

Alba Wind Srl

Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e di Monreale (PA)

RELAZIONE GEOTECNICA

Settembre 2022



Committente:

Alba Wind Srl

Alba Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277231003

Titolo del Progetto:

Parco Eolico Alba Wind sito nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e Monreale (PA)

Documento:

RELAZIONE GEOTECNICA

N° Documento:

IT-VesALB-BFP-GEO-TR-002

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

**Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018**

Tecnici

Dott.ssa Geol. Chiara Gugliotti

Dott. Geol. Antonio Console



Collaborazioni

-

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	13/09/2022	Emissione	C. GUGLIOTTI	A. CONSOLE	A. CONSOLE

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	3
Caratteristiche generali del campo eolico	3
3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI	5
4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI	6
5. INDAGINI ESEGUITE	7
6. MODELLI GEOLOGICO TECNICI	8
Modello geologico tecnico "AREA A"	9
Modello geologico tecnico "AREA B"	11
7. VERIFICHE DI STABILITA'	12
8. RELAZIONE DI CALCOLO	14
9. SEZIONE A-A', PENDIO WTG 4	27
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni pre-opera	27
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni post-opera	34
Scavo di riprofilatura per l'opera	40
Scavo di riprofilatura per l'opera con intervento di stabilizzazione	46
10. SEZIONE A-A', PENDIO WTG 7	53
Analisi di stabilità pendio WTG 7_condizioni pre-opera	53
Analisi di stabilità pendio WTG 7_condizioni post-opera	60
Scavo di riprofilatura per l'opera con intervento di stabilizzazione	67
SINTESI DEI RISULTATI	74

1. PREMESSA

La seguente relazione geotecnica è stata redatta per la realizzazione del parco eolico Alba wind, sito nel Comune di Piana degli Albanesi e Monreale (PA).

Il presente studio ha lo scopo di fornire, sulla base delle indagini, le informazioni necessarie ai fini della determinazione della natura e della disposizione dei terreni, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo e definire il modello geologico tecnico delle aree di interesse. I dati utili derivano dal rilevamento geologico di campagna e dalle indagini condotte esposte nella relazione geologica (doc. n° **IT-VesALB-BFP-GEO-TR-001**), e dalla consultazione e analisi di studi geologici pregressi e dati bibliografici.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 57,6 MW, da realizzarsi nella Provincia di Palermo, nei territori comunali di Piana degli Albanesi e Monreale, in cui insistono gli aerogeneratori e le relative opere di connessione alla RTN.

In base alla soluzione di connessione, l'impianto eolico sarà collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica (SE) in doppia sbarra a 220/36 kV della RTN, da collegare in entra - esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico - Ciminna".

Il progetto si pone come obiettivo la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica da immettere nella rete di trasmissione nazionale (RTN) in alta tensione. In questo scenario il parco eolico consentirà di raggiungere obiettivi più complessi fra i quali si annoverano:

- la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, priva di alcuna emissione diretta o derivata nell'ambiente;
- la valorizzazione di un'area marginale rispetto alle altre fonti di sviluppo regionale con destinazione prevalente a scopo agricolo e con bassa densità antropica;
- la diffusione di know-how in materia di produzione di energia elettrica da fonte eolica, a valenza fortemente sinergica per aree con problemi occupazionali e di sviluppo.

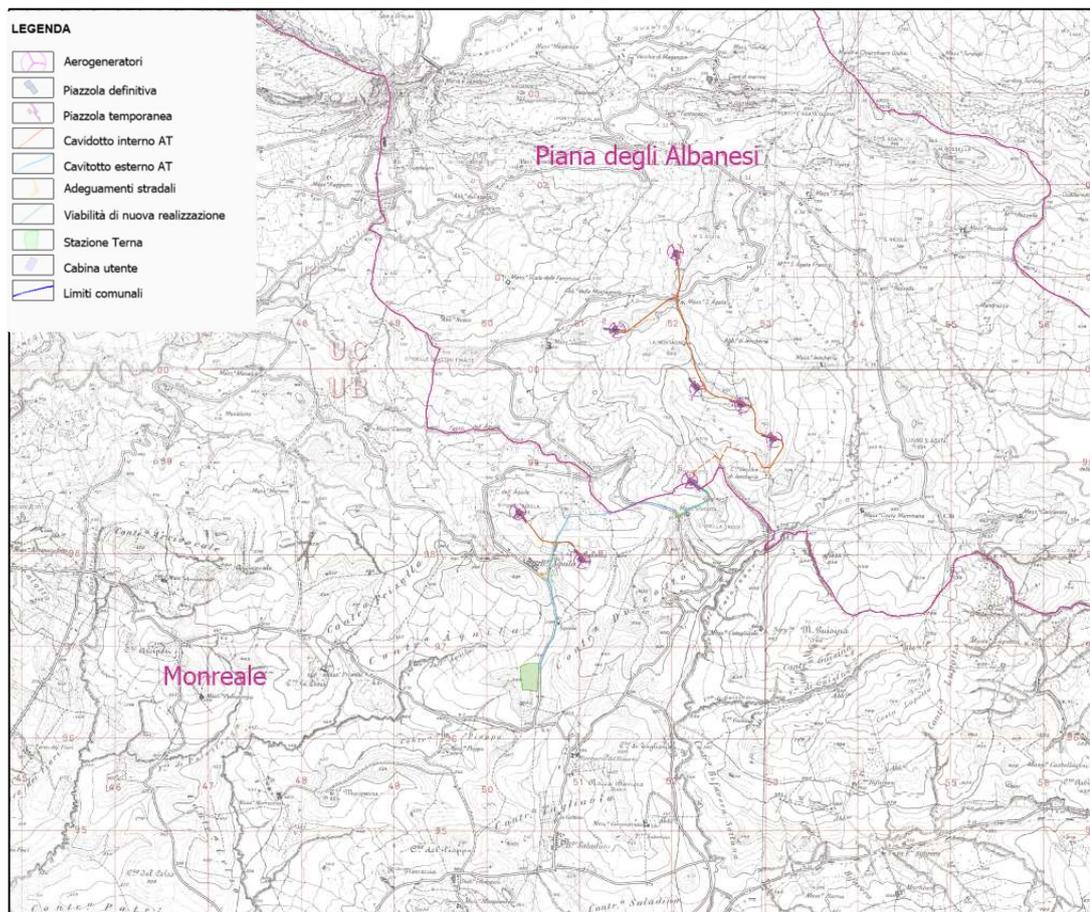


Figura 1: Inquadramento geografico

2. Descrizione dell'impianto

2.1 Caratteristiche generali del campo eolico

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 8 aerogeneratori della potenza massima di circa 7,2 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, tipo EnVentus V162-7.2 MW, con diametro del rotore pari a 162 m, altezza mozzo pari a 119 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione MT/BT;
- cabina utente, ubicata nei pressi del punto di connessione presso la stazione TERNA da realizzare. Raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un raccordo in cavo interrato (36 kV);
- rete elettrica interrata a 36 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la cabina utente e tra quest'ultima e la stazione Terna;
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;
- impianti di messa a terra.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dagli 8 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, i cavidotti MT di connessione tra gli aerogeneratori e quello di connessione alla nuova stazione elettrica (SE), interessa il territorio comunale di Piana degli Albanesi (PA), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 19, 20, 22, 23, ed il territorio comunale di Monreale (PA), censito al NCT ai fogli 128 e 129.

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Piana degli Albanesi e Monreale.

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lle
1	37°56'42.99	13°18'55.05	351972	4201082	Piana degli Albanesi	19	69, 76
2	37°56'15.11	13°18'30.05	351346	4200233	Piana degli Albanesi	22	78
3	37°55'54.96	13°19'6.06	352214	4199596	Piana degli Albanesi	23	65
4	37°55'49.52	13°19'26.11	352701	4199420	Piana degli Albanesi	23	100, 195
5	37°55'37.54	13°19'40.25	353039	4199044	Piana degli Albanesi	23	103, 104
6	37°55'22.59	13°19'3.11	352124	4198601	Piana degli Albanesi	22	132, 185
						23	74
					Monreale	129	89
7	37°55'10.57	13°17'47.58	350274	4198263	Monreale	128	39, 41, 87, 89
8	37°54'53.70	13°18'16.43	350968	4197730	Monreale	128	465, 506

3. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

Dalla relazione geologica, che costituisce la base delle considerazioni geotecniche che si presentano in questo documento, si possono trarre le seguenti considerazioni generali:

- L'area in studio è interamente compresa nel foglio geologico n° 258 "Alcamo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

- Il rilevamento geologico eseguito ha permesso identificare 2 aree litologiche:

Aree relative agli aerogeneratori "WTG 1 – WTG 2 – WTG 3 – WTG 4 – WTG 5 – WTG 8"; queste aree sono caratterizzate dalla Formazione delle argille marnose; nello specifico dalla Litofacies argillo-marnosa, è costituita prevalentemente da argille e argille sabbiose o marnose di colore grigio verdastro.

Aree relative agli aerogeneratori "WTG 6 – WTG 7"; queste aree sono caratterizzate dalla Serie arenaceo conglomeratica, costituita da arenarie a grana fine e sabbie.

L'area di studio rientra nel bacino idrografico del Fiume Belice che rappresenta un settore molto complesso della Sicilia. La Sicilia centro-occidentale è costituita da un frammento di catena caratterizzata da diverse falde tettoniche impilate, derivanti dalla deformazione dei domini paleogeografici Imerese, Trapanese, Sicano e Saccense. In linea generale l'area interessata dal bacino del F. Belice, dal punto di vista litologico, è costituita da una serie di alti strutturali rappresentati dai rilievi di natura prevalentemente carbonatica e da rocce di natura terrigena che occupano e ricoprono le depressioni morfologiche comprese tra i vari massicci montuosi. I principali rilievi montuosi sono rappresentati, nella porzione settentrionale, dai monti di Piana degli Albanesi e dalla dorsale del M. Kumeta per il bacino del Belice Destro e dai rilievi di Rocca Busambra e Rocche di Rao nel bacino del Belice Sinistro. Nelle aree di basso morfologico comprese tra i vari rilievi di natura carbonatica, arenacea o gessosa, si rinvengono coperture terrigene e clastiche di natura argillosa, argilloso-marnosa, silicea, evaporitica.

4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'area in studio si inserisce in un contesto regionale caratterizzato da terreni di varia natura litologica interessati da una evoluzione tettonica diversificata, che ha determinato l'estrema variabilità di morfologie del paesaggio. Le aree di interesse ricadono nel comune di Piana degli albanesi e sono cartografati nella sezione 607080 delle carte dell'Autorità di Bacino regione Siciliana. I monti di Piana degli Albanesi occupano una buona parte del complesso calcareo dell'entroterra palermitano. I rilievi principali sono la Pizzuta (metri 1333 sul livello del mare), il Monte Kumeta (metri 1233 sul livello del mare) ed il Monte Maganoce (metri 902 sul livello del mare). Questi tre rilievi sono separati tra di loro da larghe vallate (Portella della Ginestra tra la Pizzuta e Kumeta) o da strette gole (Honi) tra la Kumeta e Maganoce. La Piana, invece è predominata da sedimenti di prevalente natura argillosa ed è caratterizzata da modesti rilievi ad aspetto rotondeggiante con fianchi poco acclivi e frequenti pianori. Le quote delle zone di intervento sono comprese tra i m 600 e gli 800 metri s.l.m. Topograficamente sono classificate in categoria topografica T1 le aree relative agli aerogeneratori WTG 1-2-3-4-5-8 e T2 le aree relative agli aerogeneratori WTG 6-7.

5. INDAGINI ESEGUITE

Sulla base di quanto stabilito ai fini del progetto, nel mese di luglio 2022 è stata condotta una campagna di indagini indirette consistita in:

a. INDAGINI GEOFISICHE

- n° 4 indagini sismiche tipo MASW
- n° 4 indagini sismiche a rifrazione

Le indagini sono state condotte considerando l'omogeneità geologica e litologica; pertanto sono state effettuate sono state eseguite n°2 Indagini Masw e di sismica a rifrazione per la litologia argilloso marnosa e n°2 Indagini Masw e di sismica a rifrazione per la litologia appartenente alla formazione arenaceo conglomeratica. tali attività hanno permesso di suddividere l'area di studio in due macro aree: Macro area A all'interno della quale rientrano gli Aerogeneratori (WTG1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 8) e Macro Area B dove troviamo la WTG 6 – WTG 7.

Le indagini con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves), sono stete finalizzate al calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio (V_{s30}).

Le indagini di sismica a rifrazione sono stete eseguite con lo scopo di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio).

Inoltre al fine di verificare la stabilità dei versanti sono state eseguite verifiche di stabilità ante e post operam riportate nel par.6.

6. MODELLI GEOLOGICO TECNICI

Dai dati acquisiti dalla relazione geologica (doc. N° IT-VesALB-BFP-TR-001), in correlazione con i dati relativi alle indagini indirette eseguite e ai dati di letteratura in possesso dello scrivente, è stato possibile ricostruire la stratigrafia delle aree di studio. Dall'analisi dei dati presenti nella relazione geologica (Doc. n°. IT-VesALB-BFP-GEO-TR-001), l'area di studio è possibile classificarla litologicamente in due macro aree:

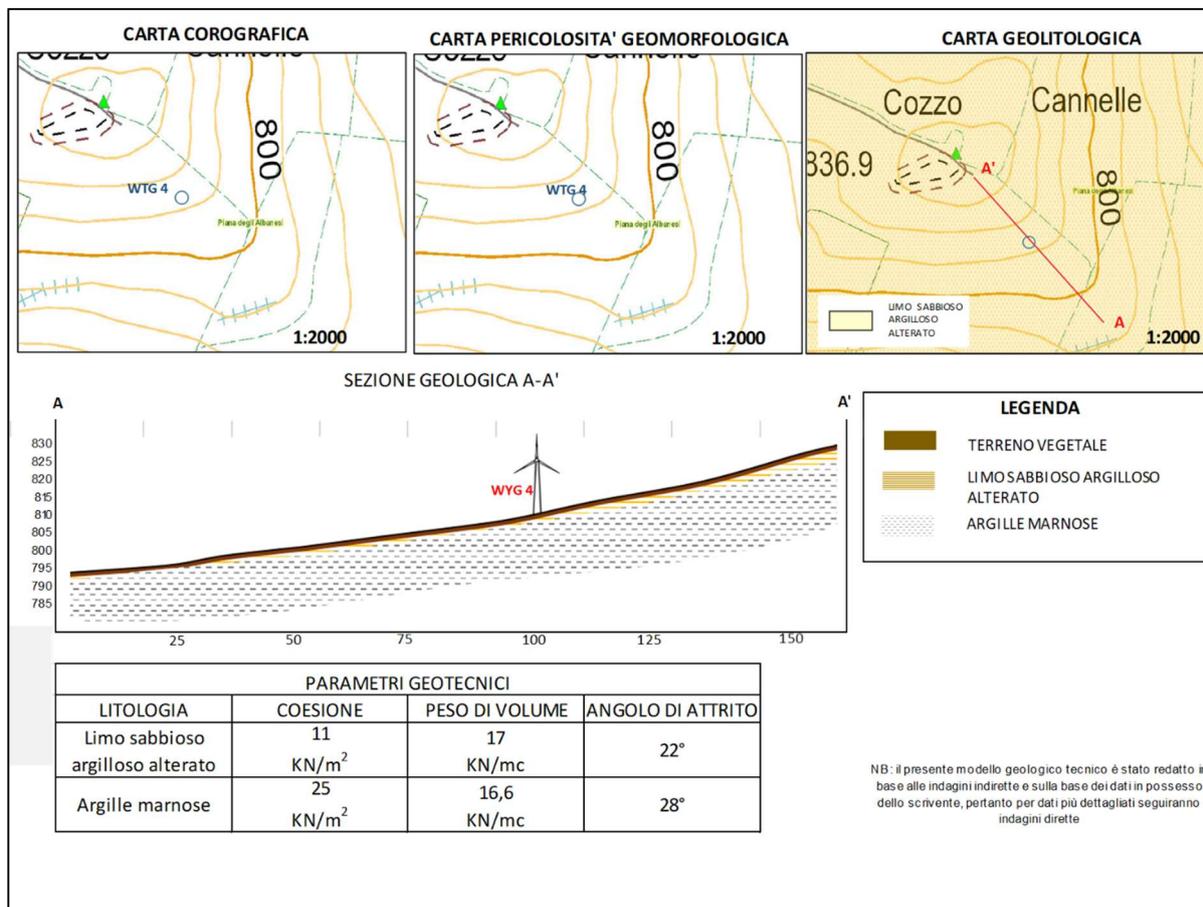
- Area A: Terreno limo sabbioso argilloso e terreno argilloso marnoso, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG5, WTG8;
- Area B: formazione arenaceo conglomeratica all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG6, WTG8.

