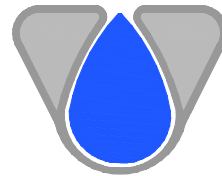




Progetto cofinanziato  
dal POC Campania  
2014-2020



# CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060 - Prignano Cilento (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

## PIANO STRAORDINARIO DI DIFESA IDROGEOLOGICA DEGLI ALVEI NATURALI NEI BACINI DEL FIUME ALENTO E DELLA FIUMARELLA DI ASCEA



*Interventi integrati di mitigazione del rischio idrogeologico e di tutela  
e recupero degli ecosistemi e della biodiversità dei bacini  
del fiume Alento e della Fiumarella di Ascea*

1° LOTTO ESECUTIVO

Livello di progettazione

Fattib. tecnico - economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

Cod. elaborato

G5a

Scala

Data

Giugno 2023

Revisione

1  2  3  4  5  6

Titolo elaborato

### Argine Granatelle Relazione generale e metodologica

TIPOLOGIA  
ELABORATO

Descrittivo

Grafico

Calcolo

Economico

Sicurezza

Disciplinare/Contrattuale

Altro

#### PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl  
**Ing. Gaetano Suppa**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

#### R.U.P.

Consorzio di Bonifica "Velia"  
**Ing. Marcello Nicodemo**

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1931 dal 16.04.1984

Riferimenti archivio digitale: N.34b.2019/Ve.Ing.

CUP: E16J16001960005

## ARGINE GRANATELLE (Relazione generale e metodologica)

### Descrizione generale dell'intervento

Con riferimento alle problematiche idrauliche e di dissesto idrogeologico, nel Novembre 2013 il Consorzio Velia si è dotato di uno strumento tecnico - programmatico denominato "Piano degli interventi di difesa idraulica e idrogeologica", riferito ai corpi idrici ricompresi nei bacini del F.Alento e del Torrente La Fiumarella di Ascea e inerente:

- gli alvei naturali di competenza della Regione Campania – Settore Genio Civile ricompresi nei bacini idrografici del F.Alento e del Torrente Fiumarella, ivi comprese le opere di difesa/sistemazione idraulica realizzate dal Consorzio lungo i suddetti alvei;
- interventi a sostanziale carattere puntuale relativo a corsi d'acqua affluenti e/o secondari;
- i canali di bonifica consortili.

In via complementare ai summenzionati interventi appare necessario provvedere parimenti alla risagomatura dell'argine nella frontestante località Granatelle nel Comune di Casal Velino.

Si provvede a tal fine la risagomatura mediante scavo a sezione aperta per ca. 5.953 mc di materiale con l'obiettivo di implementare, allargandola, la sezione idraulica del fiume in corrispondenza delle sezioni ricomprese tra 1 e 9°. Quota parte del materiale proveniente dagli scavi sarà riportato in maniera lineare e contingentata nell'alveo attivo mentre la restante parte sarà trasportata a rifiuto in discarica autorizzata.

### Normativa di riferimento

Nella redazione del presente elaborato si è fatto riferimento alle seguenti normative:

- Aggiornamento alle Nuove Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 17/01/2018
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- D.M. 16.01.1996 "Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circolare 156 del 04.07.1996 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16.01.1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Eurocodice 1 "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 1: Basi di calcolo", ottobre 1996.
- Eurocodice 7 "Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali", aprile 1997.
- Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture", ottobre 1997.
- Eurocodice 8 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici", febbraio 1998.
- Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 1 – "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone".
- Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 4 – "Norme

Tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni".

- Ordinanza n. 3316 - Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03.

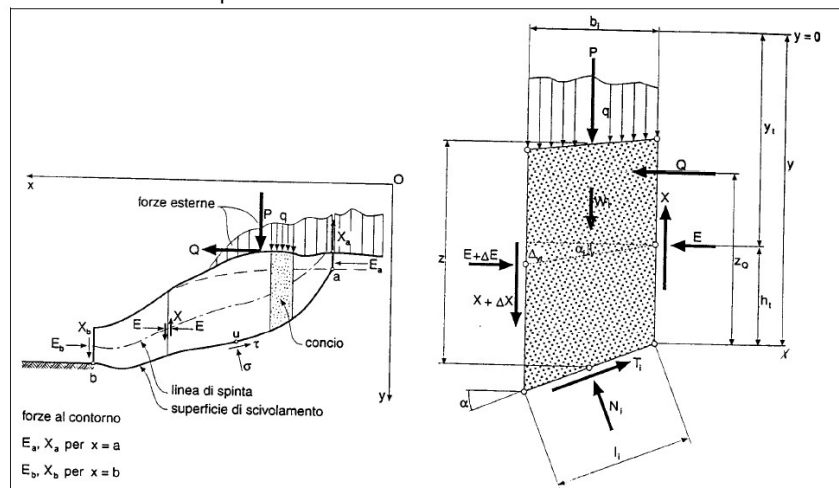
### **Normativa di riferimento**

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità (FS) viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MACSTARS W 4.0 (di cui si allega in validazione) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP semplificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari. Tale metodo è basato sul concetto dell'equilibrio limite globale ed è basato sulle seguenti assunzioni:

- poiché spesso le superfici di rottura al contorno sono delle superfici di scivolamento ben definite, l'analisi di stabilità è effettuata considerando l'equilibrio della massa di terreno individuata da tale superficie sottoposta alle forze al contorno;
- la resistenza al taglio necessaria all'equilibrio e agente lungo la superficie di scivolamento (ipotizzata o reale) è calcolata solo attraverso le equazioni della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite (rottura), ed è implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento;
- l'analisi è effettuata in condizioni di deformazioni piane;
- poiché il pendio può non essere omogeneo è usuale il ricorso a metodi che suddividono la massa interessata dallo scivolamento in un numero conveniente di conci.

La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura si suddivide in conci la parte instabile, si studia l'equilibrio della singola striscia e poi si passa alla stabilità globale.

il criterio di rottura adottato è quello di Mohr-Coulomb.



*Schematizzazione delle azioni agenti su di un singolo concio*

Il metodo di BISHOP semplificato (utilizzato MACSTARS W 4.0) da assume le seguente semplificazioni: o superficie di rottura circolare; o le azioni agenti all'interfaccia dei conci hanno risultante orizzontale ( $X_i + X_{i+1} = 0$ ); o sono nulle le forze agenti parallelamente alla superficie laterale del concio; Il sistema sarà, così, di  $2n$  equazioni in  $2n$  incognite. Le equazioni considerate sono quelle dell'equilibrio alla traslazione verticale e dei momenti, ne segue che non è garantito l'equilibrio complessivo alla traslazione orizzontale. Il coefficiente di sicurezza risulta essere del tipo:

$$FS = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{destab}}$$

La verifica geotecnica dell'opere in esame è stato condotto in conformità alle indicazioni del NTC D.M. 17/01/2008 e della circolare 7/2019. Le opere e i sistemi geotecnici devono soddisfare le prescrizioni contenute nel Cap. 6, relative alle combinazioni di carico non sismico, e le prescrizioni contenute nel Cap. 7, relative alle combinazioni di carico sismico. La verifica di sicurezza relativa allo stato limite ultimo (SLU) deve rispettare la condizione

$$E_d \leq R_d$$

Dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando la combinazione di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A2), per i parametri geotecnici (M2) e per le resistenze (R2).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito dell'approccio progettuale: Approccio 1 combinazione 2 (A2 + M2 + R2).

I coefficienti parziali relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. delle NTC 2018, riportata in basso.

**l'otto - Interventi integrati di mitigazione del rischio idrogeologico e di tutela e recupero degli ecosistemi e della biodiversità dei bacini del fiume Alento e della Fiumarella di Ascea**

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

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

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

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato, in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella Tab. 6.2.II delle NTC 2008, riportata in basso, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$ .

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

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

Per i manufatti di materiali sciolti, quali rilevati, argini di difesa per fiumi, canali e litorali, rinfianchi, rinterri, terrapieni e colmate, le verifiche di sicurezza (SLU) devono essere effettuate secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori del coefficiente parziale  $R$  specificato nella Tab. 6.8.I delle NTC 2018, riportata in basso:

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

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

In condizioni sismiche la norma prescrive le stesse verifiche da realizzarsi in condizioni statiche. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h \times W$  ed  $F_v = k_v \times W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale. Tali valori sono

**l lotto - Interventi integrati di mitigazione del rischio idrogeologico e di tutela e recupero degli ecosistemi e della biodiversità dei bacini del fiume Arento e della Fiumarella di Ascea**

specificatamente riportati nella "Relazione di modellazione sismica del sito" allegata al progetto.

**Sezione oggetto di verifica**

La sezione verificata risultante la più gravosa dal punto di vista dimensionale è la sezione numero 9a, riportata nell'elaborato grafico F1.f).

