



Repubblica Italiana



Comune di Cotronei



Regione Calabria

# COMUNE DI COTRONEI PROVINCIA DI CROTONE



## PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DELL'AVIOSUPERFICIE FRANCA COMMITTENTI: B&B INVESTMENTS S.R.L.



Arch. Ing. Giuseppe Antonio BAFFA  
iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di  
Crotone al n° 839

**PLEGS ENGINEERING AND  
ARCHITECTURE S.R.L.**  
Via Libertà III Trav.,29- 88900 CROTONE (KR)  
Cod. Fisc. 03575580794  
pec: plegssrl@pec.it

**Ing. Giuseppe Antonio BAFFA**  
Ordine Provinciale Ingegneri Crotone  
N. 839

Arch. Vincenzo CROPANESE  
iscritto all'Ordine degli Architetti, P.P.C. della Provincia  
di Crotone al n°398



Dott. Ph. Arch. Paolo CAMILLETTI  
iscritto all'Ordine degli Architetti, P.P.C. della Provincia  
di Rieti al n°288



Dott. Agronomo Gregorio ELIA  
iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali  
della Provincia di Crotone al n° 117 (Sez.A)

Geol. Fabio INDIA  
iscritto all'Ordine Regionale Geologi della Calabria  
al n° 740

Dicembre 2022	scala	Rev	<b>TAV.13</b>
---------------	-------	-----	---------------

**INTEGRAZIONI VIA  
Punto 15 (Suolo e sottosuolo)  
del documento prot. n° R.U.-U.0005201**

### PLEGS Engineering and Architecture SRL

Via Libertà III Traversa, 29 - 88900 Crotone KR

tel: 0962-976485

email: plegs.srl@gmail.com

PLEGS ENGINEERING AND  
ARCHITECTURE S.r.l.  
Via Libertà III Trav. 29  
88900 CROTONE  
Cod. Fisc. 03575580794



<b>PREMESSA</b> .....	2
<b>INTRODUZIONE</b> .....	4
<b>1. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)</b> .....	5
<b>2. INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR</b> .....	11
<b>3. VERIFICHE DI STABILITÀ DI VERSANTE</b> .....	14
3.1 Verifica di stabilità di versante <i>ante e post operam</i> SEZIONE 5.....	15
3.2 Verifica di stabilità di versante <i>ante e post operam</i> SEZIONE 11.....	16
3.3 Verifica di stabilità di versante <i>ante e post operam</i> SEZIONE 13.....	17
3.4 Verifica di stabilità di versante <i>ante e post operam</i> SEZIONE 15.....	18
3.5 Verifica di stabilità di versante <i>ante e post operam</i> SEZIONE 17.....	19
<b>4. CONSIDERAZIONI FINALI</b> .....	20

## PREMESSA

A seguito delle attività di analisi e valutazione della documentazione tecnica allegata all'istanza del Proponente, con Parere n. 318 del 5 agosto 2021, la Commissione si era espressa in merito alla verifica di assoggettabilità evidenziando carenze dello Studio Preliminare e, di fatto, fornendo indicazioni utili per la predisposizione dello SIA. La Commissione ha rilevato che le suddette carenze non sono state adeguatamente riscontrate nello SIA presentato alla Commissione.

Premesso quanto sopra, con nota prot. n° R.U.-U.0005201 del 26/07/2022, il Gruppo Istruttore n. 3 ha rappresentato quanto segue: "Lo studio di impatto ambientale (SIA) non è stato redatto in maniera adeguata sulla base dei quadri di riferimento programmatico, progettuale e ambientale (riveniente dal DPCM del 27/12/1988), nei quali il Proponente deve riportare la metodologia eseguita per la valutazione degli impatti, senza supportare le conclusioni con valutazioni quantitative e qualitative sufficienti sia per lo stato di fatto sia per le fasi di costruzione ed esercizio".

Ai fini del corretto espletamento delle attività istruttorie, in termini generali, il Gruppo Istruttore n. 3 ha ritenuto necessario che il Proponente provvedesse all'integrazione degli elaborati e degli studi compiuti, con gli approfondimenti di seguito elencati, in maniera additiva rispetto alla documentazione fornita a corredo dell'istanza. Infatti, nell'ambito dell'attività finora svolta dal Gruppo Istruttore n. 3 è stata rilevata la necessità di predisporre approfondimenti sullo SIA e sulle matrici ambientali relativamente a:

1. Impatti cumulativi.
2. Pianificazione regionale, provinciale e comunale e regime vincolistico.
3. Sanità pubblica.
4. Rumore e vibrazioni.
5. Atmosfera.
6. Biodiversità.
7. Consumo di suolo.
8. Gestione risorse idriche.
9. Rocce e terre da scavo.
10. Acque superficiali e sotterranee.
11. Acque meteoriche.
12. Valutazione degli impatti.
13. Scenari probabilistici sul rischio di incidenti aerei.
14. Traffico aereo.
15. Suolo e sottosuolo.
16. Analisi delle alternative.
17. Misure mitigative e preventive.
18. Monitoraggio ambientale (P.M.A.).
19. Valutazione di Incidenza Ambientale (VInCA).
20. Cantierizzazione e approvvigionamento di materiali.
21. Controdeduzioni.

La presente Relazione fornisce gli approfondimenti richiesti al punto 15: "Suolo e sottosuolo".

Il Proponente deve fornire l'approfondimento dell'assetto geologico del sito di progetto e di un ragionevole intorno, l'approfondimento dell'analisi degli impatti; fra questi, approfondire gli effetti dell'ampliamento della pista di volo, per il quale sono previsti tagli alla base del versante il quale, pur non risultando attualmente soggetto a fenomeni gravitativi, potrebbe perdere le attuali condizioni di stabilità, stante la presenza superficiale, rilevata dai sondaggi, di uno strato di spessore decametrico di detrito di falda.



## INTRODUZIONE

La presente Relazione Geologica descrive il metodo adottato per la verifica di stabilità dei versanti da modellare nell'ambito dell' "Ampliamento aviosuperficie Franca".

L'area di interesse è individuata dalle seguenti coordinate WGS84-UTM32N (E 1'162'832, N 4'365'932).

Le verifiche sulla stabilità dei versanti analizzano le condizioni di equilibrio statico del sito progettuale, lungo n.5 sezioni rappresentative dei pendii da modellare. Attraverso tale analisi, integrata con il rilevamento geologico e le indagini geofisiche effettuati, sono stati ricavati i parametri geotecnici (back analysis) dei terreni che caratterizzano le sezioni stratigrafiche e che influiscono sulla stabilità dei versanti progettuali.

L'analisi e le verifiche di stabilità sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive. Nel modulo terreni è stato adottato il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton. Gli interventi di stabilizzazione previsti intervengono sia sulla variazione delle forze di interstriscia, che sulla resistenza a taglio equivalente.

## 1. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (MGR)

L'area di studio morfologicamente rappresenta un elemento di raccordo tra la Valle del Lago Ampollino e l'alta Valle del Fiume Tacina. Esso si ubica sulle propaggini montuose presenti nel territorio di Cotronei sui terreni in destra idrografica del Lago Ampollino. L'assetto geomorfologico segue quello che è a grande scala l'allineamento tettonico regionale, delimitato a sud dalle intrusioni di graniti peralluminosi della Val di Tacina, a est dalle incisioni della Fiumarella di Migliariti e della Fiumarella di Zagarogno, a nord dalla vallata lacustre del bacino del Lago Ampollino, a ovest dal contatto tettonico tra le rocce gneissiche di alto grado metamorfico e il batolite granodioritico silano dove sono presenti le sorgenti di Acqua di Grandine.

L'area progettuale è caratterizzata dalla presenza di incisioni torrentizie con fondi lacustri alluvionali che presentano morfologie caratteristiche pseudo pianeggianti. I depositi torrentizi alluvionali pleistocenici di natura sabbio limosa con lenti torbose, modellano geomorfologicamente un substrato cristallino caratterizzato da litotipi granitoidi, più o meno fratturati e alterati (fig. 1), con intrusioni minori aplitiche-pegmatitiche (fig. 2). Le rocce incassanti (fig.3) il batolite sono costituite da litotipi metamorfici di natura gneissica con frequenti orizzonti migmatitici, litotipi femici quali anfiboliti e gabbri, fasce milonitiche di natura scisto-gneissica.



Fig.1 – Litotipi granitoidi fratturati ed alterati lungo il versante di fine pista





Fig. 2 – Corpo granitico pegmatitico con megacristallo feldspatico molto alterato e fratturato



Fig.3 – Litotipi gneissici caratterizzanti le rocce incassanti il batolite granitico

I litotipi affioranti sono di natura prevalentemente ignea a composizione granodioritica con frequenti orizzonti cataclastici (fig. 4) dovuti all'intensa fratturazione. Numerose intrusioni secondarie di natura aplitica-pegmatitica, ben visibili lungo i versanti modellati dagli sbancamenti dell'avio-superficie, caratterizzano l'areale progettuale (figg. 5-10).

La serie dei litotipi paleozoici caratterizzanti il sito progettuale può essere così schematizzata:

- intrusioni secondarie di natura aplitica-pegmatitica;
- litotipi granodioritici;
- lembi gneissici.





Fig. 4 – Intensa fratturazione cataclastica su litotipi granitoidi



Fig. 5 – Corpo aplitico caratterizzato da un'inclusione molto alterata





Fig. 6 – Discontinuità tettonica nei graniti e direzione superficie di taglio



Fig. 7 – Particolare misurazione superficie di taglio principale e relativo angolo di immersione



Fig. 8 – Particolare misurazione superficie di taglio coniugato e relativo angolo di immersione





Fig. 9 - Fascia cataclastica di taglio



Fig. 10 – Affioramento corpo granitoidi sul versante (Sezione 15)

Le rocce granitoidi che affiorano lungo i versanti progettuali sono caratterizzate da una pervasiva fratturazione e da un grado di alterazione particolarmente spinto lungo le fasce cataclastiche riportate sul profilo geologico redatto (fig. 11).

Le principali fasce cataclastiche seguono le linee tettoniche principali che divergono da direzioni NW-SE fino a raccordarsi a direzioni W-E, gli andamenti neotettonici si impostano su binari N-S.

Gli sbancamenti da effettuare e le relative riprofilature sui versanti sono state accorpate secondo un criterio morfologico:

- pendio immergente a SW di fine pista - Sezione 5;
- pendio immergente a NE di centro pista - Sezioni 11-13-15;
- crinale immergente a NE di inizio pista- Sezione 17





## 2. INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

Sono state realizzate, nell'area di intervento, n. 10 indagini geofisiche (cfr Tav. 1 Carta Ubicazione Indagini e Sezioni Stratigrafiche) mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr con Tromografo (figg.12-1216), al fine di integrare la campagna geognostica pregressa per la modellazione e caratterizzazione geologica dei versanti progettuali. Il Tromografo si basa su un progetto brevettato che ottimizza la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz.

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.



Fig. 12 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO1



Fig. 13 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO2



Fig. 14 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO3



Fig. 15 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO4





Fig. 16 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO5



Fig. 17 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO6



Fig. 18 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO7



Fig. 19 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO8



Fig. 20 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO9



Fig. 21 - Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr – TRO10

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore

di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

Si premette che H/V è un buon stimatore delle frequenze di risonanza dei terreni e nella pratica usato come normalizzatore. Nel nostro caso H/V non mostra grossi picchi, ossia contrasti di impedenza, con forme delle frequenze di risonanza dei picchi H/V determinati da minimi locali della componente spettrale verticale.



### 3. VERIFICHE DI STABILITÀ DI VERSANTE

È stata condotta una verifica dei versanti che interessano il sito progettuale sia direttamente con lo sbancamento e la relativa riprofilatura del versante sulla sezione A-E (vedi fig. 27), che indirettamente con la verifica dei versanti nelle sezioni A-B e B-C (vedi figg. 25-26), quest'ultimi analizzati come problema al contorno del sito progettuale. Il pendio è stato analizzato nella sua interezza nella sezione geologica P-P' (vedi fig. 30), mentre l'analisi di sicurezza è stata ristretta nelle porzioni di versante a contorno del sito progettuale con la valutazione del grado di sicurezza.

Secondo le NTC 2008, il livello di sicurezza del versante è espresso come rapporto tra resistenza al taglio disponibile, presa con il suo valore caratteristico, e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento potenziale, nel nostro caso:

$$F_s = \tau_s / \tau_m$$

$\tau_s$  resistenza al taglio disponibile valutata con parametri caratteristici

$\tau_m$  sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale) sotto l'azione dei carichi.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Janbu completo si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \tan \phi_i}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$ ,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

### 3.1 Verifica di stabilità di versante *ante e post operam* SEZIONE 5

Il versante progettuale con pendio immergente a SW di fine pista è stato caratterizzato nella Sezione n. 5. La verifica di stabilità di versante ante operam (fig. 22) presenta una superficie critica con  $F_s = 0.963$  in testa alla scarpata legata alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

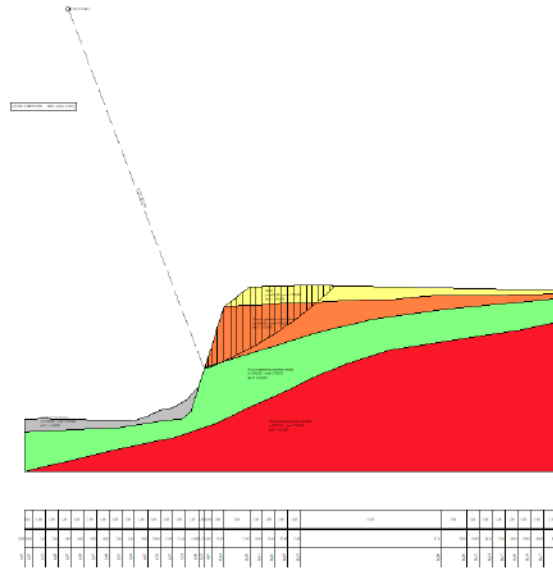


Fig. 22 - Superficie critica ante operam sezione 5

La verifica di stabilità di versante post operam (fig. 23) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.169$ .

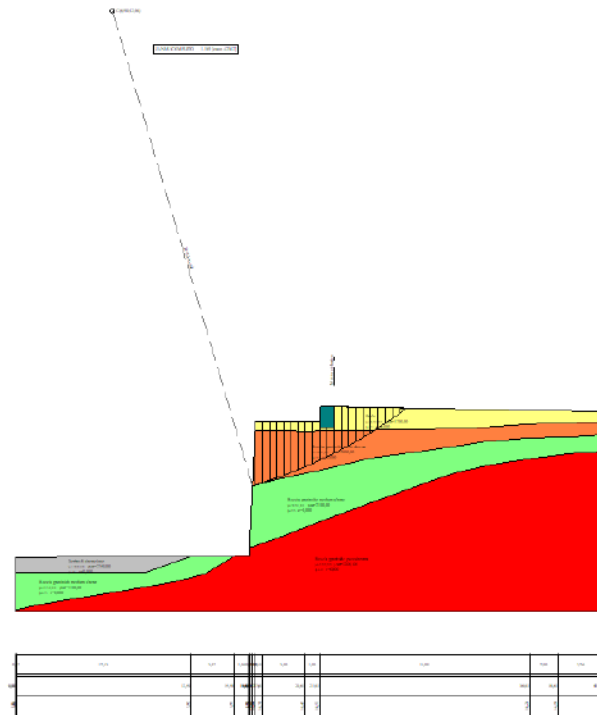


Fig. 23 - Superficie critica post operam sezione 5



### 3.2 Verifica di stabilità di versante *ante e post operam* SEZIONE 11

Il versante progettuale con pendio immergente a NE di centro pista è stato caratterizzato nella Sezione n. 11. La verifica di stabilità di versante ante operam (fig. 24) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.004$  in testa alla scarpata legata alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

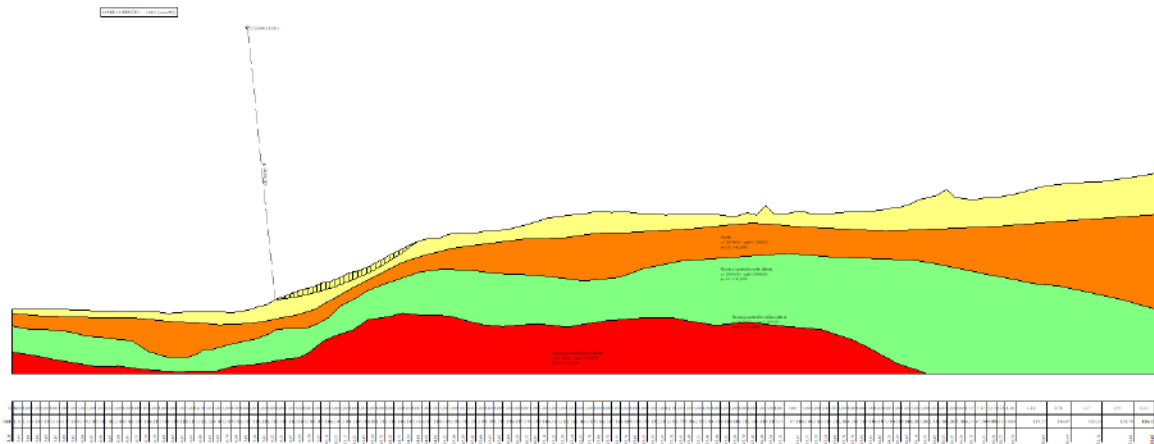


Fig. 24 - Superficie critica ante operam sezione 11

La verifica di stabilità di versante post operam (fig. 25) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.126$ .

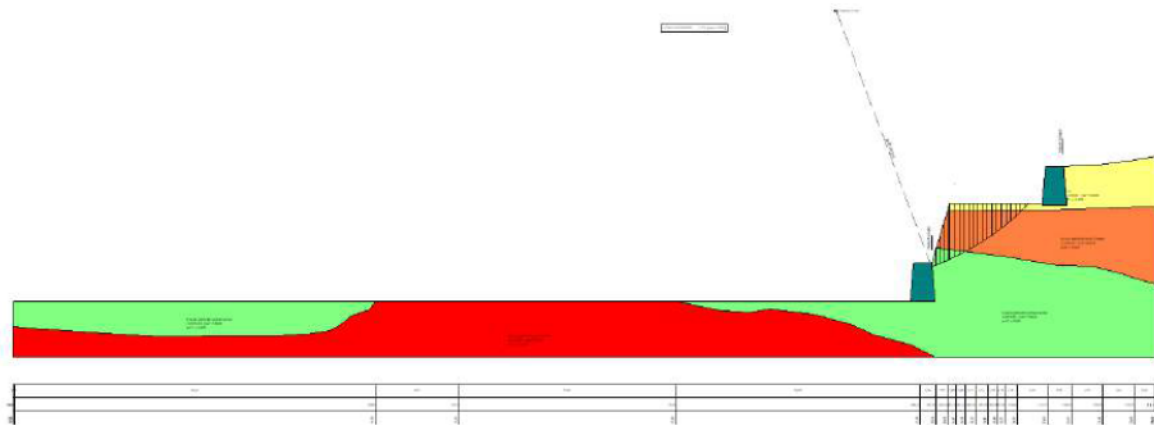


Fig. 25 - Superficie critica post operam sezione 11

### 3.3 Verifica di stabilità di versante *ante e post operam* SEZIONE 13

Il versante progettuale con pendio immergente a NE di centro pista è stato caratterizzato nella Sezione n. 13. La verifica di stabilità di versante ante operam (fig. 26) presenta una superficie critica con  $F_s = 0.952$  in testa alla scarpata legata alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

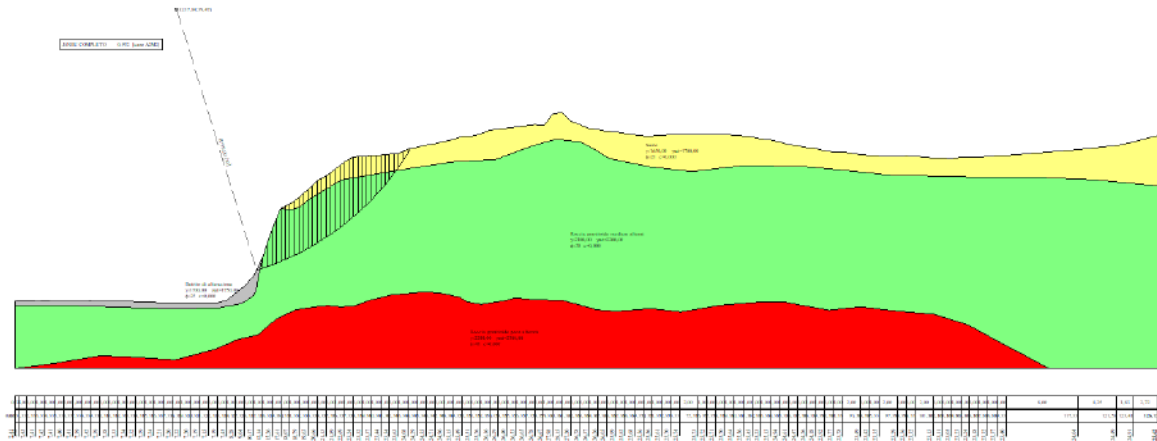


Fig. 26 - Superficie critica ante operam sezione 13

La verifica di stabilità di versante post operam (fig. 27) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.276$ .

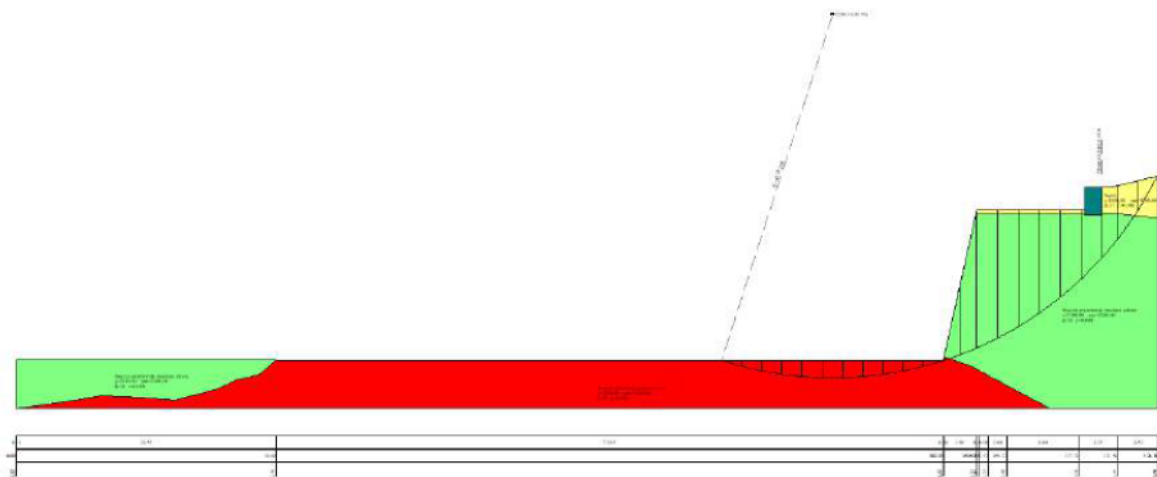


Fig. 27 - Superficie critica post operam sezione 13

### 3.4 Verifica di stabilità di versante *ante e post operam* SEZIONE 15

Il versante progettuale con pendio immergente a NE di centro pista è stato caratterizzato nella Sezione n. 15. La verifica di stabilità di versante ante operam (fig. 28) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.030$  in testa alla scarpata legata alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

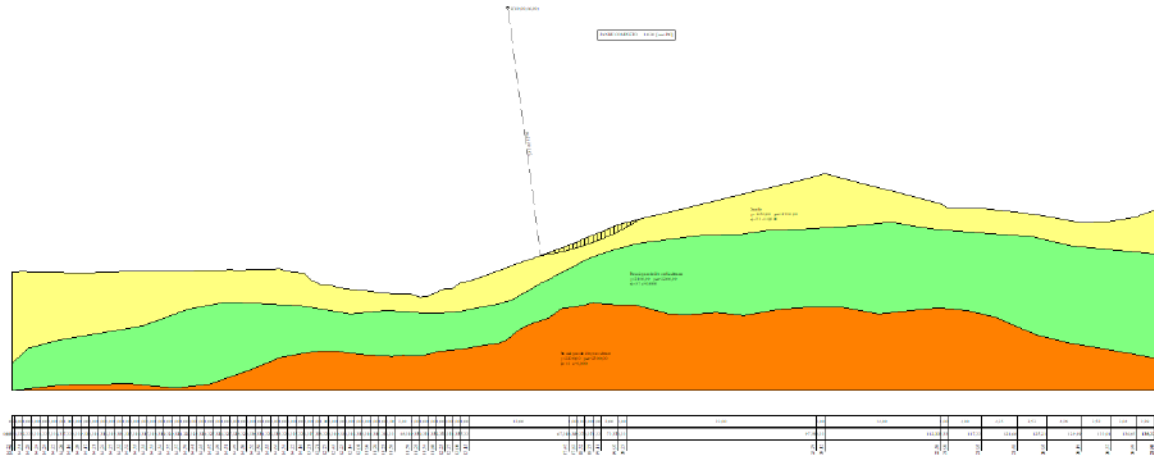


Fig. 28 - Superficie critica ante operam sezione 15

La verifica di stabilità di versante post operam (fig. x29xx) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.252$ .

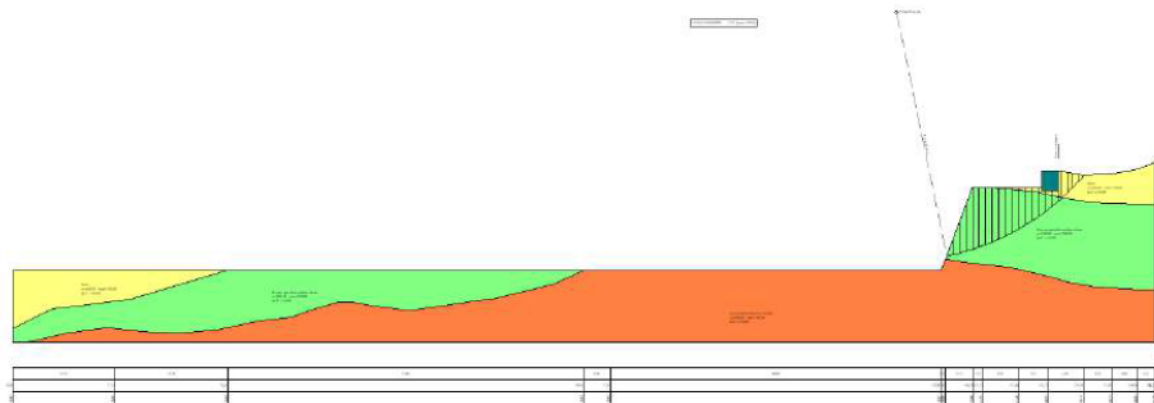


Fig. 29 - Superficie critica post operam sezione 15

### 3.5 Verifica di stabilità di versante *ante e post operam* SEZIONE 17

Il versante progettuale con pendio immergente a NE di inizio pista è stato caratterizzato nella Sezione n. 17. La verifica di stabilità di versante ante operam (fig. 30) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.535$  in testa alla scarpata legata alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali.

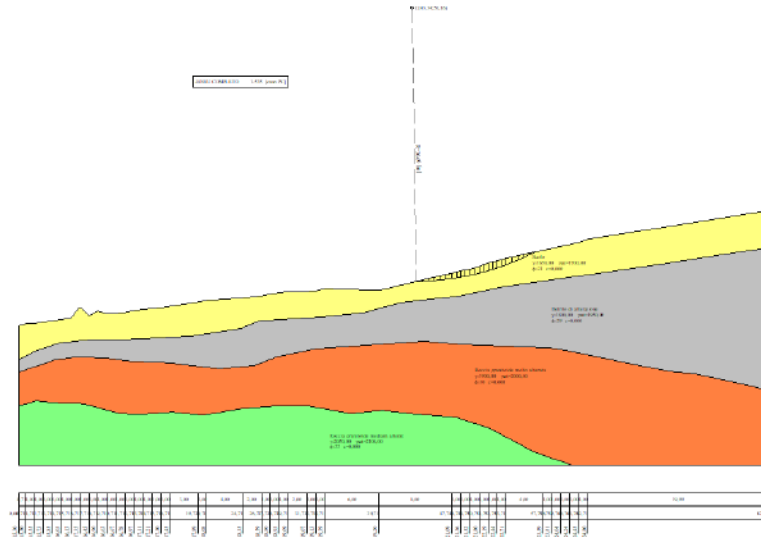


Fig. 30 - Superficie critica ante operam sezione 17

La verifica di stabilità di versante post operam (fig. 31) presenta una superficie critica con  $F_s = 1.260$ .

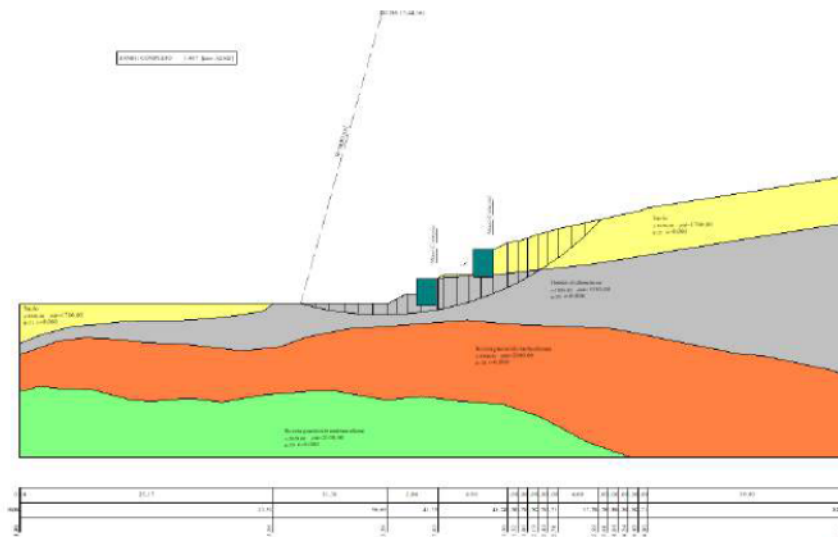


Fig. 31 - Superficie critica post operam sezione 17



#### **4. CONSIDERAZIONI FINALI**

Lo scrivente Geologo Salvatore Rota, in relazione alle indagini eseguite e al rilevamento geologico-strutturale dell'area di studio, ha redatto il modello geologico nell'ambito del progetto: "Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca - Richiesta di Integrazioni della Commissione VIA-VAS - Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del documento prot. n° R.U.-U.0005201", da realizzarsi sull'Altopiano Silano nel territorio comunale di Cotronei (KR).

In base a quanto prescritto dalle normative vigenti, la relazione comprende e illustra lo studio dei litotipi, delle strutture e dei caratteri fisici del sottosuolo. Sono stati definiti il modello geofisico (prospezioni hvsr) e la caratterizzazione degli aspetti stratigrafici, litologici, geomorfologici e geologico-strutturali (rilevamento geologico e fotointerpretazione) dell'area progettuale.

Sono stati determinati il comportamento meccanico del volume di terreno influenzato direttamente dai lavori in progetto e le stabilità dei versanti, ante e post escavazioni, con valutazione delle verifiche sull'equilibrio limite di pendio. L'ampliamento della pista di volo prevede dei tagli di versante da effettuare attraverso lo sbancamento, analizzati nelle verifiche di stabilità di versante condotte nelle sezioni geologiche n. 5, 11, 13, 15, 17.

La realizzazione degli scavi di sbancamento comporta una riprofilatura dei versanti, le cui verifiche di stabilità prevedono delle opere di contenimento e di regimazione idraulica tali che siano soddisfatti i requisiti generali di progetto, con la sussistenza di prefissati margini di sicurezza nei confronti di possibili meccanismi di collasso (requisiti di sicurezza). Nelle fasce cataclastiche, rappresentate nel profilo geologico allegato, sono state previste delle opere di contenimento sia sul piede della scarpata che a mezza costa, che avranno funzione drenante e consolidante al fine di verificare la stabilità delle scarpate progettuali.

I rilevati progettuali saranno realizzati con materiali provenienti dagli sbancamenti da effettuare per la realizzazione dell'aviosuperficie, e sostenuti da un substrato granitico adatto alla messa in opera della struttura rilevata. Nella fase di progettazione esecutiva saranno redatte le sezioni sul rilevato della pista con tutti gli elementi atti al mantenimento dell'integrità e della stabilità del rilevato.

In fase esecutiva, gli sbancamenti e i tagli sui versanti saranno seguiti da un Direttore Operativo che verificherà il corretto avanzamento dei lavori. Il Direttore Operativo dovrà valutare la corrispondenza del Modello Geologico redatto nella presente Relazione Geologica e lo stato di fatto dei fronti di escavazione, valutando caso per caso accorgimenti e integrazioni da attuare sui versanti progettuali.

Cosenza, 25 Novembre 2022

Geol. Salvatore Rota



# COMUNE DI COTRONEI PROVINCIA DI CROTONE







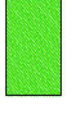
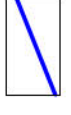

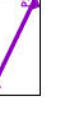
Istruttoria VIA - Ampliamento  
aviosuperficie Franca

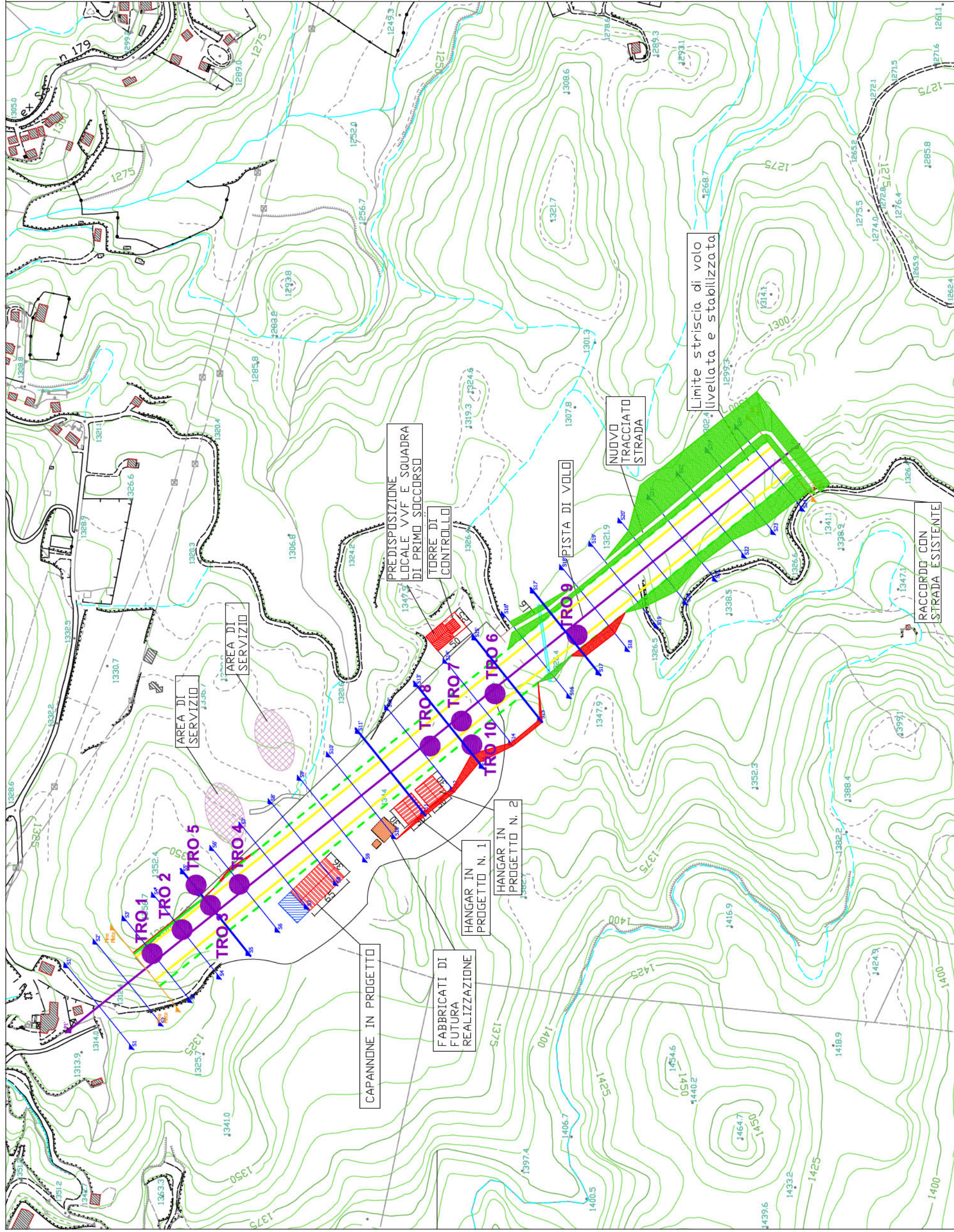
Richiesta di Integrazioni della  
Commissione VIA-VAS

Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del  
documento prot. n° R.U.-U.0005201

## TAV. 1 Carta Ubicazione Indagini e Sezioni

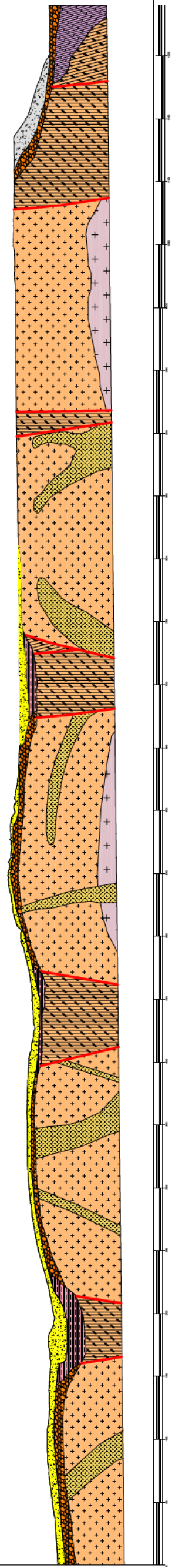
### LEGENDA

	FABBRICATI DI NUOVA COSTRUZIONE
	FABBRICATI ESISTENTI
	PISTA DI VOLO
	AREE DI SERVIZIO
	FABBRICATI DI FUTURA REALIZZAZIONE
	SEZIONI IN SCAVO
	INCONTRIO RILEVATI DA REALIZZARE
	SEZIONI VERIFICHE DI STABILITA'
	PROSPERZIONI GEOFISICHE INBR
	PROFILO GEOLOGICO





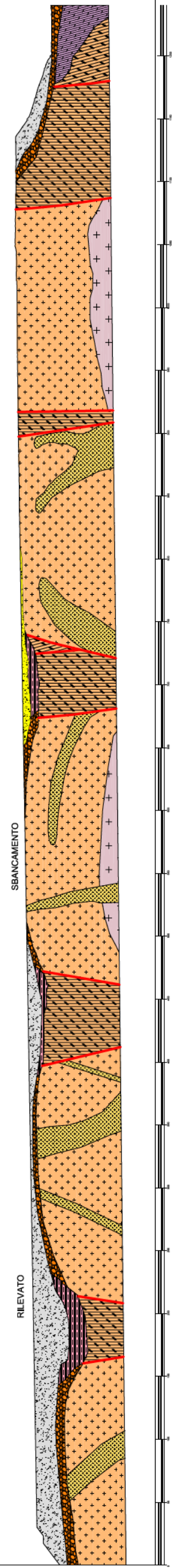
**PROFILO GEOLOGICO P1 -P1' ante operam**  
DIREZIONE NW / SE



**COMUNE DI COTRONEI**  
PROVINCIA DI CROTONE  
Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca  
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS  
Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del documento prot. n°  
R.U.-U.0005201

- LEGENDA**
- 1. Suolo e detrito sul versante; 2. Marnole di Ferrandino.  
Fermasolitor di base.
  - 3. Prodotti di crollo e coltre di alluvione.  
1. Marnole di versante; 2. Alluvioni facili.  
Fermasolitor di media.
  - 4. Intestini calcarei con (Maf) quarzo-feldspatici.  
Fermasolitor da bassa a media.
  - 5. Rocce granitiche (da quarzo-feldspatici a granitici).  
Intestini calcarei.  
Fermasolitor da media-bassa a elevata nella fase consolidata.  
Liscio di natura granitica occasionalmente anfibolitica.  
Fermasolitor medio bassa.
  - 6. Dell'istruzione, estrazione e andamento base cartografiche

**PROFILO GEOLOGICO P1 -P1' post operam**  
DIREZIONE NW / SE



**COMUNE DI COTRONEI**  
PROVINCIA DI CROTONE  
Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca  
Richiesta di integrazioni della Commissione VIA-VAS  
Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del documento prot. n°  
R.U.-U.0005201

- LEGENDA**
- 1. Suolo e detrito sul versante; 2. Marnole di Ferrandino.  
Fermasolitor di base.
  - 3. Prodotti di crollo e coltre di alluvione.  
1. Marnole di versante; 2. Alluvioni facili.  
Fermasolitor di media.
  - 4. Intestini calcarei con (Maf) quarzo-feldspatici.  
Fermasolitor da bassa a media.
  - 5. Rocce granitiche (da quarzo-feldspatici a granitici).  
Intestini calcarei.  
Fermasolitor da media-bassa a elevata nella fase consolidata.  
Liscio di natura granitica occasionalmente anfibolitica.  
Fermasolitor medio bassa.
  - 6. Dell'istruzione, estrazione e andamento base cartografiche





# TECNICA SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

## COMUNE DI COTRONEI *PROVINCIA DI CROTONE*

*Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca  
Richiesta di Integrazioni della Commissione VIA-VAS  
Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del documento prot. n°  
R.U.-U.0005201*

## RELAZIONE STRUMENTALE

*ANALISI H/V*

*PICCHI SPETTRALI (METODO NAKAMURA)*

*STRATIGRAFIA SISMICA PASSIVA*

*Vs 30 A FIT VINCOLATO DELLA CURVA H/V*

*CRITERIO DI SESAME (2005)*

**COMMITTENTE: Arch. Ing. Giuseppe Antonio Baffa**

**IL TECNICO**

**Geol. Salvatore Rota**

**Sommario**

<b>PREMESSA</b>	2
<b>INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR</b>	2
<b>SPECIFICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO</b>	4
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 1</b>	5
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 2</b>	9
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 3</b>	13
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 4</b>	17
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 5</b>	21
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA ACQUISIZIONE - TRO 6</b>	25
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 7</b>	29
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 8</b>	33
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 9</b>	37
<b>ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 10</b>	41

## PREMESSA

In attinenza al progetto **“Istruttoria VIA - Ampliamento aviosuperficie Franca Richiesta di Integrazioni della Commissione VIA-VAS Punto 15 (Suolo e sottosuolo) del documento prot. n° R.U.-U.0005201”**, il sottoscritto Geol. Salvatore Rota ha eseguito delle indagini geofisiche per la definizione della categoria di sottosuolo.