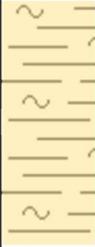
Pertanto, alla luce di quanto predetto, saranno di seguito illustrate le ricostruzioni stratigrafiche con i relativi modelli geologico tecnici, del WTG 4 per tutti gli aogeneratori della macroarea "A" e del WTG 7 per tutti gli aogeneratori della macroarea "B".

Per la ricostruzione puntuale di ogni singolo aerogeneratore, e per dati geomeccanici e geotecnici di maggiore dettaglio, si consiglia di effettuare indagini dirette in fase di stesura del progetto esecutivo.

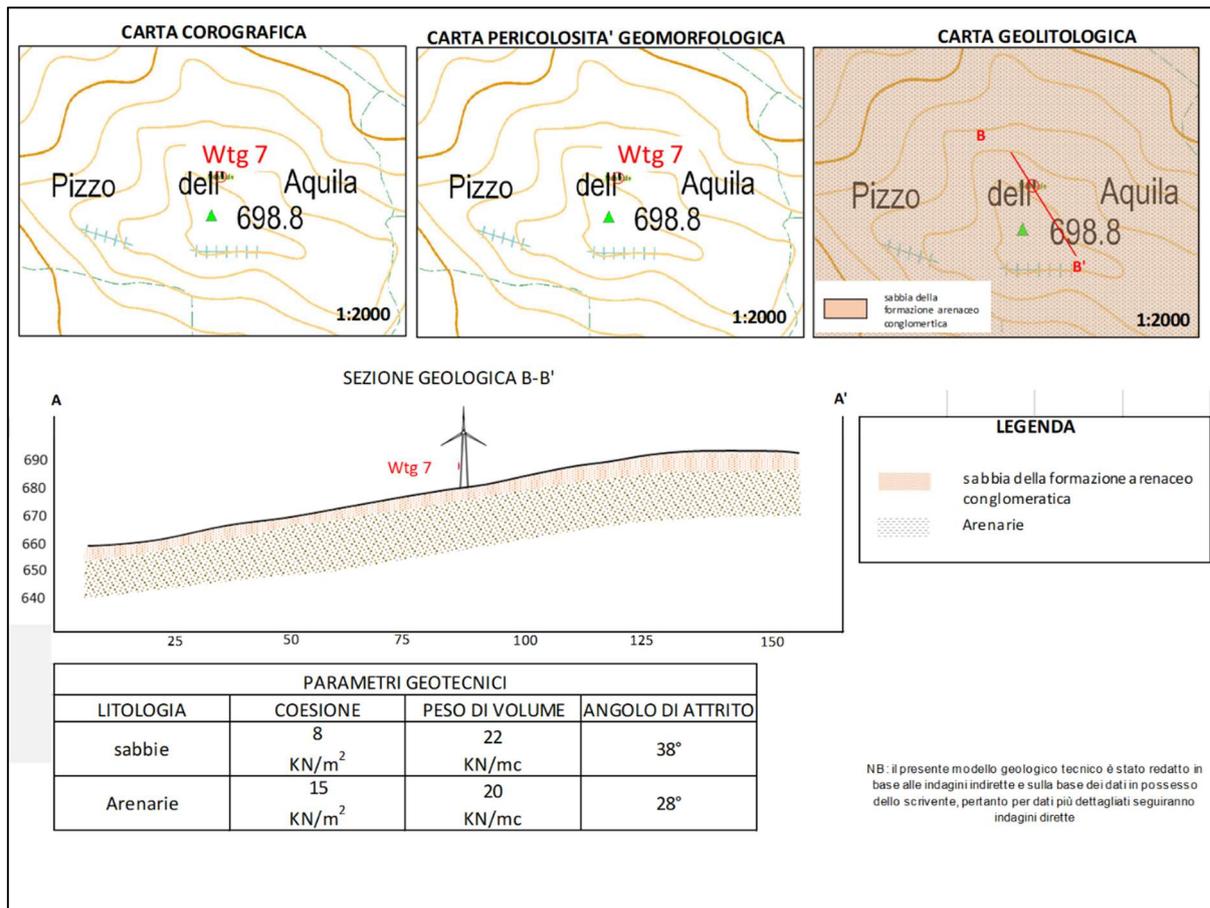


Modello geologico tecnico "AREA A"



MODELLO GEOLOGICO - TECNICO - AREA "A"							
PARCO EOLICO ALBA WIND – PIANA DEGLI ALBANESI E MONREALE – WTG4							
	Profondità (m)	Spessore (m)	Litologia	descrizione litologica	parametri geotecnici		
					c' (KN/m ²)	φ (°)	γ (KN/mc)
	0,50	0,50		Terreno vegetale			
-1,00				Limo sabbioso argilloso alterato	11	22	17
-2,00		4,00					
-3,00							
-4,00							
-5,00	4,50			argille marnose	25	28	16,6
-6,00							
-7,00							
-8,00							
-9,00							
-10,00	10,00						

Modello geologico tecnico "AREA B"



MODELLO GEOLOGICO - TECNICO - AREA "B"							
PARCO EOLICO ALBA WIND – PIANA DEGLI ALBANESI E MONREALE – WTG 7							
	Profondità (m)	Spessore (m)	Litologia	descrizione litologica	parametri geotecnici		
					c' (KN/m ²)	φ (°)	γ (KN/mc)
-1,00							
-2,00		4,00		Sabbie della formazione arenaceo conglomeratica	8	38	22
-3,00							
-4,00	4,00						
-5,00							
-6,00							
-7,00				Arenarie	15	28	20
-8,00							
-9,00							
-10,00	10,00						

7. VERIFICHE DI STABILITA'

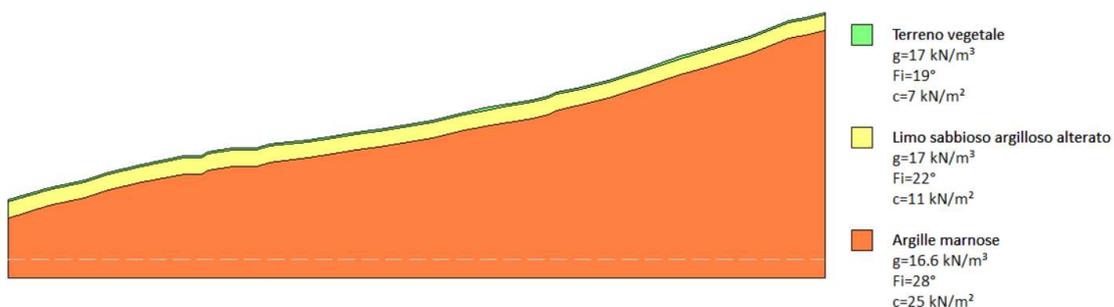
Dall'analisi dei dati presenti nella relazione geologica (Doc. n°. IT-VesALB-BFP-GEO-TR-001), l'area di studio è possibile classificarla litologicamente in due macro aree:

- Area A: Limo sabbioso argilloso alterato e argille marnose, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG5, WTG8;
- Area B: Terreno sabbioso e sabbia addensata, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG6, WTG7.

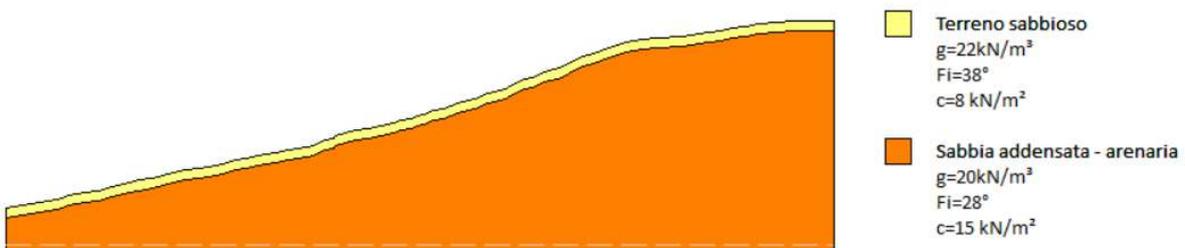
Per ogni predetta singola area sono state effettuate verifiche di stabilità pre opera (allo stato attuale) e post opera (allo stato futuro), nell'area di sedime delle future torri aventi le caratteristiche topografiche più acclerate, pertanto le più gravose (secondo le linee di massima pendenza).

In particolare si è scelto di sottoporre a verifica di stabilità:

- Sezione A-A' in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG 4 con la seguente stratigrafia:



- Sezione A-A' in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG 7 con la seguente stratigrafia:



Le analisi sono inoltre state eseguite:

- Allo stato attuale, condizione pre-opera, in presenza di sisma (allo SLV secondo le NTC 2018);
- Allo stato futuro, condizione post-opera, in presenza di sisma (allo SLV secondo le NTC 2018), seguendo fasi progressive per avere un miglioramento delle condizioni di stabilità, dettate da un aumento del fattore di sicurezza. In particolare:
 1. applicando un carico uniformemente distribuito (160 KN/m^2) con area occupata dalle opere di progetto;
 2. riprofilando opportunamente l'area di sedime delle future torri;
 3. Simulando interventi di stabilizzazione quali: pali in calcestruzzo armato con diametro di 1.2 m e lunghezza 10 m (pendio WTG 4), e muri di sostegno tipo gabbioni con altezza 6 m (WTG 7).
- Utilizzando il metodo di Bishop (1955) in modo da individuare le potenziali superfici di scorrimento a coefficiente di sicurezza minimo.

8. RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

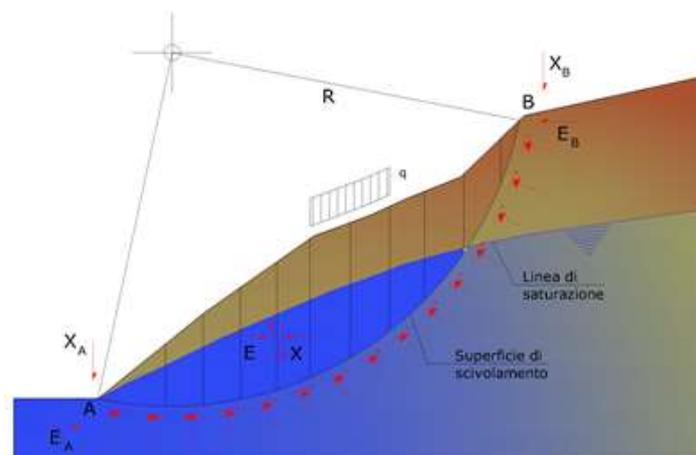
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le

tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a:

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

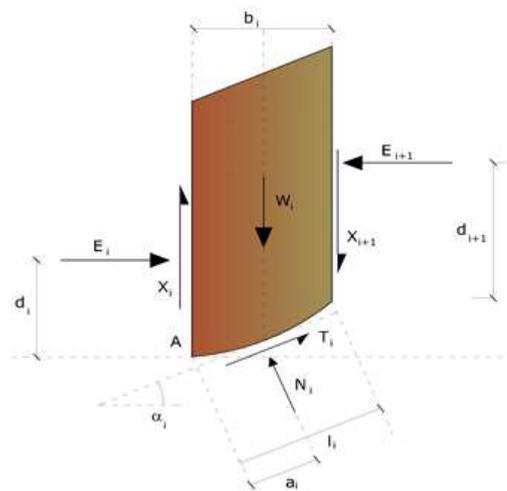
Metodo di Fellenius (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia; pertanto le incognite si riducono a:

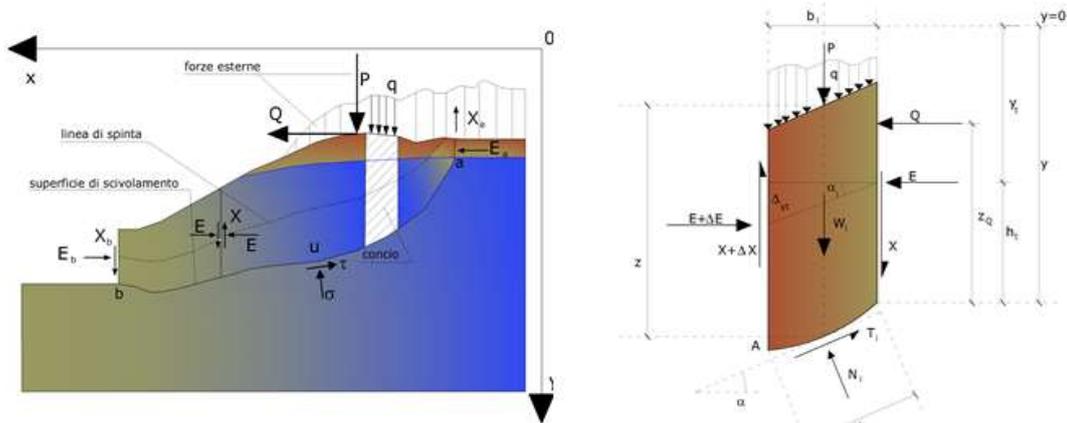
- n valori delle forze normali N_j ;
- n valori delle forze da taglio T_j ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:



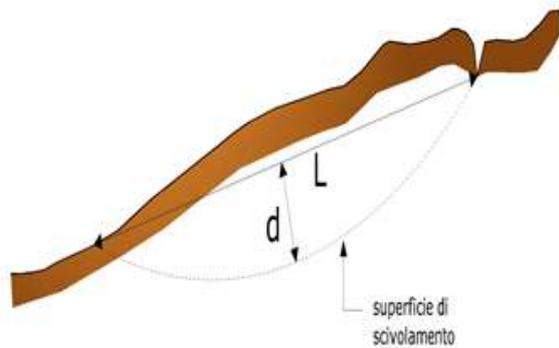
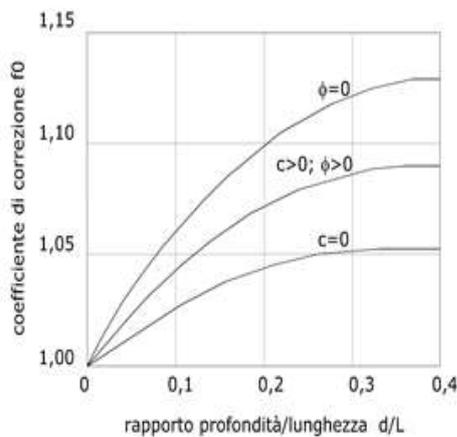
$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$



Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

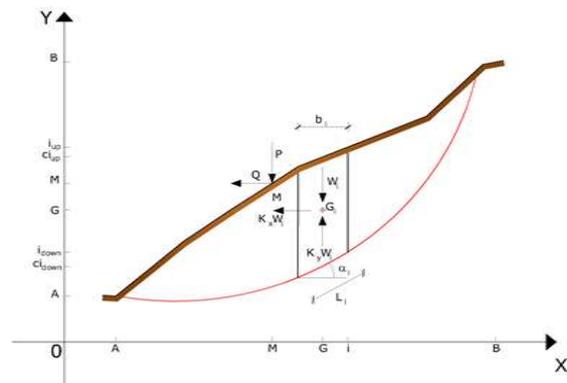
F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.



