante che ricade marginalmente su tali terreni deve essere esclusa tassativamente dall'edificazione e destinata necessariamente a verde pubblico.

Per quanto riguarda la restante parte dell'area dell'intervento, sulla base delle informazioni desunte dalle indagini è stato possibile ricostruire i rapporti lito-stratigrafici ed idrogeologici in modo da poter definire in maniera dettagliata il modello geologico dell'area. A tal proposito sono state costruite 8 sezioni lito-stratigrafiche (5 longitudinali - A', B', C', D' ed E' e 3 trasversali - A, B, e C) di cui sotto si riporta la planimetria (fig. 5.4):



Figura 5.4: Planimetria delle sezioni litostratigrafiche.

Il modello geologico di dettaglio evidenzia che, partendo dall'alto (piano campagna) verso il basso evidenzia tre principali livelli costituiti da:

0.20 - 4.10 m Detrito limoso-argilloso e sabbioso a bassa-media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica; tale detrito lungo la sezione A evidenzia caratteristiche di bassa consistenza e la presenza di abbondante circolazione idrica;

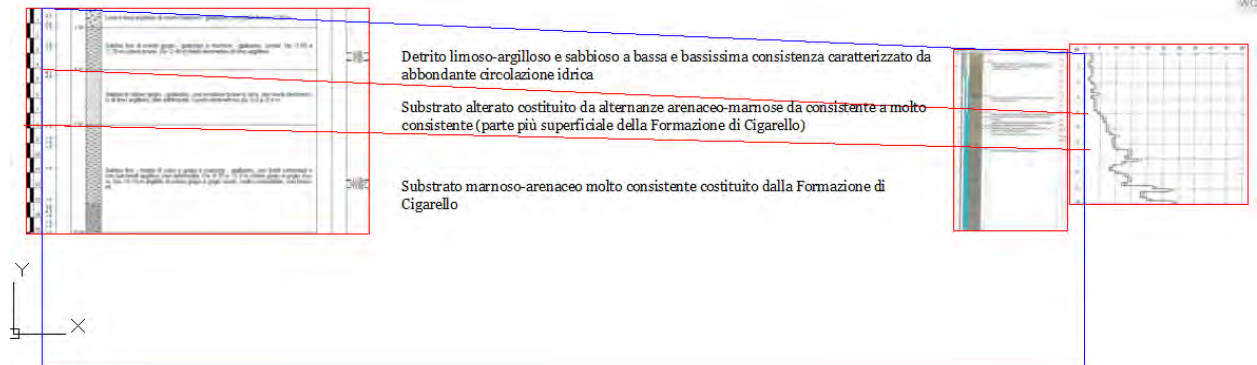
4.10 - 6.40/7.10 m Substrato alterato costituito da alternanze arenaceo-marnose da consistente a molto consistente (parte più superficiale della Formazione di Cigarellò) (B);

6.40/7.10 - 15.00 m Substrato marnoso-arenaceo molto consistente costituito dalla Formazione di Cigarellò (C).

Si riportano di seguito le sezioni di dettaglio:

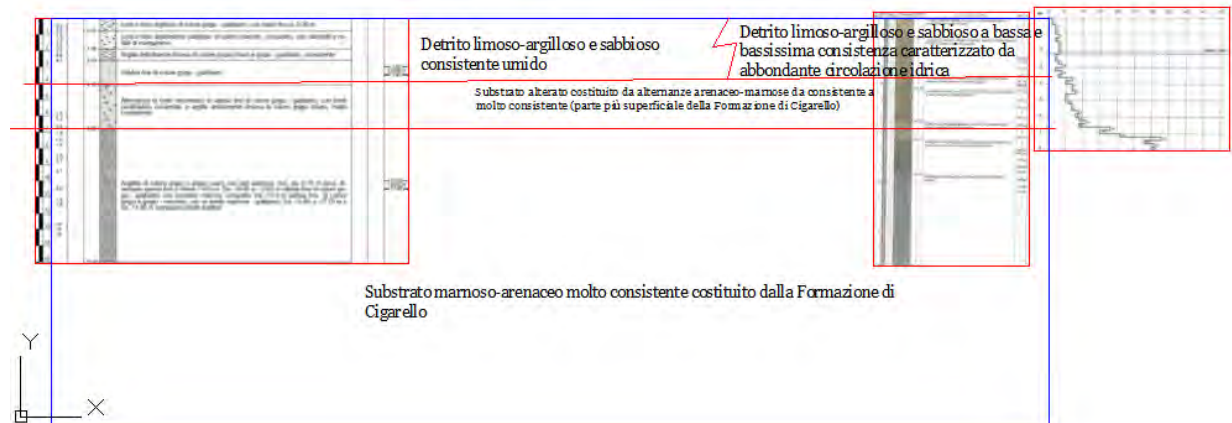
SEZIONE A

SEZIONE A



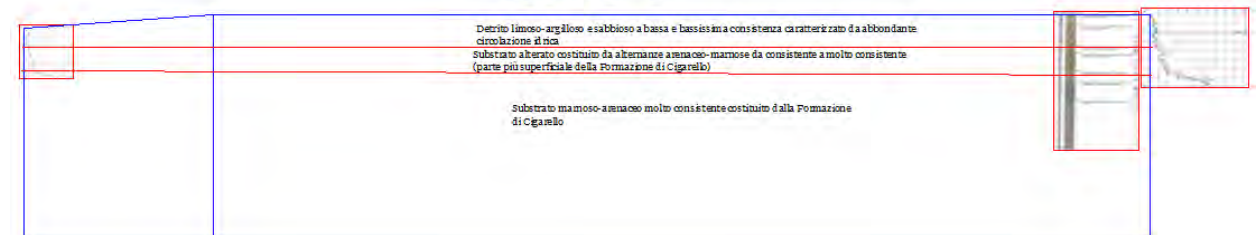
SEZIONE B

SEZIONE B

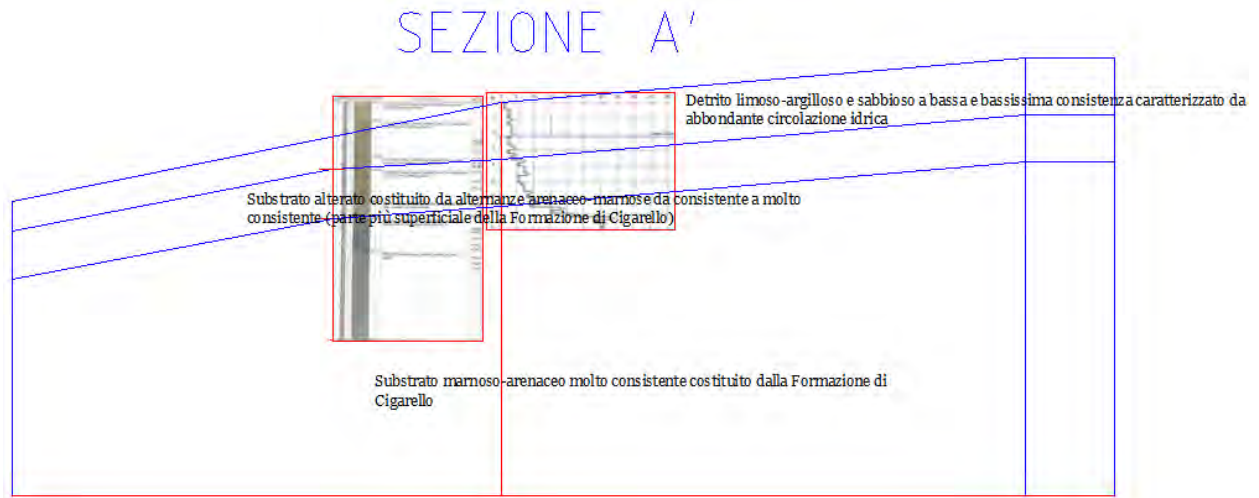


SEZIONE C

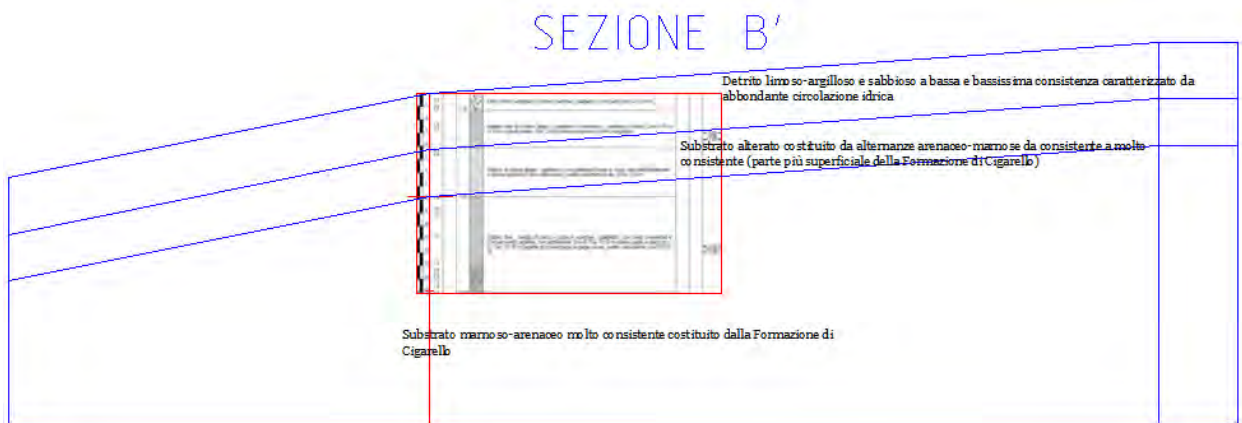
SEZIONE C



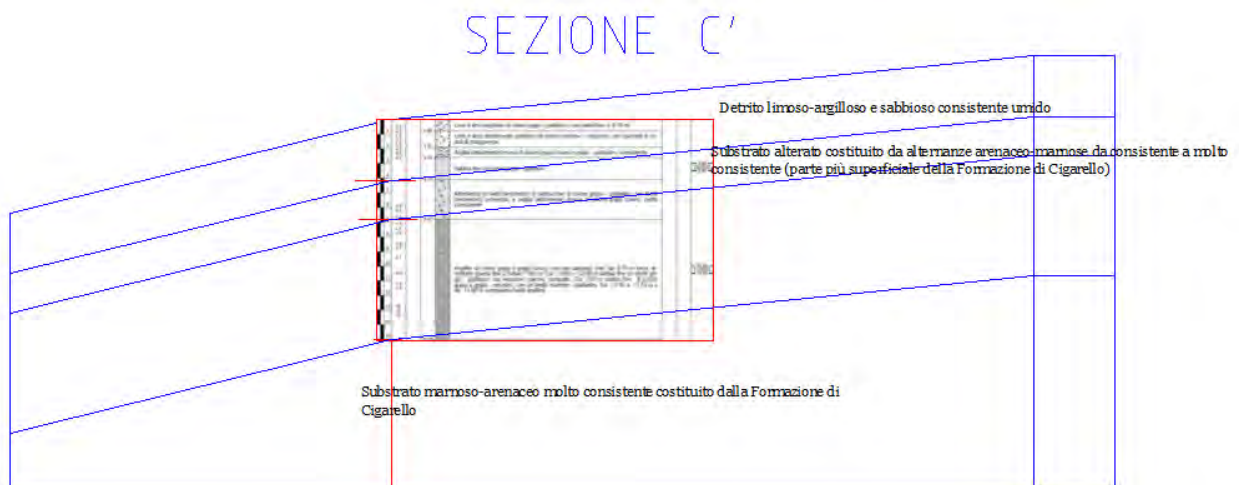
SEZIONE A'



SEZIONE B'

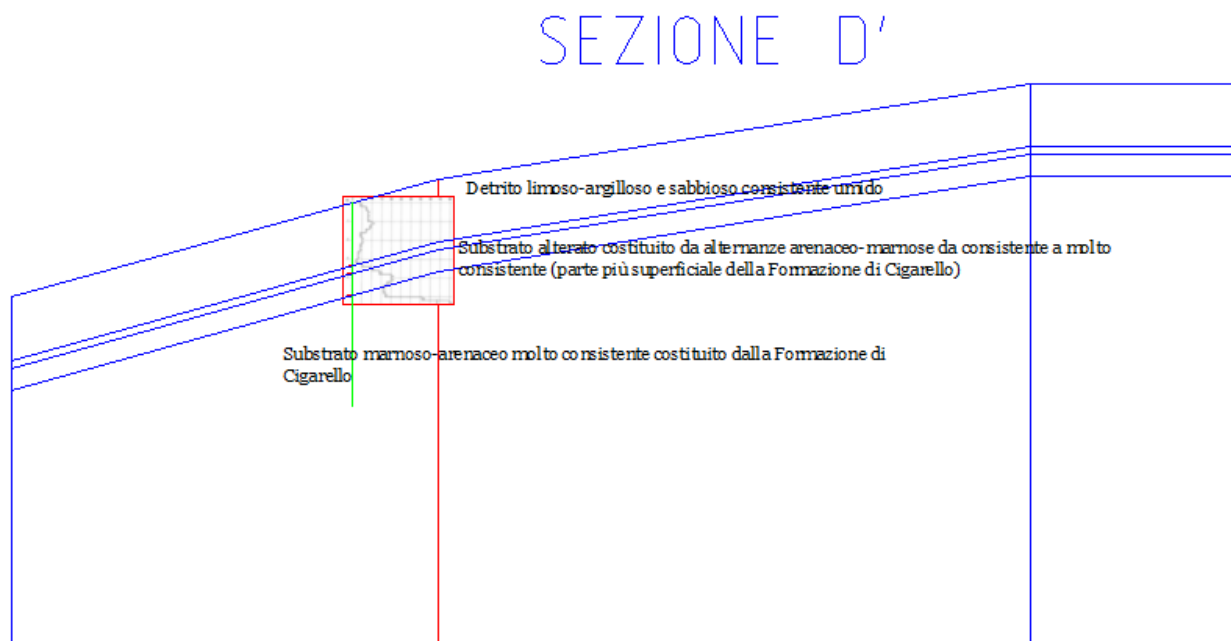


SEZIONE C'

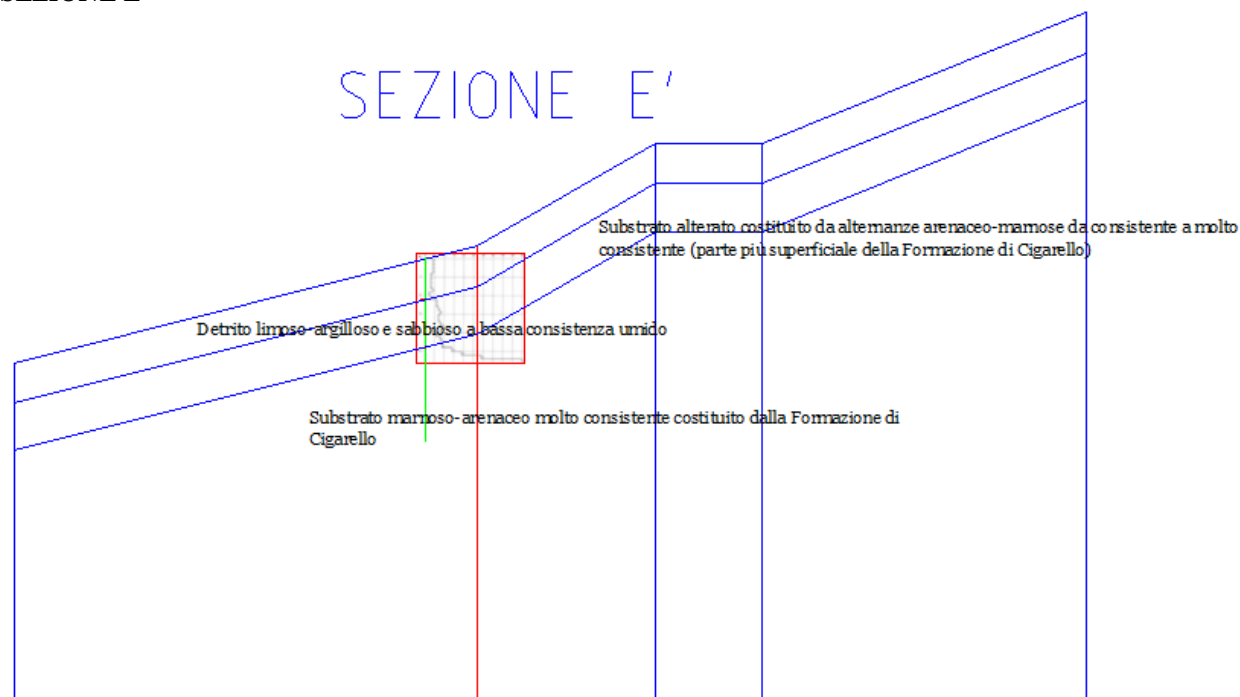




SEZIONE D'



SEZIONE E'



## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SITO

### a. Indagini geofisiche

#### a1. I dati ottenuti

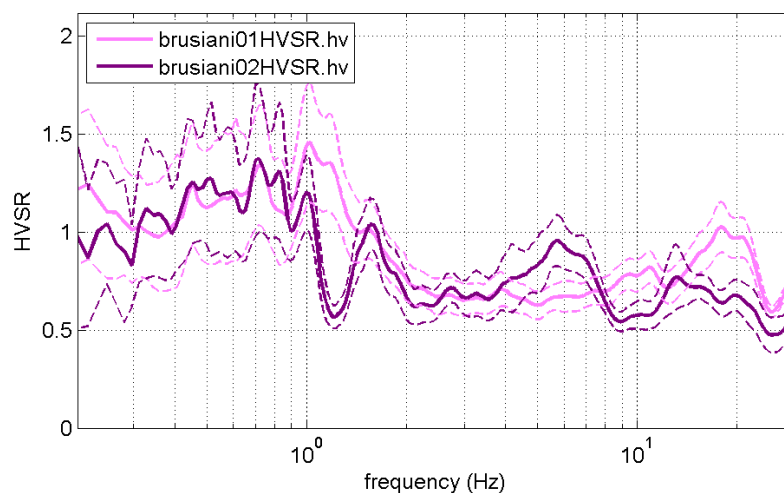
L'indagine geofisica è stata eseguita mediante sismica attiva MASW e passiva ESAC multicanale e a stazione singola (HVSR) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione ( $f_0$ ) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle  $V_{S30}$ .

#### a2. Interpretazione delle indagini geofisiche

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nel luglio 2015. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSR e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo ESAC e MASW. I dati ottenuti dalla curva HVSR forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso la tecnica ESAC e MASW è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle  $V_{S30}$  ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 14 gennaio 2008.

Dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche specifiche si è riscontrato che il terreno di fondazione su cui andrà realizzato l'intervento in esame, appartiene alla categoria di sottosuolo "B", ai sensi del D.M. 14/01/08.

Relativamente alle frequenze caratteristiche di sito, dal diagramma delle curve H/V, abbiamo un picco stratigrafico con le seguenti caratteristiche:



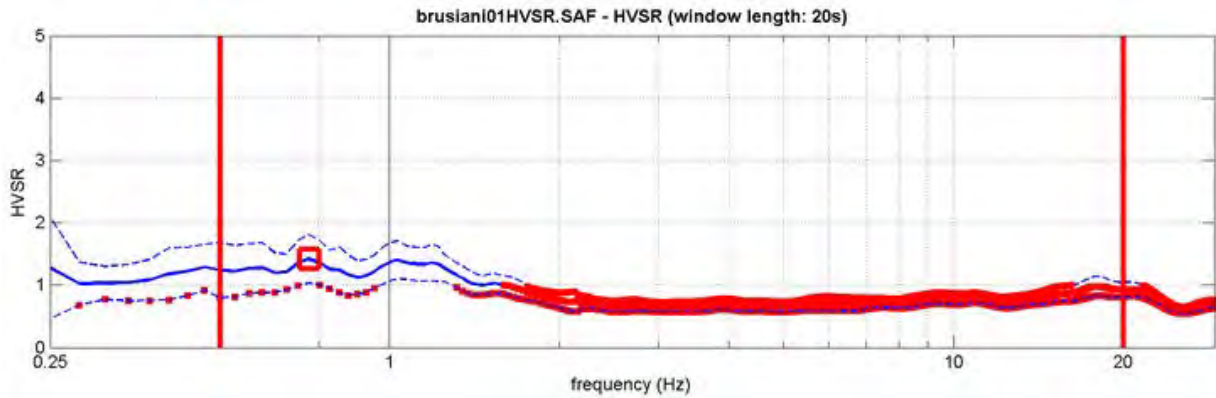
Le acquisizioni HVSR, risultano in parte convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Si riportano di seguito i report delle indagini sismiche a stazione singola (HVSR), multicanale (ESAC) e delle indagini sismiche attive MASW:

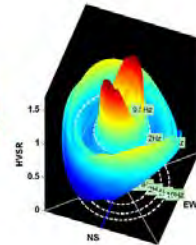
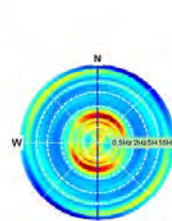
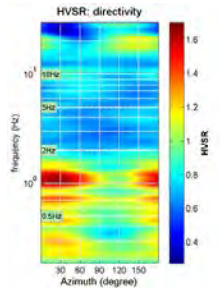
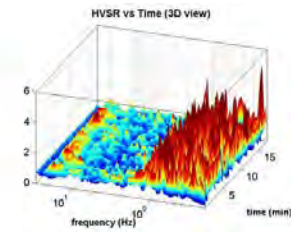
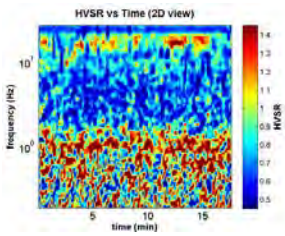
### Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - HVSRO1

Strumento: Gemini2 - PASI Srl  
Inizio registrazione: 16/06/15 Fine registrazione: 16/06/15  
Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN  
Durata registrazione: 0h25'00". Analizzato 0h22'2" tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 64 Hz  
Lunghezza finestre: 30 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

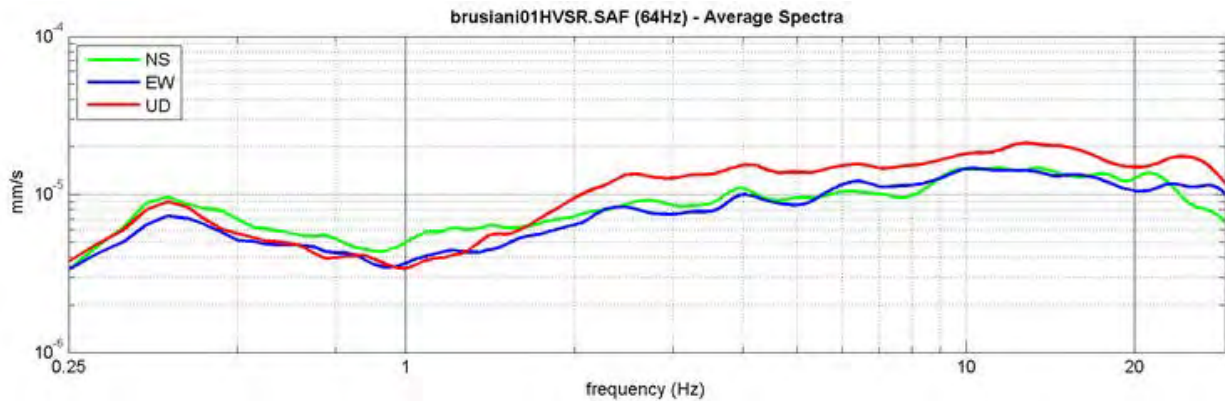


SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.2-20.0Hz frequency range</i>  <b>Peak frequency (Hz): 1.0 (<math>\pm 0.3</math>)</b>  <b>Peak HVSr value: 1.5 (<math>\pm 0.3</math>)</b></p>
--

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.0 > 0.5$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$2154 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		<b>OK</b>	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	$0.4 \text{ Hz}$	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	$2.1 \text{ Hz}$	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.5 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.342 < 0.102$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.307 < 1.78$	<b>OK</b>	

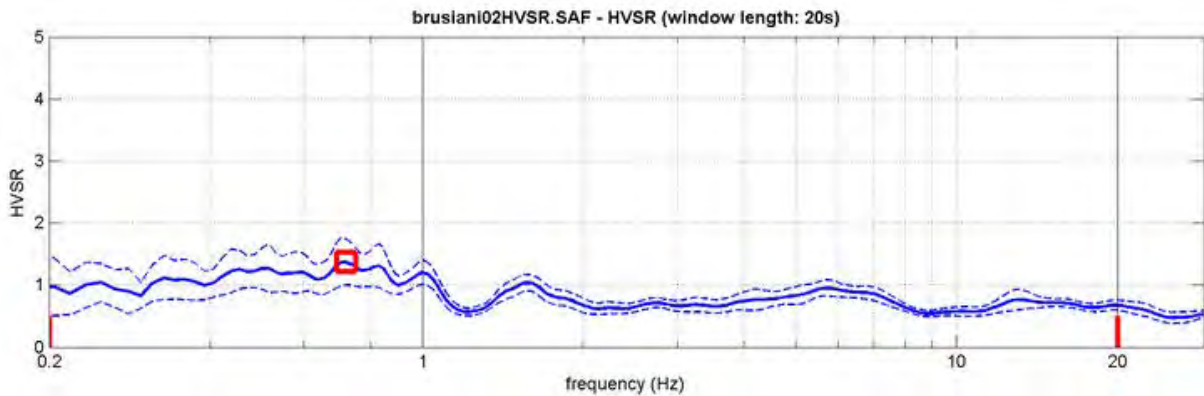
<p><math>L_w</math>  <math>n_w</math>  <math>n_c = L_w n_w f_0</math>  <math>f</math>  <math>f_0</math>  <math>\sigma_f</math>  <math>\varepsilon(f_0)</math>  <math>A_0</math>  <math>A_{H/V}(f)</math>  <math>f^-</math>  <math>f^+</math>  <math>\sigma_A(f)</math>  <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math>  <math>\theta(f_0)</math></p>	<p>lunghezza della finestra                  numero di finestre usate nell'analisi                  numero di cicli significativi                  frequenza attuale                  frequenza del picco H/V                  deviazione standard della frequenza del picco H/V                  valore di soglia per la condizione di stabilità <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math>                  ampiezza della curva H/V alla frequenza <math>f_0</math>                  ampiezza della curva H/V alla frequenza <math>f</math>                  frequenza tra <math>f_0/4</math> e <math>f_0</math> alla quale <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0/2</math>                  frequenza tra <math>f_0</math> e <math>4f_0</math> alla quale <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0/2</math>                  deviazione standard di <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> è il fattore per il quale la curva <math>A_{H/V}(f)</math> media deve essere moltiplicata o divisa                  deviazione standard della funzione <math>\log A_{H/V}(f)</math>                  valore di soglia per la condizione di stabilità <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></p>
---	---

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - HVSRO2

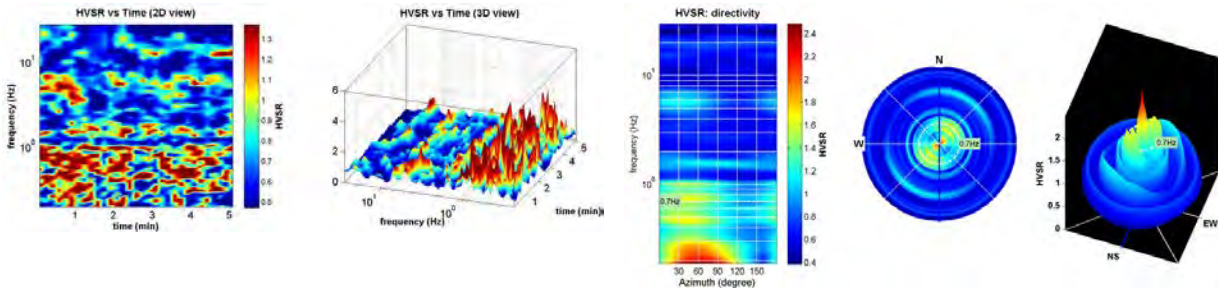
Strumento: Gemini2 - PASI Srl  
Inizio registrazione: 16/06/15 Fine registrazione: 16/06/15  
Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN  
Durata registrazione: 0h25'00". Analizzato 0h09'3" tracciato (selezione manuale)  
Freq. campionamento: 64 Hz  
Lunghezza finestre: 30 s  
Tipo di lisciamento: Triangular window  
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

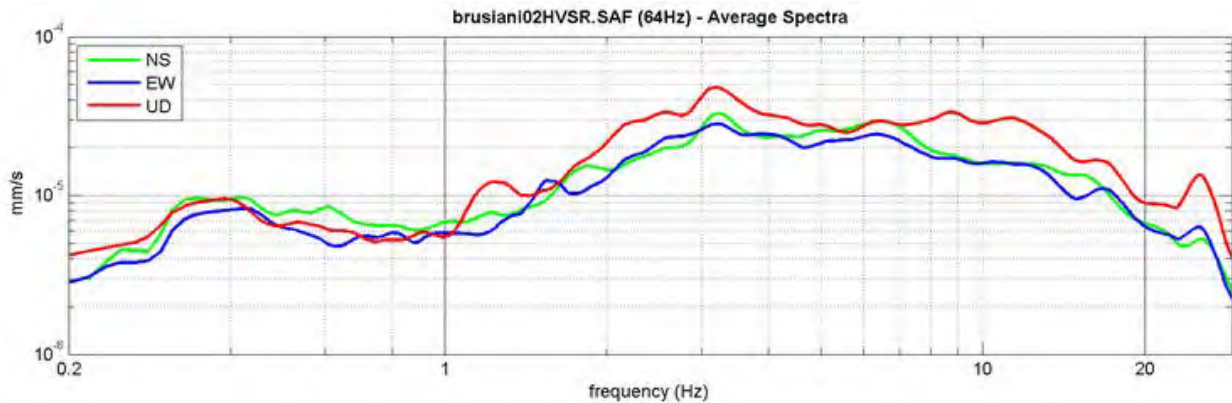


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V



#### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005.

<p><i>0.2-20.0Hz frequency range</i>  <b>Peak frequency (Hz): 0.7 (<math>\pm 0.2</math>)</b>  <b>Peak HVSr value: 1.4 (<math>\pm 0.3</math>)</b></p>
--

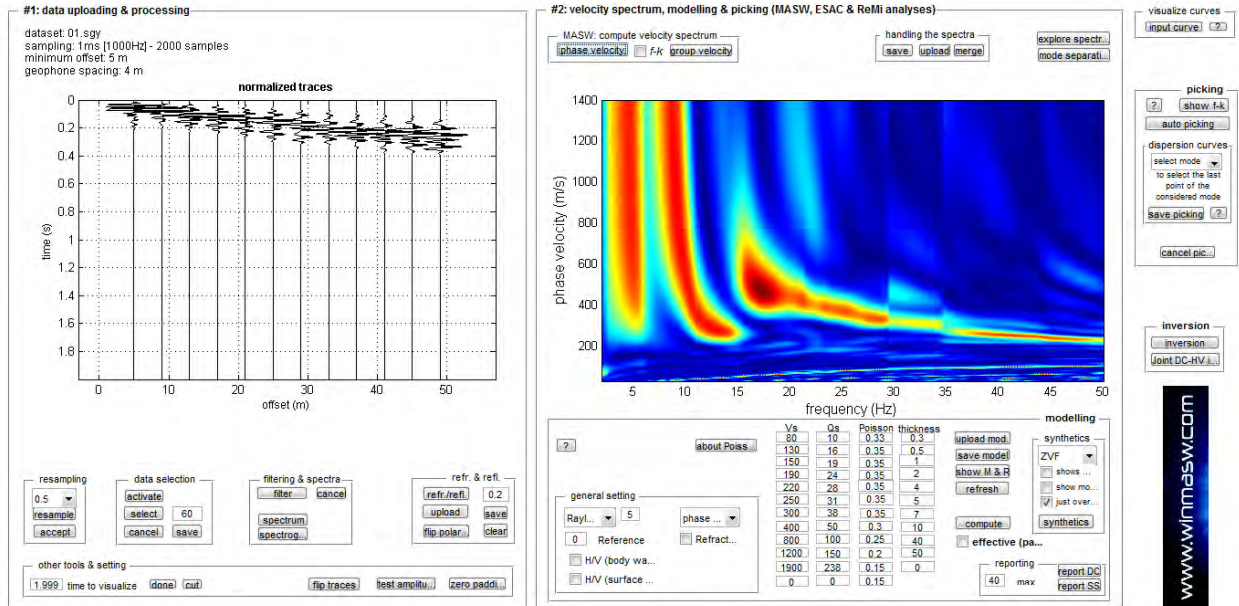
<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0.7 > 0.5$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$446 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		<b>OK</b>	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	$0.2 \text{ Hz}$	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	$1.2 \text{ Hz}$	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$1.4 > 2$		<b>NO</b>
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.185 < 0.108$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.374 < 2$	<b>OK</b>	

$L_w$ $n_w$ $n_c = L_w n_w f_0$ $f$ $f_0$ $\sigma_f$ $\varepsilon(f_0)$ $A_0$ $A_{H/V}(f)$ $f^-$ $f^+$ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$ ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$ frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
--	---

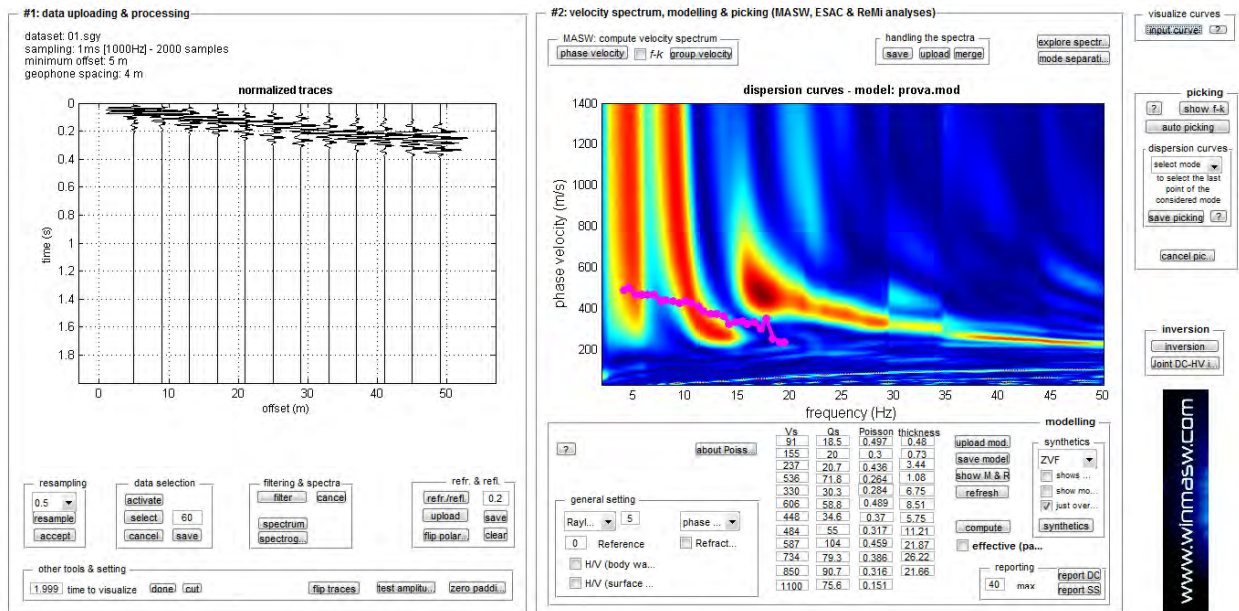
Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - MASW01  
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)**

Analisi onde Rayleigh (offset 5 m, dx 4 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

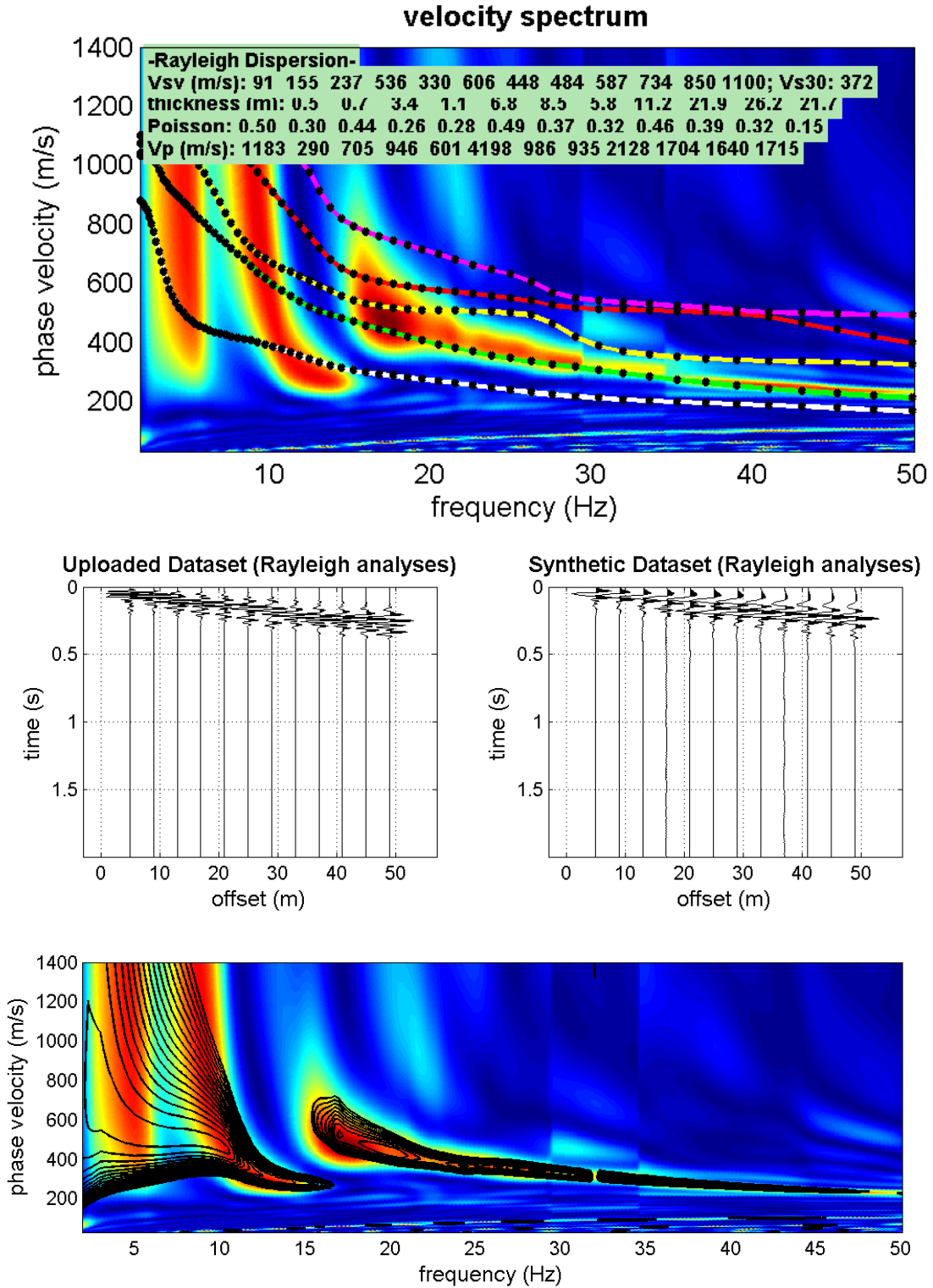


Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)

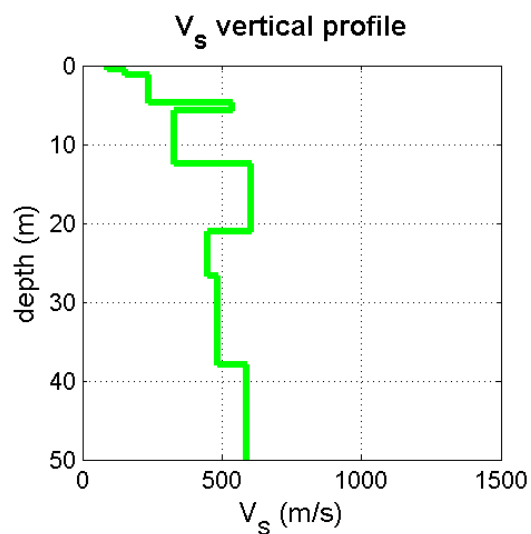


Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V.