La relazione che segue comprende e illustra:

- Indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o hvsr;
- Valutazione sulle frequenze di risonanza del sottosuolo.

Il TROMINO® si basa su un progetto brevettato che ottimizza la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz. Questo strumento può raggiungere una risoluzione complessiva migliore di quella raggiunta dalle più recenti catene di sismometri fissi (in volta) e digitalizzatori.

TROMINO® ottiene questo risultato mantenendo una configurazione ultra-compatta e ultra-leggera. Le sue caratteristiche sono il risultato di una filosofia progettuale innovativa volta innanzitutto ad ottimizzare l'accoppiamento dei sensori con il terreno e a minimizzare le perturbazioni indotte dallo strumento sul campo d'onde del rumore sismico. Quest'ultimo risultato è raggiunto mediante l'impiego di masse molto ridotte e con l'uso di una struttura rigida non risonante costruita con materiali non-diffragenti. I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali di TROMINO® consentono una accuratezza relativa maggiore di  $10^{-4}$  sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

## INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica è stato varato con ordinanza n. 3274 del presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 ed è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale l'8 maggio e successivamente ripreso dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018. Le nuove norme si compongono di quattro argomenti e in particolare in n°2 evidenzia le *norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*. Come si legge nel documento esplicativo, la principale finalità del corpo delle nuove norme è quella di rinnovare profondamente le norme tecniche per le zone sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello europeo (Eurocodice 8). Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di risposta sismica locale. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relazione lo spettro



di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale  $H/V = 1$ ) con quello effettivamente misurato in superficie. La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze. Per capire la procedura per il calcolo del moto sismico in superficie analizziamo un caso semplificato di un deposito di terreno omogeneo di spessore  $H$ , poggiante su un basamento roccioso soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale. Se le onde di taglio verticali incidenti sono sinusoidali di frequenza  $f$ , l'accelerazione sull'affioramento rigido è una sinusoidale di frequenza  $f$  e ampiezza  $a_{maxr}$  mentre la corrispondente accelerazione alla superficie del deposito, anch'essa sinusoidale di frequenza  $f$ , ha ampiezza pari ad  $a_{maxs}$ . Il rapporto  $a_{maxr} / a_{maxs}$  prende il nome di *fattore di amplificazione*,  $A$ , e dipende dalla frequenza dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto  $I = (\sigma b V b) / (\sigma s V s)$  tra l'impedenza sismica della roccia di base  $\sigma b V b$  e quella del deposito  $\sigma s V s$ . La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali  $f_n$  di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \text{ con } n = 1, 2, \dots, \quad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito  $f_1$ , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

È quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose (fig.1).

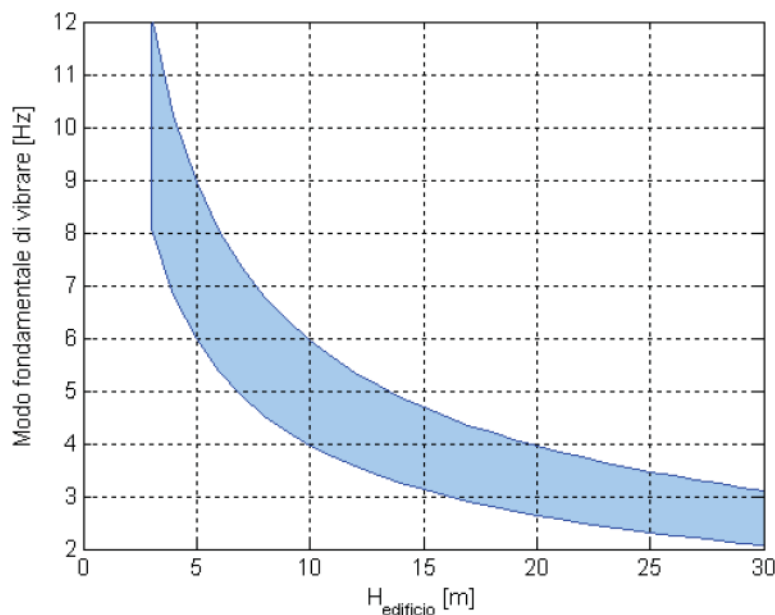


Fig.1 – Relazione tipica tra l'altezza di una struttura in c.a. e la frequenza del primo modo flessionale

## SPECIFICHE TECNICHE DELLO STRUMENTO

TROMINO è un Sistema Ultra-Portatile per l'Acquisizione del Rumore Sismico e delle Vibrazioni.

L'approccio progettuale di TROMINO® è basato non come un sismografo che misura anche il rumore sismico ma quale strumento progettato espressamente per misure di microtremore.

- **Costruttore** Micromed S.P.A. via Giotto 2 - 31020 - Mogliano Veneto(TV) – Italia tel. +39-041-5937000 fax +39-041-5937011 e-mail: info@tromino.it ; support@tromino.it;
- **Apparato** TROMINO® sistema ultraportatile di acquisizione del rumore sismico;
- **Classificazione** • CISPR 11 - EN 55011 (apparati a radiofrequenza Industriali, Scientifici e Medicali (ISM) - Caratteristiche disturbi radio - Limiti e metodi di misura), Gruppo1 Classe B;
- **Conformità agli standard** EN 55011, IEC 61000-4-2, IEC 61000-4- 4, IEC 61000-4-3;
- **Alimentazione** 2 x 1.5 VDC AA, batterie alcaline;
- **Voltaggio Interno** +3.3 V, +3.6 V per la sezione analogica;
- **Potenza utilizzata** 75 mW (GPS inattivo), 450 mW;
- **Numero canali** 7 + 1 analogico;
- **Amplificatori** tutti i canali con ingressi differenziali;
- **Rumore** < 0.5  $\mu$ V r.m.s. @ campionamento 128Hz;
- **Impedenza in ingresso** 106 $\Omega$ ;
- **Intervallo di frequenza** DC – 360 Hz;
- **Frequenza campionamento** 16384 Hz per canale;
- **Frequenza sovracamp.** 32x, 64x, 128x;
- **Risoluzione A/D** 24 bit equivalenti;
- **Max ingresso analogico** 51.2 mV (781 nV/digit);
- **Display** grafico, 128 x 64 pixel, retroilluminato;
- **Tastiera** soft-touch, 4 tasti;
- **Orologio** interno, permanente con data e allarme, può essere visualizzato durante l'acquisizione;
- **Livellamento** a bolla, alta precisione orizzontale, sensibilità 5' arco (0.083°);
- **Connessioni** Porta USB tipo B;
- **Registrazione dati** memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb;
- **Dimensioni e peso** 10 x 14 x 7.7 (altezza) cm 1.1 kg. Contenitore in alluminio;
- **Accoppiamento al terreno** piedini o cuscino reologico;
- **Condizioni ambientali per l'uso** temperatura – 10 / +70°C, umidità 0-90% senza condensa;
- **Impermeabilità** Indice di protezione IP → 65 (a prova di polvere e schizzi);
- **Sensori** 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali Auto-bloccanti quando non acquisiscono Correzione elettronica ed attraverso il software Grilla per la risposta in frequenza dei sensori;
- **Intervallo frequenza di lavoro** 0.1 - 256 Hz.

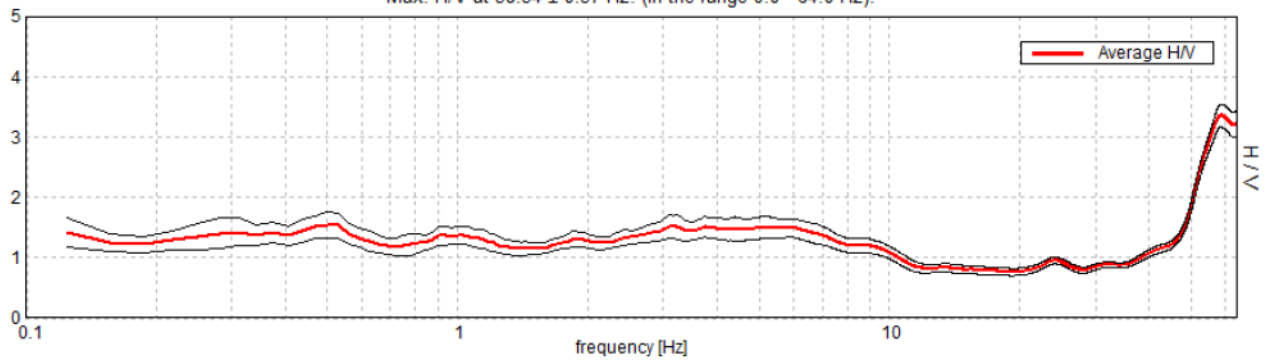
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 1

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 09:48:59      End recording: 15/11/02 10:13:00  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

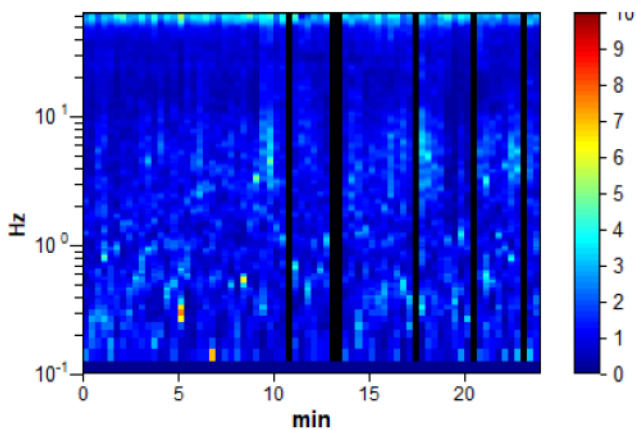
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 92% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $58.34 \pm 0.37$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

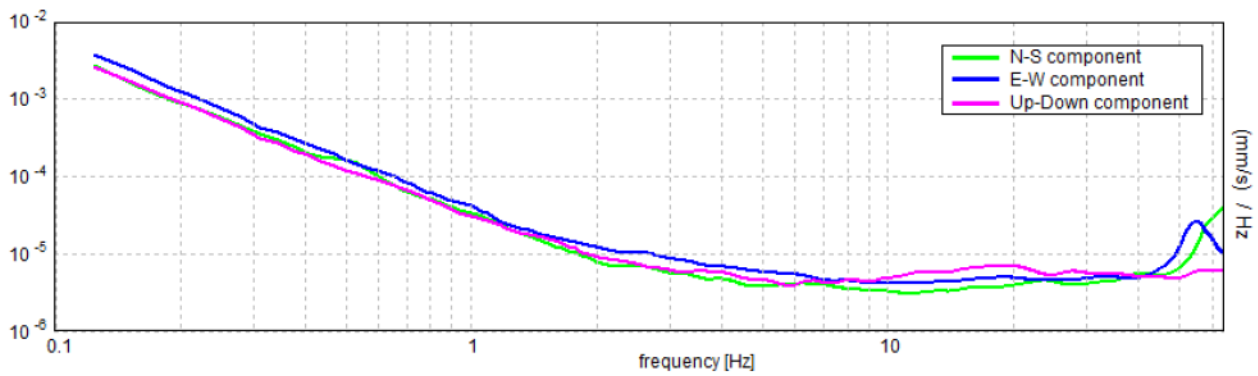


### H/V TIME HISTORY



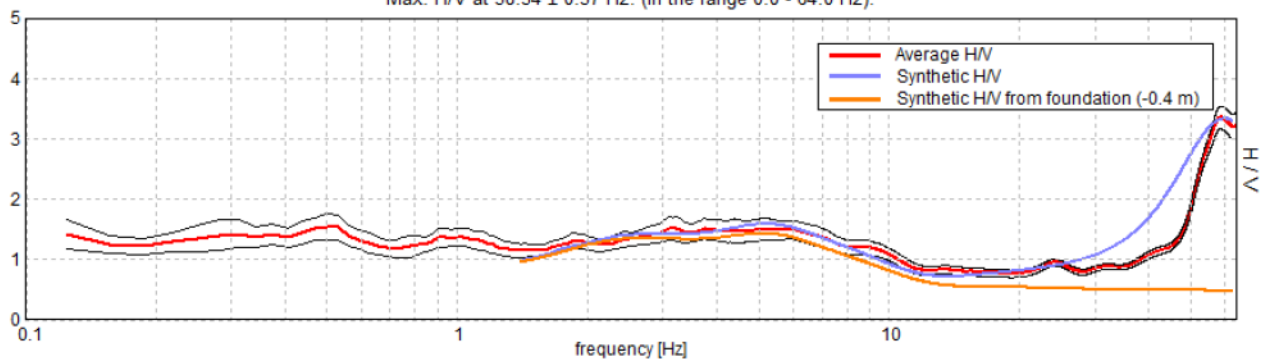


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



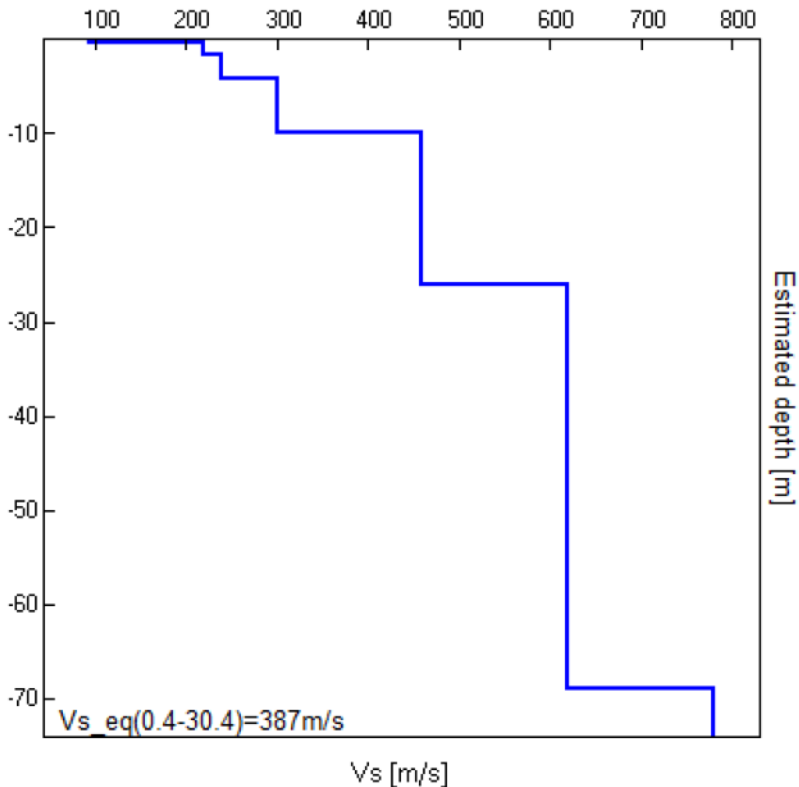
### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 58.34 ± 0.37 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	94	0.39
1.60	1.20	220	0.38
4.20	2.60	240	0.37
10.00	5.80	300	0.36
26.00	16.00	460	0.35
69.00	43.00	620	0.34
inf.	inf.	780	0.33

$V_{s\_eq}(0.4-30.4)=387\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 58.34 ± 0.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	58.34 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	77013.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1116 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	49.188 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.35 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00637  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.37149 < 2.91719	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1873 < 1.58	OK	

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

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

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



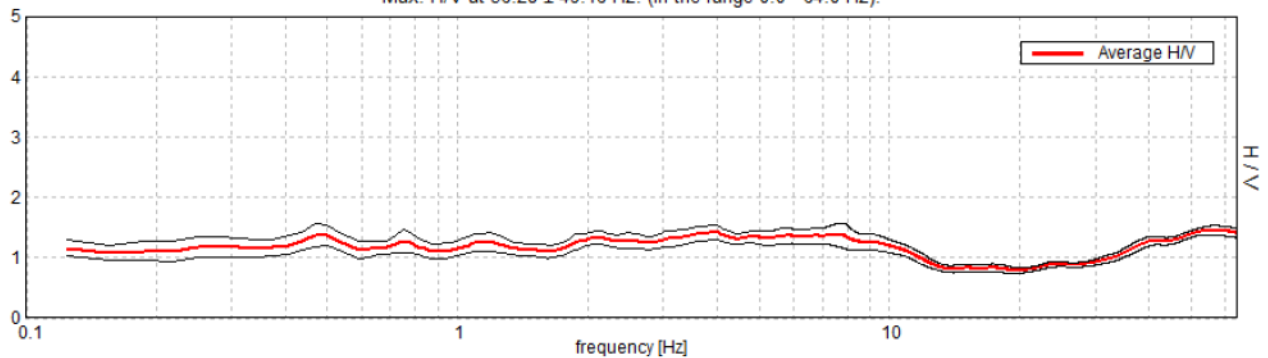
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 2

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 10:21:34      End recording: 15/11/02 10:45:35  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

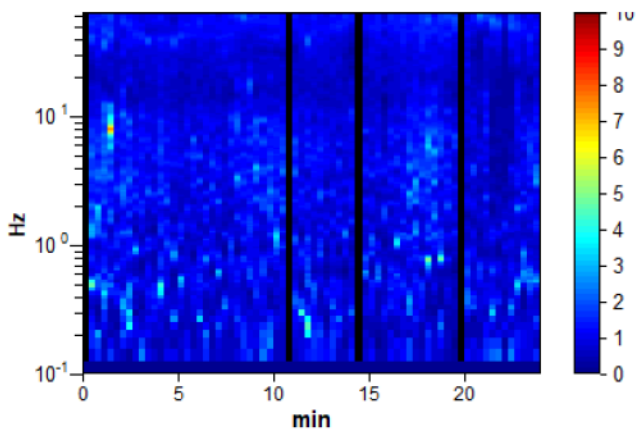
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 94% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

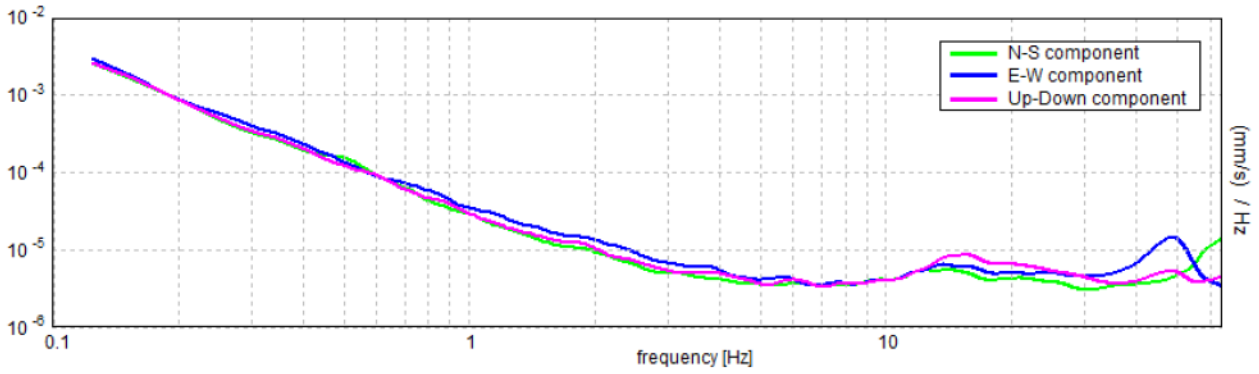
Max. H/V at 56.28 ± 49.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

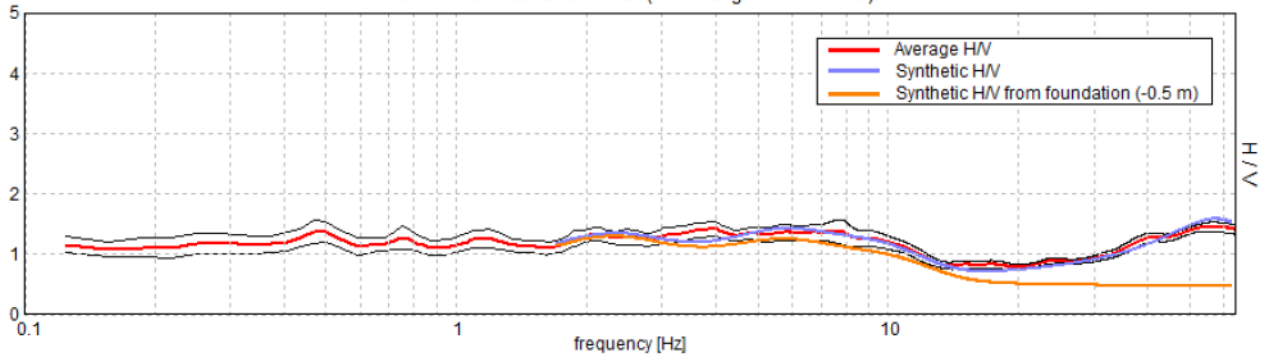


SINGLE COMPONENT SPECTRA



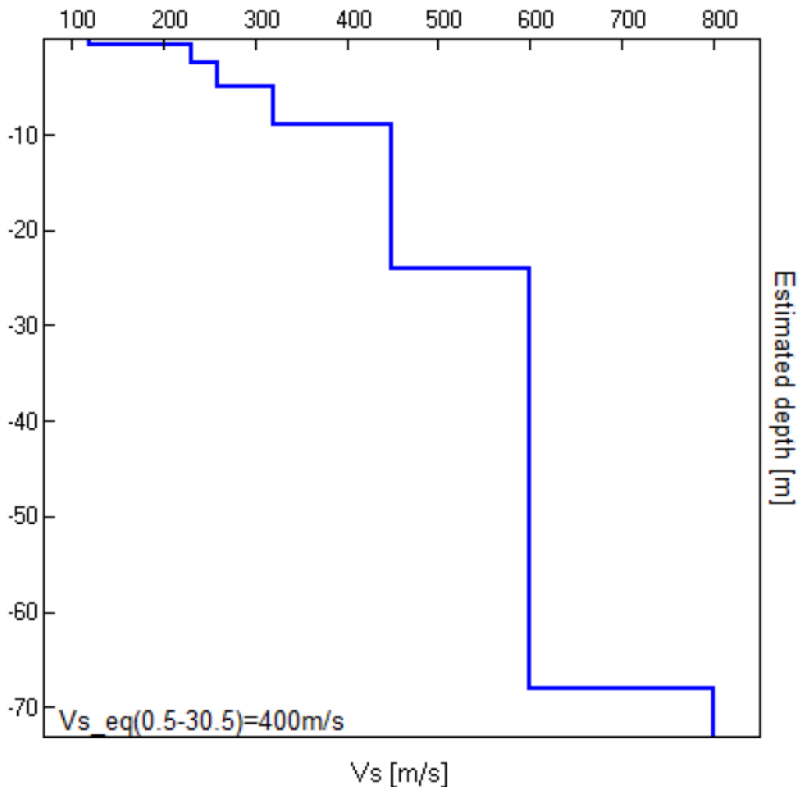
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 56.28 ± 49.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	120	0.39
2.50	2.00	230	0.38
5.00	2.50	260	0.37
9.00	4.00	320	0.36
24.00	15.00	450	0.35
68.00	44.00	600	0.34
inf.	inf.	800	0.33

Vs\_eq(0.5-31.0)=400m/s





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 56.28 ± 49.16 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	56.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	76542.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1148 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.46 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.87354  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	49.16364 < 2.81406		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0802 < 1.58	OK	

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

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

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

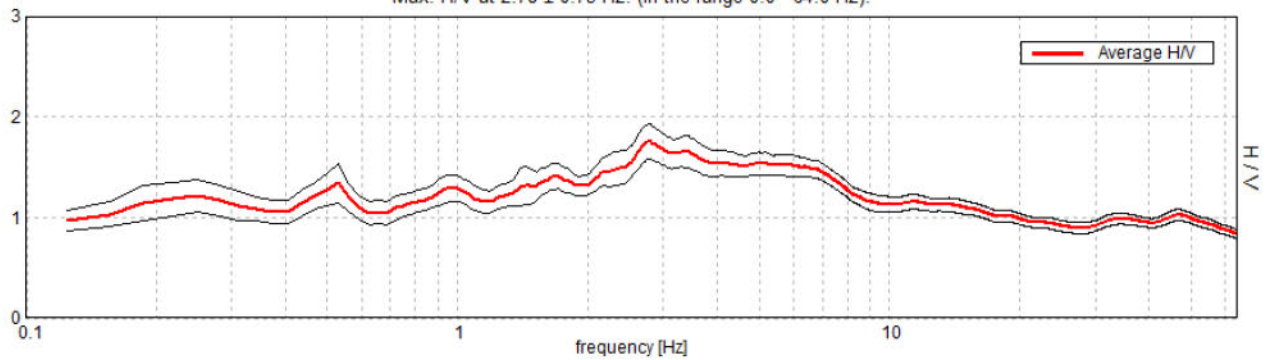
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 3

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 10:57:41      End recording: 15/11/02 11:21:42  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

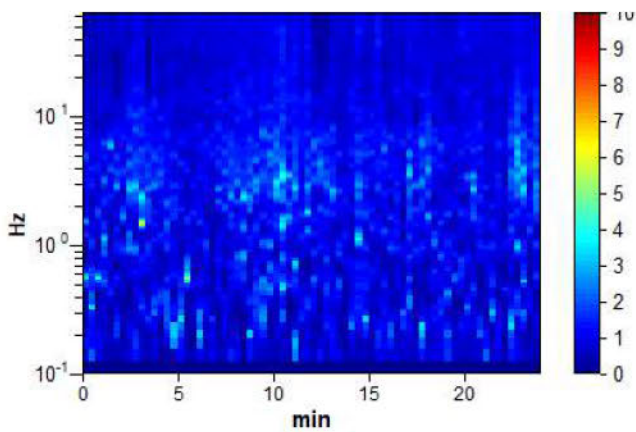
Trace length: 0h24'00".      Analysis performed on the entire trace.  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

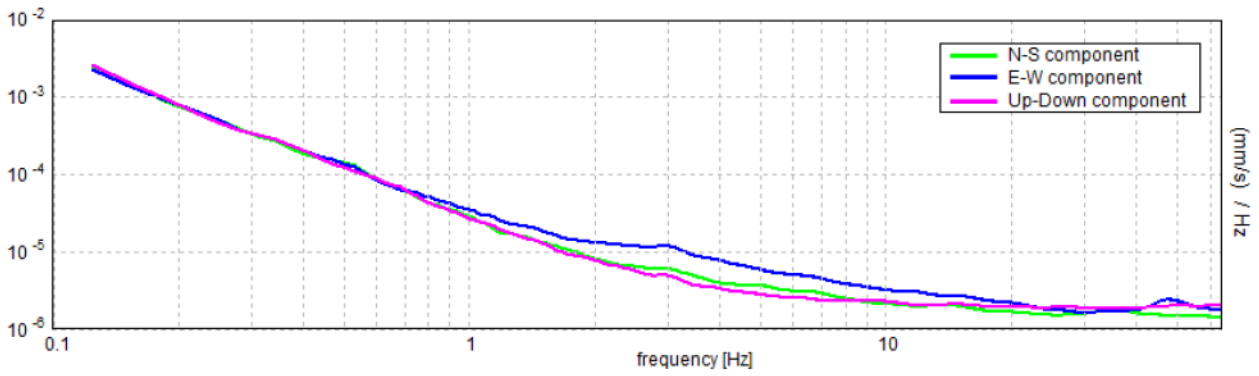
Max. H/V at  $2.78 \pm 0.75$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

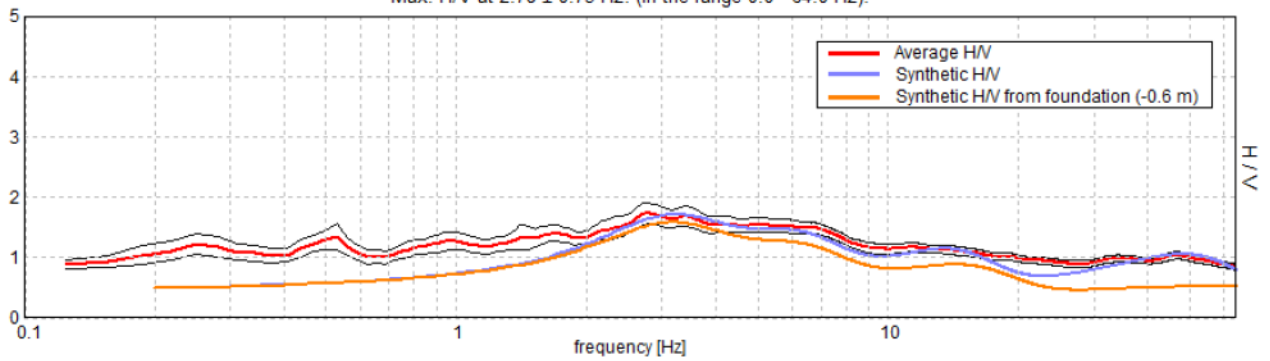


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

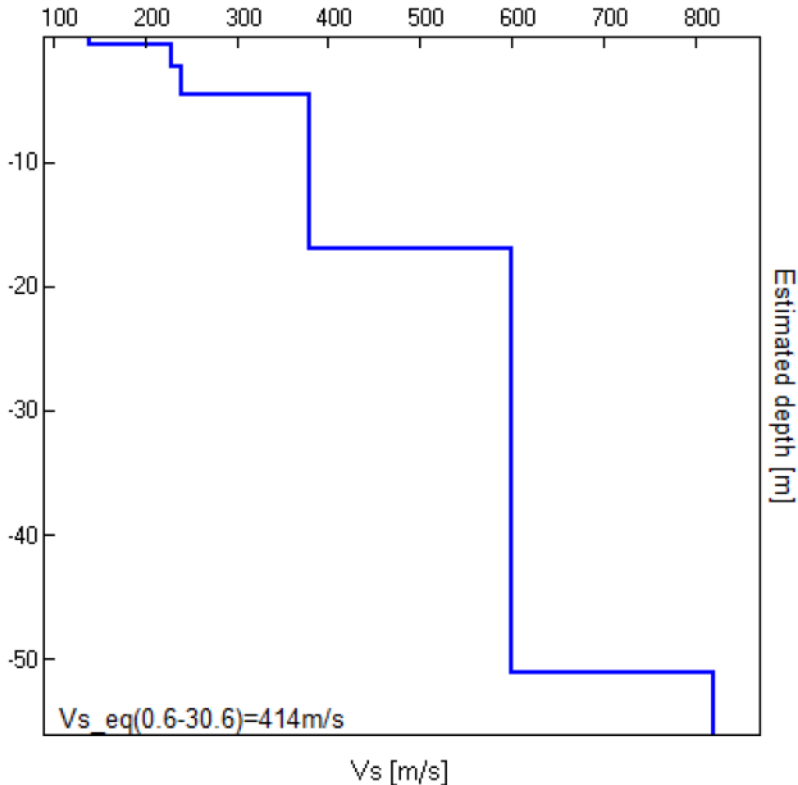
Max. H/V at  $2.78 \pm 0.73$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.65	0.65	140	0.40
2.30	1.65	230	0.38
4.60	2.30	240	0.37
17.00	12.40	380	0.36
51.00	34.00	600	0.35
inf.	inf.	820	0.34

$V_{s\_eq}(0.6-30.6)=414\text{m/s}$





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.78 \pm 0.75$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4005.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 134 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.75 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26979  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.75034 < 0.13906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1734 < 1.58$	OK	

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

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

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

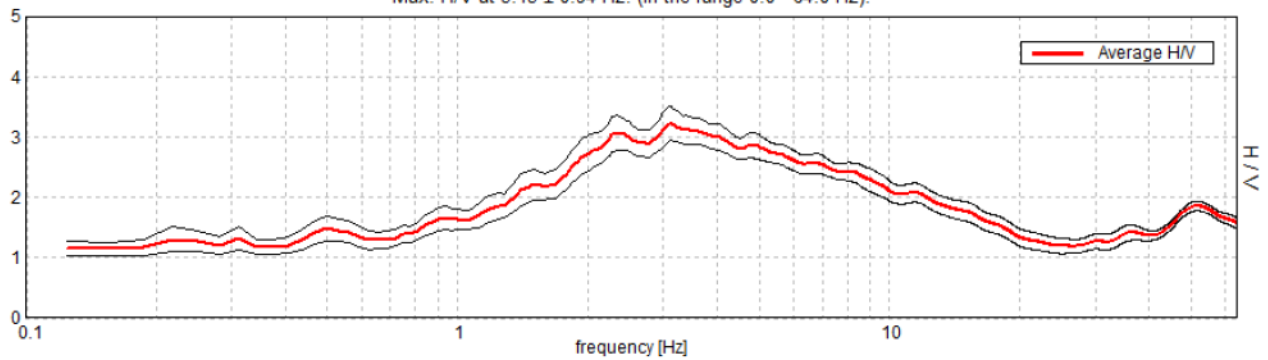
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 4

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 11:39:52      End recording: 15/11/02 12:03:53  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