L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$ = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concio

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa. Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_C) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

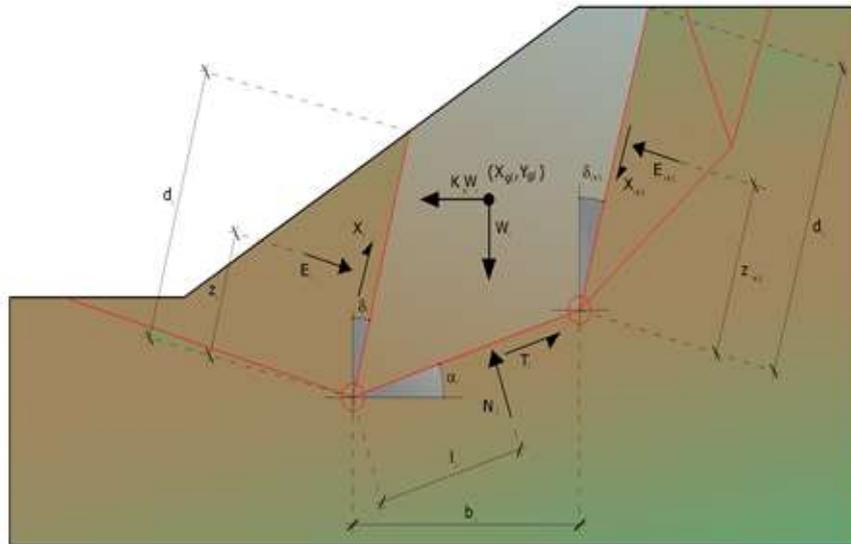
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \quad \text{Accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \quad \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_C , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

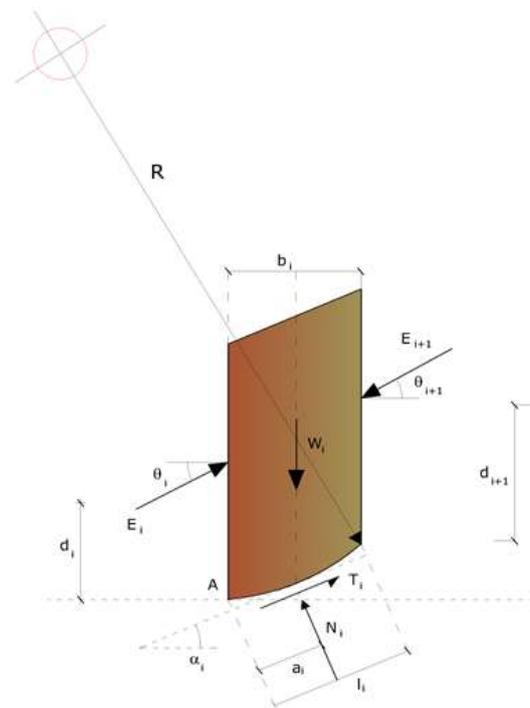
1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1 \dots n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \alpha \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$



forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\begin{aligned}\sum(Q_i \cos\theta) &= 0 \\ \sum(Q_i \sin\theta) &= 0\end{aligned}$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze.

In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Metodo di Morgenstern e Price (1965)

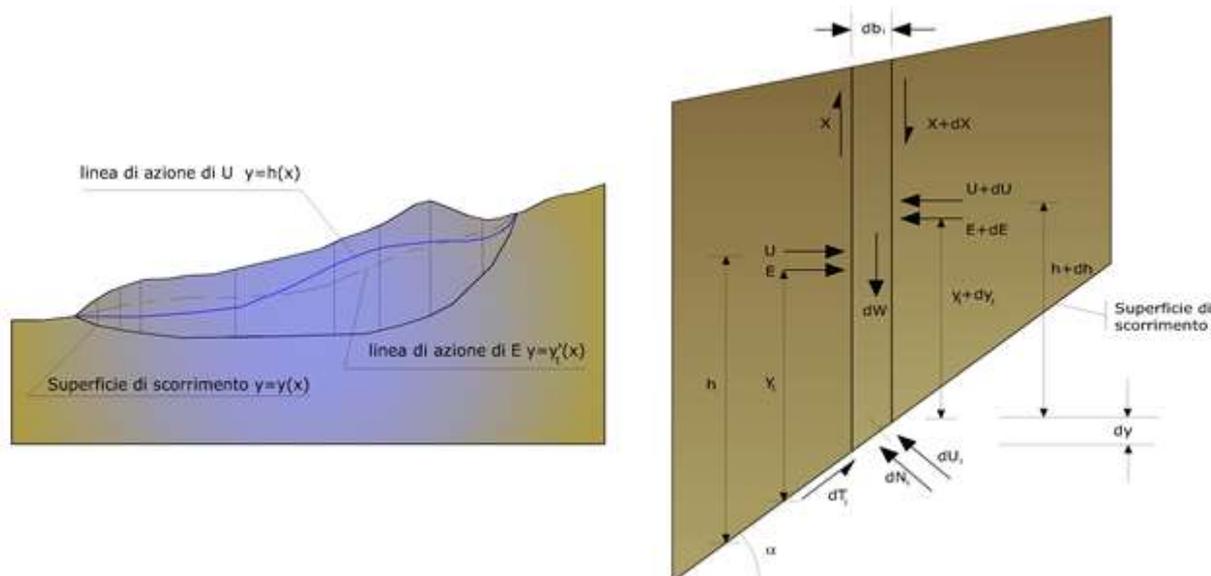
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "**equazione delle forze**":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$



Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E \cdot \gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l’uso di un calcolatore.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \cdot n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

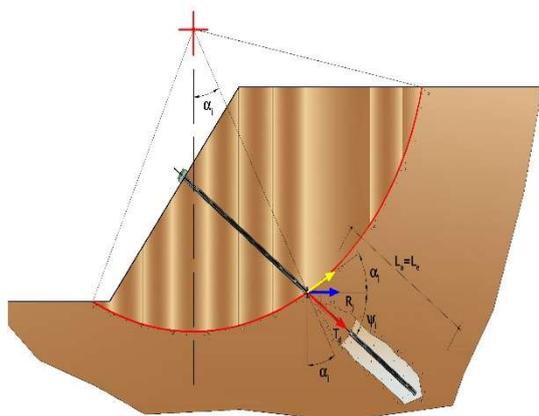
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

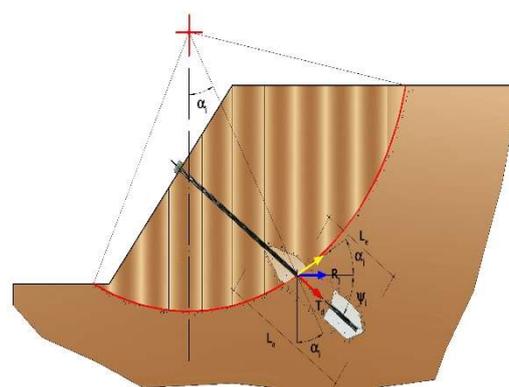
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per *i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

espressione:

dove:

T_d tiro esercizio;

Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

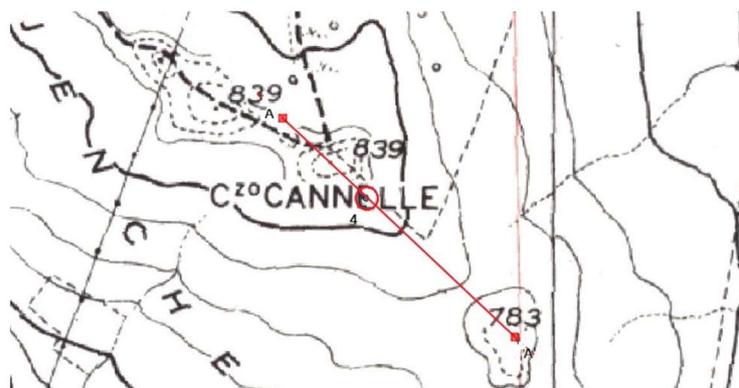
i interasse;

L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.

9. SEZIONE A-A', PENDIO WTG 4



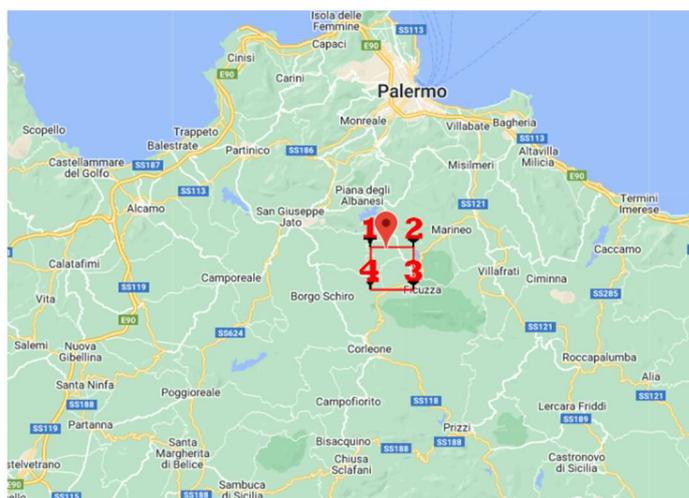
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni pre-opera

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	83.35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	874.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	115.7 m
Ordinata vertice destro superiore ys	908.22 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici



Coefficienti sismici

Cat. Sottosuolo		C			
Cat. Topografica		T1			
	SLO	SLD	SLV	SLC	
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,40	
CC Coeff. funz categoria	1,71	1,65	1,56	1,53	
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00	
Coefficienti		SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.017	0.056	0.082	
kv	0.006	0.008	0.028	0.041	

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.056

Coefficiente azione sismica verticale

0.028

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	784.0
2	10.2	787.0
3	19.3	789.0
4	25.2	791.0
5	33.4	793.0
6	44.0	795.0
7	48.4	795.0
8	50.0	796.0
9	56.3	797.0
10	62.2	797.0
11	65.4	798.0
12	75.0	799.0
13	81.3	800.0
14	87.2	801.0
15	94.2	802.0
16	100.0	803.0
17	106.0	804.0
18	110.0	805.0
19	114.0	806.0
20	119.0	807.0
21	125.0	808.0
22	131.0	809.0
23	135.0	810.0
24	137.0	811.0
25	142.0	812.0

26	146.0	813.0
27	150.0	814.0
28	153.0	815.0
29	159.0	817.0
30	168.0	820.0
31	175.0	822.0
32	185.0	825.0
33	195.0	829.0
34	200.0	830.0
35	204.0	831.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	783.5
2	10.2	786.5
3	19.3	788.5
4	25.2	790.5
5	33.4	792.5
6	44.0	794.5
7	48.4	794.5
8	50.0	795.5
9	56.3	796.5
10	62.2	796.5
11	65.4	797.5
12	75.0	798.5
13	81.3	799.5
14	87.2	800.5
15	94.2	801.5
16	100.0	802.5
17	106.0	803.5
18	110.0	804.5
19	114.0	805.5
20	119.0	806.5
21	125.0	807.5
22	131.0	808.5
23	135.0	809.5
24	137.0	810.5
25	142.0	811.5
26	146.0	812.5
27	150.0	813.5
28	153.0	814.5
29	159.0	816.5
30	168.0	819.5
31	175.0	821.5
32	185.0	824.5
33	195.0	828.5
34	200.0	829.5
35	204.0	830.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	779.5
2	10.2	782.5
3	19.3	784.5
4	25.2	786.5
5	33.4	788.5
6	44.0	790.5
7	48.4	790.5
8	50.0	791.5
9	56.3	792.5
10	62.2	792.5
11	65.4	793.5
12	75.0	794.5
13	81.3	795.5
14	87.2	796.5
15	94.2	797.5
16	100.0	798.5
17	106.0	799.5
18	110.0	800.5
19	114.0	801.5
20	119.0	802.5
21	125.0	803.5
22	131.0	804.5
23	135.0	805.5
24	137.0	806.5
25	142.0	807.5
26	146.0	808.5
27	150.0	809.5
28	153.0	810.5
29	159.0	812.5
30	168.0	815.5
31	175.0	817.5
32	185.0	820.5
33	195.0	824.5
34	200.0	825.5
35	204.0	826.5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio

1.25

Coesione efficace 1.25
 Coesione non drenata 1.4
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	7	19	17	17	Terreno vegetale
2	11	22	17	17	Limo sabbioso argilloso alterato
3	25	28	16.6	16.6	Argille marnose

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

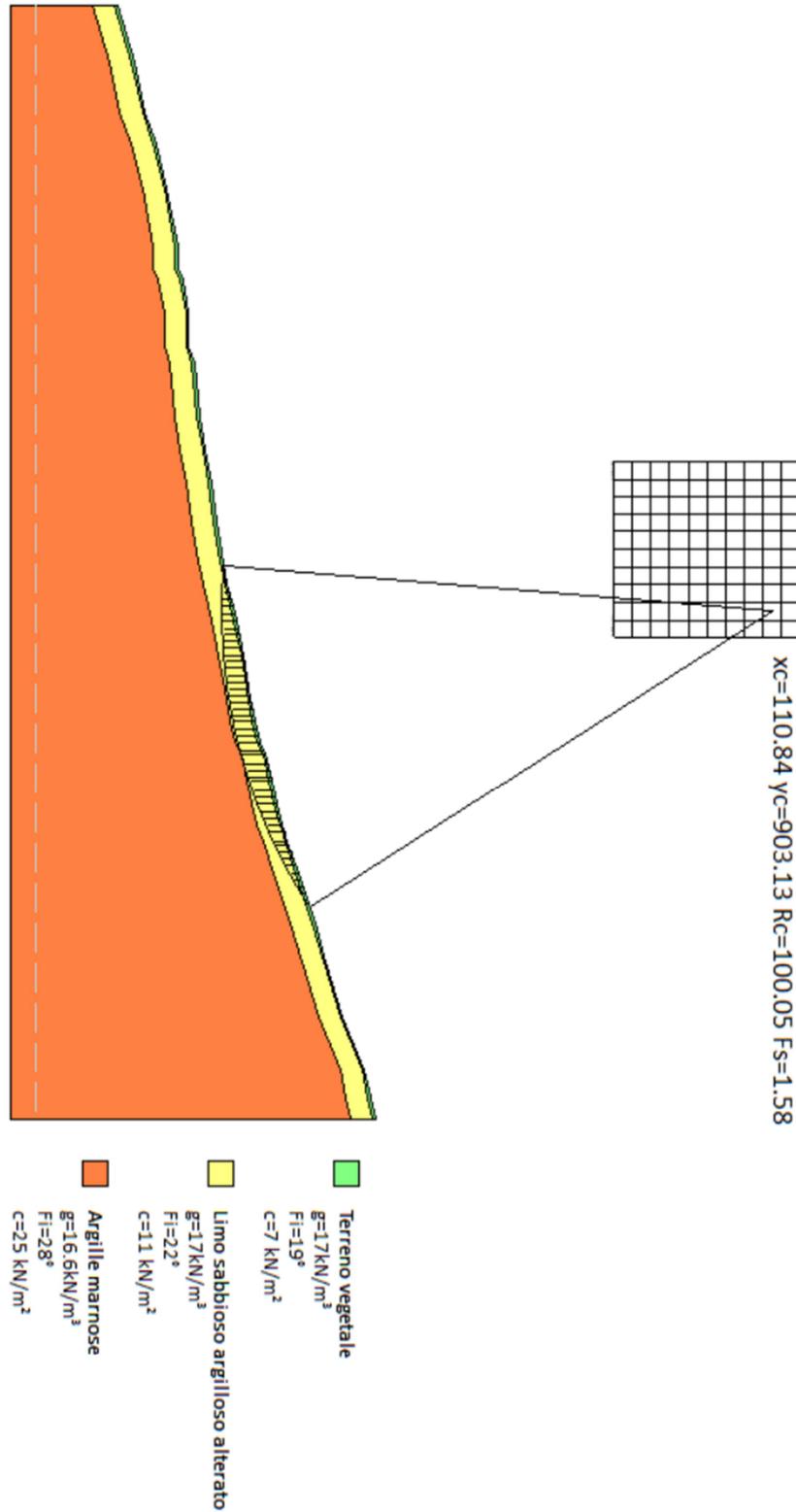
Fs minimo individuato 1.58
 Ascissa centro superficie 110.84 m
 Ordinata centro superficie 903.13 m
 Raggio superficie 100.05 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 110.844 yc = 903.13 Rc = 100.051 Fs=1.58

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)(kN/m ²)	c	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.25	-4.4	1.25	3.26	0.18	0.09	5.6	15.4	0.0	3.6	4.6
2	1.25	-3.7	1.25	9.56	0.54	0.27	5.6	15.4	0.0	9.9	5.6
3	0.96	-3.1	0.96	11.43	0.64	0.32	8.8	17.9	0.0	11.8	7.1
4	1.54	-2.3	1.54	26.91	1.51	0.75	8.8	17.9	0.0	27.5	12.9
5	1.25	-1.5	1.25	30.27	1.7	0.85	8.8	17.9	0.0	30.6	12.0
6	1.21	-0.8	1.21	36.32	2.03	1.02	8.8	17.9	0.0	36.5	12.9
7	1.28	-0.1	1.28	45.41	2.54	1.27	8.8	17.9	0.0	45.4	15.0
8	1.25	0.6	1.25	50.8	2.84	1.42	8.8	17.9	0.0	50.6	15.7
9	1.47	1.4	1.47	67.57	3.78	1.89	8.8	17.9	0.0	67.1	19.9
10	1.03	2.1	1.03	51.8	2.9	1.45	8.8	17.9	0.0	51.3	14.8
11	1.25	2.8	1.25	66.6	3.73	1.86	8.8	17.9	0.0	65.8	18.6