### Mean model

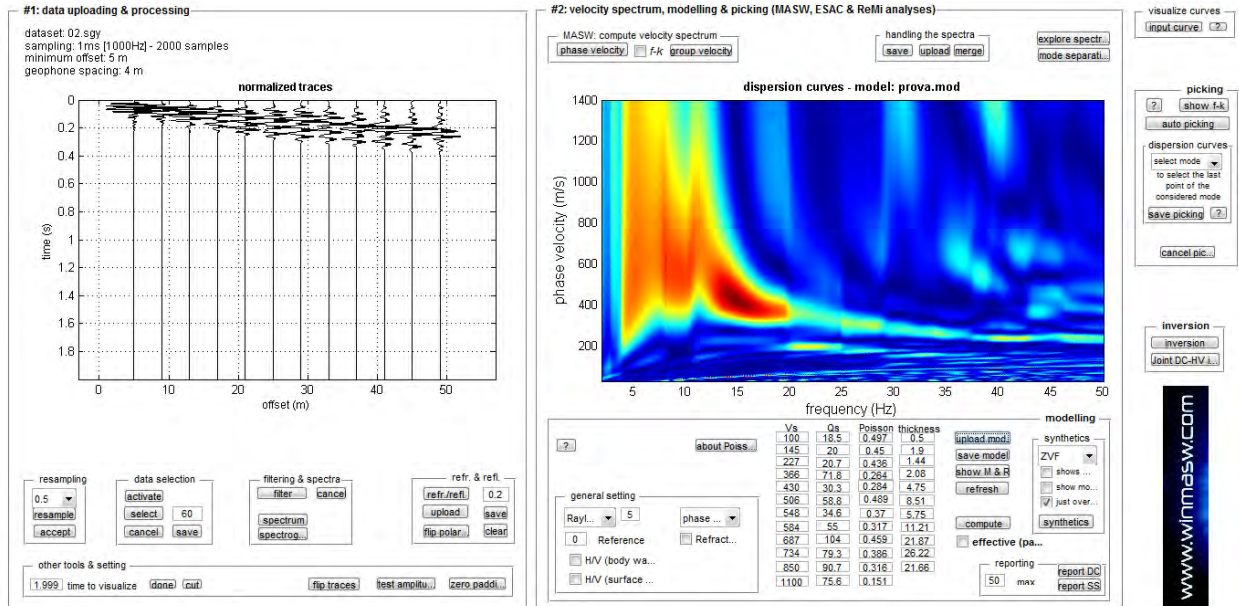
V<sub>s</sub> (m/s): 91, 155, 237, 536, 330, 606, 448, 484, 587, 734, 850, 1100

Thickness (m): 0.5, 0.7, 3.4, 1.1, 6.8, 8.5, 5.8, 11.2, 21.9, 26.2, 21.7

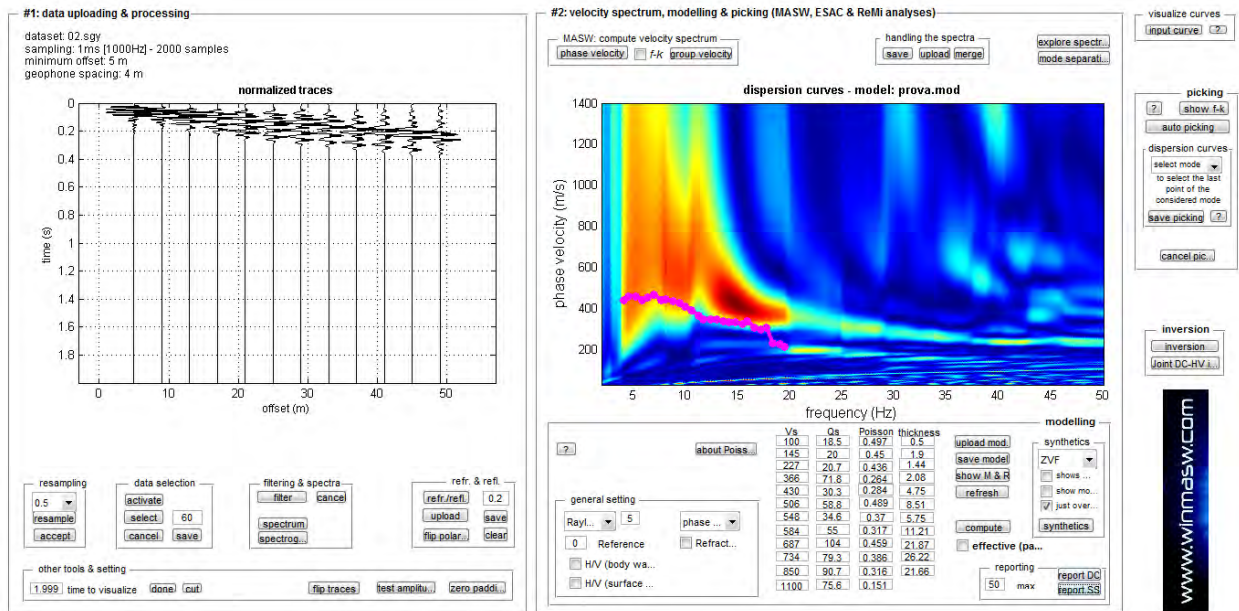
V<sub>s30</sub> (m/s): 372

**Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - MASW02  
(Analisi Rayleigh + ESAC + HVSR)**

Analisi onde Rayleigh (offset 5 m, dx 4 m e frequenza di campionamento a 1 KHz)

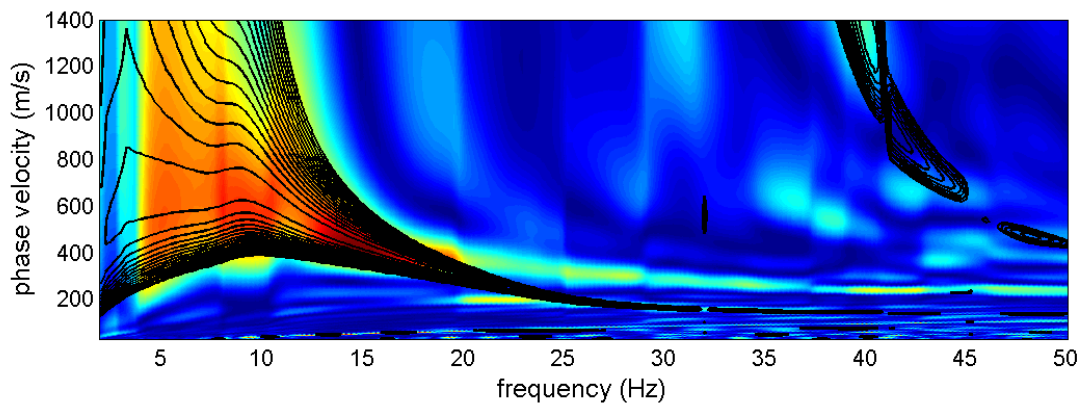
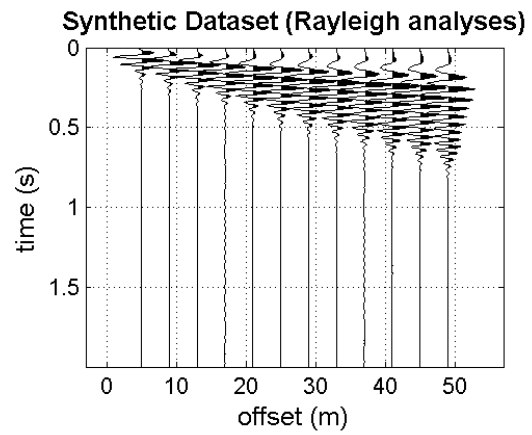
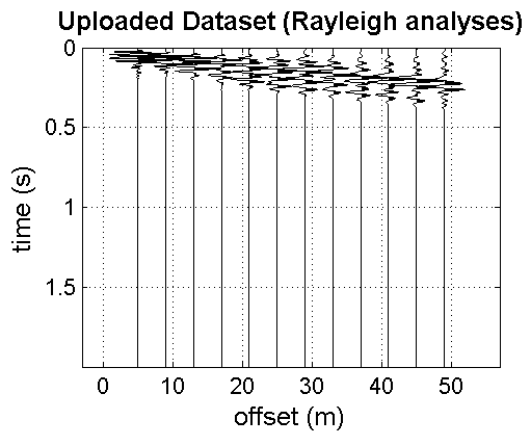
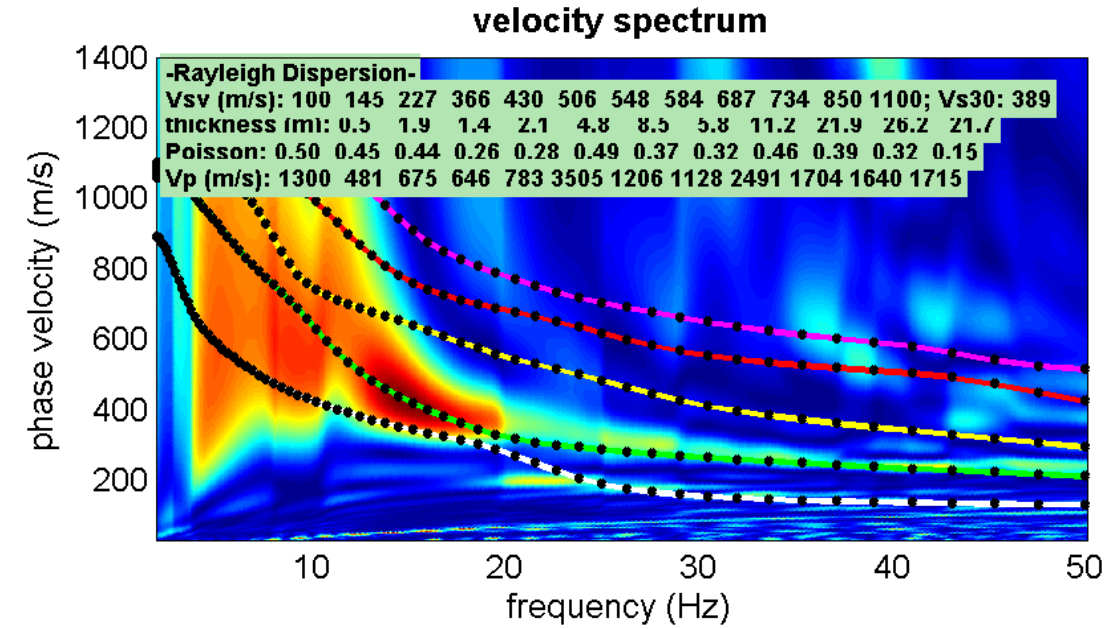


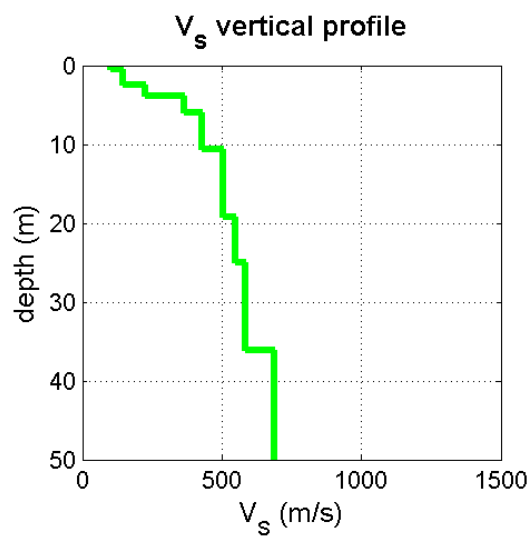
Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale)



Dati MASW relativi alle onde Rayleigh (componente verticale) con sovrapposta la curva di dispersione determinata tramite analisi ESAC (in viola)

Analisi congiunta dei dati considerando (congiuntamente) la dispersione delle onde di Rayleigh (analizzata secondo l'approccio *Full-Velocity Spectrum*) e il rapporto spettrale H/V.





### **Mean model**

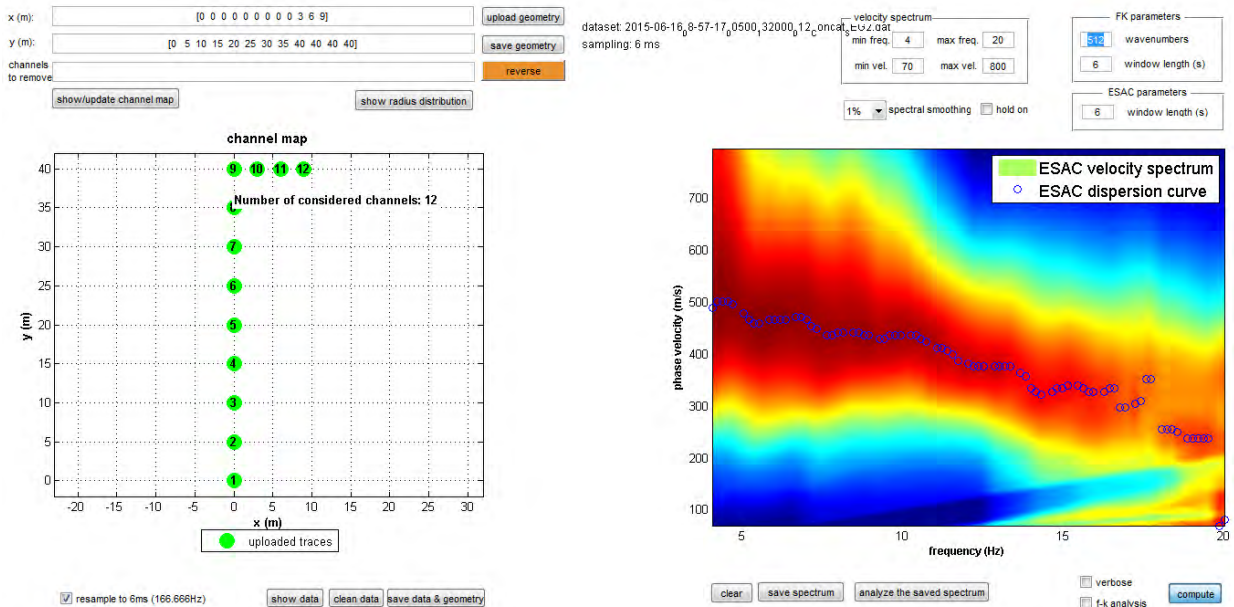
V<sub>s</sub> (m/s): 100, 145, 227, 366, 430, 506, 548, 584, 687, 734, 850, 1100

Thickness (m): 0.5, 1.9, 1.4, 2.1, 4.8, 8.5, 5.8, 11.2, 21.9, 26.2, 21.7

V<sub>s30</sub> (m/s): 389

**Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - ESAC01  
 (Analisi Rayleigh)**

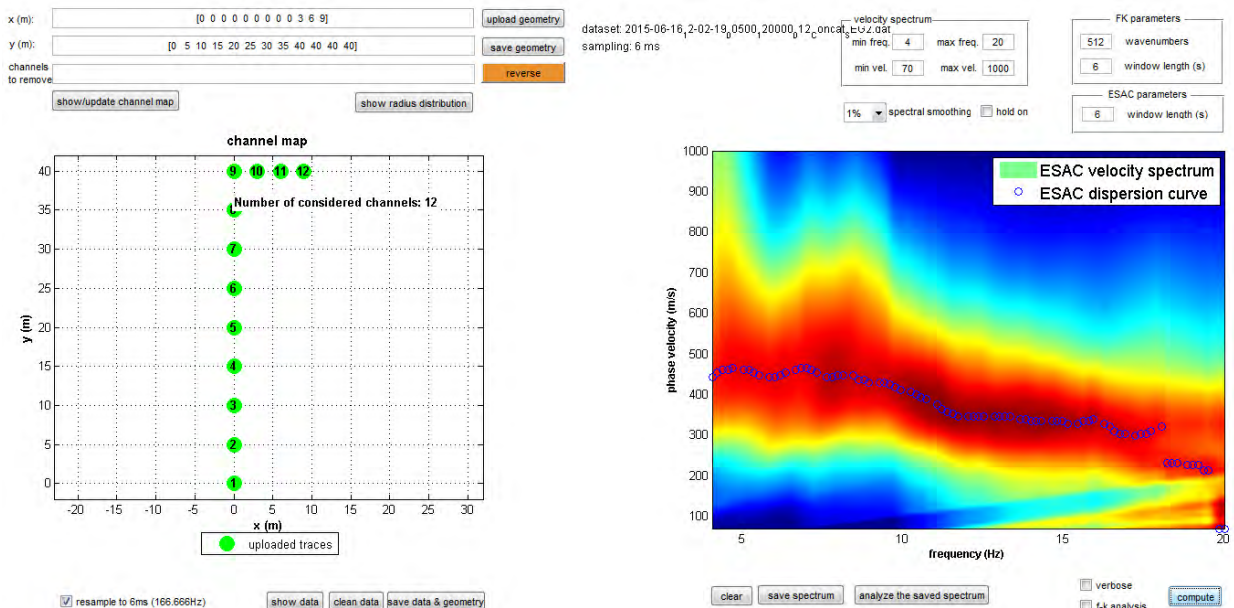
Analisi onde Rayleigh (Config. spaziale ad array bidimensionale e frequenza di campionamento a 200 Hz)



Risultato finale riassuntivo dell'analisi ESAC: i colori riportano lo spettro di velocità con evidenziata (cerchi blu) la curva di dispersione apparente.

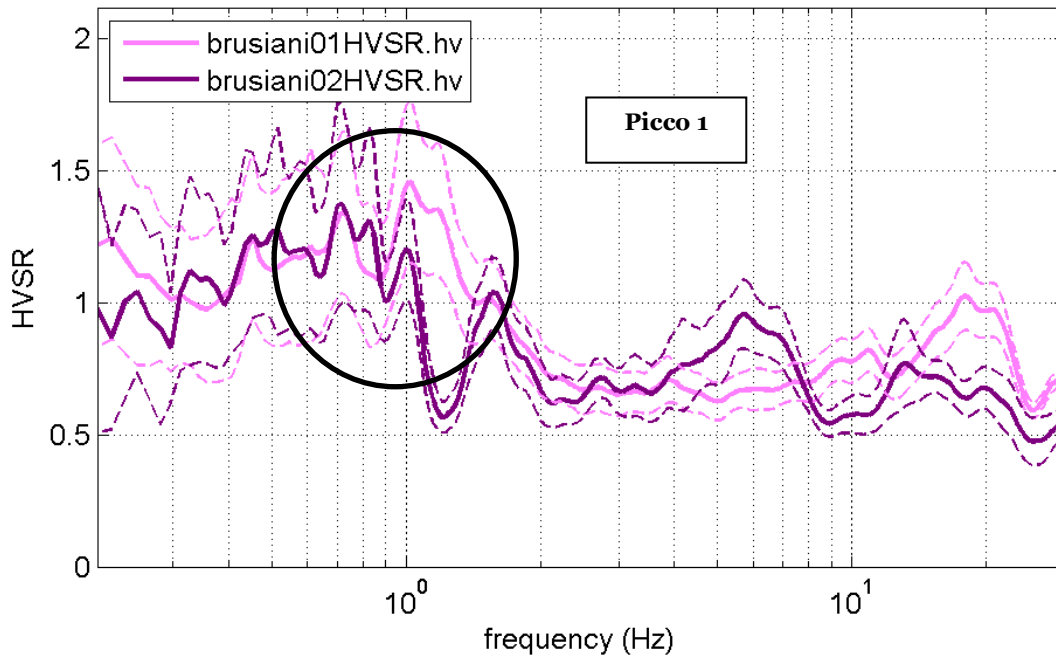
**Pavullo n/F (MO) - via del Fossato - ESAC02  
 (Analisi Rayleigh)**

Analisi onde Rayleigh (Config. spaziale circolare con raggio 3 m e frequenza di campionamento a 500 Hz)



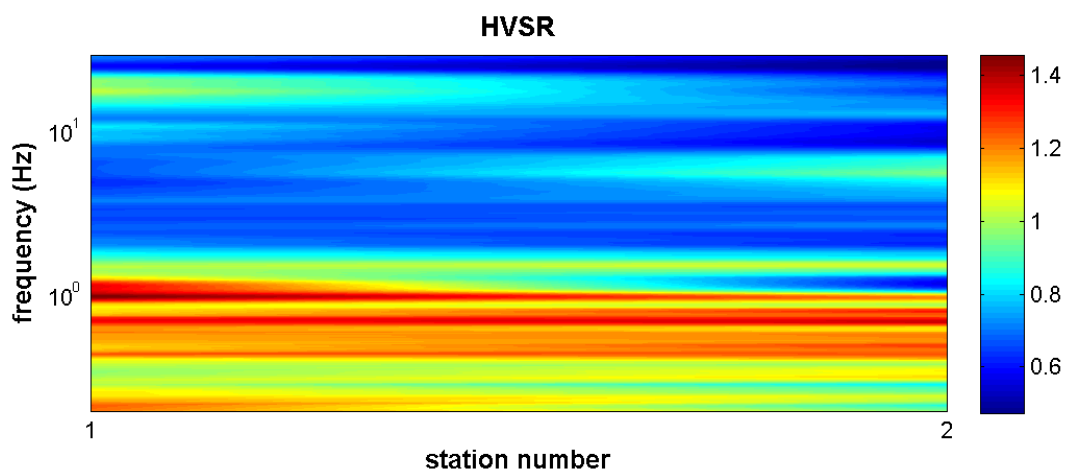
Risultato finale riassuntivo dell'analisi ESAC: i colori riportano lo spettro di velocità con evidenziata (cerchi blu) la curva di dispersione apparente.

Sul sito di studio, sono state eseguite 2 acquisizioni HVSR, 2 acquisizioni ESAC e 2 acquisizioni MASW. Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:



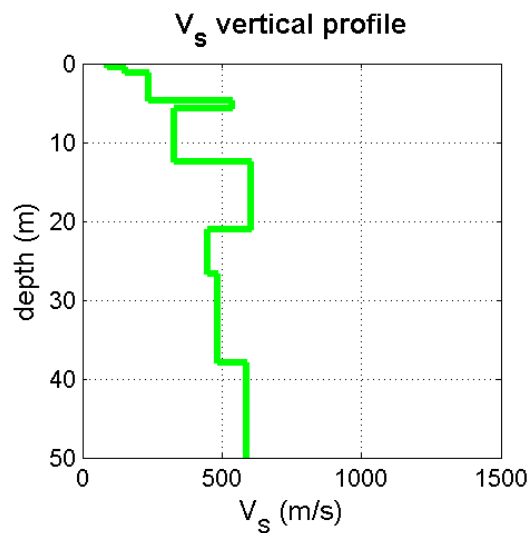
Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)
1	~ 1.4-1.5	~ 1.0

Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza non significativi ( $H/V < 2$ ) in caso di moto sismico.

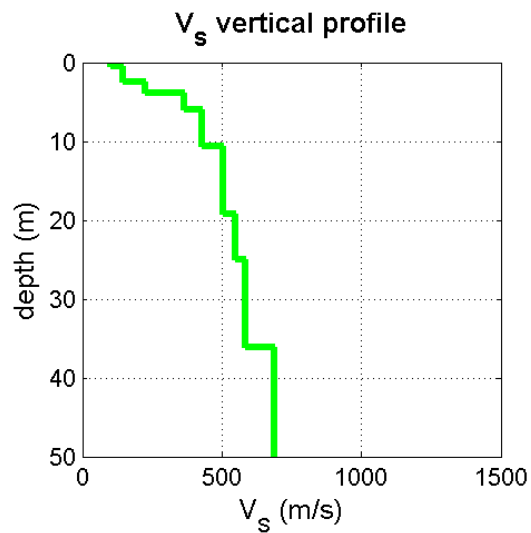


Relativamente al profilo di  $V_s$  con la profondità e alla determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, **mediante la ricostruzione delle  $V_{s30}$** , abbiamo che:

- MASW01+ ESACo1



- MASW02+ ESACo2



**$V_s$  (30): 372 - 389** (categoria di sottosuolo "B")

## **b. Indagini geognostiche**

### b1. I dati ottenuti

Le indagini geognostiche eseguite comprendono:

Indagini eseguite in fase di realizzazione del PSC Comunale (2009) e fornite dall'amministrazione comunale:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2008 e S3\_2008) spinti fino alla profondità max di 15.0 m dal p.c e attrezzati con tubi inclinometrici T1 e T2;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo superpesante DPSH (DPSH01\_2008, DPSH02\_2008, DPSH03\_2008, DPSH01\_2009 e DPSH02\_2009) per un totale di 39.0 m di perforazione;

- Indagini eseguite per lo studio del PUA (2015):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2015 e S2\_2015) spinti fino alla profondità di 15.0 m dal p.c sui quali sono state realizzate 4 prove SPT in foro di sondaggio;

Per l'ubicazione delle prove si veda la planimetria riportata in figura 5.1, mentre per le schede delle prove si rimanda all'allegato tecnico inserito nel presente documento.

### b2. Interpretazione dei sondaggi geognostici

#### b2.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici sono stati realizzati dalla ditta Prove Penetrometriche Srl (Castelnuovo Rangone, Modena), per conto dell'amministrazione comunale durante la realizzazione del PSC 2009 e dalla ditta Sogeo Srl (Lugo, Ravenna) per conto del sottoscritto

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite le seguenti attività:

descrizione delle litologie riportata nella stratigrafia;  
descrizione del colore del terreno;  
descrizione dello stato di addensamento o del grado di consistenza;  
esecuzione di prove SPT in foro di sondaggio;  
fotografie delle carote depositate in cassetta.

I sondaggi hanno raggiunto rispettivamente la profondità di 20,0 m ed avevano lo scopo di caratterizzare in maniera dettagliata la stratigrafia su cui verrà realizzata l'opera e caratterizzare dal punto di vista geotecnico, attraverso le prove SPT, i terreni di fondazione.

Si riportano di seguito le stratigrafie sintetiche desunte:



<b>Sondaggi 2008</b>	<b>Stratigrafia sintetica</b>
Sondaggio S1_2008	0.0-4.0: Detrito argilloso-limoso nocciola con resti organici a media-bassa consistenza; 4.0-6.5: Argille limose grigio nocciola; 6.5-12.0: Siltiti argillose grigie;
<b>Sondaggi 2008</b>	<b>Stratigrafia sintetica</b>
Sondaggio S3_2008	0.0-4.3: Limi sabbiosi nocciola poco consistenti; 4.3-7.4: Limi sabbiosi nocciola consistenti; 7.4-15.0: Siltiti argillose grigie;
<b>Sondaggi 2015</b>	<b>Stratigrafia sintetica</b>
Sondaggio S1_2015	0.0-4.1: Limo argilloso debolmente sabbioso mediamente consistente; 4.1-6.8: Alternanze di livelli di sabbia e argilla cementati e molto consistenti; 6.8-15.0: Argilliti;
<b>Sondaggi 2015</b>	<b>Stratigrafia sintetica</b>
Sondaggio S2_2015	0.0-4.1: limi sabbiosi sciolti; 4.1-6.8: sabbie sciolte; 6.8-15.0: sabbie mediamente addensate;

Per le schede dei sondaggi e le immagini fotografiche delle carote si rimanda all'allegato tecnico inserito nel presente documento.

Le prove SPT, eseguite nei fori di sondaggio realizzati nel 2015 con la seguente attrezzatura,

### Caratteristiche attrezzatura per prove S.P.T.

Peso del maglio (kg): .....63,5  
 Altezza di caduta (m): .....0,75  
 Diametro punta conica (m): .....0,051  
 Angolo apertura punta (°): .....60  
 Peso testa di battuta (kg): .....20,0  
 Peso delle aste (kg/m): .....11,0

hanno evidenziato i seguenti valori:

Sondaggio S1\_2015

Profondità (m)	Nr. Colpi
3.15	22
3.30	25
3.45	25
10.15	11
10.30	16
10.45	21

#### Sondaggio S2\_2015

Profondità (m)	Nr. Colpi
3.15	3
3.30	3
3.45	4
11.65	32
11.80	23
11.95	27

Come si evince dalle prove nel sondaggio 2 alla profondità di 3.50-4.00 m si evince uno strato molto debole con parecchia circolazione idrica

#### b2.2 Prove penetrometriche dinamiche

Dall'analisi dei valori desunti dalle prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) è stato possibile dettagliare e ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e determinare i parametri geotecnici di riferimento dei terreni di fondazione.

Le elaborazioni di tali prove è stata eseguita con l'ausilio del programma di calcolo "Fondazio 6.x" del Dott. Geol. Diego Merlin.

### PROVA DPSH01

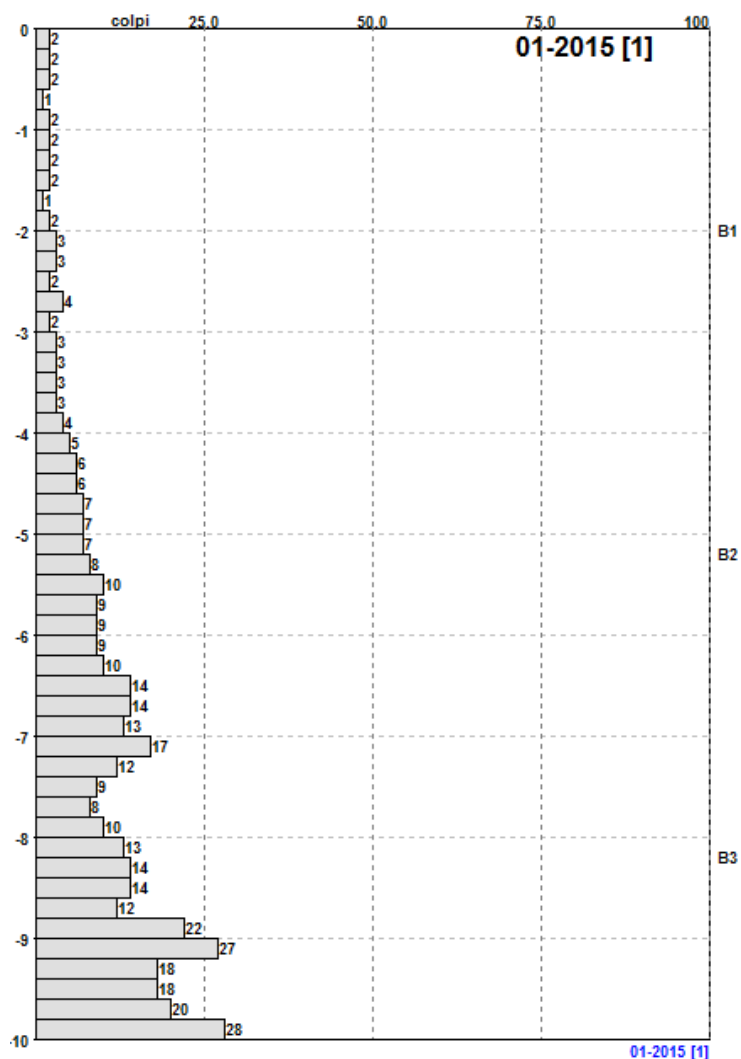
Strumento utilizzato: DPSH01\_2008

Prova eseguita in data: 14/03/2008

Profondità prova: 10.00 mt

Località: Pavullo

Falda non rilevata all'atto della prova



#### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 4.00	Media	2	1.52	4	15.6	7.7	32	127	0.78	Torbosa	
2	4.00 : 6.40	Media	8	1.52	12	41.4	37.3	158	88	2.07	Coes./Gran.	
3	6.40 : 10.00	Media	16	1.52	24	71.5	64.6	194	153	3.57	Coes./Gran.	

#### NATURA COESIVA      NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\sigma$ -	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	Yd t/m <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0.00 : 4.00	4	0.20	1.45	102.88	2.78	26	---	---	---	---	---	---	---
2	4.00 : 6.40	12	0.75	1.92	31.20	0.84	52	38	31	284	1.94	1.52	207	---
3	6.40 : 10.00	24	1.50	2.07	21.91	0.59	77	56	34	376	2.01	1.63	326	---

### PROVA DPSH02

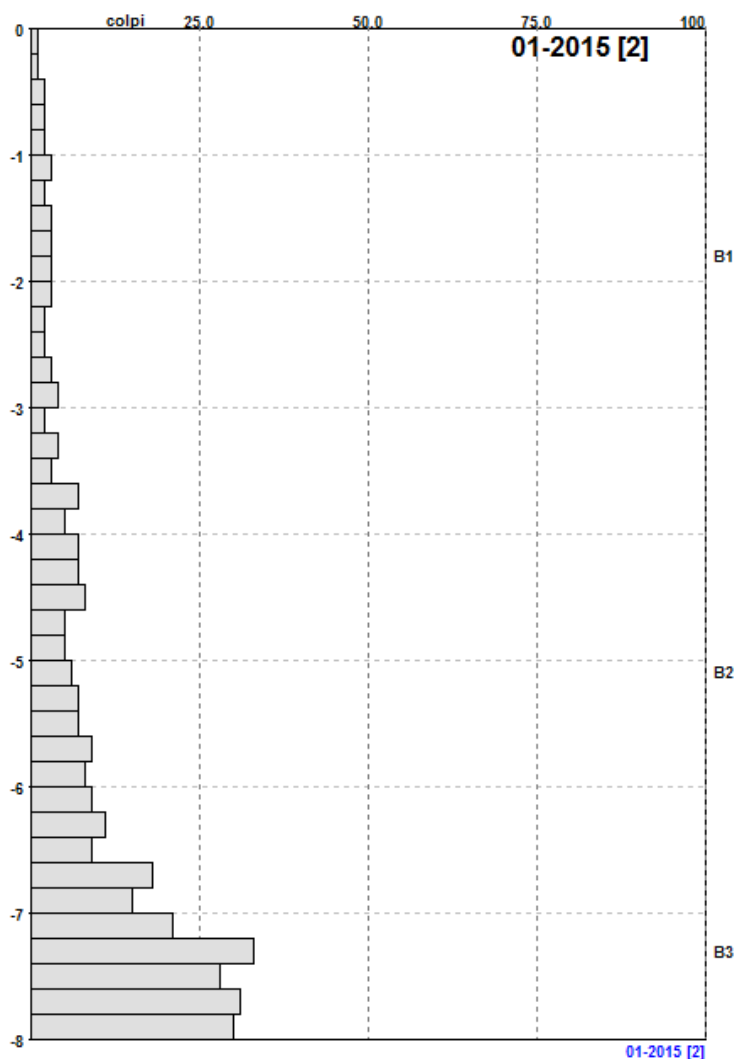
Strumento utilizzato: DPSH02\_2008

Prova eseguita in data: 14/03/2008

Profondità prova: 8.00 mt

Località: Pavullo

Falda: -2.15 da p.c



PARAMETRI GENERALI												
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rpq kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 3.60	Media	3	1.52	4	16.5	8.6	32	127	0.82	Torbosa	
2	3.60 : 6.60	Media	7	1.52	11	39.5	35.3	155	82	1.97	Coes./Gran.	
3	6.60 : 8.00	Media	25	1.52	38	120.3	108.6	224	220	6.02	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\sigma$ *	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0.00 : 3.60	4	0.20	1.45	102.88	2.78	26	---	---	---	---	---	---	---
2	3.60 : 6.60	11	0.69	1.91	32.11	0.87	50	37	30	276	1.94	1.51	196	---
3	6.60 : 8.00	38	2.38	2.10	20.20	0.55	106	73	38	484	2.09	1.75	446	---

### PROVA DPSH03

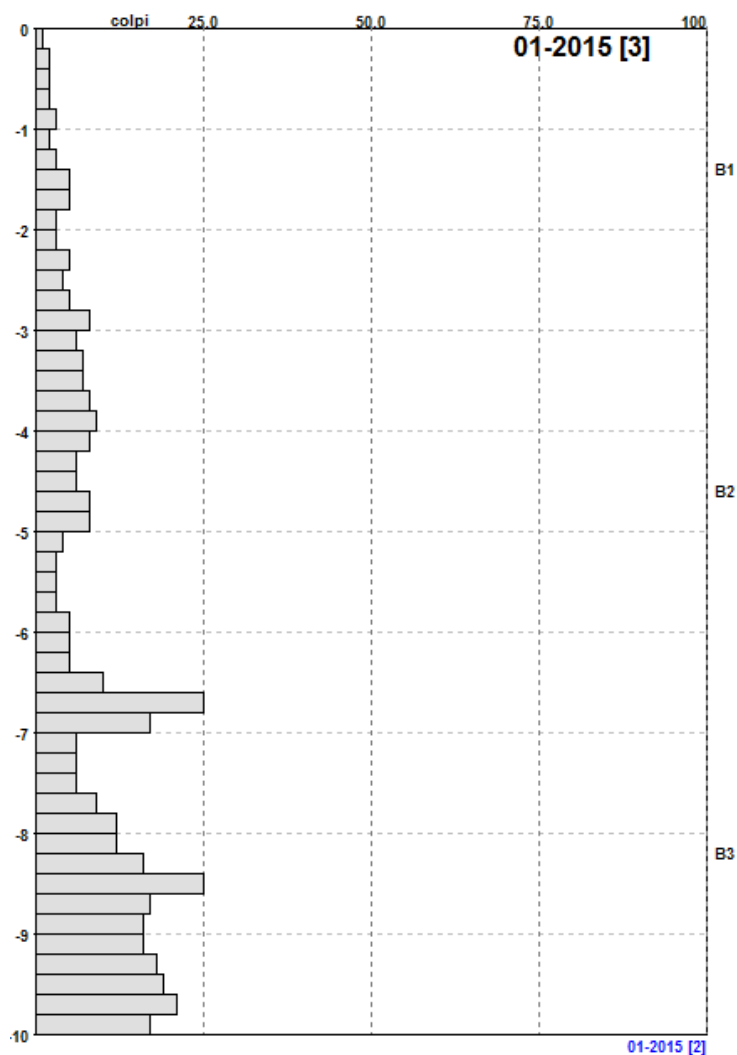
Strumento utilizzato: DPSH03\_2008

Prova eseguita in data: 14/03/2008

Profondità prova: 10.00 mt

Località: Pavullo

Falda non rilevata all'atto della prova



#### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rpd kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 2.80	Media	3	1.52	5	21.8	11.1	37	136	1.09	Torbosa	
2	2.80 : 6.40	Media	6	1.52	9	34.1	30.9	146	70	1.71	Coes./Gran.	
3	6.40 : 10.00	Media	15	1.52	23	68.1	61.2	193	147	3.40	Coes./Gran.	