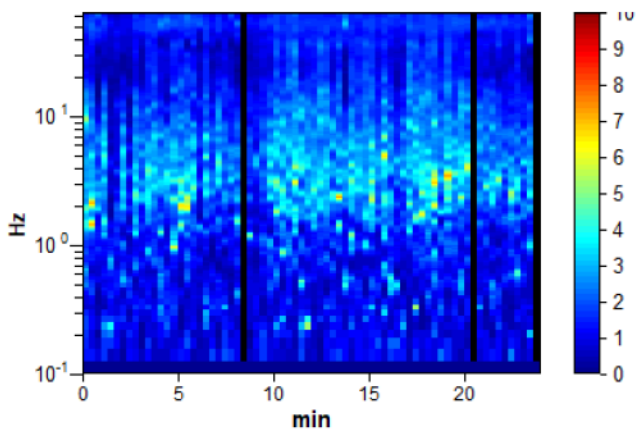
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 96% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $3.13 \pm 0.94$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

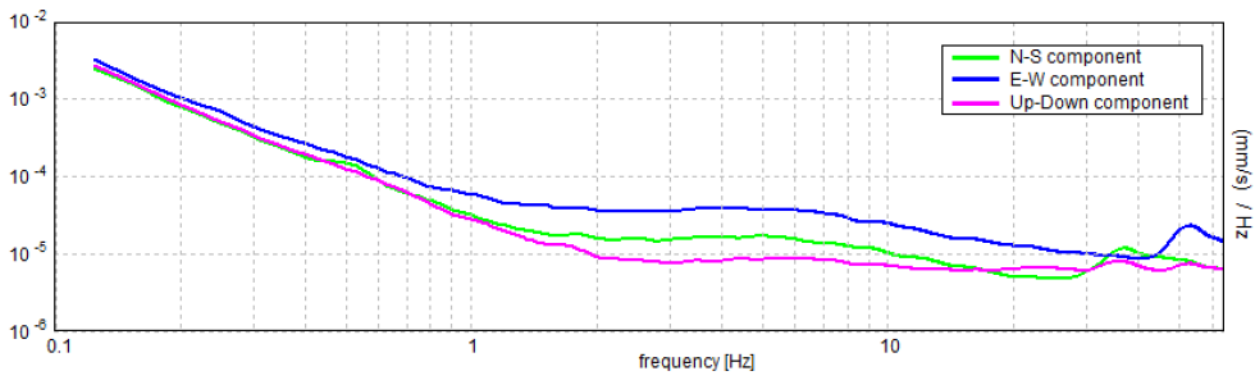


### H/V TIME HISTORY



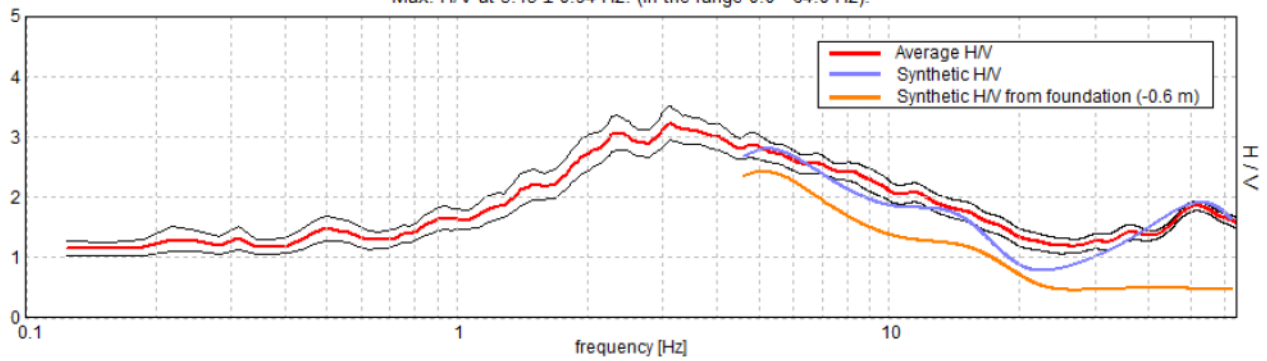


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



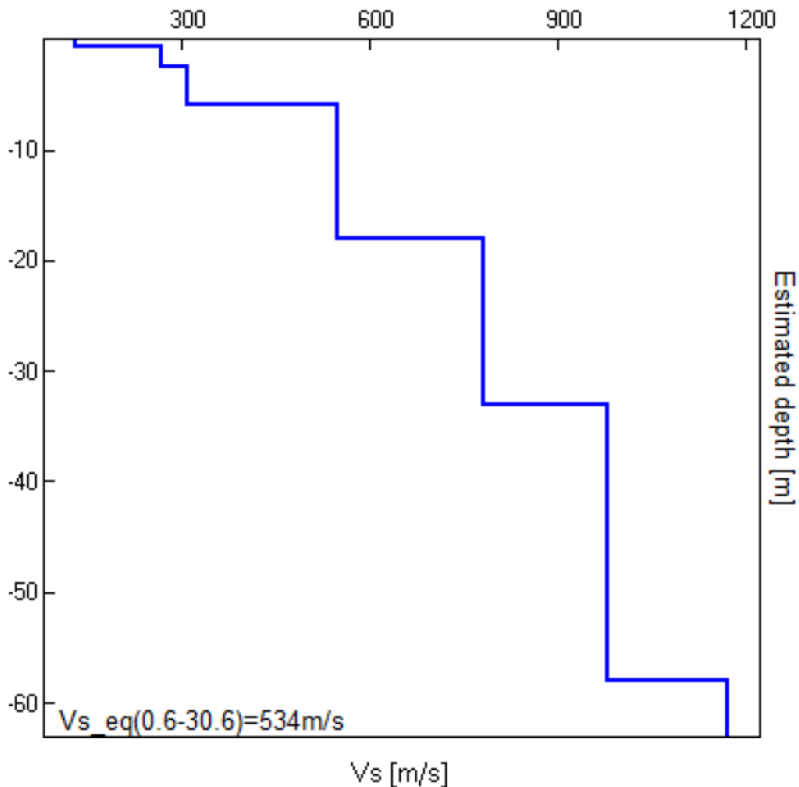
### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $3.13 \pm 0.94$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	132	0.40
2.40	1.80	268	0.37
5.90	3.50	310	0.36
18.00	12.10	550	0.35
33.00	15.00	780	0.34
58.00	25.00	980	0.33
inf.	inf.	1170	0.32

$V_{s\_eq}(0.6-30.6)=534\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 3.13 ± 0.94 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	4312.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 151 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.23 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.30207  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.94398 < 0.15625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2858 < 1.58	OK	

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

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

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



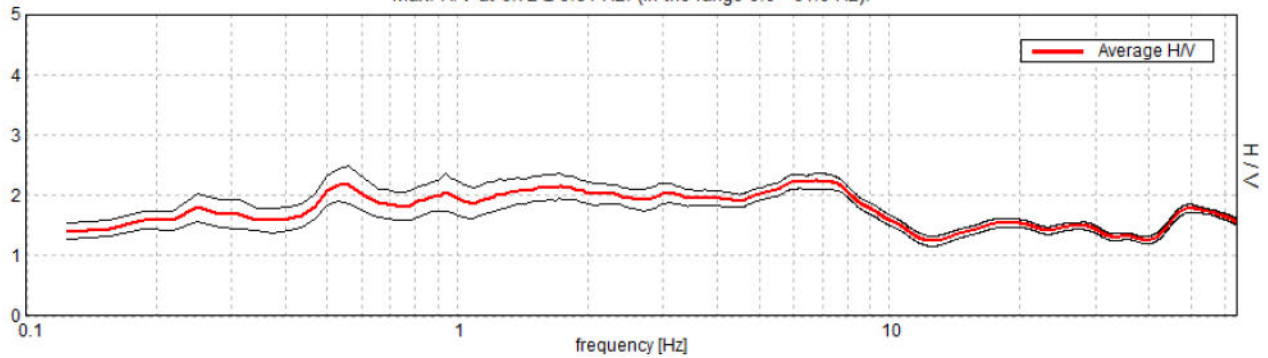
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 5

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 12:18:54      End recording: 15/11/02 12:54:55  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

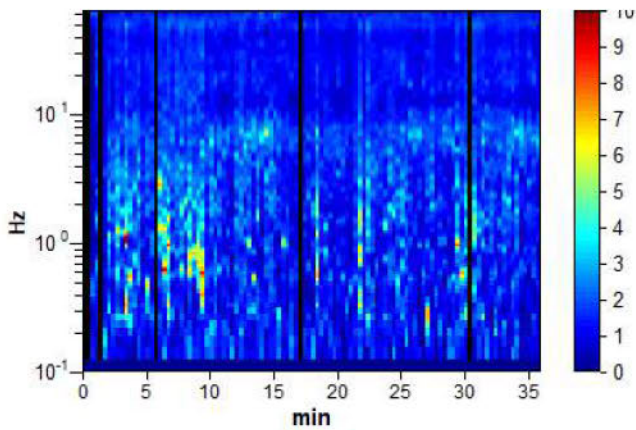
Trace length: 0h36'00".      Analyzed 94% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

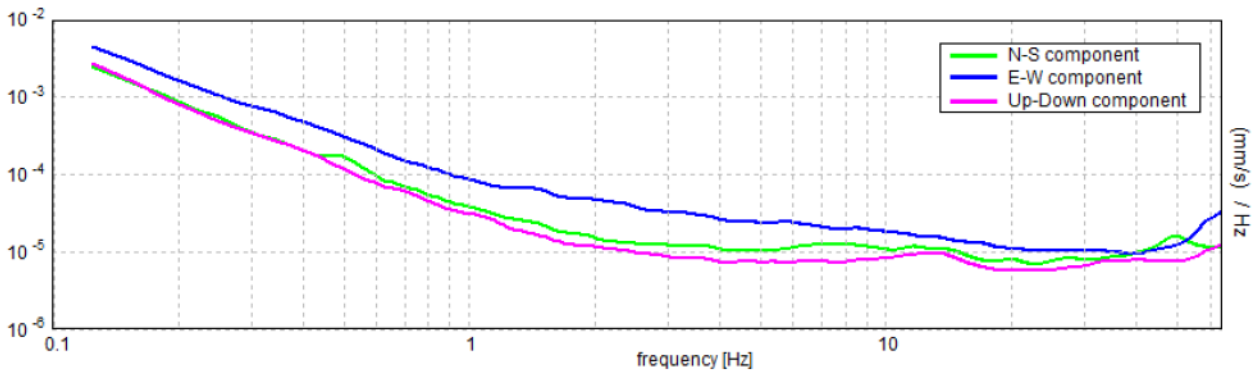
Max. H/V at  $6.72 \pm 9.81$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

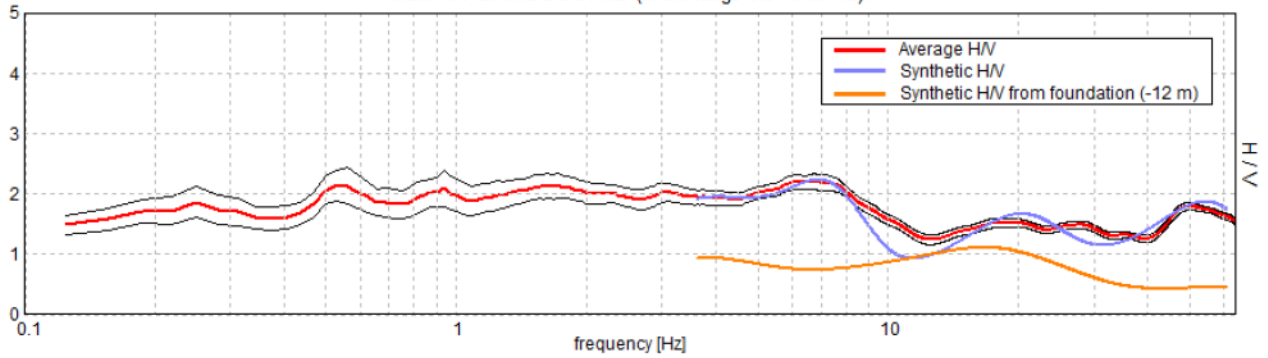


SINGLE COMPONENT SPECTRA



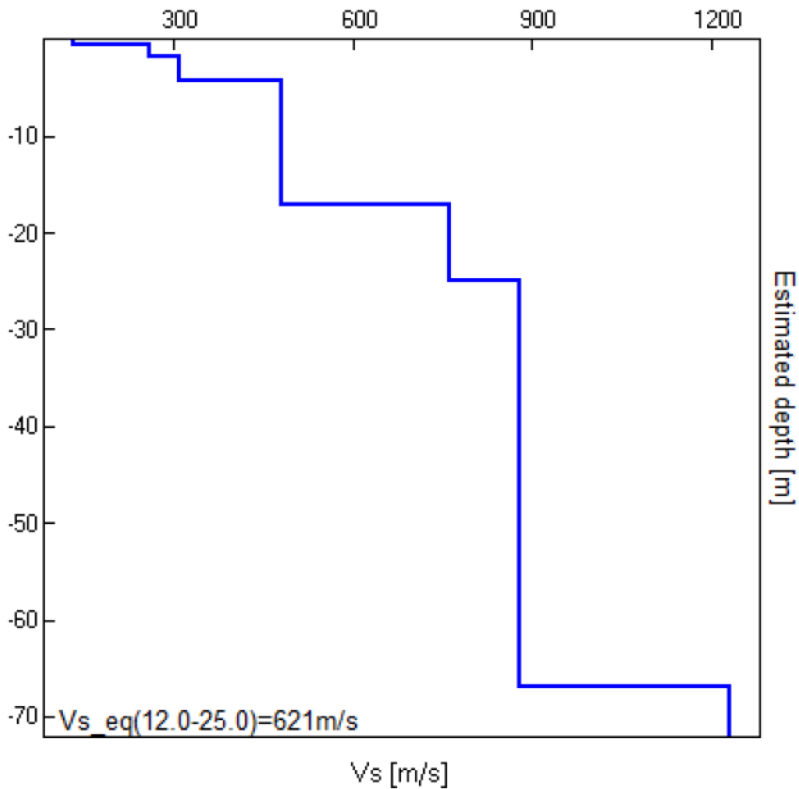
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 6.72 ± 5.84 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.55	0.55	132	0.40
1.70	1.15	259	0.38
4.20	2.50	310	0.37
17.00	12.80	480	0.37
25.00	8.00	760	0.35
67.00	42.00	880	0.33
inf.	inf.	1230	0.32

Vs\_eq(12.0-37.0)=621m/s





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $6.72 \pm 9.81$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13706.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 324 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.24 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.46007  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$9.80985 < 0.33594$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1271 < 1.58$	OK	

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

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

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

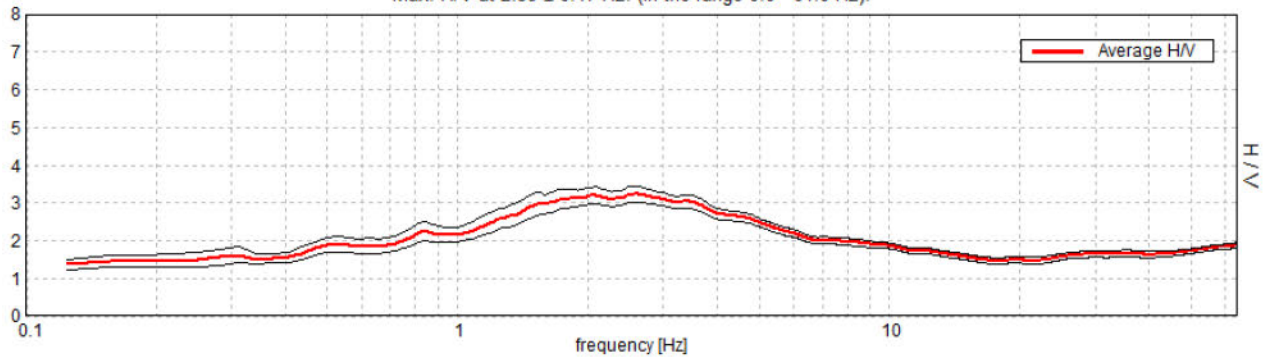
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA ACQUISIZIONE - TRO 6

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 13:21:50      End recording: 15/11/02 13:57:50  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

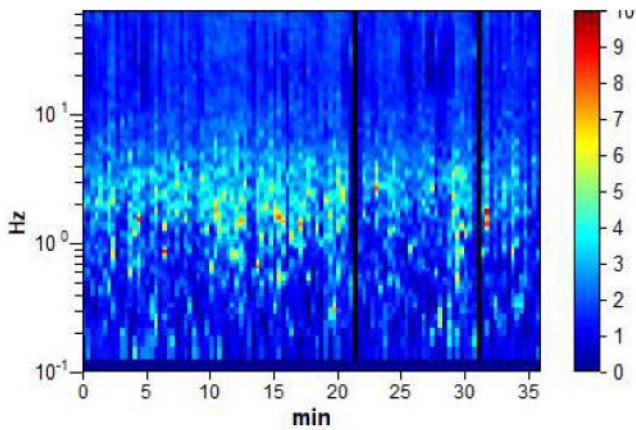
Trace length: 0h36'00".      Analyzed 98% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

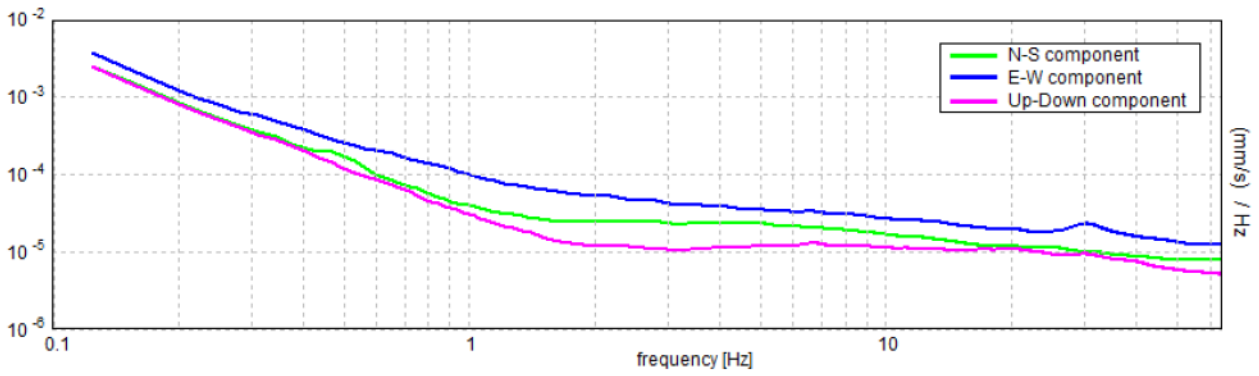
Max. H/V at  $2.59 \pm 0.47$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

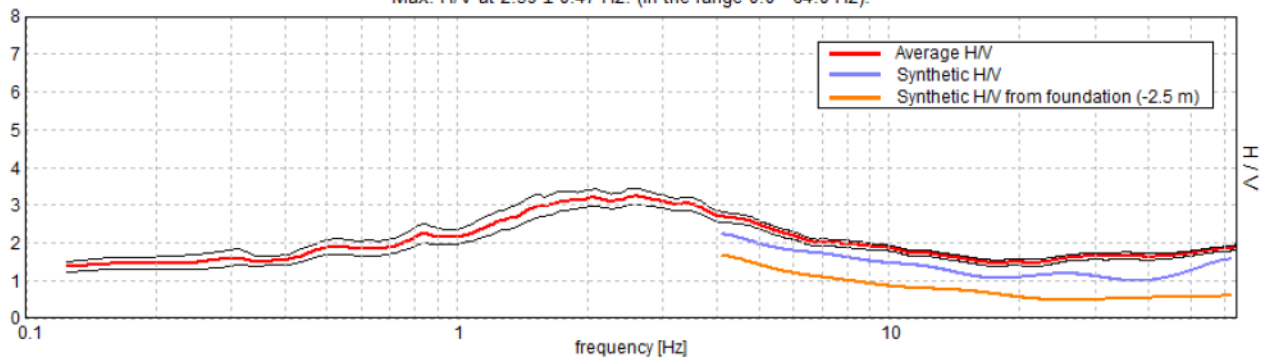


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

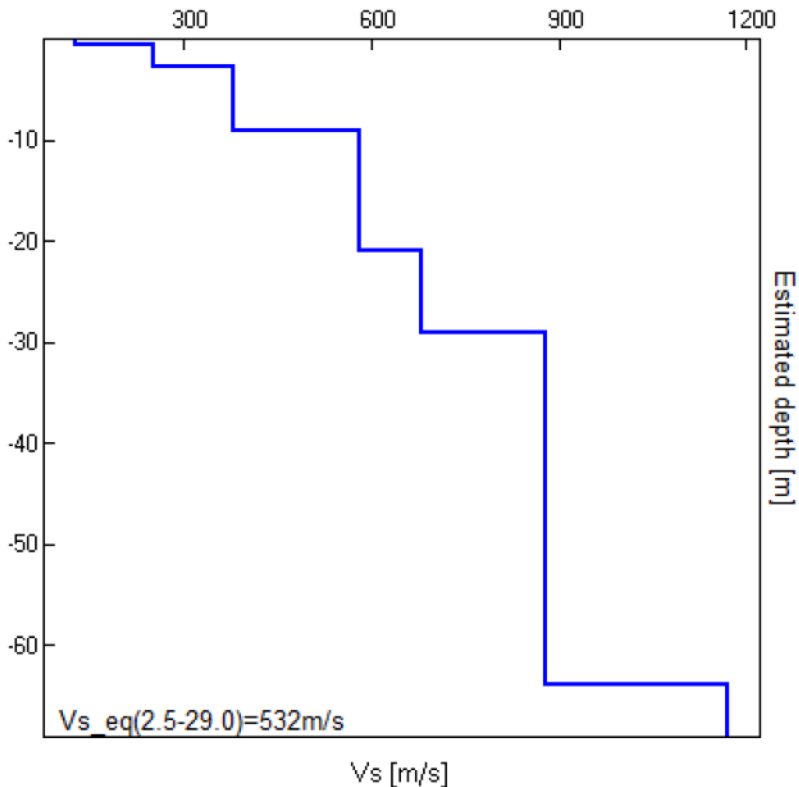
Max. H/V at 2.59 ± 0.47 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	126	0.38
2.70	2.20	250	0.37
9.00	6.30	380	0.36
21.00	12.00	580	0.35
29.00	8.00	680	0.35
64.00	35.00	880	0.34
inf.	inf.	1170	0.33

Vs\_eq(2.5-29.0)=532m/s





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.59 \pm 0.47$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5498.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 126 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18266  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47377 < 0.12969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2148 < 1.58$	OK	

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

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

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

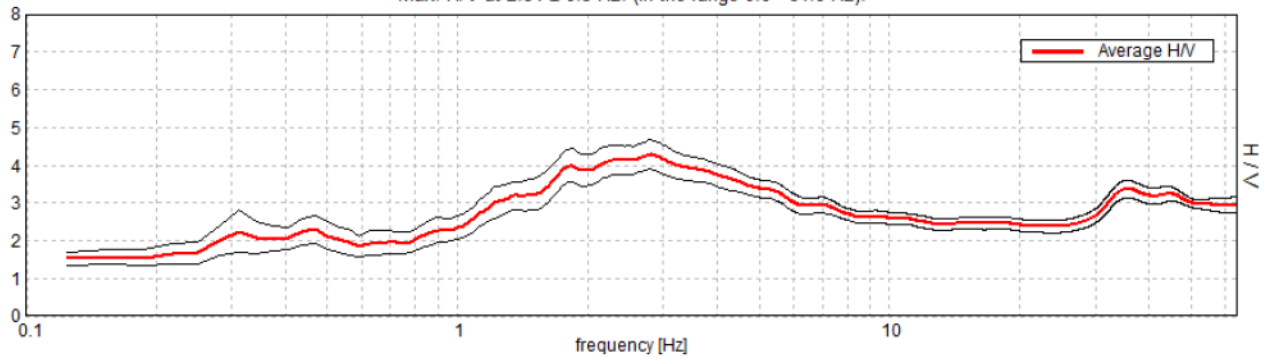
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 7

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 14:09:39      End recording: 15/11/02 14:33:40  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

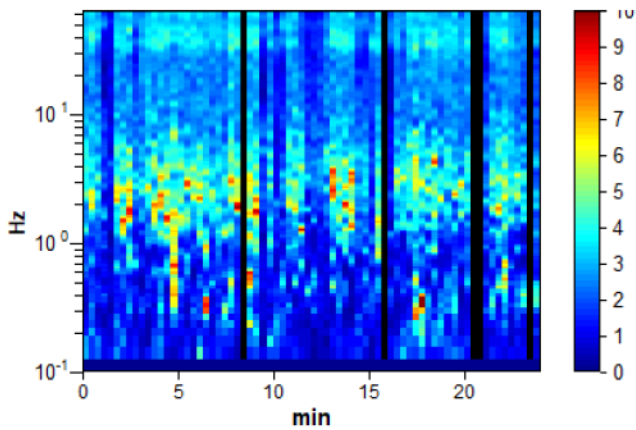
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 93% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $2.81 \pm 0.3$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

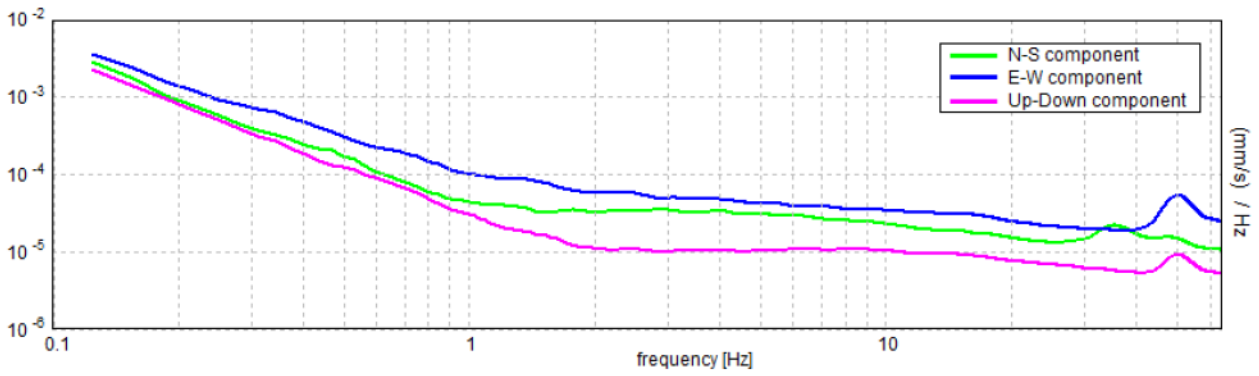


### H/V TIME HISTORY



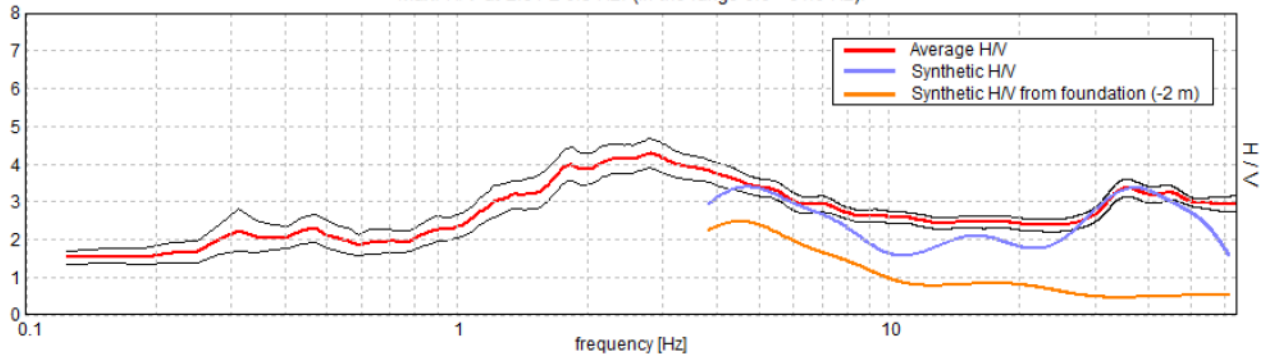


SINGLE COMPONENT SPECTRA



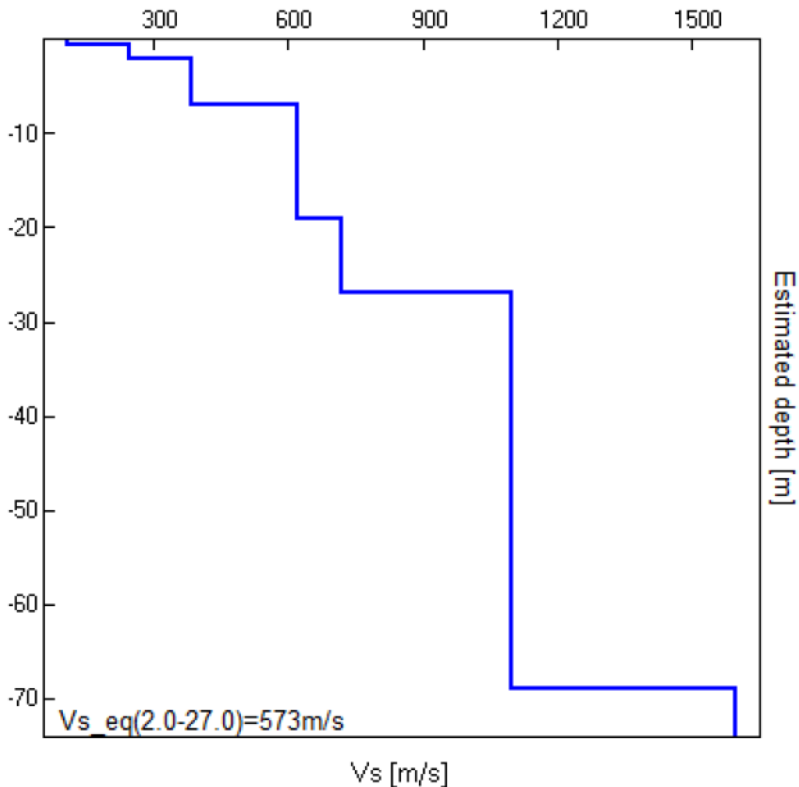
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $2.81 \pm 0.3$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.55	0.55	105	0.38
2.10	1.55	245	0.37
7.00	4.90	385	0.36
19.00	12.00	620	0.35
27.00	8.00	720	0.34
69.00	42.00	1100	0.33
inf.	inf.	1600	0.32

$V_{s\_eq}(2.0-27.0)=573\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $2.81 \pm 0.3$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3768.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 136 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.813 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$4.29 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10673  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.30018 < 0.14063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3926 < 1.58$	OK	

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

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

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

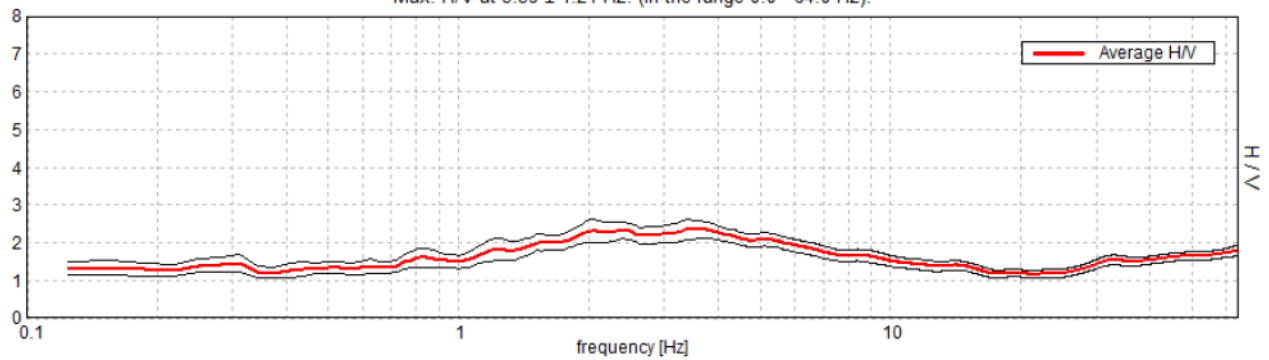
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 8

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 14:37:43      End recording: 15/11/02 15:01:44  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

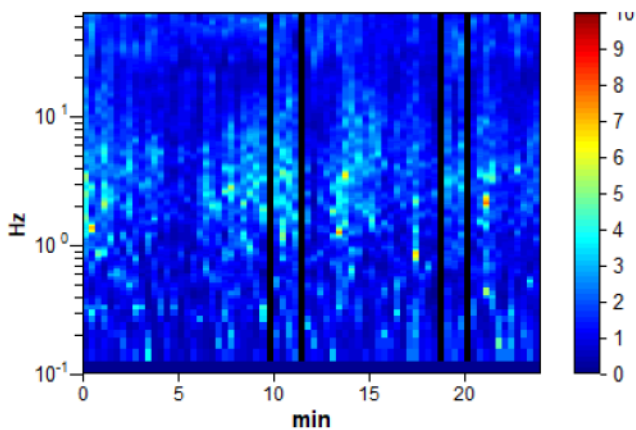
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 94% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $3.59 \pm 1.21$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

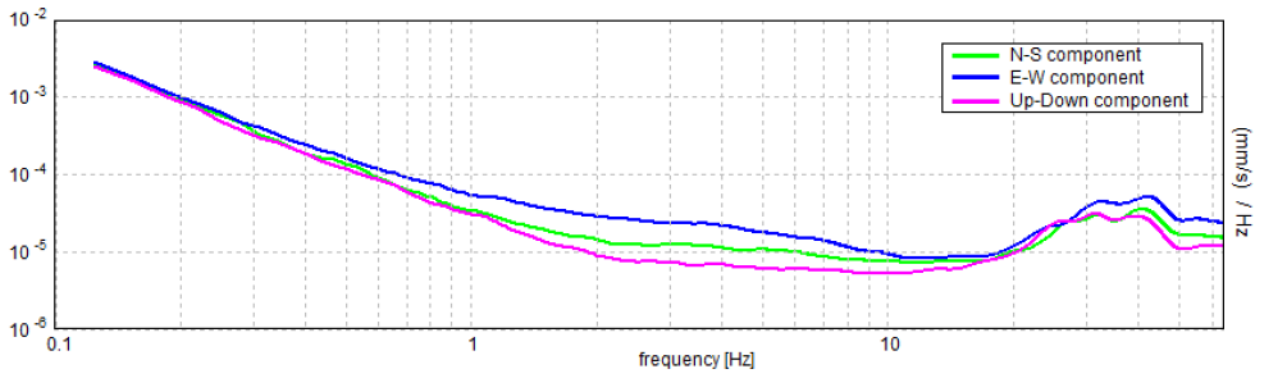


### H/V TIME HISTORY



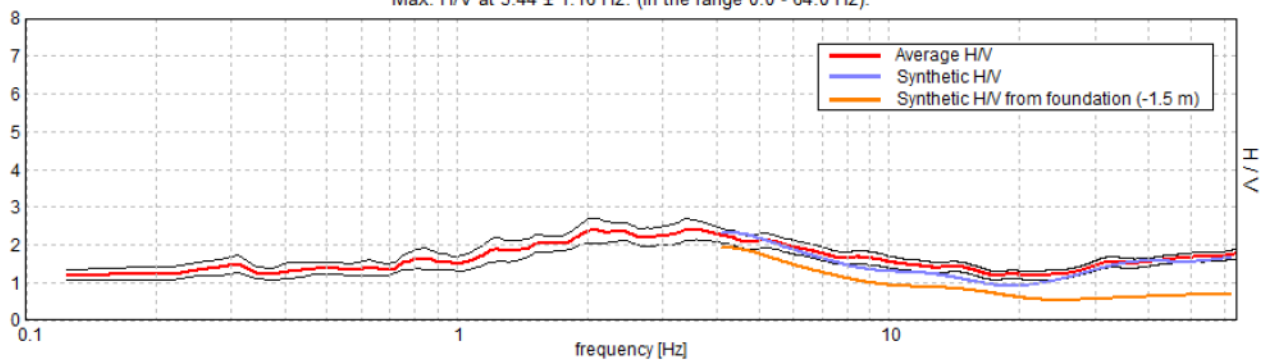


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



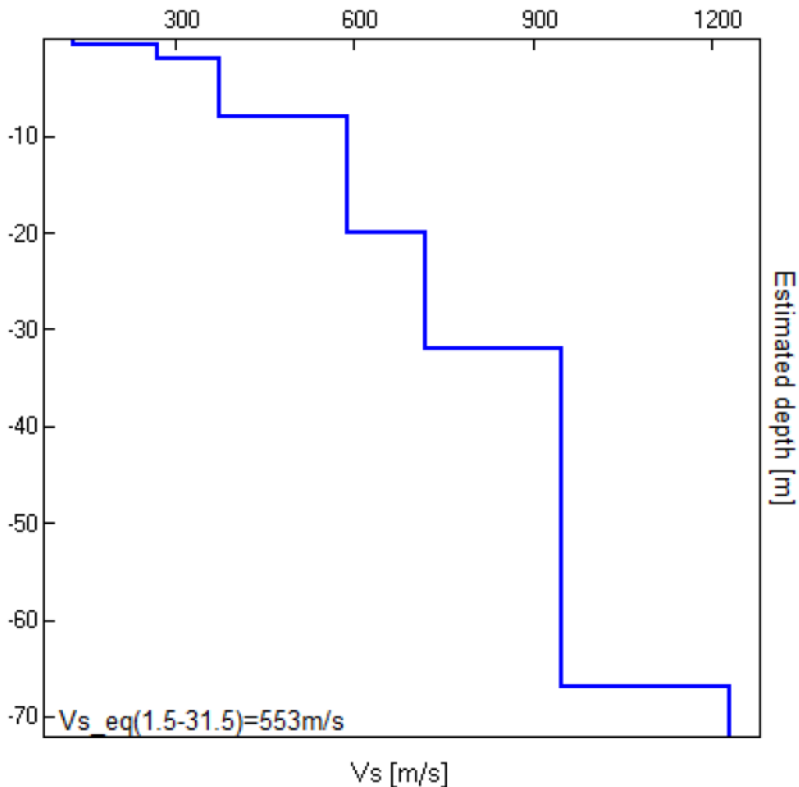
### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $3.44 \pm 1.16$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	130	0.38
2.10	1.60	270	0.37
8.00	5.90	375	0.36
20.00	12.00	590	0.35
32.00	12.00	720	0.34
67.00	35.00	950	0.33
inf.	inf.	1230	0.32