12	1.25	3.5	1.25	70.46	3.95	1.97	8.8	17.9	0.0	69.4	19.3
13	1.47	4.3	1.48	87.52	4.9	2.45	8.8	17.9	0.0	86.0	23.5
14	1.03	5.0	1.03	63.35	3.55	1.77	8.8	17.9	0.0	62.1	16.8
15	1.25	5.6	1.26	78.88	4.42	2.21	8.8	17.9	0.0	77.2	20.7
16	1.25	6.3	1.26	80.51	4.51	2.25	8.8	17.9	0.0	78.7	21.0
17	1.25	7.1	1.26	81.82	4.58	2.29	8.8	17.9	0.0	79.8	21.2
18	1.23	7.8	1.24	81.28	4.55	2.28	8.8	17.9	0.0	79.2	21.0
19	1.27	8.5	1.29	84.9	4.75	2.38	8.8	17.9	0.0	82.6	21.9
20	1.25	9.2	1.27	83.69	4.69	2.34	8.8	17.9	0.0	81.3	21.5
21	1.25	10.0	1.27	83.62	4.68	2.34	8.8	17.9	0.0	81.1	21.5
22	1.25	10.7	1.27	83.21	4.66	2.33	8.8	17.9	0.0	80.6	21.4
23	0.98	11.3	1.0	64.87	3.63	1.82	8.8	17.9	0.0	62.8	16.8
24	1.52	12.1	1.55	100.56	5.63	2.82	8.8	17.9	0.0	97.3	25.9
25	1.25	12.9	1.28	83.67	4.69	2.34	8.8	17.9	0.0	80.9	21.5
26	1.23	13.6	1.27	83.08	4.65	2.33	8.8	17.9	0.0	80.3	21.4
27	1.26	14.3	1.3	88.45	4.95	2.48	8.8	17.9	0.0	85.5	22.5
28	0.74	14.9	0.76	54.55	3.05	1.53	8.8	17.9	0.0	52.8	13.7
29	1.76	15.7	1.83	131.02	7.34	3.67	8.8	17.9	0.0	126.9	32.9
30	1.25	16.6	1.3	90.05	5.04	2.52	8.8	17.9	0.0	87.2	22.8
31	1.25	17.3	1.31	87.27	4.89	2.44	8.8	17.9	0.0	84.5	22.3
32	0.74	17.9	0.78	50.26	2.81	1.41	8.8	17.9	0.0	48.6	13.0
33	1.76	18.7	1.86	115.75	6.48	3.24	8.8	17.9	0.0	112.0	30.2
34	1.25	19.6	1.33	79.16	4.43	2.22	8.8	17.9	0.0	76.6	21.0
35	0.99	20.3	1.06	60.83	3.41	1.7	8.8	17.9	0.0	58.8	16.3
36	1.5	21.0	1.61	88.08	4.93	2.47	8.8	17.9	0.0	85.1	24.0
37	1.25	21.9	1.35	68.94	3.86	1.93	8.8	17.9	0.0	66.6	19.2
38	1.25	22.7	1.35	64.58	3.62	1.81	8.8	17.9	0.0	62.3	18.4
39	1.25	23.4	1.36	61.3	3.43	1.72	8.8	17.9	0.0	59.1	17.9
40	1.75	24.4	1.92	80.74	4.52	2.26	8.8	17.9	0.0	77.7	24.2
41	0.75	25.2	0.83	32.58	1.82	0.91	8.8	17.9	0.0	31.3	10.0
42	1.25	25.8	1.39	51.25	2.87	1.43	8.8	17.9	0.0	49.1	16.2
43	1.25	26.6	1.4	47.04	2.63	1.32	8.8	17.9	0.0	44.9	15.4
44	1.25	27.4	1.41	42.38	2.37	1.19	8.8	17.9	0.0	40.2	14.6
45	1.5	28.3	1.71	44.16	2.47	1.24	8.8	17.9	0.0	41.4	16.3
46	0.99	29.1	1.14	24.7	1.38	0.69	8.8	17.9	0.0	22.7	10.0
47	1.25	29.8	1.44	25.5	1.43	0.71	8.8	17.9	0.0	22.8	11.5
48	1.25	30.7	1.45	18.87	1.06	0.53	8.8	17.9	0.0	15.8	10.3
49	1.25	31.5	1.46	11.73	0.66	0.33	8.8	17.9	0.0	8.3	9.0
50	1.25	32.4	1.48	4.05	0.23	0.11	5.6	15.4	0.0	1.6	5.0



Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni post-opera

Presenza della sola opera

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	74.56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	895.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	106.91 m
Ordinata vertice destro superiore ys	928.94 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	784.0
2	10.2	787.0
3	19.3	789.0
4	25.2	791.0
5	33.4	793.0
6	44.0	795.0
7	48.4	795.0
8	50.0	796.0
9	56.3	797.0
10	62.2	797.0
11	65.4	798.0
12	75.0	799.0
13	81.3	800.0
14	87.2	801.0
15	94.2	802.0
16	100.0	803.0
17	106.0	804.0
18	110.0	805.0
19	114.0	806.0
20	119.0	807.0
21	125.0	808.0
22	131.0	809.0

23	135.0	810.0
24	137.0	811.0
25	142.0	812.0
26	146.0	813.0
27	150.0	814.0
28	153.0	815.0
29	159.0	817.0
30	168.0	820.0
31	175.0	822.0
32	185.0	825.0
33	195.0	829.0
34	200.0	830.0
35	204.0	831.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	783.5
2	10.2	786.5
3	19.3	788.5
4	25.2	790.5
5	33.4	792.5
6	44.0	794.5
7	48.4	794.5
8	50.0	795.5
9	56.3	796.5
10	62.2	796.5
11	65.4	797.5
12	75.0	798.5
13	81.3	799.5
14	87.2	800.5
15	94.2	801.5
16	100.0	802.5
17	106.0	803.5
18	110.0	804.5
19	114.0	805.5
20	119.0	806.5
21	125.0	807.5
22	131.0	808.5
23	135.0	809.5
24	137.0	810.5
25	142.0	811.5
26	146.0	812.5
27	150.0	813.5
28	153.0	814.5
29	159.0	816.5
30	168.0	819.5
31	175.0	821.5
32	185.0	824.5

33	195.0	828.5
34	200.0	829.5
35	204.0	830.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	779.5
2	10.2	782.5
3	19.3	784.5
4	25.2	786.5
5	33.4	788.5
6	44.0	790.5
7	48.4	790.5
8	50.0	791.5
9	56.3	792.5
10	62.2	792.5
11	65.4	793.5
12	75.0	794.5
13	81.3	795.5
14	87.2	796.5
15	94.2	797.5
16	100.0	798.5
17	106.0	799.5
18	110.0	800.5
19	114.0	801.5
20	119.0	802.5
21	125.0	803.5
22	131.0	804.5
23	135.0	805.5
24	137.0	806.5
25	142.0	807.5
26	146.0	808.5
27	150.0	809.5
28	153.0	810.5
29	159.0	812.5
30	168.0	815.5
31	175.0	817.5
32	185.0	820.5
33	195.0	824.5
34	200.0	825.5
35	204.0	826.5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

 Tangente angolo di resistenza al taglio

1.25

Coesione efficace 1.25
 Coesione non drenata 1.4
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	11	22	17	17	Limo sabbioso argilloso alterato	
3	25	28	16.6	16.6	Argille marnose	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	143	812	153	814.5	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

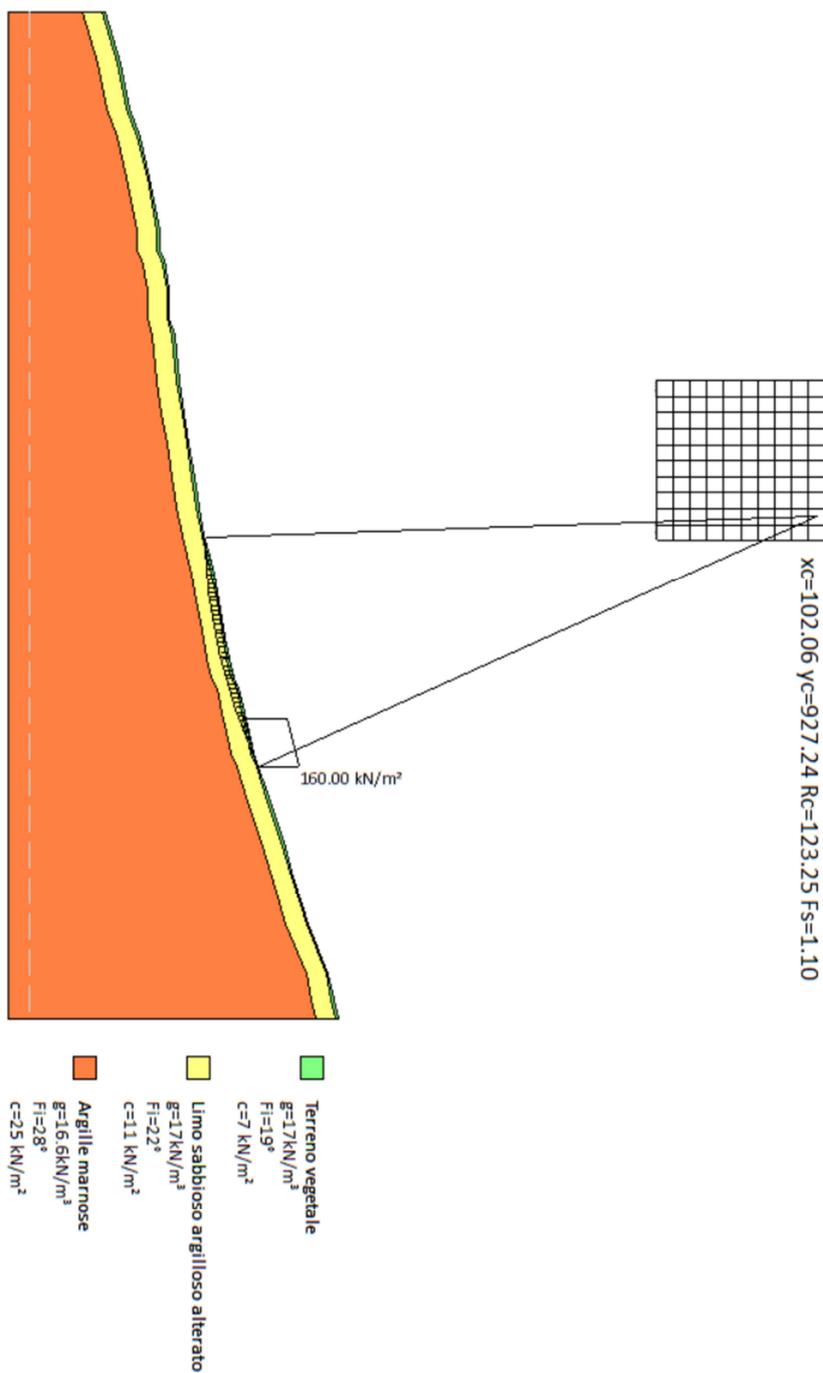
Fs minimo individuato 1.1
 Ascissa centro superficie 102.06 m
 Ordinata centro superficie 927.24 m
 Raggio superficie 123.25 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 102.056 \quad y_c = 927.24 \quad R_c = 123.247 \quad F_s = 1.105$$

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.93	2.2	0.93	1.59	0.09	0.04	5.6	15.4	0.0	1.4	4.6
2	0.93	2.6	0.93	4.67	0.26	0.13	5.6	15.4	0.0	4.4	5.3
3	0.93	3.0	0.93	7.63	0.43	0.21	5.6	15.4	0.0	7.3	6.0
4	0.94	3.5	0.94	10.62	0.59	0.3	8.8	17.9	0.0	10.1	9.5
5	0.92	3.9	0.92	13.09	0.73	0.37	8.8	17.9	0.0	12.4	10.0

6	0.93	4.3	0.94	15.86	0.89	0.44	8.8	17.9	0.0	15.1	10.8
7	0.93	4.8	0.94	18.37	1.03	0.51	8.8	17.9	0.0	17.5	11.4
8	1.21	5.3	1.22	27.49	1.54	0.77	8.8	17.9	0.0	26.1	15.8
9	0.65	5.7	0.65	16.17	0.91	0.45	8.8	17.9	0.0	15.4	8.8
10	0.93	6.1	0.94	24.36	1.36	0.68	8.8	17.9	0.0	23.1	12.9
11	0.93	6.5	0.94	25.68	1.44	0.72	8.8	17.9	0.0	24.3	13.3
12	0.93	7.0	0.94	26.89	1.51	0.75	8.8	17.9	0.0	25.4	13.6
13	0.93	7.4	0.94	27.98	1.57	0.78	8.8	17.9	0.0	26.4	13.8
14	0.62	7.8	0.62	19.12	1.07	0.54	8.8	17.9	0.0	18.0	9.3
15	1.25	8.2	1.26	39.24	2.2	1.1	8.8	17.9	0.0	36.9	18.9
16	0.93	8.7	0.94	29.68	1.66	0.83	8.8	17.9	0.0	27.8	14.2
17	0.93	9.2	0.94	29.82	1.67	0.83	8.8	17.9	0.0	27.9	14.3
18	0.93	9.6	0.95	29.85	1.67	0.84	8.8	17.9	0.0	27.9	14.3
19	0.93	10.0	0.95	29.75	1.67	0.83	8.8	17.9	0.0	27.7	14.2
20	1.02	10.5	1.04	32.45	1.82	0.91	8.8	17.9	0.0	30.1	15.6
21	0.84	10.9	0.86	26.32	1.47	0.74	8.8	17.9	0.0	24.4	12.7
22	0.93	11.3	0.95	28.78	1.61	0.81	8.8	17.9	0.0	26.6	13.9
23	0.93	11.8	0.95	28.22	1.58	0.79	8.8	17.9	0.0	25.9	13.8
24	0.93	12.2	0.95	27.53	1.54	0.77	8.8	17.9	0.0	25.2	13.6
25	0.93	12.7	0.96	26.73	1.5	0.75	8.8	17.9	0.0	24.4	13.4
26	0.93	13.1	0.96	25.81	1.45	0.72	8.8	17.9	0.0	23.4	13.2
27	0.5	13.5	0.51	13.36	0.75	0.37	8.8	17.9	0.0	12.1	6.9
28	1.37	13.9	1.41	36.34	2.04	1.02	8.8	17.9	0.0	32.8	18.9
29	0.93	14.5	0.96	24.74	1.39	0.69	8.8	17.9	0.0	22.2	12.9
30	0.93	14.9	0.96	24.56	1.38	0.69	8.8	17.9	0.0	22.0	12.8
31	0.77	15.3	0.8	20.01	1.12	0.56	8.8	17.9	0.0	17.9	10.5
32	1.1	15.8	1.14	30.63	1.72	0.86	8.8	17.9	0.0	27.4	15.5
33	0.9	16.3	0.94	28.51	1.6	0.8	8.8	17.9	0.0	25.7	13.7
34	0.96	16.7	1.0	31.09	1.74	0.87	8.8	17.9	0.0	28.0	14.7
35	0.93	17.2	0.98	28.59	1.6	0.8	8.8	17.9	0.0	25.6	13.9
36	0.93	17.6	0.98	26.91	1.51	0.75	8.8	17.9	0.0	24.0	13.5
37	0.93	18.1	0.98	25.11	1.41	0.7	8.8	17.9	0.0	22.2	13.0
38	1.24	18.6	1.31	30.42	1.7	0.85	8.8	17.9	0.0	26.5	16.5
39	0.62	19.0	0.66	14.04	0.79	0.39	8.8	17.9	0.0	12.1	8.0
40	0.93	19.5	0.99	108.68	6.09	3.04	8.8	17.9	0.0	103.1	34.6
41	0.93	19.9	0.99	167.38	9.37	4.69	8.8	17.9	0.0	160.0	49.7
42	0.93	20.4	0.99	165.65	9.28	4.64	8.8	17.9	0.0	158.4	49.3
43	0.58	20.7	0.62	102.04	5.71	2.86	8.8	17.9	0.0	97.6	30.4
44	1.29	21.2	1.38	223.55	12.52	6.26	8.8	17.9	0.0	213.8	66.9
45	0.93	21.8	1.0	159.66	8.94	4.47	8.8	17.9	0.0	152.8	47.9
46	0.93	22.2	1.01	157.38	8.81	4.41	8.8	17.9	0.0	150.7	47.4
47	0.85	22.7	0.92	141.38	7.92	3.96	5.6	15.4	0.0	138.4	35.6
48	1.01	23.1	1.1	166.72	9.34	4.67	5.6	15.4	0.0	163.3	42.1
49	0.93	23.7	1.02	151.66	8.49	4.25	5.6	15.4	0.0	148.7	38.4
50	0.93	24.1	1.02	134.05	7.51	3.75	5.6	15.4	0.0	131.4	34.5