#### NATURA COESIVA

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\sigma$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0.00 : 2.80	5	0.25	1.48	95.52	2.58	29	---	---	---	---	---	---	---
2	2.80 : 6.40	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	32	30	261	1.92	1.48	173	---
3	6.40 : 10.00	23	1.44	2.06	22.58	0.61	75	55	34	369	2.01	1.62	318	---

#### NATURA GRANULARE

**PROVA DPSHo4**

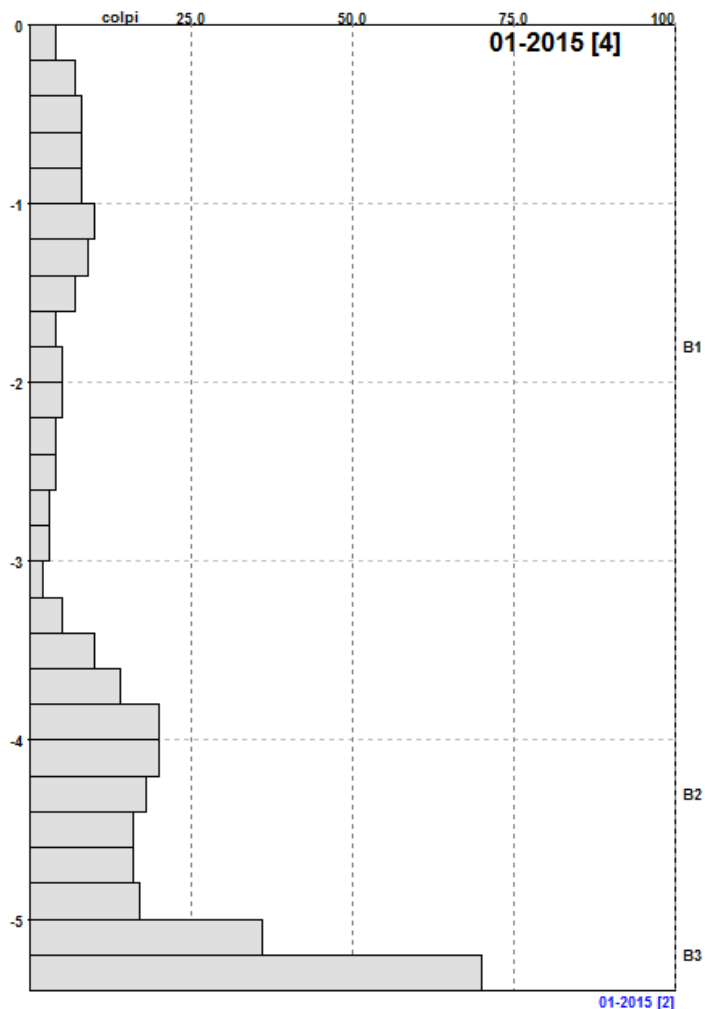
Strumento utilizzato: DPSHo1\_2009

Prova eseguita in data: 06/07/2009

Profondità prova: 5.40 mt

Località: Pavullo

Falda non rilevata all'atto della prova



**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 3.60	Media	6	1.52	9	34.9	28.5	64	112	1.75	Coesiva	
2	3.60 : 5.00	Media	17	1.52	26	97.8	88.1	174	163	4.89	Coes./Gran.	
3	5.00 : 5.40	Media	53	1.52	81	283.2	254.9	239	404	14.16	Coes./Gran.	

**NATURA COESIVA**      **NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	Yd t/m <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0.00 : 3.60	9	0.56	1.89	34.00	0.92	44	---	---	---	---	---	---	---
2	3.60 : 5.00	26	1.63	2.09	20.60	0.56	81	59	35	392	2.03	1.65	343	---
3	5.00 : 5.40	81	5.06	2.10	20.20	0.55	193	97	45	816	2.22	1.95	812	---

### PROVA DPSH05

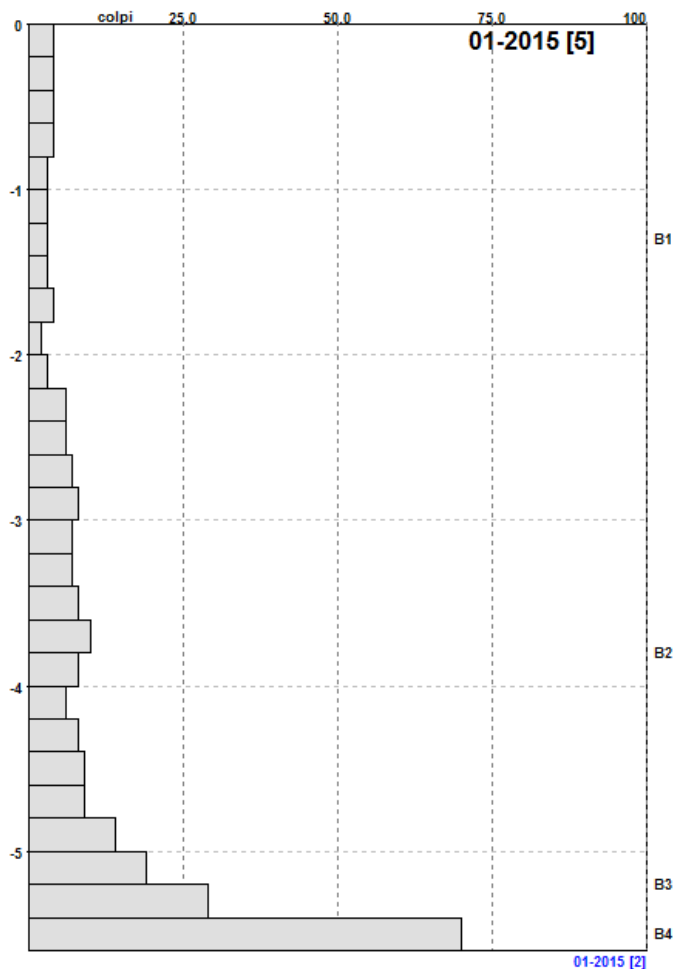
Strumento utilizzato: DPSH02\_2009

Prova eseguita in data: 06/07/2009

Profondità prova: 5.60 mt

Località: Pavullo

Falda non rilevata all'atto della prova



#### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0.00 : 2.60	Media	4	1.52	6	26.1	18.2	49	98	1.30	Coesiva	
2	2.60 : 5.00	Media	8	1.52	13	49.0	45.6	150	93	2.45	Coes./Gran.	
3	5.00 : 5.40	Media	24	1.52	36	128.2	115.4	208	211	6.41	Coes./Gran.	
4	5.40 : 5.60	Media	70	1.52	106	374.0	336.6	253	501	18.70	Coes./Gran.	

#### NATURA COESIVA

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>2</sup>	Yd t/m <sup>2</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0.00 : 2.60	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36	---	---	---	---	---	---	---
2	2.60 : 5.00	13	0.81	1.93	30.31	0.82	55	40	31	291	1.95	1.53	218	---
3	5.00 : 5.40	36	2.25	2.10	20.20	0.55	102	71	38	469	2.08	1.74	429	---
4	5.40 : 5.60	106	6.63	2.10	20.20	0.55	244	100	45	1009	2.24	1.99	1026	---

#### NATURA GRANULARE

Sulla base delle informazioni desunte dai sondaggi geognostici e dalle prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH sono state individuate tre macrounità così suddivise:

0.20 - 4.10 m Detrito limoso-argilloso e sabbioso a bassa-media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica; tale detrito lungo la sezione A evidenzia caratteristiche di bassa consistenza e la presenza di abbondante circolazione idrica (A);

4.10 - 6.40/7.10 m Substrato alterato costituito da alternanze arenaceo-marnose da consistente a molto consistente (parte più superficiale della Formazione di Cigarellò) (B);

6.40/7.10 - 15.00 m Substrato marnoso-arenaceo molto consistente costituito dalla Formazione di Cigarellò (C).

### c. Il modello geologico-tecnico del volume significativo

Infine sulla base delle indicazioni emerse dall'analisi delle prove penetrometriche statiche e sulla base delle litologie presenti si è provveduto a caratterizzare e parametrizzare, dal punto di vista geotecnico, i terreni di fondazione.

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

#### Unità D1 - Detrito di alterazione

Detrito limoso-argilloso e sabbioso a bassa-media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica; tale detrito lungo la sezione A evidenzia caratteristiche di bassa consistenza e la presenza di abbondante circolazione idrica.

#### Unità SA - Substrato Alterato

Substrato alterato costituito da alternanze arenaceo-marnose da consistente a molto consistente (parte più superficiale della Formazione di Cigarellò).

#### Unità S1 - Substrato

Substrato marnoso-arenaceo molto consistente costituito dalla Formazione di Cigarellò.

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sul versante sono i seguenti:

- In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_k$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)
0.00 - 4.10	D1	18	20	3	23
4.10 - 6.40/7.10	SA	20	21	5	28
6.40/7.10 - 15.00	S1	21	22	20	35



- In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E <sub>d</sub> (kPa)
0.00 - 4.10	D1	18	20	0.42	/	3500
4.10 - 6.40/7.10	SA	20	21	0.4	15000	/
6.40/7.10 - 15.00	S1	21	22	0.35	40000	/

## 8. VERIFICHE DI SICUREZZA PRELIMINARI

### a. Scopo delle verifiche

L'impostazione del lavoro ha previsto una unica fase di lavoro dove si è provveduto ad effettuare le verifiche lungo le sezioni significative, con l'individuazione del fattore di sicurezza  $F$  richiesto dalla normativa vigente. Tali sezioni sono state verificate sia in condizioni statiche, sia in condizioni sismiche, attraverso analisi di stabilità condotte secondo il metodo dell'equilibrio limite ed in situazione di stato di fatto al fine di riscontrare l'insorgere di potenziali fenomeni di instabilità lungo il versante in oggetto

Le verifiche sono condotte ai sensi della normativa vigente:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;

A tal fine sono state ricavate cinque sezioni ritenute significative (figura 8.1) dal modello digitale ricavato dalla CTR in scala 1:5000.



Figura 8.1: Planimetria delle tracce di sezione utilizzate nelle verifiche di stabilità.

### b. Analisi all'equilibrio limite

Il metodo consiste nel calcolo delle forze agenti lungo una superficie di scorrimento predefinita e delle resistenze disponibili lungo la stessa superficie. La condizione di equilibrio limite è verificata quando le forze agenti uguagliano quelle resistenti: in questo caso lo stato tensionale medio lungo la superficie di scorrimento giace sull'involuppo di rottura del terreno ed il versante si trova sul punto di collasso.

Il modello di verifica qui adottato è un modello elasto-plastico alla Mohr-Coulomb, nel quale valgono le seguenti ipotesi:

- la massa di terreno è considerata perfettamente rigida;
- la distribuzione delle tensioni normali efficaci sulla superficie di scorrimento resta costante dalla condizione di esercizio a quella di rottura;
- la resistenza del terreno viene completamente mobilizzata lungo l'intera superficie di scorrimento, rimanendo costante.

Il modello geologico-tecnico utilizzato è quello descritto nel paragrafo precedente e prevede l'esistenza di tre macrounità, caratterizzate comunque da differenti stati tensionali e parametri di resistenza al taglio:

**macrounità 1)** Unità litotecnica D1;

**macrounità 2)** Unità litotecnica SA;

**macrounità 3)** Unità litotecnica S1.

Le analisi effettuate sono servite, sulla base dei parametri individuati, per verificare i fattori di sicurezza stabiliti dalla normativa vigente nelle condizioni attuali.

La significatività del risultato dipende anche dalla precisione con cui sono note le condizioni idrauliche del versante, dal momento che la stabilità del pendio varia significativamente in funzione della posizione della falda.

Nel nostro caso, comunque, date le conoscenze sulle condizioni idrauliche derivanti dalle indicazioni provenienti dall'esecuzione dei sondaggi geognostici, si è provveduto a condurre le analisi ipotizzando quella più critica e sfavorevole per il pendio in esame. Bisogna infine aggiungere che le analisi in condizioni sismiche, sono state condotte con metodi di tipo pseudo-statico, nel rispetto delle indicazioni fornite dal D.M. 14/01/08.

Il programma esegue un'analisi bidimensionale basata sul concetto dell'equilibrio limite, suddividendo il rilevato di discarica in conci. Mediante il codice di calcolo è possibile generare automaticamente e verificare una serie di potenziali superfici di scorrimento, individuando le più critiche in base al calcolo dei rispettivi fattori di sicurezza.

In particolare, tra i metodi all'equilibrio limite sotto indicati sono stati scelti per le verifiche in progetto quelli segnalati nei riquadri rossi:

Metodo	Superficie di scorrimento		Calcolo di F		Assunzioni sulle forze interconco			Descrizione	Diagramma
	circolare	non-circolare	equilibrio dei momenti	equilibrio delle forze	E, X	f(x)			
Cuneo di Coulomb		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>				La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.	
Ordinario dei concio di Fellenius	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	$X=E \tan \alpha$	1		La risultante delle forze interconco è parallela alla base del concio. Si dimostra che, con tale inclinazione, N non è funzione di X ed E.	
Bishop semplificato	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	$X=0$			La risultante delle forze interconco è orizzontale (cioè le forze interconco di taglio sono trascurate).	
Janbu semplificato		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	$X=0$			La risultante delle forze interconco è orizzontale. Un fattore empirico $f_0$ viene utilizzato per tenere conto delle forze di taglio interconco.	
Spencer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			$X=E \tan \theta$	1		La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta.	
Morgenstern & Price	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	$X=E \lambda f(x)$	arbitraria		La direzione della risultante delle forze interconco è definita dalla funzione f(x).	
Janbu rigoroso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolate		Il punto di applicazione delle forze normali interconco è definito assumendo una "linea di applicazione" del carico all'interno del versante.	
Lowe-Karafiath	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	calcolate	calcolate		La risultante delle forze interconco ha un'inclinazione imposta, pari alla media dell'inclinazione della superficie topografica e della base del concio	

e cioè:

- Bishop semplificato, applicabile a superfici di scorrimento di sezione circolare;
- Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price, applicabile a superfici di scorrimento di qualsiasi forma.

Nell'analisi la finalità principale delle verifiche è stata quella di valutare le condizioni di stabilità della porzione di versante su cui verranno le future opere in progetto.

Le verifiche sono state effettuate secondo la modalità precedentemente descritta, ovvero per lo stato di progetto e trattandosi di "...pendii in frana...devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini".

Come riportato nelle NTC08 nelle verifiche di stabilità sui pendii naturali si utilizzano i valori caratteristici dei parametri di resistenza ( $c'_k$ ,  $\phi'_k$ ) (tabella 8.1)

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_k$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)
0.00 - 4.10	D1	18	20	3	23
4.10 - 6.40/7.10	SA	20	21	5	28
6.40/7.10 - 15.00	S1	21	22	20	35

In via cautelativa e secondo la normativa vigente, è stato deciso di utilizzare l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2 con R2 = 1.1).

I valori di A2, M2, R2 si determinano in base alle seguenti tabelle:

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1,1

Le verifiche in condizioni sismiche sono state effettuate con metodi di tipo pseudostatico. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W;$$

$$F_v = k_v \times W,$$

con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

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

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

Sulla base delle analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito è stata valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g.$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

I valori di  $\beta_s$  sono i seguenti:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

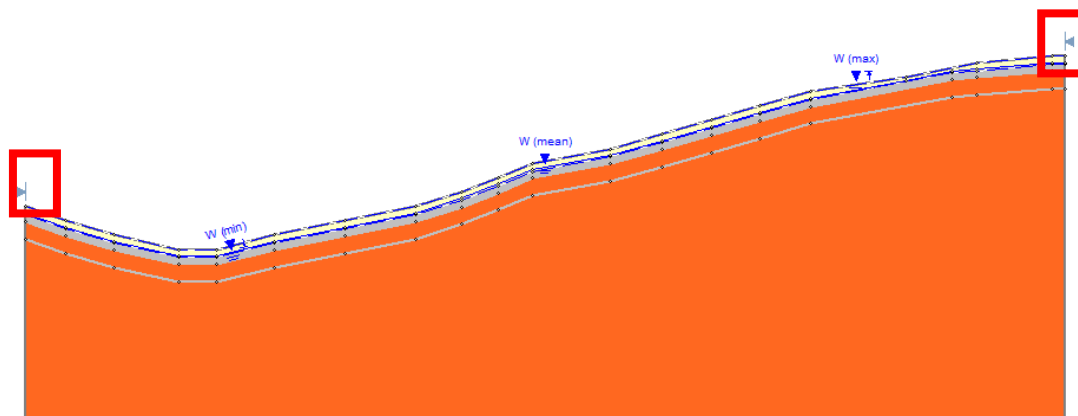
Pertanto è stato dedotto che:


$$K_h = 0.046;$$

$$K_v = 0.023.$$

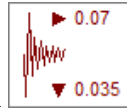
Per quanto riguarda la rappresentazione dei risultati viene qui riportato **un esempio di “Sezione Tipo”** per meglio comprendere quanto sotto rappresentato nei risultati delle analisi:

- TIPOLOGIA “SEZIONE TIPO DI ANALISI”



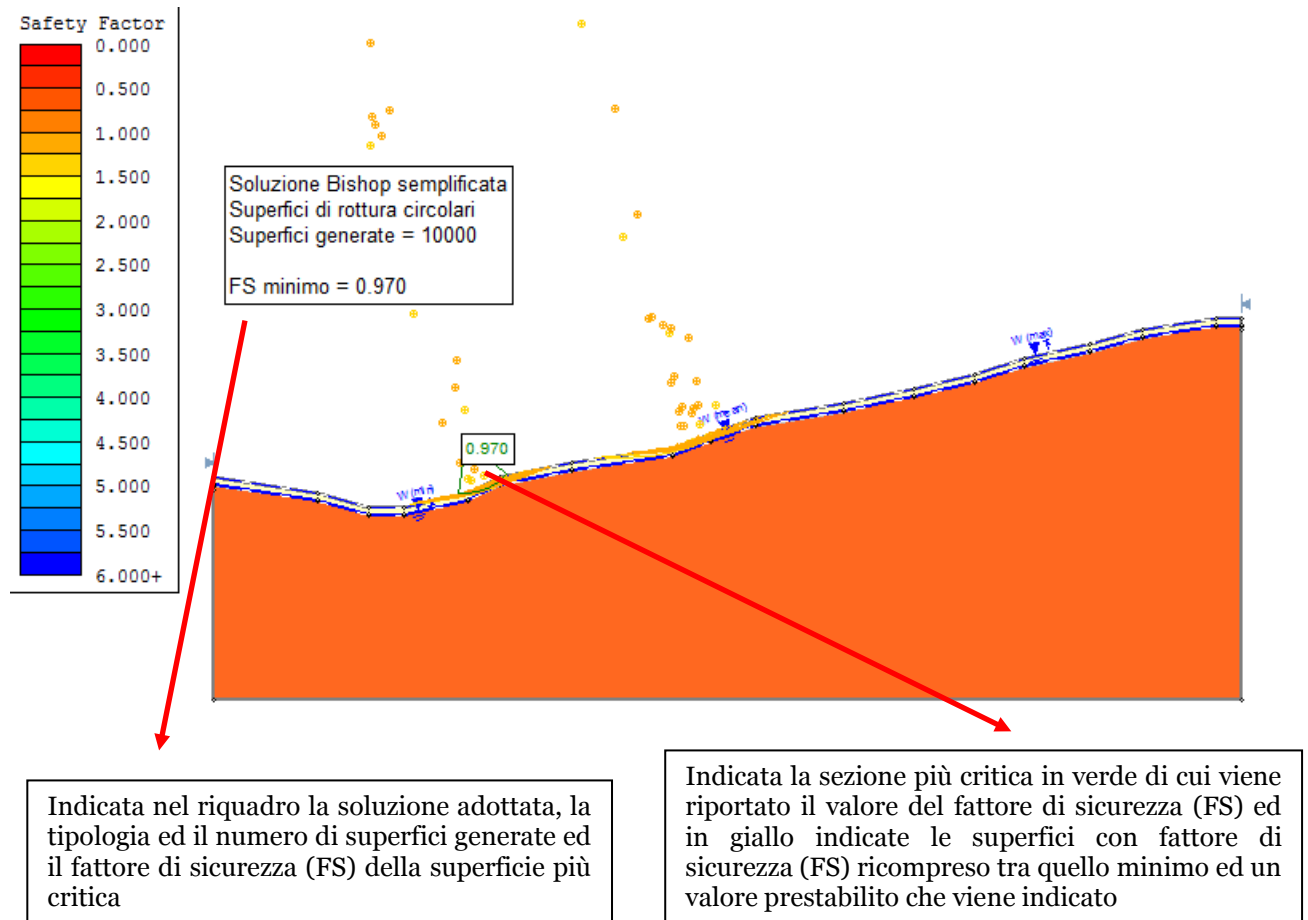
Nei riquadri rossi sono indicati con la presente simbologia  i limiti spaziali di estensione per le analisi bidimensionali ipotizzate

Dove indicato, per le verifiche sismiche, riportati i valori dei coefficienti sismici utilizzati con il verso della freccia orizzontale che indica l'azione sismica orizzontale proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno



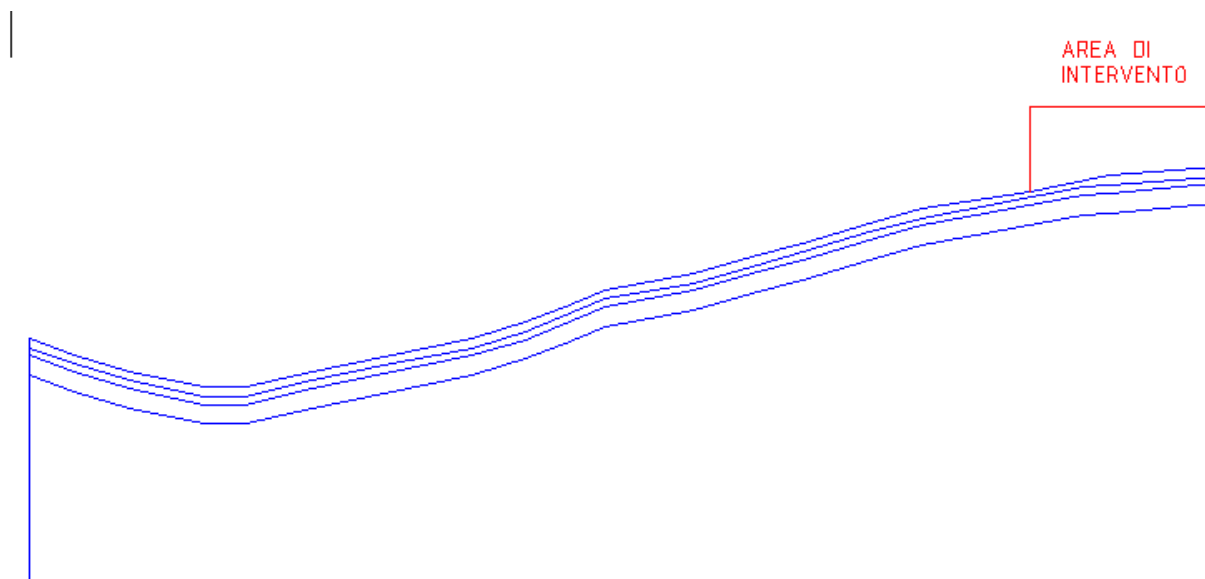
potenzialmente instabile e così rappresentati

- TIPOLOGIA “SEZIONE RISULTATI DI ANALISI”



**c. Verifiche di sicurezza**

**SEZIONE01**



Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$c_d'$ (kPa)	$\phi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	3	23	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	5	28	4	23.04
STRATO 3	S1	21	20	20	35	16	29.25



## 1) CASO STATICO

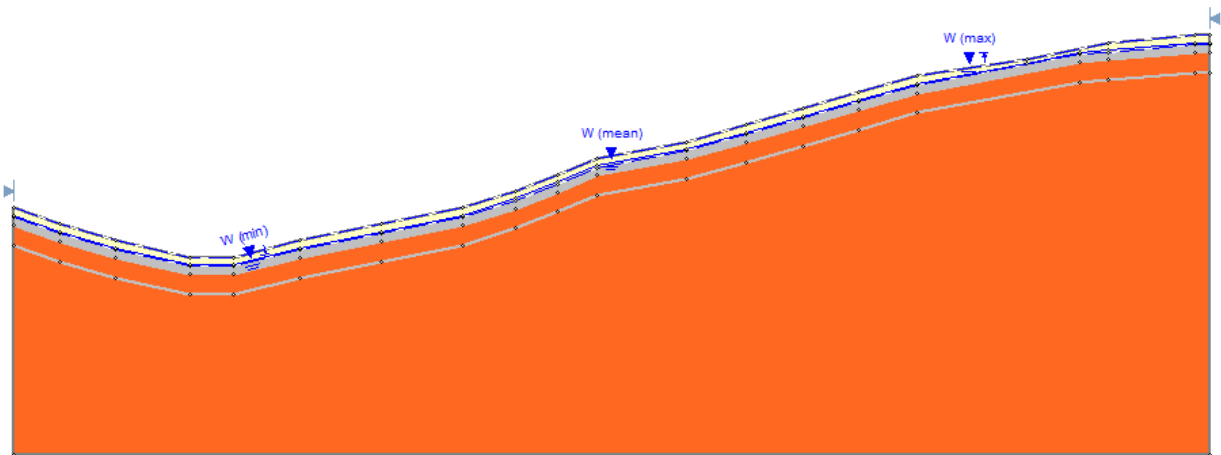
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

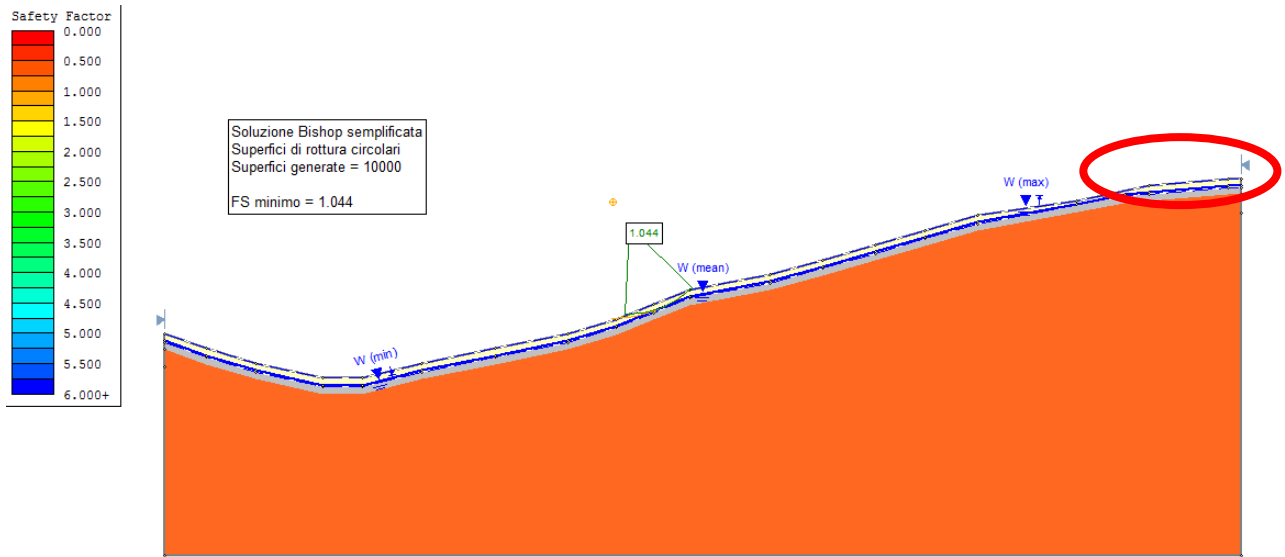
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

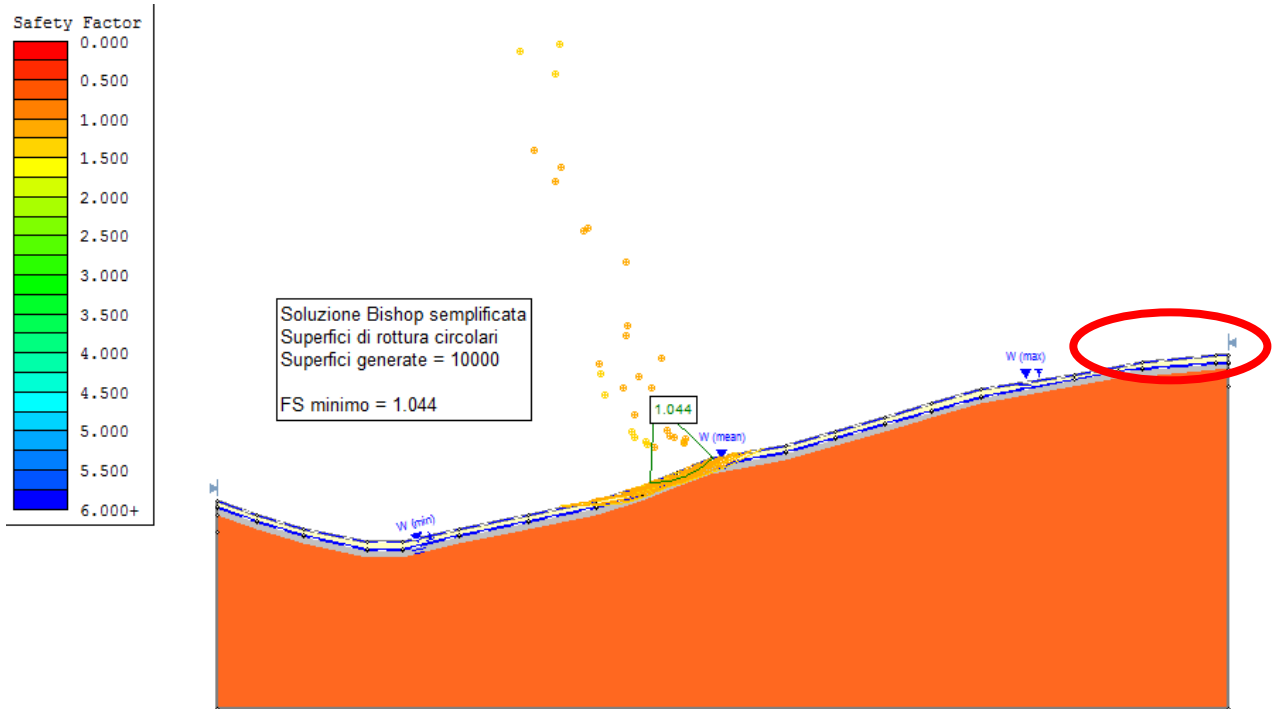
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>1.044</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.044) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.044) e le superfici con Fs < 1.3

### b) Superfici non circolari e composite

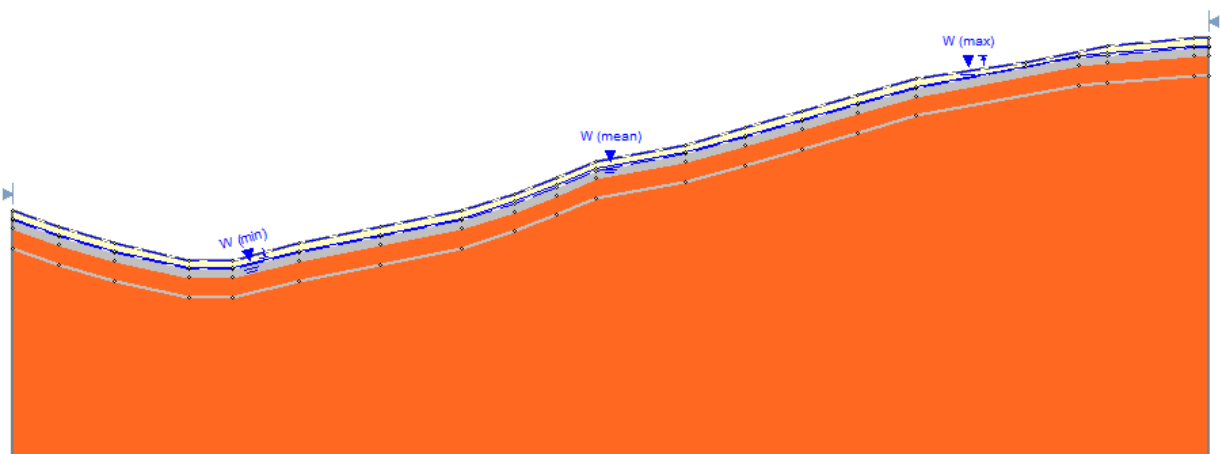
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

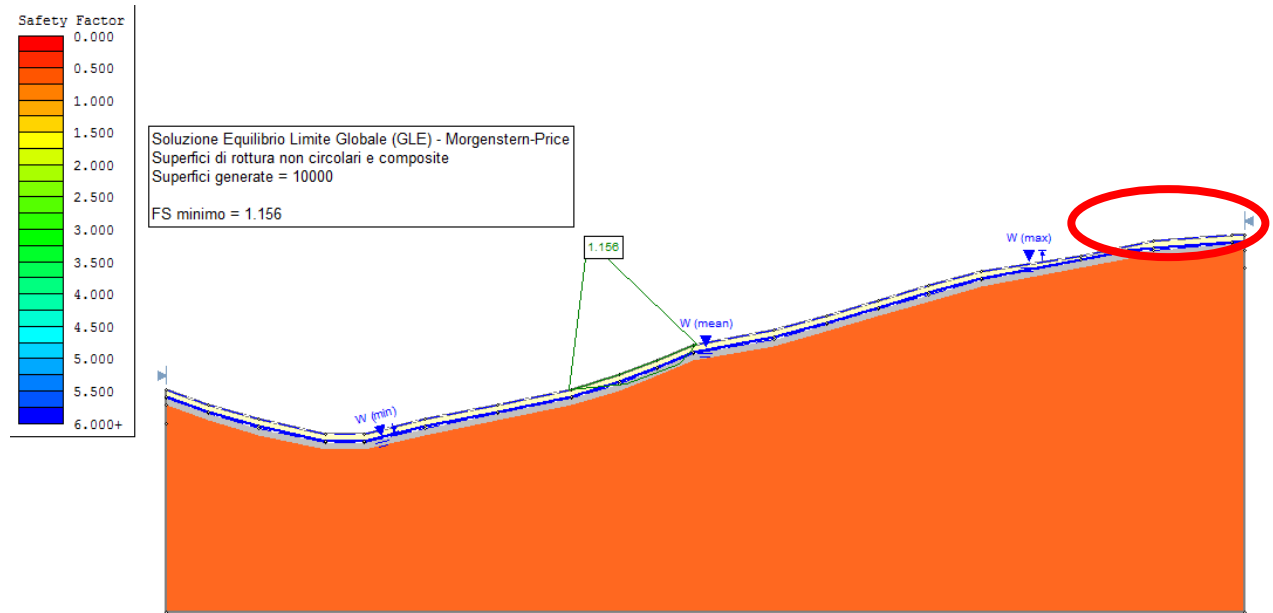
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