$V_{s\_eq}(1.5-33.0)=553\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $3.59 \pm 1.21$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4887.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 174 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.35 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.33541  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.20537 < 0.17969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2375 < 1.58$	OK	

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

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

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

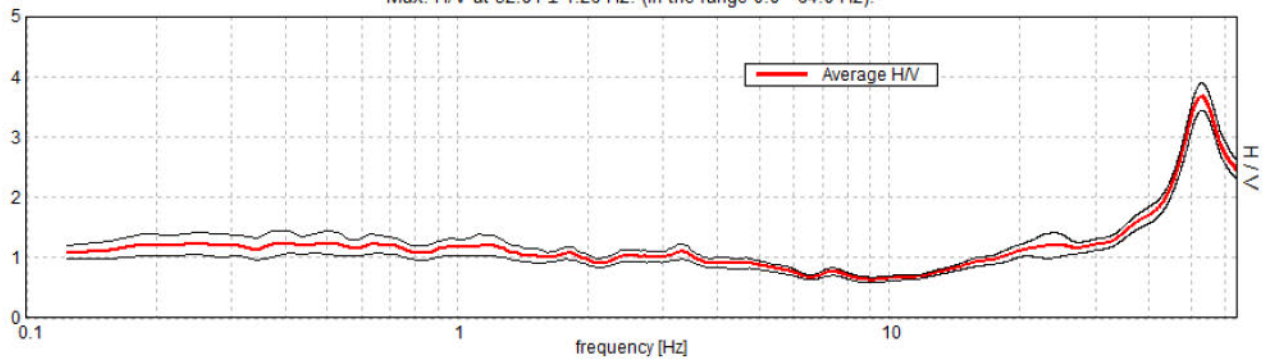
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 9

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 15:27:04      End recording: 15/11/02 15:51:05  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

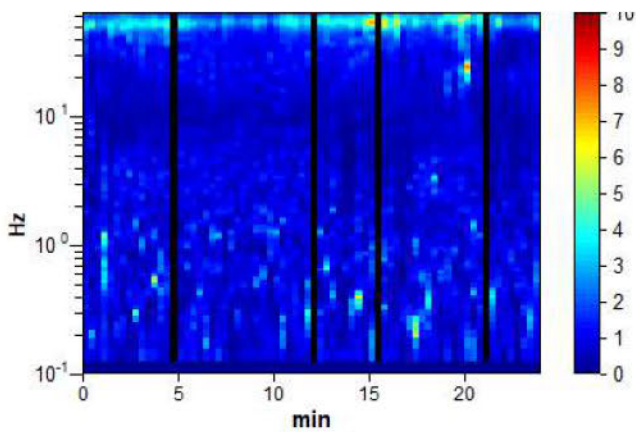
Trace length: 0h24'00".      Analyzed 94% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $52.81 \pm 1.26$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

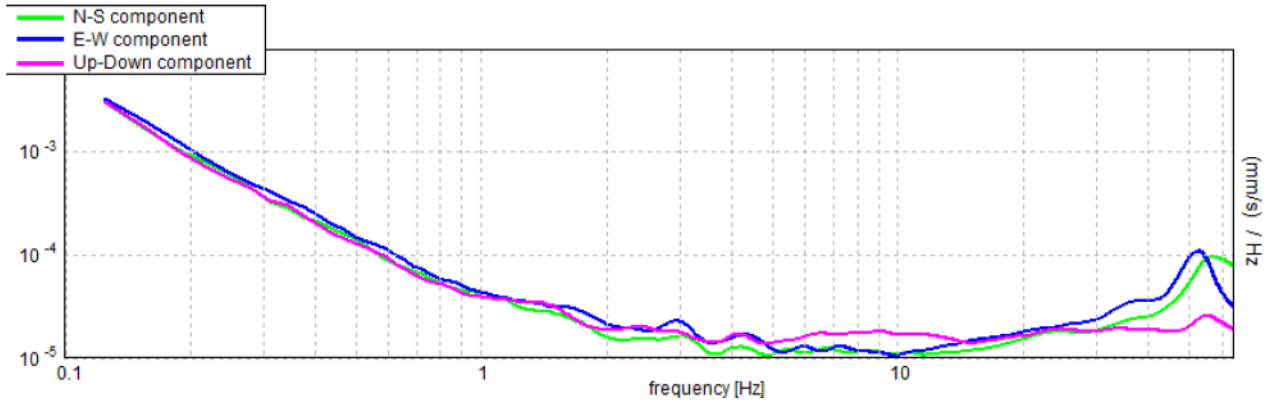


### H/V TIME HISTORY



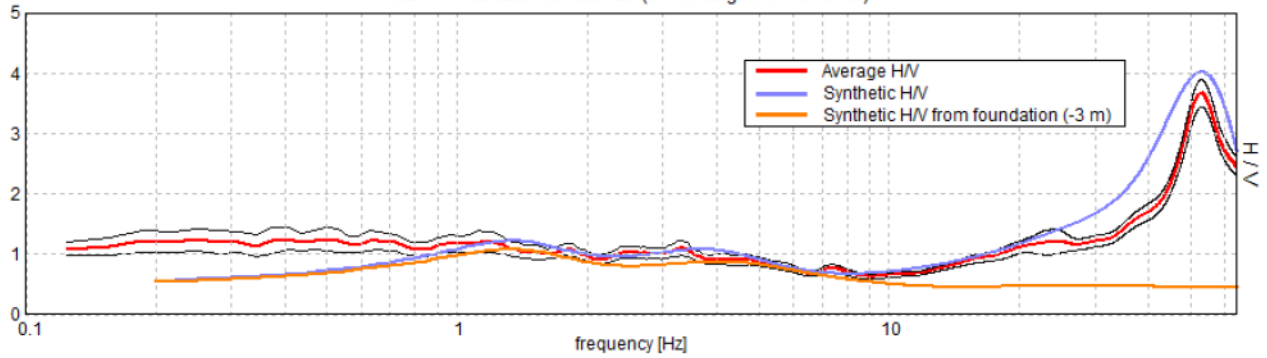


SINGLE COMPONENT SPECTRA



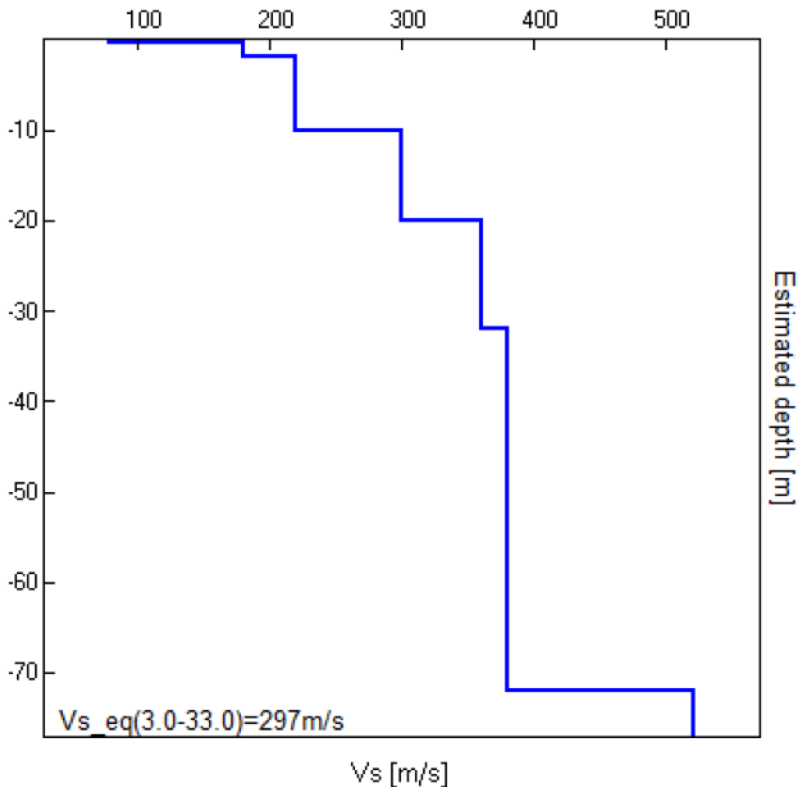
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $52.81 \pm 1.26$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	80	0.45
2.00	1.60	180	0.38
10.00	8.00	220	0.37
20.00	10.00	300	0.36
32.00	12.00	360	0.35
72.00	40.00	380	0.34
inf.	inf.	520	0.33

$V_{s\_eq}(3.0-33.0)=297\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 52.81 ± 1.26 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	52.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	71825.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1204 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	42.094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.67 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02385  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.25935 < 2.64063	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2233 < 1.58	OK	

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

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

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

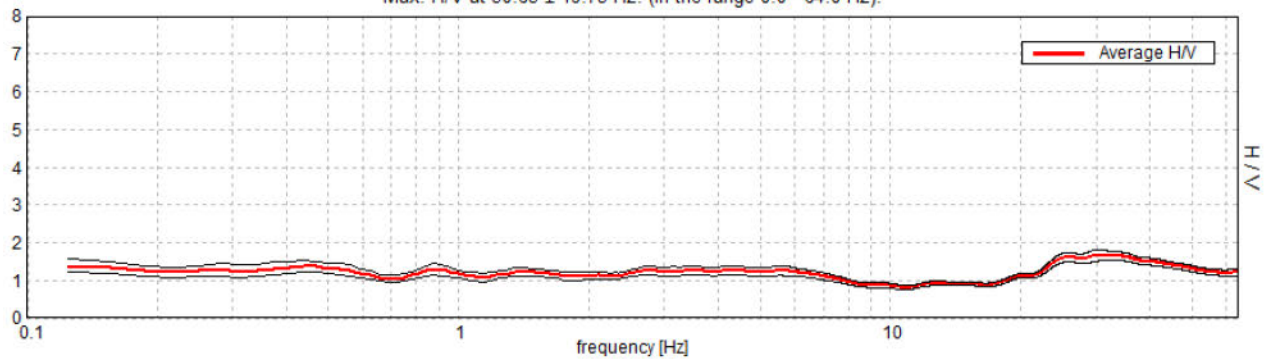
## ANALISI DELLA MISURA ESEGUITA - ACQUISIZIONE TRO 10

Instrument: TRZ-0093/01-10  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 15/11/02 16:03:00 End recording: 15/11/02 16:39:01  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

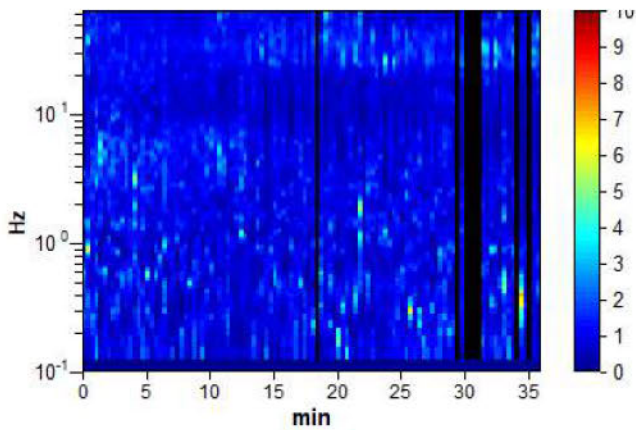
Trace length: 0h36'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 30.63 ± 19.73 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

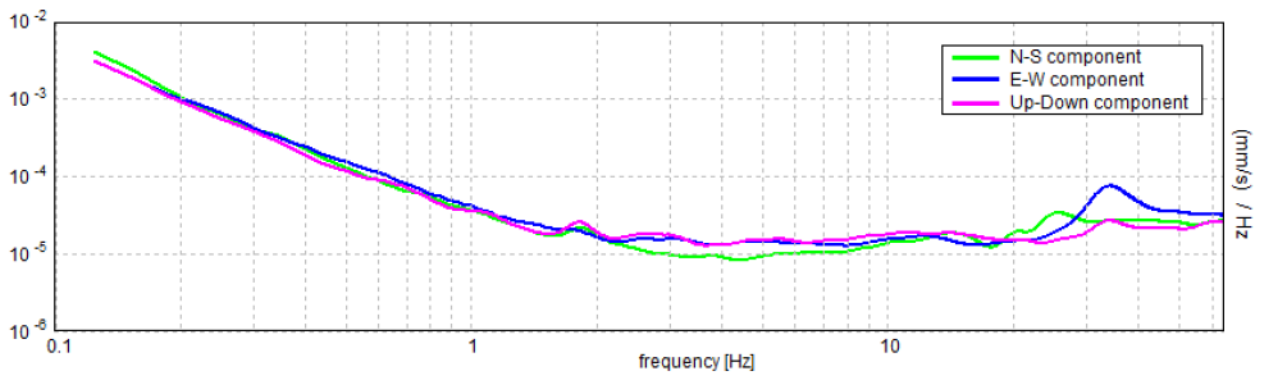


### H/V TIME HISTORY



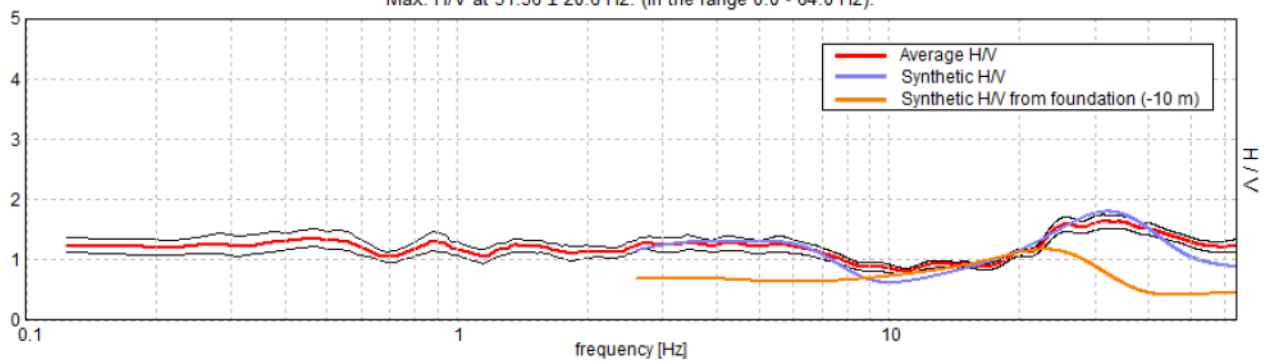


SINGLE COMPONENT SPECTRA



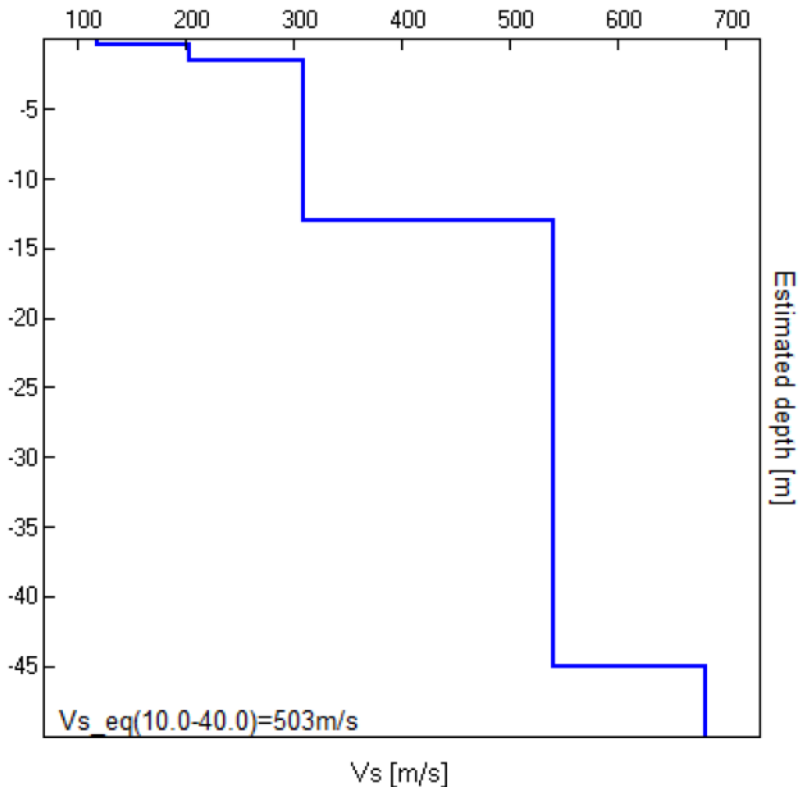
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 31.56 ± 20.6 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.45	0.45	120	0.39
1.60	1.15	205	0.37
13.00	11.40	310	0.36
45.00	32.00	540	0.35
inf.	inf.	680	0.34

$$V_{s\_eq}(10.40-0.0)=503\text{m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 31.56 ± 20.6 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	31.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	63125.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1516 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.125 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.63 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.6527  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	20.60077 < 1.57813		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1144 < 1.58	OK	

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

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

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

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo ante operam **SEZIONE 5**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Detrito di alterazione	1700	2750	25.00	0,000
3	Roccia granitoida molto alterata	1900	2000	32.00	0,000
4	Roccia granitoida mediam alterat	2050	2100	35.00	0,000
5	Roccia granitoida poco alterata	2100	2200	41.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	4,02
2	0,61	4,07
3	1,61	4,12
4	2,61	4,03
5	3,61	4,07
6	4,61	4,03
7	5,61	3,97
8	6,61	3,98
9	7,61	4,01
10	8,61	3,94
11	9,61	4,32
12	10,61	4,78
13	11,61	4,97
14	12,61	5,54
15	13,61	6,56
16	14,11	8,12
17	14,61	9,67
18	15,61	12,84
19	17,61	14,38
20	18,61	14,41
21	19,61	14,42
22	20,61	14,43
23	21,61	14,53
24	32,61	14,30
25	34,61	14,26
26	35,61	14,22
27	36,61	14,24
28	37,61	14,17
29	38,61	14,20
30	39,61	14,18
31	40,61	14,17
32	41,87	14,22

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 5 (Roccia granitoida poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	41,87	0,00
3	41,87	11,71
4	38,96	11,04
5	34,89	10,44
6	32,61	10,10
7	28,70	9,49

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
8	25,26	8,41
9	22,97	7,49
10	20,73	6,41
11	19,60	5,86
12	17,29	4,88
13	15,05	3,75
14	11,65	2,63
15	6,61	1,58

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Detrito di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	13,61	6,56
2	12,61	5,54
3	11,61	4,97
4	10,61	4,78
5	9,61	4,32
6	8,61	3,94
7	7,61	4,01
8	6,61	3,98
9	5,61	3,97
10	4,61	4,03
11	3,61	4,07
12	2,61	4,03
13	1,61	4,12
14	0,61	4,07
15	0,00	4,02
16	0,00	3,09
17	1,80	3,17
18	4,68	3,30
19	6,61	3,38
20	7,29	3,40
21	8,94	3,65
22	10,81	3,94
23	12,34	4,09
24	13,01	4,70
25	13,15	5,16
26	13,27	5,55
27	13,49	6,04

Strato N° 3 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	14,11	8,12
2	13,61	6,56
3	13,49	6,04
4	13,27	5,55
5	13,15	5,16
6	13,01	4,70
7	12,34	4,09
8	10,81	3,94
9	8,94	3,65
10	7,29	3,40
11	6,61	3,38
12	4,68	3,30
13	1,80	3,17
14	0,00	3,09
15	0,00	0,00
16	6,61	1,58
17	11,65	2,63
18	15,05	3,75
19	17,29	4,88
20	19,60	5,86
21	20,73	6,41
22	22,97	7,49
23	25,26	8,41
24	28,70	9,49
25	32,61	10,10
26	34,89	10,44
27	38,96	11,04
28	41,87	11,71
29	41,87	13,51
30	38,42	13,17
31	32,61	12,60
32	27,27	11,88
33	22,80	10,79
34	17,33	9,10

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide molto alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
1	15,61	12,84
2	14,61	9,67
3	14,11	8,12
4	17,33	9,10
5	22,80	10,79
6	27,27	11,88
7	32,61	12,60
8	38,42	13,17
9	41,87	13,51
10	41,87	13,85
11	39,57	13,80
12	36,33	13,72
13	32,61	13,75
14	30,48	13,60
15	29,07	13,43
16	26,63	13,38
17	23,73	13,27
18	22,00	13,12
19	20,35	13,15
20	18,37	12,95
21	17,45	12,95

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	41,87	13,85
2	41,87	14,22
3	40,61	14,17
4	39,61	14,18
5	38,61	14,20
6	37,61	14,17
7	36,61	14,24
8	35,61	14,22
9	34,61	14,26
10	32,61	14,30
11	21,61	14,53
12	20,61	14,43
13	19,61	14,42
14	18,61	14,41
15	17,61	14,38
16	15,61	12,84
17	17,45	12,95
18	18,37	12,95
19	20,35	13,15
20	22,00	13,12
21	23,73	13,27
22	26,63	13,38
23	29,07	13,43
24	30,48	13,60
25	32,61	13,75
26	36,33	13,72
27	39,57	13,80

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	13.74	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	6.87	0.00

### Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Geologo Salvatore Rota



Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -3,84$	$Y_0 = 19,93$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 13$	$N_y = 9$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	8
Coefficiente di sicurezza minimo	0.963
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	8	0.963	1	2.143	8

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	4,16	35,93	30,00	13,93	25,11	36,04	0,963 (C)	[A2M2]	--
2	C	6,16	35,93	30,00	13,72	27,07	50,48	1,136 (C)	[A2M2]	--
3	C	8,16	33,93	30,00	6,46	30,88	103,04	1,276 (C)	[A2M2]	--
4	C	8,16	35,93	30,00	13,45	29,03	65,98	1,305 (C)	[A2M2]	--
5	C	10,16	35,93	30,00	13,14	30,98	82,23	1,495 (C)	[A2M2]	--
6	C	10,16	33,93	30,00	8,68	32,84	123,70	1,666 (C)	[A2M2]	--
7	C	12,16	35,93	30,00	13,00	32,94	98,85	1,719 (C)	[A2M2]	--
8	C	14,16	35,93	30,00	13,01	34,89	115,51	2,143 (C)	[A2M2]	--
9	C	14,16	33,93	30,00	9,53	36,78	164,27		[A2M2]	--
10	C	16,16	31,93	30,00	5,23	40,34	246,89		[A2M2]	--
11	C	12,16	33,93	30,00	9,02	34,80	144,19		[A2M2]	--
12	C	14,16	31,93	30,00	3,09	38,35	226,60		[A2M2]	--
13	C	16,16	33,93	30,00	10,10	38,76	183,81		[A2M2]	--
14	C	18,16	33,93	30,00	10,87	40,74	202,77		[A2M2]	--
15	C	16,16	35,93	30,00	13,14	36,87	131,94		[A2M2]	--
16	C	18,16	35,93	30,00	13,37	38,84	147,93		[A2M2]	--
17	C	20,16	35,93	30,00	13,64	40,82	163,34		[A2M2]	--
18	C	12,16	31,93	30,00	0,99	36,39	206,33		[A2M2]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espressa in kg

Q carico applicato sulla striscia espressa in kg

N sforzo normale alla base della striscia espressa in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

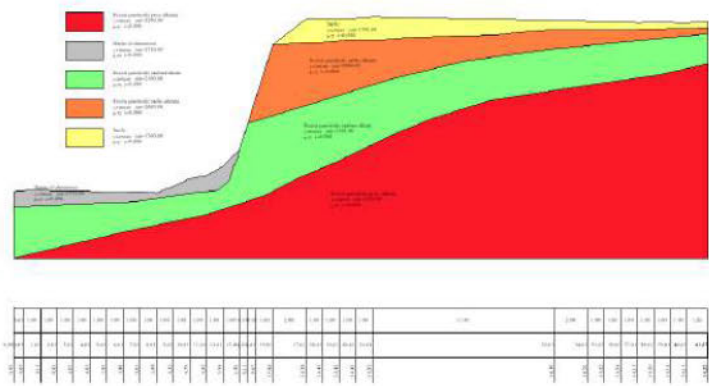
Numero di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 4,16	Y[m]= 35,93
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 13,93	Y <sub>v</sub> [m]= 7,57
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 25,11	Y <sub>m</sub> [m]= 14,46

**Geometria e caratteristiche strisce**

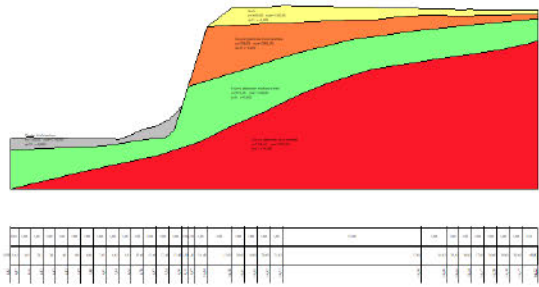
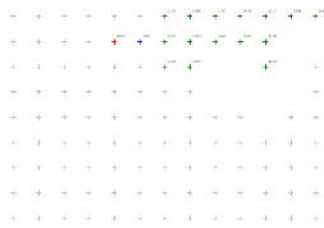
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>st</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dt</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	13,93	7,57	7,57	14,27	8,62	7,69	14,16	7,96	0,36	19,36	29,26	0,00
2	14,27	8,62	7,69	14,61	9,67	7,81	14,46	8,48	0,36	20,04	29,26	0,00
3	14,61	9,67	7,81	15,11	11,25	8,00	14,88	9,22	0,54	20,90	29,26	0,00
4	15,11	11,25	8,00	15,61	12,84	8,20	15,37	10,10	0,54	21,92	29,26	0,00
5	15,61	12,84	8,20	16,04	13,17	8,38	15,83	10,65	0,47	22,88	29,26	0,00
6	16,04	13,17	8,38	16,47	13,50	8,57	16,26	10,91	0,47	23,78	29,26	0,00
7	16,47	13,50	8,57	16,90	13,83	8,77	16,69	11,17	0,47	24,68	29,26	0,00
8	16,90	13,83	8,77	17,33	14,16	8,98	17,12	11,44	0,48	25,58	29,26	0,00
9	17,33	14,16	8,98	17,61	14,38	9,11	17,47	11,66	0,31	26,34	29,26	0,00
10	17,61	14,38	9,11	18,11	14,40	9,37	17,86	11,81	0,56	27,17	28,47	0,00
11	18,11	14,40	9,37	18,61	14,41	9,64	18,36	11,95	0,57	28,25	26,56	0,00
12	18,61	14,41	9,64	19,11	14,42	9,92	18,86	12,10	0,57	29,34	26,56	0,00
13	19,11	14,42	9,92	19,61	14,42	10,21	19,36	12,24	0,58	30,44	26,56	0,00
14	19,61	14,42	10,21	20,11	14,43	10,52	19,86	12,39	0,59	31,56	26,56	0,00
15	20,11	14,43	10,52	20,61	14,43	10,84	20,36	12,55	0,59	32,69	26,56	0,00
16	20,61	14,43	10,84	21,11	14,48	11,18	20,86	12,73	0,60	33,83	26,56	0,00
17	21,11	14,48	11,18	21,61	14,53	11,53	21,36	12,93	0,61	34,99	26,56	0,00
18	21,61	14,53	11,53	22,14	14,52	11,92	21,87	13,12	0,66	36,20	26,56	0,00
19	22,14	14,52	11,92	22,67	14,51	12,32	22,40	13,31	0,67	37,46	26,56	0,00
20	22,67	14,51	12,32	23,20	14,50	12,75	22,93	13,51	0,68	38,75	26,56	0,00
21	23,20	14,50	12,75	23,73	14,49	13,19	23,45	13,72	0,69	40,06	26,56	0,00
22	23,73	14,49	13,19	24,19	14,48	13,60	23,95	13,93	0,61	41,30	18,98	0,00
23	24,19	14,48	13,60	24,65	14,47	14,02	24,40	14,13	0,62	42,48	17,07	0,00
24	24,65	14,47	14,02	25,11	14,46	14,46	24,80	14,31	0,64	43,69	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s = 0.963$ **Forze applicate sulle strisce**

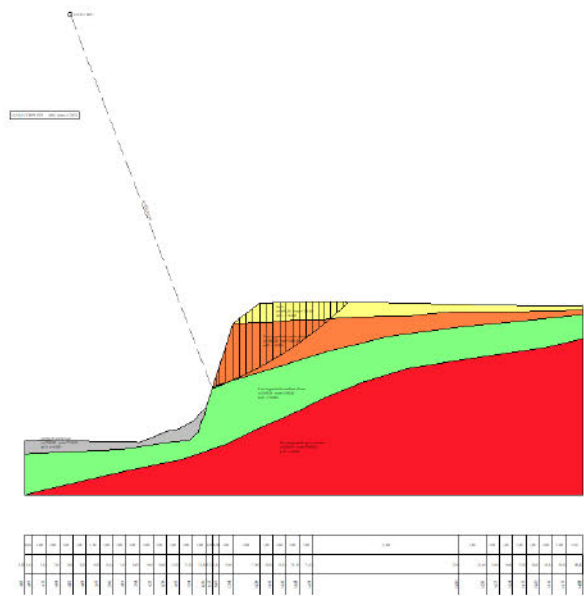
N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	318	0	481	280	0	0	105	0	-229	
2	921	0	1636	952	0	105	438	-229	-1171	
3	2463	0	3797	2209	0	438	1147	-1171	-3043	
4	3780	0	5485	3191	0	1147	2059	-3043	-5543	
5	3857	0	-1082	-629	0	2059	1900	-5543	-444	
6	3940	0	7669	4461	0	1900	2890	-444	-5321	
7	4015	0	617	359	0	2890	2958	-5321	-2016	
8	4084	0	5085	2958	0	2958	3430	-2016	-3795	
9	2693	0	1585	922	0	3430	3553	-3795	-2932	
10	4710	0	3069	1728	0	3553	3688	-2932	-1741	
11	4472	0	3452	1792	0	3688	3633	-1741	-1159	
12	4224	0	3542	1839	0	3633	3500	-1159	-923	
13	3962	0	3362	1745	0	3500	3301	-923	-745	
14	3687	0	3145	1633	0	3301	3046	-745	-592	
15	3398	0	2913	1512	0	3046	2745	-592	-463	
16	3109	0	2721	1412	0	2745	2404	-463	-401	
17	2823	0	2436	1264	0	2404	2043	-401	-298	
18	2637	0	2248	1167	0	2043	1657	-298	-163	
19	2232	0	1963	1019	0	1657	1272	-163	-110	
20	1810	0	1618	840	0	1272	914	-110	-87	
21	1368	0	1243	645	0	914	608	-87	-86	
22	826	0	745	266	0	608	316	-86	4	
23	504	0	512	163	0	316	91	4	20	
24	170	0	202	65	0	91	-2	20	0	



Profilo



Maglia dei centri



Superficie critica

Geologo Salvatore Rota

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo post operam **SEZIONE 5**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Detrito di alterazione	1700	2750	25.00	0,000
3	Rocchia granitoida molto alterata	1900	2000	32.00	0,000
4	Rocchia granitoida mediam alterat	2050	2100	35.00	0,000
5	Rocchia granitoida poco alterata	2100	2200	41.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	3,81
2	0,07	3,84
3	12,50	3,92
4	15,58	3,93
5	16,64	3,94
6	16,66	4,52
7	16,85	8,89
8	17,02	12,80
9	17,07	13,96
10	17,61	14,38
11	20,61	14,43
12	21,61	14,53
13	36,61	14,24
14	38,61	14,20
15	41,87	14,17

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 5 (Rocchia granitoida poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	16,66	4,52
2	16,64	3,94
3	15,58	3,93
4	13,45	2,66
5	11,08	2,07
6	6,77	1,33
7	1,68	0,50
8	0,00	0,12
9	0,00	0,00
10	41,87	0,00
11	41,87	11,30
12	39,63	11,19
13	36,41	10,80
14	33,60	10,35
15	31,25	9,82
16	29,67	9,29
17	26,30	8,07
18	22,23	6,59
19	18,54	5,16

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	41,87	13,46
2	41,87	14,17
3	38,61	14,20
4	36,61	14,24
5	21,61	14,53
6	20,61	14,43
7	17,61	14,38
8	17,07	13,96
9	17,02	12,80
10	20,80	12,76
11	27,73	12,88
12	32,33	12,96
13	36,57	13,28
14	41,12	13,40

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide molto alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	41,87	12,51
2	41,87	13,46
3	41,12	13,40
4	36,57	13,28
5	32,33	12,96
6	27,73	12,88
7	20,80	12,76
8	17,02	12,80
9	16,85	8,89
10	18,58	9,36
11	21,75	10,03
12	25,24	10,86
13	27,69	11,18
14	29,95	11,50
15	33,24	12,01
16	36,49	12,29
17	39,74	12,37

Strato N° 4 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,78
2	0,00	0,12
3	1,68	0,50
4	6,77	1,33
5	11,08	2,07
6	13,45	2,66
7	15,58	3,93
8	12,50	3,92
9	9,37	2,81
10	5,70	2,78
11	1,39	2,75

Strato N° 5 costituito da terreno n° 2 (Detrito di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	12,50	3,92
2	0,07	3,84
3	0,00	3,81
4	0,00	2,78
5	1,39	2,75
6	5,70	2,78
7	9,37	2,81

Strato N° 6 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X [m]	Y [m]
1	41,87	11,30
2	41,87	12,51
3	39,74	12,37
4	36,49	12,29
5	33,24	12,01
6	29,95	11,50
7	27,69	11,18
8	25,24	10,86

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
9	21,75	10,03
10	18,58	9,36
11	16,85	8,89
12	16,66	4,52
13	18,54	5,16
14	22,23	6,59
15	26,30	8,07
16	29,67	9,29
17	31,25	9,82
18	33,60	10,35
19	36,41	10,80
20	39,63	11,19

## Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

### *Muro di sostegno - Masso ciclopico*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	22,66	m
Altezza paramento	1,00	m
Spessore in testa	1,00	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	1,00	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	1,00	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cm <sup>2</sup>
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	1,00	m

## Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		A	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	12.75	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	6.37	0.00

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Geologo Salvatore Rota



Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15,10$	$Y_0 = 16,46$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$Nx = 22$	$Ny = 14$
Raggio	[m]	$R = 35,00$	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	2
Coefficiente di sicurezza minimo	1.169
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	2	1.169	1	-3.803	18

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	6,90	42,46	35,00	16,85	27,83	29,24	1,169 (C)	[A2M2]	--
2	C	4,90	40,46	35,00	16,79	28,27	39,38		[A2M2]	--
3	C	14,90	38,46	35,00	9,39	40,12	167,00		[A2M2]	--
4	C	6,90	40,46	35,00	16,77	30,22	53,74		[A2M2]	--
5	C	8,90	40,46	35,00	16,74	32,18	69,21		[A2M2]	--
6	C	10,90	40,46	35,00	16,73	34,14	85,54		[A2M2]	--
7	C	12,90	40,46	35,00	16,71	36,10	102,46		[A2M2]	--
8	C	14,90	40,46	35,00	16,71	38,05	119,77		[A2M2]	--
9	C	16,90	40,46	35,00	16,71	40,02	137,18		[A2M2]	--
10	C	12,90	36,46	35,00	0,21	39,90	217,63		[A2M2]	--
11	C	8,90	42,46	35,00	16,83	29,78	40,76		[A2M2]	--
12	C	12,90	42,46	35,00	16,80	33,68	66,15		[A2M2]	--
13	C	10,90	42,46	35,00	16,81	31,73	53,15		[A2M2]	--
14	C	14,90	42,46	35,00	16,79	35,63	79,52		[A2M2]	--
15	C	16,90	42,46	35,00	16,79	37,58	93,04		[A2M2]	--
16	C	18,90	42,46	35,00	16,79	39,54	106,47		[A2M2]	--
17	C	20,90	42,46	35,00	16,80	41,51	119,62		[A2M2]	--
18	C	12,90	38,46	35,00	7,46	38,14	146,39		[A2M2]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espressa in kg

Q carico applicato sulla striscia espressa in kg

N sforzo normale alla base della striscia espressa in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

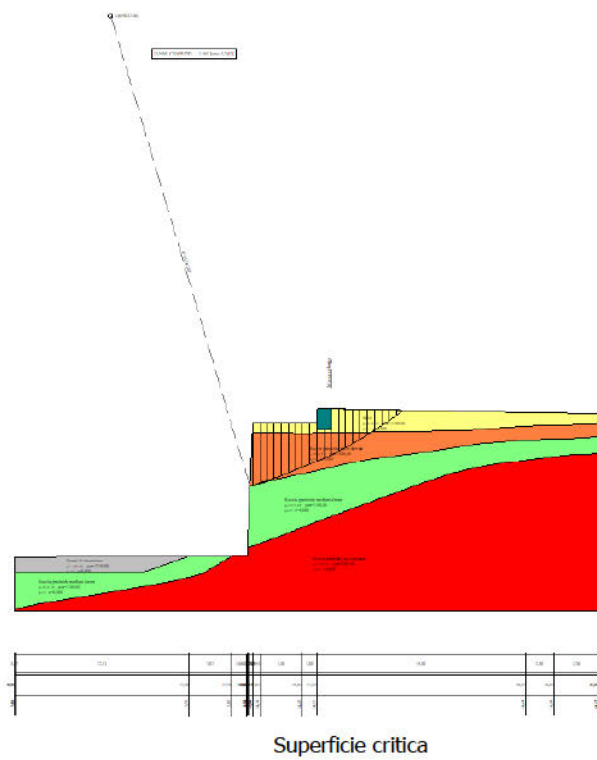
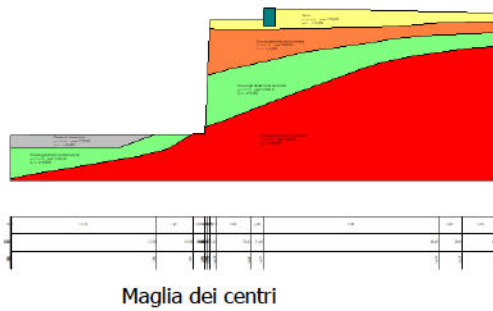
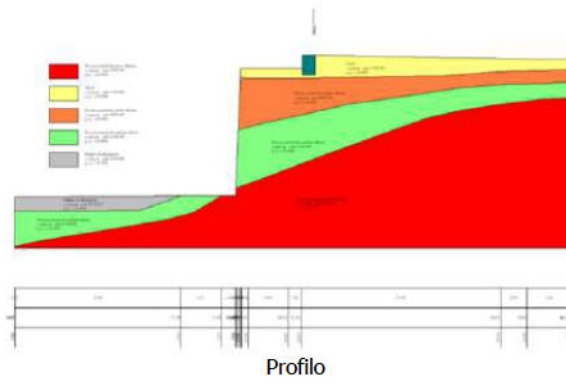
Numero di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 6,90	Y[m]= 42,46
Raggio del cerchio	R[m]= 35,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 16,85	Y <sub>v</sub> [m]= 8,91
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 27,83	Y <sub>m</sub> [m]= 14,41