Scavo di riprofilatura per l'opera

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	94.03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	930.46 m
Ascissa vertice destro superiore xs	145.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	977.47 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	784.0
2	10.2	787.0
3	19.3	789.0
4	25.2	791.0
5	33.4	793.0
6	44.0	795.0
7	48.4	795.0
8	50.0	796.0
9	56.3	797.0
10	62.2	797.0
11	65.4	798.0
12	75.0	799.0
13	81.3	800.0
14	87.2	801.0
15	94.2	802.0
16	100.0	803.0
17	106.0	804.0
18	110.0	805.0
19	114.0	806.0

20	119.0	807.0
21	125.0	808.0
22	131.0	809.0
23	135.0	810.0
24	137.0	811.0
25	142.0	812.0
26	146.0	812.0
27	150.0	812.0
28	153.0	812.0
29	159.0	817.0
30	168.0	820.0
31	175.0	822.0
32	185.0	825.0
33	195.0	829.0
34	200.0	830.0
35	204.0	831.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	783.5
2	10.2	786.5
3	19.3	788.5
4	25.2	790.5
5	33.4	792.5
6	44.0	794.5
7	48.4	794.5
8	50.0	795.5
9	56.3	796.5
10	62.2	796.5
11	65.4	797.5
12	75.0	798.5
13	81.3	799.5
14	87.2	800.5
15	94.2	801.5
16	100.0	802.5
17	106.0	803.5
18	110.0	804.5
19	114.0	805.5
20	119.0	806.5
21	125.0	807.5
22	131.0	808.5
23	135.0	809.5
24	137.0	810.5
25	142.0	811.5
26	146.0	811.5
27	150.0	811.5
28	153.0	811.5

29	159.0	816.5
30	168.0	819.5
31	175.0	821.5
32	185.0	824.5
33	195.0	828.5
34	200.0	829.5
35	204.0	830.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	779.5
2	10.2	782.5
3	19.3	784.5
4	25.2	786.5
5	33.4	788.5
6	44.0	790.5
7	48.4	790.5
8	50.0	791.5
9	56.3	792.5
10	62.2	792.5
11	65.4	793.5
12	75.0	794.5
13	81.3	795.5
14	87.2	796.5
15	94.2	797.5
16	100.0	798.5
17	106.0	799.5
18	110.0	800.5
19	114.0	801.5
20	119.0	802.5
21	125.0	803.5
22	131.0	804.5
23	135.0	805.5
24	137.0	806.5
25	142.0	807.5
26	146.0	808.5
27	150.0	809.5
28	153.0	810.5
29	159.0	812.5
30	168.0	815.5
31	175.0	817.5
32	185.0	820.5
33	195.0	824.5
34	200.0	825.5
35	204.0	826.5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	11	22	17	17	Limo sabbioso argilloso alterato	
3	25	28	16.6	16.6	Argille marnose	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	143	812	153	814.5	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.27
Ascissa centro superficie	109.36 m
Ordinata centro superficie	953.96 m
Raggio superficie	149.9 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coazione.

$$x_c = 109.363 \quad y_c = 953.964 \quad R_c = 149.898 \quad F_s = 1.275$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)

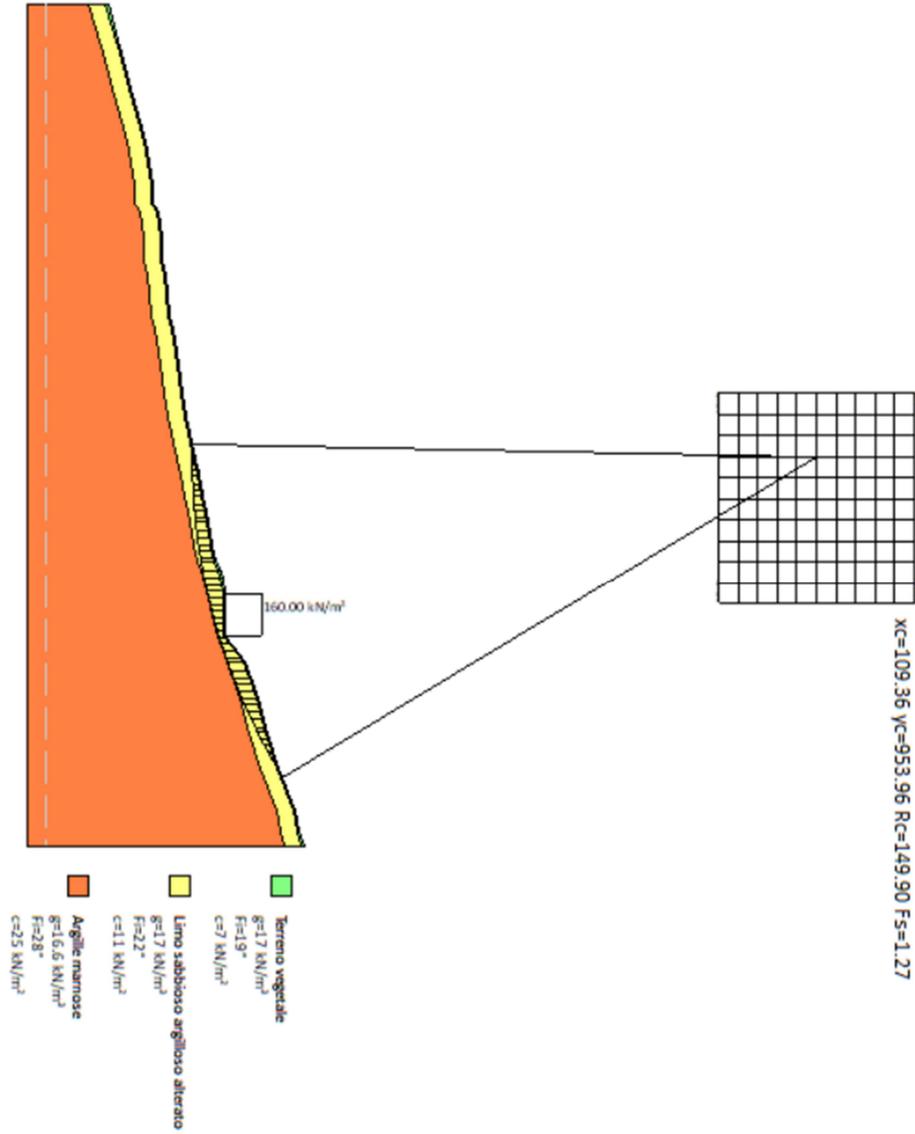
--

1	1.62	-0.8	1.62	5.95	0.33	0.17	5.6	15.4	0.0	6.1	7.7
2	2.0	-0.1	2.0	23.22	1.3	0.65	8.8	17.9	0.0	23.3	17.9
3	1.24	0.5	1.24	22.81	1.28	0.64	8.8	17.9	0.0	22.7	13.0
4	1.62	1.0	1.62	39.11	2.19	1.1	8.8	17.9	0.0	38.8	19.1
5	1.14	1.6	1.14	33.73	1.89	0.94	8.8	17.9	0.0	33.3	14.9
6	2.09	2.2	2.09	72.43	4.06	2.03	8.8	17.9	0.0	71.4	29.6
7	1.62	2.9	1.62	63.95	3.58	1.79	8.8	17.9	0.0	62.8	24.6
8	1.29	3.4	1.29	55.52	3.11	1.55	8.8	17.9	0.0	54.4	20.6
9	1.95	4.1	1.95	90.09	5.04	2.52	8.8	17.9	0.0	88.0	32.5
10	1.62	4.7	1.62	79.23	4.44	2.22	8.8	17.9	0.0	77.2	28.0
11	1.62	5.4	1.63	82.72	4.63	2.32	8.8	17.9	0.0	80.4	28.7
12	0.82	5.8	0.82	42.82	2.4	1.2	8.8	17.9	0.0	41.5	14.7
13	2.42	6.5	2.44	131.14	7.34	3.67	8.8	17.9	0.0	126.9	44.6
14	1.62	7.2	1.63	90.24	5.05	2.53	8.8	17.9	0.0	87.1	30.3
15	1.96	7.9	1.98	111.31	6.23	3.12	8.8	17.9	0.0	107.2	37.1
16	1.28	8.5	1.29	74.4	4.17	2.08	8.8	17.9	0.0	71.5	24.6
17	1.62	9.1	1.64	98.11	5.49	2.75	8.8	17.9	0.0	94.2	32.0
18	1.11	9.6	1.12	69.19	3.87	1.94	8.8	17.9	0.0	66.4	22.3
19	2.0	10.2	2.03	137.64	7.71	3.85	8.8	17.9	0.0	132.1	43.2
20	1.75	11.0	1.78	130.04	7.28	3.64	8.8	17.9	0.0	124.7	39.9
21	1.62	11.6	1.65	120.3	6.74	3.37	8.8	17.9	0.0	115.2	36.9
22	1.63	12.3	1.67	120.81	6.77	3.38	8.8	17.9	0.0	115.6	37.1
23	1.6	12.9	1.65	210.08	11.76	5.88	8.8	17.9	0.0	202.5	57.0
24	1.62	13.5	1.66	362.87	20.32	10.16	8.8	17.9	0.0	351.2	91.4
25	1.62	14.2	1.67	351.9	19.71	9.85	8.8	17.9	0.0	340.5	89.0
26	1.62	14.8	1.67	340.4	19.06	9.53	8.8	17.9	0.0	329.3	86.4
27	1.62	15.4	1.68	328.38	18.39	9.19	8.8	17.9	0.0	317.5	83.7
28	1.62	16.1	1.68	315.81	17.69	8.84	8.8	17.9	0.0	305.3	81.0
29	1.62	16.7	1.69	252.43	14.14	7.07	8.8	17.9	0.0	243.5	66.7
30	1.62	17.4	1.7	55.88	3.13	1.56	8.8	17.9	0.0	51.5	22.5
31	1.62	18.0	1.7	78.77	4.41	2.21	8.8	17.9	0.0	73.8	27.7
32	1.62	18.7	1.71	101.11	5.66	2.83	8.8	17.9	0.0	95.6	32.8
33	0.83	19.2	0.88	60.4	3.38	1.69	8.8	17.9	0.0	57.4	18.8
34	2.41	19.8	2.56	181.99	10.19	5.1	8.8	17.9	0.0	173.3	56.0
35	1.62	20.6	1.73	120.47	6.75	3.37	8.8	17.9	0.0	114.7	37.3
36	1.62	21.3	1.74	118.24	6.62	3.31	8.8	17.9	0.0	112.5	36.8
37	1.62	22.0	1.75	115.42	6.46	3.23	8.8	17.9	0.0	109.8	36.3
38	1.74	22.7	1.88	120.22	6.73	3.37	8.8	17.9	0.0	114.3	38.2
39	1.5	23.3	1.63	98.82	5.53	2.77	8.8	17.9	0.0	93.9	31.9
40	1.62	24.0	1.77	100.27	5.62	2.81	8.8	17.9	0.0	95.1	33.0
41	1.62	24.7	1.78	92.87	5.2	2.6	8.8	17.9	0.0	87.8	31.4
42	2.27	25.5	2.51	116.41	6.52	3.26	8.8	17.9	0.0	109.4	41.0
43	0.97	26.2	1.08	44.67	2.5	1.25	8.8	17.9	0.0	41.7	16.4
44	1.62	26.7	1.81	67.45	3.78	1.89	8.8	17.9	0.0	62.5	25.8
45	1.62	27.4	1.82	58.05	3.25	1.63	8.8	17.9	0.0	53.1	23.7
46	1.62	28.1	1.83	47.96	2.69	1.34	8.8	17.9	0.0	42.9	21.4
47	1.62	28.8	1.85	37.17	2.08	1.04	8.8	17.9	0.0	32.0	19.0
48	1.62	29.5	1.86	25.67	1.44	0.72	8.8	17.9	0.0	20.2	16.3
49	0.94	30.1	1.08	9.31	0.52	0.26	8.8	17.9	0.0	6.0	8.2

50

2.3
30.8
2.68
9.1
0.51
0.25
5.6
15.4
0.0
3.8

11.4



Scavo di riprofilatura per l'opera con intervento di stabilizzazione

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	94.03 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	930.46 m
Ascissa vertice destro superiore xs	145.15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	977.47 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	784.0
2	10.2	787.0
3	19.3	789.0
4	25.2	791.0
5	33.4	793.0
6	44.0	795.0
7	48.4	795.0
8	50.0	796.0
9	56.3	797.0
10	62.2	797.0
11	65.4	798.0
12	75.0	799.0
13	81.3	800.0
14	87.2	801.0
15	94.2	802.0
16	100.0	803.0
17	106.0	804.0
18	110.0	805.0
19	114.0	806.0
20	119.0	807.0
21	125.0	808.0

22	131.0	809.0
23	135.0	810.0
24	137.0	811.0
25	142.0	812.0
26	146.0	812.0
27	150.0	812.0
28	153.0	812.0
29	159.0	817.0
30	168.0	820.0
31	175.0	822.0
32	185.0	825.0
33	195.0	829.0
34	200.0	830.0
35	204.0	831.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	783.5
2	10.2	786.5
3	19.3	788.5
4	25.2	790.5
5	33.4	792.5
6	44.0	794.5
7	48.4	794.5
8	50.0	795.5
9	56.3	796.5
10	62.2	796.5
11	65.4	797.5
12	75.0	798.5
13	81.3	799.5
14	87.2	800.5
15	94.2	801.5
16	100.0	802.5
17	106.0	803.5
18	110.0	804.5
19	114.0	805.5
20	119.0	806.5
21	125.0	807.5
22	131.0	808.5
23	135.0	809.5
24	137.0	810.5
25	142.0	811.5
26	146.0	811.5
27	150.0	811.5
28	153.0	811.5
29	159.0	816.5
30	168.0	819.5

31	175.0	821.5
32	185.0	824.5
33	195.0	828.5
34	200.0	829.5
35	204.0	830.5

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	779.5
2	10.2	782.5
3	19.3	784.5
4	25.2	786.5
5	33.4	788.5
6	44.0	790.5
7	48.4	790.5
8	50.0	791.5
9	56.3	792.5
10	62.2	792.5
11	65.4	793.5
12	75.0	794.5
13	81.3	795.5
14	87.2	796.5
15	94.2	797.5
16	100.0	798.5
17	106.0	799.5
18	110.0	800.5
19	114.0	801.5
20	119.0	802.5
21	125.0	803.5
22	131.0	804.5
23	135.0	805.5
24	137.0	806.5
25	142.0	807.5
26	146.0	808.5
27	150.0	809.5
28	153.0	810.5
29	159.0	812.5
30	168.0	815.5
31	175.0	817.5
32	185.0	820.5
33	195.0	824.5
34	200.0	825.5
35	204.0	826.5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	7	19	17	17	Terreno vegetale
2	11	22	17	17	Limo sabbioso argilloso alterato
3	25	28	16.6	16.6	Argille marnose

Palificazione

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)
1	143	812	1.2	10	90	1.2
2	148	812	1.2	10	90	1.2
3	152	812	1.2	10	90	1.2

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	143	812	153	814.5	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