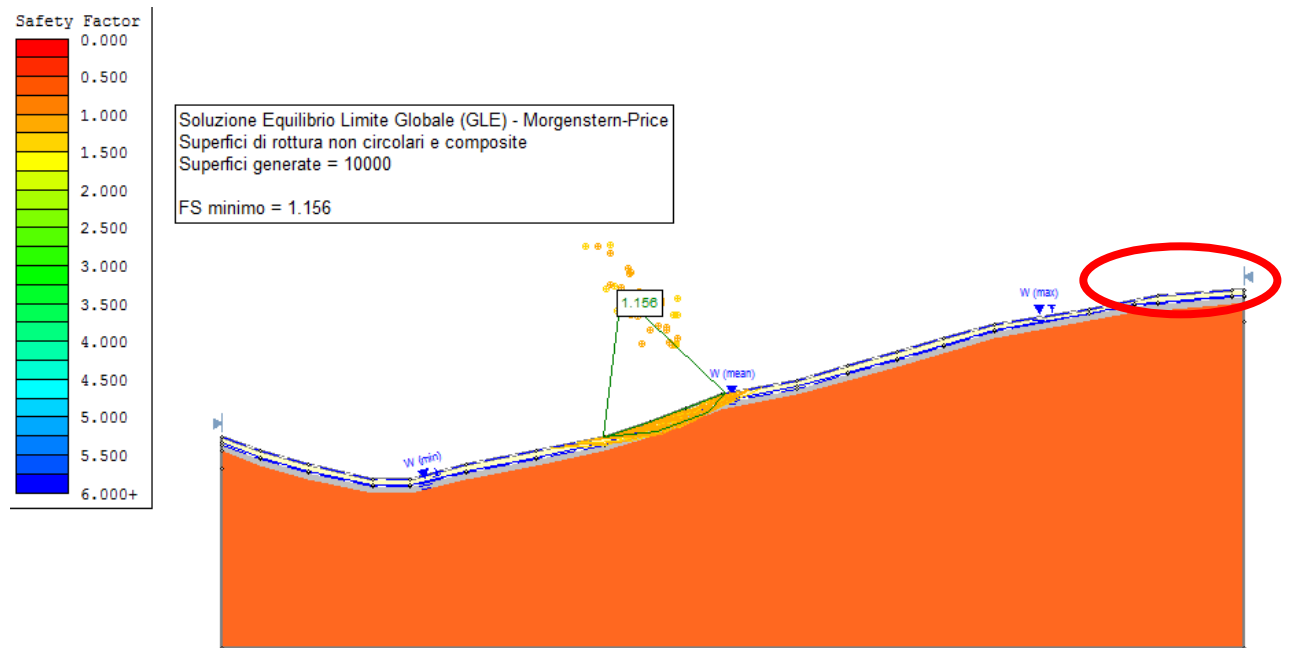
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.156</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.156) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.156) e le superfici con Fs < 1.3

## 2) CASO SISMICO

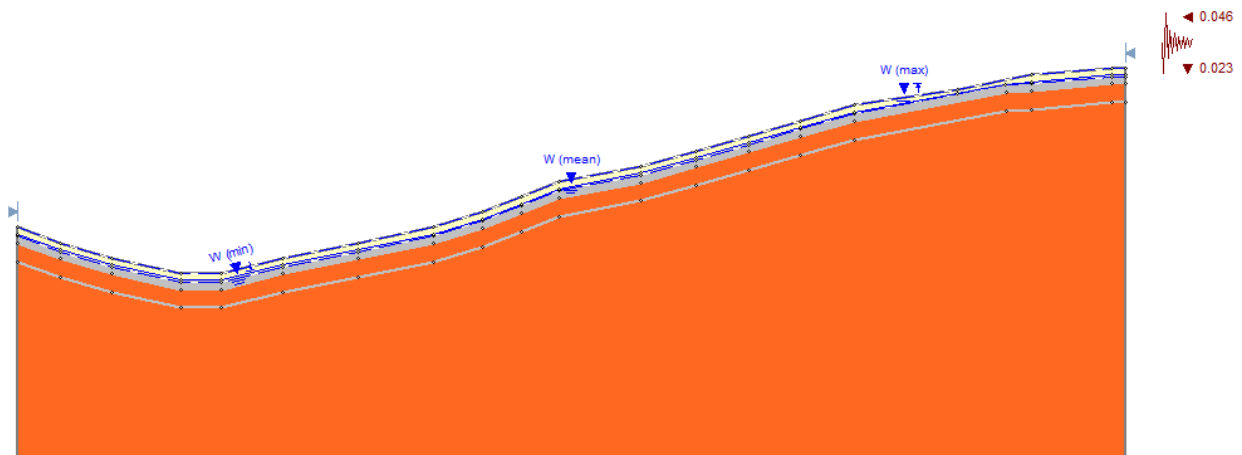
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

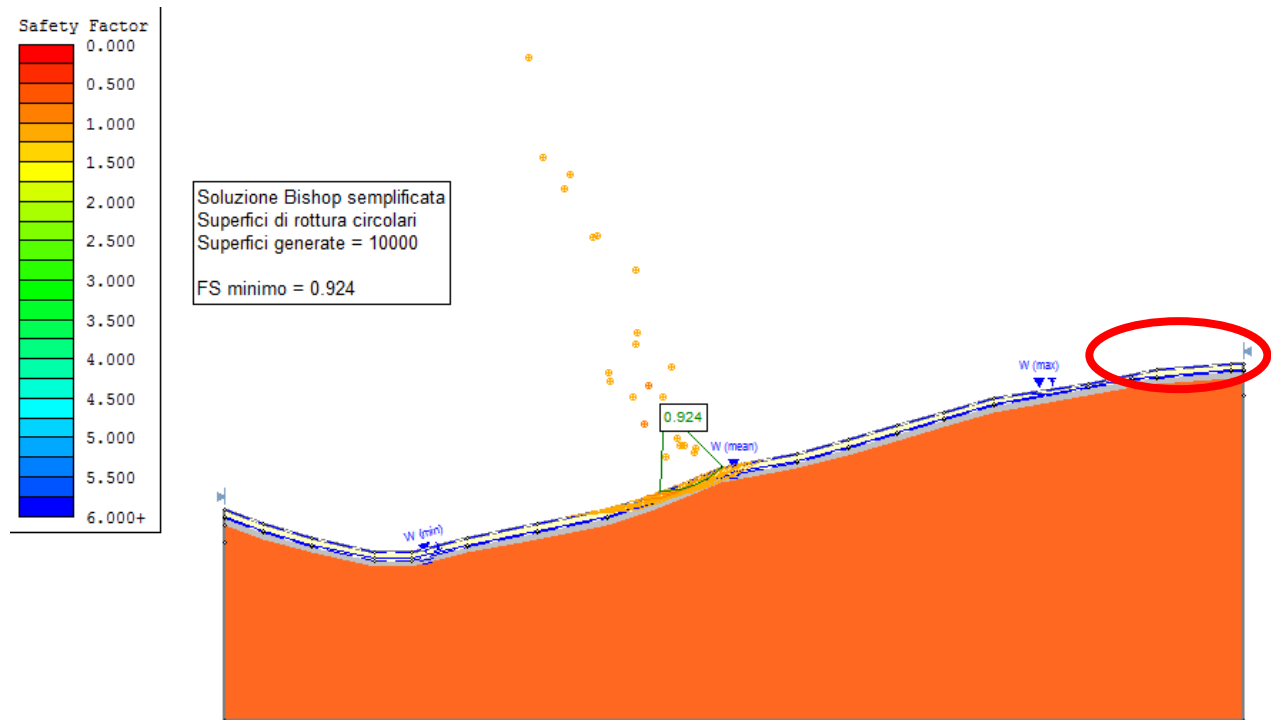
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

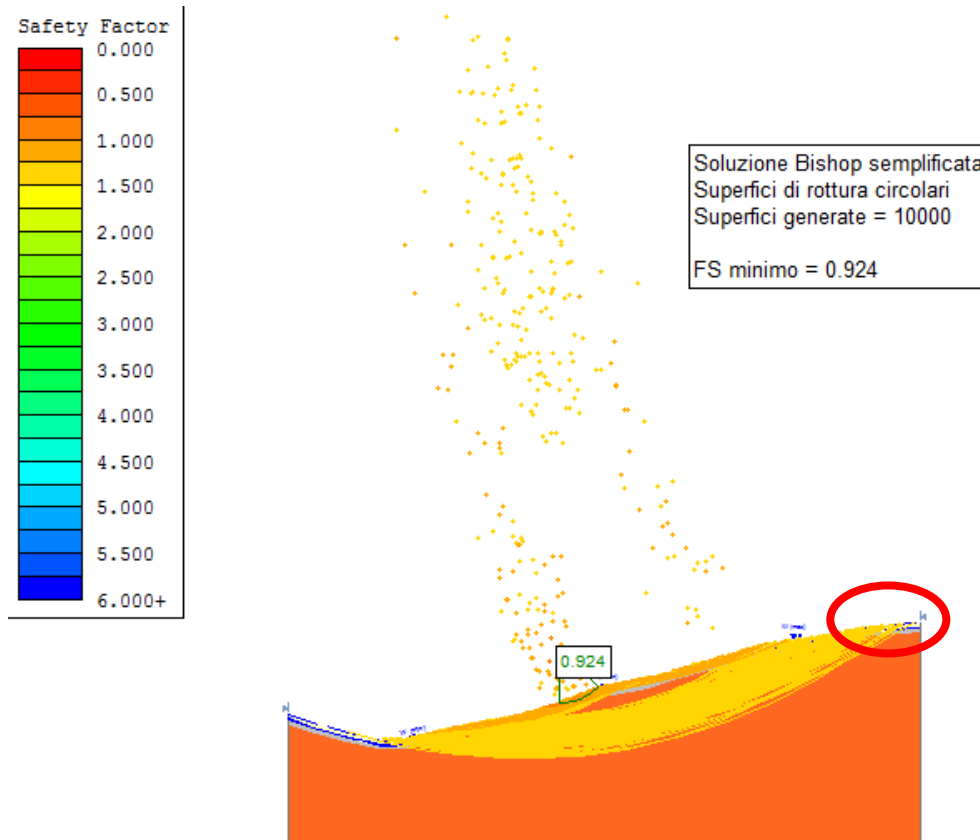
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>0.924</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.924) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.924) e le superfici con Fs < 1.3

**b) Superfici non circolari e composite**

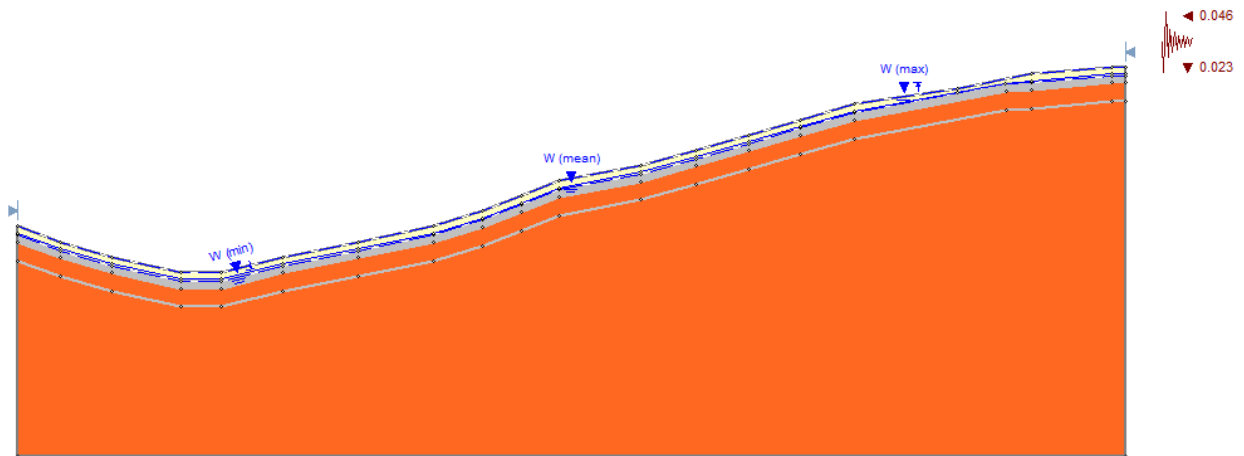
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

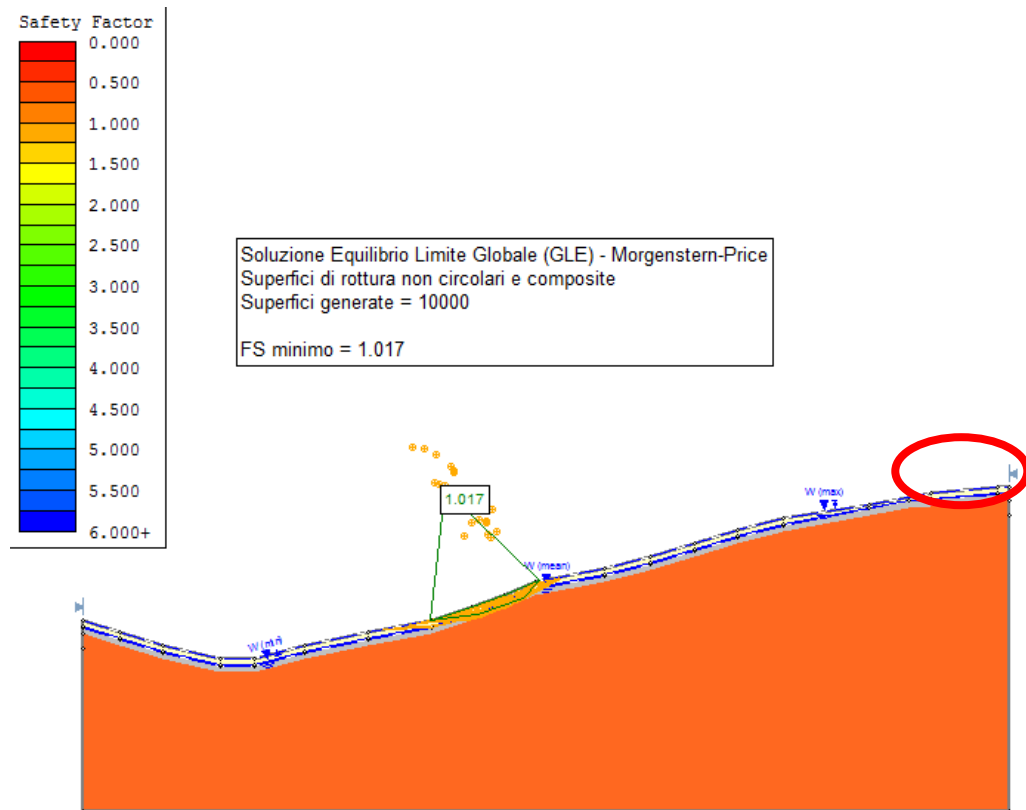
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

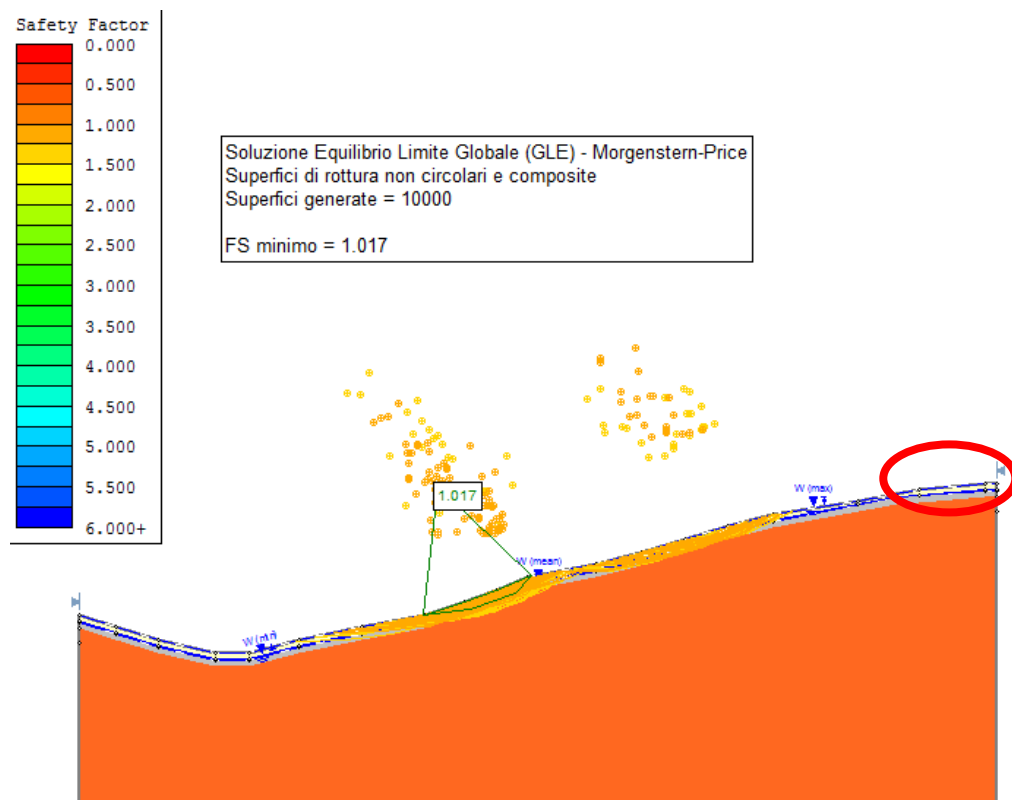
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.017</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_{w'}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



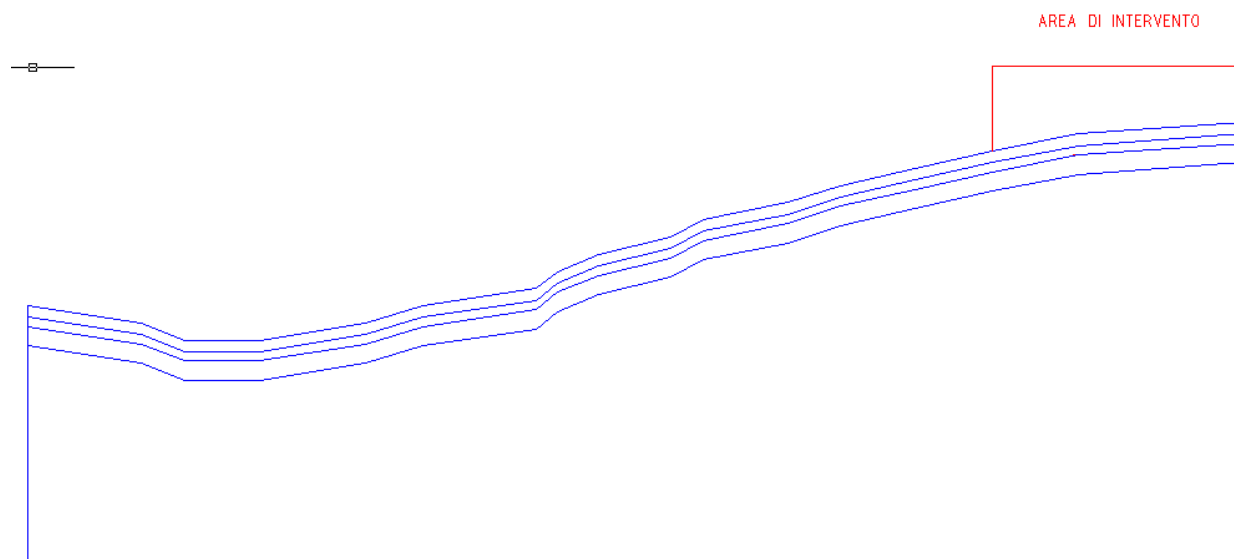
Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.017) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.017) e le superfici con Fs < 1.3



**SEZIONE02**



Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\varphi_k'$ (°)	$c_d'$ (kPa)	$\varphi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	3	23	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	5	28	4	23.04
STRATO 3	S1	21	20	20	35	16	29.25

## 1) CASO STATICO

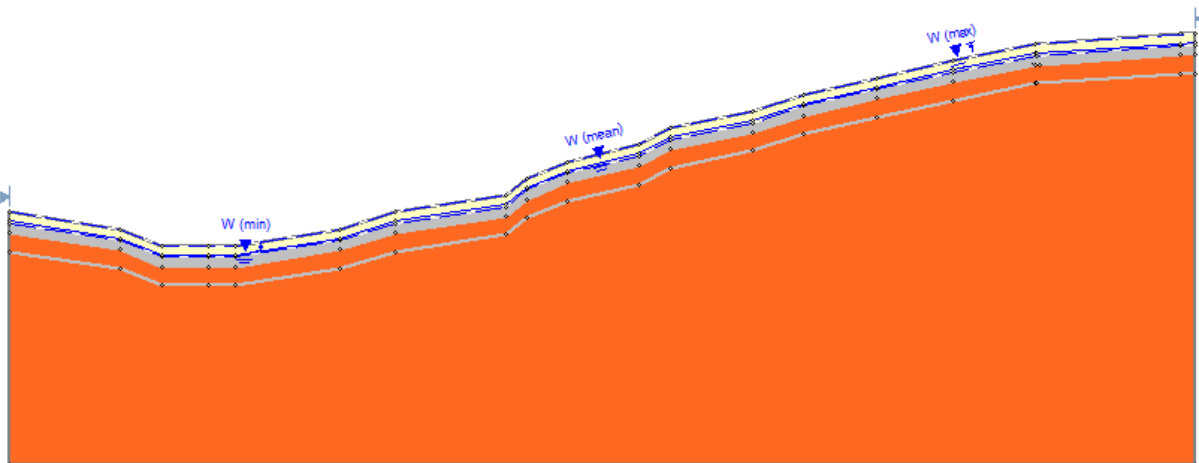
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

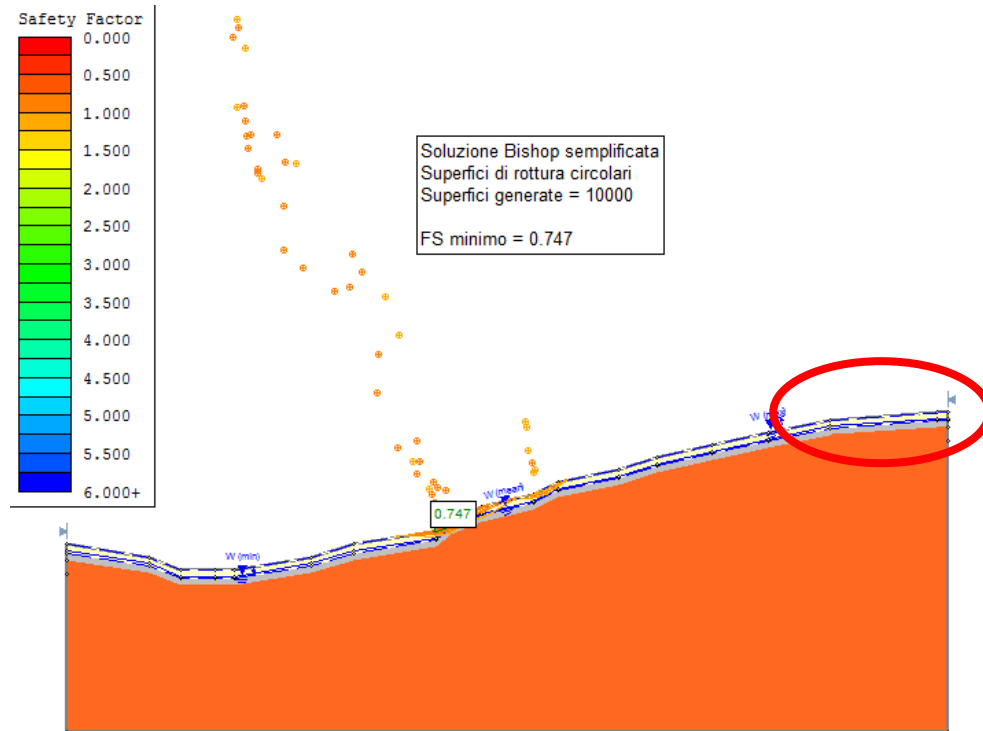
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

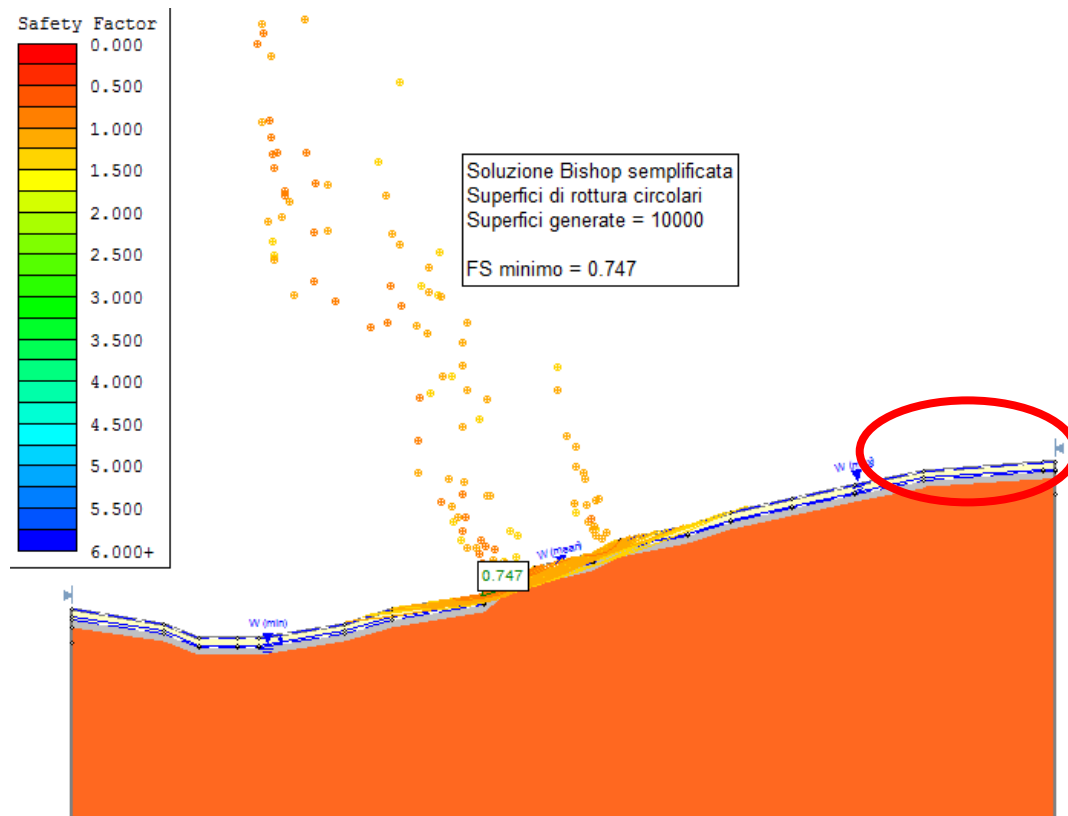
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>0.747</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_d'$ (kPa)	$\phi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.747) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.747) e le superfici con Fs < 1.3

### b) Superfici non circolari e composite

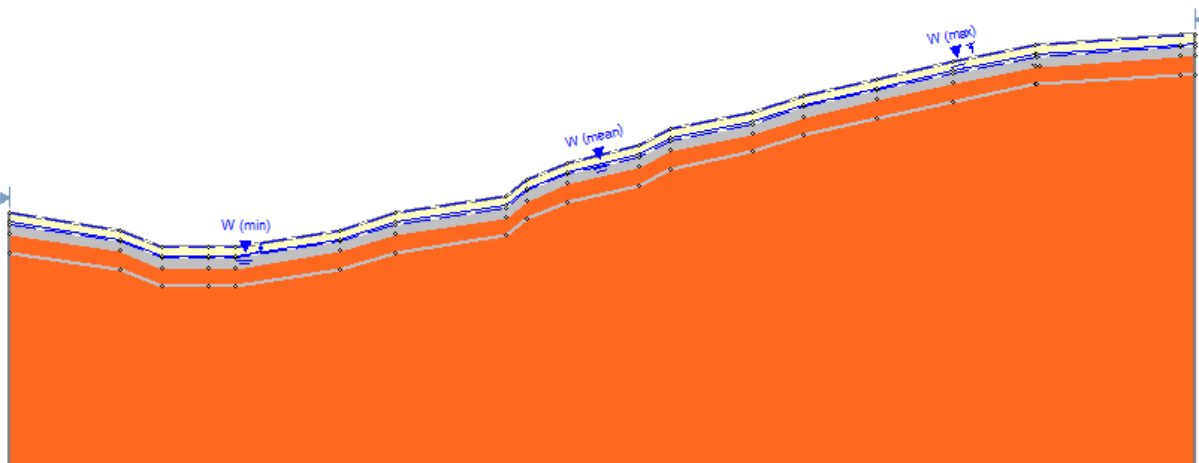
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

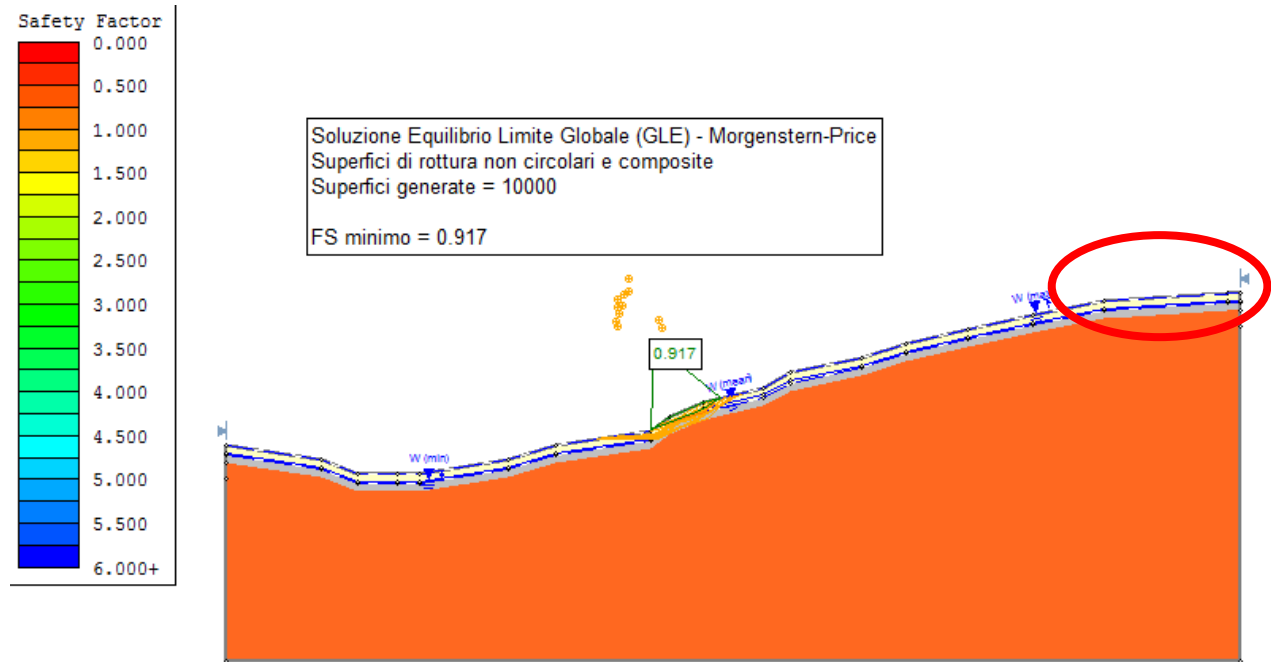
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

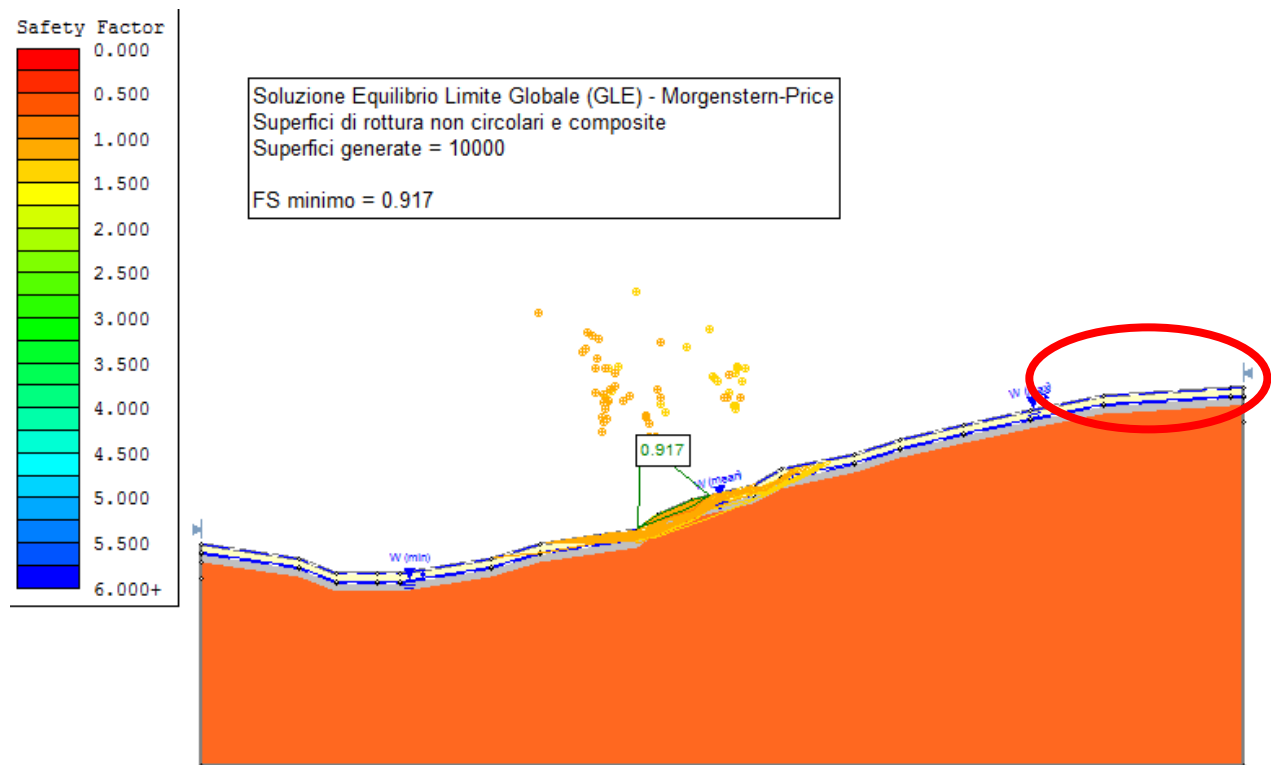
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>0.917</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.917) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.917) e le superfici con Fs < 1.3

## 2) CASO SISMICO

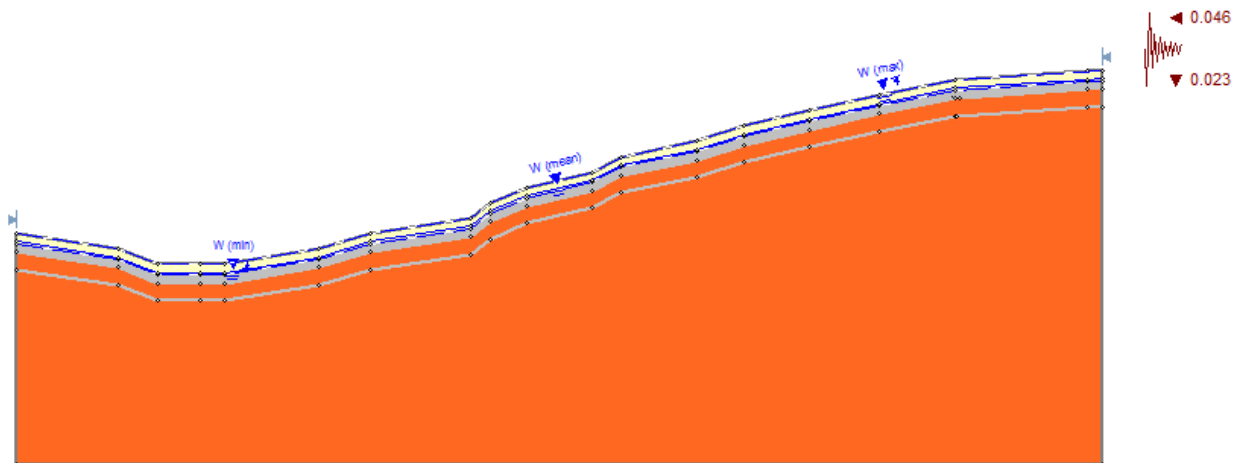
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

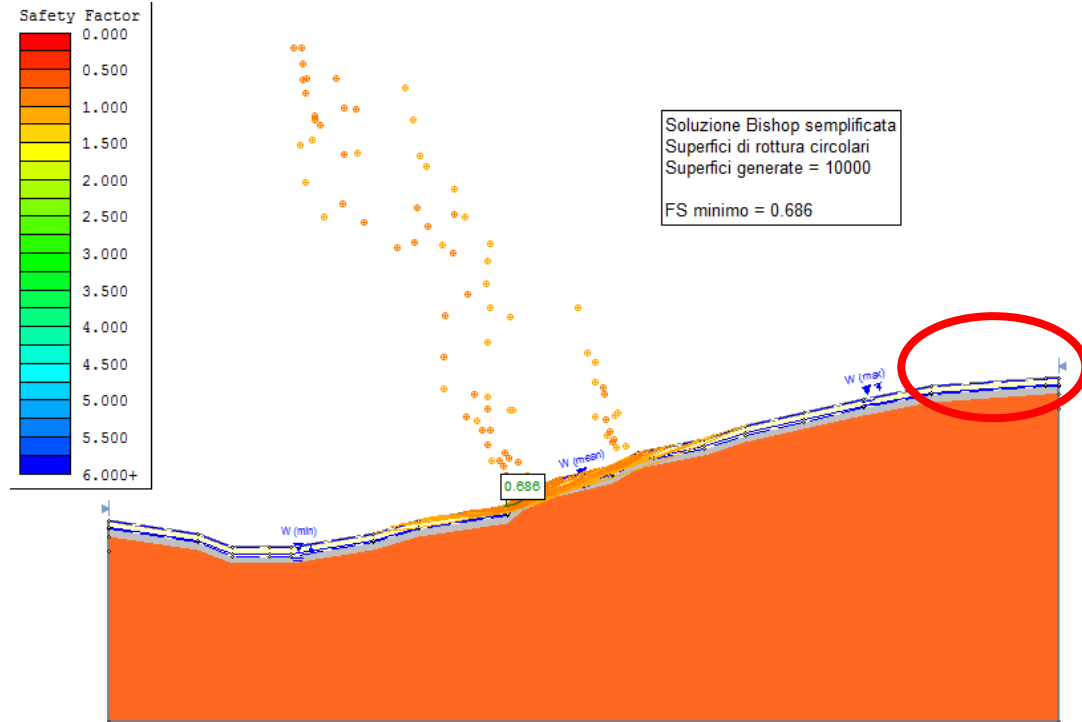
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