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>st</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dt</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	16,85	8,91	8,91	17,05	13,51	8,96	16,98	10,46	0,21	16,69	26,56	0,00
2	17,05	13,51	8,96	17,56	13,51	9,12	17,30	11,28	0,53	17,30	26,56	0,00
3	17,56	13,51	9,12	18,07	13,51	9,29	17,81	11,36	0,54	18,17	26,56	0,00
4	18,07	13,51	9,29	18,58	13,51	9,47	18,32	11,44	0,54	19,05	26,56	0,00
5	18,58	13,51	9,47	19,09	13,51	9,65	18,83	11,53	0,54	19,94	26,56	0,00
6	19,09	13,51	9,65	19,60	13,51	9,85	19,34	11,63	0,55	20,83	26,56	0,00
7	19,60	13,51	9,85	20,11	13,51	10,05	19,85	11,73	0,55	21,73	26,56	0,00
8	20,11	13,51	10,05	20,62	13,51	10,26	20,36	11,83	0,55	22,63	26,56	0,00
9	20,62	13,51	10,26	21,13	13,51	10,48	20,87	11,94	0,56	23,53	26,56	0,00
10	21,13	13,51	10,48	21,64	13,51	10,72	21,38	12,05	0,56	24,45	26,56	0,00
11	21,64	13,51	10,72	22,15	13,51	10,96	21,89	12,17	0,56	25,37	26,56	0,00
12	22,15	13,51	10,96	22,66	13,51	11,21	22,40	12,30	0,57	26,30	26,56	0,00
13	22,66	14,51	11,21	23,18	14,50	11,48	22,91	12,92	0,58	27,24	26,56	0,00
14	23,18	14,50	11,48	23,69	14,49	11,75	23,43	13,05	0,59	28,19	26,56	0,00
15	23,69	14,49	11,75	24,21	14,48	12,04	23,95	13,19	0,59	29,16	26,56	0,00
16	24,21	14,48	12,04	24,73	14,47	12,34	24,46	13,33	0,60	30,13	26,56	0,00
17	24,73	14,47	12,34	25,25	14,46	12,65	24,98	13,48	0,60	31,12	26,56	0,00
18	25,25	14,46	12,65	25,76	14,45	12,98	25,50	13,63	0,61	32,11	22,58	0,00
19	25,76	14,45	12,98	26,28	14,44	13,32	26,01	13,79	0,62	33,12	17,07	0,00
20	26,28	14,44	13,32	26,80	14,43	13,67	26,52	13,96	0,62	34,14	17,07	0,00
21	26,80	14,43	13,67	27,32	14,42	14,03	27,03	14,13	0,63	35,17	17,07	0,00
22	27,32	14,42	14,03	27,83	14,41	14,41	27,49	14,29	0,64	36,21	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	851	0	131511	56253	0	0	16102	0	-141275	
2	4235	0	-148642	-63581	0	16102	-398	-141275	23783	
3	4076	0	28392	12145	0	-398	2284	23783	-2905	
4	3909	0	1609	688	0	2284	2409	-2905	-742	
5	3735	0	3319	1420	0	2409	2611	-742	-610	
6	3551	0	3155	1350	0	2611	2751	-610	-489	
7	3358	0	2990	1279	0	2751	2832	-489	-382	
8	3156	0	2816	1204	0	2832	2860	-382	-288	
9	2945	0	2633	1126	0	2860	2841	-288	-207	
10	2726	0	2443	1045	0	2841	2781	-207	-137	
11	2498	0	2244	960	0	2781	2687	-137	-78	
12	2259	0	2036	871	0	2687	2565	-78	-30	
13	2887	0	2383	1019	0	2565	2381	-30	272	
14	2613	0	2303	985	0	2381	2161	272	389	
15	2327	0	2087	893	0	2161	1923	389	460	
16	2031	0	1836	785	0	1923	1680	460	508	
17	1722	0	1567	670	0	1680	1444	508	542	
18	1405	0	1249	444	0	1444	1157	542	654	
19	1107	0	1017	267	0	1157	825	654	764	
20	805	0	795	209	0	825	552	764	794	
21	492	0	492	129	0	552	374	794	809	
22	166	0	1013	266	0	374	-10	809	0	



Geologo Salvatore Rota

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo ante operam **SEZIONE 11**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Roccia granitoida molto alterata	1900	2000	30.00	0,000
3	Roccia granitoida mediam alterat	2050	2100	33.00	0,000
4	Roccia granitoida poco alterata	2100	2200	37.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	7,10
2	0,13	7,11
3	1,13	7,09
4	2,13	7,06
5	3,13	7,06
6	4,13	7,09
7	5,13	7,07
8	6,13	7,06
9	7,13	7,01
10	8,13	6,96
11	9,13	6,95
12	10,13	6,93
13	11,13	6,87
14	12,13	6,84
15	13,13	6,81
16	14,13	6,77
17	15,13	6,79
18	16,13	6,79
19	17,13	6,66
20	18,13	6,69
21	19,13	6,81
22	20,13	6,83
23	21,13	6,84
24	22,13	6,85
25	23,13	6,83
26	24,13	6,70
27	25,13	6,86
28	26,13	7,02
29	27,13	7,36
30	28,13	7,61
31	29,13	8,22
32	30,13	8,55
33	31,13	8,97
34	32,13	9,29
35	33,13	9,50
36	34,13	9,97
37	35,13	10,16
38	36,13	10,52
39	37,13	11,12
40	38,13	11,31
41	39,13	11,65
42	40,13	12,20
43	41,13	12,72
44	42,13	13,32
45	43,13	13,77
46	44,13	14,29
47	45,13	14,64
48	46,13	14,93
49	47,13	14,88
50	48,13	15,31
51	49,13	15,46
52	50,13	15,39
53	51,13	15,45
54	52,13	15,66
55	53,13	15,67

n°	X [m]	Y [m]
56	54,13	15,83
57	55,13	16,00
58	56,13	16,23
59	57,13	16,52
60	58,13	16,81
61	59,13	17,14
62	60,13	17,23
63	61,13	17,39
64	62,13	17,50
65	63,13	17,57
66	64,13	17,78
67	65,13	17,88
68	66,13	17,73
69	67,13	17,77
70	68,13	17,74
71	69,13	17,63
72	70,13	17,55
73	71,13	17,55
74	72,13	17,45
75	73,13	17,54
76	74,13	17,55
77	75,13	17,49
78	76,13	17,51
79	77,13	17,48
80	78,13	17,46
81	79,13	17,31
82	80,13	17,36
83	81,13	17,70
84	82,13	17,45
85	83,13	18,49
86	84,13	17,54
87	85,13	17,53
88	87,13	17,91
89	88,13	17,57
90	89,13	17,53
91	90,13	17,54
92	91,13	17,68
93	92,13	17,78
94	93,13	17,78
95	94,13	17,82
96	95,13	17,91
97	96,13	18,02
98	97,13	18,23
99	98,13	18,39
100	99,13	18,69
101	100,13	19,16
102	101,13	19,37
103	102,13	19,65
104	103,13	20,25
105	104,13	19,37
106	105,13	19,24
107	106,24	19,13
108	107,58	19,41
109	108,70	19,38
110	109,44	19,52
111	110,84	19,79
112	114,17	20,69
113	116,87	20,99
114	120,24	21,14
115	123,79	21,64
116	126,13	22,02

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoida poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	2,38
2	0,00	0,00
3	100,96	0,00
4	97,59	1,20
5	92,95	3,68
6	89,26	4,87
7	84,76	5,25
8	81,07	5,67
9	77,60	5,31
10	72,87	6,16
11	69,59	6,16
12	65,58	5,85
13	61,27	5,13
14	57,94	5,49
15	54,11	5,19
16	52,03	5,36
17	48,19	6,38

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
18	44,80	6,49
19	43,00	6,69
20	41,75	6,32
21	39,26	5,96
22	37,60	4,80
23	35,59	4,17
24	34,35	3,60
25	33,08	2,58
26	32,60	2,21
27	31,61	1,77
28	29,99	1,59
29	27,22	1,10
30	24,35	0,83
31	22,36	0,23
32	21,38	0,29
33	20,78	0,29
34	20,52	0,24
35	20,05	0,32
36	18,71	0,19
37	17,08	0,27
38	14,63	0,46
39	11,78	0,88
40	9,42	0,80
41	5,12	1,50
42	2,16	2,07

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	126,13	17,48
2	126,13	22,02
3	123,79	21,64
4	120,24	21,14
5	116,87	20,99
6	114,17	20,69
7	110,84	19,79
8	109,44	19,52
9	108,70	19,38
10	107,58	19,41
11	106,24	19,13
12	105,13	19,24
13	104,13	19,37
14	103,13	20,25
15	102,13	19,65
16	101,13	19,37
17	100,13	19,16
18	99,13	18,69
19	98,13	18,39
20	97,13	18,23
21	96,13	18,02
22	95,13	17,91
23	94,13	17,82
24	93,13	17,78
25	92,13	17,78
26	91,13	17,68
27	90,13	17,54
28	89,13	17,53
29	88,13	17,57
30	87,13	17,91
31	85,13	17,53
32	84,13	17,54
33	83,13	18,49
34	82,13	17,45
35	81,13	17,70
36	80,13	17,36
37	79,13	17,31
38	78,13	17,46
39	77,13	17,48
40	76,13	17,51
41	75,13	17,49
42	74,13	17,55
43	73,13	17,54
44	72,13	17,45
45	71,13	17,55
46	70,13	17,55
47	69,13	17,63
48	68,13	17,74
49	67,13	17,77
50	66,13	17,73
51	65,13	17,88
52	64,13	17,78
53	63,13	17,57
54	62,13	17,50
55	61,13	17,39
56	60,13	17,23
57	59,13	17,14
58	58,13	16,81
59	57,13	16,52



n°	X [m]	Y [m]
60	56,13	16,23
61	55,13	16,00
62	54,13	15,83
63	53,13	15,67
64	52,13	15,66
65	51,13	15,45
66	50,13	15,39
67	49,13	15,46
68	48,13	15,31
69	47,13	14,88
70	46,13	14,93
71	45,13	14,64
72	44,13	14,29
73	43,13	13,77
74	42,13	13,32
75	41,13	12,72
76	40,13	12,20
77	39,13	11,65
78	38,13	11,31
79	37,13	11,12
80	36,13	10,52
81	35,13	10,16
82	34,13	9,97
83	33,13	9,50
84	32,13	9,29
85	31,13	8,97
86	30,13	8,55
87	29,13	8,22
88	28,13	7,61
89	27,13	7,36
90	26,13	7,02
91	25,13	6,86
92	24,13	6,70
93	23,13	6,83
94	22,13	6,85
95	21,13	6,84
96	20,13	6,83
97	19,13	6,81
98	18,13	6,69
99	17,13	6,66
100	16,13	6,79
101	15,13	6,79
102	14,13	6,77
103	13,13	6,81
104	12,13	6,84
105	11,13	6,87
106	10,13	6,93
107	9,13	6,95
108	8,13	6,96
109	7,13	7,01
110	6,13	7,06
111	5,13	7,07
112	4,13	7,09
113	3,13	7,06
114	2,13	7,06
115	1,13	7,09
116	0,13	7,11
117	0,00	7,10
118	0,00	6,64
119	3,44	6,36
120	8,91	6,21
121	13,65	6,14
122	18,00	5,73
123	20,75	5,57
124	22,76	5,38
125	24,73	5,43
126	26,79	5,60
127	31,54	6,52
128	33,28	7,04
129	37,16	9,23
130	42,83	12,15
131	45,69	13,08
132	48,53	13,81
133	52,09	14,27
134	56,51	14,82
135	60,69	14,91
136	64,39	15,42
137	67,54	15,48
138	74,45	15,91
139	79,08	16,37
140	81,56	16,56
141	83,35	16,51
142	85,23	16,31
143	87,06	16,17
144	96,43	15,70
145	108,77	16,22
146	116,74	16,85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoida molto alterata)

Geologo Salvatore Rota

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	126,13	7,12
2	126,13	17,48
3	116,74	16,85
4	108,77	16,22
5	96,43	15,70
6	87,06	16,17
7	85,23	16,31
8	83,35	16,51
9	81,56	16,56
10	79,08	16,37
11	74,45	15,91
12	67,54	15,48
13	64,39	15,42
14	60,69	14,91
15	56,51	14,82
16	52,09	14,27
17	48,53	13,81
18	45,69	13,08
19	42,83	12,15
20	37,16	9,23
21	33,28	7,04
22	31,54	6,52
23	26,79	5,60
24	24,73	5,43
25	22,76	5,38
26	20,75	5,57
27	18,00	5,73
28	13,65	6,14
29	8,91	6,21
30	3,44	6,36
31	0,00	6,64
32	0,00	5,24
33	1,67	4,93
34	4,06	4,84
35	6,43	4,61
36	8,17	4,15
37	9,85	4,03
38	11,19	3,85
39	12,42	3,75
40	13,39	3,57
41	14,21	2,99
42	15,02	2,48
43	16,48	2,01
44	17,45	1,81
45	18,41	1,81
46	19,34	1,83
47	20,27	2,09
48	20,93	2,53
49	21,38	2,71
50	22,11	2,66
51	23,28	3,02
52	25,12	3,50
53	26,96	3,86
54	28,27	4,37
55	29,16	4,85
56	30,38	4,99
57	32,16	4,94
58	33,24	5,28
59	33,96	5,64
60	34,87	6,17
61	36,21	7,42
62	38,08	8,42
63	39,31	9,19
64	40,67	9,71
65	42,38	10,29
66	44,07	10,88
67	44,97	11,21
68	47,56	11,53
69	50,75	11,38
70	53,46	11,04
71	57,57	10,88
72	63,15	10,21
73	67,03	10,59
74	69,49	11,54
75	73,75	12,39
76	79,24	12,77
77	85,68	13,24
78	89,94	12,86
79	99,59	12,48
80	101,39	12,20
81	106,13	11,25
82	112,66	9,93
83	115,59	9,65
84	121,84	8,32

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
1	100,96	0,00
2	126,13	0,00
3	126,13	7,12
4	121,84	8,32
5	115,59	9,65
6	112,66	9,93
7	106,13	11,25
8	101,39	12,20
9	99,59	12,48
10	89,94	12,86
11	85,68	13,24
12	79,24	12,77
13	73,75	12,39
14	69,49	11,54
15	67,03	10,59
16	63,15	10,21
17	57,57	10,88
18	53,46	11,04
19	50,75	11,38
20	47,56	11,53
21	44,97	11,21
22	44,07	10,88
23	42,38	10,29
24	40,67	9,71
25	39,31	9,19
26	38,08	8,42
27	36,21	7,42
28	34,87	6,17
29	33,96	5,64
30	33,24	5,28
31	32,16	4,94
32	30,38	4,99
33	29,16	4,85
34	28,27	4,37
35	26,96	3,86
36	25,12	3,50
37	23,28	3,02
38	22,11	2,66
39	21,38	2,71
40	20,93	2,53
41	20,27	2,09
42	19,34	1,83
43	18,41	1,81
44	17,45	1,81
45	16,48	2,01
46	15,02	2,48
47	14,21	2,99
48	13,39	3,57
49	12,42	3,75
50	11,19	3,85
51	9,85	4,03
52	8,17	4,15
53	6,43	4,61
54	4,06	4,84
55	1,67	4,93
56	0,00	5,24
57	0,00	2,38
58	2,16	2,07
59	5,12	1,50
60	9,42	0,80
61	11,78	0,88
62	14,63	0,46
63	17,08	0,27
64	18,71	0,19
65	20,05	0,32
66	20,52	0,24
67	20,78	0,29
68	21,38	0,29
69	22,36	0,23
70	24,35	0,83
71	27,22	1,10
72	29,99	1,59
73	31,61	1,77
74	32,60	2,21
75	33,08	2,58
76	34,35	3,60
77	35,59	4,17
78	37,60	4,80
79	39,26	5,96
80	41,75	6,32
81	43,00	6,69
82	44,80	6,49
83	48,19	6,38
84	52,03	5,36
85	54,11	5,19
86	57,94	5,49
87	61,27	5,13
88	65,58	5,85
89	69,59	6,16
90	72,87	6,16
91	77,60	5,31
92	81,07	5,67
93	84,76	5,25

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
94	89,26	4,87
95	92,95	3,68
96	97,59	1,20

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.078	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.280	0.280
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	10.13	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	5.06	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 12,00$	$Y_0 = 20,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 11$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]



## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	16
Coefficiente di sicurezza minimo	1.004
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	16	1.004	1	7.106	16

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	26,00	38,00	30,00	29,02	44,58	9,30	1,004 (C)	[PC]	--
2	C	32,00	40,00	30,00	35,14	49,25	14,15	1,127 (C)	[PC]	--
3	C	28,00	38,00	30,00	28,79	47,12	22,79	1,197 (C)	[PC]	--
4	C	26,00	36,00	30,00	19,09	47,44	51,76	1,557 (C)	[PC]	--
5	C	34,00	40,00	30,00	34,30	51,29	24,89	1,560 (C)	[PC]	--
6	C	22,00	36,00	30,00	15,16	40,53	21,52	1,602 (C)	[PC]	--
7	C	28,00	36,00	30,00	20,96	49,82	68,82	1,732 (C)	[PC]	--
8	C	32,00	38,00	30,00	29,01	51,99	52,13	1,735 (C)	[PC]	--
9	C	30,00	36,00	30,00	22,98	52,03	86,05	1,859 (C)	[PC]	--
10	C	38,00	40,00	30,00	35,05	56,41	47,93	2,167 (C)	[PC]	--
11	C	40,00	40,00	30,00	35,59	59,46	61,01	2,420 (C)	[PC]	--
12	C	20,00	36,00	30,00	13,07	35,41	12,47	2,564 (C)	[PC]	--
13	C	42,00	40,00	30,00	36,21	61,80	74,75	2,646 (C)	[PC]	--
14	C	44,00	40,00	30,00	36,75	64,16	88,47	2,898 (C)	[PC]	--
15	C	46,00	40,00	30,00	37,58	66,11	101,96	3,190 (C)	[PC]	--
16	C	18,00	34,00	30,00	4,76	37,48	61,19	7,106 (C)	[PC]	--
17	C	20,00	32,00	30,00	3,32	44,24	146,41		[PC]	--
18	C	18,00	32,00	30,00	1,29	40,87	133,51		[PC]	--
19	C	24,00	32,00	30,00	7,42	49,02	177,93		[PC]	--
20	C	22,00	32,00	30,00	5,31	46,65	161,67		[PC]	--
21	C	28,00	32,00	30,00	11,64	53,17	212,23		[PC]	--
22	C	30,00	32,00	30,00	13,75	55,42	230,31		[PC]	--
23	C	32,00	32,00	30,00	15,74	57,82	249,47		[PC]	--
24	C	34,00	32,00	30,00	17,90	60,11	270,08		[PC]	--
25	C	26,00	32,00	30,00	9,50	51,02	194,82		[PC]	--
26	C	38,00	32,00	30,00	21,65	64,43	312,96		[PC]	--
27	C	40,00	32,00	30,00	23,81	66,39	334,93		[PC]	--
28	C	42,00	32,00	30,00	25,53	68,38	356,85		[PC]	--
29	C	44,00	32,00	30,00	26,97	70,29	377,90		[PC]	--
30	C	46,00	32,00	30,00	28,35	72,24	397,93		[PC]	--
31	C	48,00	32,00	30,00	29,54	74,29	416,84		[PC]	--
32	C	50,00	32,00	30,00	30,89	76,27	434,64		[PC]	--
33	C	14,00	34,00	30,00	0,72	29,60	50,52		[PC]	--
34	C	16,00	34,00	30,00	2,80	33,66	54,60		[PC]	--
35	C	36,00	32,00	30,00	19,69	62,27	291,39		[PC]	--
36	C	20,00	34,00	30,00	6,88	41,17	70,56		[PC]	--
37	C	22,00	34,00	30,00	9,02	44,83	84,18		[PC]	--
38	C	24,00	34,00	30,00	11,20	47,12	99,99		[PC]	--
39	C	26,00	34,00	30,00	13,34	49,56	116,92		[PC]	--
40	C	28,00	34,00	30,00	15,37	51,67	134,22		[PC]	--
41	C	30,00	34,00	30,00	17,62	53,84	152,09		[PC]	--
42	C	32,00	34,00	30,00	19,32	56,18	170,59		[PC]	--
43	C	34,00	34,00	30,00	21,26	58,72	190,13		[PC]	--
44	C	48,00	30,00	30,00	28,05	75,27	508,86		[PC]	--
45	C	38,00	34,00	30,00	25,19	63,10	232,29		[PC]	--
46	C	40,00	34,00	30,00	26,58	65,29	253,81		[PC]	--
47	C	42,00	34,00	30,00	27,86	67,23	274,62		[PC]	--
48	C	44,00	34,00	30,00	28,90	69,14	294,45		[PC]	--
49	C	46,00	34,00	30,00	30,12	71,09	312,93		[PC]	--

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
50	C	48,00	34,00	30,00	31,35	73,08	330,33		[PC]	--
51	C	50,00	34,00	30,00	32,79	75,05	346,91		[PC]	--
52	C	46,00	30,00	30,00	26,55	73,29	488,57		[PC]	--
53	C	44,00	30,00	30,00	24,94	71,29	467,51		[PC]	--
54	C	24,00	36,00	30,00	17,67	45,03	35,51		[PC]	--
55	C	42,00	30,00	30,00	22,94	69,32	445,93		[PC]	--
56	C	40,00	30,00	30,00	20,93	67,39	424,21		[PC]	--
57	C	38,00	30,00	30,00	18,99	65,42	402,32		[PC]	--
58	C	32,00	36,00	30,00	24,97	54,22	103,92		[PC]	--
59	C	34,00	36,00	30,00	26,18	56,71	122,22		[PC]	--
60	C	36,00	36,00	30,00	27,10	59,35	141,42		[PC]	--
61	C	38,00	36,00	30,00	28,19	61,57	161,01		[PC]	--
62	C	40,00	36,00	30,00	28,95	63,78	180,34		[PC]	--
63	C	42,00	36,00	30,00	30,00	65,83	199,33		[PC]	--
64	C	44,00	36,00	30,00	31,05	67,81	217,40		[PC]	--
65	C	46,00	36,00	30,00	32,28	69,68	234,48		[PC]	--
66	C	48,00	36,00	30,00	33,56	71,62	250,59		[PC]	--
67	C	50,00	36,00	30,00	34,85	73,65	265,73		[PC]	--
68	C	36,00	30,00	30,00	17,15	63,32	380,12		[PC]	--
69	C	34,00	30,00	30,00	15,00	61,23	358,69		[PC]	--
70	C	30,00	38,00	30,00	28,81	49,75	37,38		[PC]	--
71	C	32,00	30,00	30,00	12,96	59,10	337,67		[PC]	--
72	C	34,00	38,00	30,00	29,49	54,23	67,05		[PC]	--
73	C	36,00	38,00	30,00	30,18	56,86	82,34		[PC]	--
74	C	38,00	38,00	30,00	30,87	59,60	98,63		[PC]	--
75	C	40,00	38,00	30,00	31,73	61,88	115,25		[PC]	--
76	C	42,00	38,00	30,00	32,83	64,17	131,81		[PC]	--
77	C	44,00	38,00	30,00	33,77	66,12	148,23		[PC]	--
78	C	46,00	38,00	30,00	34,92	68,13	163,77		[PC]	--
79	C	48,00	38,00	30,00	36,04	69,96	178,48		[PC]	--
80	C	50,00	38,00	30,00	36,93	71,88	192,07		[PC]	--
81	C	30,00	30,00	30,00	10,88	56,74	317,96		[PC]	--
82	C	28,00	30,00	30,00	8,79	54,47	299,62		[PC]	--
83	C	36,00	40,00	30,00	34,49	53,67	36,16		[PC]	--
84	C	26,00	30,00	30,00	6,70	52,35	282,11		[PC]	--
85	C	24,00	30,00	30,00	4,64	50,20	265,22		[PC]	--
86	C	22,00	30,00	30,00	2,67	48,16	248,56		[PC]	--
87	C	36,00	34,00	30,00	23,34	60,96	210,88		[PC]	--
88	C	50,00	30,00	30,00	29,31	77,26	527,97		[PC]	--
89	C	48,00	40,00	30,00	38,66	68,11	114,79		[PC]	--
90	C	50,00	40,00	30,00	39,55	69,92	126,74		[PC]	--
91	C	20,00	30,00	30,00	0,62	45,90	232,75		[PC]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>sl</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

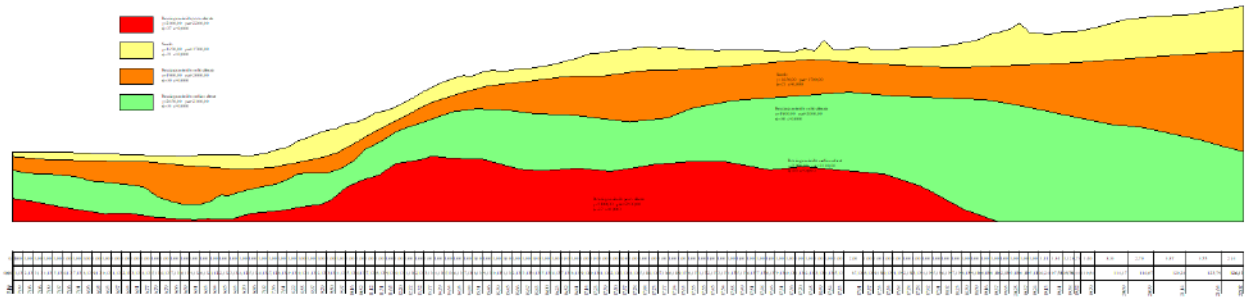
Numero di strisce	32	
Coordinate del centro	X[m]= 26,00	Y[m]= 38,00
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 29,02	Y <sub>v</sub> [m]= 8,15
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 44,58	Y <sub>m</sub> [m]= 14,45

### Geometria e caratteristiche strisce

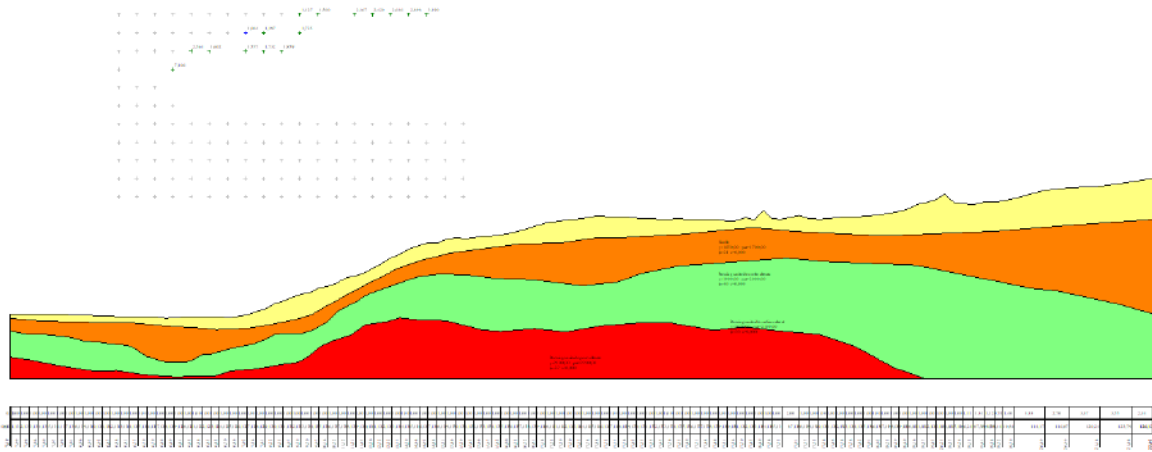
N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xa [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	29,02	8,15	8,15	29,13	8,22	8,16	29,09	8,18	0,11	5,88	21,00	0,00
2	29,13	8,22	8,16	29,63	8,39	8,22	29,42	8,26	0,50	6,47	21,00	0,00
3	29,63	8,39	8,22	30,13	8,55	8,29	29,90	8,36	0,50	7,43	21,00	0,00
4	30,13	8,55	8,29	30,63	8,76	8,36	30,40	8,49	0,51	8,40	21,00	0,00
5	30,63	8,76	8,36	31,13	8,97	8,44	30,89	8,64	0,51	9,36	21,00	0,00
6	31,13	8,97	8,44	31,63	9,13	8,53	31,39	8,77	0,51	10,33	21,00	0,00
7	31,63	9,13	8,53	32,13	9,29	8,63	31,88	8,90	0,51	11,30	21,00	0,00
8	32,13	9,29	8,63	32,63	9,40	8,74	32,38	9,01	0,51	12,28	21,00	0,00
9	32,63	9,40	8,74	33,13	9,50	8,86	32,88	9,12	0,51	13,26	21,00	0,00
10	33,13	9,50	8,86	33,63	9,74	8,99	33,39	9,27	0,52	14,24	21,00	0,00
11	33,63	9,74	8,99	34,13	9,97	9,12	33,89	9,46	0,52	15,23	21,00	0,00
12	34,13	9,97	9,12	34,63	10,07	9,27	34,38	9,61	0,52	16,22	21,00	0,00
13	34,63	10,07	9,27	35,13	10,16	9,42	34,88	9,73	0,52	17,22	21,00	0,00
14	35,13	10,16	9,42	35,63	10,34	9,59	35,38	9,88	0,53	18,22	21,00	0,00
15	35,63	10,34	9,59	36,13	10,52	9,76	35,88	10,05	0,53	19,23	21,00	0,00
16	36,13	10,52	9,76	36,63	10,82	9,95	36,39	10,26	0,53	20,24	21,00	0,00
17	36,63	10,82	9,95	37,13	11,12	10,14	36,88	10,51	0,54	21,26	21,00	0,00
18	37,13	11,12	10,14	37,63	11,22	10,35	37,38	10,70	0,54	22,29	21,00	0,00
19	37,63	11,22	10,35	38,13	11,31	10,56	37,87	10,86	0,54	23,33	21,00	0,00
20	38,13	11,31	10,56	38,63	11,48	10,79	38,38	11,03	0,55	24,37	21,00	0,00
21	38,63	11,48	10,79	39,13	11,65	11,03	38,88	11,23	0,55	25,43	21,00	0,00
22	39,13	11,65	11,03	39,63	11,93	11,28	39,38	11,47	0,56	26,49	21,00	0,00
23	39,63	11,93	11,28	40,13	12,20	11,54	39,88	11,73	0,56	27,56	21,00	0,00
24	40,13	12,20	11,54	40,63	12,46	11,81	40,38	12,00	0,57	28,64	21,00	0,00
25	40,63	12,46	11,81	41,13	12,72	12,09	40,88	12,27	0,58	29,74	21,00	0,00
26	41,13	12,72	12,09	41,63	13,02	12,39	41,38	12,56	0,58	30,84	21,00	0,00
27	41,63	13,02	12,39	42,13	13,32	12,71	41,88	12,86	0,59	31,96	21,00	0,00
28	42,13	13,32	12,71	42,63	13,55	13,03	42,37	13,15	0,60	33,09	21,00	0,00
29	42,63	13,55	13,03	43,13	13,77	13,37	42,87	13,42	0,60	34,24	21,00	0,00
30	43,13	13,77	13,37	43,63	14,03	13,73	43,37	13,72	0,61	35,41	21,00	0,00
31	43,63	14,03	13,73	44,13	14,29	14,10	43,86	14,02	0,62	36,59	21,00	0,00
32	44,13	14,29	14,10	44,58	14,45	14,45	44,28	14,28	0,57	37,73	21,00	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.004$ **Forze applicate sulle strisce**

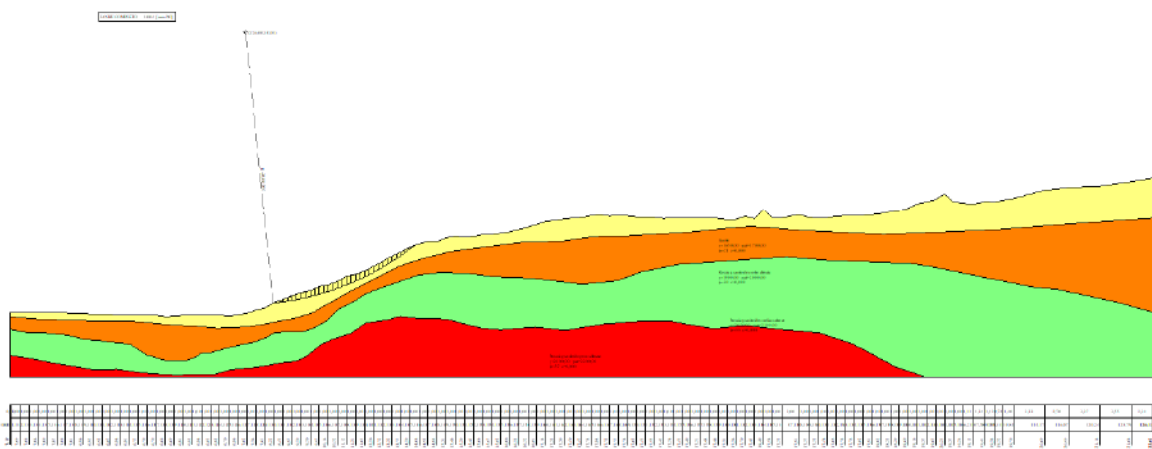
N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	Es [kg]	Ed [kg]	Xs [kg]	Xa [kg]	ID
1	5	0	6	2	0	0	2	0	-1	
2	91	0	95	36	0	2	27	-1	-8	
3	177	0	184	70	0	27	73	-8	-22	
4	274	0	290	111	0	73	140	-22	-51	
5	383	0	399	153	0	140	226	-51	-87	
6	464	0	462	177	0	226	317	-87	-109	
7	517	0	519	199	0	317	410	-109	-139	
8	540	0	513	196	0	410	493	-139	-142	
9	534	0	520	199	0	493	567	-142	-161	
10	573	0	622	238	0	567	645	-161	-249	
11	658	0	647	248	0	645	713	-249	-280	
12	678	0	583	223	0	713	765	-280	-224	
13	633	0	606	232	0	765	807	-224	-239	
14	614	0	633	242	0	807	839	-239	-301	
15	623	0	593	227	0	839	858	-301	-312	
16	673	0	703	269	0	858	867	-312	-392	
17	764	0	715	274	0	867	862	-392	-394	
18	762	0	603	231	0	862	847	-394	-276	
19	667	0	621	238	0	847	819	-276	-274	
20	594	0	587	225	0	819	781	-274	-307	
21	543	0	502	192	0	781	739	-307	-301	
22	526	0	521	199	0	739	685	-301	-330	
23	542	0	487	186	0	685	625	-330	-306	
24	542	0	477	183	0	625	557	-306	-270	
25	526	0	465	178	0	557	480	-270	-235	
26	516	0	458	175	0	480	396	-235	-202	
27	512	0	440	168	0	396	306	-202	-152	
28	466	0	392	150	0	306	217	-152	-97	
29	376	0	327	125	0	217	137	-97	-62	
30	289	0	251	96	0	137	70	-62	-32	
31	204	0	174	67	0	70	20	-32	-7	
32	72	0	63	24	0	20	0	-7	0	



Profilo



Maglia dei centri



Superficie critica

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo post operam **SEZIONE 11**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Roccia granitoida molto alterata	1900	2000	30.00	0,000
3	Roccia granitoida mediam alterat	2050	2100	33.00	0,000
4	Roccia granitoida poco alterata	2100	2200	37.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	6,03
2	0,21	6,10
3	40,02	6,10
4	49,23	6,10
5	73,16	6,10
6	100,13	6,10
7	101,91	12,00
8	103,13	16,06
9	104,13	19,37
10	105,13	19,24
11	106,24	19,13
12	107,58	19,41
13	108,70	19,38
14	109,44	19,52
15	110,84	19,79
16	114,17	20,69
17	116,87	20,99
18	120,24	21,14
19	123,79	21,64
20	126,12	22,02

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoida poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	3,33
2	0,00	0,00
3	101,71	0,00
4	98,94	1,37
5	95,08	2,37
6	92,62	3,51
7	88,84	4,56
8	88,25	4,70
9	83,56	5,24
10	80,92	4,83
11	80,24	4,97
12	78,19	5,06
13	73,16	6,10
14	49,23	6,10
15	40,02	6,10
16	39,31	5,16
17	37,47	4,59
18	36,21	3,57
19	34,91	2,85
20	32,59	2,51

n°	X [m]	Y [m]
21	29,49	2,33
22	24,11	2,28
23	15,98	2,22
24	7,43	2,75
25	2,34	3,10

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoida molto alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	103,13	16,06
2	101,91	12,00
3	103,21	11,82
4	109,30	11,06
5	115,09	10,08
6	119,15	9,93
7	121,63	9,33
8	124,79	8,35
9	126,12	8,00
10	126,12	16,52
11	123,42	16,44
12	116,08	16,17
13	105,92	16,06

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoida mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	101,71	0,00
2	126,12	0,00
3	126,12	8,00
4	124,79	8,35
5	121,63	9,33
6	119,15	9,93
7	115,09	10,08
8	109,30	11,06
9	103,21	11,82
10	101,91	12,00
11	100,13	6,10
12	73,16	6,10
13	78,19	5,06
14	80,24	4,97
15	80,92	4,83
16	83,56	5,24
17	88,25	4,70
18	88,84	4,56
19	92,62	3,51
20	95,08	2,37
21	98,94	1,37