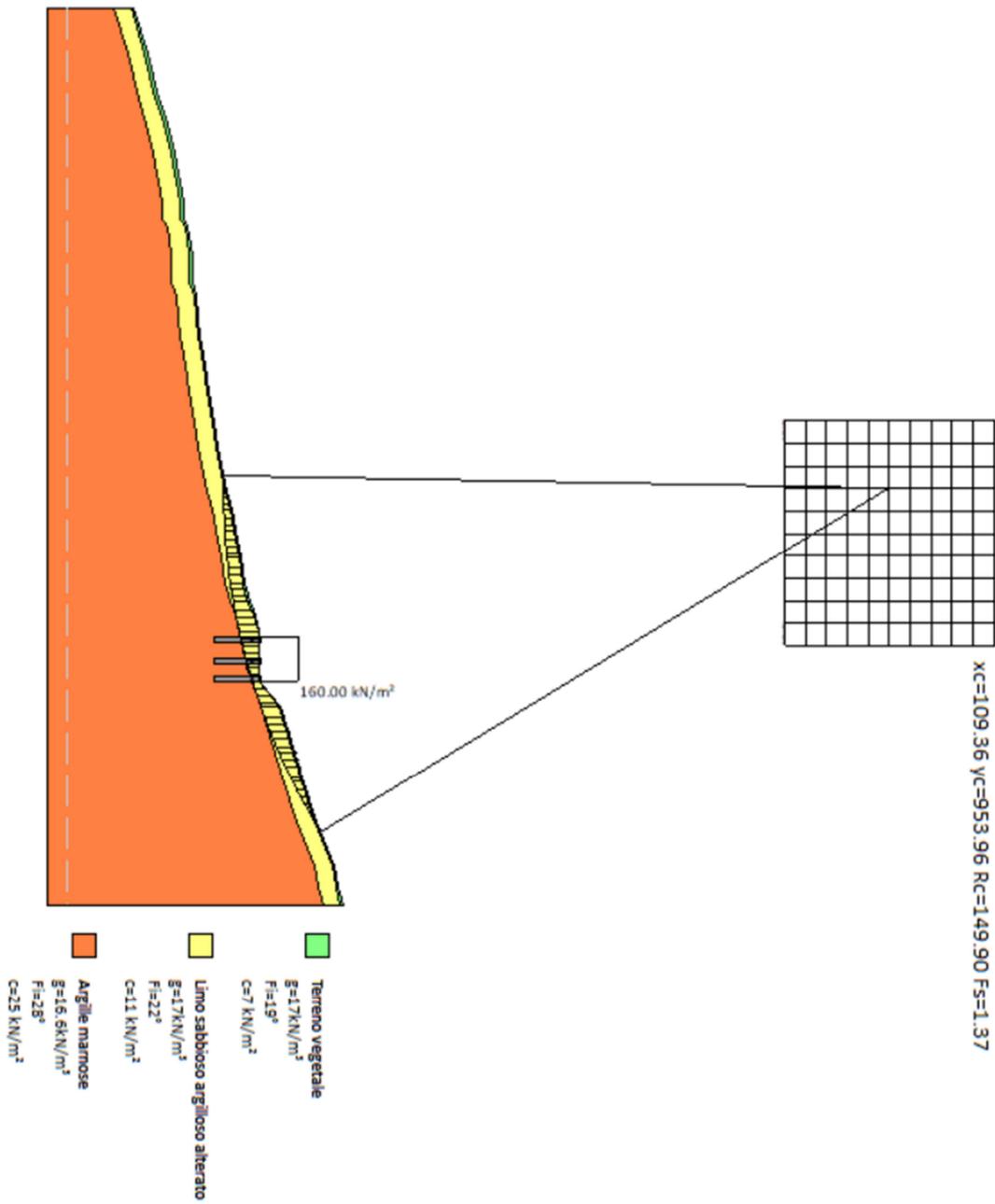
Fs minimo individuato	1.37
Ascissa centro superficie	109.36 m
Ordinata centro superficie	953.96 m
Raggio superficie	149.9 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

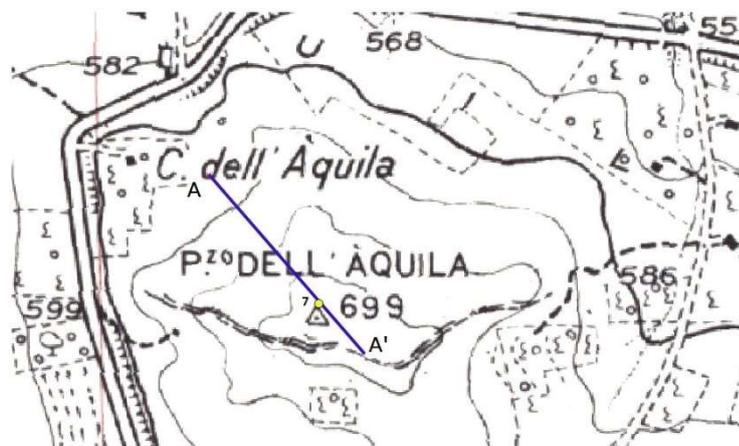
$$x_c = 109.363 \quad y_c = 953.964 \quad R_c = 149.898 \quad F_s = 1.365$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.62	-0.8	1.62	5.95	0.33	0.17	5.6	15.4	0.0	6.1	7.1
2	2.0	-0.1	2.0	23.22	1.3	0.65	8.8	17.9	0.0	23.3	16.7
3	1.24	0.5	1.24	22.81	1.28	0.64	8.8	17.9	0.0	22.7	12.1
4	1.62	1.0	1.62	39.11	2.19	1.1	8.8	17.9	0.0	38.8	17.8
5	1.14	1.6	1.14	33.73	1.89	0.94	8.8	17.9	0.0	33.4	13.9
6	2.09	2.2	2.09	72.43	4.06	2.03	8.8	17.9	0.0	71.4	27.7
7	1.62	2.9	1.62	63.95	3.58	1.79	8.8	17.9	0.0	62.9	23.0
8	1.29	3.4	1.29	55.52	3.11	1.55	8.8	17.9	0.0	54.5	19.3
9	1.95	4.1	1.95	90.09	5.04	2.52	8.8	17.9	0.0	88.2	30.4
10	1.62	4.7	1.62	79.23	4.44	2.22	8.8	17.9	0.0	77.3	26.2
11	1.62	5.4	1.63	82.72	4.63	2.32	8.8	17.9	0.0	80.6	26.9
12	0.82	5.8	0.82	42.82	2.4	1.2	8.8	17.9	0.0	41.6	13.8
13	2.42	6.5	2.44	131.14	7.34	3.67	8.8	17.9	0.0	127.3	41.7
14	1.62	7.2	1.63	90.24	5.05	2.53	8.8	17.9	0.0	87.4	28.4
15	1.96	7.9	1.98	111.31	6.23	3.12	8.8	17.9	0.0	107.6	34.7
16	1.28	8.5	1.29	74.4	4.17	2.08	8.8	17.9	0.0	71.8	23.0
17	1.62	9.1	1.64	98.11	5.49	2.75	8.8	17.9	0.0	94.6	30.0
18	1.11	9.6	1.12	69.19	3.87	1.94	8.8	17.9	0.0	66.6	20.9
19	2.0	10.2	2.03	137.64	7.71	3.85	8.8	17.9	0.0	132.6	40.4
20	1.75	11.0	1.78	130.04	7.28	3.64	8.8	17.9	0.0	125.2	37.4
21	1.62	11.6	1.65	120.3	6.74	3.37	8.8	17.9	0.0	115.7	34.6
22	1.63	12.3	1.67	120.81	6.77	3.38	8.8	17.9	0.0	116.1	34.8
23	1.6	12.9	1.65	210.08	11.76	5.88	8.8	17.9	0.0	203.3	53.4
24	1.62	13.5	1.66	362.87	20.32	10.16	8.8	17.9	0.0	352.6	85.7
25	1.62	14.2	1.67	351.9	19.71	9.85	8.8	17.9	0.0	341.9	83.4
26	1.62	14.8	1.67	340.4	19.06	9.53	8.8	17.9	0.0	330.7	81.0
27	1.62	15.4	1.68	328.38	18.39	9.19	8.8	17.9	0.0	319.0	78.5
28	1.62	16.1	1.68	315.81	17.69	8.84	8.8	17.9	0.0	306.8	75.9
29	1.62	16.7	1.69	252.43	14.14	7.07	8.8	17.9	0.0	244.8	62.6
30	1.62	17.4	1.7	55.88	3.13	1.56	8.8	17.9	0.0	51.9	21.1
31	1.62	18.0	1.7	78.77	4.41	2.21	8.8	17.9	0.0	74.4	26.0
32	1.62	18.7	1.71	101.11	5.66	2.83	8.8	17.9	0.0	96.3	30.7
33	0.83	19.2	0.88	60.4	3.38	1.69	8.8	17.9	0.0	57.8	17.6
34	2.41	19.8	2.56	181.99	10.19	5.1	8.8	17.9	0.0	174.5	52.6
35	1.62	20.6	1.73	120.47	6.75	3.37	8.8	17.9	0.0	115.5	35.0
36	1.62	21.3	1.74	118.24	6.62	3.31	8.8	17.9	0.0	113.4	34.6
37	1.62	22.0	1.75	115.42	6.46	3.23	8.8	17.9	0.0	110.7	34.1
38	1.74	22.7	1.88	120.22	6.73	3.37	8.8	17.9	0.0	115.3	35.9
39	1.5	23.3	1.63	98.82	5.53	2.77	8.8	17.9	0.0	94.7	29.9
40	1.62	24.0	1.77	100.27	5.62	2.81	8.8	17.9	0.0	95.9	31.0
41	1.62	24.7	1.78	92.87	5.2	2.6	8.8	17.9	0.0	88.6	29.5
42	2.27	25.5	2.51	116.41	6.52	3.26	8.8	17.9	0.0	110.6	38.5
43	0.97	26.2	1.08	44.67	2.5	1.25	8.8	17.9	0.0	42.2	15.4
44	1.62	26.7	1.81	67.45	3.78	1.89	8.8	17.9	0.0	63.3	24.2
45	1.62	27.4	1.82	58.05	3.25	1.63	8.8	17.9	0.0	53.8	22.3

46	1.62	28.1	1.83	47.96	2.69	1.34	8.8	17.9	0.0	43.6	20.1
47	1.62	28.8	1.85	37.17	2.08	1.04	8.8	17.9	0.0	32.6	17.8
48	1.62	29.5	1.86	25.67	1.44	0.72	8.8	17.9	0.0	20.8	15.4
49	0.94	30.1	1.08	9.31	0.52	0.26	8.8	17.9	0.0	6.3	7.7
50	2.3	30.8	2.68	9.1	0.51	0.25	5.6	15.4	0.0	4.2	10.7



10. SEZIONE A-A', PENDIO WTG 7



Analisi di stabilità pendio WTG 7_condizioni pre-opera

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	89.36 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	882.7 m
Ascissa vertice destro superiore xs	151.13 m
Ordinata vertice destro superiore ys	953.29 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [NTC]



Coefficienti sismici

 Cat. Sottosuolo	C
 Cat. Topografica	T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,38
CC Coeff. funz categoria	1,71	1,66	1,56	1,54
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.020	0.070	0.100
kv	0.008	0.010	0.035	0.050

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.070

Coefficiente azione sismica verticale

0.035

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	613.0
2	17.1	616.0
3	22.8	617.0
4	25.4	618.0
5	31.3	619.0
6	37.0	620.0
7	40.8	621.0
8	44.9	622.0
9	50.0	623.0
10	53.2	624.0
11	59.1	625.0
12	63.0	626.0
13	67.1	627.0
14	72.1	628.0
15	76.9	629.0
16	84.6	630.0
17	88.7	631.0
18	91.9	632.0
19	96.7	633.0
20	101.0	634.0
21	108.0	635.0
22	113.0	636.0
23	117.0	637.0
24	123.0	638.0
25	127.0	640.0

26	131.0	641.0
27	132.0	642.0
28	136.0	643.0
29	140.0	644.0
30	145.0	645.0
31	150.0	646.0
32	155.0	647.0
33	158.0	648.0
34	162.0	649.0
35	165.0	650.0
36	169.0	651.0
37	171.0	652.0
38	175.0	653.0
39	181.0	655.0
40	185.0	656.0
41	188.0	657.0
42	193.0	659.0
43	200.0	661.0
44	201.0	662.0
45	204.0	663.0
46	206.0	664.0
47	208.0	665.0
48	212.0	666.0
49	214.0	667.0
50	217.0	668.0
51	221.0	669.0
52	225.0	671.0
53	229.0	673.0
54	235.0	675.0
55	243.0	678.0
56	246.0	679.0
57	251.0	680.0
58	260.0	681.0
59	271.0	682.0
60	277.0	683.0
61	286.0	684.0
62	290.0	685.0
63	296.0	686.0
64	301.0	687.0
65	315.0	688.0
66	331.0	688.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	609.0
2	17.1	612.0
3	22.8	613.0
4	25.4	614.0

5	31.3	615.0
6	37.0	616.0
7	40.8	617.0
8	44.9	618.0
9	50.0	619.0
10	53.2	620.0
11	59.1	621.0
12	63.0	622.0
13	67.1	623.0
14	72.1	624.0
15	76.9	625.0
16	84.6	626.0
17	88.7	627.0
18	91.9	628.0
19	96.7	629.0
20	101.0	630.0
21	108.0	631.0
22	113.0	632.0
23	117.0	633.0
24	123.0	634.0
25	127.0	636.0
26	131.0	637.0
27	132.0	638.0
28	136.0	639.0
29	140.0	640.0
30	145.0	641.0
31	150.0	642.0
32	155.0	643.0
33	158.0	644.0
34	162.0	645.0
35	165.0	646.0
36	169.0	647.0
37	171.0	648.0
38	175.0	649.0
39	181.0	651.0
40	185.0	652.0
41	188.0	653.0
42	193.0	655.0
43	200.0	657.0
44	201.0	658.0
45	204.0	659.0
46	206.0	660.0
47	208.0	661.0
48	212.0	662.0
49	214.0	663.0
50	217.0	664.0
51	221.0	665.0
52	225.0	667.0
53	229.0	669.0
54	235.0	671.0

55	243.0	674.0
56	246.0	675.0
57	251.0	676.0
58	260.0	677.0
59	271.0	678.0
60	277.0	679.0
61	286.0	680.0
62	290.0	681.0
63	296.0	682.0
64	301.0	683.0
65	315.0	684.0
66	331.0	684.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Litologia	
1	8	38	22	Terreno sabbioso	
2	15	28	20	Sabbia addensata - arenaria	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