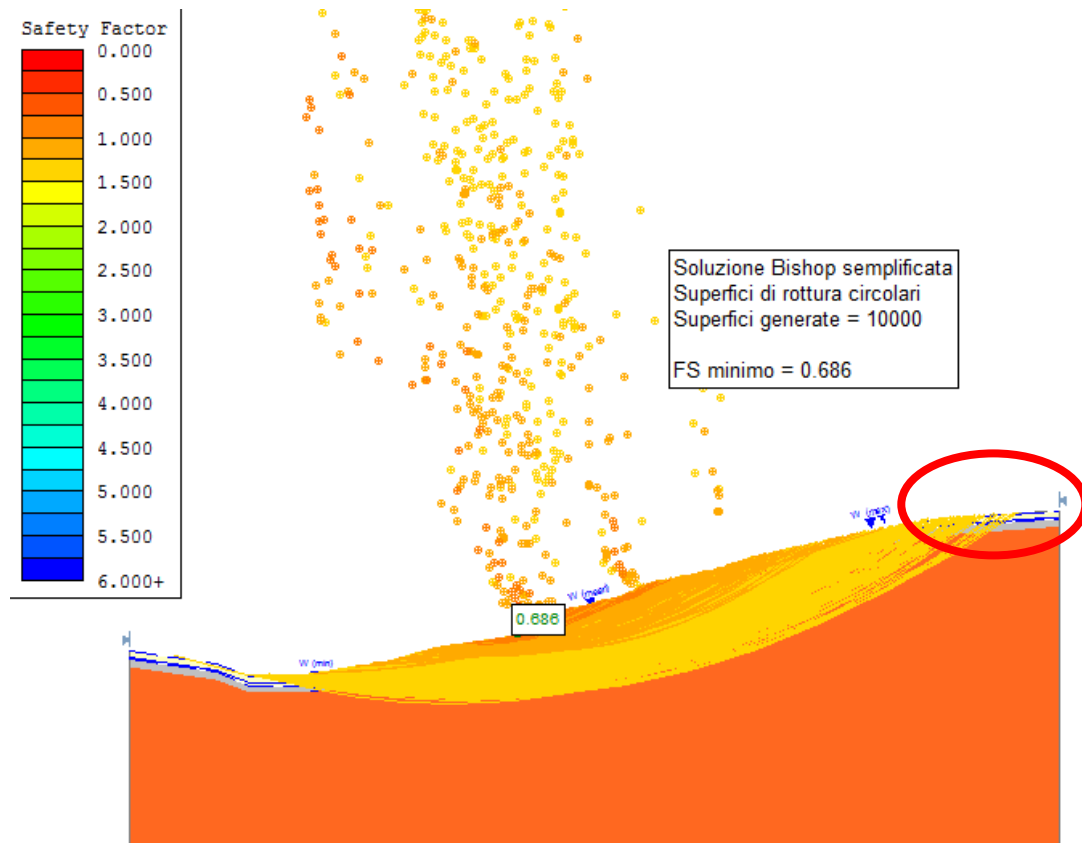
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>0.686</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_d'$ (kPa)	$\phi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.686) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.686) e le superfici con Fs < 1.3

## b) Superfici non circolari e composite

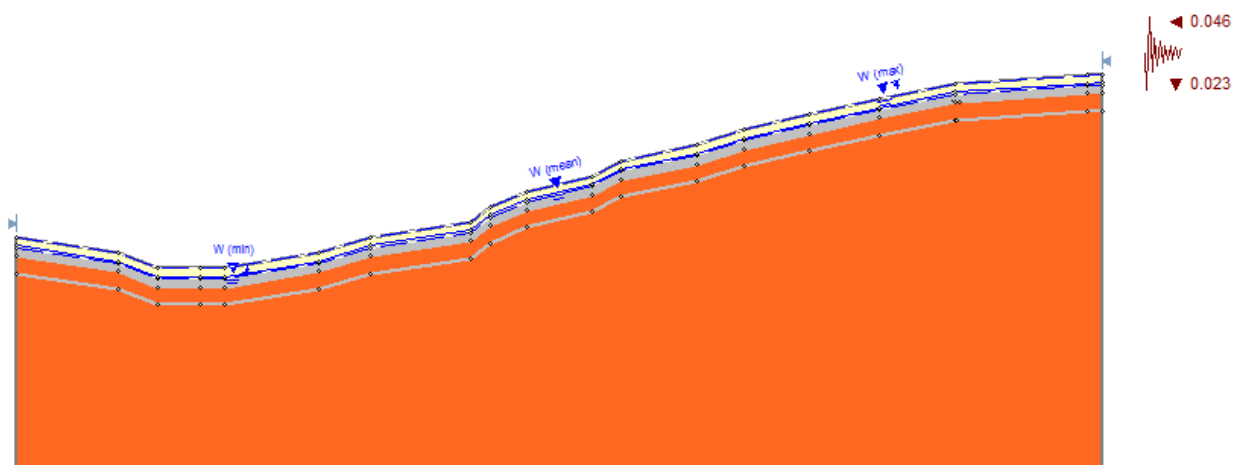
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

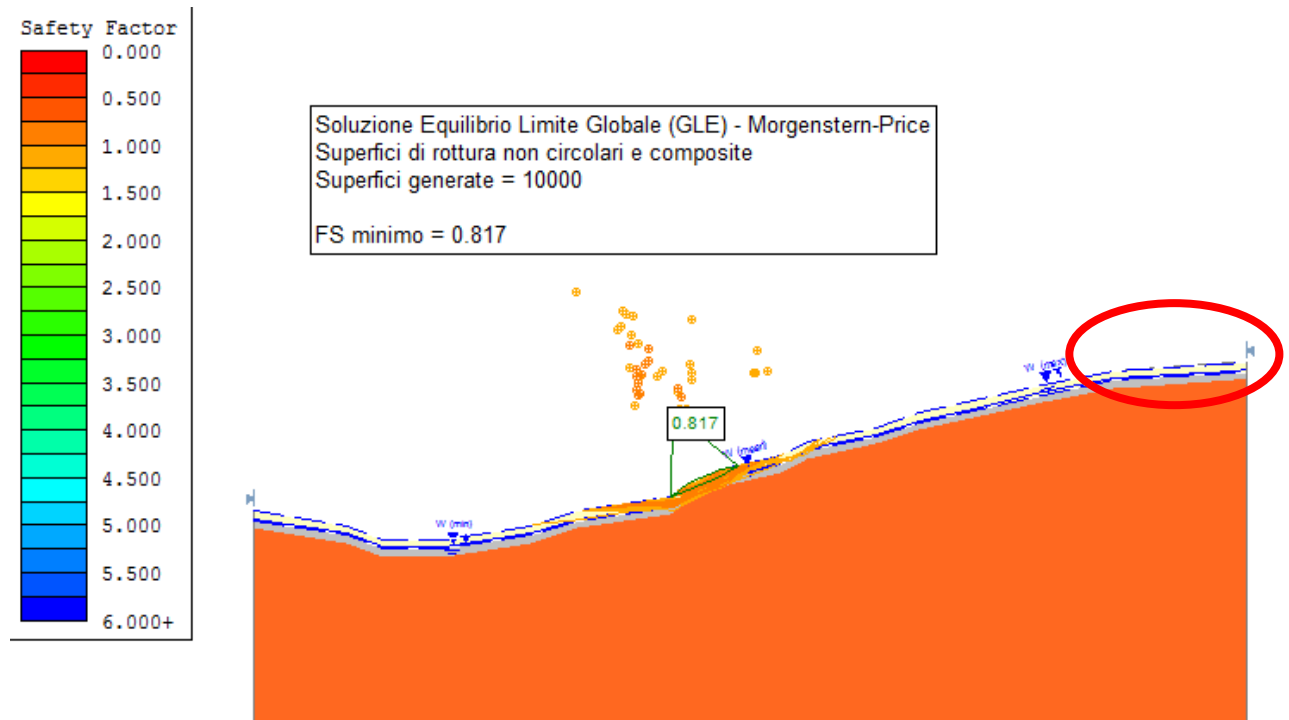
- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

Metodo "PATH SEARCH"

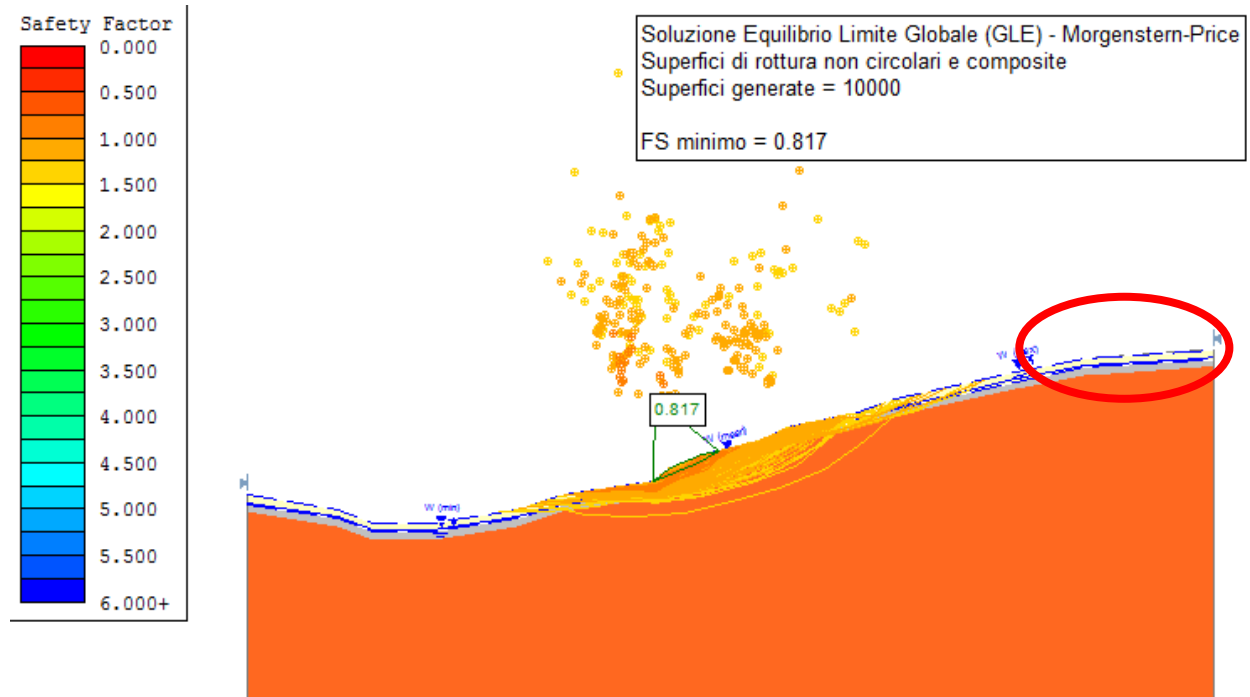


Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>0.817</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



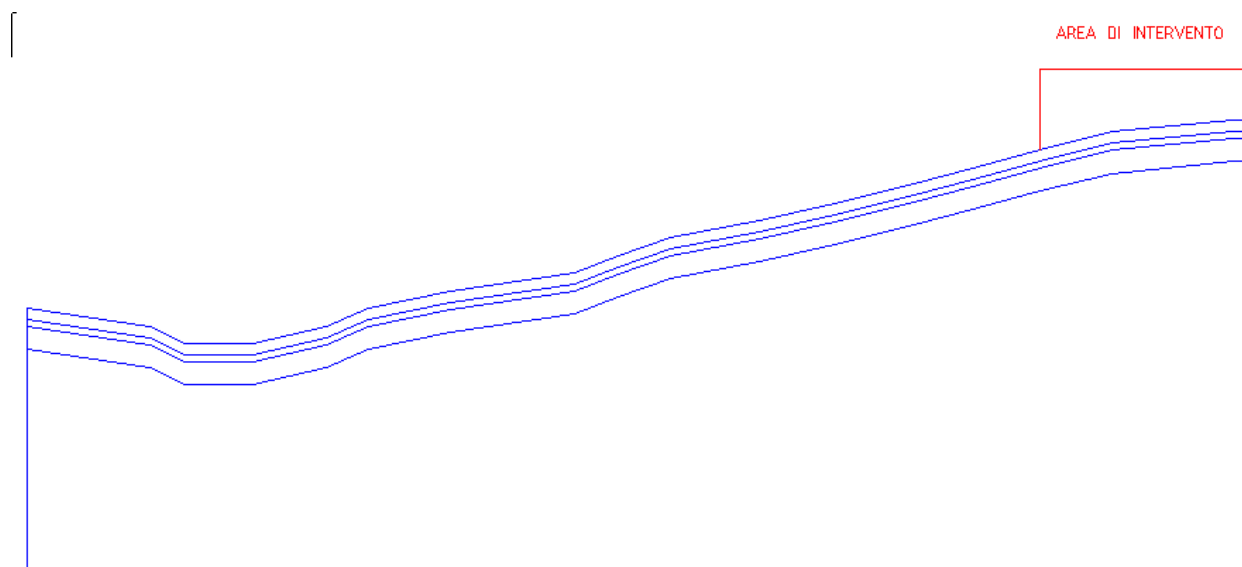


Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.817) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.817) e le superfici con Fs < 1.3

### SEZIONE03



Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\varphi_k'$ (°)	$c_d'$ (kPa)	$\varphi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	3	23	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	5	28	4	23.04
STRATO 3	S1	21	20	20	35	16	29.25

## 1) CASO STATICO

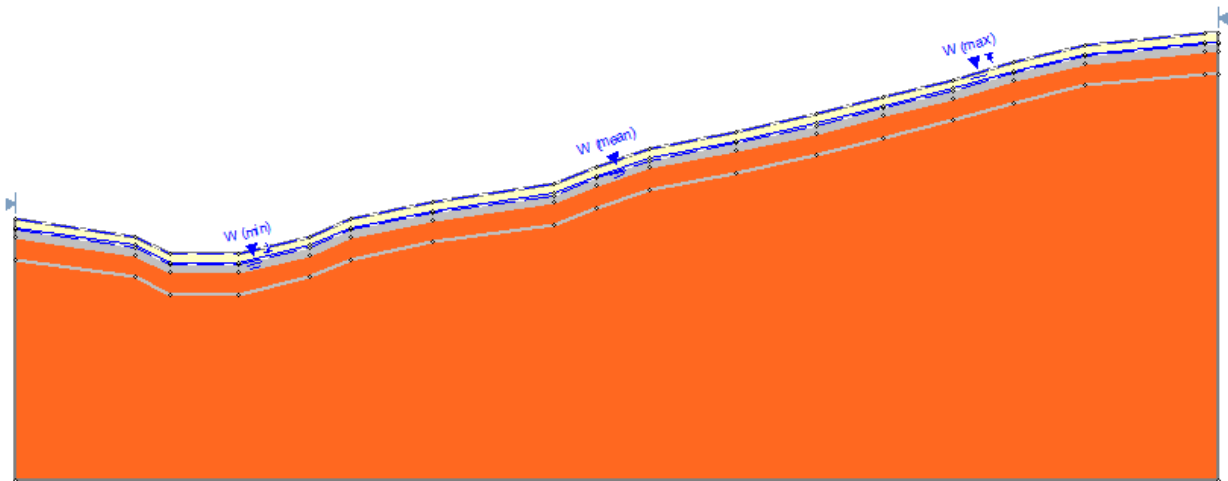
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

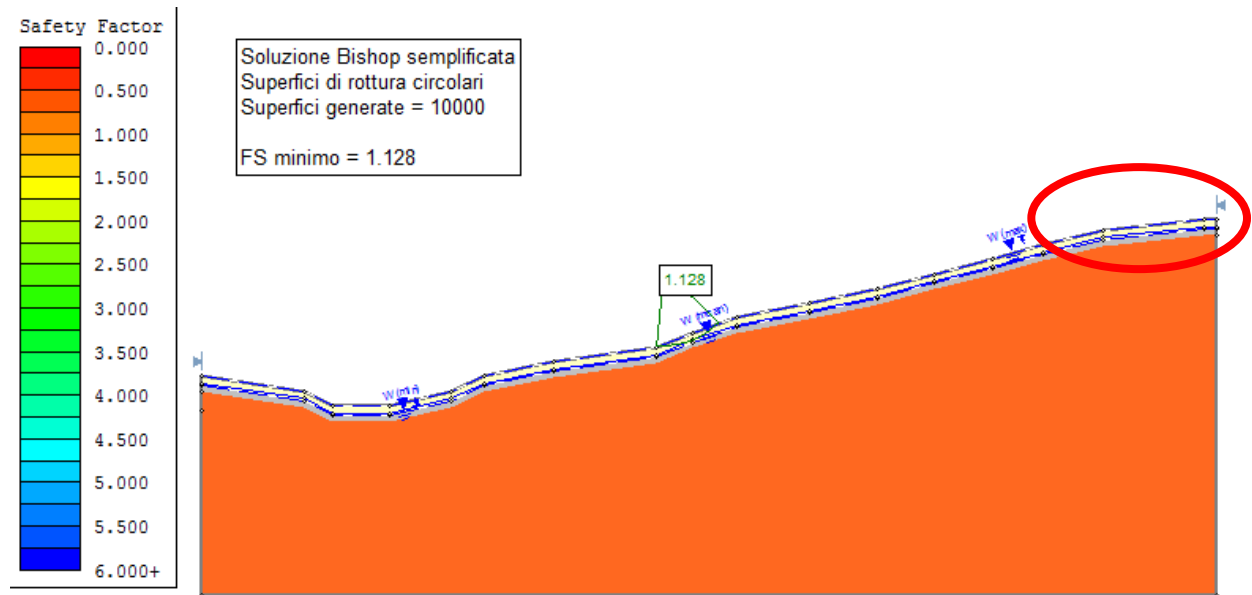
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

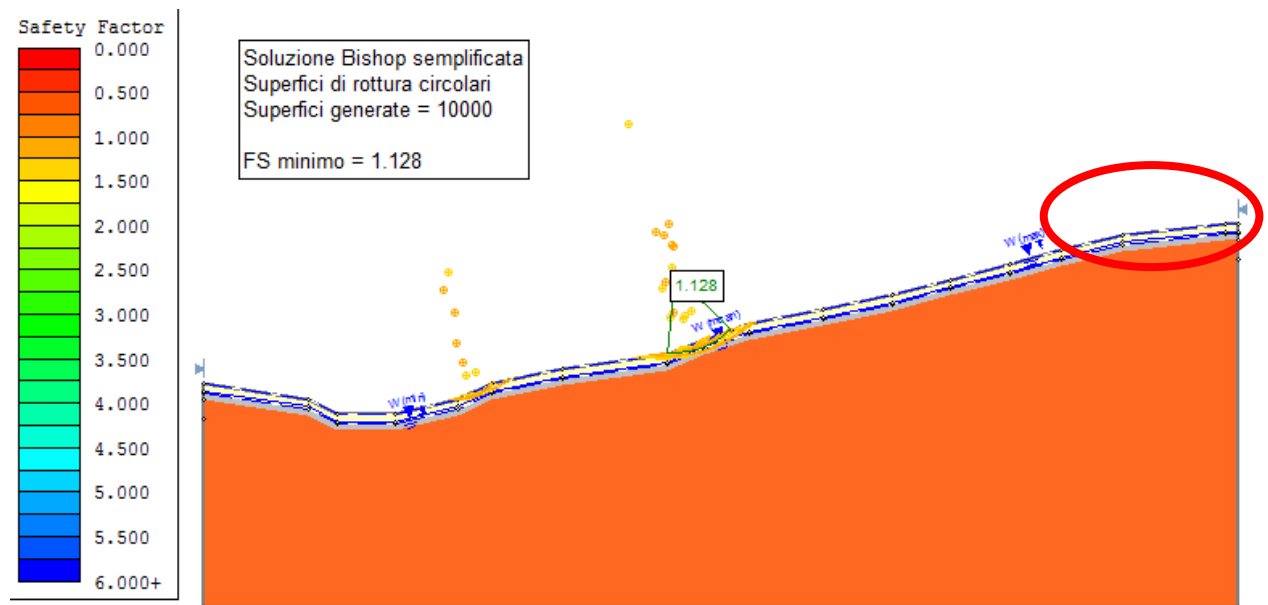
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>1.128</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_d'$ (kPa)	$\phi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.128) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.128) e le superfici con Fs < 1.3

## b) Superfici non circolari e composite

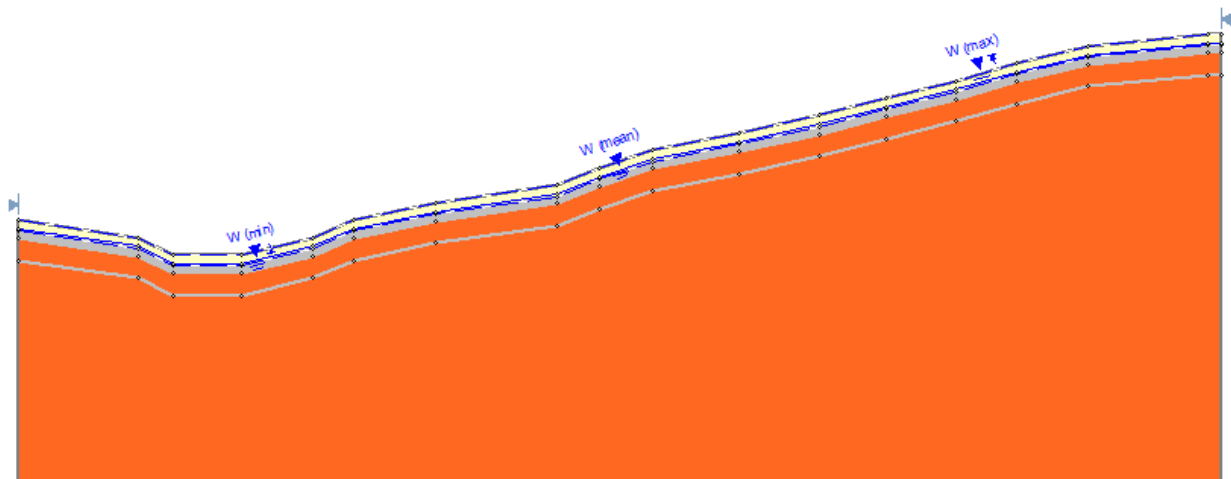
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

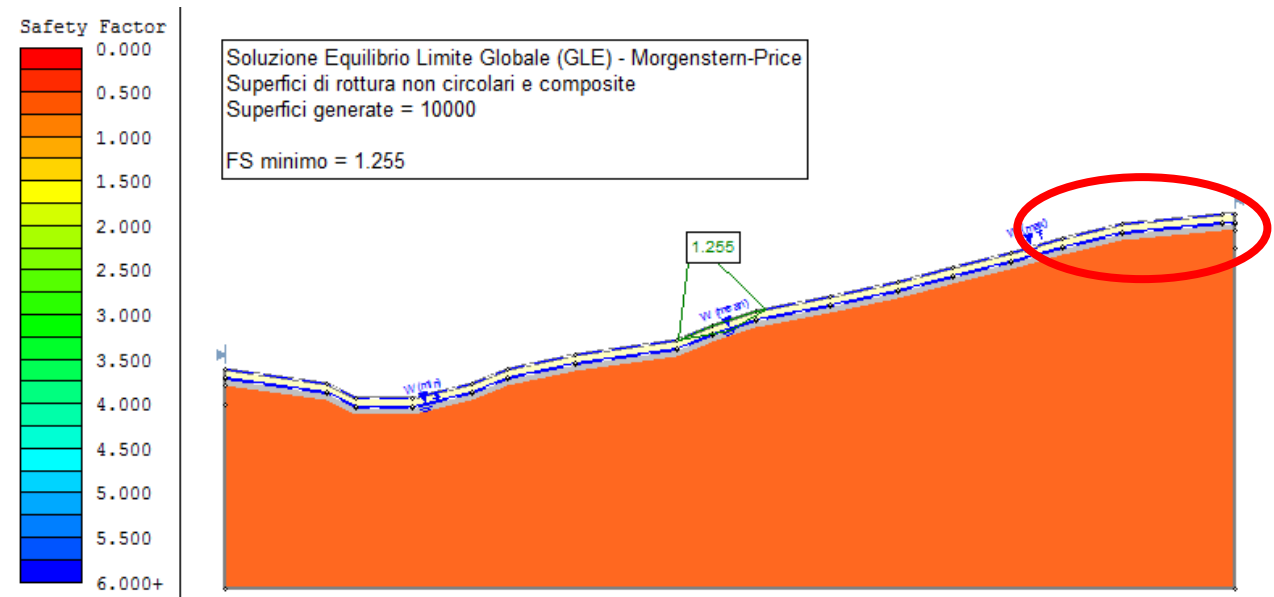
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

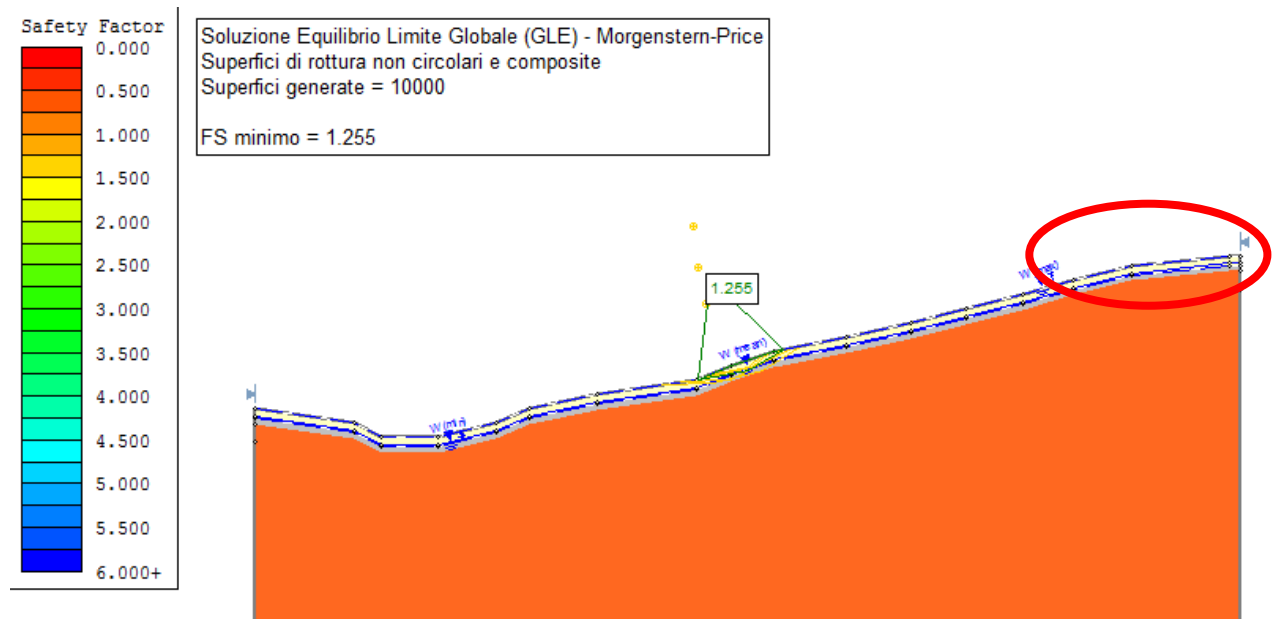
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.255</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_{w'}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.255) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.255) e le superfici con Fs < 1.3

## 2) CASO SISMICO

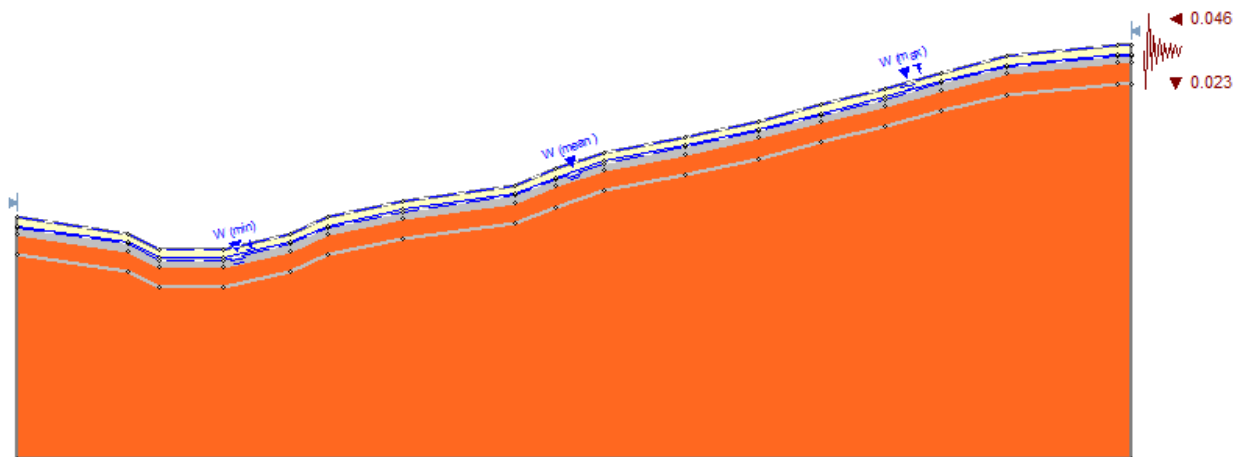
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

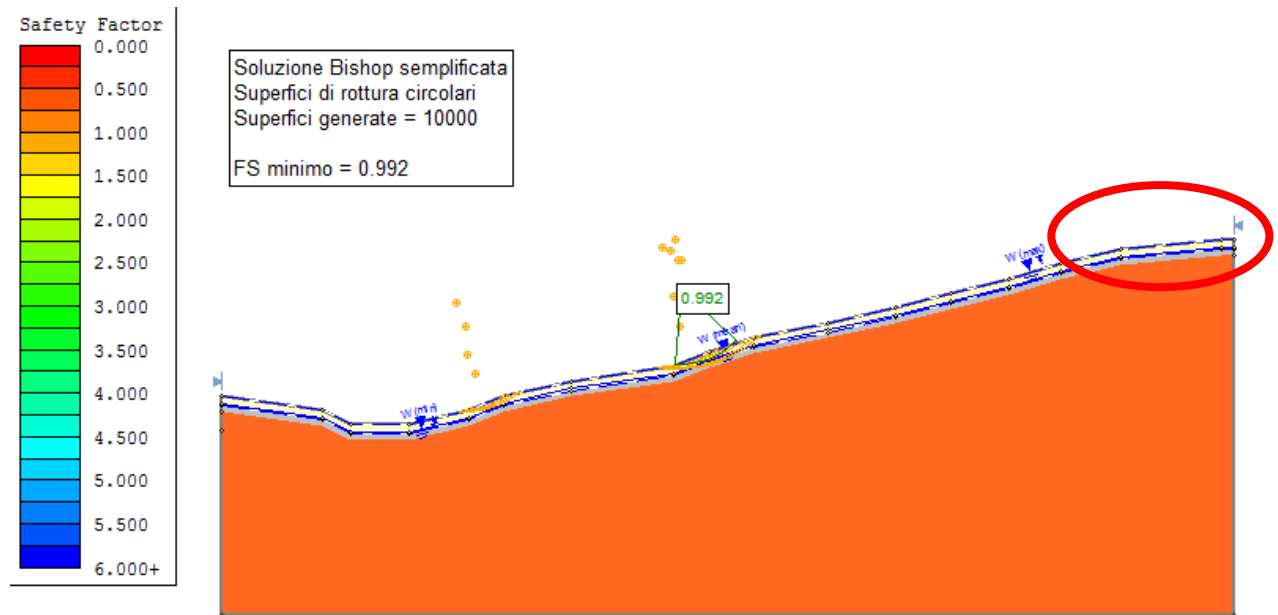
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

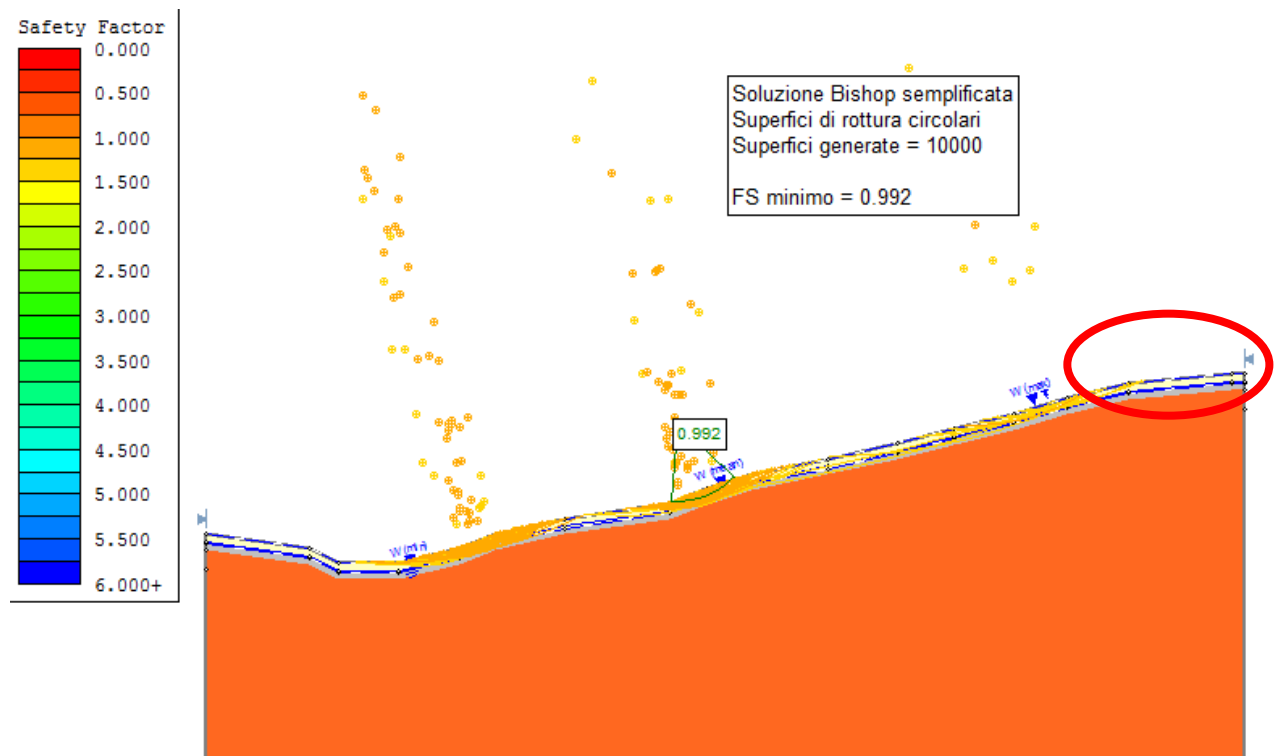
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>0.992</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.992) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.992) e le superfici con Fs < 1.3



### b) Superfici non circolari e composite

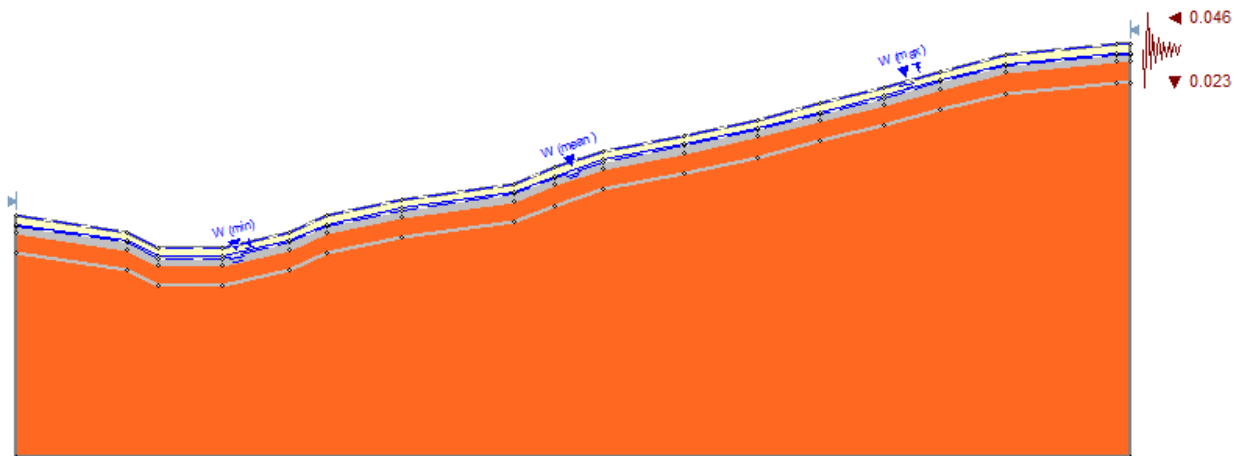
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

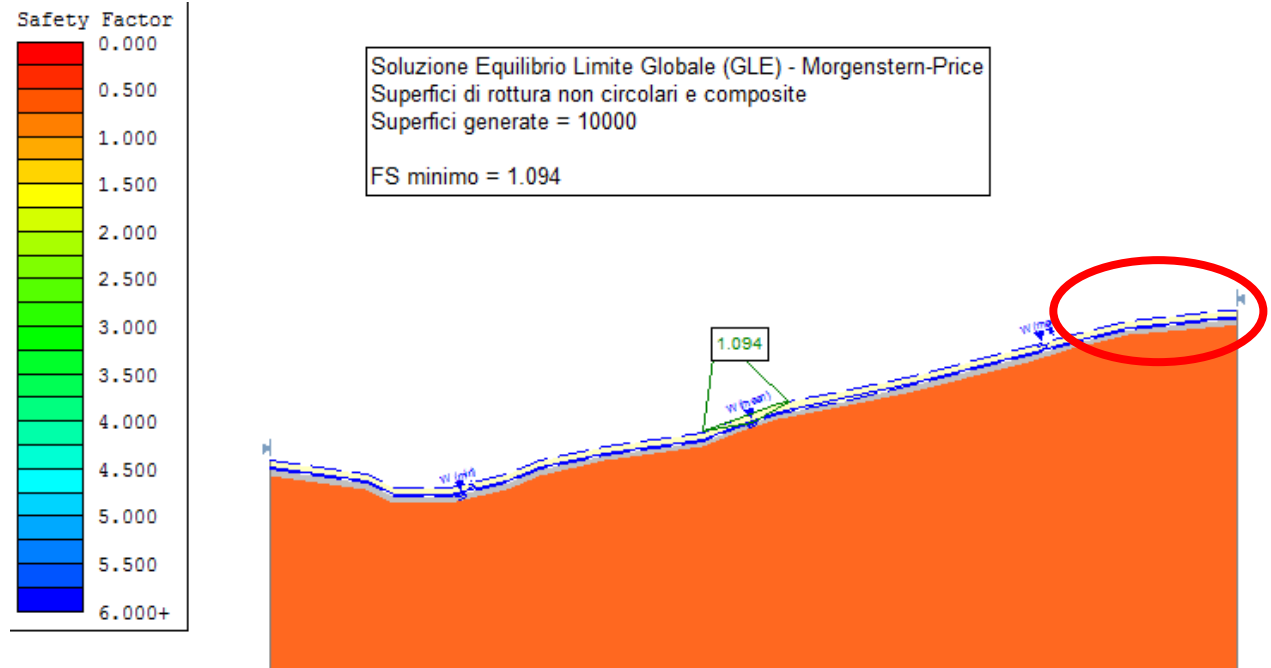
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