Strato N° 4 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	126,12	16,52
2	126,12	22,02
3	123,79	21,64
4	120,24	21,14
5	116,87	20,99
6	114,17	20,69
7	110,84	19,79
8	109,44	19,52
9	108,70	19,38
10	107,58	19,41
11	106,24	19,13
12	105,13	19,24
13	104,13	19,37
14	103,13	16,06
15	105,92	16,06
16	116,08	16,17
17	123,42	16,44

Strato N° 5 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoida mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	40,02	6,10
2	0,21	6,10
3	0,00	6,03

n°	X [m]	Y [m]
4	0,00	3,33
5	2,34	3,10
6	7,43	2,75
7	15,98	2,22
8	24,11	2,28
9	29,49	2,33
10	32,59	2,51
11	34,91	2,85
12	36,21	3,57
13	37,47	4,59
14	39,31	5,16

### Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 2

#### *Muro di sostegno - Massi Ciclopici*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	115,94	m
Altezza paramento	4,00	m
Spessore in testa	2,00	m
Inclinazione esterna	5,000	
Inclinazione interna	5,000	
Spessore alla base	2,70	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,70	m
Spessore fondazione	0,20	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	4,00	m

#### *Muro di sostegno - Massi Ciclopici*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	101,39	m
Altezza paramento	4,00	m
Spessore in testa	2,00	m
Inclinazione esterna	5,000	
Inclinazione interna	5,000	
Spessore alla base	2,70	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,70	m
Spessore fondazione	0,20	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	4,00	m

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.078	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_n=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	13.74	0.00



	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	6.87	0.00

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 82,86$	$Y_0 = 25,98$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 13$	$N_y = 7$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1,00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	4
Coefficiente di sicurezza minimo	1.126
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	4	1.126	1	-11.678	16

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	90,86	37,98	30,00	101,39	112,19	37,21	1,126 (C)	[A2M2]	--
2	C	92,86	37,98	30,00	101,39	114,19	51,89	1,262 (C)	[A2M2]	--
3	C	90,86	33,98	30,00	79,78	115,51	118,85	1,329 (C)	[A2M2]	--
4	C	94,86	31,98	30,00	79,69	122,98	264,05		[A2M2]	--
5	C	88,86	31,98	30,00	73,69	114,79	174,05		[A2M2]	--
6	C	92,86	31,98	30,00	77,69	120,87	233,40		[A2M2]	--
7	C	92,86	33,98	30,00	81,78	119,97	152,00		[A2M2]	--
8	C	94,86	33,98	30,00	83,78	122,10	182,24		[A2M2]	--
9	C	96,86	33,98	30,00	85,78	124,24	213,21		[A2M2]	--
10	C	98,86	35,98	30,00	96,18	125,35	175,53		[A2M2]	--
11	C	96,86	31,98	30,00	81,69	125,10	295,09		[A2M2]	--
12	C	86,86	31,98	30,00	71,69	112,79	152,52		[A2M2]	--
13	C	96,86	37,98	30,00	101,39	121,84	101,68		[A2M2]	--
14	C	94,86	37,98	30,00	101,39	119,67	76,27		[A2M2]	--
15	C	98,86	37,98	30,00	101,39	124,05	128,31		[A2M2]	--
16	C	90,86	31,98	30,00	75,69	118,81	203,19		[A2M2]	--
17	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--H +V
18	G	--	--	--	100,86	1E20	25,98			--H -V
19	G	--	--	--	27,98	0,00	1E20			-- +V
20	G	--	--	--	1E20	102,86	0,00			--H +V
21	G	--	--	--	0,00	31,98	104,86			--H +V
22	G	--	--	--	102,86	1E20	33,98			--H +V
23	G	--	--	--	35,98	0,00	1E20			-- +V
24	C	100,86	37,98	1E20	1E20	104,86	0,00		[PC]	--
25	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
26	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
27	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
28	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
29	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
30	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
31	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
32	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--H +V
33	G	--	--	--	1,239669595 51457E214	1,626866998 4772E219	1,299351262 76547E180			--H +V
34	G	--	--	--	5,591219483 26075E252	0,00	0,00			--H +V
35	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
36	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
37	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
38	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
39	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
40	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
41	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			-- +V
42	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
43	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--
44	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
45	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
46	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	-- +V
47	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[A2M2]	-- +V

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
48	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--
49	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
50	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
51	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
52	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
53	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
54	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
55	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
56	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
57	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
58	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
59	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
60	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
61	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
62	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
63	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
64	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
65	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--H +V
66	G	--	--	--	0,00	0,00	2,765595058 99942E218			--H +V
67	G	--	--	--	1,458219428 783E252	0,00	1,963868358 04433E58			--H +V
68	G	--	--	--	4,824108800 97645E228	5,034317826 29812E180	8,876980551 67913E247			--H +V
69	G	--	--	--	3,296794095 71605E64	5,763512855 46245E228	1,675613804 28565E243			--H +V
70	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			-- +V
71	G	--	--	--	-	-	-			--H +V
72	G	--	--	--	9,257834366 08935E303	5,067399637 72471E235	2,026959855 08988E236			--H +V
73	G	--	--	--	0,00	0,00	5,807581883 56386E303			--H +V
74	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
75	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
76	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--H +V
77	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			-- +V
78	C	0,00	0,00	0,00	126,12	123,79	21,14			--
79	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
80	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			-- +V
81	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
82	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
83	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
84	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H -V
85	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
86	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			-- +V
87	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
88	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
89	C	0,00	0,00	0,00	0,00	1,717664724 9415E228	0,00			--H +V
90	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
91	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>sl</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce

22

Geologo Salvatore Rota

Coordinate del centro	X[m]= 90,86	Y[m]= 37,98
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 101,39	Y <sub>v</sub> [m]= 9,89
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 112,19	Y <sub>m</sub> [m]= 16,89

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>sl</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dl</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	101,39	10,28	9,89	101,91	12,00	10,09	101,71	10,67	0,56	21,08	27,45	0,00
2	101,91	12,00	10,09	102,32	13,35	10,25	102,13	11,45	0,44	22,03	27,45	0,00
3	102,32	13,35	10,25	102,72	14,71	10,43	102,53	12,21	0,44	22,87	27,45	0,00
4	102,72	14,71	10,43	103,13	16,06	10,60	102,94	12,96	0,45	23,72	27,45	0,00
5	103,13	16,06	10,60	103,53	16,89	10,72	103,26	13,57	0,27	24,41	27,45	0,00
6	103,53	16,89	10,72	103,90	16,89	10,96	103,64	13,86	0,57	25,22	27,45	0,00
7	103,90	16,89	10,96	104,42	16,89	11,22	104,16	13,99	0,58	26,32	27,45	0,00
8	104,42	16,89	11,22	104,94	16,89	11,49	104,68	14,12	0,58	27,43	27,45	0,00
9	104,94	16,89	11,49	105,45	16,89	11,77	105,19	14,26	0,59	28,55	25,69	0,00
10	105,45	16,89	11,77	105,97	16,89	12,06	105,71	14,40	0,60	29,68	24,79	0,00
11	105,97	16,89	12,06	106,49	16,89	12,37	106,23	14,55	0,60	30,83	24,79	0,00
12	106,49	16,89	12,37	107,01	16,89	12,70	106,75	14,71	0,61	31,99	24,79	0,00
13	107,01	16,89	12,70	107,53	16,89	13,04	107,26	14,88	0,62	33,16	24,79	0,00
14	107,53	16,89	13,04	108,05	16,89	13,39	107,78	15,05	0,63	34,35	24,79	0,00
15	108,05	16,89	13,39	108,56	16,89	13,76	108,30	15,23	0,64	35,56	24,79	0,00
16	108,56	16,89	13,76	109,08	16,89	14,15	108,82	15,42	0,65	36,79	24,79	0,00
17	109,08	16,89	14,15	109,60	16,89	14,55	109,33	15,62	0,66	38,03	24,79	0,00
18	109,60	16,89	14,55	110,12	16,89	14,98	109,85	15,82	0,67	39,30	24,79	0,00
19	110,12	16,89	14,98	110,64	16,89	15,42	110,37	16,04	0,68	40,59	24,79	0,00
20	110,64	16,89	15,42	111,16	16,89	15,89	110,88	16,26	0,70	41,91	24,79	0,00
21	111,16	16,89	15,89	111,67	16,89	16,38	111,39	16,50	0,71	43,25	20,74	0,00
22	111,67	16,89	16,38	112,19	16,89	16,89	111,85	16,72	0,73	44,63	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**

Coefficiente di sicurezza senza interventi

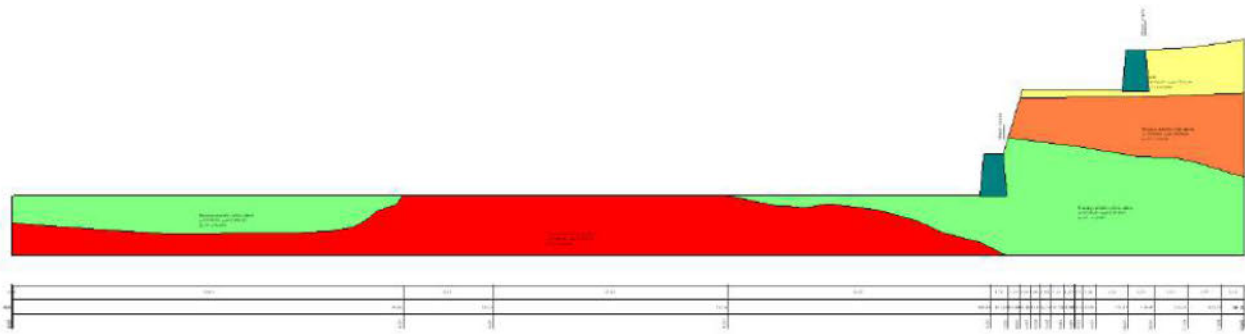
$C_s = 0.862$

Superficie	Resistenza [kg]	% usata [%]	Fs
1	7046	100.00	1.126

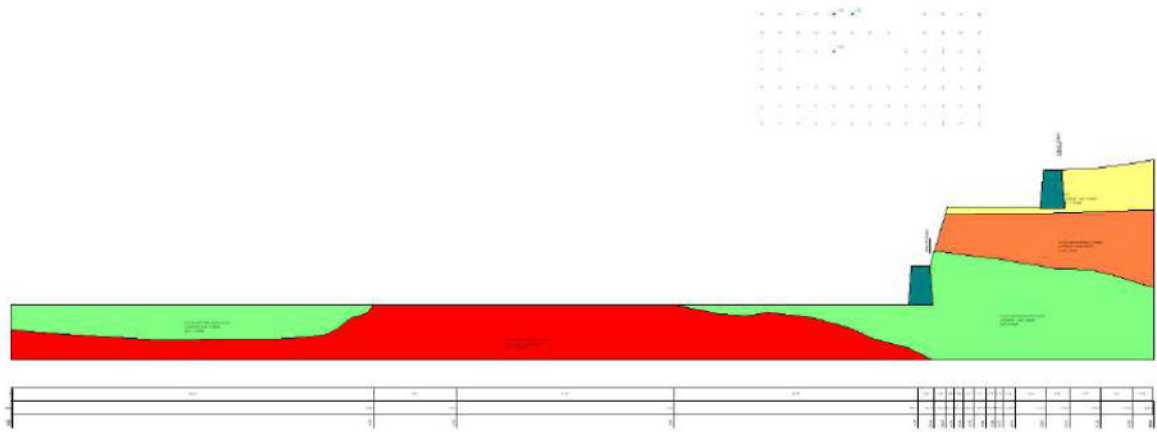
**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	1225	0	11754	5425	0	7046	7881	0	-11693	1
2	2052	0	1286	593	0	7881	7949	-11693	-11055	
3	2956	0	3088	1425	0	7949	8061	-11055	-11498	
4	3854	0	3592	1658	0	8061	8134	-11498	-11599	
5	2769	0	2425	1119	0	8134	8151	-11599	-11501	
6	5919	0	-2656	-1226	0	8151	8174	-11501	-2657	
7	5648	0	4628	2136	0	8174	8037	-2657	-2103	
8	5364	0	4619	2132	0	8037	7802	-2103	-1821	
9	5073	0	4130	1765	0	7802	7379	-1821	-1220	
10	4787	0	4068	1669	0	7379	6815	-1220	-794	
11	4489	0	3968	1628	0	6815	6180	-794	-546	
12	4179	0	3764	1545	0	6180	5496	-546	-378	
13	3853	0	3517	1443	0	5496	4780	-378	-258	
14	3513	0	3217	1320	0	4780	4055	-258	-147	
15	3157	0	2922	1199	0	4055	3331	-147	-65	
16	2784	0	2601	1067	0	3331	2628	-65	-3	
17	2394	0	2260	927	0	2628	1966	-3	40	
18	1987	0	1898	779	0	1966	1367	40	65	
19	1560	0	1512	621	0	1367	854	65	73	
20	1113	0	1101	452	0	854	455	73	65	
21	653	0	666	224	0	455	162	65	79	
22	219	0	330	90	0	162	-5	79	0	

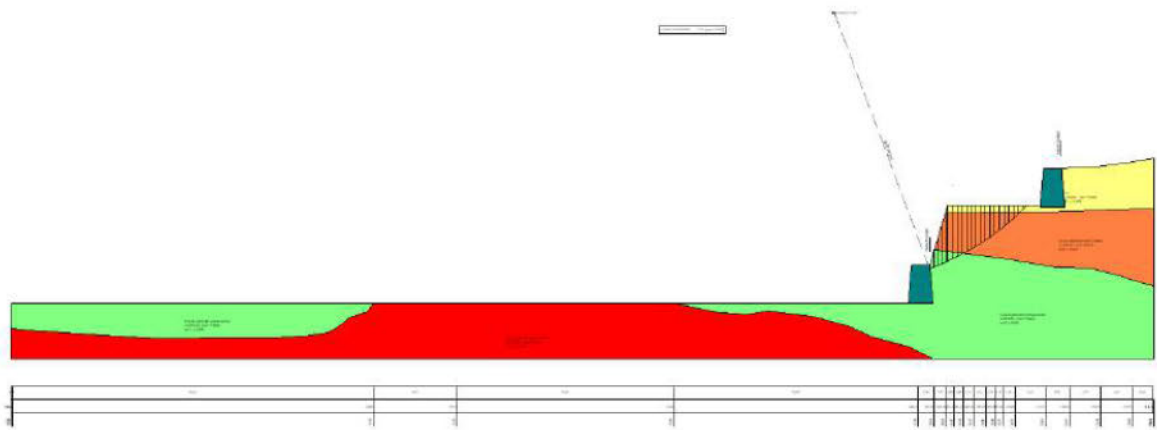
LEGENDA



Profilo



Maglia dei centri



Superficie critica

Geologo Salvatore Rota



Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo ante operam **SEZIONE 13**

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Detrito di alterazione	1700	1750	25.00	0,000
3	Roccia granitoida mediam alterat	2100	2200	38.00	0,000
4	Roccia granitoida poco alterata	2200	2300	41.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	7,41
2	0,33	7,42
3	1,33	7,45
4	2,33	7,41
5	3,33	7,42
6	4,33	7,41
7	5,33	7,40
8	6,33	7,41
9	7,33	7,39
10	8,33	7,42
11	9,33	7,39
12	10,33	7,38
13	11,33	7,33
14	12,33	7,34
15	13,33	7,32
16	14,33	7,29
17	15,33	7,24
18	16,33	7,21
19	17,33	7,20
20	18,33	7,22
21	19,33	7,20
22	20,33	7,19
23	21,33	7,15
24	22,33	7,19
25	23,33	7,45
26	24,33	8,28
27	25,33	9,04
28	26,33	10,17
29	27,33	12,14
30	28,33	15,26
31	29,33	17,61
32	30,33	18,07
33	31,33	18,79
34	32,33	19,63
35	33,33	20,66
36	34,33	21,13
37	35,33	21,89
38	36,33	22,69
39	37,33	23,24
40	38,33	23,32
41	39,33	23,37
42	40,33	23,44
43	41,33	23,54
44	42,33	23,63
45	43,33	24,08
46	44,33	24,29
47	45,33	24,55
48	46,33	24,71
49	47,33	24,96
50	48,33	25,15
51	49,33	25,49
52	50,33	25,51
53	51,33	25,76
54	52,33	26,16
55	53,33	26,29

n°	X [m]	Y [m]
56	54,33	26,40
57	55,33	26,53
58	56,33	26,65
59	57,33	26,78
60	58,33	26,67
61	59,33	27,98
62	60,33	28,15
63	61,33	27,20
64	62,33	26,78
65	63,33	26,37
66	64,33	26,26
67	65,33	26,05
68	66,33	25,99
69	67,33	25,82
70	68,33	25,68
71	69,33	25,56
72	70,33	25,56
73	71,33	25,61
74	72,33	25,70
75	73,33	25,74
76	75,33	25,73
77	76,33	25,72
78	77,33	25,71
79	78,33	25,70
80	79,33	25,64
81	80,33	25,56
82	81,33	25,45
83	82,33	25,23
84	83,33	25,13
85	84,33	24,94
86	85,33	24,61
87	86,33	24,47
88	87,33	24,26
89	88,33	24,18
90	89,33	23,92
91	90,33	23,77
92	91,33	23,78
93	93,33	23,49
94	94,33	23,42
95	95,33	23,35
96	97,33	23,29
97	98,33	23,36
98	99,33	23,32
99	101,33	23,13
100	102,33	23,11
101	103,33	23,05
102	104,33	23,23
103	105,33	23,24
104	106,33	23,18
105	107,33	23,32
106	108,33	23,37
107	109,33	23,40
108	117,33	24,04
109	121,58	24,49
110	123,41	24,91
111	126,13	25,62

## Descrizione stratigrafia

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoida poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	114,10	0,00
3	109,80	2,27
4	105,16	4,76
5	101,47	5,94
6	96,97	6,32
7	93,28	6,75
8	89,81	6,39
9	85,07	7,23
10	81,80	7,23
11	77,79	6,93
12	73,48	6,20
13	70,14	6,57
14	66,32	6,26
15	64,24	6,43
16	60,40	7,45
17	57,00	7,57
18	55,21	7,77
19	53,96	7,40
20	51,47	7,03
21	50,79	7,11
22	49,87	7,31

Geologo Salvatore Rota



n°	X [m]	Y [m]
23	49,08	7,83
24	48,06	8,06
25	46,90	8,27
26	45,22	8,41
27	43,69	8,27
28	41,40	8,06
29	39,35	7,55
30	37,40	6,84
31	35,99	6,75
32	34,55	6,88
33	33,31	6,77
34	32,33	6,63
35	30,98	6,45
36	28,83	5,43
37	26,84	3,71
38	24,30	3,10
39	22,18	2,12
40	17,64	0,93
41	13,10	1,23
42	9,44	1,39
43	4,22	0,54

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	126,13	20,08
2	126,13	25,62
3	123,41	24,91
4	121,58	24,49
5	117,33	24,04
6	109,33	23,40
7	108,33	23,37
8	107,33	23,32
9	106,33	23,18
10	105,33	23,24
11	104,33	23,23
12	103,33	23,05
13	102,33	23,11
14	101,33	23,13
15	99,33	23,32
16	98,33	23,36
17	97,33	23,29
18	95,33	23,35
19	94,33	23,42
20	93,33	23,49
21	91,33	23,78
22	90,33	23,77
23	89,33	23,92
24	88,33	24,18
25	87,33	24,26
26	86,33	24,47
27	85,33	24,61
28	84,33	24,94
29	83,33	25,13
30	82,33	25,23
31	81,33	25,45
32	80,33	25,56
33	79,33	25,64
34	78,33	25,70
35	77,33	25,71
36	76,33	25,72
37	75,33	25,73
38	73,33	25,74
39	72,33	25,70
40	71,33	25,61
41	70,33	25,56
42	69,33	25,56
43	68,33	25,68
44	67,33	25,82
45	66,33	25,99
46	65,33	26,05
47	64,33	26,26
48	63,33	26,37
49	62,33	26,78
50	61,33	27,20
51	60,33	28,15
52	59,33	27,98
53	58,33	26,67
54	57,33	26,78
55	56,33	26,65
56	55,33	26,53
57	54,33	26,40
58	53,33	26,29
59	52,33	26,16
60	51,33	25,76
61	50,33	25,51
62	49,33	25,49
63	48,33	25,15

n°	X [m]	Y [m]
64	47,33	24,96
65	46,33	24,71
66	45,33	24,55
67	44,33	24,29
68	43,33	24,08
69	42,33	23,63
70	41,33	23,54
71	40,33	23,44
72	39,33	23,37
73	38,33	23,32
74	37,33	23,24
75	36,33	22,69
76	35,33	21,89
77	34,33	21,13
78	33,33	20,66
79	32,33	19,63
80	31,33	18,79
81	30,33	18,07
82	29,33	17,61
83	30,25	17,46
84	31,42	17,71
85	32,47	18,59
86	36,05	20,74
87	47,98	22,68
88	53,02	22,97
89	57,29	24,52
90	59,62	25,20
91	62,43	24,91
92	65,63	23,07
93	70,38	22,10
94	74,74	21,62
95	80,37	22,30
96	87,06	22,20
97	96,66	21,23
98	106,06	21,03
99	112,17	21,03
100	118,95	20,74

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	27,33	12,14
2	26,33	10,17
3	25,33	9,04
4	24,33	8,28
5	23,33	7,45
6	22,33	7,19
7	21,33	7,15
8	20,33	7,19
9	19,33	7,20
10	18,33	7,22
11	17,33	7,20
12	16,33	7,21
13	15,33	7,24
14	14,33	7,29
15	13,33	7,32
16	12,33	7,34
17	11,33	7,33
18	10,33	7,38
19	9,33	7,39
20	8,33	7,42
21	7,33	7,39
22	6,33	7,41
23	5,33	7,40
24	4,33	7,41
25	3,33	7,42
26	2,33	7,41
27	1,33	7,45
28	0,33	7,42
29	0,00	7,41
30	0,00	6,88
31	6,00	6,90
32	17,87	6,52
33	22,57	6,67
34	25,05	7,11
35	26,29	8,02
36	26,59	8,50
37	26,79	9,90

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	114,10	0,00
2	126,13	0,00

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
3	126,13	20,08
4	118,95	20,74
5	112,17	21,03
6	106,06	21,03
7	96,66	21,23
8	87,06	22,20
9	80,37	22,30
10	74,74	21,62
11	70,38	22,10
12	65,63	23,07
13	62,43	24,91
14	59,62	25,20
15	57,29	24,52
16	53,02	22,97
17	47,98	22,68
18	36,05	20,74
19	32,47	18,59
20	31,42	17,71
21	30,25	17,46
22	29,33	17,61
23	28,33	15,26
24	27,33	12,14
25	26,79	9,90
26	26,59	8,50
27	26,29	8,02
28	25,05	7,11
29	22,57	6,67
30	17,87	6,52
31	6,00	6,90
32	0,00	6,88
33	0,00	0,00
34	4,22	0,54
35	9,44	1,39
36	13,10	1,23
37	17,64	0,93
38	22,18	2,12
39	24,30	3,10
40	26,84	3,71
41	28,83	5,43
42	30,98	6,45
43	32,33	6,63
44	33,31	6,77
45	34,55	6,88
46	35,99	6,75
47	37,40	6,84
48	39,35	7,55
49	41,40	8,06
50	43,69	8,27
51	45,22	8,41
52	46,90	8,27
53	48,06	8,06
54	49,08	7,83
55	49,87	7,31
56	50,79	7,11
57	51,47	7,03
58	53,96	7,40
59	55,21	7,77
60	57,00	7,57
61	60,40	7,45
62	64,24	6,43
63	66,32	6,26
64	70,14	6,57
65	73,48	6,20
66	77,79	6,93
67	81,80	7,23
68	85,07	7,23
69	89,81	6,39
70	93,28	6,75
71	96,97	6,32
72	101,47	5,94
73	105,16	4,76
74	109,80	2,27

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

Geologo Salvatore Rota

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	13.74	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	6.87	0.00

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 17,84$	$Y_0 = 21,47$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 13$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	0.952
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	1	0.952	1	0.952	1

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	17,84	39,47	30,00	26,65	43,63	81,94	0,952 (C)	[A2M2]	--
2	C	25,84	31,47	30,00	7,92	55,43	504,55		[A2M2]	--
3	C	21,84	31,47	30,00	3,91	51,29	429,17		[A2M2]	--
4	C	23,84	31,47	30,00	5,93	53,39	466,53		[A2M2]	--
5	C	29,84	31,47	30,00	12,02	59,64	582,69		[A2M2]	--
6	C	31,84	31,47	30,00	14,07	61,52	623,59		[A2M2]	--
7	C	27,84	31,47	30,00	9,96	57,47	543,08		[A2M2]	--
8	C	35,84	31,47	30,00	18,18	65,35	700,58		[A2M2]	--
9	C	37,84	31,47	30,00	20,22	67,30	738,12		[A2M2]	--
10	C	39,84	31,47	30,00	22,23	69,25	775,19		[A2M2]	--
11	C	41,84	31,47	30,00	23,59	71,26	811,59		[A2M2]	--
12	C	17,84	33,47	30,00	2,97	46,55	266,63		[A2M2]	--
13	C	33,84	31,47	30,00	16,19	63,40	662,54		[A2M2]	--
14	C	21,84	33,47	30,00	7,00	50,80	337,99		[A2M2]	--
15	C	23,84	33,47	30,00	9,00	52,96	375,09		[A2M2]	--
16	C	25,84	33,47	30,00	11,10	55,02	413,05		[A2M2]	--
17	C	27,84	33,47	30,00	13,13	57,08	451,60		[A2M2]	--
18	C	29,84	33,47	30,00	15,28	59,33	490,81		[A2M2]	--
19	C	31,84	33,47	30,00	17,35	61,20	532,25		[A2M2]	--
20	C	33,84	33,47	30,00	19,35	63,02	571,66		[A2M2]	--
21	C	35,84	33,47	30,00	21,44	64,93	609,89		[A2M2]	--
22	C	37,84	33,47	30,00	23,04	66,87	647,51		[A2M2]	--
23	C	39,84	33,47	30,00	23,99	68,80	683,66		[A2M2]	--
24	C	41,84	33,47	30,00	24,90	70,78	718,09		[A2M2]	--
25	C	17,84	35,47	30,00	7,28	45,81	184,25		[A2M2]	--
26	C	19,84	33,47	30,00	4,99	48,70	301,89		[A2M2]	--
27	C	21,84	35,47	30,00	11,44	50,14	255,11		[A2M2]	--
28	C	23,84	35,47	30,00	13,48	52,36	291,96		[A2M2]	--
29	C	25,84	35,47	30,00	15,72	54,44	330,02		[A2M2]	--
30	C	27,84	35,47	30,00	17,77	56,52	368,68		[A2M2]	--
31	C	29,84	35,47	30,00	19,81	58,64	407,74		[A2M2]	--
32	C	31,84	35,47	30,00	21,88	60,81	449,19		[A2M2]	--
33	C	33,84	35,47	30,00	23,21	62,53	488,87		[A2M2]	--
34	C	35,84	35,47	30,00	23,92	64,39	526,37		[A2M2]	--
35	C	37,84	35,47	30,00	24,65	66,30	562,08		[A2M2]	--
36	C	39,84	35,47	30,00	25,43	68,20	596,11		[A2M2]	--
37	C	41,84	35,47	30,00	26,11	70,16	628,25		[A2M2]	--
38	C	17,84	37,47	30,00	24,17	44,86	119,03		[A2M2]	--
39	C	19,84	37,47	30,00	23,65	47,08	152,52		[A2M2]	--
40	C	21,84	37,47	30,00	23,40	49,34	187,63		[A2M2]	--
41	C	23,84	37,47	30,00	23,36	51,49	223,80		[A2M2]	--
42	C	25,84	37,47	30,00	23,47	53,70	261,09		[A2M2]	--
43	C	27,84	37,47	30,00	23,70	55,80	298,69		[A2M2]	--
44	C	29,84	37,47	30,00	24,04	57,85	336,30		[A2M2]	--
45	C	31,84	37,47	30,00	24,47	60,35	374,89		[A2M2]	--
46	C	33,84	37,47	30,00	25,01	61,93	412,68		[A2M2]	--
47	C	35,84	37,47	30,00	25,55	63,69	447,82		[A2M2]	--
48	C	37,84	37,47	30,00	26,07	65,58	481,04		[A2M2]	--
49	C	39,84	37,47	30,00	26,54	67,48	512,50		[A2M2]	--

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
50	C	41,84	37,47	30,00	26,96	69,37	541,84		[A2M2]	--
51	C	19,84	35,47	30,00	9,28	47,98	219,14		[A2M2]	--
52	C	19,84	39,47	30,00	26,34	45,92	109,81		[A2M2]	--
53	C	21,84	39,47	30,00	25,96	48,19	139,58		[A2M2]	--
54	C	23,84	39,47	30,00	25,77	50,40	171,11		[A2M2]	--
55	C	25,84	39,47	30,00	25,71	52,75	203,88		[A2M2]	--
56	C	27,84	39,47	30,00	25,77	54,88	237,58		[A2M2]	--
57	C	29,84	39,47	30,00	25,94	57,00	271,52		[A2M2]	--
58	C	31,84	39,47	30,00	26,19	59,57	305,78		[A2M2]	--
59	C	33,84	39,47	30,00	26,44	61,25	341,09		[A2M2]	--
60	C	35,84	39,47	30,00	26,70	62,91	373,61		[A2M2]	--
61	C	37,84	39,47	30,00	27,00	64,73	403,88		[A2M2]	--
62	C	39,84	39,47	30,00	27,35	66,62	432,29		[A2M2]	--
63	C	41,84	39,47	30,00	27,62	68,47	458,65		[A2M2]	--
64	C	19,84	31,47	30,00	1,90	49,23	392,90		[A2M2]	--
65	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H
66	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			--H +V
67	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	-- +V
68	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
69	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
70	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
71	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
72	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
73	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
74	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
75	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
76	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	--
77	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H
78	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H +V
79	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H +V
80	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00			--H +V
81	G	--	--	--	0,00	0,00	0,00		[PC]	-- +V
82	G	--	--	--	-1E20	0,00	0,00			--
83	G	--	--	--	-1E20	0,00	0,00		[PC]	-- +V
84	G	--	--	--	2,28	-1E20	0,00			--
85	C	4547,52	2985,61	10685,64	2,28	-1E20	0,00		[PC]	-- +V
86	C	0,00	4753,67	3120,95	-4105,84	2,19	0,00		[PC]	--
87	C	0,00	0,00	4009,68	-4105,84	2,19	-1E20		[PC]	--
88	C	0,00	0,00	0,00	8072,76	-1833,37	-1E20			--H
89	C	0,00	0,00	0,00	8072,76	-1833,37	1,77		[PC]	-- +V
90	C	0,00	0,00	0,00	1422,00	6546,87	1,77		[PC]	--
91	G	--	--	--	8057,61	6546,87	-4640,41		[PC]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>sl</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	34	
Coordinate del centro	X[m]= 17,84	Y[m]= 39,47
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 26,65	Y <sub>v</sub> [m]= 10,79
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 43,63	Y <sub>m</sub> [m]= 24,14

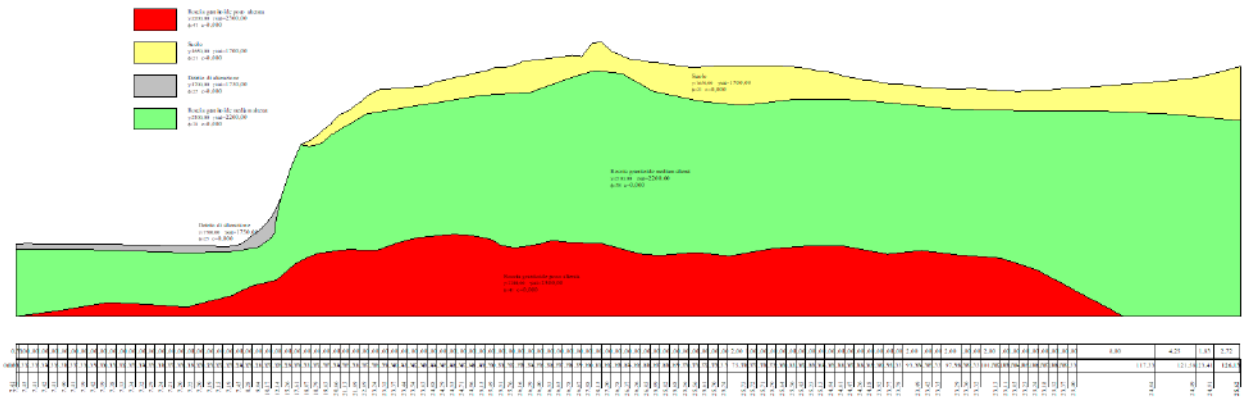
### Geometria e caratteristiche strisce



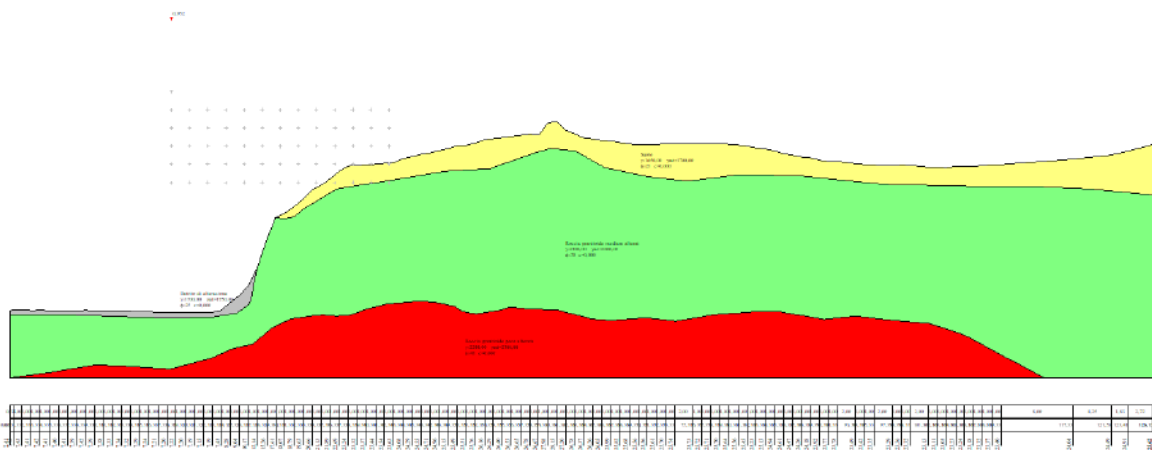
N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xa [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	26,65	10,79	10,79	27,33	12,14	11,01	27,10	11,31	0,72	17,75	25,44	0,00
2	27,33	12,14	11,01	27,83	13,70	11,18	27,61	12,06	0,53	18,95	32,01	0,00
3	27,83	13,70	11,18	28,33	15,26	11,36	28,10	12,91	0,53	19,96	32,01	0,00
4	28,33	15,26	11,36	28,83	16,44	11,56	28,59	13,67	0,54	20,98	32,01	0,00
5	28,83	16,44	11,56	29,33	17,61	11,76	29,09	14,35	0,54	22,00	32,01	0,00
6	29,33	17,61	11,76	29,83	17,84	11,97	29,58	14,79	0,54	23,04	32,01	0,00
7	29,83	17,84	11,97	30,33	18,07	12,19	30,08	15,02	0,55	24,08	32,01	0,00
8	30,33	18,07	12,19	30,83	18,43	12,43	30,58	15,28	0,55	25,13	32,01	0,00
9	30,83	18,43	12,43	31,33	18,79	12,67	31,08	15,58	0,56	26,19	32,01	0,00
10	31,33	18,79	12,67	31,83	19,21	12,93	31,58	15,90	0,56	27,26	32,01	0,00
11	31,83	19,21	12,93	32,33	19,63	13,20	32,08	16,24	0,57	28,34	32,01	0,00
12	32,33	19,63	13,20	32,83	20,15	13,48	32,58	16,62	0,57	29,43	32,01	0,00
13	32,83	20,15	13,48	33,33	20,66	13,78	33,08	17,02	0,58	30,53	32,01	0,00
14	33,33	20,66	13,78	33,83	20,90	14,09	33,58	17,35	0,59	31,65	32,01	0,00
15	33,83	20,90	14,09	34,33	21,13	14,41	34,08	17,63	0,59	32,78	32,01	0,00
16	34,33	21,13	14,41	34,83	21,51	14,74	34,58	17,95	0,60	33,92	32,01	0,00
17	34,83	21,51	14,74	35,33	21,89	15,10	35,08	18,31	0,61	35,08	32,01	0,00
18	35,33	21,89	15,10	35,83	22,29	15,46	35,58	18,68	0,62	36,25	32,01	0,00
19	35,83	22,29	15,46	36,33	22,69	15,85	36,08	19,07	0,63	37,45	32,01	0,00
20	36,33	22,69	15,85	36,83	22,97	16,25	36,58	19,44	0,64	38,66	32,01	0,00
21	36,83	22,97	16,25	37,33	23,24	16,66	37,08	19,78	0,65	39,89	32,01	0,00
22	37,33	23,24	16,66	37,83	23,28	17,10	37,58	20,07	0,66	41,15	32,01	0,00
23	37,83	23,28	17,10	38,33	23,32	17,56	38,08	20,31	0,68	42,43	32,01	0,00
24	38,33	23,32	17,56	38,83	23,35	18,04	38,58	20,56	0,69	43,74	32,01	0,00
25	38,83	23,35	18,04	39,33	23,37	18,54	39,08	20,82	0,71	45,08	32,01	0,00
26	39,33	23,37	18,54	39,83	23,41	19,06	39,58	21,09	0,73	46,45	32,01	0,00
27	39,83	23,41	19,06	40,33	23,44	19,62	40,07	21,38	0,75	47,85	32,01	0,00
28	40,33	23,44	19,62	40,83	23,49	20,20	40,57	21,68	0,77	49,29	32,01	0,00
29	40,83	23,49	20,20	41,33	23,54	20,81	41,07	22,00	0,79	50,78	32,01	0,00
30	41,33	23,54	20,81	41,83	23,59	21,46	41,57	22,34	0,82	52,32	32,01	0,00
31	41,83	23,59	21,46	42,33	23,63	22,14	42,07	22,69	0,85	53,91	22,59	0,00
32	42,33	23,63	22,14	42,83	23,85	22,87	42,56	23,11	0,88	55,56	17,07	0,00
33	42,83	23,85	22,87	43,33	24,08	23,65	43,05	23,58	0,93	57,29	17,07	0,00
34	43,33	24,08	23,65	43,63	24,14	24,14	43,43	23,96	0,98	58,73	17,07	0,00