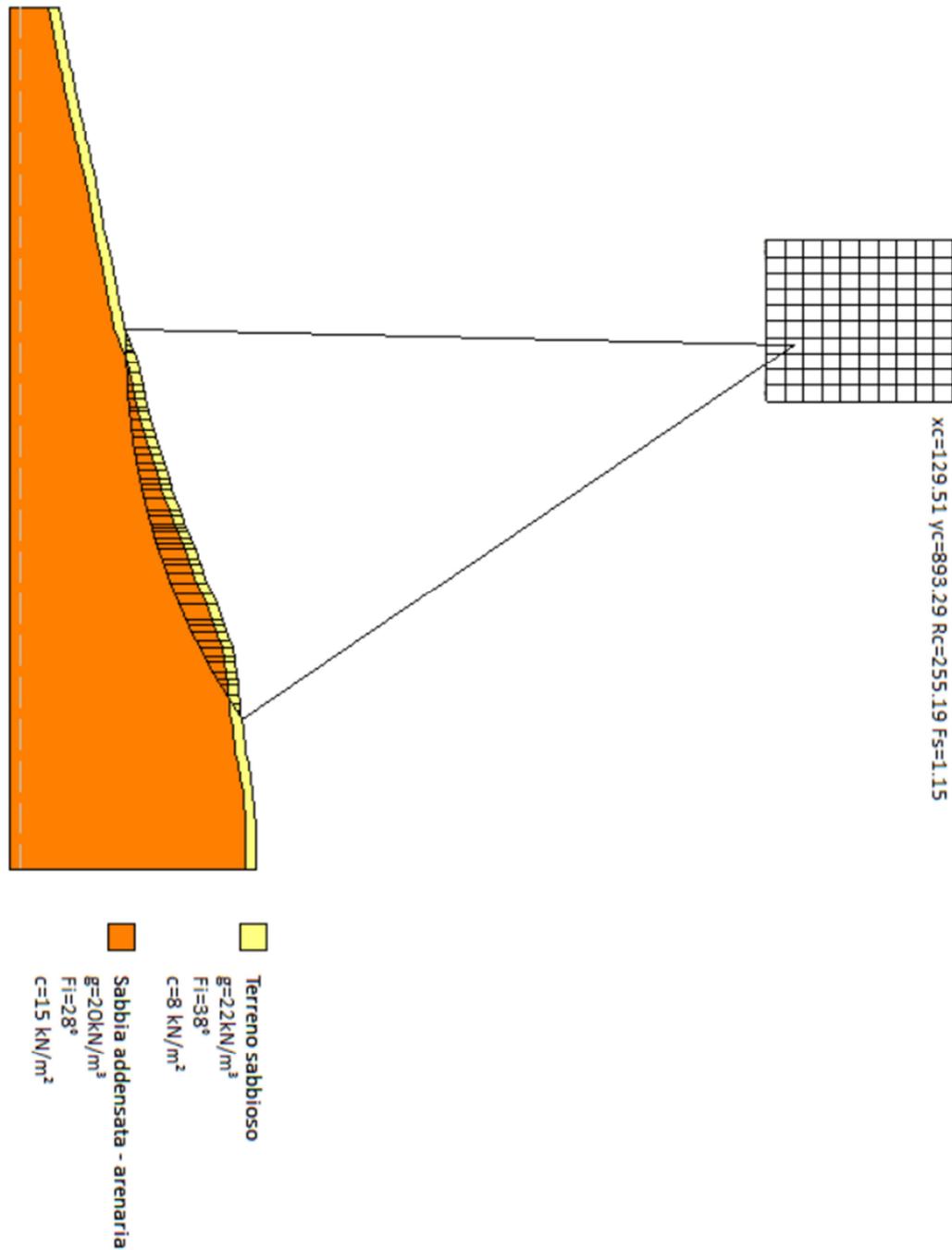
Fs minimo individuato	1.15
Ascissa centro superficie	129.51 m
Ordinata centro superficie	893.29 m
Raggio superficie	255.19 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$xc = 129.506 \quad yc = 893.287 \quad Rc = 255.191 \quad Fs=1.147$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	3.66	-1.0	3.66	76.6	5.36	2.68	6.4	32.0	0.0	77.6	57.0
2	2.33	-0.3	2.33	112.55	7.88	3.94	6.4	32.0	0.0	112.9	67.7
3	1.67	0.1	1.67	98.73	6.91	3.46	6.4	32.0	0.0	98.6	57.3
4	1.0	0.4	1.0	74.7	5.23	2.61	6.4	32.0	0.0	74.4	41.9
5	4.0	1.0	4.0	381.09	26.68	13.34	12.0	23.0	0.0	378.2	165.5
6	4.0	1.9	4.0	452.94	31.71	15.85	12.0	23.0	0.0	446.9	188.7
7	5.0	2.9	5.01	647.21	45.31	22.65	12.0	23.0	0.0	634.7	261.5
8	2.31	3.7	2.31	322.95	22.61	11.3	12.0	23.0	0.0	315.3	128.2
9	2.69	4.3	2.7	393.55	27.55	13.77	12.0	23.0	0.0	383.0	154.7
10	3.3	5.0	3.31	506.54	35.46	17.73	12.0	23.0	0.0	491.3	197.1
11	1.7	5.5	1.71	269.7	18.88	9.44	12.0	23.0	0.0	260.9	104.1
12	3.0	6.1	3.02	502.29	35.16	17.58	12.0	23.0	0.0	484.7	192.0
13	4.0	6.9	4.03	717.98	50.26	25.13	12.0	23.0	0.0	690.5	271.0
14	3.0	7.7	3.03	571.73	40.02	20.01	12.0	23.0	0.0	548.2	213.5
15	4.0	8.4	4.04	802.7	56.19	28.09	12.0	23.0	0.0	767.4	297.1
16	2.28	9.2	2.31	483.55	33.85	16.92	12.0	23.0	0.0	461.2	177.4
17	3.72	9.8	3.78	824.95	57.75	28.87	12.0	23.0	0.0	785.1	300.5
18	2.27	10.5	2.31	516.69	36.17	18.08	12.0	23.0	0.0	490.7	187.3
19	3.73	11.2	3.8	881.16	61.68	30.84	12.0	23.0	0.0	835.3	317.7
20	2.26	11.9	2.31	547.19	38.3	19.15	12.0	23.0	0.0	517.8	196.5
21	1.74	12.4	1.78	423.31	29.63	14.82	12.0	23.0	0.0	400.1	151.8
22	3.0	12.9	3.08	741.43	51.9	25.95	12.0	23.0	0.0	699.9	265.1
23	5.0	13.8	5.15	1290.68	90.35	45.17	12.0	23.0	0.0	1216.3	458.8
24	2.24	14.7	2.32	597.42	41.82	20.91	12.0	23.0	0.0	562.2	211.5
25	3.0	15.3	3.11	800.24	56.02	28.01	12.0	23.0	0.0	752.2	283.0
26	1.76	15.8	1.83	470.58	32.94	16.47	12.0	23.0	0.0	442.0	166.3
27	1.0	16.1	1.04	274.58	19.22	9.61	12.0	23.0	0.0	257.8	96.8
28	3.0	16.6	3.13	848.45	59.39	29.7	12.0	23.0	0.0	796.4	298.2
29	2.0	17.2	2.09	575.23	40.27	20.13	12.0	23.0	0.0	539.7	201.8
30	2.0	17.7	2.1	590.09	41.31	20.65	12.0	23.0	0.0	553.5	206.5
31	4.0	18.4	4.22	1182.05	82.74	41.37	12.0	23.0	0.0	1108.2	413.5
32	2.0	19.1	2.12	590.31	41.32	20.66	12.0	23.0	0.0	553.2	206.5
33	3.0	19.7	3.19	892.65	62.49	31.24	12.0	23.0	0.0	836.4	312.2
34	4.0	20.5	4.27	1167.67	81.74	40.87	12.0	23.0	0.0	1093.6	409.2
35	4.0	21.5	4.31	1164.76	81.53	40.77	12.0	23.0	0.0	1090.9	408.5
36	4.0	22.5	4.33	1195.63	83.69	41.85	12.0	23.0	0.0	1120.6	418.8
37	6.0	23.7	6.55	1777.89	124.45	62.23	12.0	23.0	0.0	1667.6	624.3
38	2.19	24.7	2.41	629.48	44.06	22.03	12.0	23.0	0.0	590.8	222.0
39	3.0	25.3	3.31	847.87	59.35	29.68	12.0	23.0	0.0	796.1	299.8
40	2.82	26.1	3.14	779.71	54.58	27.29	12.0	23.0	0.0	732.6	276.7
41	3.0	26.8	3.36	805.51	56.39	28.19	12.0	23.0	0.0	757.4	287.2
42	3.17	27.6	3.58	802.86	56.2	28.1	12.0	23.0	0.0	755.1	288.5
43	1.83	28.2	2.07	432.89	30.3	15.15	12.0	23.0	0.0	407.1	156.9
44	4.16	29.0	4.76	884.06	61.88	30.94	12.0	23.0	0.0	830.5	325.1

45

3.0
29.9
3.46

539.06	37.73	18.87	12.0	23.0	0.0	505.0	203.1				
46	1.84	30.5	2.14	289.31	20.25	10.13	12.0	23.0	0.0	270.2	111.4
47	4.15	31.3	4.86	527.6	36.93	18.47	12.0	23.0	0.0	489.2	211.0
48	3.0	32.2	3.54	267.66	18.74	9.37	12.0	23.0	0.0	243.5	115.7
49	3.0	33.0	3.57	159.53	11.17	5.58	6.4	32.0	0.0	135.0	85.0
50	3.0	33.8	3.61	50.25	3.52	1.76	6.4	32.0	0.0	36.2	36.2

Analisi di stabilità pendio WTG 7_condizioni post-opera

Presenza della sola opera

=====

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	89.36 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	882.7 m
Ascissa vertice destro superiore xs	151.13 m
Ordinata vertice destro superiore ys	953.29 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	613.0
2	17.1	616.0
3	22.8	617.0
4	25.4	618.0
5	31.3	619.0
6	37.0	620.0
7	40.8	621.0
8	44.9	622.0
9	50.0	623.0
10	53.2	624.0
11	59.1	625.0
12	63.0	626.0
13	67.1	627.0
14	72.1	628.0
15	76.9	629.0
16	84.6	630.0
17	88.7	631.0
18	91.9	632.0
19	96.7	633.0

20	101.0	634.0
21	108.0	635.0
22	113.0	636.0
23	117.0	637.0
24	123.0	638.0
25	127.0	640.0
26	131.0	641.0
27	132.0	642.0
28	136.0	643.0
29	140.0	644.0
30	145.0	645.0
31	150.0	646.0
32	155.0	647.0
33	158.0	648.0
34	162.0	649.0
35	165.0	650.0
36	169.0	651.0
37	171.0	652.0
38	175.0	653.0
39	181.0	655.0
40	185.0	656.0
41	188.0	657.0
42	193.0	659.0
43	200.0	661.0
44	201.0	662.0
45	204.0	663.0
46	206.0	664.0
47	208.0	665.0
48	212.0	666.0
49	214.0	667.0
50	217.0	668.0
51	221.0	669.0
52	225.0	671.0
53	229.0	673.0
54	235.0	675.0
55	243.0	678.0
56	246.0	679.0
57	251.0	680.0
58	260.0	681.0
59	271.0	682.0
60	277.0	683.0
61	286.0	684.0
62	290.0	685.0
63	296.0	686.0
64	301.0	687.0
65	315.0	688.0
66	331.0	688.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	609.0
2	17.1	612.0
3	22.8	613.0
4	25.4	614.0
5	31.3	615.0
6	37.0	616.0
7	40.8	617.0
8	44.9	618.0
9	50.0	619.0
10	53.2	620.0
11	59.1	621.0
12	63.0	622.0
13	67.1	623.0
14	72.1	624.0
15	76.9	625.0
16	84.6	626.0
17	88.7	627.0
18	91.9	628.0
19	96.7	629.0
20	101.0	630.0
21	108.0	631.0
22	113.0	632.0
23	117.0	633.0
24	123.0	634.0
25	127.0	636.0
26	131.0	637.0
27	132.0	638.0
28	136.0	639.0
29	140.0	640.0
30	145.0	641.0
31	150.0	642.0
32	155.0	643.0
33	158.0	644.0
34	162.0	645.0
35	165.0	646.0
36	169.0	647.0
37	171.0	648.0
38	175.0	649.0
39	181.0	651.0
40	185.0	652.0
41	188.0	653.0
42	193.0	655.0
43	200.0	657.0
44	201.0	658.0
45	204.0	659.0
46	206.0	660.0

47	208.0	661.0
48	212.0	662.0
49	214.0	663.0
50	217.0	664.0
51	221.0	665.0
52	225.0	667.0
53	229.0	669.0
54	235.0	671.0
55	243.0	674.0
56	246.0	675.0
57	251.0	676.0
58	260.0	677.0
59	271.0	678.0
60	277.0	679.0
61	286.0	680.0
62	290.0	681.0
63	296.0	682.0
64	301.0	683.0
65	315.0	684.0
66	331.0	684.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Litologia	
1	8	38	22	Terreno sabbioso	
2	15	28	20	Sabbia addensata - arenaria	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	286	684	296	686.5	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

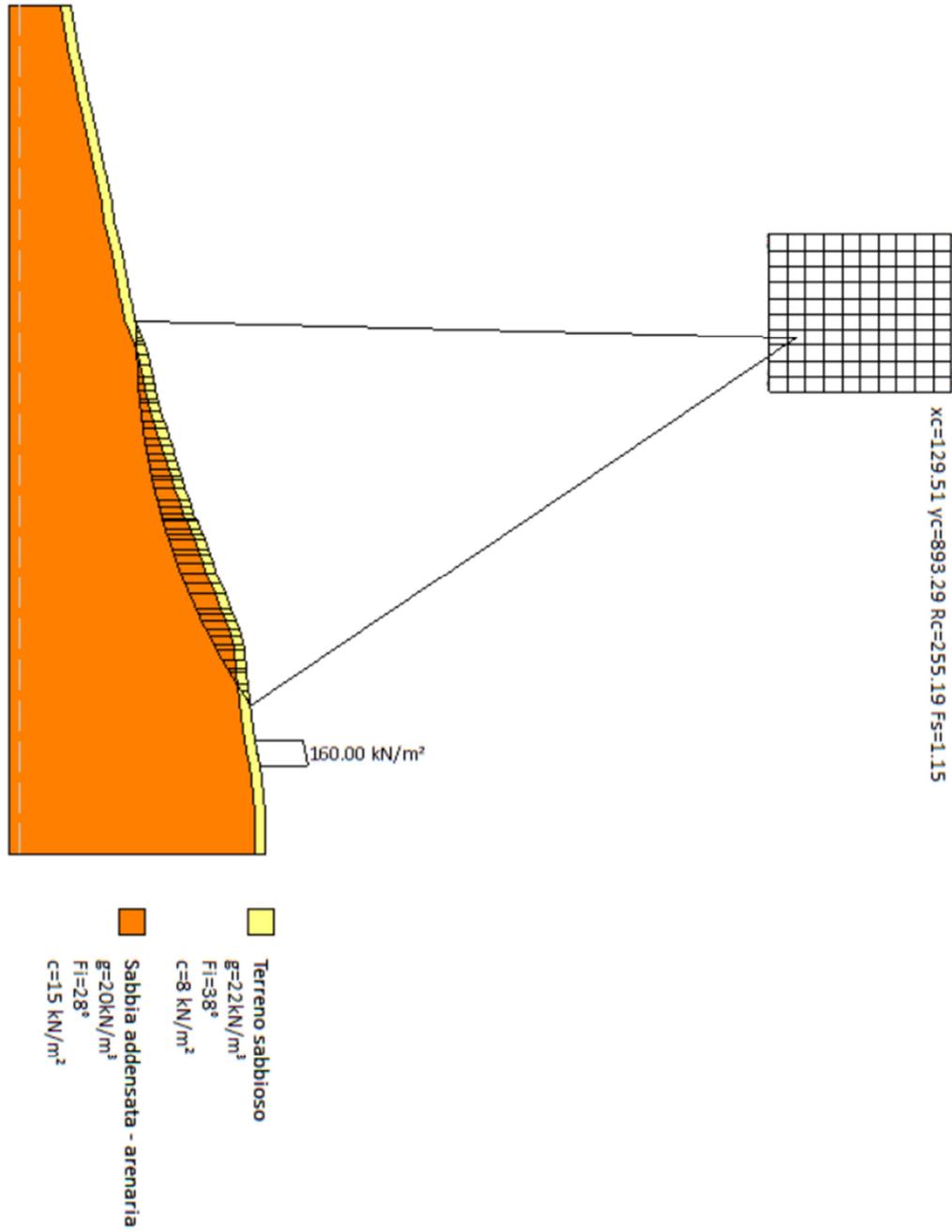
Fs minimo individuato	1.15
Ascissa centro superficie	129.51 m
Ordinata centro superficie	893.29 m
Raggio superficie	255.19 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 129.506 \quad y_c = 893.287 \quad R_c = 255.191 \quad F_s = 1.147$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)(kN/m ²)	c	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	3.66	-1.0	3.66	76.6	5.36	2.68	6.4	32.0	0.0	77.6	57.0
2	2.33	-0.3	2.33	112.55	7.88	3.94	6.4	32.0	0.0	112.9	67.7
3	1.67	0.1	1.67	98.73	6.91	3.46	6.4	32.0	0.0	98.6	57.3
4	1.0	0.4	1.0	74.7	5.23	2.61	6.4	32.0	0.0	74.4	41.9
5	4.0	1.0	4.0	381.09	26.68	13.34	12.0	23.0	0.0	378.2	165.5
6	4.0	1.9	4.0	452.94	31.71	15.85	12.0	23.0	0.0	446.9	188.7
7	5.0	2.9	5.01	647.21	45.31	22.65	12.0	23.0	0.0	634.7	261.5
8	2.31	3.7	2.31	322.95	22.61	11.3	12.0	23.0	0.0	315.3	128.2
9	2.69	4.3	2.7	393.55	27.55	13.77	12.0	23.0	0.0	383.0	154.7
10	3.3	5.0	3.31	506.54	35.46	17.73	12.0	23.0	0.0	491.3	197.1
11	1.7	5.5	1.71	269.7	18.88	9.44	12.0	23.0	0.0	260.9	104.1
12	3.0	6.1	3.02	502.29	35.16	17.58	12.0	23.0	0.0	484.7	192.0
13	4.0	6.9	4.03	717.98	50.26	25.13	12.0	23.0	0.0	690.5	271.0
14	3.0	7.7	3.03	571.73	40.02	20.01	12.0	23.0	0.0	548.2	213.5
15	4.0	8.4	4.04	802.7	56.19	28.09	12.0	23.0	0.0	767.4	297.1
16	2.28	9.2	2.31	483.55	33.85	16.92	12.0	23.0	0.0	461.2	177.4
17	3.72	9.8	3.78	824.95	57.75	28.87	12.0	23.0	0.0	785.1	300.5
18	2.27	10.5	2.31	516.69	36.17	18.08	12.0	23.0	0.0	490.7	187.3
19	3.73	11.2	3.8	881.16	61.68	30.84	12.0	23.0	0.0	835.3	317.7
20	2.26	11.9	2.31	547.19	38.3	19.15	12.0	23.0	0.0	517.8	196.5
21	1.74	12.4	1.78	423.31	29.63	14.82	12.0	23.0	0.0	400.1	151.8
22	3.0	12.9	3.08	741.43	51.9	25.95	12.0	23.0	0.0	699.9	265.1
23	5.0	13.8	5.15	1290.68	90.35	45.17	12.0	23.0	0.0	1216.3	458.8
24	2.24	14.7	2.32	597.42	41.82	20.91	12.0	23.0	0.0	562.2	211.5
25	3.0	15.3	3.11	800.24	56.02	28.01	12.0	23.0	0.0	752.2	283.0
26	1.76	15.8	1.83	470.58	32.94	16.47	12.0	23.0	0.0	442.0	166.3
27	1.0	16.1	1.04	274.58	19.22	9.61	12.0	23.0	0.0	257.8	96.8
28	3.0	16.6	3.13	848.45	59.39	29.7	12.0	23.0	0.0	796.4	298.2