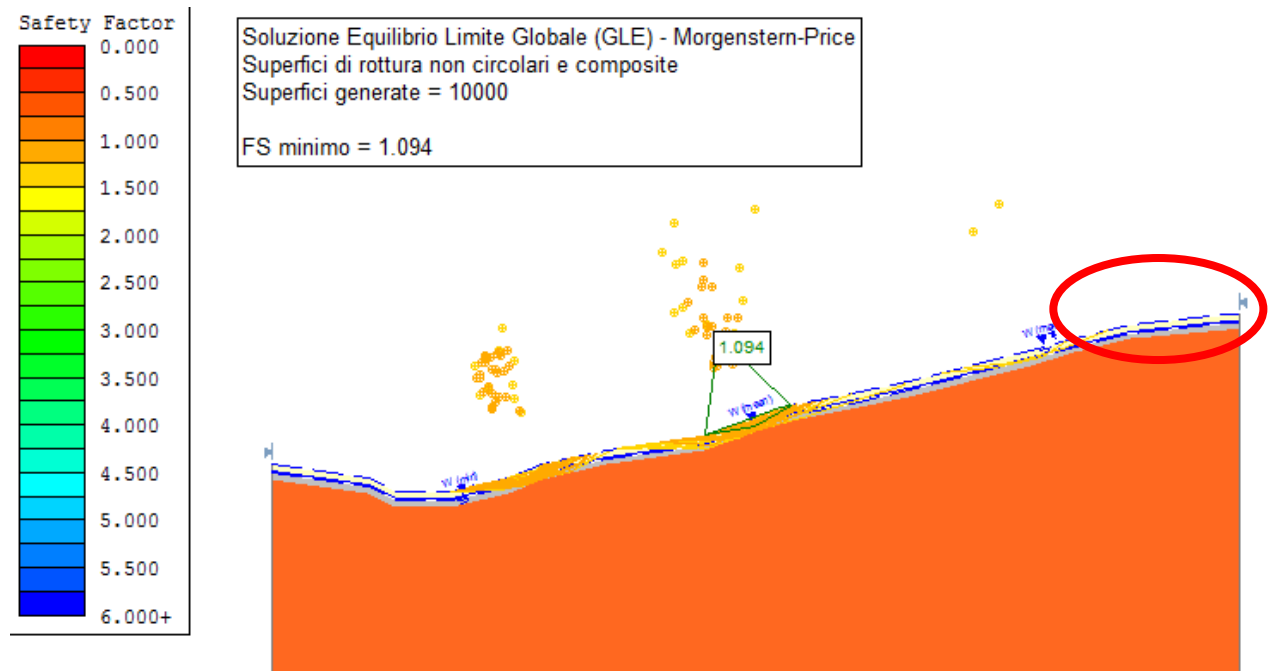
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.094</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_d'$ (kPa)	$\phi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25

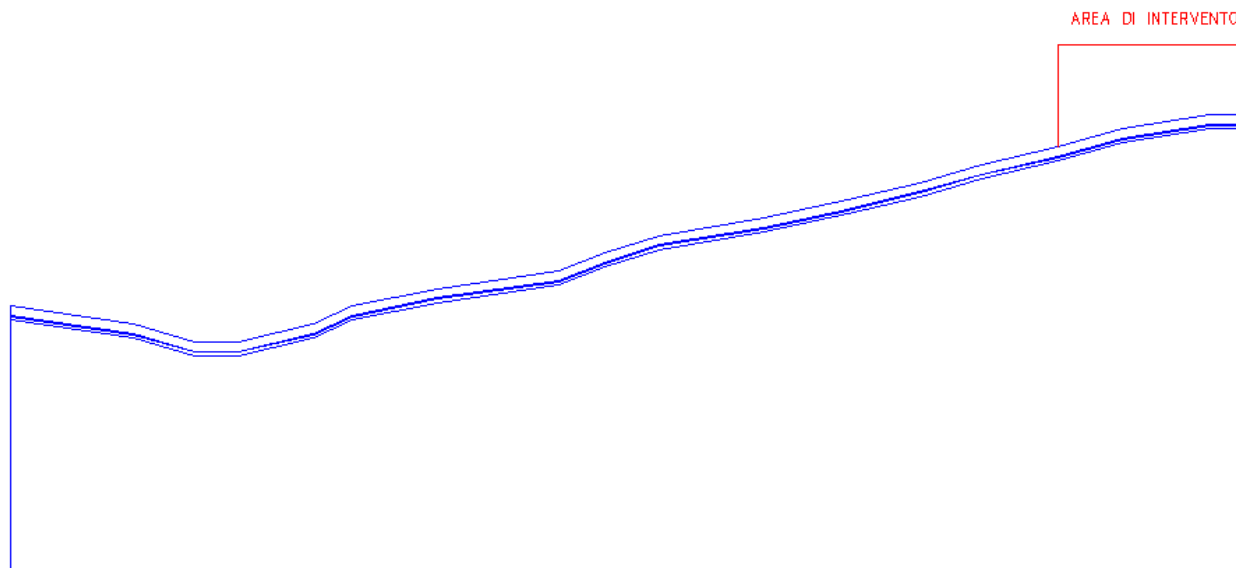


Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.094) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.094) e le superfici con Fs < 1.3

**SEZIONEo4**



Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\varphi_k'$ (°)	$c_d'$ (kPa)	$\varphi_d'$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	3	23	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	5	28	4	23.04
STRATO 3	S1	21	20	20	35	16	29.25

## 1) CASO STATICO

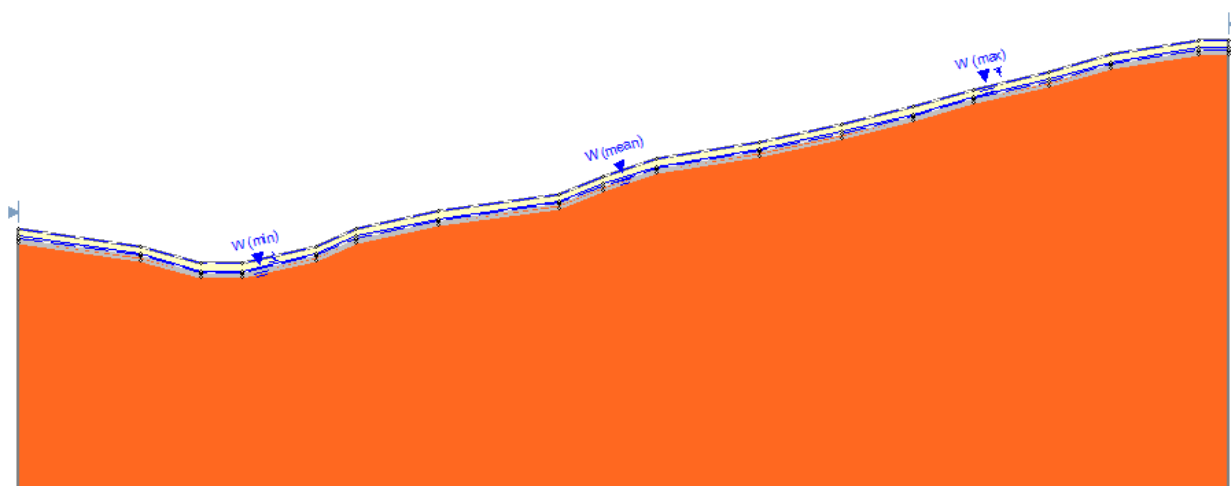
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

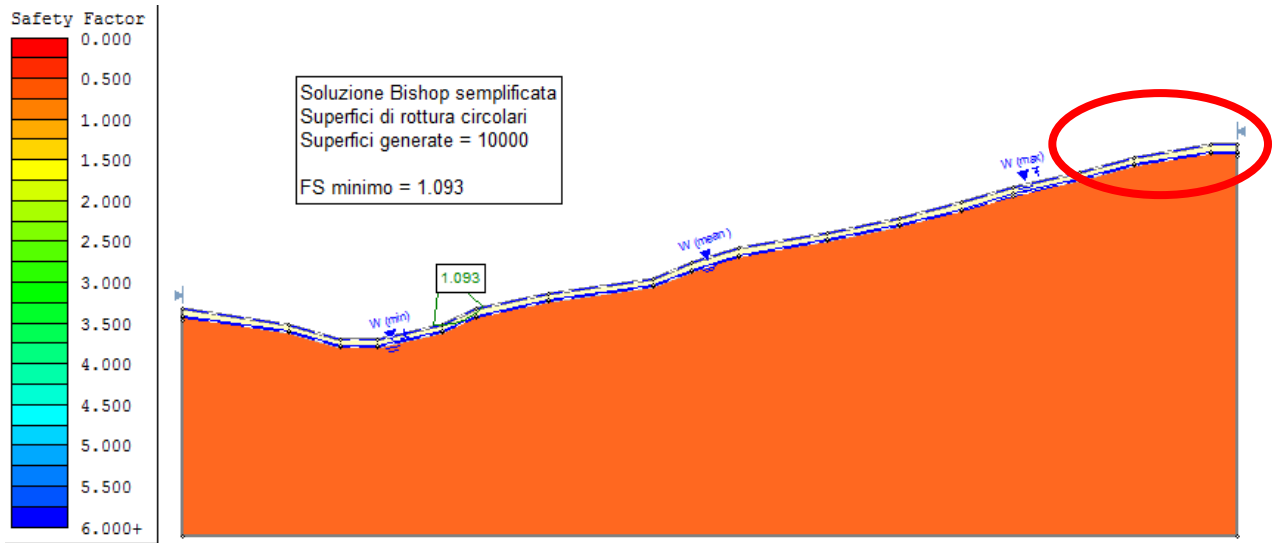
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

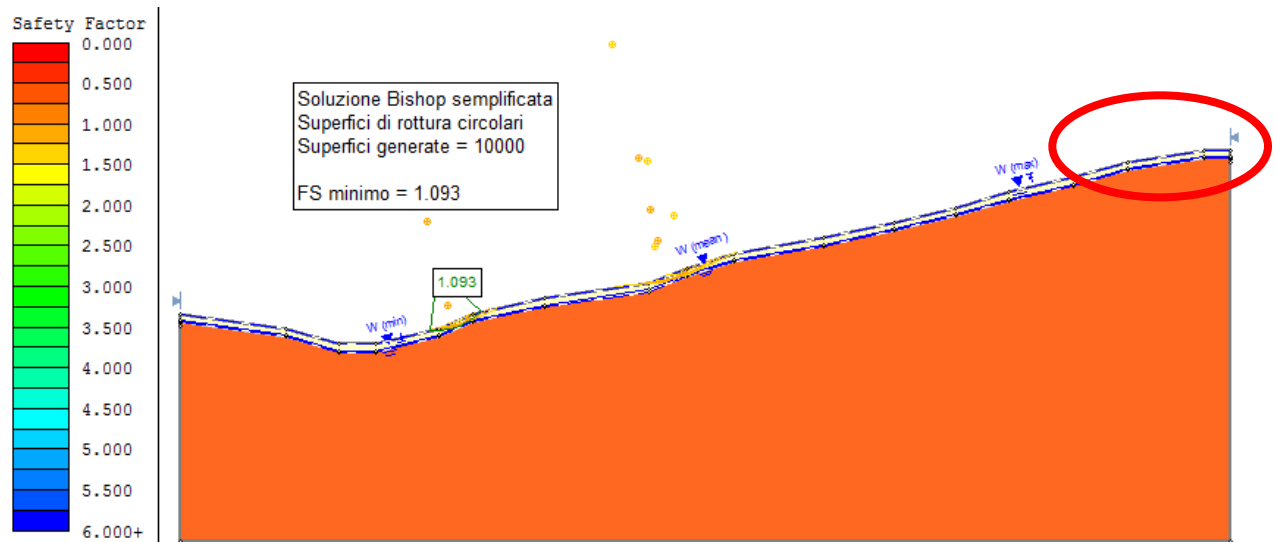
Metodo “*SLOPE SEARCH*”



Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>1.093</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.093) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.093) e le superfici con Fs < 1.3

## b) Superfici non circolari e composite

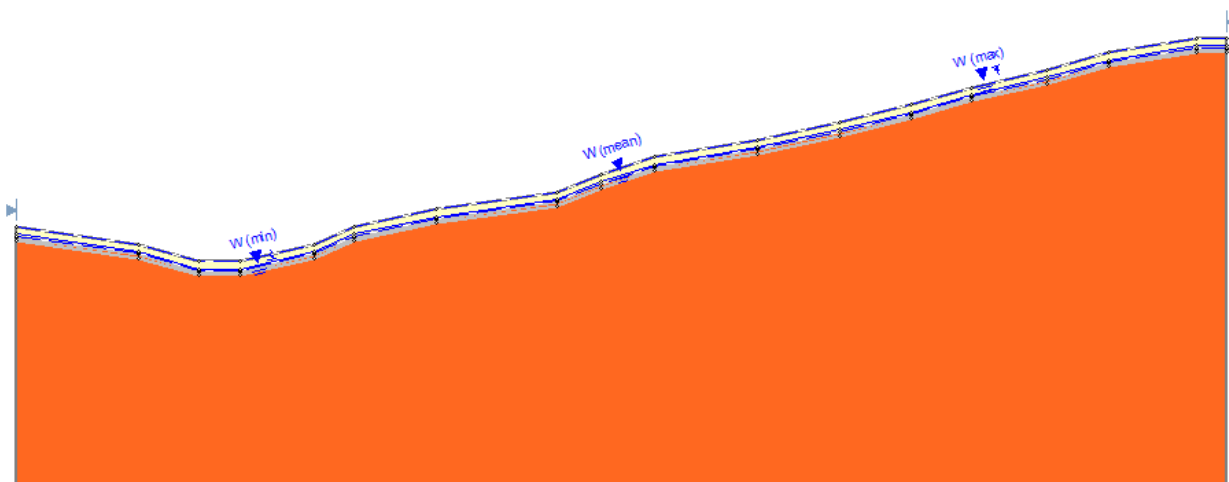
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

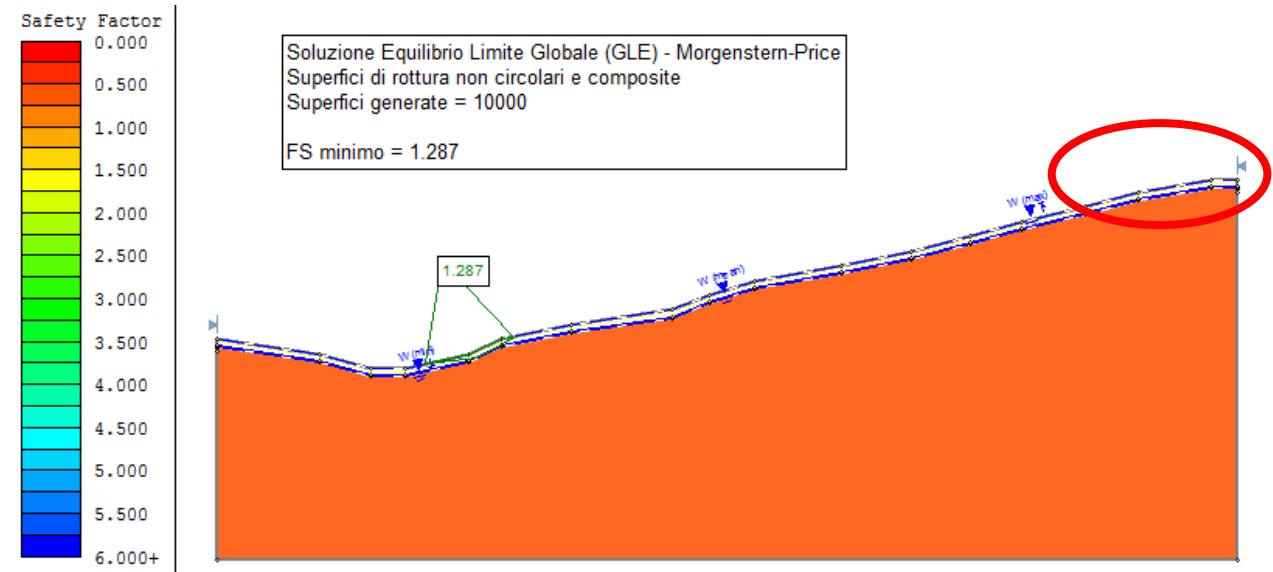
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

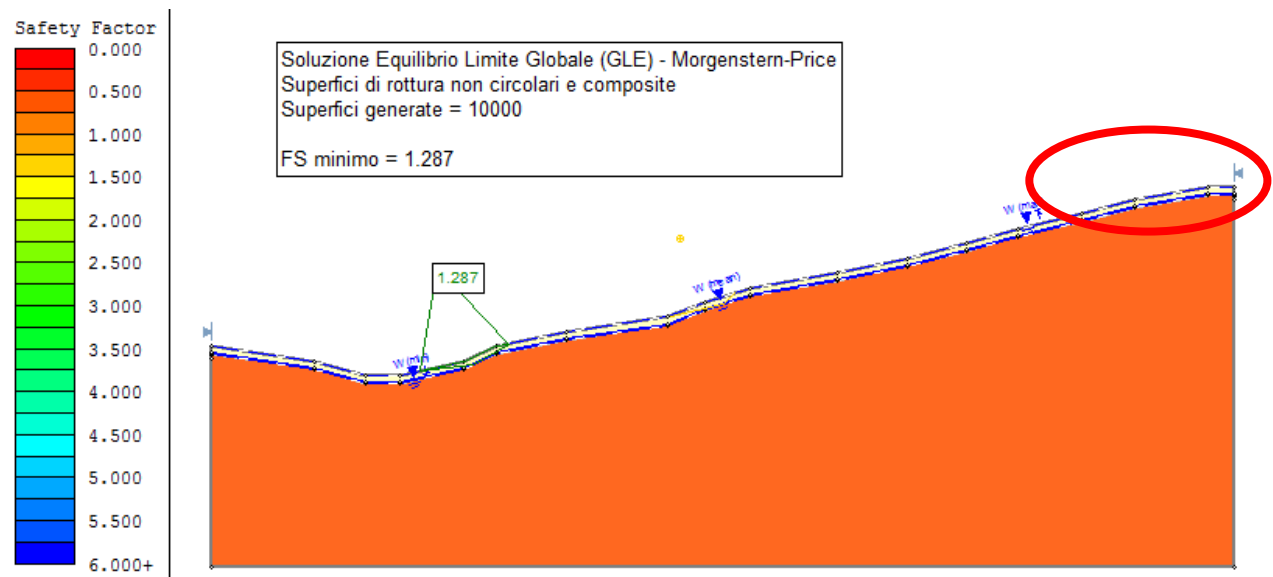
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.287</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_{w'}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica ( $F_s$  minimo = 1.287) e le superfici con  $F_s < 1.1$



Indicata la superficie più critica ( $F_s$  minimo = 1.287) e le superfici con  $F_s < 1.3$

## 2) CASO SISMICO

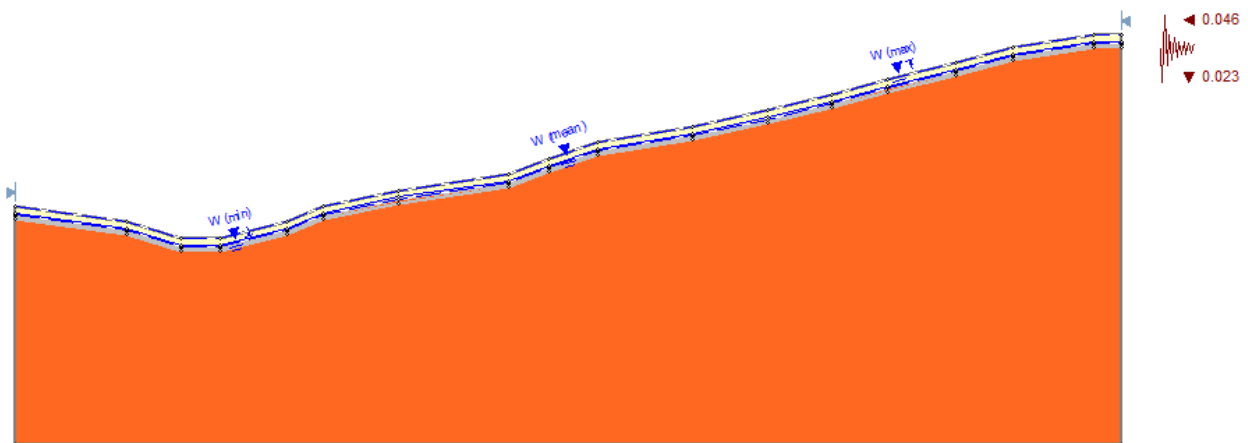
### a) Superfici circolari

Il metodo di calcolo adottato è stato quello di Bishop semplificato con ricerca di superfici circolari attraverso il metodo di ricerca definito come “*Slope search*” con il programma che ricerca automaticamente la superficie più critica sull’intero pendio.

Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

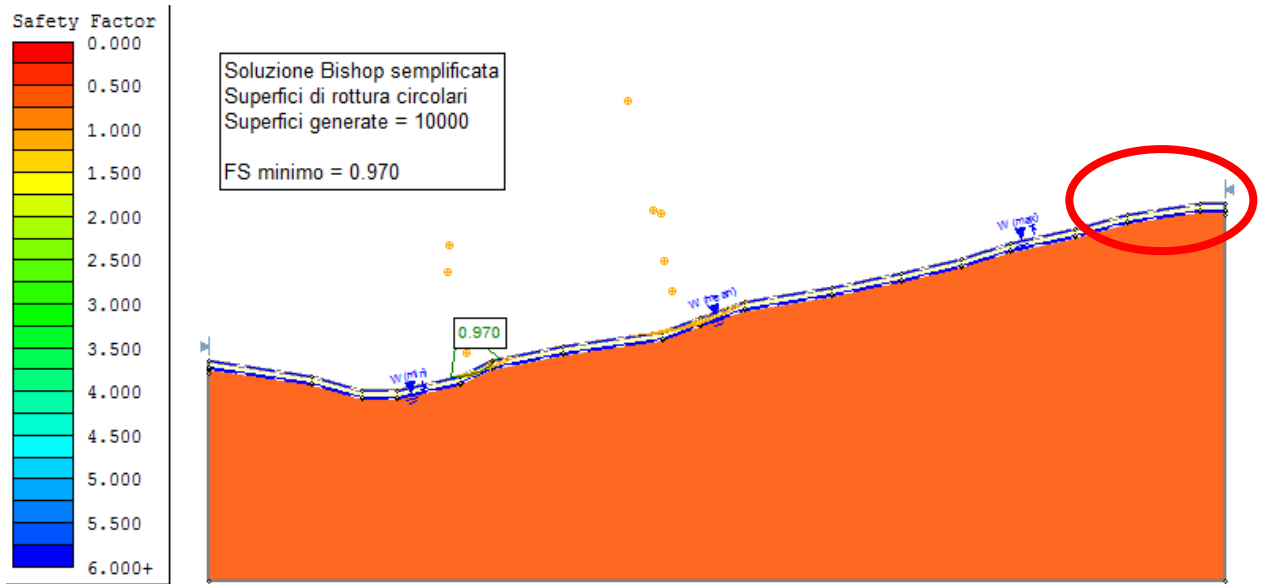
- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

Metodo “*SLOPE SEARCH*”

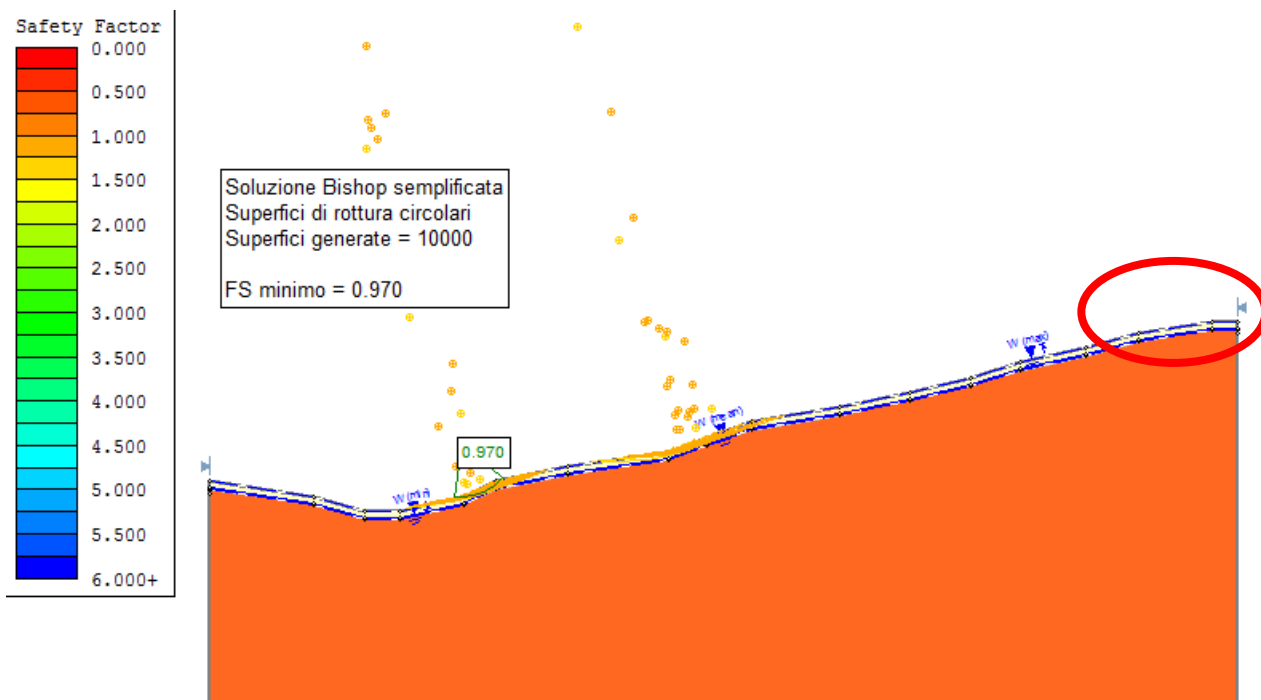


Metodo di calcolo		Bishop Semplificato			
<b>Fs</b>		<b>0.970</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25





Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.970) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 0.970) e le superfici con Fs < 1.3

## b) Superfici non circolari e composite

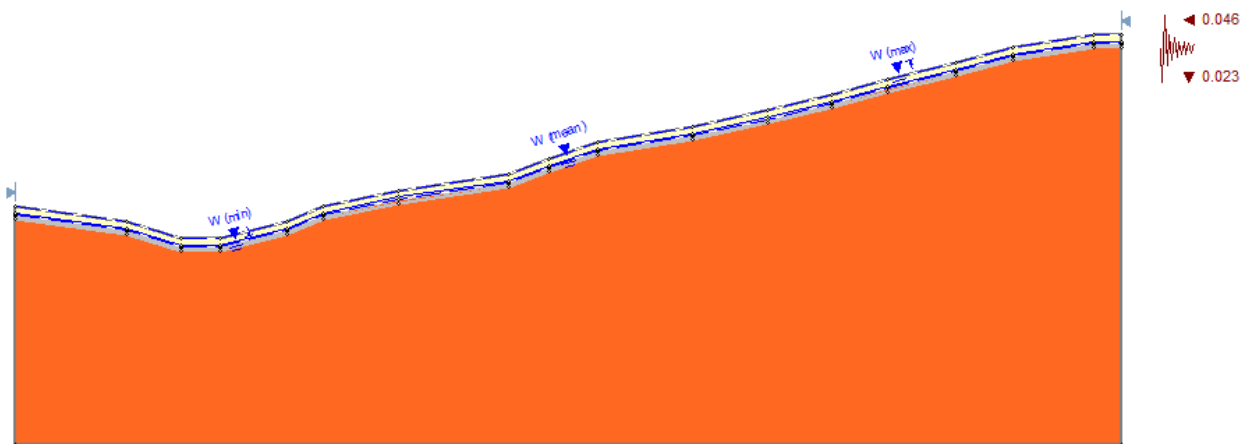
Il metodo di calcolo adottato è stato quello all'Equilibrio Limite Globale (GLE) - Morgenstern & Price con ricerca di superfici non circolari e composite attraverso il metodo di ricerca definito come "Path search" con i seguenti metodi:

- **Path search:** il programma ricerca automaticamente la superficie più critica sull'intero pendio.

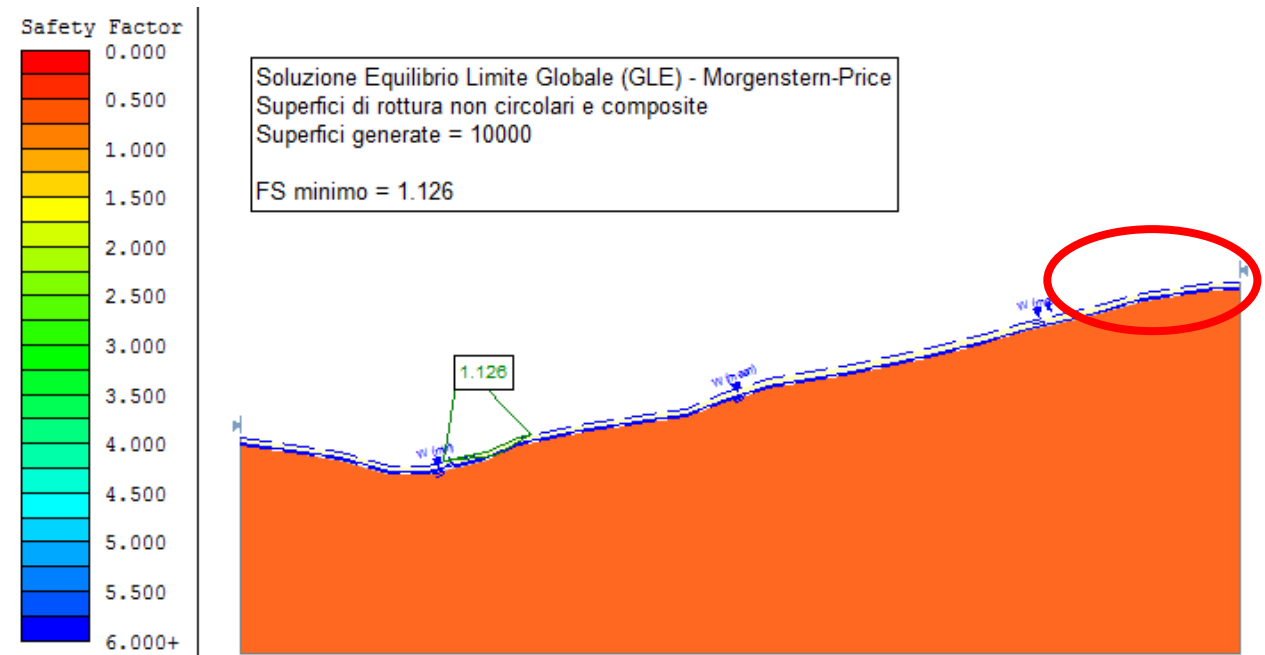
Sulla base delle condizioni idrauliche riscontrate è stato impostato un livello di quota piezometrica da utilizzare nelle verifiche di stabilità e definiti come:

- Ipotesi di falda massima (con livello di falda a -2.0 m dal p.c)

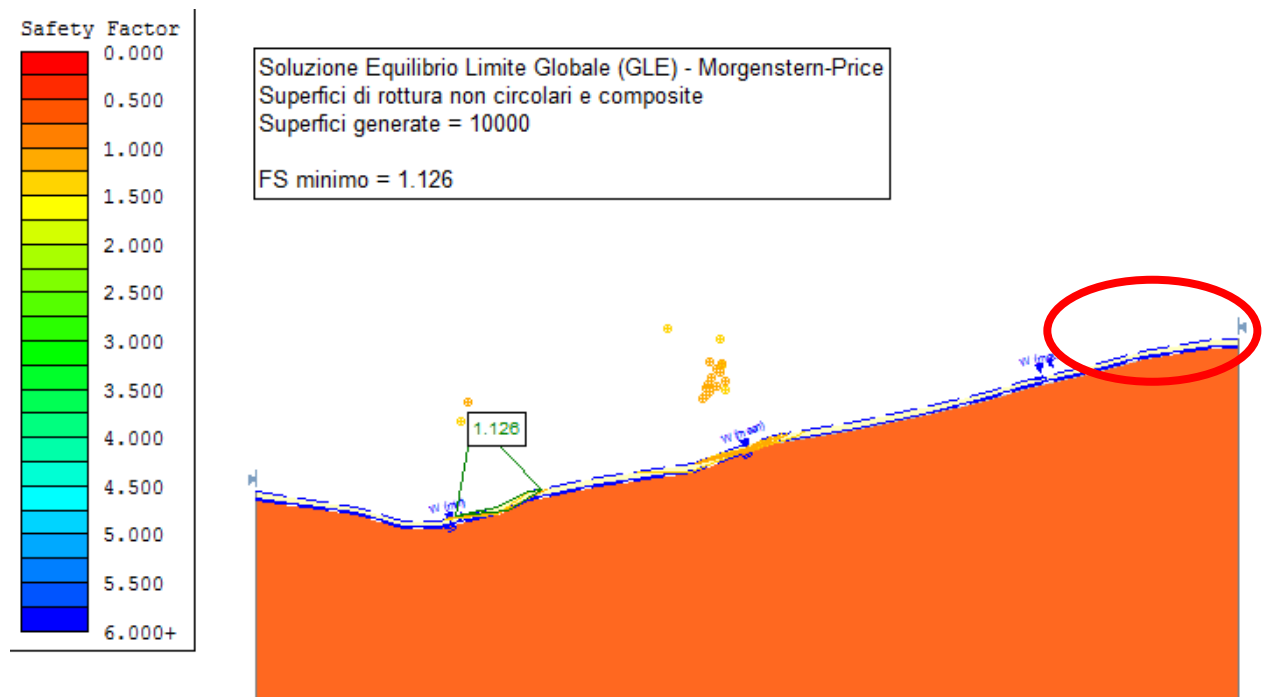
Metodo "PATH SEARCH"



Metodo di calcolo		GLE - Morgenstern & Price			
<b>Fs</b>		<b>1.126</b>			
Descrizione	Unità Litotecnica	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_d$ (kPa)	$\phi'_d$ (°)
STRATO 1	D1	18	20	2.4	18.75
STRATO 2	SA	20	21	4	23.04
STRATO 3	S1	21	22	16	29.25



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.126) e le superfici con Fs < 1.1



Indicata la superficie più critica (Fs minimo = 1.126) e le superfici con Fs < 1.3

In conclusione vengono sintetizzati di seguito i risultati ottenuti:

**- Verifiche Statiche:**

Si riassumono di seguito riportati i risultati delle verifiche di stabilità statiche:

**NTCo8 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**

NTC - o8	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F <sub>S</sub> ≥1.100	
<i>Metodo di Calcolo</i>	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price
<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	"Slope search"	"Path search"
<b>SEZIONI</b>		
SEZIONE01	<b>1.044</b>	<b>1.156</b>
SEZIONE02	<b>0.747</b>	<b>0.917</b>
SEZIONE03	<b>1.128</b>	<b>1.255</b>
SEZIONE04	<b>1.093</b>	<b>1.287</b>

**- Verifiche Sismiche:**

Si riassumono di seguito riportati i risultati delle verifiche di stabilità sismiche:

**NTCo8 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**

NTC - o8	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F <sub>S</sub> ≥1.100	
<i>Metodo di Calcolo</i>	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price
<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	"Slope search"	"Path search"
<b>SEZIONI</b>		

SEZIONE01	<b>0.924</b>	<b>1.017</b>
SEZIONE02	<b>0.686</b>	<b>0.817</b>
SEZIONE03	<b>0.992</b>	<b>1.094</b>
SEZIONE04	<b>0.970</b>	<b>1.126</b>

#### **d. Commento ed analisi delle verifiche di sicurezza**

Le verifiche di sicurezza condotte sulla situazione in stato di fatto, sia dal punto di vista statico che sismico, non mettono in evidenza alcuna condizione di criticità per l'area soggetta alla trasformazione urbanistica. Nello specifico, entrando su ogni singola analisi di stabilità si riscontra che:

##### -Sezione 01

I fattori di sicurezza estremamente bassi si riscontrano nella parte bassa del versante in prossimità dei corsi d'acqua minori. Le situazioni di potenziale criticità riscontrata sono identificate in superfici di rottura locali di modeste dimensioni che coinvolgono spessori pari a 3-4m. Tali situazioni si collocano ben distanti dall'area di crinale soggetta all'intervento e pertanto non rappresentano in alcun modo una situazione di potenziale rischio;

##### -Sezione 02

Rappresenta la situazione più "critica" tra le sezioni analizzate. Anche per la situazione in oggetto valgono le medesime considerazioni fatte per la sezione 01.

##### -Sezione 03

Non si riscontra alcuna situazione di criticità se non per il caso sismico.

##### -Sezione 04

Non si riscontra alcuna situazione di criticità se non per il caso sismico.