Metodo di **JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s = 0.952$ **Forze applicate sulle strisce**

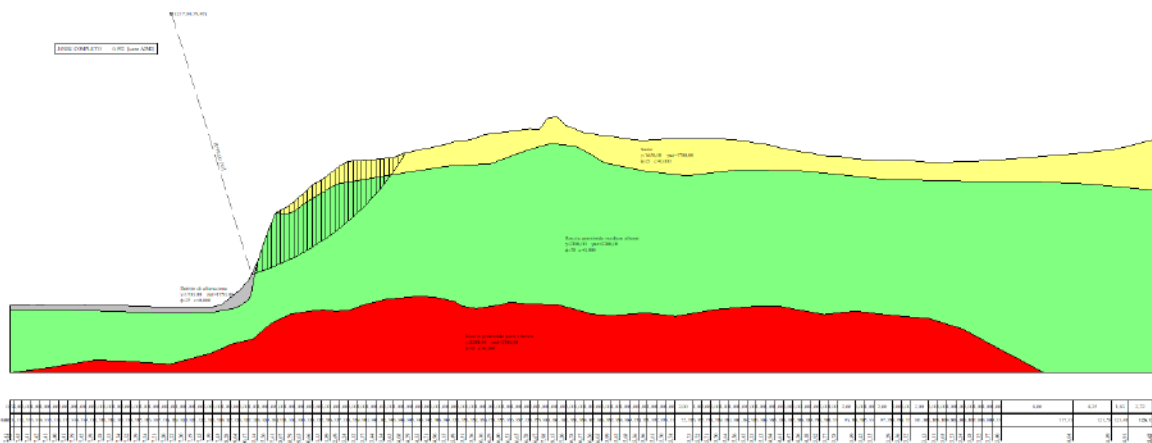
N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	Es [kg]	Ed [kg]	Xs [kg]	Xa [kg]	ID
1	724	0	839	419	0	0	143	0	-203	
2	1915	0	6551	4301	0	143	2085	-203	-5881	
3	3367	0	5200	3414	0	2085	3519	-5881	-8567	
4	4607	0	-5511	-3618	0	3519	2113	-8567	2481	
5	5634	0	72239	47428	0	2113	19023	2481	-76632	
6	6119	0	-154445	-101399	0	19023	-13854	-76632	111297	
7	6062	0	222799	146276	0	-13854	28798	111297	-145734	
8	6074	0	-214600	-140892	0	28798	-7632	-145734	114461	
9	6143	0	178677	117308	0	-7632	18782	114461	-91503	
10	6248	0	-99332	-65215	0	18782	6300	-91503	32915	
11	6411	0	53655	35227	0	6300	11839	32915	-24621	
12	6594	0	-9633	-6324	0	11839	11063	-24621	-6530	
13	6785	0	8930	5863	0	11063	11577	-6530	-10415	
14	6845	0	2938	1929	0	11577	11677	-10415	-7083	
15	6776	0	5677	3727	0	11677	11738	-7083	-7098	
16	6751	0	6188	4063	0	11738	11657	-7098	-7748	
17	6772	0	5295	3476	0	11657	11459	-7748	-7308	
18	6784	0	5295	3476	0	11459	11131	-7308	-6849	
19	6780	0	5137	3373	0	11131	10686	-6849	-6198	
20	6671	0	4548	2986	0	10686	10176	-6198	-4944	
21	6487	0	4754	3121	0	10176	9522	-4944	-4106	
22	6186	0	4010	2632	0	9522	8866	-4106	-2671	
23	5768	0	4174	2740	0	8866	8073	-2671	-1833	
24	5322	0	4593	3015	0	8073	7076	-1833	-1915	
25	4846	0	2166	1422	0	7076	6547	-1915	395	
26	4350	0	8058	5290	0	6547	4353	395	-4640	
27	3831	0	-5340	-3506	0	4353	5959	-4640	5373	
28	3289	0	14063	9233	0	5959	1321	5373	-7508	
29	2722	0	-8058	-5290	0	1321	4218	-7508	4408	
30	2118	0	8172	5365	0	4218	1031	4408	-2716	
31	1501	0	-500	-218	0	1031	1306	-2716	-744	
32	1019	0	-17443	-5627	0	1306	12510	-744	14780	
33	583	0	25482	8220	0	12510	-4489	14780	-5323	
34	106	0	-6563	-2117	0	-4489	22	-5323	0	



Profilo



Maglia dei centri



Superficie critica

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo post operam **SEZIONE 13**

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Roccia granitoride mediam altera	2100	2200	38.00	0,000
3	Roccia granitoide poco alterata	2200	2300	41.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,27
2	0,13	5,32
3	28,68	5,30
4	102,33	5,27
5	102,41	5,64
6	105,92	21,33
7	106,33	23,18
8	107,33	23,32
9	109,33	23,40
10	117,33	24,04
11	121,58	24,49
12	126,10	25,60

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	114,10	0,00
3	109,80	2,27
4	105,16	4,76
5	102,41	5,64
6	102,33	5,27
7	28,68	5,30
8	26,84	3,71
9	24,30	3,10
10	22,18	2,12
11	17,64	0,93
12	13,10	1,23
13	9,44	1,39
14	4,22	0,54

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoride mediam altera)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	105,92	21,33
2	102,41	5,64
3	105,16	4,76
4	109,80	2,27
5	114,10	0,00
6	126,10	0,00



n°	X [m]	Y [m]
7	126,10	20,94
8	121,09	21,44
9	112,62	21,33

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoride mediam altera)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	28,68	5,30
2	0,13	5,32
3	0,00	5,27
4	0,00	0,00
5	4,22	0,54
6	9,44	1,39
7	13,10	1,23
8	17,64	0,93
9	22,18	2,12
10	24,30	3,10
11	26,84	3,71

Strato N° 4 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	126,10	20,94
2	126,10	25,60
3	121,58	24,49
4	117,33	24,04
5	109,33	23,40
6	107,33	23,32
7	106,33	23,18
8	105,92	21,33
9	112,62	21,33
10	121,09	21,44

## Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

### *Muro di sostegno - Masso ciclopico alto*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,00	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	119,89	m
Altezza paramento	2,50	m
Spessore in testa	2,00	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	2,00	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,00	m
Spessore fondazione	0,50	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	2,50	m

## Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(2g/g^* \beta_s^* St^* S)$	13.74	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	6.87	0.00

Dati normativaNormativa :**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 88,14$	$Y_0 = 33,35$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 5$	$N_y = 7$
Raggio	[m]	$R = 40,00$	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1,00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	1.276
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	1	1.276	1	1.276	1

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	90,14	43,35	40,00	77,87	125,97	236,17		[A2M2]	--
2	C	90,14	45,35	40,00	102,81	124,73	159,76		[A2M2]	--
3	C	88,14	45,35	40,00	102,99	122,39	125,44		[A2M2]	--
4	C	88,14	41,35	40,00	70,84	124,77	298,12		[A2M2]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 90,14	Y[m]= 43,35
Raggio del cerchio	R[m]= 40,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 77,87	Y <sub>v</sub> [m]= 5,28

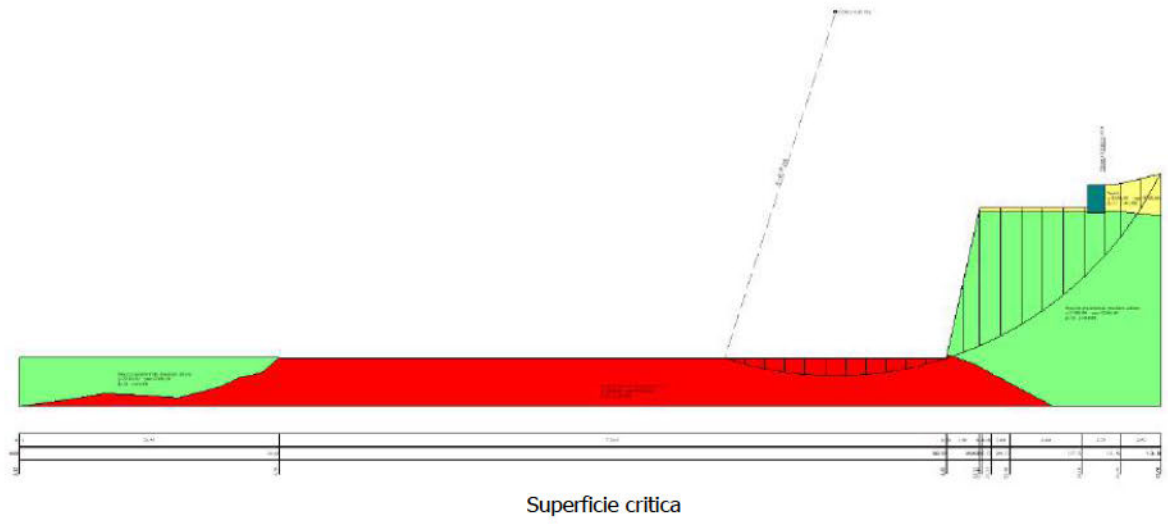
Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m]= 125,97$  $Y_m[m]= 25,57$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{sl}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{dl}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]
1	77,87	5,28	5,28	80,09	5,28	4,63	79,35	5,06	2,32	-16,21	34,82	0,00
2	80,09	5,28	4,63	82,31	5,28	4,12	81,31	4,82	2,28	-12,92	34,82	0,00
3	82,31	5,28	4,12	84,54	5,28	3,74	83,48	4,60	2,26	-9,67	34,82	0,00
4	84,54	5,28	3,74	86,76	5,28	3,49	85,68	4,45	2,24	-6,45	34,82	0,00
5	86,76	5,28	3,49	88,99	5,28	3,37	87,89	4,35	2,23	-3,25	34,82	0,00
6	88,99	5,28	3,37	91,21	5,27	3,36	90,10	4,32	2,22	-0,06	34,82	0,00
7	91,21	5,27	3,36	93,43	5,27	3,49	92,31	4,35	2,23	3,13	34,82	0,00
8	93,43	5,27	3,49	95,66	5,27	3,73	94,52	4,44	2,24	6,33	34,82	0,00
9	95,66	5,27	3,73	97,88	5,27	4,11	96,72	4,59	2,26	9,54	34,82	0,00
10	97,88	5,27	4,11	100,11	5,27	4,61	98,89	4,80	2,28	12,79	34,82	0,00
11	100,11	5,27	4,61	102,33	5,27	5,25	100,87	5,05	2,31	16,09	34,82	0,00
12	102,33	5,27	5,25	102,41	5,64	5,28	102,38	5,39	0,09	17,81	34,82	0,00
13	102,41	5,64	5,28	104,16	13,49	5,89	103,55	8,21	1,85	19,20	32,88	0,00
14	104,16	13,49	5,89	105,92	21,33	6,59	105,13	12,05	1,89	21,88	32,01	0,00
15	105,92	21,33	6,59	106,02	21,81	6,64	105,97	14,09	0,12	23,31	32,01	0,00
16	106,02	21,81	6,64	108,34	21,81	7,73	107,17	14,49	2,55	25,23	32,01	0,00
17	108,34	21,81	7,73	110,65	21,81	9,01	109,47	15,08	2,64	28,95	32,01	0,00
18	110,65	21,81	9,01	112,96	21,81	10,50	111,78	15,77	2,75	32,81	32,01	0,00
19	112,96	21,81	10,50	115,27	21,81	12,23	114,08	16,57	2,89	36,85	32,01	0,00
20	115,27	21,81	12,23	117,58	21,81	14,25	116,38	17,50	3,07	41,12	32,01	0,00
21	117,58	21,81	14,25	119,89	21,81	16,61	118,66	18,58	3,31	45,68	32,01	0,00
22	119,89	24,31	16,61	121,58	24,49	18,62	120,70	20,98	2,63	49,93	32,01	0,00
23	121,58	24,49	18,62	123,77	25,03	21,70	122,58	22,38	3,78	54,52	29,62	0,00
24	123,77	25,03	21,70	125,97	25,57	25,57	124,51	24,10	4,45	60,42	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	ID
1	1580	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4405	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6576	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	8113	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	9033	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	9343	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	9047	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	8142	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	6620	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	4465	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1656	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	14651	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	41082	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	3362	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	70487	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	64744	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	58027	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	50229	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	41163	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	30558	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	21816	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	17799	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	6025	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Geologo Salvatore Rota

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo ante operam **SEZIONE 15**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \tan \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

**Dati**Descrizione terreno*Simbologia adottata*

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
<i>c<sub>u</sub></i>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	<i>c'</i> [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Roccia granitoide media alterata	2100	2200	37.00	0,000
3	Roccia granitoide poco alterat	2200	2300	41.00	0,000

Profilo del piano campagna*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

<i>Nr.</i>	Identificativo del punto
<i>X</i>	Ascissa del punto del profilo espressa in m
<i>Y</i>	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	14,23
2	0,33	14,29
3	1,33	14,31
4	2,33	14,28
5	3,33	14,24
6	4,33	14,24
7	5,33	14,22
8	6,33	14,20
9	7,33	14,16
10	8,33	14,20
11	9,33	14,17
12	10,33	14,21
13	11,33	14,24
14	12,33	14,27
15	13,33	14,32
16	14,33	14,32
17	15,33	14,35
18	16,33	14,35
19	17,33	14,33
20	18,33	14,34
21	19,33	14,37
22	20,33	14,37
23	21,33	14,39
24	22,33	14,41
25	23,33	14,45
26	24,33	14,47
27	25,33	14,49
28	26,33	14,51
29	27,33	14,49
30	28,33	14,50
31	29,33	14,52
32	30,33	14,56
33	31,33	14,55
34	32,33	14,63
35	33,33	14,34
36	34,33	14,22
37	35,33	14,16
38	36,33	13,21
39	37,33	12,71
40	38,33	12,73
41	39,33	12,43
42	40,33	12,23
43	41,33	12,14
44	42,33	12,01
45	43,33	11,96
46	44,33	11,76
47	45,33	11,75
48	46,33	11,58
49	48,33	11,59
50	49,33	11,25
51	50,33	11,34
52	51,33	11,80
53	52,33	12,25
54	53,33	12,27
55	54,33	13,00
56	55,33	13,15

n°	X [m]	Y [m]
57	67,33	17,47
58	68,33	17,83
59	69,33	18,32
60	70,33	18,75
61	71,33	19,11
62	73,33	19,97
63	74,33	20,23
64	97,33	25,79
65	98,33	26,12
66	112,33	22,50
67	113,33	21,98
68	117,33	21,95
69	121,68	21,48
70	125,21	20,95
71	129,49	20,19
72	133,01	20,37
73	136,05	20,89
74	138,33	21,80

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoida poco alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	138,33	0,00
3	138,33	3,86
4	132,41	4,97
5	127,78	5,75
6	124,00	6,66
7	119,06	8,80
8	115,66	9,59
9	112,17	9,93
10	108,34	9,56
11	104,87	9,20
12	100,13	10,05
13	96,86	10,05
14	92,85	9,74
15	88,54	9,02
16	85,20	9,38
17	81,38	9,08
18	79,30	9,25
19	75,46	10,27
20	72,06	10,38
21	70,27	10,58
22	69,02	10,21
23	66,53	9,85
24	64,86	8,69
25	62,86	8,06
26	61,62	7,49
27	60,35	6,47
28	59,87	6,10
29	58,88	5,66
30	57,25	5,47
31	54,49	4,99
32	51,62	4,72
33	49,63	4,12
34	48,65	4,18
35	48,05	4,18
36	47,78	4,13
37	47,31	4,21
38	45,98	4,08
39	44,35	4,16
40	41,90	4,35
41	39,04	4,77
42	36,69	4,69
43	32,43	3,94
44	29,09	2,59
45	23,98	0,75
46	19,74	0,27
47	14,21	0,80
48	5,99	0,64

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	138,33	16,46
2	138,33	21,80
3	136,05	20,89

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
4	133,01	20,37
5	129,49	20,19
6	125,21	20,95
7	121,68	21,48
8	117,33	21,95
9	113,33	21,98
10	112,33	22,50
11	98,33	26,12
12	97,33	25,79
13	74,33	20,23
14	73,33	19,97
15	71,33	19,11
16	70,33	18,75
17	69,33	18,32
18	68,33	17,83
19	67,33	17,47
20	55,33	13,15
21	54,33	13,00
22	53,33	12,27
23	52,33	12,25
24	51,33	11,80
25	50,33	11,34
26	49,33	11,25
27	48,33	11,59
28	46,33	11,58
29	45,33	11,75
30	44,33	11,76
31	43,33	11,96
32	42,33	12,01
33	41,33	12,14
34	40,33	12,23
35	39,33	12,43
36	38,33	12,73
37	37,33	12,71
38	36,33	13,21
39	35,33	14,16
40	34,33	14,22
41	33,33	14,34
42	32,33	14,63
43	31,33	14,55
44	30,33	14,56
45	29,33	14,52
46	28,33	14,50
47	27,33	14,49
48	26,33	14,51
49	25,33	14,49
50	24,33	14,47
51	23,33	14,45
52	22,33	14,41
53	21,33	14,39
54	20,33	14,37
55	19,33	14,37
56	18,33	14,34
57	17,33	14,33
58	16,33	14,35
59	15,33	14,35
60	14,33	14,32
61	13,33	14,32
62	12,33	14,27
63	11,33	14,24
64	10,33	14,21
65	9,33	14,17
66	8,33	14,20
67	7,33	14,16
68	6,33	14,20
69	5,33	14,22
70	4,33	14,24
71	3,33	14,24
72	2,33	14,28
73	1,33	14,31
74	0,33	14,29
75	0,00	14,23
76	0,00	3,22
77	1,99	5,10
78	5,51	6,02
79	10,72	6,89
80	15,87	7,81
81	21,30	9,76
82	25,75	10,63
83	29,11	10,52
84	34,86	10,20
85	40,92	9,20
86	45,26	9,61
87	48,01	9,46
88	50,02	9,27
89	52,00	9,32
90	54,06	9,48
91	58,80	10,41
92	60,55	10,93
93	64,42	13,12
94	70,09	16,04
95	72,96	16,97
96	75,79	17,70

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
97	79,35	18,16
98	83,77	18,71
99	87,96	18,79
100	91,66	19,31
101	94,81	19,37
102	101,71	19,80
103	106,35	20,26
104	108,45	19,93
105	109,14	19,78
106	111,64	19,43
107	114,21	19,22
108	117,79	18,94
109	123,28	18,54
110	128,18	17,40

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoida media alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	138,33	3,86
2	138,33	16,46
3	128,18	17,40
4	123,28	18,54
5	117,79	18,94
6	114,21	19,22
7	111,64	19,43
8	109,14	19,78
9	108,45	19,93
10	106,35	20,26
11	101,71	19,80
12	94,81	19,37
13	91,66	19,31
14	87,96	18,79
15	83,77	18,71
16	79,35	18,16
17	75,79	17,70
18	72,96	16,97
19	70,09	16,04
20	64,42	13,12
21	60,55	10,93
22	58,80	10,41
23	54,06	9,48
24	52,00	9,32
25	50,02	9,27
26	48,01	9,46
27	45,26	9,61
28	40,92	9,20
29	34,86	10,20
30	29,11	10,52
31	25,75	10,63
32	21,30	9,76
33	15,87	7,81
34	10,72	6,89
35	5,51	6,02
36	1,99	5,10
37	0,00	3,22
38	0,00	0,00
39	5,99	0,64
40	14,21	0,80
41	19,74	0,27
42	23,98	0,75
43	29,09	2,59
44	32,43	3,94
45	36,69	4,69
46	39,04	4,77
47	41,90	4,35
48	44,35	4,16
49	45,98	4,08
50	47,31	4,21
51	47,78	4,13
52	48,05	4,18
53	48,65	4,18
54	49,63	4,12
55	51,62	4,72
56	54,49	4,99
57	57,25	5,47
58	58,88	5,66
59	59,87	6,10
60	60,35	6,47
61	61,62	7,49
62	62,86	8,06
63	64,86	8,69
64	66,53	9,85
65	69,02	10,21
66	70,27	10,58
67	72,06	10,38
68	75,46	10,27
69	79,30	9,25
70	81,38	9,08

Geologo Salvatore Rota



n°	X [m]	Y [m]
71	85,20	9,38
72	88,54	9,02
73	92,85	9,74
74	96,86	10,05
75	100,13	10,05
76	104,87	9,20
77	108,34	9,56
78	112,17	9,93
79	115,66	9,59
80	119,06	8,80
81	124,00	6,66
82	127,78	5,75
83	132,41	4,97

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.280	0.280
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	10.13	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	5.06	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

#### **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri  
 Origine maglia [m]  $X_0 = 6,00$   $Y_0 = 32,00$

Passo maglia	[m]	dX = 2,00	dY = 2,00
Numero passi		Nx = 45	Ny = 9
Raggio	[m]	R = 30,00	

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	62
Coefficiente di sicurezza minimo	1.030
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	62	1.030	1	-4.857	219

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	60,00	46,00	30,00	63,99	76,03	7,17	1,030 (C)	[PC]	--
2	C	56,00	44,00	30,00	57,85	74,29	14,65	1,050 (C)	[PC]	--
3	C	54,00	44,00	30,00	58,74	69,93	3,98	1,069 (C)	[PC]	--
4	C	58,00	44,00	30,00	57,70	77,16	27,74	1,099 (C)	[PC]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 60,00	Y[m]= 46,00
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 63,99	Y <sub>v</sub> [m]= 16,27

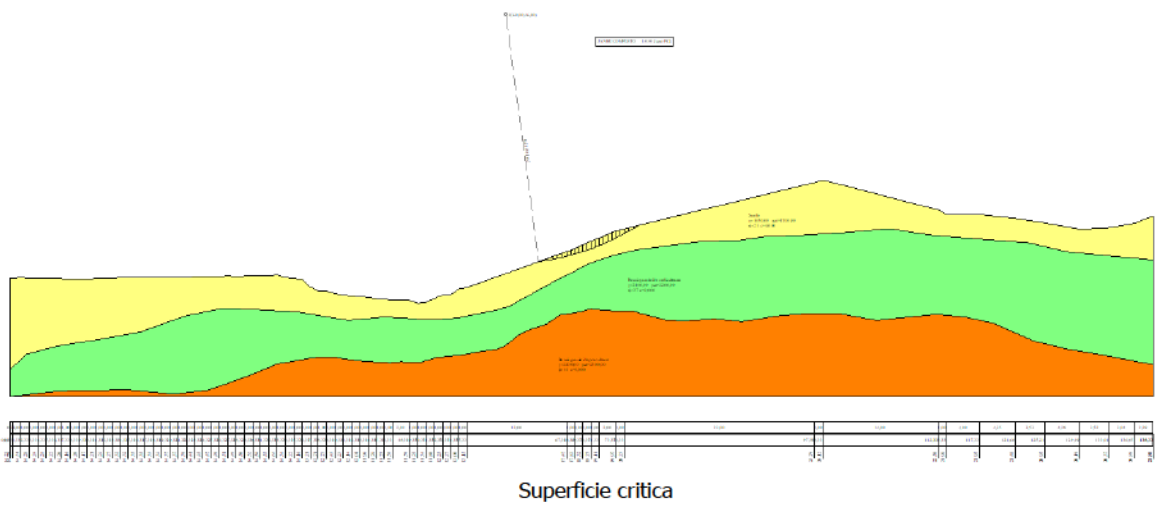
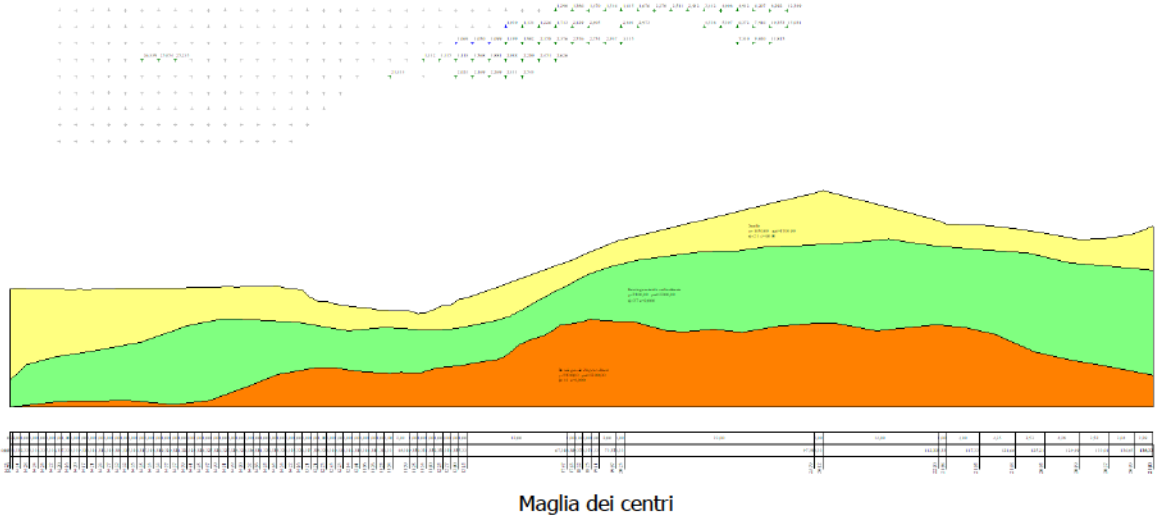
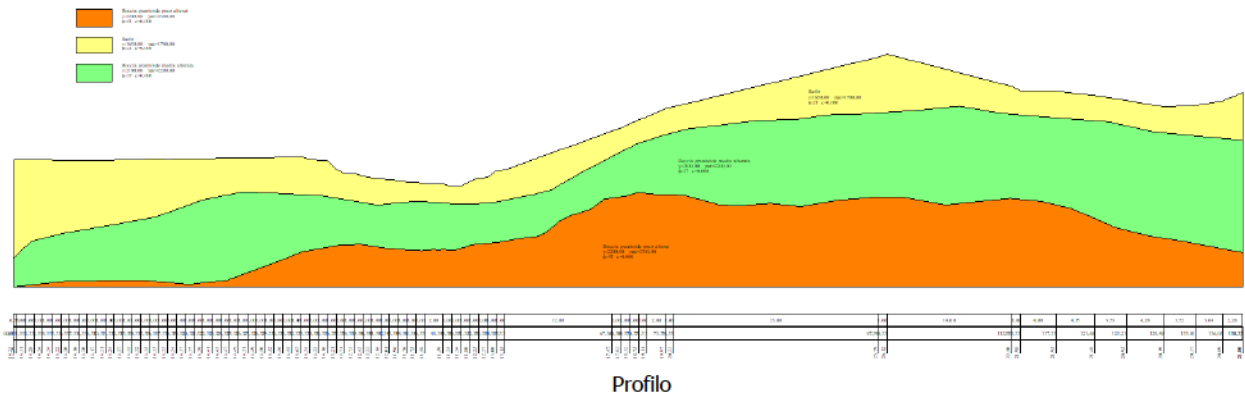
Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m]= 76,03$  $Y_m[m]= 20,64$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{sl}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{dl}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]
1	63,99	16,27	16,27	64,54	16,47	16,35	64,36	16,36	0,56	8,17	21,00	0,00
2	64,54	16,47	16,35	65,10	16,67	16,44	64,85	16,49	0,56	9,25	21,00	0,00
3	65,10	16,67	16,44	65,66	16,87	16,54	65,40	16,63	0,57	10,33	21,00	0,00
4	65,66	16,87	16,54	66,22	17,07	16,65	65,95	16,78	0,57	11,41	21,00	0,00
5	66,22	17,07	16,65	66,77	17,27	16,77	66,50	16,94	0,57	12,50	21,00	0,00
6	66,77	17,27	16,77	67,33	17,47	16,91	67,06	17,11	0,57	13,59	21,00	0,00
7	67,33	17,47	16,91	67,83	17,65	17,04	67,58	17,27	0,52	14,64	21,00	0,00
8	67,83	17,65	17,04	68,33	17,83	17,18	68,08	17,43	0,52	15,63	21,00	0,00
9	68,33	17,83	17,18	68,83	18,08	17,33	68,59	17,61	0,52	16,62	21,00	0,00
10	68,83	18,08	17,33	69,33	18,32	17,49	69,08	17,80	0,52	17,62	21,00	0,00
11	69,33	18,32	17,49	69,83	18,54	17,66	69,58	18,00	0,53	18,62	21,00	0,00
12	69,83	18,54	17,66	70,33	18,75	17,83	70,08	18,19	0,53	19,63	21,00	0,00
13	70,33	18,75	17,83	70,83	18,93	18,02	70,58	18,38	0,53	20,65	21,00	0,00
14	70,83	18,93	18,02	71,33	19,11	18,22	71,08	18,57	0,54	21,68	21,00	0,00
15	71,33	19,11	18,22	71,83	19,33	18,43	71,58	18,77	0,54	22,71	21,00	0,00
16	71,83	19,33	18,43	72,33	19,54	18,65	72,08	18,99	0,55	23,75	21,00	0,00
17	72,33	19,54	18,65	72,83	19,76	18,88	72,58	19,21	0,55	24,79	21,00	0,00
18	72,83	19,76	18,88	73,33	19,97	19,12	73,08	19,43	0,56	25,85	21,00	0,00
19	73,33	19,97	19,12	73,83	20,10	19,38	73,57	19,64	0,56	26,92	21,00	0,00
20	73,83	20,10	19,38	74,33	20,23	19,64	74,07	19,83	0,57	27,99	21,00	0,00
21	74,33	20,23	19,64	74,90	20,37	19,96	74,60	20,04	0,65	29,15	21,00	0,00
22	74,90	20,37	19,96	75,46	20,50	20,29	75,15	20,27	0,66	30,40	21,00	0,00
23	75,46	20,50	20,29	76,03	20,64	20,64	75,65	20,48	0,66	31,66	21,00	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s= 1.030$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	ID
1	55	0	57	21	0	0	13	0	-4	
2	162	0	166	62	0	13	47	-4	-16	
3	258	0	262	98	0	47	96	-16	-33	
4	344	0	346	129	0	96	154	-33	-54	
5	420	0	418	156	0	154	216	-54	-76	
6	485	0	479	179	0	216	277	-76	-98	
7	483	0	473	176	0	277	328	-98	-117	
8	520	0	505	188	0	328	373	-117	-134	
9	576	0	575	214	0	373	414	-134	-170	
10	651	0	625	233	0	414	447	-170	-186	
11	706	0	662	247	0	447	470	-186	-186	
12	740	0	697	260	0	470	480	-186	-189	
13	752	0	691	258	0	480	477	-189	-175	
14	741	0	687	256	0	477	462	-175	-168	
15	735	0	687	256	0	462	433	-168	-165	
16	736	0	672	251	0	433	392	-165	-146	
17	727	0	660	246	0	392	338	-146	-121	
18	709	0	639	238	0	338	274	-121	-91	
19	647	0	574	214	0	274	205	-91	-53	
20	540	0	491	183	0	205	136	-53	-33	
21	464	0	422	157	0	136	68	-33	-14	
22	289	0	264	99	0	68	19	-14	-3	
23	99	0	92	34	0	19	0	-3	0	



Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo post operam **SEZIONE 15**



## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Roccia granitoide mediam alterat	2100	2200	37.00	0,000
3	Roccia granitoide poco alterata	2200	2300	41.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	8,68
2	12,31	8,69
3	26,01	8,68
4	69,01	8,64
5	72,31	8,64
6	112,31	8,67
7	112,83	10,06
8	116,20	19,00
9	117,31	21,95
10	121,68	21,48
11	125,21	20,95
12	129,49	20,19
13	133,01	20,37
14	136,05	20,89
15	138,26	21,77

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide poco alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	1,69	0,00
2	138,26	0,00
3	138,26	6,30
4	135,55	6,41
5	130,86	6,68
6	127,41	7,32
7	125,33	7,93
8	120,57	9,06
9	117,54	9,37
10	113,56	9,90
11	112,83	10,06
12	112,31	8,67
13	72,31	8,64
14	69,01	8,64
15	65,39	7,02
16	58,41	5,33
17	54,34	4,76
18	47,91	3,82
19	43,03	4,48
20	41,57	4,76
21	40,81	4,88
22	39,43	4,89
23	38,39	4,58
24	35,82	3,82
25	33,71	3,05
26	29,57	2,56

n°	X [m]	Y [m]
27	24,87	1,53
28	20,06	1,10
29	15,82	1,29
30	11,40	1,77
31	6,76	1,15

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	138,26	16,60
2	138,26	21,77
3	136,05	20,89
4	133,01	20,37
5	129,49	20,19
6	125,21	20,95
7	121,68	21,48
8	117,31	21,95
9	116,20	19,00
10	117,33	18,77
11	123,70	18,19
12	126,91	17,48
13	130,62	16,85

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	138,26	6,30
2	138,26	16,60
3	130,62	16,85
4	126,91	17,48
5	123,70	18,19
6	117,33	18,77
7	116,20	19,00
8	112,83	10,06
9	113,56	9,90
10	117,54	9,37
11	120,57	9,06
12	125,33	7,93
13	127,41	7,32
14	130,86	6,68
15	135,55	6,41

Strato N° 4 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	26,01	8,68
2	12,31	8,69
3	0,00	8,68
4	0,00	1,71
5	4,74	4,03
6	14,09	5,18
7	25,75	8,64

Strato N° 5 costituito da terreno n° 2 (Roccia granitoide mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	69,01	8,64
2	26,01	8,68
3	25,75	8,64
4	14,09	5,18
5	4,74	4,03
6	0,00	1,71
7	0,00	0,00
8	1,69	0,00
9	6,76	1,15
10	11,40	1,77
11	15,82	1,29
12	20,06	1,10
13	24,87	1,53
14	29,57	2,56
15	33,71	3,05
16	35,82	3,82
17	38,39	4,58
18	39,43	4,89
19	40,81	4,88

n°	X [m]	Y [m]
20	41,57	4,76
21	43,03	4,48
22	47,91	3,82
23	54,34	4,76
24	58,41	5,33
25	65,39	7,02

### Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

#### *Muro di sostegno - Masso ciclopico*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30		
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	126,47	m	
Altezza paramento	2,00	m	
Spessore in testa	2,00	m	
Inclinazione esterna	0,000		
Inclinazione interna	0,000		
Spessore alla base	2,00	m	
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m	
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m	
Lunghezza fondazione totale	2,00	m	
Spessore fondazione	0,50	m	
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq	
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%	
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%	
Altezza di scavo	2,00	m	

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	13.74	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	6.87	0.00

### Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\psi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

#### Impostazioni delle superfici di rottura

##### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 106,92$	$Y_0 = 29,80$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 6$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

#### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

#### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]



## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	19
Coefficiente di sicurezza minimo	1.252
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	19	1.252	1	2.981	19

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	106,92	39,80	30,00	112,97	129,63	70,07	1,252 (C)	[A2M2]	--
2	C	106,92	41,80	30,00	113,79	126,09	37,95	1,393 (C)	[A2M2]	--
3	C	108,92	39,80	30,00	112,83	131,72	90,11	1,403 (C)	[A2M2]	--
4	C	106,92	37,80	30,00	99,79	131,27	113,57	1,447 (C)	[A2M2]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia  
 X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>sl</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m  
 X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m  
 Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 106,92	Y[m]= 39,80
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 112,97	Y <sub>v</sub> [m]= 10,42

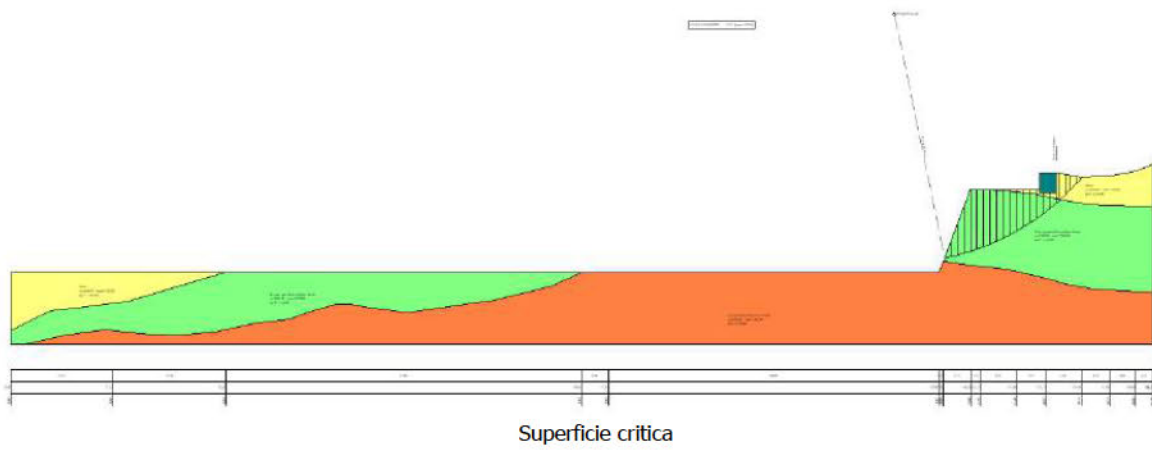
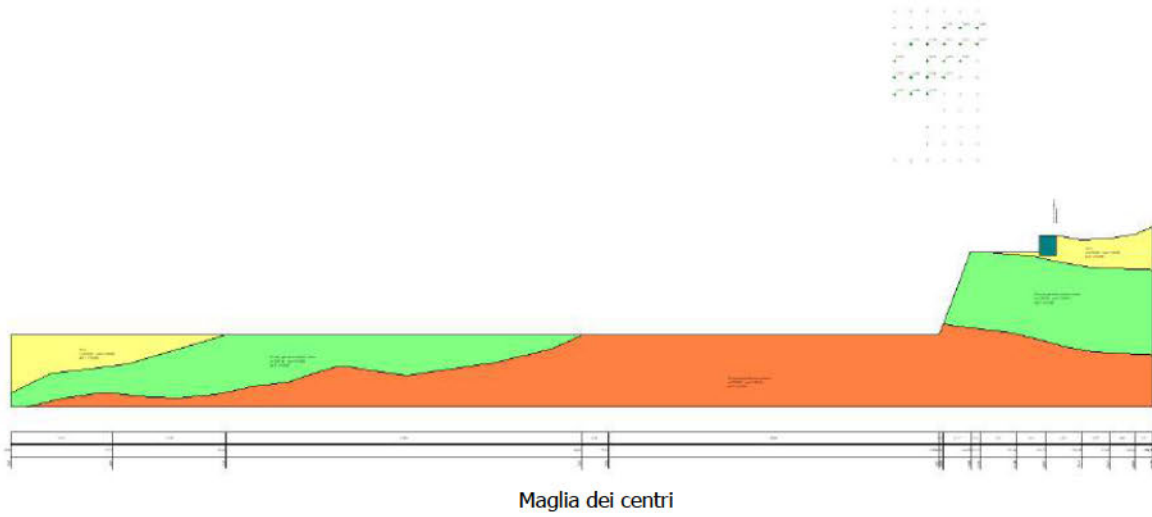
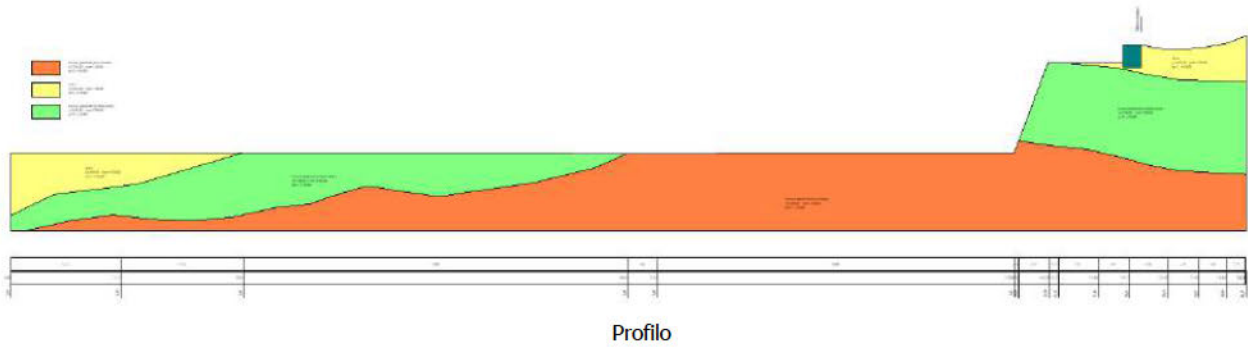
Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m]= 129,63$  $Y_m[m]= 20,20$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>sl</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>dl</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	112,97	10,42	10,42	113,75	12,49	10,59	113,49	11,17	0,80	12,39	31,08	0,00
2	113,75	12,49	10,59	114,53	14,57	10,78	114,18	12,17	0,81	13,93	31,08	0,00
3	114,53	14,57	10,78	115,31	16,65	11,00	114,95	13,29	0,81	15,47	31,08	0,00
4	115,31	16,65	11,00	116,10	18,73	11,24	115,72	14,43	0,82	17,03	31,08	0,00
5	116,10	18,73	11,24	116,89	18,73	11,51	116,49	15,05	0,84	18,61	31,08	0,00
6	116,89	18,73	11,51	117,69	18,73	11,80	117,29	15,19	0,85	20,23	31,08	0,00
7	117,69	18,73	11,80	118,49	18,73	12,12	118,09	15,34	0,86	21,86	31,08	0,00
8	118,49	18,73	12,12	119,29	18,73	12,47	118,89	15,51	0,87	23,52	31,08	0,00
9	119,29	18,73	12,47	120,09	18,73	12,84	119,68	15,69	0,88	25,19	31,08	0,00
10	120,09	18,73	12,84	120,88	18,73	13,25	120,48	15,88	0,89	26,89	31,08	0,00
11	120,88	18,73	13,25	121,68	18,73	13,68	121,28	16,09	0,91	28,61	31,08	0,00
12	121,68	18,73	13,68	122,48	18,73	14,15	122,07	16,32	0,92	30,36	31,08	0,00
13	122,48	18,73	14,15	123,28	18,73	14,65	122,87	16,56	0,94	32,14	31,08	0,00
14	123,28	18,73	14,65	124,08	18,73	15,19	123,67	16,82	0,96	33,96	31,08	0,00
15	124,08	18,73	15,19	124,87	18,73	15,77	124,46	17,10	0,98	35,82	31,08	0,00
16	124,87	18,73	15,77	125,67	18,73	16,38	125,26	17,39	1,01	37,72	31,08	0,00
17	125,67	18,73	16,38	126,47	18,73	17,04	126,05	17,71	1,04	39,68	31,08	0,00
18	126,47	20,73	17,04	126,91	20,65	17,43	126,69	18,96	0,59	41,23	31,08	0,00
19	126,91	20,65	17,43	127,56	20,53	18,02	127,22	19,15	0,88	42,62	18,06	0,00
20	127,56	20,53	18,02	128,20	20,42	18,65	127,86	19,40	0,90	44,32	17,07	0,00
21	128,20	20,42	18,65	128,85	20,30	19,32	128,49	19,66	0,93	46,07	17,07	0,00
22	128,85	20,30	19,32	129,49	20,19	20,04	129,09	19,93	0,96	47,87	17,07	0,00
23	129,49	20,19	20,04	129,63	20,20	20,20	129,54	20,14	0,21	49,00	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	1565	0	2570	1237	0	0	657	0	-1210	
2	4678	0	8601	4142	0	657	2607	-1210	-5878	
3	7753	0	11502	5538	0	2607	4876	-5878	-10687	
4	10791	0	14121	6800	0	4876	7243	-10687	-15389	
5	12324	0	-2177	-1048	0	7243	6944	-15389	-667	
6	11852	0	16678	8031	0	6944	8713	-667	-7242	
7	11328	0	7270	3500	0	8713	9254	-7242	-3964	
8	10743	0	9591	4618	0	9254	9662	-3964	-3859	
9	10111	0	8571	4127	0	9662	9749	-3859	-3260	
10	9432	0	8087	3894	0	9749	9566	-3260	-2802	
11	8702	0	7512	3617	0	9566	9145	-2802	-2426	
12	7919	0	6893	3319	0	9145	8525	-2426	-2132	
13	7082	0	6226	2998	0	8525	7751	-2132	-1917	
14	6181	0	5502	2649	0	7751	6875	-1917	-1780	
15	5190	0	4697	2262	0	6875	5960	-1780	-1722	
16	4127	0	3818	1839	0	5960	5078	-1722	-1741	
17	2991	0	2861	1378	0	5078	4312	-1741	-1831	
18	2562	0	1636	788	0	4312	3826	-1831	-1019	
19	3048	0	545	142	0	3826	3562	-1019	1533	
20	2275	0	6811	1671	0	3562	-1	1533	-2233	
21	1461	0	-2277	-558	0	-1	1251	-2233	1210	
22	604	0	2121	520	0	1251	26	1210	5	
23	18	0	27	7	0	26	10	5	0	



Geologo Salvatore Rota

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo ante operam **SEZIONE 17**

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.



## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>q</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Detrito di alterazione	1800	1950	29.00	0,000
3	Roccia granitoida molto alterata	1900	2000	30.00	0,000
4	Roccia granitoida mediam alterat	2050	2100	33.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	15,30
2	0,71	15,50
3	1,71	15,55
4	2,71	15,73
5	3,71	15,85
6	4,71	16,03
7	5,71	16,13
8	6,71	17,35
9	7,71	16,45
10	8,71	16,90
11	9,71	16,63
12	10,71	16,67
13	11,71	16,78
14	12,71	16,97
15	13,71	17,11
16	14,71	17,21
17	15,71	17,30
18	16,71	17,45
19	19,71	17,89
20	20,71	18,08
21	24,71	18,35
22	26,71	18,59
23	27,71	18,80
24	28,71	18,93
25	29,71	19,09
26	31,71	19,07
27	32,71	19,13
28	33,71	19,39
29	39,71	19,20
30	47,71	21,09
31	48,71	21,36
32	49,71	21,52
33	50,71	21,80
34	51,71	22,19
35	52,71	22,44
36	53,71	22,71
37	57,71	23,59
38	58,71	23,81
39	59,71	24,04
40	60,71	24,24
41	61,71	24,45
42	62,71	24,80
43	82,70	27,96

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoida mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	6,60
2	0,00	0,00
3	60,96	0,00
4	56,55	1,57
5	51,91	4,06
6	48,22	5,25
7	43,72	5,62
8	40,03	6,05
9	36,56	5,69
10	31,82	6,54
11	28,55	6,54
12	24,54	6,23
13	20,23	5,50
14	16,89	5,87
15	13,07	5,57
16	10,99	5,73
17	7,15	6,75
18	3,76	6,87
19	1,96	7,07
20	0,71	6,70

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Suolo )

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	82,70	23,90
2	82,70	27,96
3	62,71	24,80
4	61,71	24,45
5	60,71	24,24
6	59,71	24,04
7	58,71	23,81
8	57,71	23,59
9	53,71	22,71
10	52,71	22,44
11	51,71	22,19
12	50,71	21,80
13	49,71	21,52
14	48,71	21,36
15	47,71	21,09
16	39,71	19,20
17	33,71	19,39
18	32,71	19,13
19	31,71	19,07
20	29,71	19,09
21	28,71	18,93
22	27,71	18,80
23	26,71	18,59
24	24,71	18,35
25	20,71	18,08
26	19,71	17,89
27	16,71	17,45
28	15,71	17,30
29	14,71	17,21
30	13,71	17,11
31	12,71	16,97
32	11,71	16,78
33	10,71	16,67
34	9,71	16,63
35	8,71	16,90
36	7,71	16,45
37	6,71	17,35
38	5,71	16,13
39	4,71	16,03
40	3,71	15,85
41	2,71	15,73
42	1,71	15,55
43	0,71	15,50
44	0,00	15,30
45	0,00	11,61
46	1,78	12,53
47	4,65	13,46
48	7,59	13,76
49	10,37	13,76
50	15,01	13,96
51	19,05	14,19
52	24,44	14,99
53	26,50	15,86
54	33,41	16,29
55	38,04	16,75
56	39,74	17,22
57	42,24	17,85
58	44,94	18,16
59	48,34	18,55
60	53,20	19,55
61	63,66	21,04
62	71,88	22,23

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	82,70	8,16
2	82,70	23,90
3	71,88	22,23
4	63,66	21,04
5	53,20	19,55
6	48,34	18,55
7	44,94	18,16
8	42,24	17,85
9	39,74	17,22
10	38,04	16,75
11	33,41	16,29
12	26,50	15,86
13	24,44	14,99
14	19,05	14,19
15	15,01	13,96
16	10,37	13,76
17	7,59	13,76
18	4,65	13,46
19	1,78	12,53
20	0,00	11,61
21	0,00	10,22
22	1,33	10,67
23	3,03	11,26
24	3,93	11,58
25	6,52	11,91
26	9,70	11,75
27	12,42	11,42
28	16,53	11,25
29	22,11	10,59
30	25,99	10,97
31	28,45	11,92
32	32,71	12,77
33	38,20	13,15
34	44,64	13,62
35	48,90	13,24
36	58,55	12,86
37	60,35	12,58
38	65,08	11,63
39	71,61	10,31
40	74,55	10,02
41	80,80	8,70

Strato N° 4 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoida molto alterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	60,96	0,00
2	82,70	0,00
3	82,70	8,16
4	80,80	8,70
5	74,55	10,02
6	71,61	10,31
7	65,08	11,63
8	60,35	12,58
9	58,55	12,86
10	48,90	13,24
11	44,64	13,62
12	38,20	13,15
13	32,71	12,77
14	28,45	11,92
15	25,99	10,97
16	22,11	10,59
17	16,53	11,25
18	12,42	11,42
19	9,70	11,75
20	6,52	11,91
21	3,93	11,58
22	3,03	11,26
23	1,33	10,67
24	0,00	10,22
25	0,00	6,60
26	0,71	6,70
27	1,96	7,07
28	3,76	6,87
29	7,15	6,75
30	10,99	5,73
31	13,07	5,57
32	16,89	5,87
33	20,23	5,50
34	24,54	6,23
35	28,55	6,54
36	31,82	6,54
37	36,56	5,69
38	40,03	6,05

n°	X [m]	Y [m]
39	43,72	5,62
40	48,22	5,25
41	51,91	4,06
42	56,55	1,57

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.078	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.280	0.280
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	10.13	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	5.06	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

#### **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 9,34$	$Y_0 = 34,16$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 31$	$N_y = 15$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	66
Coefficiente di sicurezza minimo	1.535
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	66	1.535	1	53.555	66

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	43,34	50,16	30,00	43,79	56,94	7,01	1,535 (C)	[PC]	--
2	C	45,34	50,16	30,00	43,92	60,30	14,27	1,599 (C)	[PC]	--
3	C	47,34	50,16	30,00	44,39	63,58	22,89	1,650 (C)	[PC]	--
4	C	49,34	50,16	30,00	45,07	66,21	32,38	1,716 (C)	[PC]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 43,34	Y[m]= 50,16
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 43,79	Y <sub>v</sub> [m]= 20,16



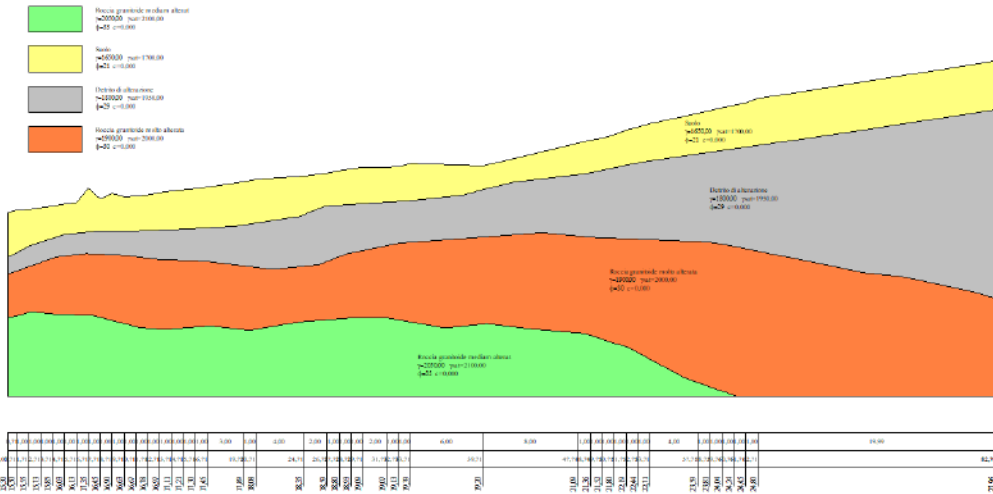
Intersezione a monte con il profilo topografico

 $X_m[m]= 56,94$  $Y_m[m]= 23,42$ **Geometria e caratteristiche strisce**

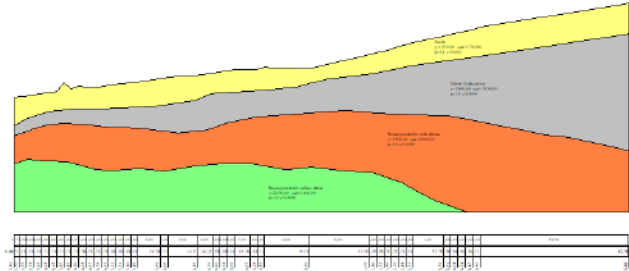
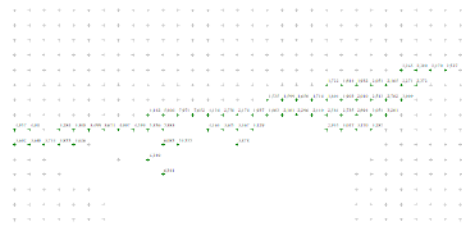
N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{sl}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{dl}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]
1	43,79	20,16	20,16	44,44	20,32	20,18	44,22	20,22	0,65	1,48	21,00	0,00
2	44,44	20,32	20,18	45,10	20,47	20,21	44,80	20,30	0,65	2,73	21,00	0,00
3	45,10	20,47	20,21	45,75	20,63	20,26	45,44	20,39	0,66	3,98	21,00	0,00
4	45,75	20,63	20,26	46,40	20,78	20,32	46,09	20,50	0,66	5,23	21,00	0,00
5	46,40	20,78	20,32	47,06	20,94	20,39	46,74	20,61	0,66	6,49	21,00	0,00
6	47,06	20,94	20,39	47,71	21,09	20,48	47,39	20,73	0,66	7,75	21,00	0,00
7	47,71	21,09	20,48	48,21	21,23	20,56	47,96	20,84	0,51	8,86	21,00	0,00
8	48,21	21,23	20,56	48,71	21,36	20,64	48,46	20,95	0,51	9,83	21,00	0,00
9	48,71	21,36	20,64	49,21	21,44	20,74	48,96	21,05	0,51	10,80	21,00	0,00
10	49,21	21,44	20,74	49,71	21,52	20,84	49,46	21,14	0,51	11,77	21,00	0,00
11	49,71	21,52	20,84	50,21	21,66	20,96	49,96	21,25	0,51	12,75	21,00	0,00
12	50,21	21,66	20,96	50,71	21,80	21,08	50,46	21,37	0,51	13,73	21,00	0,00
13	50,71	21,80	21,08	51,21	22,00	21,21	50,96	21,52	0,52	14,71	21,00	0,00
14	51,21	22,00	21,21	51,71	22,19	21,35	51,46	21,69	0,52	15,70	21,00	0,00
15	51,71	22,19	21,35	52,21	22,32	21,50	51,96	21,84	0,52	16,70	21,00	0,00
16	52,21	22,32	21,50	52,71	22,44	21,66	52,46	21,98	0,52	17,70	21,00	0,00
17	52,71	22,44	21,66	53,21	22,58	21,83	52,96	22,13	0,53	18,70	21,00	0,00
18	53,21	22,58	21,83	53,71	22,71	22,01	53,46	22,28	0,53	19,72	21,00	0,00
19	53,71	22,71	22,01	54,36	22,85	22,26	54,02	22,45	0,69	20,88	21,00	0,00
20	54,36	22,85	22,26	55,00	22,99	22,52	54,67	22,65	0,70	22,21	21,00	0,00
21	55,00	22,99	22,52	55,65	23,14	22,80	55,31	22,86	0,71	23,55	21,00	0,00
22	55,65	23,14	22,80	56,30	23,28	23,10	55,94	23,07	0,71	24,91	21,00	0,00
23	56,30	23,28	23,10	56,94	23,42	23,42	56,51	23,27	0,72	26,28	21,00	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s= 1.535$ **Forze applicate sulle strisce**

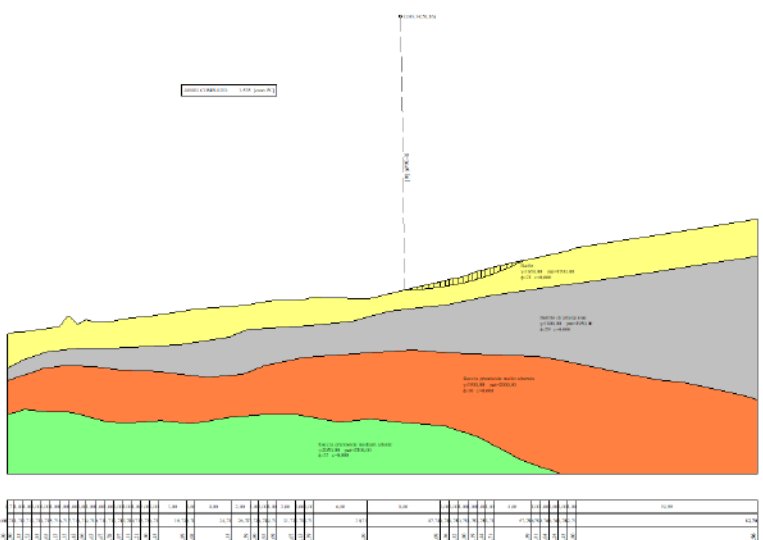
N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	ID
1	74	0	77	19	0	0	17	0	-3	
2	215	0	222	56	0	17	62	-3	-13	
3	340	0	350	87	0	62	125	-13	-28	
4	450	0	459	115	0	125	197	-28	-45	
5	544	0	550	138	0	197	272	-45	-63	
6	623	0	625	156	0	272	342	-63	-80	
7	527	0	531	133	0	342	392	-80	-98	
8	570	0	566	142	0	392	435	-98	-110	
9	584	0	557	139	0	435	467	-110	-99	
10	568	0	556	139	0	467	490	-99	-104	
11	569	0	576	144	0	490	503	-104	-129	
12	587	0	572	143	0	503	506	-129	-131	
13	621	0	619	155	0	506	499	-131	-148	
14	670	0	643	161	0	499	479	-148	-141	
15	682	0	632	158	0	479	449	-141	-111	
16	657	0	628	157	0	449	408	-111	-99	
17	629	0	601	150	0	408	357	-99	-88	
18	596	0	566	141	0	357	300	-88	-72	
19	692	0	652	163	0	300	220	-72	-47	
20	571	0	542	135	0	220	140	-47	-29	
21	432	0	410	102	0	140	70	-29	-13	
22	273	0	259	65	0	70	20	-13	-3	
23	94	0	91	23	0	20	0	-3	0	



Profilo



Maglia dei centri



Superficie critica

Verifica di stabilità di versante  
Relazione di calcolo post operam **SEZIONE 17**

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia,  $E_a$  ed  $E_b$  rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata,  $\Delta X_i$  è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Suolo	1650	1700	21.00	0,000
2	Detrito di alterazione	1800	1950	29.00	0,000
3	Roccia granitoida moltoalterata	1900	2000	30.00	0,000
4	Roccia granitoida mediam alterat	2050	2100	33.00	0,000

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	15,26
2	0,14	15,29
3	25,31	15,28
4	36,69	15,28
5	41,73	17,83
6	48,71	21,36
7	49,71	21,52
8	50,71	21,80
9	51,71	22,19
10	52,71	22,44
11	53,71	22,71
12	57,71	23,59
13	58,71	23,81
14	59,71	24,04
15	60,71	24,24
16	61,71	24,45
17	62,71	24,80
18	82,70	27,96

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (Roccia granitoida mediam alterat)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	6,60
2	0,00	0,00
3	60,96	0,00
4	56,55	1,57
5	51,91	4,06
6	48,22	5,25
7	43,72	5,62
8	40,03	6,05
9	36,56	5,69
10	31,82	6,54
11	28,55	6,54
12	24,54	6,23
13	20,23	5,50
14	16,89	5,87
15	13,07	5,57
16	10,99	5,73
17	7,15	6,75
18	3,76	6,87
19	1,96	7,07
20	0,71	6,70



Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Detrito di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	41,73	17,83
2	36,69	15,28
3	25,31	15,28
4	24,54	14,69
5	23,95	14,45
6	21,68	14,10
7	18,59	13,75
8	15,79	13,58
9	12,53	13,58
10	10,02	13,46
11	7,98	13,23
12	5,42	13,05
13	2,10	12,18
14	0,00	11,33
15	0,00	10,22
16	1,33	10,67
17	3,03	11,26
18	3,93	11,58
19	6,52	11,91
20	9,70	11,75
21	12,42	11,42
22	16,53	11,25
23	22,11	10,59
24	25,99	10,97
25	28,45	11,92
26	32,71	12,77
27	38,20	13,15
28	44,64	13,62
29	48,90	13,24
30	58,55	12,86
31	60,35	12,58
32	65,08	11,63
33	71,61	10,31
34	74,55	10,02
35	80,80	8,70
36	82,70	8,16
37	82,70	23,33
38	72,52	21,73
39	57,07	19,19
40	47,19	18,13

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Roccia granitoide moltoalterata)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	60,96	0,00
2	82,70	0,00
3	82,70	8,16
4	80,80	8,70
5	74,55	10,02
6	71,61	10,31
7	65,08	11,63
8	60,35	12,58
9	58,55	12,86
10	48,90	13,24
11	44,64	13,62
12	38,20	13,15
13	32,71	12,77
14	28,45	11,92
15	25,99	10,97
16	22,11	10,59
17	16,53	11,25
18	12,42	11,42
19	9,70	11,75
20	6,52	11,91
21	3,93	11,58
22	3,03	11,26
23	1,33	10,67
24	0,00	10,22
25	0,00	6,60
26	0,71	6,70
27	1,96	7,07
28	3,76	6,87
29	7,15	6,75
30	10,99	5,73
31	13,07	5,57
32	16,89	5,87
33	20,23	5,50
34	24,54	6,23
35	28,55	6,54
36	31,82	6,54
37	36,56	5,69
38	40,03	6,05
39	43,72	5,62

Geologo Salvatore Rota

n°	X [m]	Y [m]
40	48,22	5,25
41	51,91	4,06
42	56,55	1,57

Strato N° 4 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	25,31	15,28
2	0,14	15,29
3	0,00	15,26
4	0,00	11,33
5	2,10	12,18
6	5,42	13,05
7	7,98	13,23
8	10,02	13,46
9	12,53	13,58
10	15,79	13,58
11	18,59	13,75
12	21,68	14,10
13	23,95	14,45
14	24,54	14,69

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (Suolo)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	82,70	23,33
2	82,70	27,96
3	62,71	24,80
4	61,71	24,45
5	60,71	24,24
6	59,71	24,04
7	58,71	23,81
8	57,71	23,59
9	53,71	22,71
10	52,71	22,44
11	51,71	22,19
12	50,71	21,80
13	49,71	21,52
14	48,71	21,36
15	41,73	17,83
16	47,19	18,13
17	57,07	19,19
18	72,52	21,73

## Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 2

### *Muro di sostegno - Massi Ciclopici*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	41,61	m
Altezza paramento	2,50	m
Spessore in testa	2,00	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	2,00	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,00	m
Spessore fondazione	0,20	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	1,50	m

### *Muro di sostegno - Massi Ciclopici*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	47,29	m

Geologo Salvatore Rota

Altezza paramento	2,50	m
Spessore in testa	2,00	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	2,00	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	2,00	m
Spessore fondazione	0,20	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	2,50	m

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.291	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.078
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.280	0.280
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	10.13	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	5.06	0.00

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	13.74	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	6.87	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{\phi_u}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 8,17$	$Y_0 = 30,16$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$Nx = 21$	$Ny = 13$
Raggio	[m]	$R = 30,00$	

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU COMPLETO

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	62
Coefficiente di sicurezza minimo	1.260
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FSmin	Smin	FSmax	Smax
JANBU COMPLETO	62	1.260	1	103.729	62

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma,

V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	36,17	44,16	30,00	28,04	58,08	62,41	1,467 (C)	[A2M2]	--
2	C	38,17	44,16	30,00	30,04	60,58	79,76	1,268 (C)	[A2M2]	--
3	C	40,17	44,16	30,00	32,04	63,14	98,27	1,309 (C)	[A2M2]	--
4	C	42,17	44,16	30,00	34,05	65,44	117,78	1,378 (C)	[A2M2]	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>sl</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 36,17	Y[m]= 44,16
Raggio del cerchio	R[m]= 30,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 28,04	Y <sub>v</sub> [m]= 15,28

Geologo Salvatore Rota

Intersezione a monte con il profilo topografico

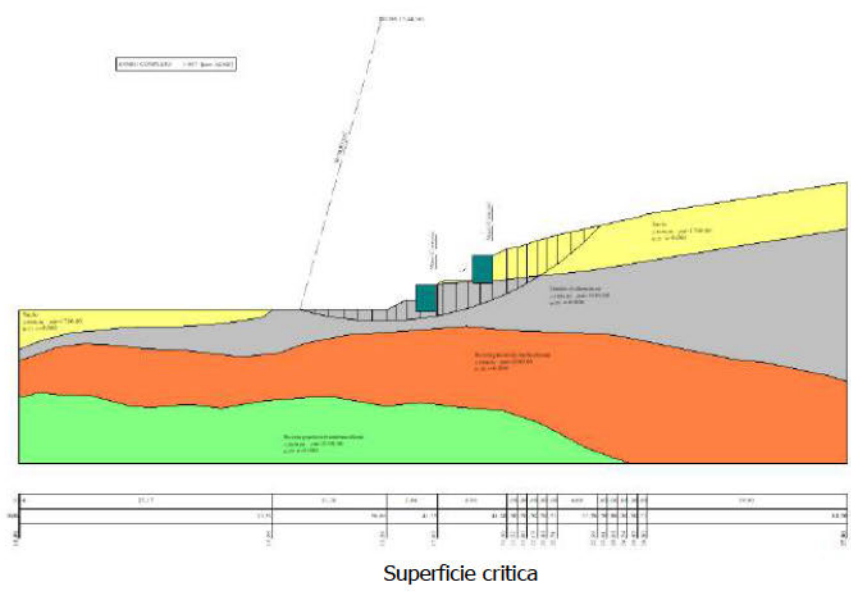
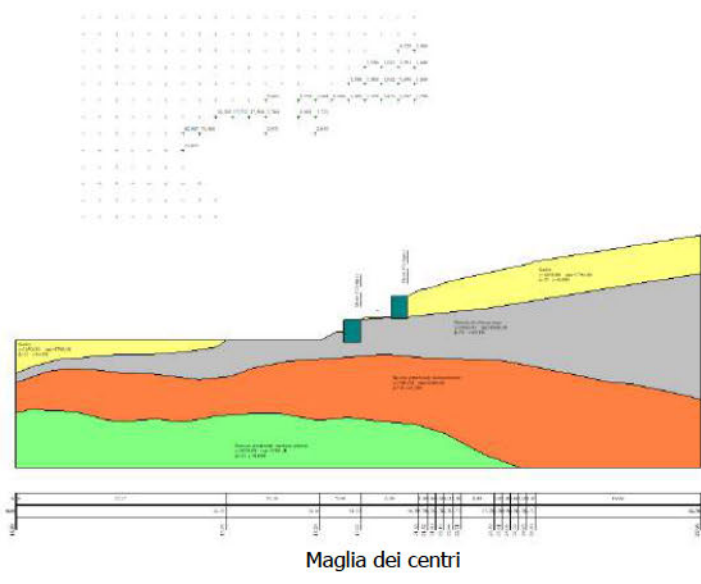
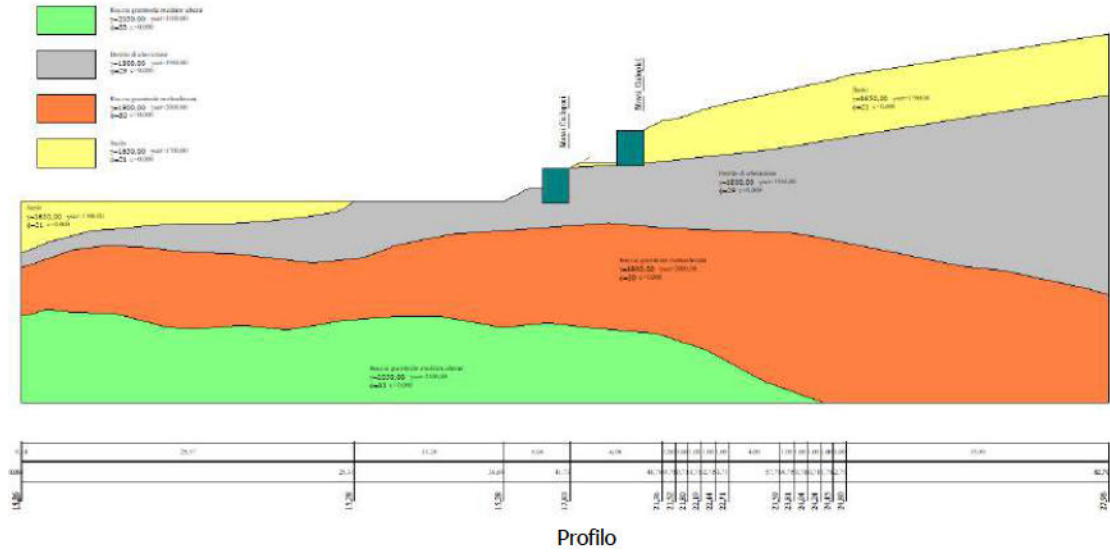
 $X_m[m]= 58,08$  $Y_m[m]= 23,67$ **Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{sl}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{dl}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	C [kg/cmq]
1	28,04	15,28	15,28	29,48	15,28	14,91	29,00	15,16	1,49	-14,30	23,91	0,00
2	29,48	15,28	14,91	30,92	15,28	14,62	30,27	15,02	1,47	-11,48	23,91	0,00
3	30,92	15,28	14,62	32,37	15,28	14,40	31,68	14,89	1,46	-8,68	23,91	0,00
4	32,37	15,28	14,40	33,81	15,28	14,25	33,10	14,80	1,45	-5,90	23,91	0,00
5	33,81	15,28	14,25	35,25	15,28	14,17	34,54	14,75	1,44	-3,14	23,91	0,00
6	35,25	15,28	14,17	36,69	15,28	14,16	35,97	14,72	1,44	-0,38	23,91	0,00
7	36,69	15,28	14,16	37,67	15,77	14,20	37,21	14,86	0,98	1,93	23,91	0,00
8	37,67	15,77	14,20	38,64	16,27	14,26	38,18	15,13	0,98	3,80	23,91	0,00
9	38,64	16,27	14,26	40,13	16,27	14,42	39,38	15,30	1,49	6,16	23,91	0,00
10	40,13	16,27	14,42	41,61	16,27	14,66	40,85	15,40	1,50	9,01	23,91	0,00
11	41,61	17,77	14,66	41,73	17,83	14,68	41,67	16,23	0,12	10,56	23,91	0,00
12	41,73	17,83	14,68	42,35	18,14	14,80	42,04	16,36	0,63	11,28	23,91	0,00
13	42,35	18,14	14,80	43,58	18,14	15,09	42,96	16,54	1,27	13,09	23,91	0,00
14	43,58	18,14	15,09	44,82	18,14	15,43	44,19	16,70	1,28	15,53	23,91	0,00
15	44,82	18,14	15,43	46,05	18,14	15,84	45,42	16,89	1,30	18,00	23,91	0,00
16	46,05	18,14	15,84	47,29	18,14	16,30	46,65	17,10	1,32	20,50	23,91	0,00
17	47,29	20,64	16,30	48,71	21,36	16,91	48,00	18,80	1,55	23,23	23,91	0,00
18	48,71	21,36	16,91	49,71	21,52	17,39	49,20	19,29	1,11	25,77	23,91	0,00
19	49,71	21,52	17,39	50,71	21,80	17,92	50,20	19,65	1,13	27,91	23,91	0,00
20	50,71	21,80	17,92	51,71	22,19	18,50	51,21	20,10	1,16	30,09	23,91	0,00
21	51,71	22,19	18,50	52,71	22,44	19,13	52,20	20,56	1,18	32,33	18,59	0,00
22	52,71	22,44	19,13	53,71	22,71	19,82	53,20	21,02	1,22	34,62	17,07	0,00
23	53,71	22,71	19,82	55,04	23,00	20,84	54,34	21,58	1,68	37,38	17,07	0,00
24	55,04	23,00	20,84	56,38	23,30	21,99	55,66	22,25	1,76	40,66	17,07	0,00
25	56,38	23,30	21,99	57,71	23,59	23,28	56,91	22,96	1,86	44,12	17,07	0,00
26	57,71	23,59	23,28	58,08	23,67	23,67	57,83	23,51	0,54	46,41	17,07	0,00

**Metodo di JANBU COMPLETO**Coefficiente di sicurezza  $F_s= 1.467$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	ID
1	476	0	506	153	0	0	274	0	23	
2	1332	0	1446	437	0	274	990	23	25	
3	1996	0	2139	647	0	990	1952	25	3	
4	2473	0	2615	791	0	1952	3007	3	-43	
5	2768	0	2893	875	0	3007	4039	-43	-116	
6	2882	0	2988	904	0	4039	4963	-116	-216	
7	2368	0	3810	1152	0	4963	5986	-216	-1695	
8	3152	0	3387	1024	0	5986	6784	-1695	-1990	
9	5142	0	3903	1180	0	6784	7539	-1990	-856	
10	4614	0	4704	1422	0	7539	8207	-856	-1110	
11	672	0	750935	227059	0	8207	93756	-1110	-780272	
12	3597	0	-904226	-273410	0	93756	2517	-780272	163567	
13	7061	0	175227	52983	0	2517	14423	163567	-12047	
14	6372	0	-2935	-888	0	14423	14354	-12047	-2609	
15	5556	0	5701	1724	0	14354	14232	-2609	-3007	
16	4609	0	4713	1425	0	14232	13916	-3007	-3312	
17	10651	0	11268	3407	0	13916	12602	-3312	-4360	
18	7262	0	5797	1753	0	12602	11661	-4360	-3080	
19	6730	0	6443	1948	0	11661	10366	-3080	-2956	
20	6300	0	6059	1832	0	10366	8913	-2956	-2817	
21	5777	0	4925	1129	0	8913	7234	-2817	-1805	
22	5112	0	4732	991	0	7234	5361	-1805	-1150	
23	5556	0	5317	1113	0	5361	3018	-1150	-494	
24	3821	0	3840	804	0	3018	1126	-494	-110	
25	1784	0	1915	401	0	1126	80	-110	20	
26	96	0	138	29	0	80	0	20	0	





## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Cosenza, novembre 2022

Il geologo  
Salvatore Rota