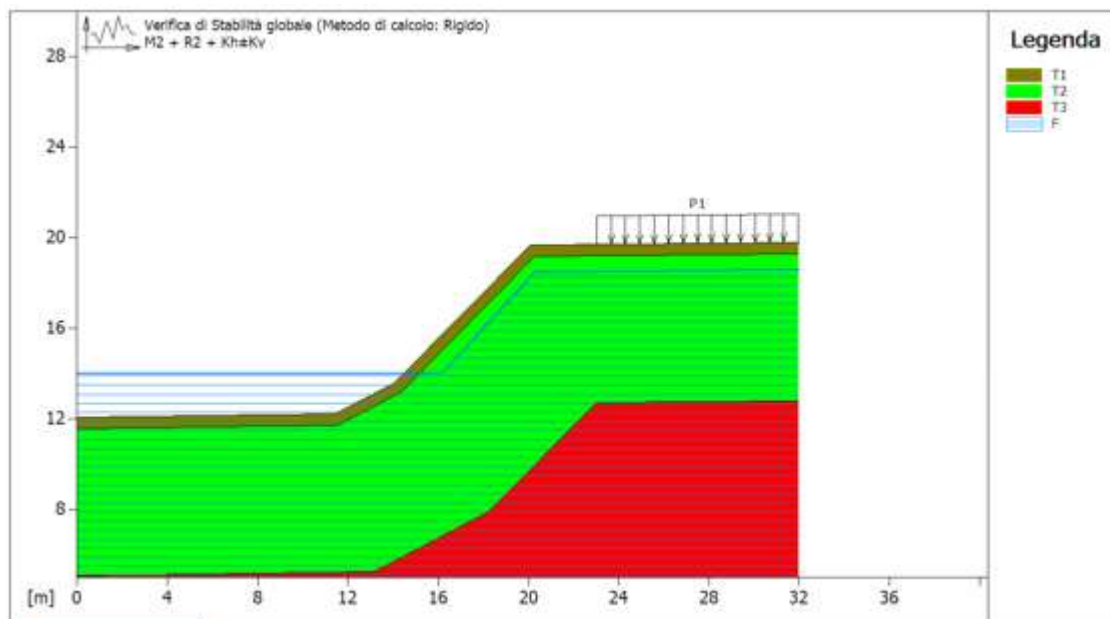
In base alle indagini geognostiche effettuate, le cui risultanze sono state allegate al progetto, il terreno presenta la seguente stratigrafia e con i relativi parametri fisico-meccanici.

- suolo di limo con sabbia rimaneggiato e pedogenizzato – 0.5 m
  - limo sabbioso di colore giallastro da poco consistente a mediamente consistente con la profondità fino a 7.0 m
  - sabbia giallastra con ciottoli di dimensioni centimetriche poco addensate oltre i 7.0 m di profondità
- La profondità della falda dal piano di campagna è di 1.2 m.

STRATIGRAFIA	FALDA	DESCRIZIONE	Gam	Gams	Fi	c	cu	Ec	Ed	Ni	K	Nspt	Vs
			[kN/m <sup>2</sup> ] [kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ] [kg/m <sup>2</sup> ]	[%] [ ]	[kPa] [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kPa] [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kPa] [kg/cm <sup>2</sup> ]	[kPa] [kg/cm <sup>2</sup> ]	[%] [ ]	[kN/m <sup>2</sup> ] [kg/cm <sup>2</sup> ]	[%] [ ]	[m/s] [m/s]
0		Suolo costituito di limo con sabbia rimaneggiato e pedogenizzato	17.65 1800	18.85 1922	23.5 23.5	11.3 0.12	38.5 0.39	4.30 44	3.80 39	0.46 0.46	4596 0.47	5	280
1	1.2	Limo sabbioso di colore giallastro da poco consistente a mediamente consistente con la profondità (7 metri)	18.77 1914	19.45 1983	23.9 23.9	58.8 0.60	124.0 1.26	6.74 69	5.39 55	0.44 0.44	11268 1.15	8	596
7		Sabbia giallastra con ciottoli di dimensioni centimetriche poco addensate	19.63 2002	20.46 2086	29.5 29.5	0.0 0.00	0.0 0.00	9.4 96	8.7 89	0.40 0.40	35874 3.66	34	735

Media dei parametri geotecnici stimati per ciascuno strato

Il grafico di seguito riportato riproduce la stratigrafia della sezione tipo di intervento utilizzata per le verifiche di stabilità.



Il modello di calcolo per le verifiche di stabilità globale della sponda dell'alveo interessata dall'intervento è stato implementato sulla base dei seguenti dati:

### **Caratteristiche geotecniche dei terreni**

**Terreno: T1** Descrizione : Suolo costituito di limo con sabbia rimaneggiato e pedogenizzato

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 11.30  
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 23.50  
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 17.65  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.85  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 4300.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.46

**Terreno: T2** Descrizione : Limo sabbioso di colore giallastro da poco consistente a mediamente consistente con la profondità

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 58.80  
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 23.90  
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.77  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.45  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 6740.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.44

**Terreno: T3**                                      Descrizione : Sabbia giallastra con ciottoli di dimensioni centimetriche poco addensate  
 Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace  
 Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio  
 Angolo d'attrito.....[°].....: 29.50  
 Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00  
 Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole  
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.63  
 Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.46  
  
 Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 9400.00  
 Coefficiente di Poisson.....: 0.40

**Profili stratigrafici**

**Strato: S1**                                      Descrizione: Strato3  
 Terreno : T1  

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	12.06	11.40	12.23	14.04	13.59	20.07	19.68
31.98	19.80						

**Strato: S2**                                      Descrizione: Strato 2  
 Terreno : T2  

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	11.56	11.53	11.73	14.34	13.18	20.28	19.18
31.98	19.30						

**Strato: S3**                                      Descrizione: Strato3  
 Terreno : T3  

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	5.06	13.16	5.25	18.24	7.88	23.02	12.71
31.98	12.80						

**Profili falde freatiche**

**Falda: F**                                      Descrizione: Falda  

X	Y	Y	P	X	Y	Y	P
[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]
0.00	13.99			16.13	13.99		
20.26	18.48			31.98	18.60		



## **Carichi**

### **Pressione : P1**

Descrizione : Carichi accidentali

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>]... = 1.00      Inclinazione.....[°]... = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 23.02 To = 31.96

### **Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>] : Orizzontale.. = 0.36      Verticale..... = 0.19

## **Verifiche statiche**

### **Verifica di stabilità globale**

Combinazione di carico: A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 2.046

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]

Segmento di arrivo, ascisse [m]

Primo punto

Secondo punto

Primo punto

Secondo punto

5.00

13.00

21.00

30.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 17

Numero totale superfici di prova.....: 170

Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 0.50

Angolo limite orario.....[°].....: 0.00

Angolo limite antiorario.....[°].....: 0.00

Fattore

Classe

1.30

Variabile - sfavorevole

0.00

Sisma

1.25

Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

1.25

Coeff. Parziale - Coesione efficace

1.40

Coeff. Parziale - Resistenza non drenata

1.00

Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

1.00

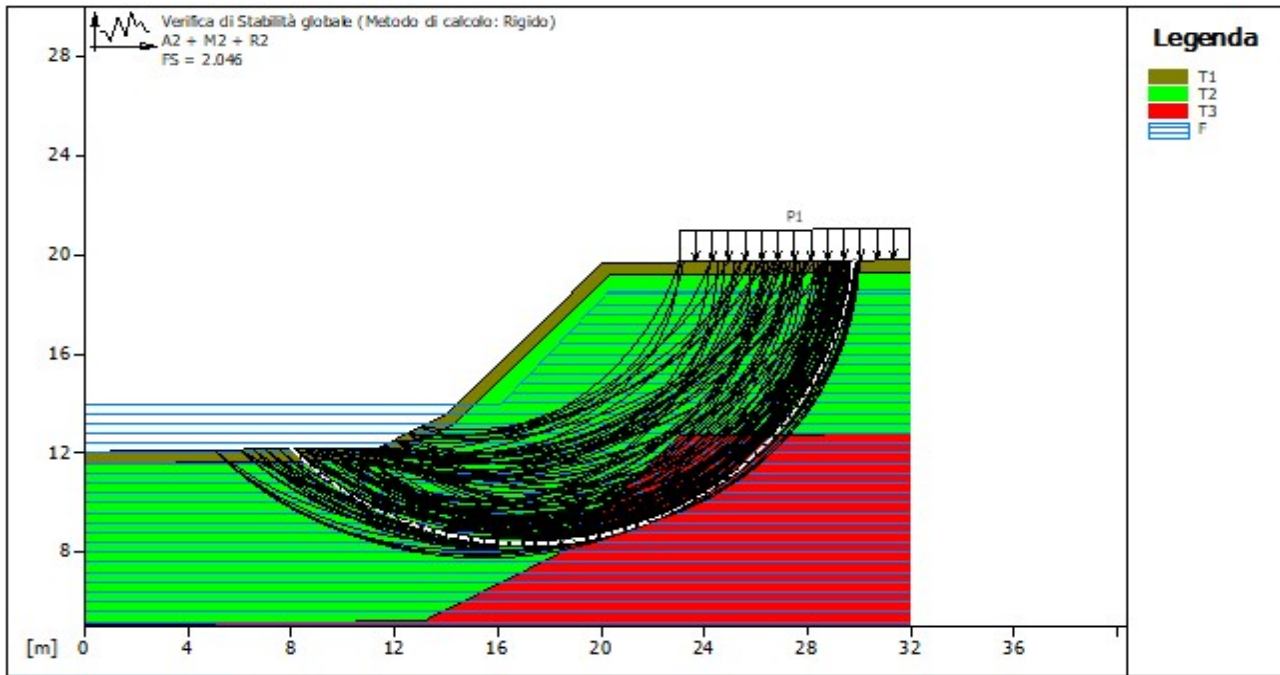
Fs Rottura Rinforzi

1.00

Fs Sfilamento Rinforzi

1.10

Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifiche sismiche**

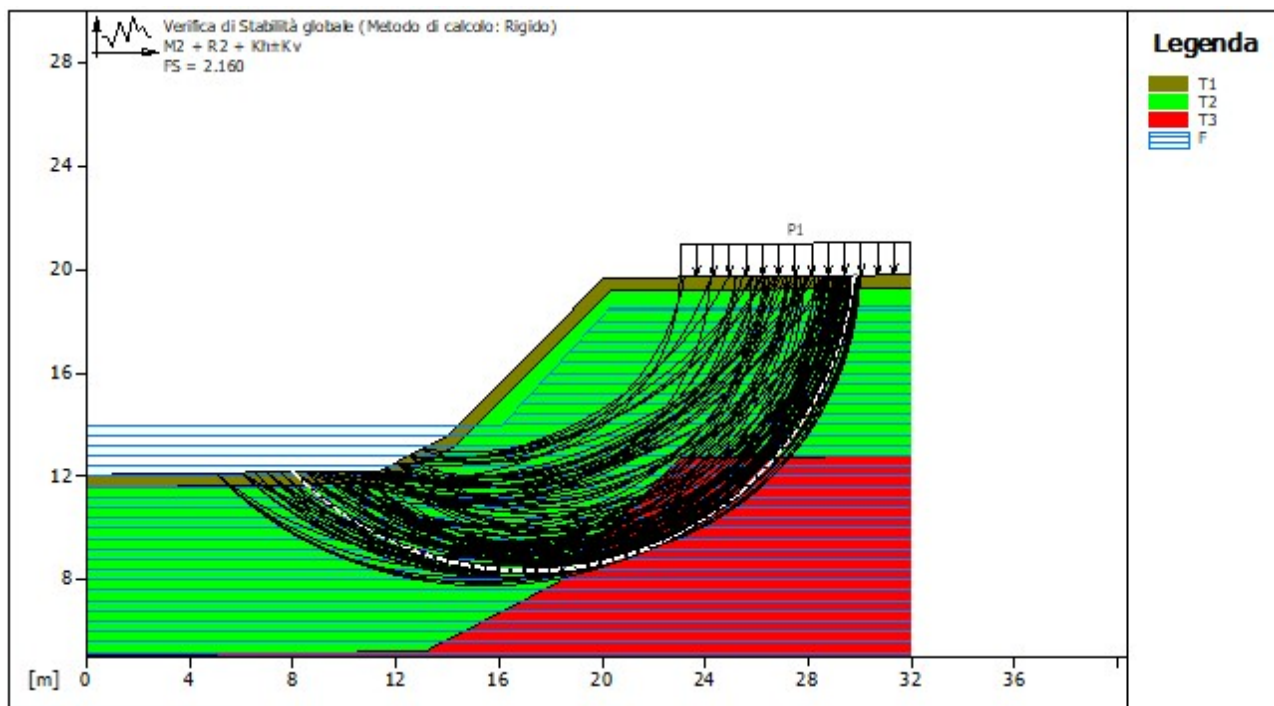
**Verifica di stabilità globale**

Combinazione di caric : M2 + R2 + Kh±Kv  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato: 2.160  
 Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	13.00	21.00	30.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	17
Numero totale superfici di prova.....:	170
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	0.50
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Resistenza non drenata
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



### **Esito delle verifiche**

Nella verifica di stabilità globale si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa.

Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto garantiscono, in tutti i casi considerati, la sicurezza nei confronti del criterio considerato.