## 9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E LOCALE

### a. Sismicità delle aree di interesse

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante “norme tecniche per le costruzioni”, entrato in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione ( $a_g$ ).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all'allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$  secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 9.1):

Tabella 9.1: Valori di accelerazione al suolo  $a_g$

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) – OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ ) – OPCM 3472
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 \text{ g}$	$0.35 \text{ g}$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$	$0.25 \text{ g}$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$	$0.15 \text{ g}$
4	$\leq 0.05 \text{ g}$	$0.05 \text{ g}$

Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità dei comuni interessati dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall'OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 9.2).

Tabella 9.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell'accelerazione al suolo  $a_g$

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	$a_g$
Pavullo n/F	n.c.	3	$0.15 \text{ g}$

## b. Sismicità storica delle aree di intervento

Nella tabella 9.3 sono riportati i dati storici del comune di Pavullo nel Frignano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2011) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI11 (dicembre 2011) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

### Storia sismica di Pavullo nel Frignano [44.334, 10.834]



Numero di eventi: 40

Effetti	In occasione del terremoto del:			
Is	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1887 02 23 05:2	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15
F	1895 05 18 19:5	Fiorentino	401	8 5.43 ±0.08
4	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09
5	1901 10 30 14:4	Salò	190	8 5.70 ±0.10
6	1904 06 10 11:1	Frignano	102	6 5.03 ±0.18
4-5	1908 06 02 22:30	FRIGNANO	18	4-5 4.52 ±0.25
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8 5.37 ±0.10
4	1913 02 13 16:3	Appennino tosco-emiliano	27	5 4.54 ±0.25
5	1914 10 27 09:2	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
3	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
3	1916 05 17 12:4	Alto Adriatico	132	5.95 ±0.14
4	1919 06 29 15:0	Mugello	566	10 6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:5	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1923 06 28 15:1	FORMIGINE	22	6 4.88 ±0.24
2-3	1928 06 13 08:00	CARPI	35	6 4.78 ±0.23
3-4	1929 04 19 04:1	Bolognese	82	
2	1930 10 30 07:1	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
2	1931 06 10 17:01	Modenese	14	4 4.42 ±0.22
3	1936 10 18 03:1	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
7	1937 12 10 18:0	APP. MODENESE	28	6 5.17 ±0.25
4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16
3	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7 5.39 ±0.14

2	1956 04 26 03:0	Appennino tosco-emiliano	75	6 4.77 ±0.14
3	1957 08 27 11:5	ZOCCA	58	5 4.65 ±0.21
3	1971 07 15 01:3	Parmense	229	8 5.64 ±0.09
4	1983 11 09 16:2	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1985 01 23 10:1	Garfagnana	73	6 4.65 ±0.15
NF	1986 12 06 17:0	BONDEMO	604	6 4.61 ±0.10
NF	1987 05 02 20:4	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
NF	1987 05 08 11:1	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23
3-4	1988 02 08 11:2	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13
NF	1992 04 17 11:5	Monteveglia	56	4-5 4.32 ±0.18
4-5	1995 08 24 17:2	Appennino bolognese	56	6 4.48 ±0.09
1-2	1995 10 10 06:5	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
4-5	1996 10 15 09:5	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
4-5	1997 12 24 17:5	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
5-6	1999 07 07 17:1	Frignano	32	5 4.70 ±0.09
NF	2000 06 18 07:4	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
4	2000 10 03 01:1	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09
3	2003 09 14 21:4	Appennino bolognese	133	6 5.29 ±0.09

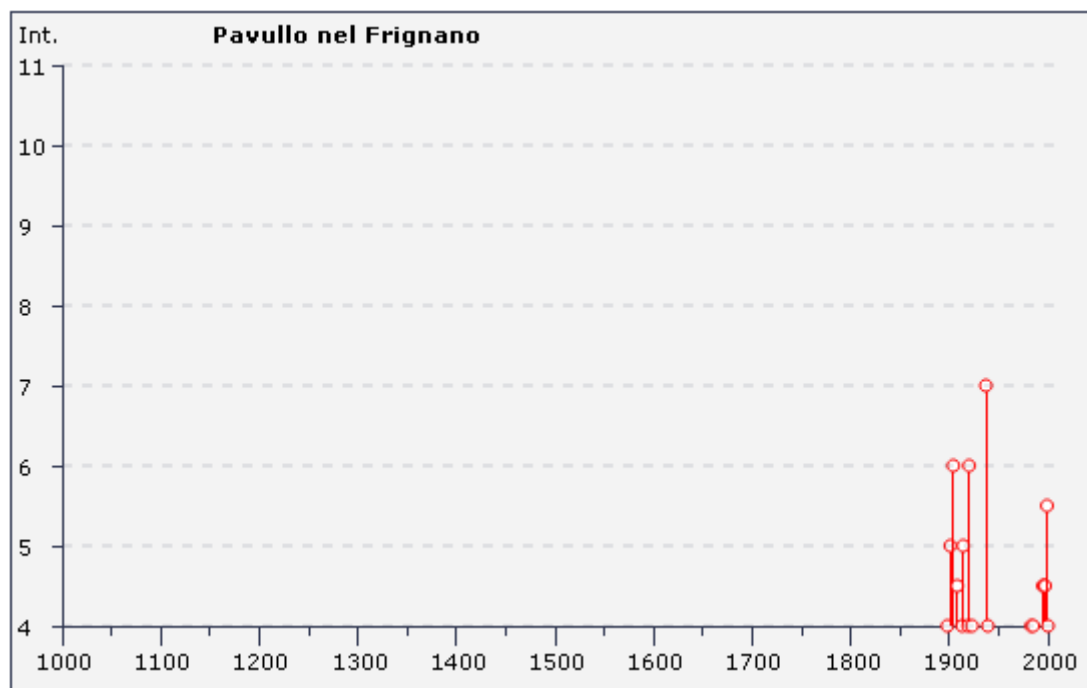


Tabella 9.3: Storia sismica del comune di Pavullo nel Frignano (Mo).



### c. Individuazione della pericolosità sismica del sito

Di seguito si riportano i dati salienti per la definizione della pericolosità sismica del sito che sono stati inseriti nel foglio di calcolo "Spetti NTC v. 1.03" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.infrastrutture.gov.it/consuplp/>).

#### **FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito**

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate  
LONGITUDINE: 10.82641018  
LATTITUDINE: 44.34439941

Ricerca per comune  
REGIONE: Emilia-Romagna  
PROVINCIA: Rimini  
COMUNE: Rimini

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

Nodo	Coordinate (km)
17388	(-7.5, 7.5)
17389	(7.5, 7.5)
17610	(-7.5, -7.5)
17611	(7.5, -7.5)

**Reticolo di riferimento**

**Controllo sul reticolo**

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

**Interpolazione**

media ponderata

**FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione**

## FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_M$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

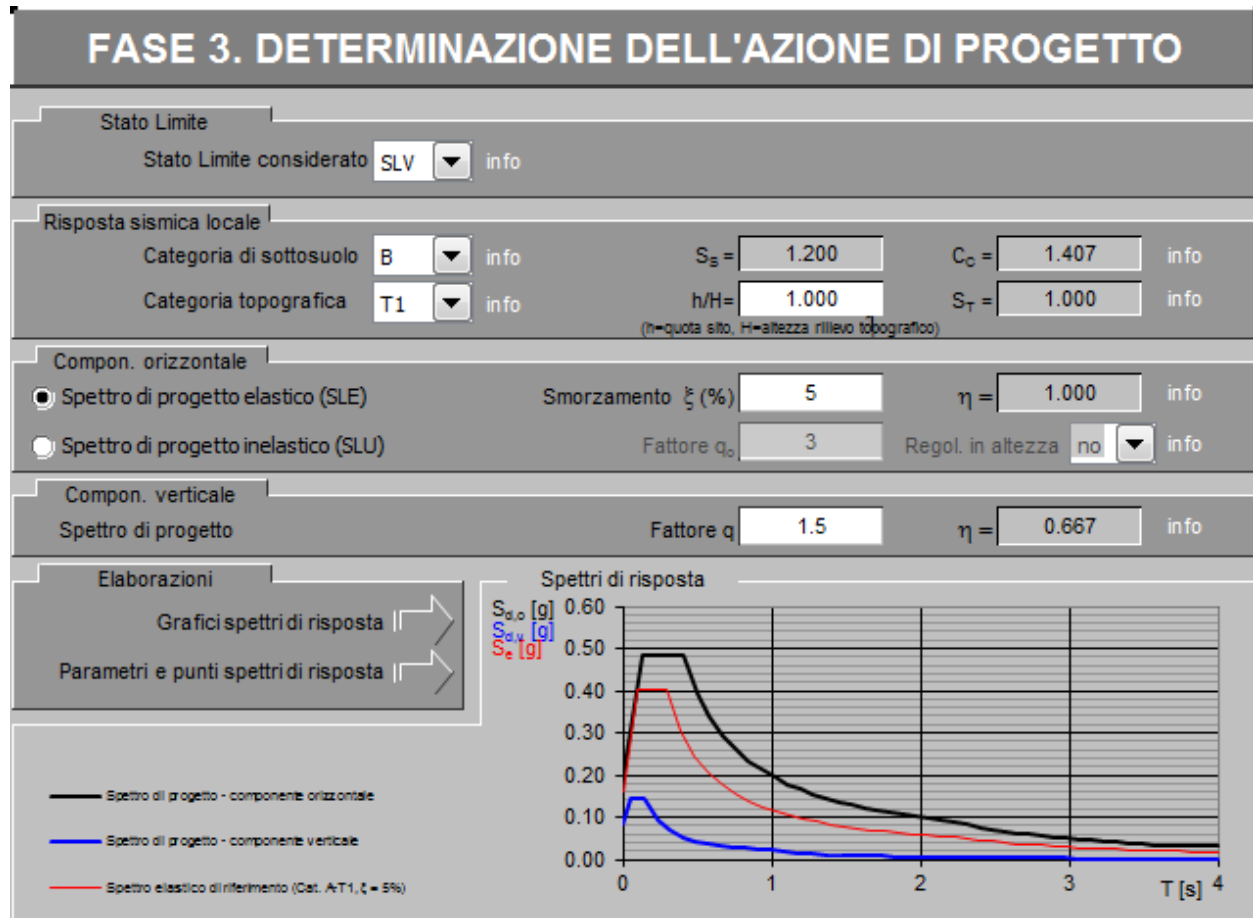
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.056	2.499	0.251
SLD	50	0.070	2.491	0.264
SLV	475	0.159	2.520	0.292
SLC	975	0.200	2.528	0.302

Tabella 9.4: Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno Stato Limite.

**FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto**



#### d. Risposta sismica locale

Ai sensi della DAL 112/2007 della Regione Emilia-Romagna, sulla base del PTCP2009 della provincia di Modena che individua l'area come "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche" e sulla base dei risultati delle indagini sismiche si ritiene corretto l'utilizzo degli abachi dell'allegato A2 della DAL 112/2007 ai fini della determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica. Pertanto sulla base del profilo di Velocità delle Onde S e sulla base della determinazione di  $V_{sH} = 197$  m/s con  $H = 5$  m si ricava che:

##### F.A. P.G.A.

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

##### F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

##### F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

$V_{sH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Quindi

FAPGA = 2.0

FA IS 0.1 - 0.5 = 1.7

FA IS 0.1 - 0.5 = 1.4

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio condotto ha permesso di delineare i principali aspetti geologici e sismici significativi ai fini dei lavori per la fattibilità urbanistica dell'area. Il quadro di questi aspetti ha portato alle seguenti considerazioni:

1. Dal punto di vista sismico risulta che il comune di Pavullo nel Frignano (MO), è stato dichiarato sismico e iscritto nella Zona 2 della OPCM 3274/2003 e s.m.i;
2. Il terreno di fondazione del fabbricato in oggetto appartiene alla categoria di suolo "B", ai sensi del D.M. 14/01/2008;
3. Al fine di determinare la ricostruzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni di fondazione si è provveduto a reperire tutte le informazioni provenienti da indagini pregresse e dalle nuove indagini eseguite. In particolar modo sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- Indagini eseguite in fase di realizzazione del PSC Comunale (2009):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2008 e S3\_2008) spinti fino alla profondità max di 15.0 m dal p.c e attrezzati con tubi inclinometrici T1 e T2;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo superpesante DPSH (DPSH01\_2008, DPSH02\_2008, DPSH03\_2008, DPSH01\_2009 e DPSH02\_2009) per un totale di 39.0 m di perforazione;

- Indagini eseguite per lo studio del PUA (2015):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1\_2015 e S2\_2015) spinti fino alla profondità di 15.0 m dal p.c.;
- n. 2 indagini sismiche passive di microtremiti (HVSRO1 e HVSRO2);
- n. 2 indagini sismiche passive in array 2d (ESACO1 e ESACO2)
- n. 2 indagini sismiche attive in array 1d (MASWO1 e MASWO2)

4. Le unità geologico-tecniche ricavate vengono descritte di seguito:

0.20 - 4.10 m Detrito limoso-argilloso e sabbioso a bassa-media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica; tale detrito lungo la sezione A evidenzia caratteristiche di bassa consistenza e la presenza di abbondante circolazione idrica (A);

4.10 - 6.40/7.10 m Substrato alterato costituito da alternanze arenaceo-marnose da consistente a molto consistente (parte più superficiale della Formazione di Cigarello) (B);

6.40/7.10 - 15.00 m Substrato marnoso-arenaceo molto consistente costituito dalla Formazione di Cigarello (C).

In virtù delle considerazioni sopra esposte risulta che i parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

### Unità D1 - Detrito di alterazione

Detrito limoso-argilloso e sabbioso a bassa-media consistenza caratterizzato dalla presenza di circolazione idrica; tale detrito lungo la sezione A evidenzia caratteristiche di bassa consistenza e la presenza di abbondante circolazione idrica.

### Unità SA - Substrato alterato

Substrato alterato costituito da alternanze arenaceo-marnose da consistente a molto consistente (parte più superficiale della Formazione di Cigarello).

### Unità S1 - Substrato

Substrato marnoso-arenaceo molto consistente costituito dalla Formazione di Cigarello.

La falda, in fase di indagine, è stata rinvenuta alla profondità di 2.15 m dal p.c..

5. I parametri geotecnici caratteristici per i materiali presenti sono i seguenti:

In termini di parametri di resistenza:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c'_k$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)
0.00 - 4.10	D1	18	20	3	23
4.10 - 6.40/7.10	SA	20	21	5	28
6.40/7.10 - 15.00	S1	21	22	20	35

In termini di parametri di deformabilità:

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	$\gamma'_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_w$ (KN/m <sup>3</sup> )	Coeff. di Poisson (v)	Modulo Elastico E' (kPa)	Modulo Edometrico E <sub>d</sub> (kPa)
0.00 - 4.10	D1	18	20	0.42	/	3500
4.10 - 6.40/7.10	SA	20	21	0.4	15000	/
6.40/7.10 - 15.00	S1	21	22	0.35	40000	/

6. Le verifiche di sicurezza condotte sul versante oggetto della trasformazione urbanistica risultano, risultano:

### - Verifiche Statiche:

#### NTCo8 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)

NTC - o8	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F <sub>S</sub> ≥ 1.100	
Metodo di Calcolo	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price

<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	<i>"Slope search"</i>	<i>"Path search"</i>
<b>SEZIONI</b>		
SEZIONE01	<b>1.044</b>	<b>1.156</b>
SEZIONE02	<b>0.747</b>	<b>0.917</b>
SEZIONE03	<b>1.128</b>	<b>1.255</b>
SEZIONE04	<b>1.093</b>	<b>1.287</b>

**- Verifiche Sismiche:**

**NTCo8 - APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**

NTC - o8	APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) F <sub>S</sub> ≥1.100	
<i>Metodo di Calcolo</i>	Bishop semplificato	Equilibrio Limite Globale (GLE) Morgenstern & Price
<i>Tipo di superficie</i>	<u>Superficie circolare</u>	<u>Superficie non circolare e composita</u>
<i>Metodo di ricerca della superficie critica</i>	<i>"Slope search"</i>	<i>"Path search"</i>
<b>SEZIONI</b>		
SEZIONE01	<b>0.924</b>	<b>1.017</b>
SEZIONE02	<b>0.686</b>	<b>0.817</b>
SEZIONE03	<b>0.992</b>	<b>1.094</b>
SEZIONE04	<b>0.970</b>	<b>1.126</b>

Le verifiche di sicurezza condotte sulla situazione in stato di fatto, sia dal punto di vista statico che sismico, non mettono in evidenza alcuna condizione di criticità per l'area soggetta alla trasformazione urbanistica. Nello specifico, entrando su ogni singola analisi di stabilità si riscontra che:

#### -Sezione 01

I fattori di sicurezza estremamente bassi si riscontrano nella parte bassa del versante in prossimità dei corsi d'acqua minori. Le situazioni di potenziale criticità riscontrata sono identificate in superfici di rottura locali di modeste dimensioni che coinvolgono spessori pari a 3-4m. Tali situazioni si collocano ben distanti dall'area di crinale soggetta all'intervento e pertanto non rappresentano in alcun modo una situazione di potenziale rischio;

#### -Sezione 02

Rappresenta la situazione più "critica" tra le sezioni analizzate. Anche per la situazione in oggetto valgono le medesime considerazioni fatte per la sezione 01.

#### -Sezione 03

Non si riscontra alcuna situazione di criticità se non per il caso sismico.

#### -Sezione 04

Non si riscontra alcuna situazione di criticità se non per il caso sismico.

#### 7. Alla luce delle verifiche di sicurezza, e sulla base delle ipotesi in progetto, si dovrà necessariamente tenere conto delle seguenti prescrizioni:

- A nord dell'ambito in oggetto è perimetrata una frana attiva che è stata indagata e strumentata nel 2008 in occasione del PSC del comune. Sulla base delle letture inclinometriche effettuate negli anni 2008/2009 si sono evidenziati movimenti estremamente lenti e coinvolgimenti di spessori piuttosto modesti di 2,5-3,0 m. Tale porzione di ambito è stata esclusa dall'edificazione e destinata a verde pubblico.

In via cautelativa è stata inserita una ulteriore fascia di rispetto e sicurezza di circa 25,0 m a sud del margine del fenomeno gravitativo rispetto al primo lotto edificabile. Le indagini eseguite su questo lotto hanno evidenziato la presenza di materiali con caratteristiche meccaniche differenti rispetto a quelle riscontrate a margine del fenomeno franoso;

- I dati ottenuti dalle indagini geognostica, in fase esecutiva dovranno essere approfonditi e dovranno essere realizzate nuove indagini geognostiche, su ogni tipologia edilizia prevista, al fine determinare in maniera corretta per ogni singola opera da realizzare le opportune opere di fondazione da adottare. Le eventuali pareti di scavo superiori a 2,0 m di altezza dovranno essere opportunamente verificate, in sede di progetto planivolumetrico e/o definitivo, dal punto di vista della stabilità al fine di definire il corretto angolo della scarpata o l'impiego di opere di contenimento provvisorie/definitive;

- In presenza del sondaggio S2\_2015 è stato riscontrato un livello di circa 4 m di materiale con caratteristiche meccaniche scadenti e caratterizzato da abbondante circolazione idrica. In sede del progetto esecutivo di realizzazione delle strutture di fondazione sarà opportuno, se tale condizione sarà confermata, la possibilità di valutare e realizzare fondazioni profonde (fondazioni su pali di medio/grande diametro) da innestare nel substrato compatto profondo per una lunghezza minima di almeno 10 m;

- In sede di progetto esecutivo è opportuno predisporre un sistema di regimazione delle acque superficiali al fine di evitare infiltrazioni nel terreno che possano generare l'instaurarsi di movimenti superficiali e cedimenti differenziali di opere di fondazioni superficiali; in particolare dal punto di vista idrogeologico



non esiste una falda sotterranea a regime costante, ma si può instaurare un livello idrico temporaneo all'interno dei primi metri superficiali di terreno alterato e decompresso.

Tale condizione idrogeologica non pregiudica l'interazione con la realizzazione di fabbricati civili avendo l'accortezza di impiegare i presidi di protezione idrogeologica standard (guaine impermeabili, vespai dreno, tubi di raccolta etc);

- La gestione formale ed autorizzativa del progetto di eventuale riutilizzo delle Terre da Scavo è demandata al Progettista/D.L. o tecnico abilitato in fase di progetto esecutivo. Il terreno di scavo, se non impiegato in loco, dovrà essere conferito in discarica o trattato ai sensi del D.Lgs. 152/2006, sulla base del D.l. 21 Giugno 2013 n°69 Art. 41- 41bis convertito con L.98-2013. Il terreno dovrà essere sottoposto ad apposita analisi chimico fisica per l'accertamento delle caratteristiche di idoneità finalizzate al corretto riutilizzo e/o smaltimento. Quanto sopra non è oggetto del presente incarico poiché il presente studio e la tipologia di indagini effettuate sono finalizzate esclusivamente alla caratterizzazione geologico-geotecnica e sismica per la compatibilità urbanistica.

**Viste le indagini eseguite e date le risultanze delle verifiche geologiche e sismiche effettuate, si esprime parere favorevole sulla fattibilità dell'intervento.**

Modena, ottobre 2015.

Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio  
(A.P. n° 1725 Ordine dei Geologi della Regione Lazio)

## 11. ALLEGATI

- Certificati in originale delle indagini geognostiche



<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C15-045-1	PROVA N°:	S.1
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: ( gradi decimali )	
	DATA DI EMISSIONE:	12/06/2015	Latitudine:	N 44,34350°
			Longitudine:	E 10,82507°

Riferimento Preventivo n°:	112-15	Commessa n°:	15-057
Verbale di accettazione n°:	VA15-045	del:	12/06/2015

Richiedente:	Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
Committente:	Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
Cantiere:	Via Fossato
Località:	Pavullo nel Frignano (MO)

Il presente certificato di prova si compone di n°  pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input checked="" type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione assestimetro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Installazione tubo per prospezione geofisica	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC - LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:

Matricola n.:

Allegati: documentazione fotografica

 Timbro blu sull'originale	Lo Sperimentatore: 	Il Direttore del Laboratorio:  
-------------------------------	------------------------	---------------------------------------

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm <sup>2</sup> ]	Vane Test [daN/cm <sup>2</sup> ]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	3.2		0.80		Limo e limo argilloso di colore grigio - giallastro, con radici fino a -0.30 m							
2	1.6 1.7 1.8		1.90		Limo e limo debolmente sabbioso di colore marrone - rossastro, con calcinelli e noduli di manganese							
3	2.5 4.6 4.2		2.60		Argilla debolmente limosa di colore grigio chiaro e grigio - giallastro, consistente							
4			4.10		Sabbia fine di colore grigio - giallastro			3.00 22/25/25 3.45				
5												
6	> 6 5.2		6.80		Alternanza di livelli decimetrici di sabbia fine di colore grigio - giallastro, con livelli centimetrici cementati, e argilla debolmente limosa di colore grigio chiaro, molto consistente							
7	5.4											
8	> 6 > 6											
9	> 6 3.7											
10	4.1											
11	4.0											
12	> 6 > 6				Argillite di colore grigio e grigio scuro, con veli sabbiosi, che, da -8.70 m circa, diventano spessi fino a Smax = 40 cm. Da -19.90 a -12.60 m sabbia fine di colore grigio - giallastro con venature marroni, compatta. Da -13.0 m sabbia fine di colore grigio e grigio - nerastro, con un livello marrone - giallastro. Da -13.40 a -13.70 m e da -13.80 m compaiono livelli argillosi			10.00 11/16/21 10.45				
13	> 6 > 6											
14	> 6											
15			15.00									
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Note:

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio





**SOGGEO** s.r.l.  
INGENIERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI  
Via S. Poffo 1, 43 - 48022 S. Poffo di Lupe (RA)  
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo.sil.com

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Del Maschio Lorenzo  
**LOCALITA':** Pavullo nel Frignano (MO)

**ALLEGATO A:** C15-045-1

**SONDAGGIO N:** S.1  
**DATA:** 11/06/2015



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Posizionamento



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



**SOGEO**<sup>®</sup>  
S.R.L.  
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via san Potito 43 - 48022 LUGO (RA)  
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: [sogeo@sogeo-srl.com](mailto:sogeo@sogeo-srl.com)  
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C  
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

<input checked="" type="checkbox"/>	CERTIFICATO N°:	C15-045-2	PROVA N°:	S.2
<input type="checkbox"/>	RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: ( gradi decimali )	
	DATA DI EMISSIONE:	12/06/2015	Latitudine:	N 44,34364°
			Longitudine:	E 10,82509°

Riferimento Preventivo n°:	112-15	Commessa n°:	15-057
Verbale di accettazione n°:	VA15-045	del:	12/06/2015

Richiedente:	Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
Committente:	Dott. Geol. Lorenzo Del Maschio
Cantiere:	Via Fossato
Località:	Pavullo nel Frignano (MO)

Il presente certificato di prova si compone di n°  pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

<input checked="" type="checkbox"/>	Scheda stratigrafica	<input type="checkbox"/>	Prova scissometrica a fondo foro
<input type="checkbox"/>	Installazione piezometro Casagrande	<input type="checkbox"/>	Prova SCPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Piezometro Norton	<input type="checkbox"/>	Prova CPT
<input type="checkbox"/>	Installazione Inclinometro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTE
<input type="checkbox"/>	Installazione assestimetro	<input type="checkbox"/>	Prova CPTU - Prova dissipazione
<input type="checkbox"/>	Installazione tubo per prospezione geofisica	<input type="checkbox"/>	Prova di carico su piastra
<input type="checkbox"/>	Prova di permeabilità LEFRANC - LUGEON	<input type="checkbox"/>	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata:	Ellettari EK200/STR	Matricola n.:	0103
--------------------------	---------------------	---------------	------


Allegati: documentazione fotografica

Timbro SOGEO S.R.L. Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001:2008 CR/501117238.0155 LUGO (RA)	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:
---	--------------------	-------------------------------

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	2.3		1.30		Limo e limo argilloso di colore marrone - giallastro, con radici fino a -0.20 m							
2	3.2							3.00				
3	1.5							3/3/4				
4	1.9				Sabbia fine di colore grigio - giallastro e marrone - giallastro, umida. Da -1.60 a -1.70 m colore bruno. Da -2.40 m livelli decimetrici di limo argilloso			3.45				
5	1.3											
6	4.1		4.10									
7	4.8				Sabbia di colore grigio - giallastro, con venature brune e oca, con livelli centimetrici di limo argilloso, ben addensata. Livello centimetrico da -5.0 a -5.4 m							
8	> 6		7.80									
9	> 6											
10	> 6											
11	> 6											
12	> 6				Sabbia fine - media di color e grigio e marrone - giallastro, con livelli cementati e con sub-livelli argillosi, ben addensata. Da -8.70 a -11.0 m colore grigio e grigio scuro. Da -13.10 m argillite di colore grigio e grigio scuro, molto consistente, con biosomi			11.50				
13	> 6							32/23/27				
14	3.9							11.95				
15	4.3											
16	> 6		15.00									
17	> 6											
18	> 6											
19	> 6											
20	> 6											
21	> 6											
22	> 6											
23	> 6											
24	> 6											
25	> 6											

Note:

Lo Sperimentatore  




Il Direttore del Laboratorio  
  
  
 Via S. Potho, 43  
 48022 S. Potho (LUGO) (RA)  
 (Dott. Federico Forcellini)



**SOGGEO** s.r.l.  
INGENIERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI  
Via S. Polito 1, 43 - 48022 S. Polito di Lugo (RA)  
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo.sil.com

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Del Maschio Lorenzo  
**LOCALITA':** Pavullo nel Frignano (MO)

**ALLEGATO A:** C15-045-2

**SONDAGGIO N:** S.2  
**DATA:** 11/06/2015



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Posizionamento



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m





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

**05/13.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 1/6

**CERTIFICATO N. 01265**

Verbale di Accettazione n. **0415**

Committente: **Amm.ne comunale di Pavullo n/F (MO)**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **17/03/2008**

Data emissione certificato: **18/03/2008**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 m e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro  $\phi$  127 mm per 1.50 m totali, in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite, dove possibile, alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 4/6 del presente certificato.

Al termine delle operazioni di perforazione, nel foro di sondaggio è stato messo in posa, a -12.0 m, un tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole. Dal p.c. a -1.0 m si è provveduto all'impermeabilizzazione del foro per mezzo di miscela cemento-bentonite, mentre nella restante parte della colonna è stato realizzato un mantello drenante utilizzando ghiaietto siliceo ben lavato di dimensioni 2-4 mm.

La sistemazione della bocca dell'inclinometro è stata effettuata con la messa in posa e cementazione di chiusino lucchettabile in acciaio e pozzetto in C.V..

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geo.  Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

Dott.  Fabrizio Vecchi



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

**05/13.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 2/6

**CERTIFICATO N. 01265**

Verbale di Accettazione n. **0415**

Committente: **Amm.ne comunale di Pavullo n/F (MO)**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **17/03/2008**

Data emissione certificato: **18/03/2008**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5/6 e 6/6).

Durante il sondaggio non sono stati prelevati campioni indisturbati o a disturbo limitato.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure e nella perforazione

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geol.  Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

Dott.  Fabrizio Vecchi

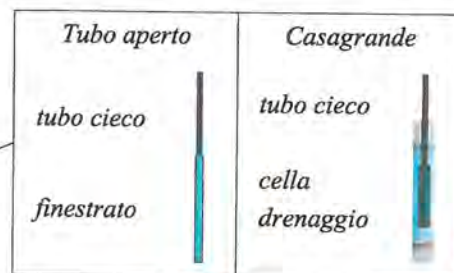


Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 3/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1

## LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	metri batt.	R <sub>v</sub>	P <sub>z</sub>	A <sub>r</sub> S	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Piezometri
- 5) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Spessore dello strato (m)
- 9) Descrizione della litologia dello strato
- 10) Resistenza alla punta (kPa)
- 11) Vane test (kPa)
- 12) Dati tecnici



Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano	Certificato n°: 01265 Pagina 4/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)	Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi
	Data esecuzione: 17/03/2008
	Data emissione: 18/03/2008
Sondaggio: 1	

Ø mm	metri batt.	R <sub>v</sub>	P <sub>z</sub>	A <sub>r</sub>	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
						0,6	0,6				Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettrici EK200S, attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.
101	1							Argille nocciola o rossastre tra 1,6 e 2,0 m, alterate, asciutte, da mediamente consistenti a consistenti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica	245		Diametro rivestimento: 127 mm per 1,5 m totali
	2										Inserito a -12,0 m tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole, cementato dal p.c. a -1,0 m; da -1,0 a -12,0 rivestito con ghiaietto siliceo 2-4 mm per l'utilizzo anche da piezometro.
	3					2,9	2,3	Argille limose, nocciola, alterate, mediamente consistenti, asciutte, con sostanza organica nerastra	245		Sperimentatore: Dott. Vecchi Fabrizio
	4					4,0	1,1		294		Aiuto-Sperimentatore: Sig. Francesco Tuosto Dott. Davide Gualdi
	5					4,3	0,3	Argille limose, grigio-nocciola, da mediamente consistenti a consistenti, con livello saturo da 4,0 a 4,3 m, con abbondanti clasti carbonatici biancastri	294		Elaborazione grafica della stratigrafia: Dott. Gianni Loric
	6					4,9	0,6	Argille limose, grigio-nocciola, da mediamente consistenti a consistenti, asciutte, con abbondanti clasti carbonatici biancastri	>500		
	7					5,1	0,2	Siltiti argilloso-limose, nocciola-grigie, poco consistenti, sature, con abbondanti clasti carbonatici biancastri	98	49	
	8							Siltiti mediamente cementate, nocciola-chiaro, asciutte	275		
	9								>500	100	
	10								>500	100	
	11										
	12					6,5	1,4	Siltiti localmente argillose, grigie, consistenti, asciutte			

Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 5/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1



Da p.c. a -5.0 m



da -5.0 a -10.0 m da p.c.



PENETROMETRICHE

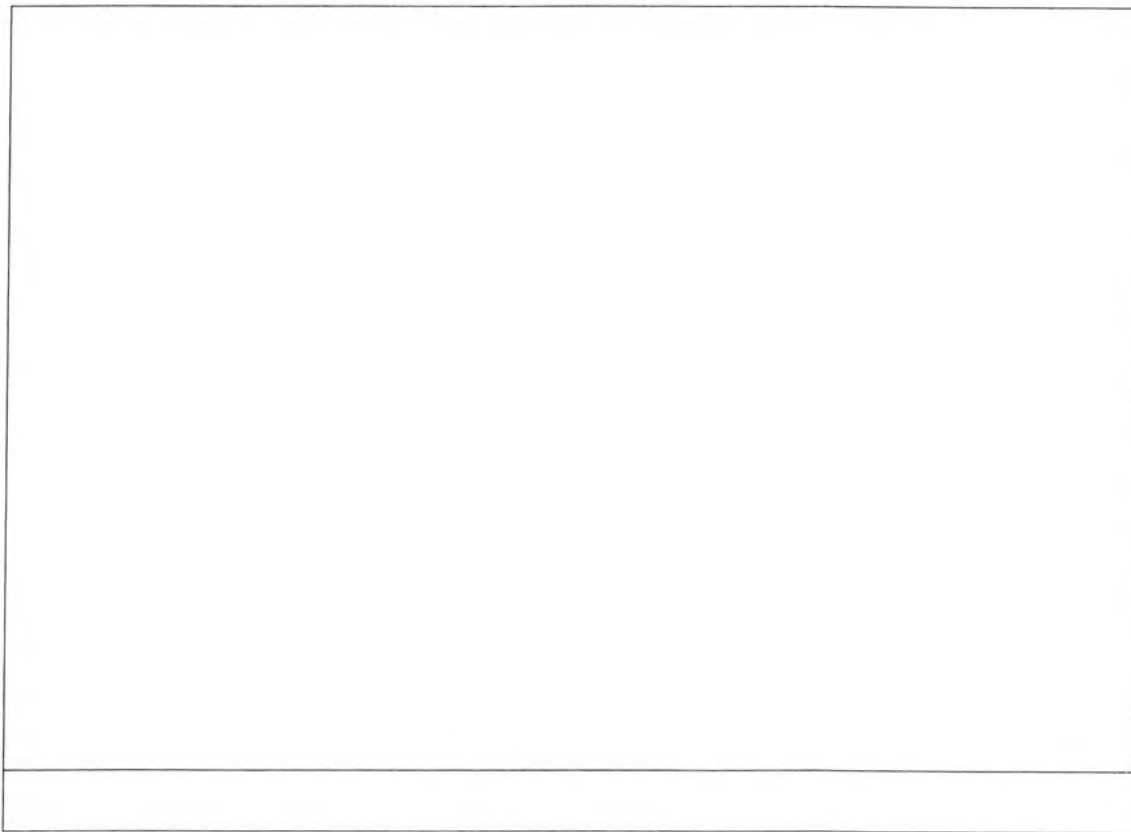
41051 Castelnovo Rangone (MO) AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ  
Via per Modena, 8 CERTIFICATO DA DNV  
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166 =UNI EN ISO 9001/2000=

# STRATIGRAFIA - 1

Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 6/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. P. Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1



Da 10.0 a 12.0 m da p.c.





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

05/13.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 3**

Pagina 2/6

**CERTIFICATO N. 01418**

Verbale di Accettazione n. **0456**

Committente: **Sig. Soci Luciano**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **29/08/2008**

Data emissione certificato: **02/09/2008**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5 e 6).