29	2.0	17.2	2.09	575.23	40.27	20.13	12.0	23.0	0.0	539.7	201.8
30	2.0	17.7	2.1	590.09	41.31	20.65	12.0	23.0	0.0	553.5	206.5
31	4.0	18.4	4.22	1182.05	82.74	41.37	12.0	23.0	0.0	1108.2	413.5
32	2.0	19.1	2.12	590.31	41.32	20.66	12.0	23.0	0.0	553.2	206.5
33	3.0	19.7	3.19	892.65	62.49	31.24	12.0	23.0	0.0	836.4	312.2
34	4.0	20.5	4.27	1167.67	81.74	40.87	12.0	23.0	0.0	1093.6	409.2
35	4.0	21.5	4.31	1164.76	81.53	40.77	12.0	23.0	0.0	1090.9	408.5
36	4.0	22.5	4.33	1195.63	83.69	41.85	12.0	23.0	0.0	1120.6	418.8
37	6.0	23.7	6.55	1777.89	124.45	62.23	12.0	23.0	0.0	1667.6	624.3
38	2.19	24.7	2.41	629.48	44.06	22.03	12.0	23.0	0.0	590.8	222.0
39	3.0	25.3	3.31	847.87	59.35	29.68	12.0	23.0	0.0	796.1	299.8
40	2.82	26.1	3.14	779.71	54.58	27.29	12.0	23.0	0.0	732.6	276.7
41	3.0	26.8	3.36	805.51	56.39	28.19	12.0	23.0	0.0	757.4	287.2
42	3.17	27.6	3.58	802.86	56.2	28.1	12.0	23.0	0.0	755.1	288.5
43	1.83	28.2	2.07	432.89	30.3	15.15	12.0	23.0	0.0	407.1	156.9
44	4.16	29.0	4.76	884.06	61.88	30.94	12.0	23.0	0.0	830.5	325.1
45	3.0	29.9	3.46	539.06	37.73	18.87	12.0	23.0	0.0	505.0	203.1
46	1.84	30.5	2.14	289.31	20.25	10.13	12.0	23.0	0.0	270.2	111.4
47	4.15	31.3	4.86	527.6	36.93	18.47	12.0	23.0	0.0	489.2	211.0
48	3.0	32.2	3.54	267.66	18.74	9.37	12.0	23.0	0.0	243.5	115.7
49	3.0	33.0	3.57	159.53	11.17	5.58	6.4	32.0	0.0	135.0	85.0
50	3.0	33.8	3.61	50.25	3.52	1.76	6.4	32.0	0.0	36.2	36.2



Scavo di riprofilatura per l'opera con intervento di stabilizzazione

 =====
 =

Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

 =====
 ==

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	67.78 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	902.49 m
Ascissa vertice destro superiore xs	129.55 m
Ordinata vertice destro superiore ys	973.08 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	613.0
2	17.1	616.0
3	22.8	617.0
4	25.4	618.0
5	31.3	619.0
6	37.0	620.0
7	40.8	621.0
8	44.9	622.0
9	50.0	623.0
10	53.2	624.0
11	59.1	625.0
12	63.0	626.0
13	67.1	627.0
14	72.1	628.0
15	76.9	629.0
16	84.6	630.0
17	88.7	631.0
18	91.9	632.0
19	96.7	633.0
20	101.0	634.0
21	108.0	635.0

22	113.0	636.0
23	117.0	637.0
24	123.0	638.0
25	140.0	638.0
26	140.0	644.0
27	145.0	645.0
28	162.0	645.0
29	162.0	651.0
30	165.0	650.0
31	169.0	651.0
32	171.0	652.0
33	185.0	652.0
34	185.0	658.0
35	188.0	657.0
36	193.0	659.0
37	196.5	660.0
38	208.0	660.0
39	208.0	666.0
40	212.0	666.0
41	214.0	667.0
42	217.0	668.0
43	229.0	668.0
44	229.0	674.0
45	235.0	675.0
46	243.0	678.0
47	246.0	679.0
48	251.0	680.0
49	260.0	681.0
50	271.0	682.0
51	277.0	683.0
52	286.0	684.0
53	290.0	684.0
54	296.0	684.0
55	301.0	687.0
56	315.0	688.0
57	331.0	688.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	609.0
2	17.1	612.0
3	22.8	613.0
4	25.4	614.0
5	31.3	615.0
6	37.0	616.0
7	40.8	617.0
8	44.9	618.0
9	50.0	619.0

10	53.2	620.0
11	59.1	621.0
12	63.0	622.0
13	67.1	623.0
14	72.1	624.0
15	76.9	625.0
16	84.6	626.0
17	88.7	627.0
18	91.9	628.0
19	96.7	629.0
20	101.0	630.0
21	108.0	631.0
22	113.0	632.0
23	117.0	633.0
24	123.0	634.0
25	127.0	636.0
26	131.0	637.0
27	132.0	638.0
28	136.0	639.0
29	140.0	640.0
30	145.0	641.0
31	150.0	642.0
32	155.0	643.0
33	158.0	644.0
34	162.0	645.0
35	165.0	646.0
36	169.0	647.0
37	171.0	648.0
38	175.0	649.0
39	181.0	651.0
40	185.0	652.0
41	188.0	653.0
42	193.0	655.0
43	200.0	657.0
44	201.0	658.0
45	204.0	659.0
46	206.0	660.0
47	208.0	661.0
48	212.0	662.0
49	214.0	663.0
50	217.0	664.0
51	221.0	665.0
52	225.0	667.0
53	229.0	669.0
54	235.0	671.0
55	243.0	674.0
56	246.0	675.0
57	251.0	676.0
58	260.0	677.0
59	271.0	678.0

60	277.0	679.0
61	286.0	680.0
62	290.0	681.0
63	296.0	682.0
64	301.0	683.0
65	315.0	684.0
66	331.0	684.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coazione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Litologia	
1	8	38	22	Terreno sabbioso	
2	15	28	20	Sabbia addensata - arenaria	

Muri di sostegno, tipo gabbione

N°	x (m)	y (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	140	638	6	1	7	25
2	162	645	6	1	7	25
3	185	652	6	1	7	25
4	208	660	6	1	7	25
5	229	668	6	1	7	25

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	286	684	296	684	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

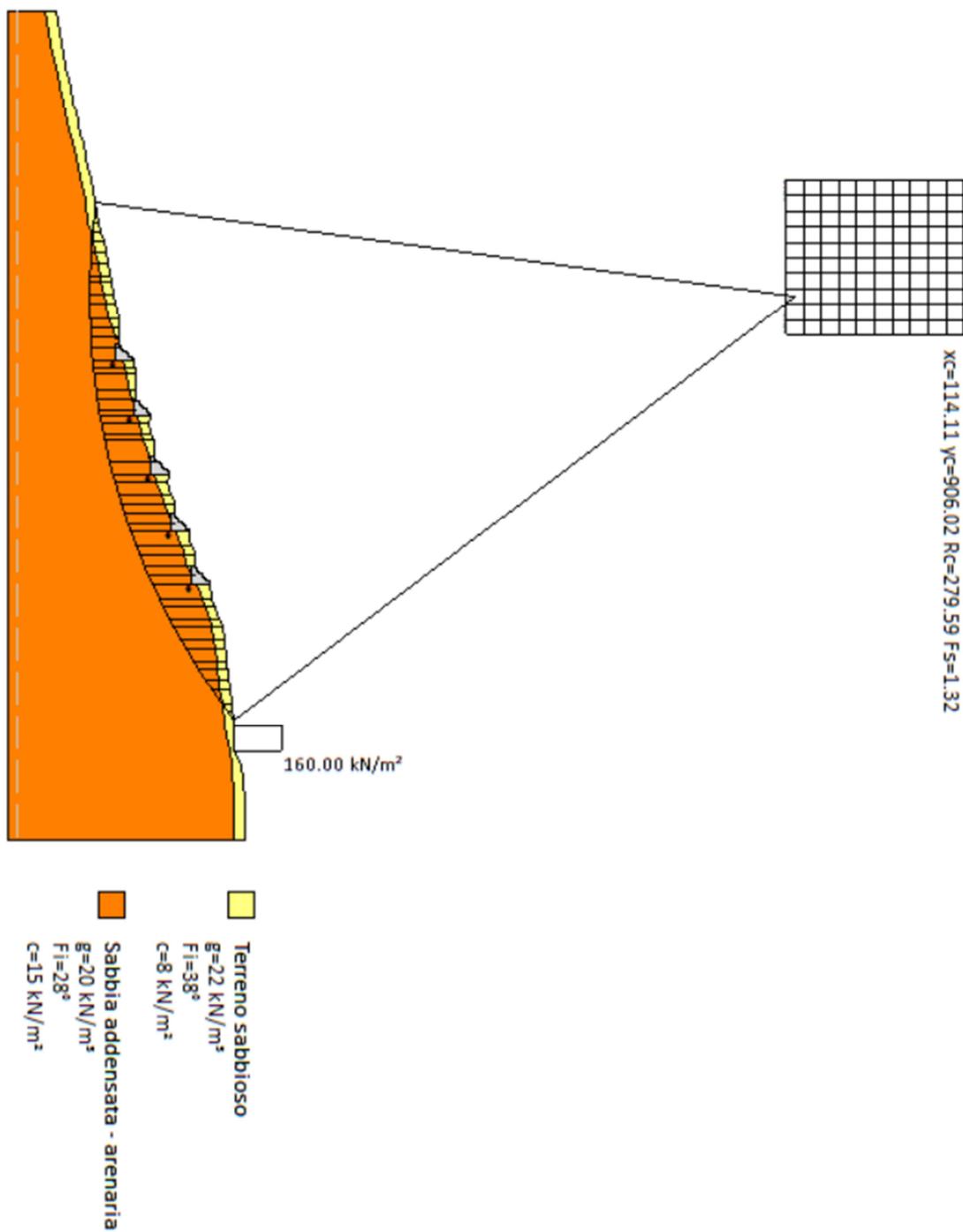
Fs minimo individuato	1.32
Ascissa centro superficie	114.11 m
Ordinata centro superficie	906.02 m
Raggio superficie	279.59 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 114.11 \quad y_c = 906.019 \quad R_c = 279.588 \quad F_s = 1.318$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)(kN/m²)	c	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.24	-7.7	0.24	0.21	0.02	0.01	6.4	32.0	0.0	0.4	1.2
2	7.7	-6.9	7.76	181.52	12.71	6.35	6.4	32.0	0.0	197.2	119.2
3	4.1	-5.6	4.12	245.09	17.16	8.58	6.4	32.0	0.0	259.1	129.9
4	3.2	-4.9	3.21	285.01	19.95	9.98	12.0	23.0	0.0	295.7	113.3
5	4.8	-4.1	4.81	553.56	38.75	19.37	12.0	23.0	0.0	569.7	206.9
6	4.3	-3.1	4.31	606.49	42.45	21.23	12.0	23.0	0.0	619.3	217.3
7	4.65	-2.2	4.65	752.41	52.67	26.33	12.0	23.0	0.0	763.1	262.4
8	2.35	-1.5	2.35	409.42	28.66	14.33	12.0	23.0	0.0	413.2	140.7
9	5.0	-0.7	5.0	944.56	66.12	33.06	12.0	23.0	0.0	948.8	319.7
10	4.0	0.2	4.0	837.4	58.62	29.31	12.0	23.0	0.0	836.5	278.5
11	6.0	1.2	6.0	1368.82	95.82	47.91	12.0	23.0	0.0	1359.7	448.6
12	3.35	2.2	3.36	783.68	54.86	27.43	12.0	23.0	0.0	774.6	255.0
13	4.14	2.9	4.15	941.37	65.9	32.95	12.0	23.0	0.0	926.9	306.2
14	4.14	3.8	4.15	906.45	63.45	31.73	12.0	23.0	0.0	888.9	295.1
15	5.41	4.8	5.43	1833.7	128.36	64.18	12.0	23.0	0.0	1792.5	570.8
16	2.87	5.6	2.88	969.86	67.89	33.95	12.0	23.0	0.0	944.9	301.1
17	2.08	6.1	2.1	714.91	50.04	25.02	12.0	23.0	0.0	695.3	221.3
18	6.2	7.0	6.25	2086.91	146.08	73.04	12.0	23.0	0.0	2023.5	645.3
19	4.14	8.1	4.18	1329.04	93.03	46.52	12.0	23.0	0.0	1284.1	411.3
20	4.14	8.9	4.19	1268.38	88.79	44.39	12.0	23.0	0.0	1222.2	393.3
21	2.57	9.6	2.61	1454.34	101.8	50.9	12.0	23.0	0.0	1401.8	432.8
22	2.95	10.2	3.01	1189.82	83.29	41.64	12.0	23.0	0.0	1144.1	360.5
23	4.0	10.9	4.07	1553.65	108.76	54.38	12.0	23.0	0.0	1491.4	471.3
24	2.0	11.5	2.04	793.03	55.51	27.76	12.0	23.0	0.0	760.4	240.0
25	9.19	12.7	9.42	3491.36	244.4	122.2	12.0	23.0	0.0	3340.5	1057.9
26	4.86	14.2	5.02	2364.24	165.5	82.75	12.0	23.0	0.0	2260.5	704.7
27	3.42	15.1	3.54	1494.63	104.62	52.31	12.0	23.0	0.0	1427.2	448.0
28	4.53	15.9	4.71	1936.23	135.54	67.77	12.0	23.0	0.0	1847.7	581.1
29	3.75	16.8	3.92	1618.44	113.29	56.65	12.0	23.0	0.0	1544.1	485.4
30	4.14	17.6	4.35	1719.41	120.36	60.18	12.0	23.0	0.0	1639.8	517.0

31	4.14	18.5	4.371590.93	111.37	55.68	12.0	23.0	0.01516.7	481.1
32	3.02	19.3	3.21776.12	124.33	62.16	12.0	23.0	0.01698.2	524.7
33	5.95	20.3	6.342696.39	188.75	94.37	12.0	23.0	0.02576.0	808.2
34	3.45	21.3	3.711548.88	108.42	54.21	12.0	23.0	0.01481.1	465.2
35	4.14	22.2	4.471761.71	123.32	61.66	12.0	23.0	0.01685.7	531.5
36	4.14	23.1	4.51604.79	112.34	56.17	12.0	23.0	0.01536.4	488.0
37	3.31	23.9	3.631864.81	130.54	65.27	12.0	23.0	0.01793.3	556.1
38	5.95	24.9	6.562669.92	186.89	93.45	12.0	23.0	0.02568.8	807.9
39	3.16	26.0	3.511346.09	94.23	47.11	12.0	23.0	0.01297.7	409.8
40	4.84	26.9	5.432016.32	141.14	70.57	12.0	23.0	0.01948.2	616.5
41	3.44	27.9	3.89 1387.0	97.09	48.54	12.0	23.0	0.01343.4	426.3
42	4.56	28.8	5.21730.48	121.13	60.57	12.0	23.0	0.01680.0	535.9
43	3.72	29.8	4.291289.05	90.23	45.12	12.0	23.0	0.01254.2	403.4
44	5.28	30.8	6.151603.34	112.23	56.12	12.0	23.0	0.01563.1	509.4
45	3.0	31.8	3.53 786.93	55.08	27.54	12.0	23.0	0.0 768.1	254.6
46	4.14	32.7	4.92 925.07	64.76	32.38	12.0	23.0	0.0 903.0	305.6
47	3.86	33.7	4.63 687.79	48.15	24.07	12.0	23.0	0.0 669.9	234.9
48	6.0	34.9	7.31 748.52	52.4	26.2	12.0	23.0	0.0 722.5	272.5
49	2.57	36.0	3.17 193.95	13.58	6.79	6.4	32.0	0.0 174.8	89.3
50	4.14	36.8	5.17 121.6	8.51	4.26	6.4	32.0	0.0 101.9	66.8



SINTESI DEI RISULTATI

Di seguito si mostrano i risultati delle verifiche di stabilità tramite l'utilizzo del software Slope 2018 (Geostru) delle sezioni analizzate:

	WTG 4	FS
PRE-OPERA		1.58
POST-OPERA	Presenza della sola opera	1.10
	Scavo di riprofilatura per l'opera	1.27
	Intervento di stabilizzazione mediante pali	1.37

	WTG 7	FS
PRE-OPERA		1.15
POST-OPERA	Presenza della sola opera	1.15
	Scavo di riprofilatura per l'opera con intervento di stabilizzazione mediante gabbioni	1.32