Durante il sondaggio non sono stati prelevati campioni indisturbati o a disturbo limitato.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure e nella perforazione

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geo. Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

Dott. Emilio Guerzoni

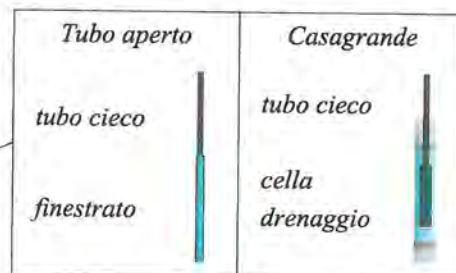


Committente: Sig.Soci Luciano		Certificato n°: 01418 Pagina 3/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Emilio Guerzoni	Data esecuzione: 29/08/2008
		Data emissione: 02/09/2008
		Sondaggio: 3

## LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	metri batt.	R v	Pz r	A r S	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Piezometri
- 5) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Spessore dello strato (m)
- 9) Descrizione della litologia dello strato
- 10) Resistenza alla punta (kPa)
- 11) Vane test (kPa)
- 12) Dati tecnici







Committente: Sig.Soci Luciano	Certificato n°: 01418 Pagina 4/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)	Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Data esecuzione: 29/08/2008
	Data emissione: 02/09/2008
	Sondaggio: 3
Lo sperimentatore Dott. Enrico Guerzoni	

Ø mm	metri batt.	R v	Pz	A r	S	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
101	1					Terreno superficiale alterato, nocciola, con abbondante presenza di sostanza organica (radici e frustoli)	1,2	1,2				Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Ellettari EK200S, attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.
	2					Limi sabbiosi nocciola - rossastri, consistenti, asciutti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica	3,5	2,3		590	>300	Diametro rivestimento: 127 mm per 15.0 m totali
	3					Limi sabbiosi nocciola - rossastri, poco consistenti, umidi, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica.	4,3	0,8		441	196	Inserito a -15,0 m tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole.
	4					Limi sabbiosi nocciola - rossastri, consistenti, asciutti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica	6,3	2,0		441	147	Sperimentatore: Dott. Marco Roli
	5					Argille limose, debolmente sabbiose, nocciola, con variegature grigio chiaro, consistenti, con clasti carbonatici	7,4	1,1		226	78	Aiuto-Sperimentatore: Sig. Francesco Tuosto
	6					Siltite grigia, consistente, umida, con sostanza organica; presenza di un livello nocciola con inclusi calcarenitici da 8.30 a 8.60 m.	9,5	2,1		265	78	Elaborazione grafica della stratigrafia: Dott.ssa Annunziata Castronuovo
	7					Siltiti localmente argillose grigie, consistenti, asciutte, con striature nerastre.				208	88	
	8									510	245	
	9									324	108	
	10									373	118	
	11									353	127	
	12									>600	>300	
	13									353	118	
	14									>600	>300	
	15									>600	294	
										402	147	
										>600	255	
										510	196	
										>600	196	
										461	196	
										471	245	

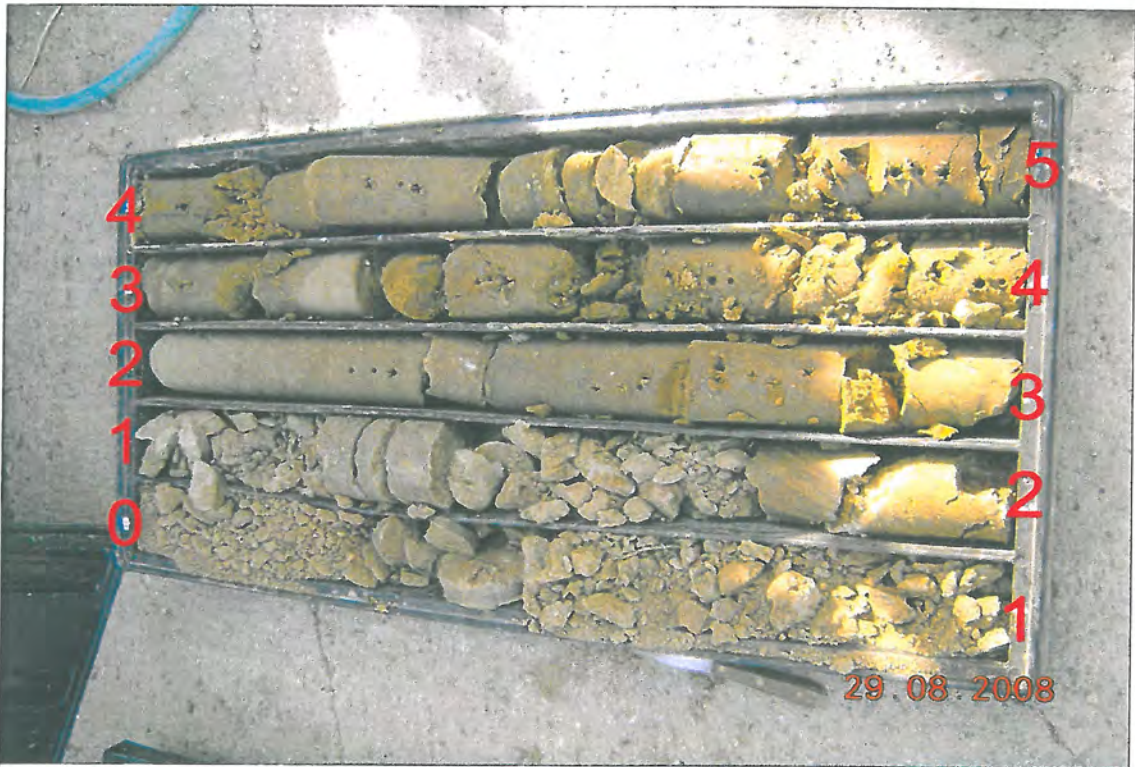


PROVE PENETROMETRICHE

41051 Castelnuovo Rangone (MO) AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ  
Via per Modena, 8 CERTIFICATO DA DNV  
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166 -UNI EN ISO 9001/2000-

# STRATIGRAFIA - 3

Committente: Sig.Soci Luciano		Certificato n°: 01418 Pagina 5/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Emilio Guerzoni	Data esecuzione: 29/08/2008
		Data emissione: 02/09/2008
		Sondaggio: 3



Da p.c. a -5.0 m



da -5.0 a -10.0 m dap.c.



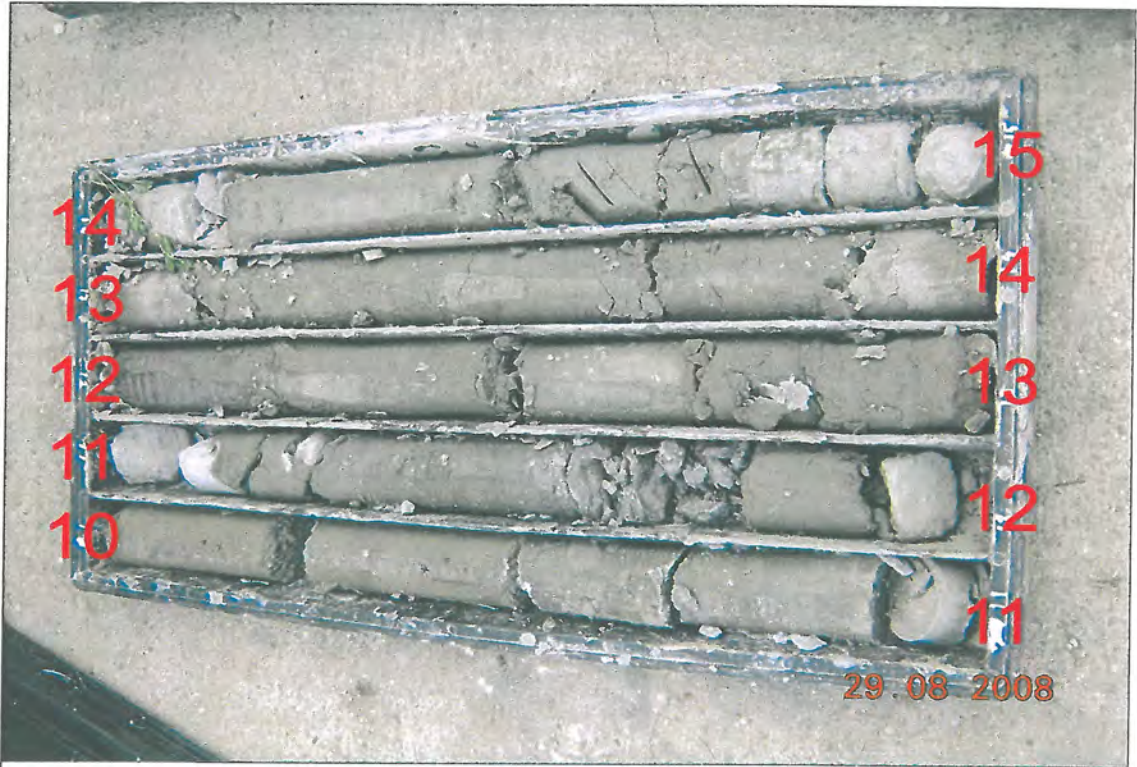
PENETROMETRICHE

41051 Castelnuevo Rangone (MO)  
Via per Modena, 8  
Tel. 059-535046 / Fax 059-539166

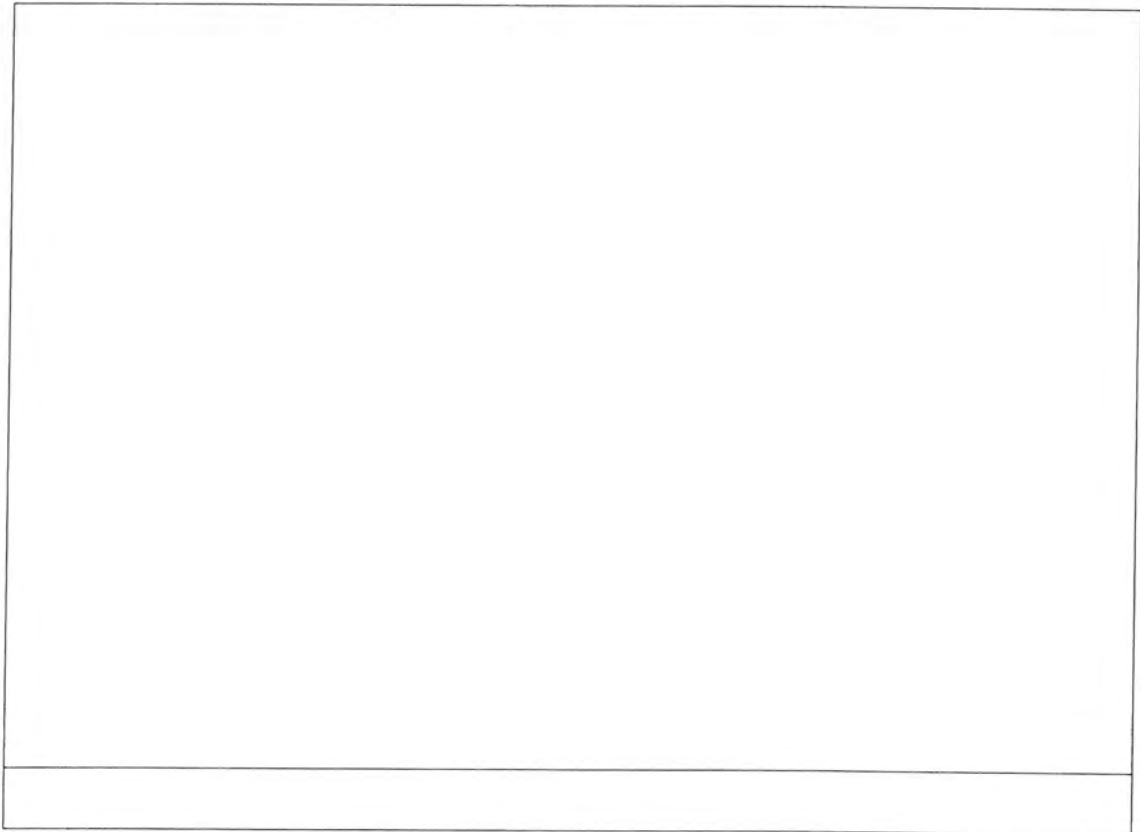
AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ  
CERTIFICATO DA DNV  
=UNI EN ISO 9001/2000=

# STRATIGRAFIA - 3

Committente: Sig. Soci Luciano		Certificato n°: 01418 Pagina 6/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Emilio Guerzoni	Data esecuzione: 29/08/2008
		Data emissione: 02/09/2008
		Sondaggio: 3



da -10.0 a -15.0 m da p.c.



## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m	
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 0,0020 m <sup>2</sup>	
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m	
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg	
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m	
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm	
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO	
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ	$= (MH)/(A\delta) = 1,17$ MPa	( prova SPT : Qspt = 0,77 MPa )
COEFF. TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$	( teoricamente : Nspt = $\beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = massa battente (altezza caduta H)  
P = massa totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci

- data prova : 14/03/2008  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 17/03/2008  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	2	1,5	1	5,00 - 5,20	7	3,7	6
0,20 - 0,40	2	1,5	1	5,20 - 5,40	8	4,2	6
0,40 - 0,60	2	1,5	1	5,40 - 5,60	10	5,2	6
0,60 - 0,80	1	0,7	1	5,60 - 5,80	9	4,7	6
0,80 - 1,00	2	1,4	2	5,80 - 6,00	9	4,5	7
1,00 - 1,20	2	1,4	2	6,00 - 6,20	9	4,5	7
1,20 - 1,40	2	1,4	2	6,20 - 6,40	10	5,0	7
1,40 - 1,60	2	1,4	2	6,40 - 6,60	14	6,9	7
1,60 - 1,80	1	0,7	2	6,60 - 6,80	14	6,9	7
1,80 - 2,00	2	1,3	3	6,80 - 7,00	13	6,1	8
2,00 - 2,20	3	1,9	3	7,00 - 7,20	17	8,0	8
2,20 - 2,40	3	1,9	3	7,20 - 7,40	12	5,6	8
2,40 - 2,60	2	1,3	3	7,40 - 7,60	9	4,2	8
2,60 - 2,80	4	2,5	3	7,60 - 7,80	8	3,8	8
2,80 - 3,00	2	1,2	4	7,80 - 8,00	10	4,5	9
3,00 - 3,20	3	1,8	4	8,00 - 8,20	13	5,8	9
3,20 - 3,40	3	1,8	4	8,20 - 8,40	14	6,3	9
3,40 - 3,60	3	1,8	4	8,40 - 8,60	14	6,3	9
3,60 - 3,80	3	1,8	4	8,60 - 8,80	12	5,4	9
3,80 - 4,00	4	2,2	5	8,80 - 9,00	22	9,4	10
4,00 - 4,20	5	2,8	5	9,00 - 9,20	27	11,5	10
4,20 - 4,40	6	3,3	5	9,20 - 9,40	18	7,7	10
4,40 - 4,60	6	3,3	5	9,40 - 9,60	18	7,7	10
4,60 - 4,80	7	3,9	5	9,60 - 9,80	20	8,5	10
4,80 - 5,00	7	3,7	6	9,80 - 10,00	28	11,4	11

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 100

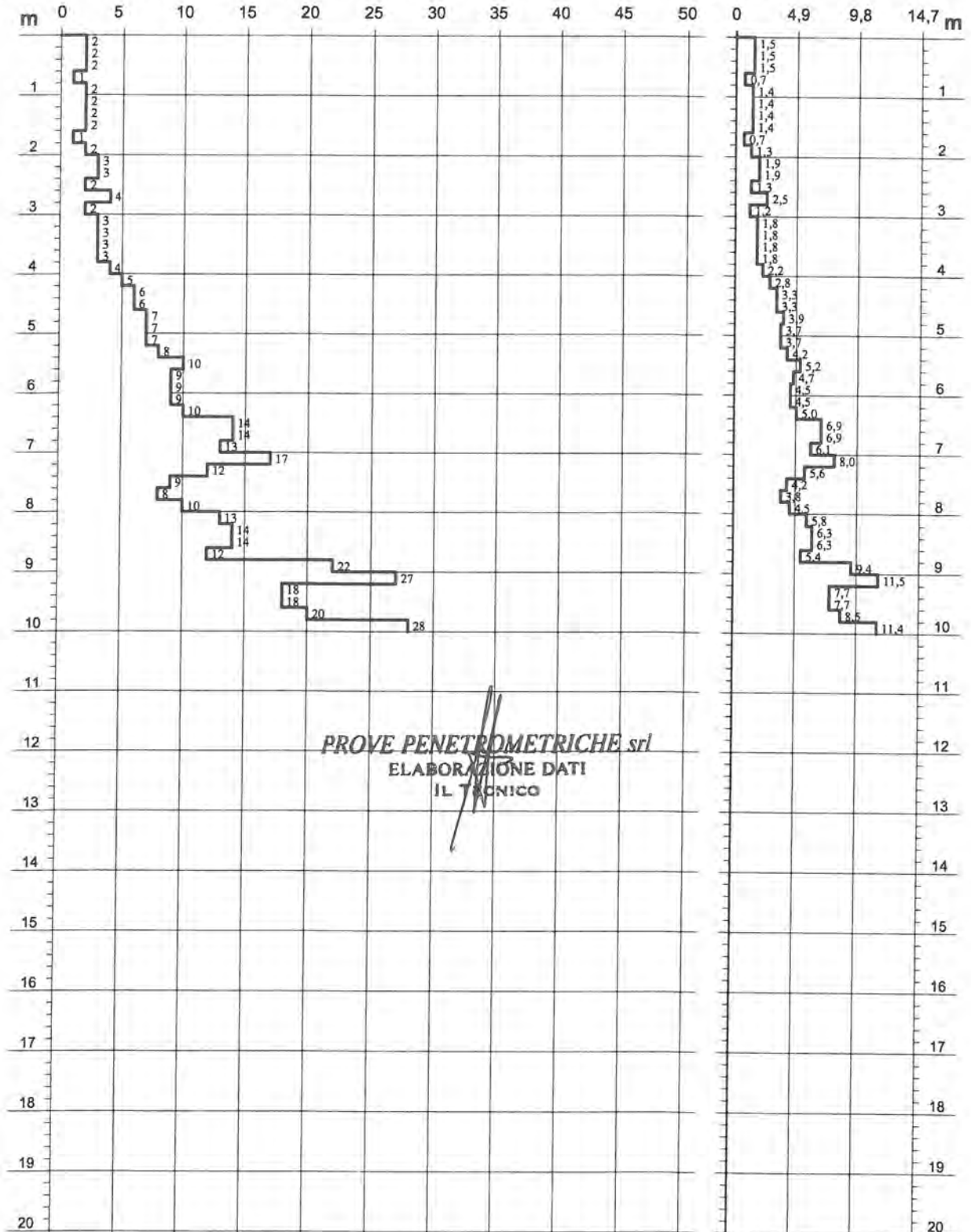
- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F
- lavoro : Piano Strutturale Comunale
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci

- data prova : 14/03/2008
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 17/03/2008
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci
- data prova : 14/03/2008  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : 2,15 m da quota inizio  
- data emiss. : 17/03/2008  
- pagina n°: 1/2
- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -4,2 m

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	4,00 - 4,20	7	3,9	5
0,20 - 0,40	1	0,7	1	4,20 - 4,40	7	3,9	5
0,40 - 0,60	2	1,5	1	4,40 - 4,60	8	4,4	5
0,60 - 0,80	2	1,5	1	4,60 - 4,80	5	2,8	5
0,80 - 1,00	2	1,4	2	4,80 - 5,00	5	2,6	6
1,00 - 1,20	3	2,0	2	5,00 - 5,20	6	3,1	6
1,20 - 1,40	2	1,4	2	5,20 - 5,40	7	3,7	6
1,40 - 1,60	3	2,0	2	5,40 - 5,60	7	3,7	6
1,60 - 1,80	3	2,0	2	5,60 - 5,80	9	4,7	6
1,80 - 2,00	3	1,9	3	5,80 - 6,00	8	4,0	7
2,00 - 2,20	3	1,9	3	6,00 - 6,20	9	4,5	7
2,20 - 2,40	2	1,3	3	6,20 - 6,40	11	5,5	7
2,40 - 2,60	2	1,3	3	6,40 - 6,60	9	4,5	7
2,60 - 2,80	3	1,9	3	6,60 - 6,80	18	8,9	7
2,80 - 3,00	4	2,4	4	6,80 - 7,00	15	7,1	8
3,00 - 3,20	2	1,2	4	7,00 - 7,20	21	9,9	8
3,20 - 3,40	4	2,4	4	7,20 - 7,40	33	15,5	8
3,40 - 3,60	3	1,8	4	7,40 - 7,60	28	13,2	8
3,60 - 3,80	7	4,1	4	7,60 - 7,80	31	14,6	8
3,80 - 4,00	5	2,8	5	7,80 - 8,00	30	13,4	9

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

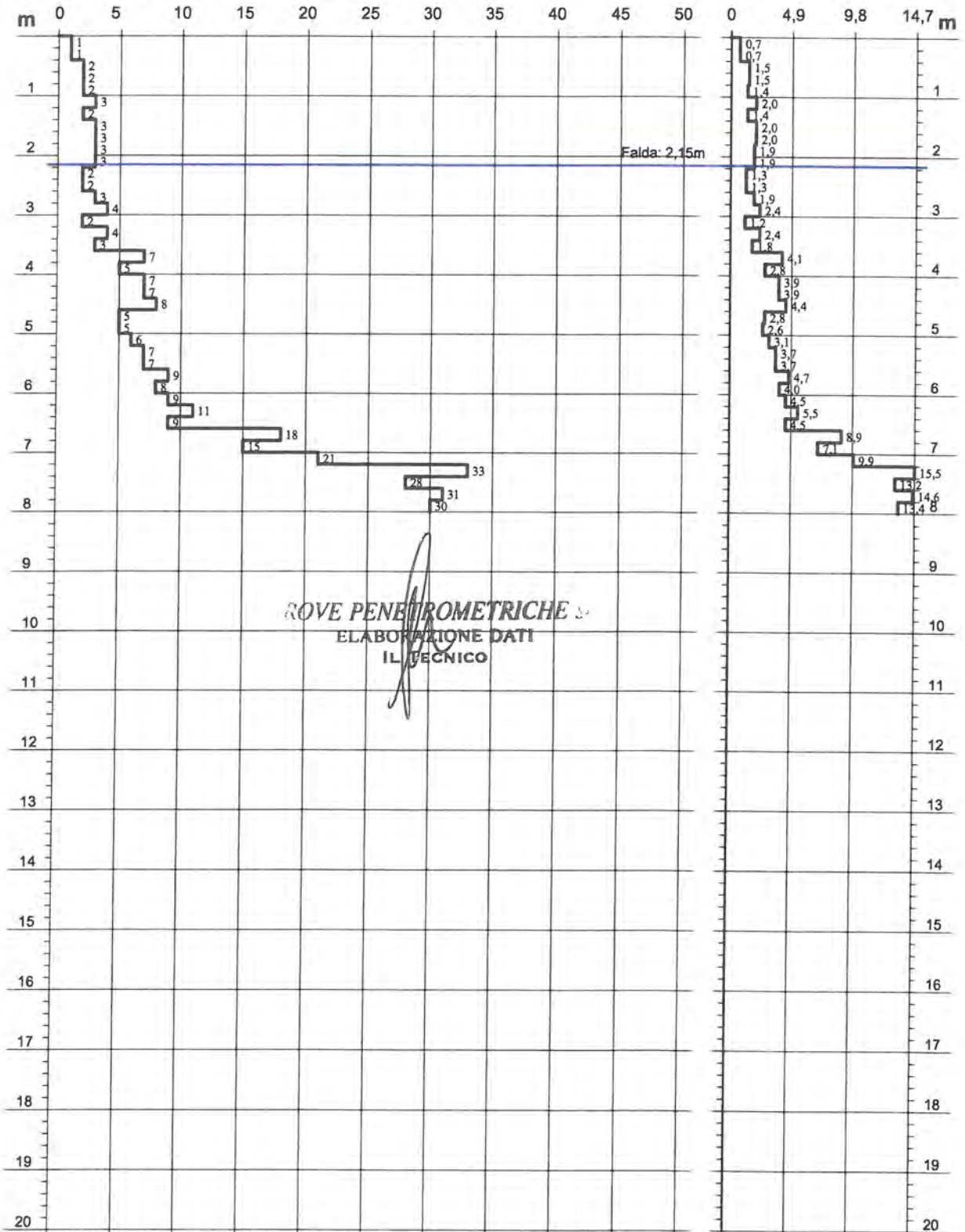
Scala 1: 100

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F
- lavoro : Piano Strutturale Comunale
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci
- data prova : 14/03/2008
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : 2,15 m da quota inizio
- data emiss. : 17/03/2008
- pagina n°: 2/2

- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -4,2 m

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



ROVE PENETROMETRICHE  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci
- data prova : 14/03/2008  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 17/03/2008  
- pagina n°: 1/2
- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -9,2 m

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	5,00 - 5,20	4	2,1	6
0,20 - 0,40	2	1,5	1	5,20 - 5,40	3	1,6	6
0,40 - 0,60	2	1,5	1	5,40 - 5,60	3	1,6	6
0,60 - 0,80	2	1,5	1	5,60 - 5,80	3	1,6	6
0,80 - 1,00	3	2,0	2	5,80 - 6,00	5	2,5	7
1,00 - 1,20	2	1,4	2	6,00 - 6,20	5	2,5	7
1,20 - 1,40	3	2,0	2	6,20 - 6,40	5	2,5	7
1,40 - 1,60	5	3,4	2	6,40 - 6,60	10	5,0	7
1,60 - 1,80	5	3,4	2	6,60 - 6,80	25	12,4	7
1,80 - 2,00	3	1,9	3	6,80 - 7,00	17	8,0	8
2,00 - 2,20	3	1,9	3	7,00 - 7,20	6	2,8	8
2,20 - 2,40	5	3,2	3	7,20 - 7,40	6	2,8	8
2,40 - 2,60	4	2,5	3	7,40 - 7,60	6	2,8	8
2,60 - 2,80	5	3,2	3	7,60 - 7,80	9	4,2	8
2,80 - 3,00	8	4,7	4	7,80 - 8,00	12	5,4	9
3,00 - 3,20	6	3,5	4	8,00 - 8,20	12	5,4	9
3,20 - 3,40	7	4,1	4	8,20 - 8,40	16	7,2	9
3,40 - 3,60	7	4,1	4	8,40 - 8,60	25	11,2	9
3,60 - 3,80	8	4,7	4	8,60 - 8,80	17	7,6	9
3,80 - 4,00	9	5,0	5	8,80 - 9,00	16	6,8	10
4,00 - 4,20	8	4,4	5	9,00 - 9,20	16	6,8	10
4,20 - 4,40	6	3,3	5	9,20 - 9,40	18	7,7	10
4,40 - 4,60	6	3,3	5	9,40 - 9,60	19	8,1	10
4,60 - 4,80	8	4,4	5	9,60 - 9,80	21	9,0	10
4,80 - 5,00	8	4,2	6	9,80 - 10,00	17	6,9	11

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

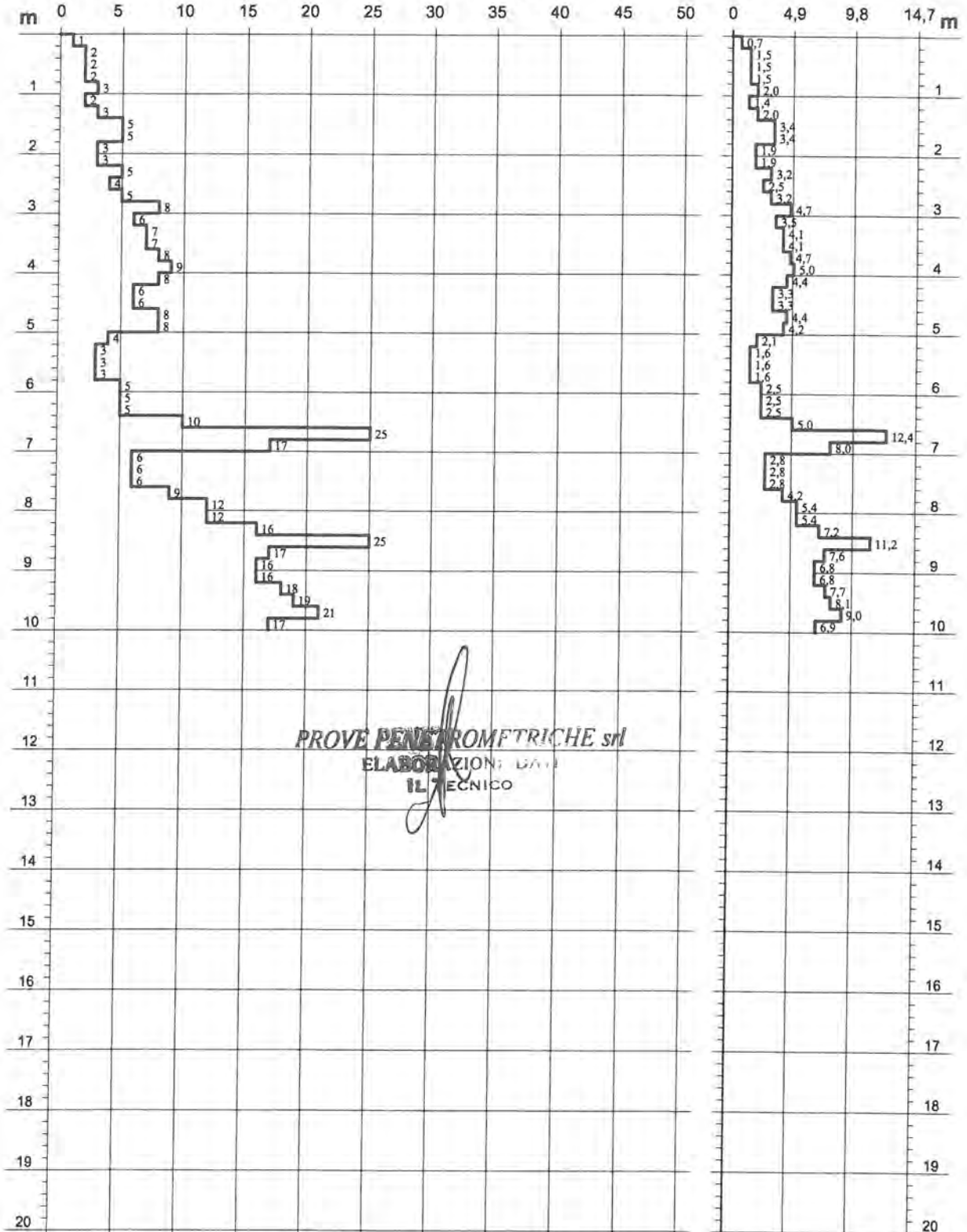
Scala 1: 100

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F
- lavoro : Piano Strutturale Comunale
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci
- data prova : 14/03/2008
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 17/03/2008
- pagina n°: 2/2

- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -9,2 m

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONI DA  
IL TECNICO



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	4	2,9	1	2,80 - 3,00	3	1,8	4
0,20 - 0,40	7	5,1	1	3,00 - 3,20	2	1,2	4
0,40 - 0,60	8	5,8	1	3,20 - 3,40	5	3,0	4
0,60 - 0,80	8	5,8	1	3,40 - 3,60	10	5,9	4
0,80 - 1,00	8	5,4	2	3,60 - 3,80	14	8,3	4
1,00 - 1,20	10	6,8	2	3,80 - 4,00	20	11,1	5
1,20 - 1,40	9	6,1	2	4,00 - 4,20	20	11,1	5
1,40 - 1,60	7	4,7	2	4,20 - 4,40	18	10,0	5
1,60 - 1,80	4	2,7	2	4,40 - 4,60	16	8,9	5
1,80 - 2,00	5	3,2	3	4,60 - 4,80	16	8,9	5
2,00 - 2,20	5	3,2	3	4,80 - 5,00	17	8,9	6
2,20 - 2,40	4	2,5	3	5,00 - 5,20	36	18,9	6
2,40 - 2,60	4	2,5	3	5,20 - 5,40	70	36,7	6
2,60 - 2,80	3	1,9	3				

*PROVE PENETROMETRICHE srl*  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

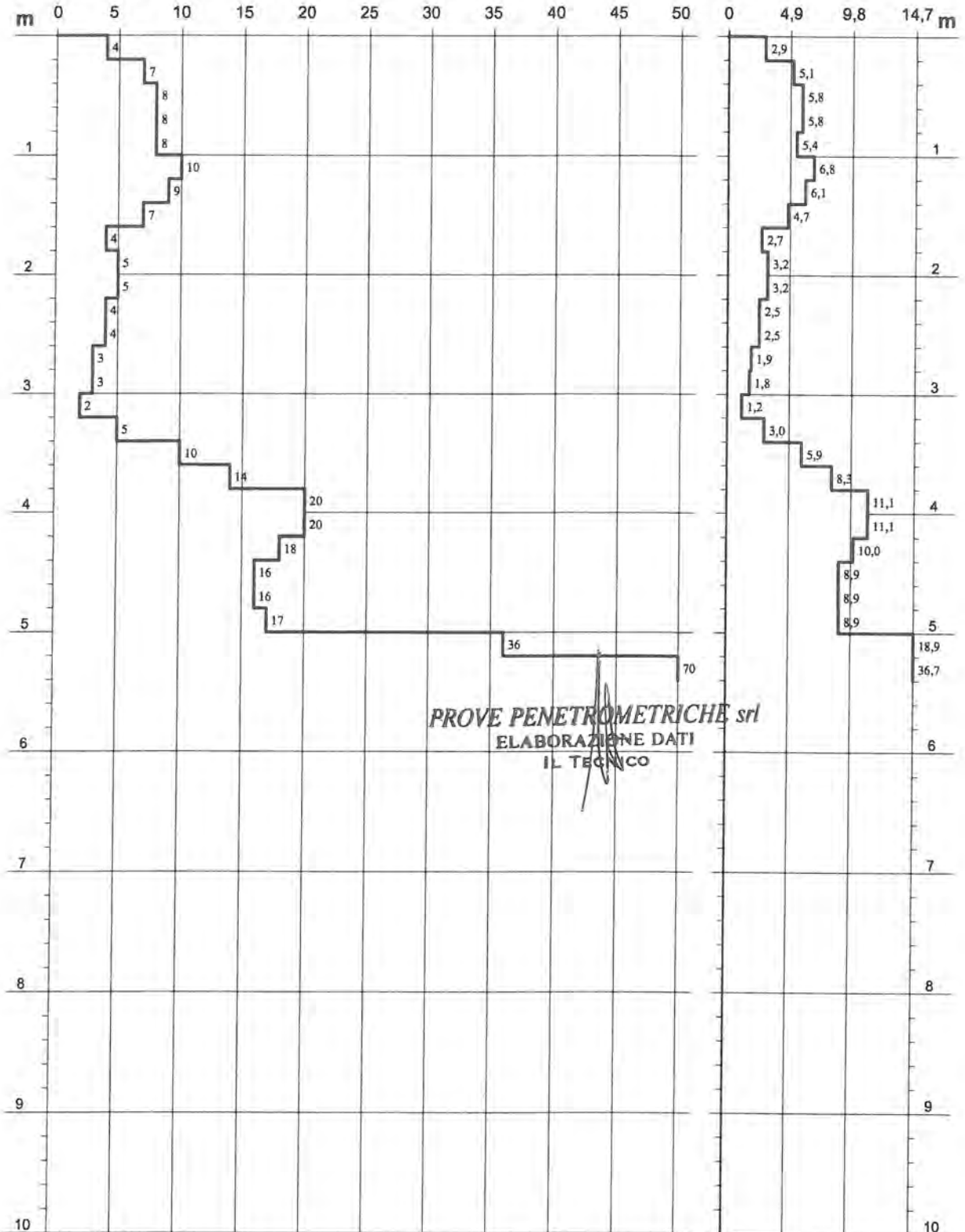
- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	4	2,9	1	2,80 - 3,00	8	4,7	4
0,20 - 0,40	4	2,9	1	3,00 - 3,20	7	4,1	4
0,40 - 0,60	4	2,9	1	3,20 - 3,40	7	4,1	4
0,60 - 0,80	4	2,9	1	3,40 - 3,60	8	4,7	4
0,80 - 1,00	3	2,0	2	3,60 - 3,80	10	5,9	4
1,00 - 1,20	3	2,0	2	3,80 - 4,00	8	4,4	5
1,20 - 1,40	3	2,0	2	4,00 - 4,20	6	3,3	5
1,40 - 1,60	3	2,0	2	4,20 - 4,40	8	4,4	5
1,60 - 1,80	4	2,7	2	4,40 - 4,60	9	5,0	5
1,80 - 2,00	2	1,3	3	4,60 - 4,80	9	5,0	5
2,00 - 2,20	3	1,9	3	4,80 - 5,00	14	7,3	6
2,20 - 2,40	6	3,8	3	5,00 - 5,20	19	9,9	6
2,40 - 2,60	6	3,8	3	5,20 - 5,40	29	15,2	6
2,60 - 2,80	7	4,4	3	5,40 - 5,60	70	36,7	6

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

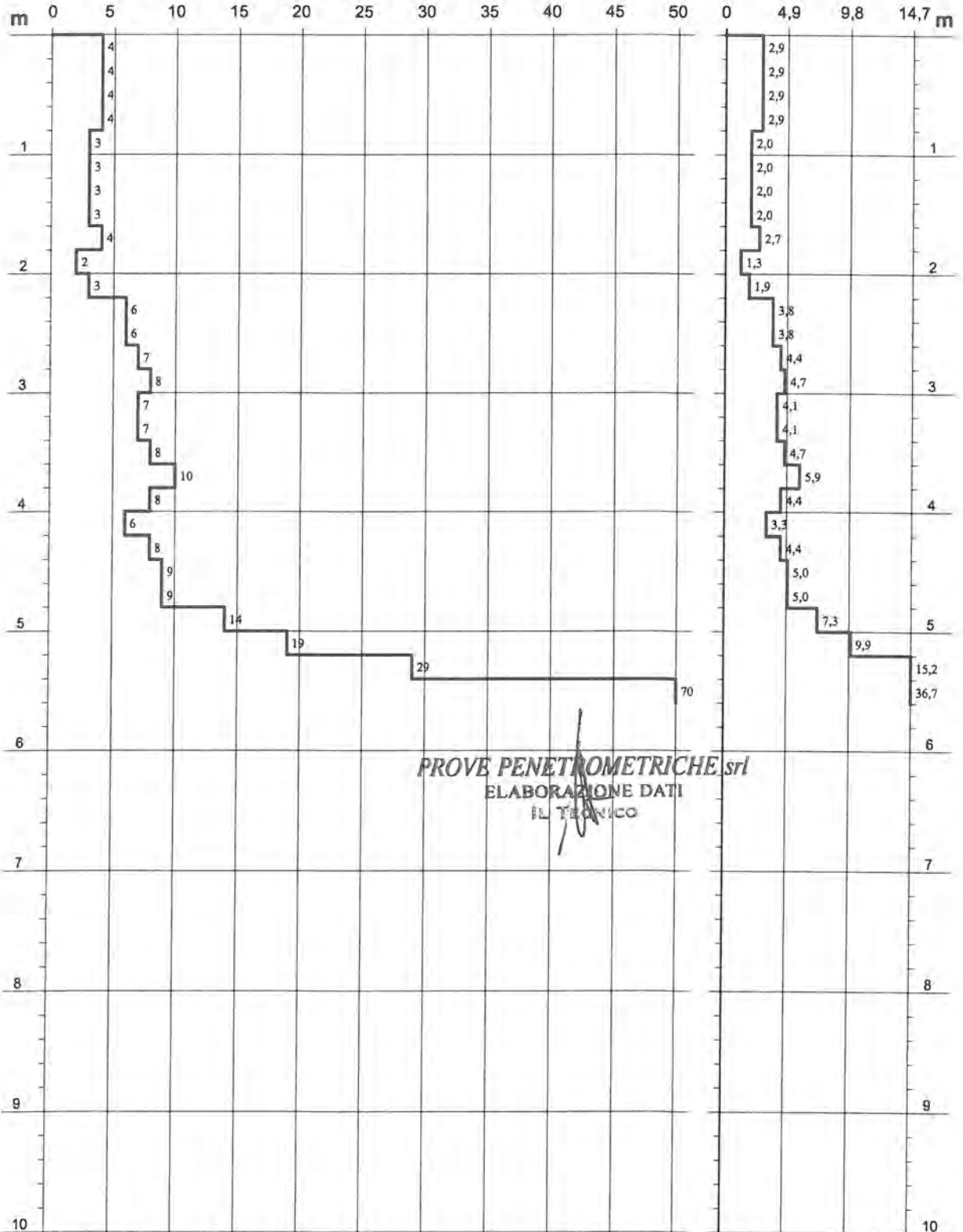
- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO