

Akra Wind Srl

Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)

RELAZIONE GEOTECNICA

Luglio 2022



Committente:

Akra Wind Srl

Akra Wind Srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277251001

Titolo del Progetto:

Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)

Documento:

RELAZIONE GEOTECNICA

N° Documento:

IT-VesAKR-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

I Tecnici:

Dott. Geol. ANTONIO CONSOLE

Dott.ssa Geol. CHIARA GUGLIOTTI



Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	30/07/2022	Emissione	C. GUGLIOTTI	A. CONSOLE	A. CONSOLE

SOMMARIO

1. PREMESSA	1
1.1 Descrizione del progetto	1
2. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI	4
3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI	5
4. INDAGINI ESEGUITE	6
5. MODELLI GEOLOGICO TECNICI	7
5.1 Modello geologico tecnico "AREA A"	8
5.2 Modello geologico tecnico "AREA B"	9
6. VERIFICHE DI STABILITA'	10
6.1 Relazione di calcolo	11
6.2 SEZIONE A-A', PENDIO WTG 1	23
Analisi di stabilità pendio WTG 1_condizioni pre-opera	23
Analisi di stabilità pendio WTG 1_condizioni post-opera	29
6.3 SEZIONE A-A', PENDIO WTG 4	34
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni pre-opera	34
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni post-opera	39
6.4 SINTESI DEI RISULTATI	44

1. PREMESSA

La seguente relazione geotecnica è stata redatta per la realizzazione del parco eolico Akra wind, sito nel Comune di Canicattì (AG).

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 espresse nella relazione geologica (doc. n° **IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-001-Rev.0**), 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 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 64,8 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Canicattì (AG) e delle relative opere di connessione alla RTN mediante la realizzazione di una Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT che si collegherà alla Stazione Elettrica Terna nel comune di Favara (AG).

1.1 Descrizione del progetto

Il parco eolico di progetto è previsto nell'area a nord-ovest del territorio comunale di Canicattì (AG), ad una distanza minima dal centro abitato di circa 4 km.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie molto vasta, ma la quantità di suolo effettivamente occupato sarà significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, come visibile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

L'area di progetto, intesa come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, interessa il territorio comunale di Canicattì (AG), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 1, 2, 26, 29. La Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT interessa il territorio comunale di Canicattì censito al NCT al foglio di mappa n. 1.

I cavidotti MT di connessione tra gli aerogeneratori interessano il territorio comunale di Canicattì, nello specifico ai fogli di mappa 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 23, 26 e 29.

Il cavidotto AT di connessione tra la sottostazione utente e la Stazione Elettrica Terna di Favara si estende per 22 km, sviluppandosi per lo più in banchina alla viabilità esistente e attraversando i comuni di Canicattì, Racalmuto, Grotte, Comitini e Favara.

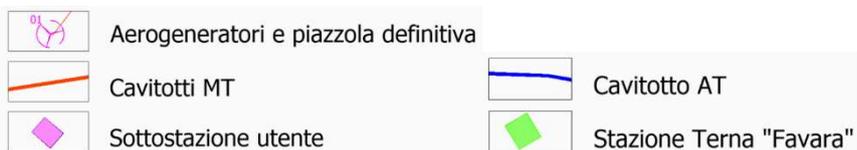
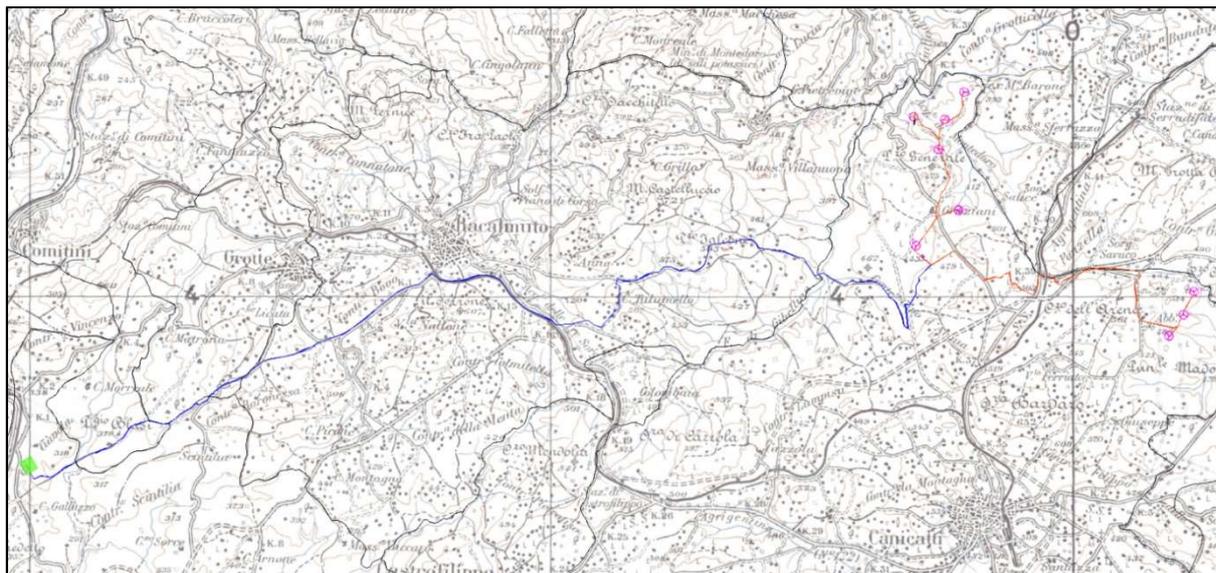


Figura 1: Ubicazione su IGM dell'area di impianto e delle opere di connessione

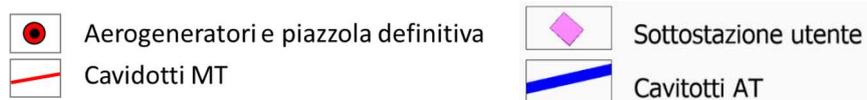
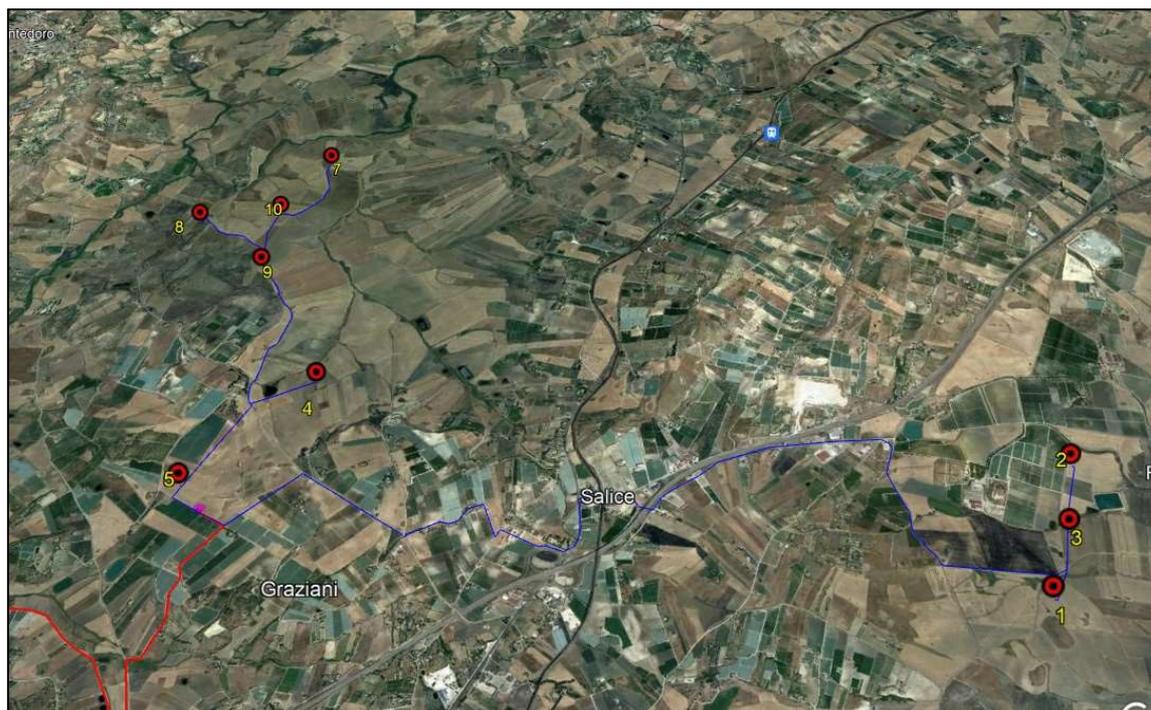


Figura 2: Dettaglio dell'area di impianto su ortofoto

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

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lle
1	37°23'34.11"	13°53'25.53"	401783	4139027	Canicattì	29	194
2	37°24'2.07"	13°53'44.68"	402264	4139883	Canicattì	26	22
3	37°23'47.49"	13°53'36.56"	402059	4139436	Canicattì	26	64, 67
4	37°24'51.21"	13°50'40.05"	397743	4141452	Canicattì	2	82
5	37°24'28.57"	13°50'7.33"	396930	4140764	Canicattì	1	62
7	37°26'5.29"	13°50'43.39"	397853	4143734	Canicattì	2	201, 202
8	37°25'49.45"	13°50'4.27"	396885	4143257	Canicattì	2	297
9	37°25'29.09"	13°50'23.92"	397361	4142624	Canicattì	2	320
10	37°25'47.96"	13°50'28.42"	397478	4143204	Canicattì	2	116
SSE	37°24'22.10"	13°50'12.84"	397063	4140563	Canicattì	1	446

Dal punto di vista cartografico, le opere di progetto ricadono nelle seguenti tavolette e fogli di mappa:

- Foglio I.G.M. scala 1:50.000 – Tavole nn. 630 e 637
- Foglio I.G.M. scala 1:25.000 – Tavole nn. 267 II-NE e 267 II-SE
- CTR scala 1:10.000 – Tavolette nn. 637030, 637020, 630150, 630140.

2. 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° 267 "Canicattì" 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 7 – WTG 8 – WTG 9 – WTG 10"; queste aree sono caratterizzate dalla Formazione "Cozzo Terravecchia"; nello specifico dalla Litofacies argillo-marnosa, che dal punto di vista batimetrico rappresenta una zona epibatiale, è costituita prevalentemente da argille e argille sabbiose o marnose di colore grigio verdastro. Data la modalità di messa in posto di questo pacco di sedimenti, caratterizzato da fenomeni di colate gravitative sottomarine, è possibile rinvenire la presenza di inclusi di varie dimensioni e natura all'interno di questa litofacies.

Aree relative agli aerogeneratori "WTG 4 – WTG 5 – SSE"; queste aree sono caratterizzate dalla Serie Gessoso Solfifera e nel dettaglio da calcari di base o solfiferi. Tali litotipi depositi nel periodo successivo alla deposizione del tripoli con passaggi graduali ed alternanze calcari, marne tripoli. Il calcare presenta caratteristiche composizionali che oscillano tra quelle della dolomia e quelle del calcare d'aspetto travertinoide con passaggi in profondità verso il calcare marnoso compatto. Tale litotipo è presente a nord-ovest dell'area su cui sarà realizzata la struttura. Esso si presenta mediamente fratturato a causa degli stress tettonici a cui è stato sottoposto in passato. A causa della sua intensa fratturazione, questo litotipo è accompagnato sovente da detrito di falda, il quale si è formato dallo smantellamento degli ammassi grazie all'azione congiunta degli agenti esogeni ed endogeni. Sovente è possibile rinvenirlo sotto forma detritica, accompagnato da numerose fessure di ampiezza variabile da uno a qualche decimetro e di profondità variabile da uno a qualche metro. La giacitura dei calcari è irregolare a causa gli intensi stress cui sono stati sottoposti nel passato che hanno determinato l'instaurarsi di diverse pieghe sinformi e antiforimi. In superficie gli ammassi si presentano lisci e ricchi di vacuoli, probabilmente a causa delle acque acide che danno vita a fenomeni di dissoluzione del carbonato. La roccia è ben stratificata, talvolta in modo moltonetto, evidenziato da livelli di spessore variabile dal centimetro a qualche decimetro mal cementati e a matrice argillosa; gli strati hanno uno spessore che raggiunge spesso i 2-3 metri e si presentano in grossi banchi con grande omogeneità e continuità laterale. Tutti gli Autori che hanno studiato tale litotipo sono concordi nell'interpretare il Calcare di base come un sedimento di acque basse. La roccia è datata come afferente al Messiniano Inferiore.

3. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'area di interesse del parco rientra nel bacino idrografico del Fiume Naro, caratterizzata da affioramenti terrigeni di tipo argilloso marnoso e dai termini lapidei della Serie Evaporitica (Calcarei e Gessi) che naturalmente condizionano l'assetto morfologico locale.

Da un punto di vista della stabilità dei versanti, nelle aree di interesse non sono cartografati fenomeni di dissesto. Inoltre dalla consultazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino – Regione Siciliana, si evince che l'area del parco eolico non ricade in areali a rischio frana, né tantomeno in zone a rischio idraulico per fenomeni di esondazione.

Topograficamente le aree di studio sono ad una quota altimetrica che oscilla dai 330 ai 450 metri s.l.m., in una categoria topografica T1.

4. 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 gessoso solfifera, 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 – 7 – 8 – 9 – 10) e Macro Area B dove troviamo la WTG 4 – WTG 5 e la SSE.

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.

5. MODELLI GEOLOGICO TECNICI

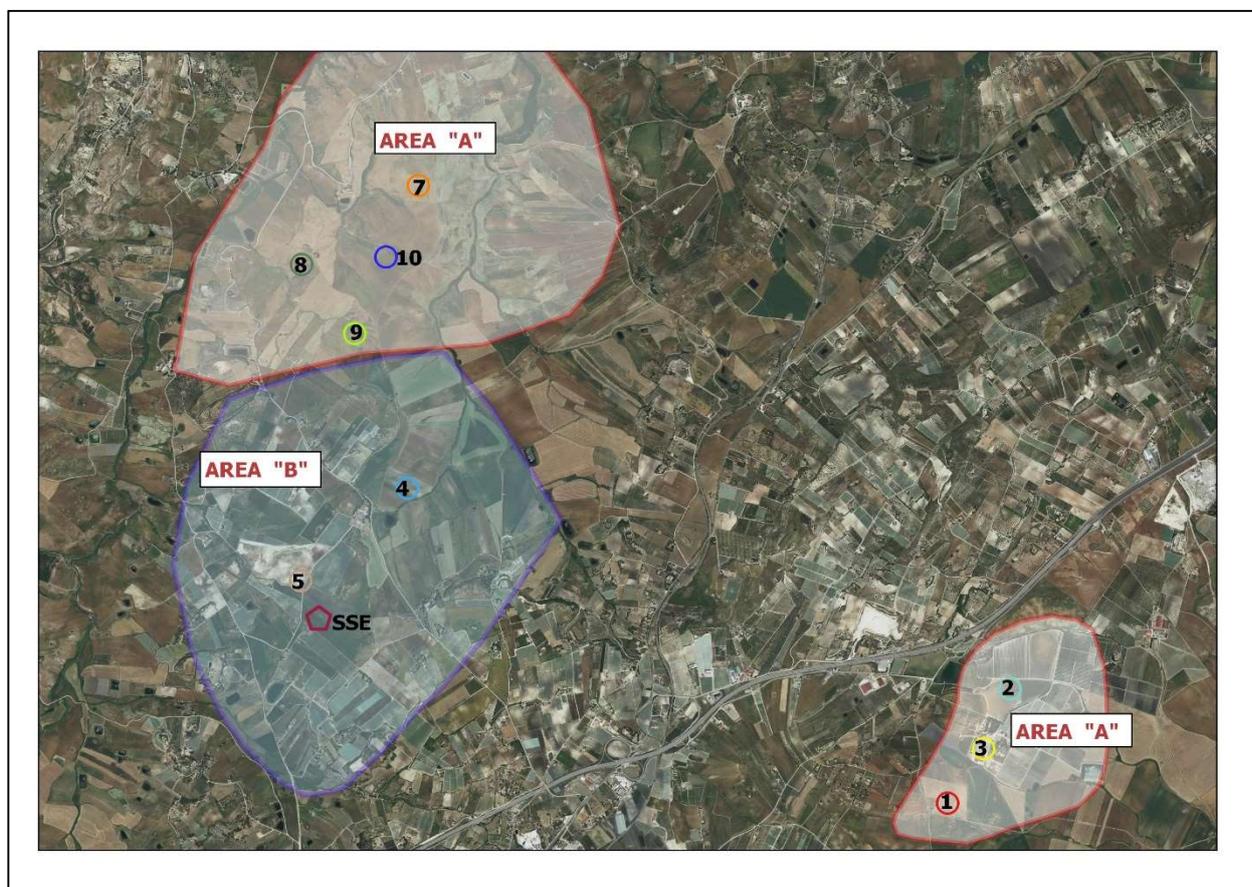
Dai dati acquisiti dalla relazione geologica (doc. N° IT-VesAKR-BFP-TR-001-rev.0), in correlazione con i dati relativi alle indagini indirette eseguite e ai dati di letteratura in possesso dello scrivente, è stato possibile ricostruire la stratigrafia delle aree di studio.

Dall'analisi dei dati presenti nella relazione geologica (Doc. n°. IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-001-Rev.0), l'area di studio è possibile classificarla litologicamente in due macro aree:

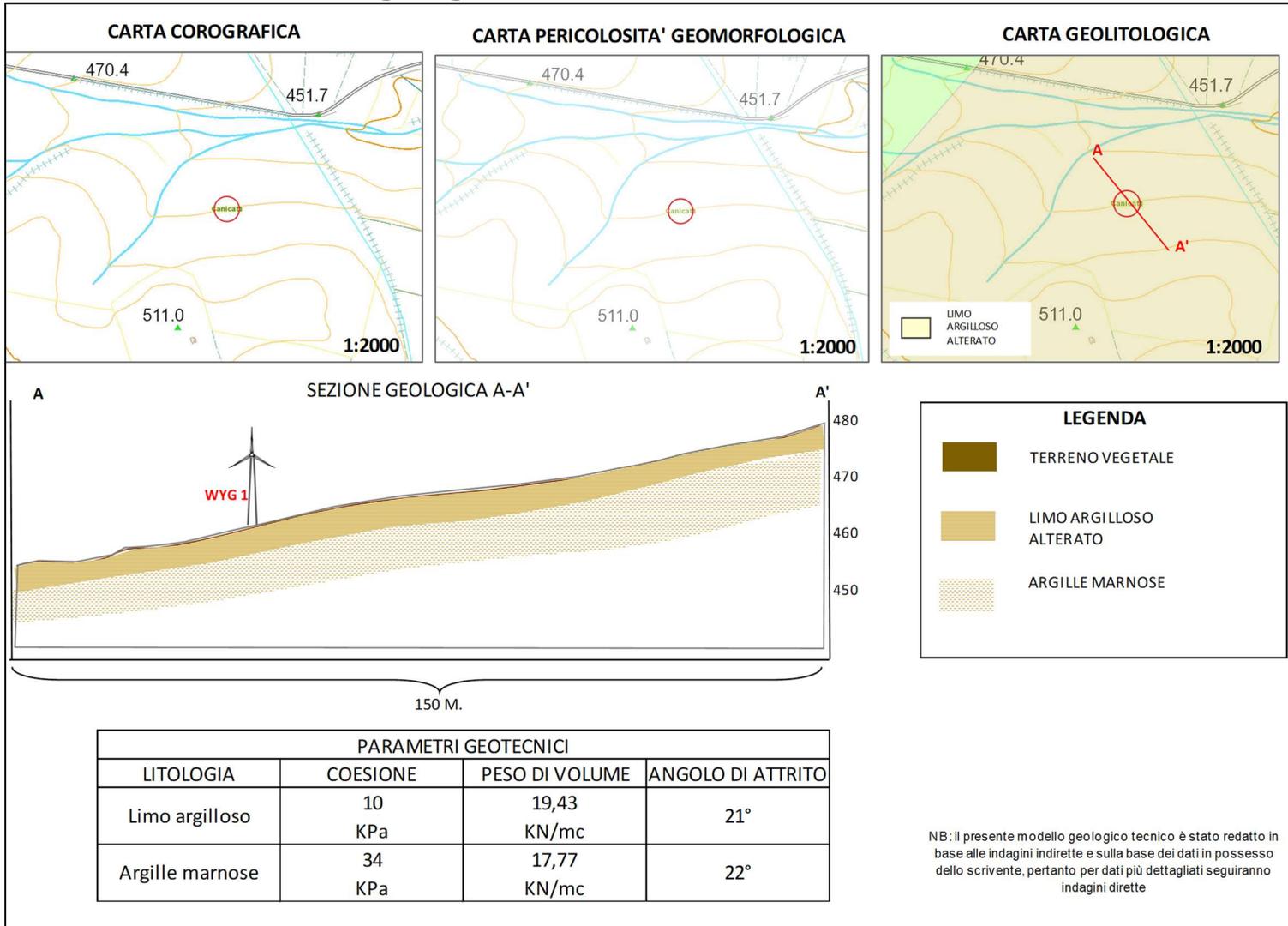
- Area A: Terreno limo argilloso e terreno marnoso argilloso, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG1, WTG2, WTG3, WTG7, WTG8, WTG9, WTG10;
- Area B: Formazione gessosa, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG4, WTG5 e Sottostazione.

Pertanto, alla luce di quanto predetto, saranno di seguito illustrate le ricostruzioni stratigrafiche con i relativi modelli geologico tecnici, del WTG 1 per tutti gli aerogeneratori della macroarea "A" e del WTG 4 per tutti gli aerogeneratori 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.

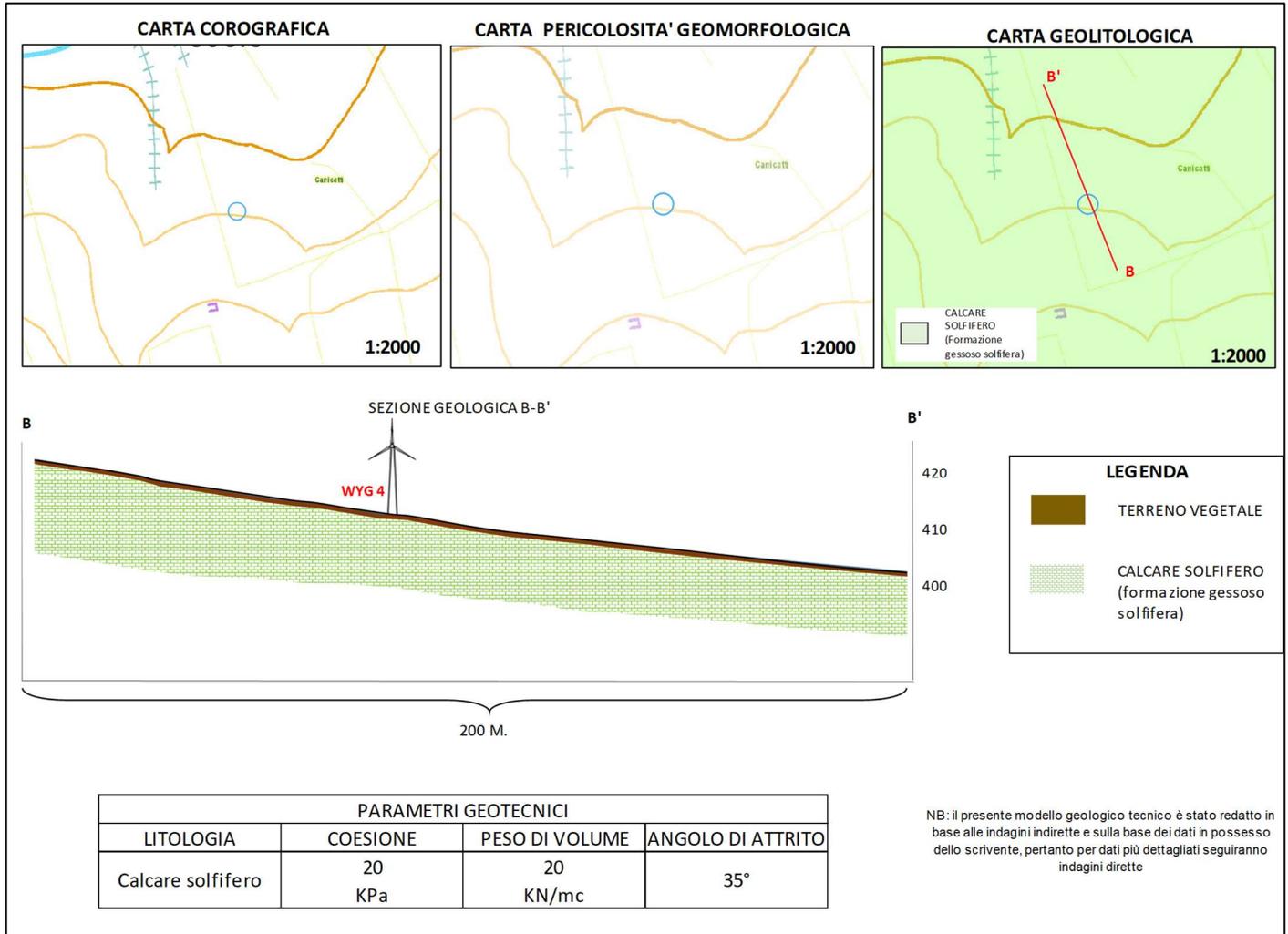


5.1 Modello geologico tecnico "AREA A"



MODELLO GEOLOGICO - TECNICO - AREA "A"							
PARCO EOLICO AKRA WIND - CANICATTI' - WTG 1							
	Profondità (m)	Spessore (m)	Litologia	descrizione litologica	parametri geotecnici		
					c' (KN/mc)	φ (°)	γ (KN/mc)
-1,00	0,50	1,00		Terreno vegetale			
-2,00				Limo argilloso alterato	10	21	19,43
-3,00							
-4,00							
-5,00							
-6,00		6,00					
-7,00	7,00			argille marnose	34	22	17,77
-8,00							
-9,00							
-10,00	10,00						

5.2 Modello geologico tecnico "AREA B"



MODELLO GEOLOGICO - TECNICO - AREA "B"							
PARCO EOLICO AKRA WIND - CANICATTI' - WTG 4							
	Profondità (m)	Spessore (m)	Litologia	descrizione litologica	parametri geotecnici		
					c' (KN/mc)	φ (°)	γ (KN/mc)
-1,00	0,50	1,00		Terreno vegetale			
-2,00							
-3,00	7,00	6,00		Calcare solfifero della formazione gessoso solfifera	20	35	20
-4,00							
-5,00							
-6,00							
-7,00							
-8,00							
-9,00							
-10,00							

6. VERIFICHE DI STABILITA'

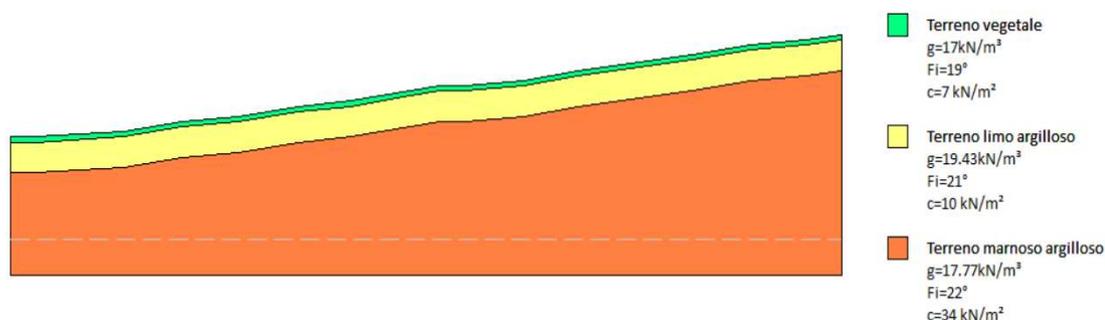
Dall'analisi dei dati presenti nella relazione geologica (Doc. n°. IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-001-Rev.0), l'area di studio è possibile classificarla litologicamente in due macro aree:

- Area A: Terreno limo argilloso e terreno marnoso argilloso, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG1, WTG2, WTG3, WTG7, WTG8, WTG9, WTG10;
- Area B: Formazione gessosa, all'interno della quale ricadono gli aerogeneratori WTG4, WTG5 e Sottostazione.

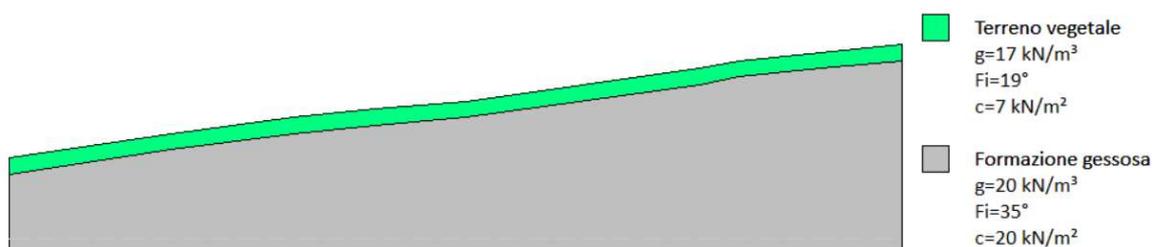
Per ogni predetta singola area sono state effettuate verifiche di stabilità pre opera (allo stato attuale) e post opera (allo stato futuro), nell'area di sedime delle future torri aventi le caratteristiche topografiche più acclerate, pertanto le più gravose (secondo le linee di massima pendenza).

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

- Sezione A-A' in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG 1 con la seguente stratigrafia:



- Sezione A-A' in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG 4 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, applicando un carico uniformemente distribuito (160 KN/m^2) in modo da simulare la situazione futura con area occupata dalle opere di progetto, in presenza di sisma (allo SLV secondo le NTC 2018);

- Utilizzando il metodo di Bishop (1955) in modo da individuare le potenziali superfici di scorrimento a coefficiente di sicurezza minimo.

6.1 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)

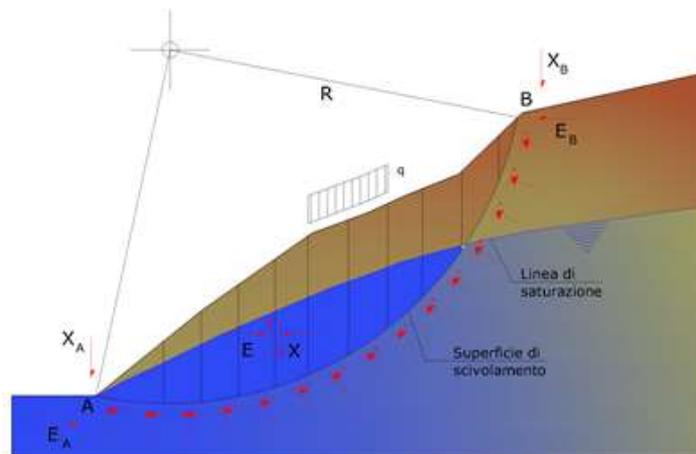
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e

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_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ 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:

a:

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

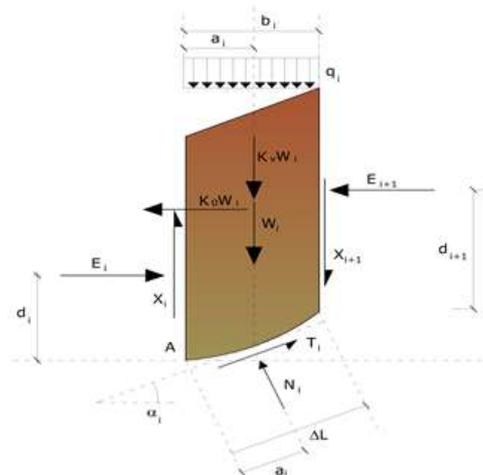
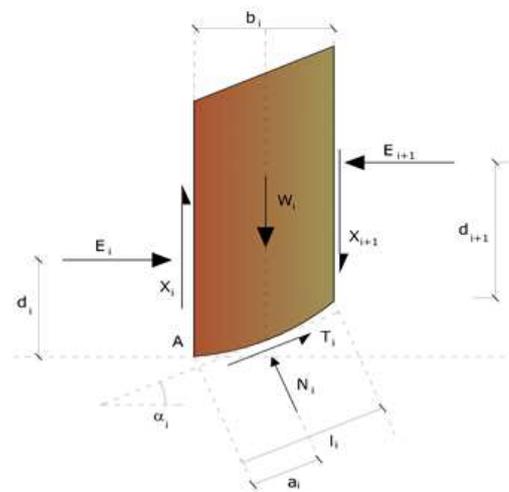
Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

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

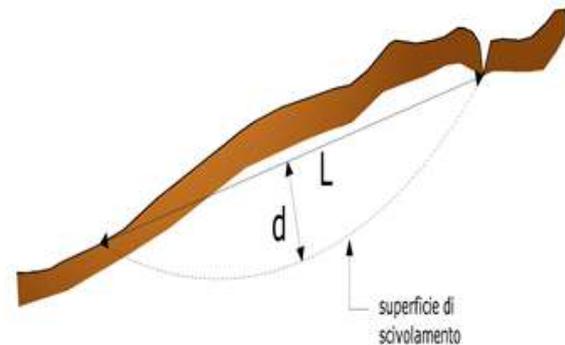
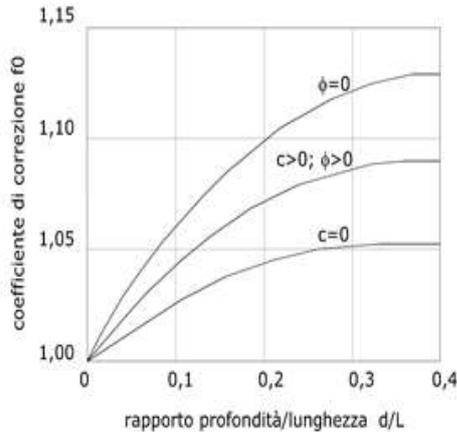
$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.



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

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 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:

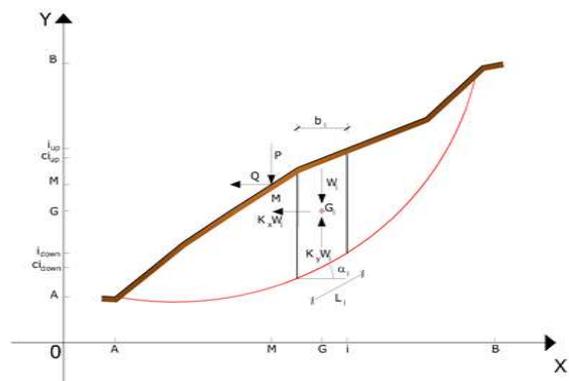
F = il fattore di sicurezza;

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:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

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:

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

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

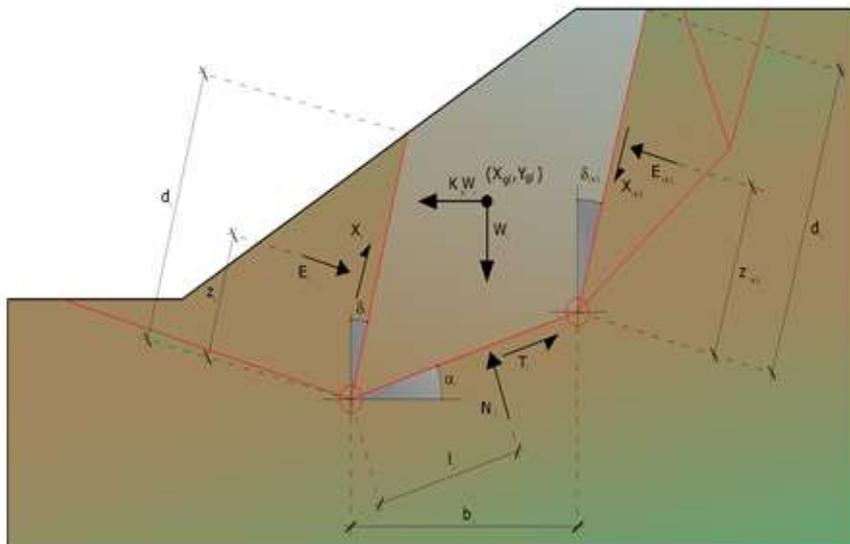
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\bullet \bullet E_i = 0$$

$$\bullet \bullet X_i = 0$$

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:

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

$$F=F_s \quad \textbf{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se}$$

$$K=0$$

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.

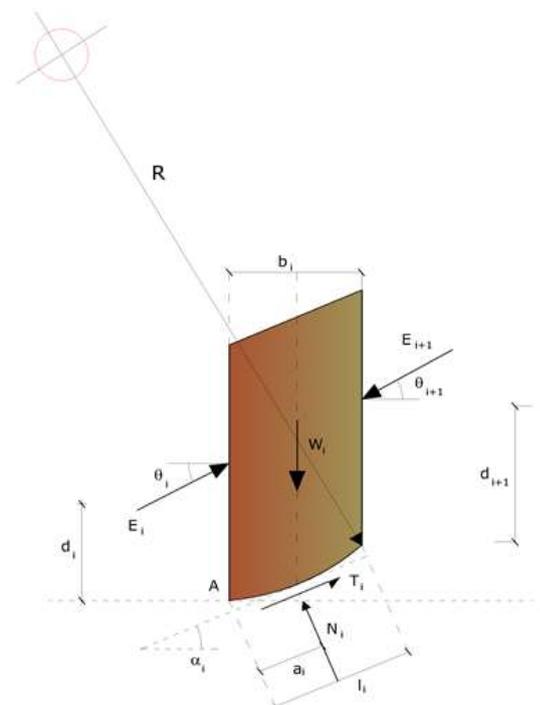
Metodo di Spencer (1967)

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:

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

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:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0$$

$$\sum (Q_i \operatorname{sen} \theta) = 0$$

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)

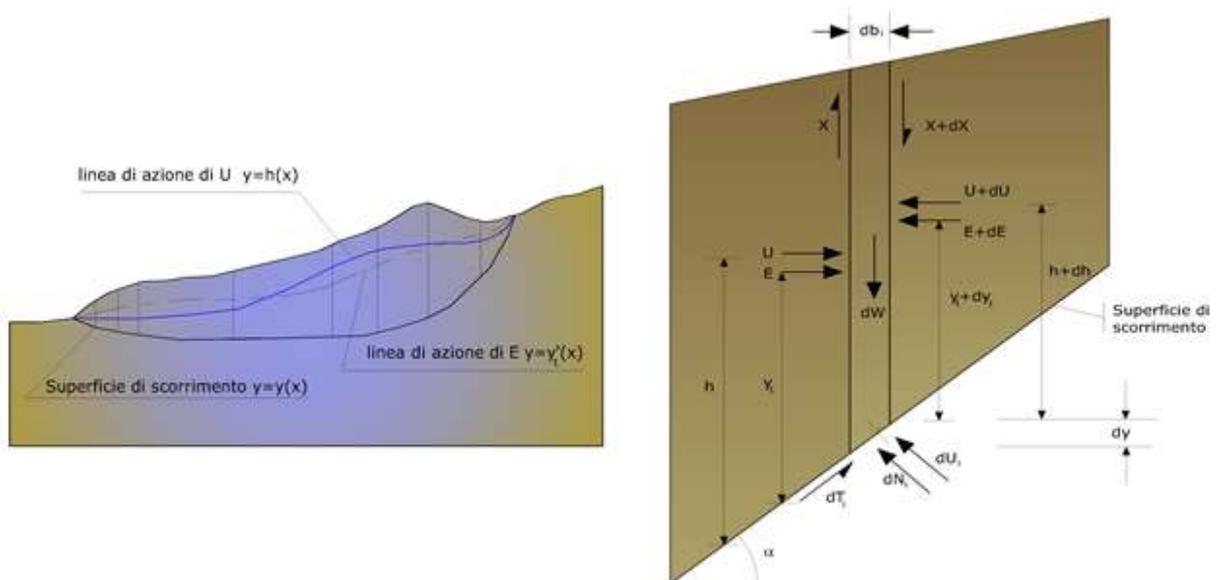
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ 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:

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

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.

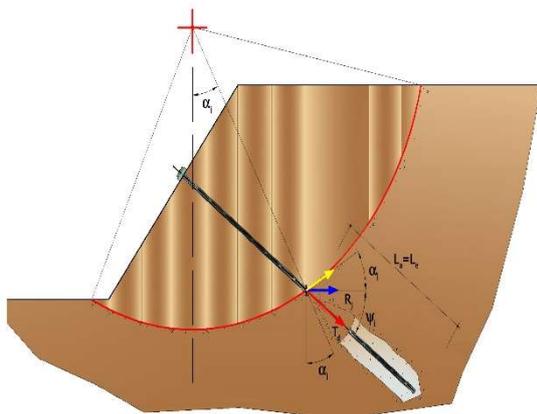
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **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.

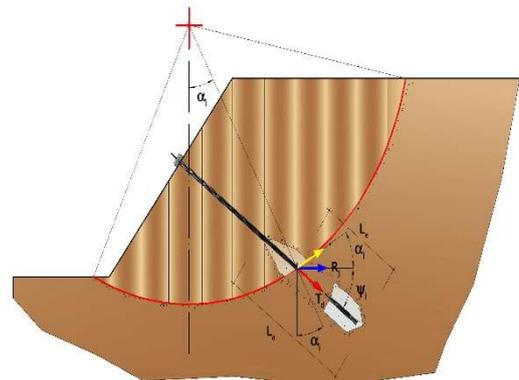
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

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 espressione:

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

dove:

T_d tiro esercizio;

$\cdot i$ inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

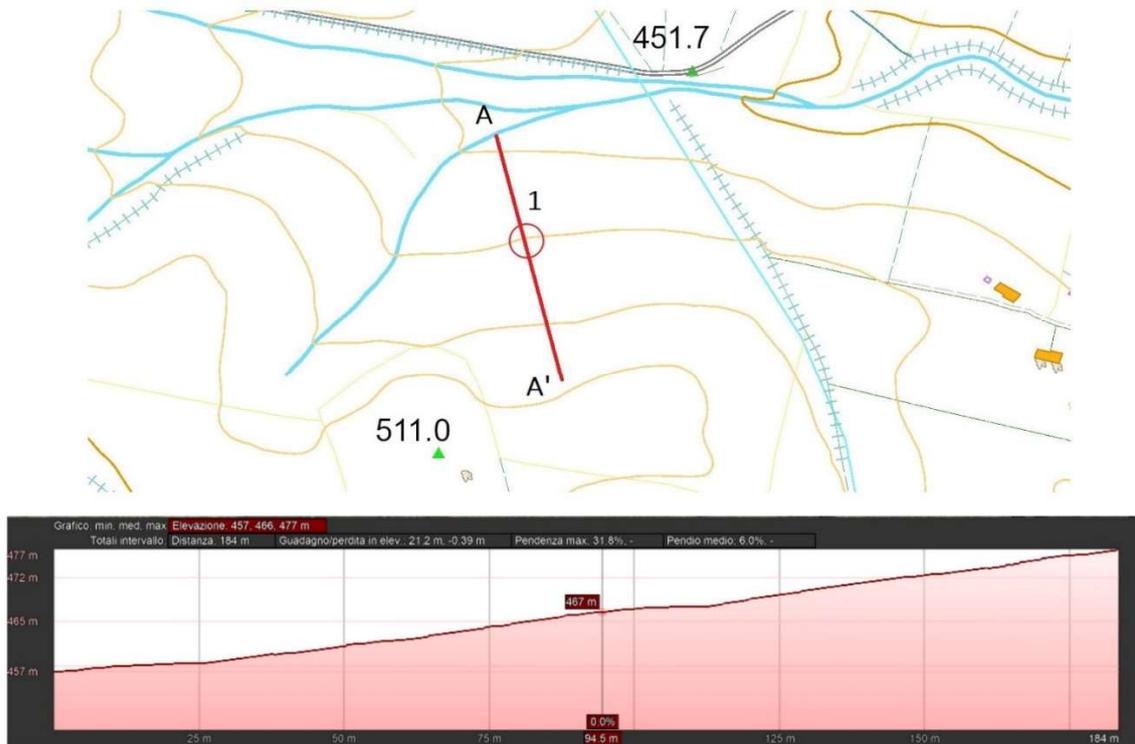
i interasse;

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.

6.2 SEZIONE A-A', PENDIO WTG 1



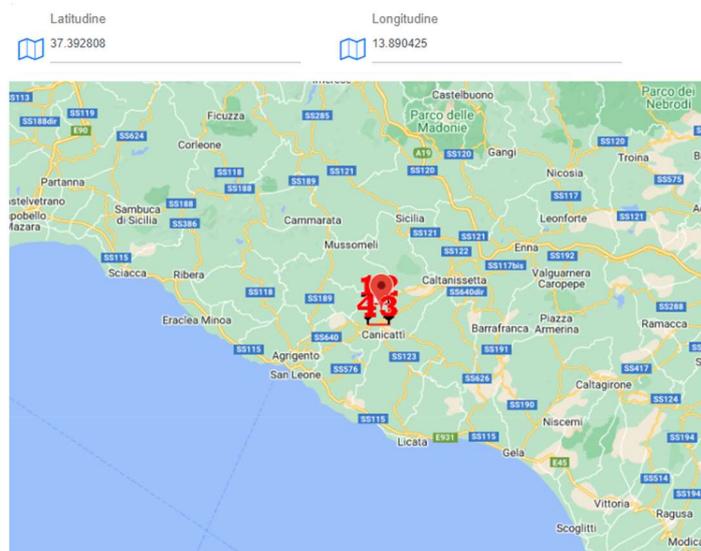
Analisi di stabilità pendio WTG 1_condizioni pre-opera

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	38.01 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	539.29 m
Ascissa vertice destro superiore xs	97.58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	596.15 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			
	SLO	SLD	SLV	SLC
Cat. Topografica	T1			
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,78	1,67	1,40	1,35
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.009	0.019	0.023
kv	0.003	0.004	0.009	0.012
Amax [m/s ²]	0.337	0.428	0.926	1.143
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.019

Coefficiente azione sismica verticale

0.009

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	457.0
2	5.63	457.0
3	25.0	458.0
4	37.8	460.0
5	50.0	461.0
6	63.5	463.0
7	75.0	464.0
8	88.0	466.0
9	94.5	467.0
10	100.0	467.0
11	113.0	468.0
12	125.0	470.0
13	150.0	473.0
14	163.0	475.0
15	175.0	476.0
16	183.0	477.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	456.0
2	5.63	456.0
3	25.0	457.0
4	37.8	459.0
5	50.0	460.0
6	63.5	462.0
7	75.0	463.0
8	88.0	465.0
9	94.5	466.0
10	100.0	466.0
11	113.0	467.0
12	125.0	469.0
13	150.0	472.0
14	163.0	474.0
15	175.0	475.0
16	183.0	476.0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	450.0
2	5.63	450.0
3	25.0	451.0
4	37.8	453.0
5	50.0	454.0
6	63.5	456.0
7	75.0	457.0
8	88.0	459.0
9	94.5	460.0
10	100.0	460.0
11	113.0	461.0
12	125.0	463.0
13	150.0	466.0
14	163.0	468.0
15	175.0	469.0
16	183.0	470.0

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)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	10	21	19.43	19.43	Terreno limo argilloso	
3	34	22	17.77	17.77	Terreno marnoso argilloso	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.67
Ascissa centro superficie	49.93 m
Ordinata centro superficie	584.78 m
Raggio superficie	129.42 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.

$$x_c = 46.949 \quad y_c = 559.191 \quad R_c = 104.353 \quad F_s = 2.673$$

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	1.48	-13.4	1.52	5.43	0.1	0.05	5.6	15.4	0.0	6.4	3.5
2	1.46	-12.6	1.49	15.6	0.3	0.14	5.6	15.4	0.0	17.0	4.4
3	1.49	-11.7	1.53	28.33	0.54	0.26	8.0	17.1	0.0	30.5	7.3
4	1.48	-10.9	1.5	43.15	0.82	0.39	8.0	17.1	0.0	45.6	8.9
5	1.48	-10.1	1.5	57.58	1.09	0.52	8.0	17.1	0.0	60.3	10.4
6	1.48	-9.2	1.49	71.39	1.36	0.64	8.0	17.1	0.0	74.2	11.8
7	1.48	-8.4	1.49	84.57	1.61	0.76	8.0	17.1	0.0	87.4	13.2
8	1.48	-7.6	1.49	97.13	1.85	0.87	8.0	17.1	0.0	99.9	14.5
9	1.48	-6.8	1.49	109.09	2.07	0.98	8.0	17.1	0.0	111.7	15.7
10	1.48	-6.0	1.48	120.43	2.29	1.08	8.0	17.1	0.0	122.9	16.9
11	0.98	-5.3	0.98	85.8	1.63	0.77	8.0	17.1	0.0	87.3	11.8
12	1.97	-4.5	1.98	183.86	3.49	1.65	8.0	17.1	0.0	186.4	24.8
13	1.48	-3.5	1.48	145.04	2.76	1.31	8.0	17.1	0.0	146.5	19.3
14	1.48	-2.7	1.48	150.82	2.87	1.36	8.0	17.1	0.0	151.9	19.9
15	1.48	-1.9	1.48	156.01	2.96	1.4	8.0	17.1	0.0	156.8	20.4

Akra Wind Srl		N° Doc. IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002	Rev 0	Pagina 27 di 47
---------------	--	-------------------------------------	-------	--------------------

16	1.48	-1.1	1.48	160.59	3.05	1.45	8.0	17.1	0.0	161.0	20.8
17	1.48	-0.3	1.48	164.57	3.13	1.48	8.0	17.1	0.0	164.7	21.2
18	1.48	0.5	1.48	167.96	3.19	1.51	8.0	17.1	0.0	167.8	21.5
19	1.37	1.3	1.38	159.04	3.02	1.43	8.0	17.1	0.0	158.6	20.3
20	1.58	2.1	1.58	186.24	3.54	1.68	8.0	17.1	0.0	185.5	23.7
21	1.48	2.9	1.48	178.91	3.4	1.61	8.0	17.1	0.0	178.0	22.6
22	1.48	3.8	1.48	182.7	3.47	1.64	8.0	17.1	0.0	181.6	23.0
23	1.48	4.6	1.48	185.89	3.53	1.67	8.0	17.1	0.0	184.6	23.3
24	1.48	5.4	1.48	188.47	3.58	1.7	8.0	17.1	0.0	187.1	23.6
25	1.48	6.2	1.48	190.44	3.62	1.71	8.0	17.1	0.0	189.0	23.8
26	1.48	7.0	1.49	191.81	3.64	1.73	8.0	17.1	0.0	190.3	23.9
27	1.48	7.8	1.49	192.57	3.66	1.73	8.0	17.1	0.0	191.1	24.0
28	1.6	8.7	1.61	208.47	3.96	1.88	8.0	17.1	0.0	206.9	26.0
29	1.35	9.5	1.37	175.39	3.33	1.58	8.0	17.1	0.0	174.2	21.9
30	1.48	10.3	1.5	187.46	3.56	1.69	8.0	17.1	0.0	186.3	23.5
31	1.48	11.1	1.5	183.15	3.48	1.65	8.0	17.1	0.0	182.1	23.1
32	1.48	11.9	1.51	178.19	3.39	1.6	8.0	17.1	0.0	177.4	22.6
33	1.48	12.8	1.51	172.61	3.28	1.55	8.0	17.1	0.0	172.0	22.1
34	1.48	13.6	1.52	166.37	3.16	1.5	8.0	17.1	0.0	166.0	21.5
35	1.48	14.4	1.52	159.49	3.03	1.44	8.0	17.1	0.0	159.3	20.8
36	1.29	15.2	1.34	133.56	2.54	1.2	8.0	17.1	0.0	133.6	17.6
37	1.66	16.1	1.73	163.91	3.11	1.48	8.0	17.1	0.0	164.3	21.9
38	1.48	17.0	1.54	139.44	2.65	1.25	8.0	17.1	0.0	140.0	18.8
39	1.48	17.8	1.55	132.71	2.52	1.19	8.0	17.1	0.0	133.6	18.2
40	1.48	18.7	1.56	125.27	2.38	1.13	8.0	17.1	0.0	126.3	17.4
41	1.48	19.5	1.57	117.14	2.23	1.05	8.0	17.1	0.0	118.4	16.6
42	1.48	20.4	1.57	108.29	2.06	0.97	8.0	17.1	0.0	109.7	15.7
43	1.48	21.3	1.58	98.72	1.88	0.89	8.0	17.1	0.0	100.2	14.8
44	1.48	22.1	1.59	88.4	1.68	0.8	8.0	17.1	0.0	89.9	13.7
45	1.01	22.9	1.1	54.37	1.03	0.49	8.0	17.1	0.0	55.3	8.8
46	1.94	23.7	2.12	88.49	1.68	0.8	8.0	17.1	0.0	90.0	15.2
47	1.48	24.8	1.62	52.89	1.0	0.48	8.0	17.1	0.0	53.6	10.0
48	1.48	25.7	1.64	39.47	0.75	0.36	8.0	17.1	0.0	39.7	8.6
49	1.48	26.6	1.65	25.24	0.48	0.23	8.0	17.1	0.0	24.7	7.1
50	1.48	27.5	1.66	9.72	0.18	0.09	5.6	15.4	0.0	8.9	4.0

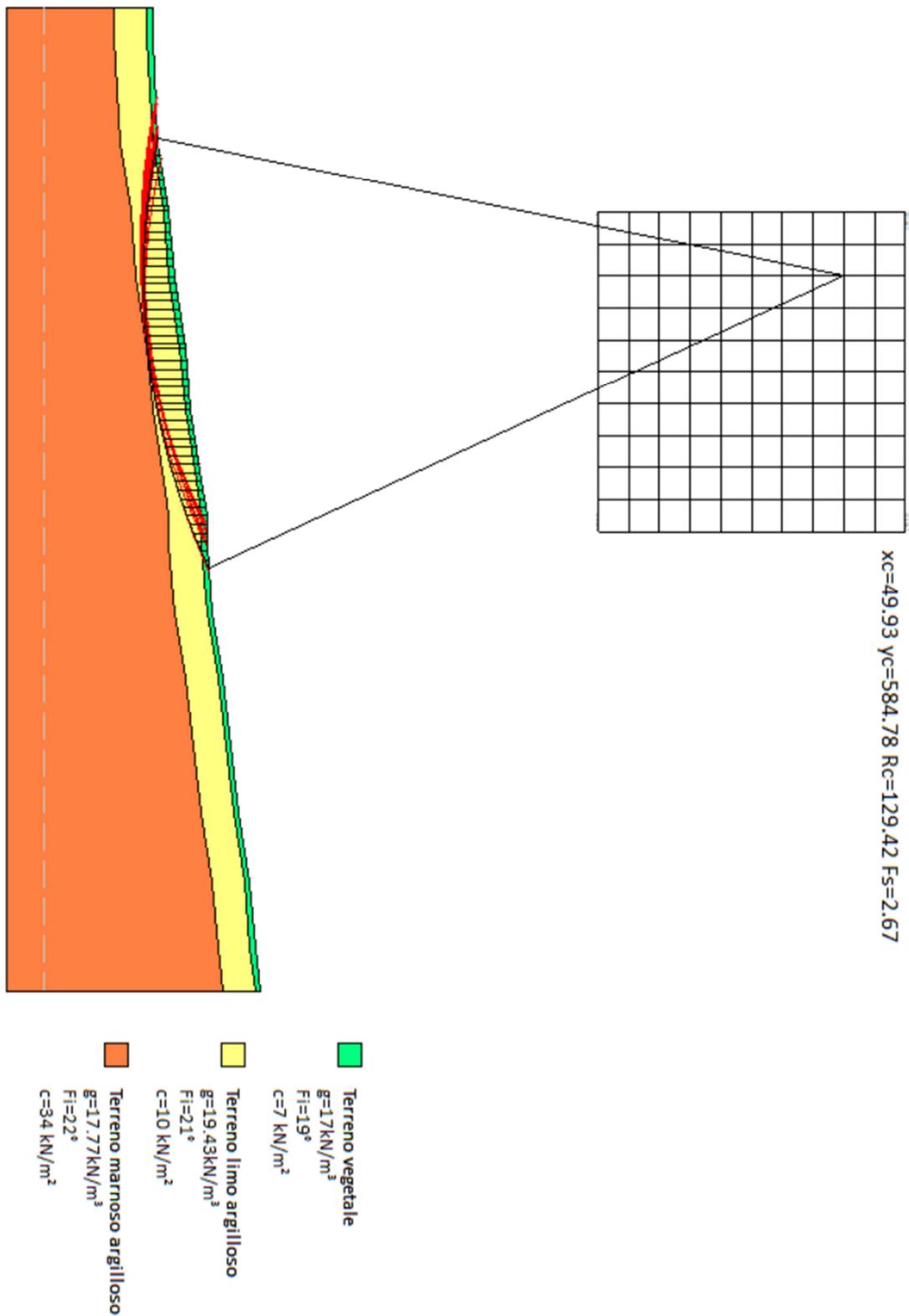


Figure 1- ezione A-A' pre-opera WTG1

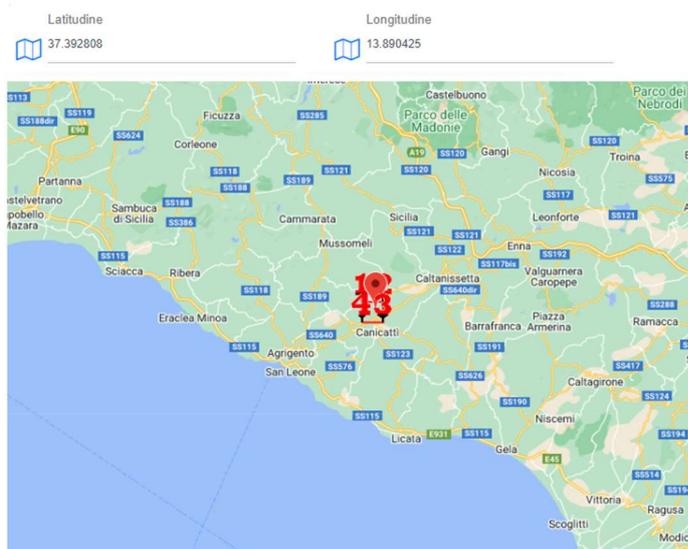
Analisi di stabilità pendio WTG 1_condizioni post-opera

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	55.63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	513.12 m
Ascissa vertice destro superiore xs	94.12 m
Ordinata vertice destro superiore ys	546.48 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	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,78	1,67	1,40	1,35
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.009	0.019	0.023
kv	0.003	0.004	0.009	0.012
Amax [m/s²]	0.337	0.428	0.926	1.143
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Coefficiente azione sismica orizzontale
Coefficiente azione sismica verticale

0.019
0.009

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	457.0
2	5.63	457.0
3	25.0	458.0
4	37.8	460.0
5	50.0	461.0
6	63.5	463.0
7	75.0	464.0
8	88.0	466.0
9	94.5	467.0
10	100.0	467.0
11	113.0	468.0
12	125.0	470.0
13	150.0	473.0
14	163.0	475.0
15	175.0	476.0
16	183.0	477.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	456.0
2	5.63	456.0
3	25.0	457.0
4	37.8	459.0
5	50.0	460.0
6	63.5	462.0
7	75.0	463.0
8	88.0	465.0
9	94.5	466.0
10	100.0	466.0
11	113.0	467.0
12	125.0	469.0
13	150.0	472.0
14	163.0	474.0
15	175.0	475.0
16	183.0	476.0

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	450.0
2	5.63	450.0
3	25.0	451.0
4	37.8	453.0
5	50.0	454.0

6	63.5	456.0
7	75.0	457.0
8	88.0	459.0
9	94.5	460.0
10	100.0	460.0
11	113.0	461.0
12	125.0	463.0
13	150.0	466.0
14	163.0	468.0
15	175.0	469.0
16	183.0	470.0

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)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	10	21	19.43	19.43	Terreno limo argilloso	
3	34	22	17.77	17.77	Terreno marnoso argilloso	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	94.5	467	104.5	467	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.5
Ascissa centro superficie	79.38 m
Ordinata centro superficie	525.64 m
Raggio superficie	63.65 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.

$$x_c = 79.375 \quad y_c = 525.636 \quad R_c = 63.652 \quad F_s = 1.504$$

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	0.77	-11.2	0.78	1.44	0.03	0.01	5.6	15.4	0.0	2.1	3.0
2	0.77	-10.5	0.78	4.24	0.08	0.04	5.6	15.4	0.0	5.0	3.5
3	0.77	-9.8	0.78	6.9	0.13	0.06	5.6	15.4	0.0	7.7	3.9
4	0.77	-9.1	0.78	9.44	0.18	0.08	5.6	15.4	0.0	10.3	4.3
5	0.77	-8.4	0.78	11.86	0.23	0.11	5.6	15.4	0.0	12.7	4.7
6	0.77	-7.7	0.78	14.3	0.27	0.13	8.0	17.1	0.0	15.3	6.6
7	0.77	-7.0	0.77	16.77	0.32	0.15	8.0	17.1	0.0	17.8	7.0
8	0.77	-6.3	0.77	19.11	0.36	0.17	8.0	17.1	0.0	20.0	7.5
9	0.77	-5.6	0.77	21.3	0.4	0.19	8.0	17.1	0.0	22.2	7.8
10	0.77	-4.9	0.77	23.35	0.44	0.21	8.0	17.1	0.0	24.1	8.2
11	0.69	-4.2	0.69	22.46	0.43	0.2	8.0	17.1	0.0	23.1	7.6
12	0.85	-3.6	0.85	30.3	0.58	0.27	8.0	17.1	0.0	31.0	9.9
13	0.77	-2.8	0.77	29.9	0.57	0.27	8.0	17.1	0.0	30.4	9.4
14	0.77	-2.1	0.77	32.16	0.61	0.29	8.0	17.1	0.0	32.5	9.8
15	0.77	-1.4	0.77	34.28	0.65	0.31	8.0	17.1	0.0	34.5	10.1
16	0.77	-0.8	0.77	36.26	0.69	0.33	8.0	17.1	0.0	36.4	10.5
17	0.77	-0.1	0.77	38.11	0.72	0.34	8.0	17.1	0.0	38.1	10.8
18	0.77	0.6	0.77	39.82	0.76	0.36	8.0	17.1	0.0	39.7	11.1
19	0.77	1.3	0.77	41.38	0.79	0.37	8.0	17.1	0.0	41.1	11.3
20	0.77	2.0	0.77	42.81	0.81	0.39	8.0	17.1	0.0	42.4	11.6
21	0.77	2.7	0.77	44.11	0.84	0.4	8.0	17.1	0.0	43.6	11.8
22	0.77	3.4	0.77	45.26	0.86	0.41	8.0	17.1	0.0	44.6	12.0
23	0.77	4.1	0.77	46.27	0.88	0.42	8.0	17.1	0.0	45.5	12.2
24	0.77	4.8	0.77	47.15	0.9	0.42	8.0	17.1	0.0	46.3	12.3
25	0.77	5.5	0.77	47.88	0.91	0.43	8.0	17.1	0.0	46.9	12.4
26	0.77	6.2	0.77	48.47	0.92	0.44	8.0	17.1	0.0	47.4	12.5
27	0.77	6.9	0.77	48.93	0.93	0.44	8.0	17.1	0.0	47.8	12.6
28	0.63	7.5	0.63	40.19	0.76	0.36	8.0	17.1	0.0	39.2	10.3
29	0.91	8.2	0.92	58.45	1.11	0.53	8.0	17.1	0.0	56.9	15.0
30	0.77	9.0	0.78	49.43	0.94	0.44	8.0	17.1	0.0	48.0	12.7
31	0.77	9.7	0.78	49.32	0.94	0.44	8.0	17.1	0.0	47.9	12.7
32	0.77	10.4	0.78	49.06	0.93	0.44	8.0	17.1	0.0	47.6	12.6
33	0.77	11.1	0.78	48.65	0.92	0.44	8.0	17.1	0.0	47.1	12.5
34	0.77	11.8	0.78	48.1	0.91	0.43	8.0	17.1	0.0	46.5	12.4
35	0.77	12.5	0.79	47.4	0.9	0.43	8.0	17.1	0.0	45.8	12.3
36	0.98	13.3	1.01	59.36	1.13	0.53	8.0	17.1	0.0	57.3	15.5
37	0.55	14.0	0.57	120.94	2.3	1.09	8.0	17.1	0.0	118.5	24.7
38	0.77	14.6	0.79	165.15	3.14	1.49	8.0	17.1	0.0	161.8	33.9
39	0.77	15.3	0.8	162.08	3.08	1.46	8.0	17.1	0.0	158.9	33.3
40	0.77	16.0	0.8	158.86	3.02	1.43	8.0	17.1	0.0	155.9	32.8
41	0.77	16.8	0.8	155.48	2.95	1.4	8.0	17.1	0.0	152.7	32.2
42	0.77	17.5	0.81	151.95	2.89	1.37	8.0	17.1	0.0	149.4	31.6
43	0.77	18.2	0.81	148.26	2.82	1.33	8.0	17.1	0.0	145.9	31.0
44	0.77	18.9	0.81	144.45	2.74	1.3	8.0	17.1	0.0	142.3	30.3

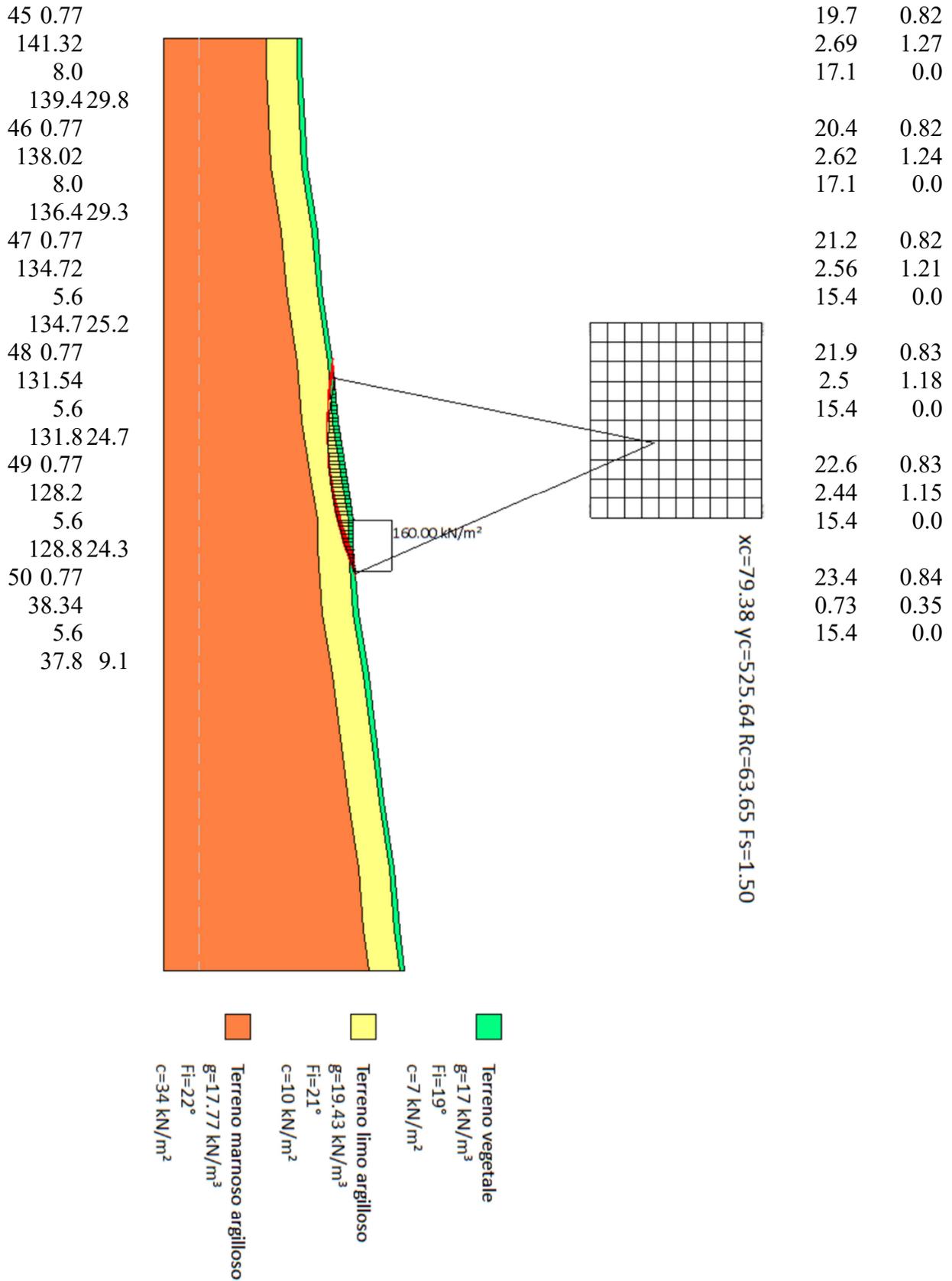
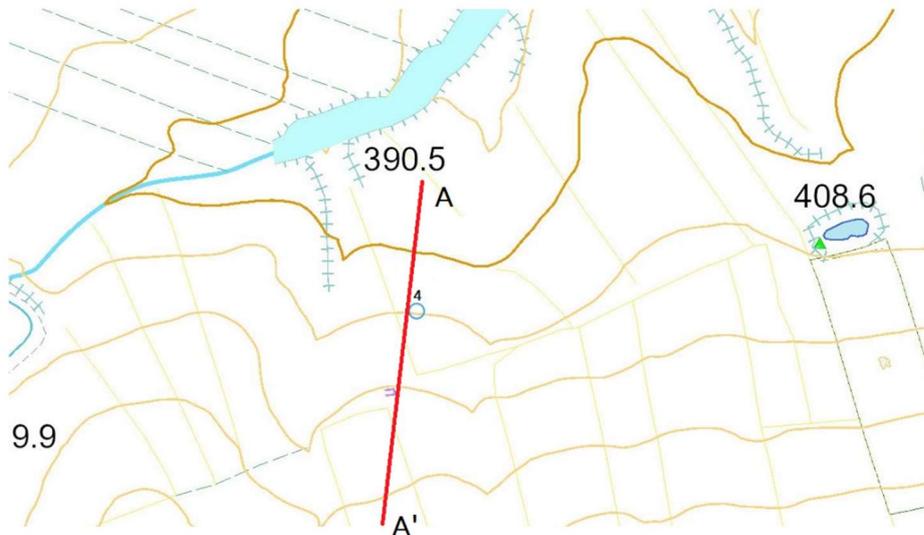


Figura 2: Sezione A-A' post-opera WTG1

6.3 SEZIONE A-A', PENDIO WTG 4



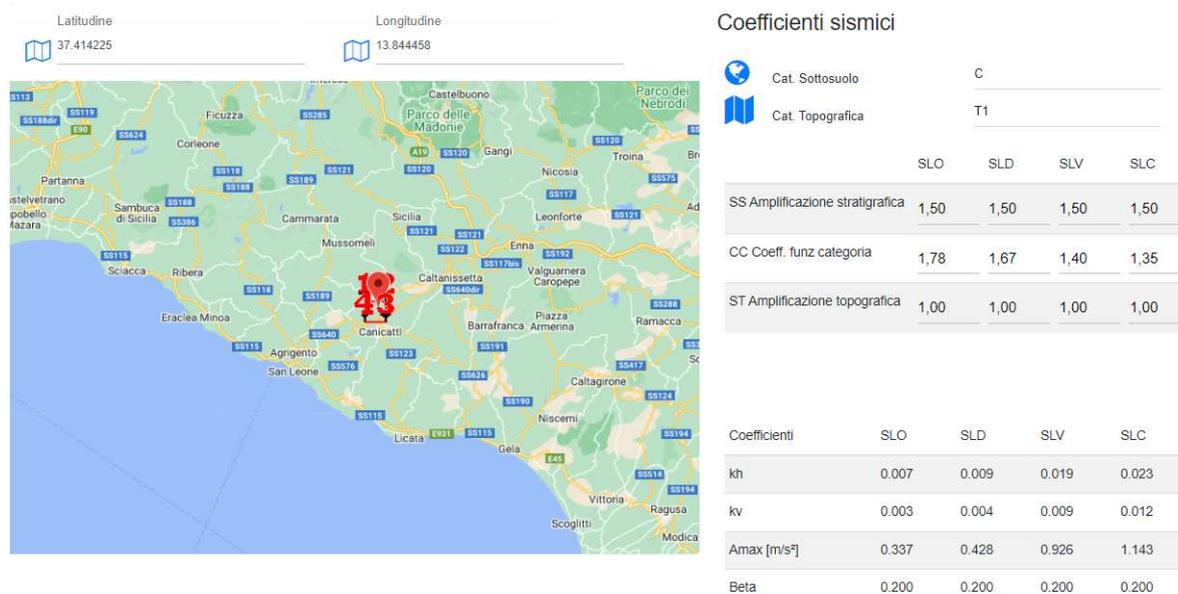
Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni pre-opera

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	50.57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	115.66 m
Ascissa vertice destro superiore xs	69.87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	137.66 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [NTC]



Coefficiente azione sismica orizzontale

0.019

Coefficiente azione sismica verticale

0.009

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	20.0	53.0
3	35.0	55.0
4	45.0	56.0
5	56.3	57.0
6	85.0	61.0
7	90.0	62.0
8	100.0	63.0
9	110.0	64.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	48.0
2	20.0	51.0
3	35.0	53.0
4	45.0	54.0
5	56.3	55.0
6	85.0	59.0
7	90.0	60.0
8	100.0	61.0
9	110.0	62.0

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)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	20	35	20	20	Formazione gessosa	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	2.91
Ascissa centro superficie	67.94 m
Ordinata centro superficie	131.06 m
Raggio superficie	73.72 m

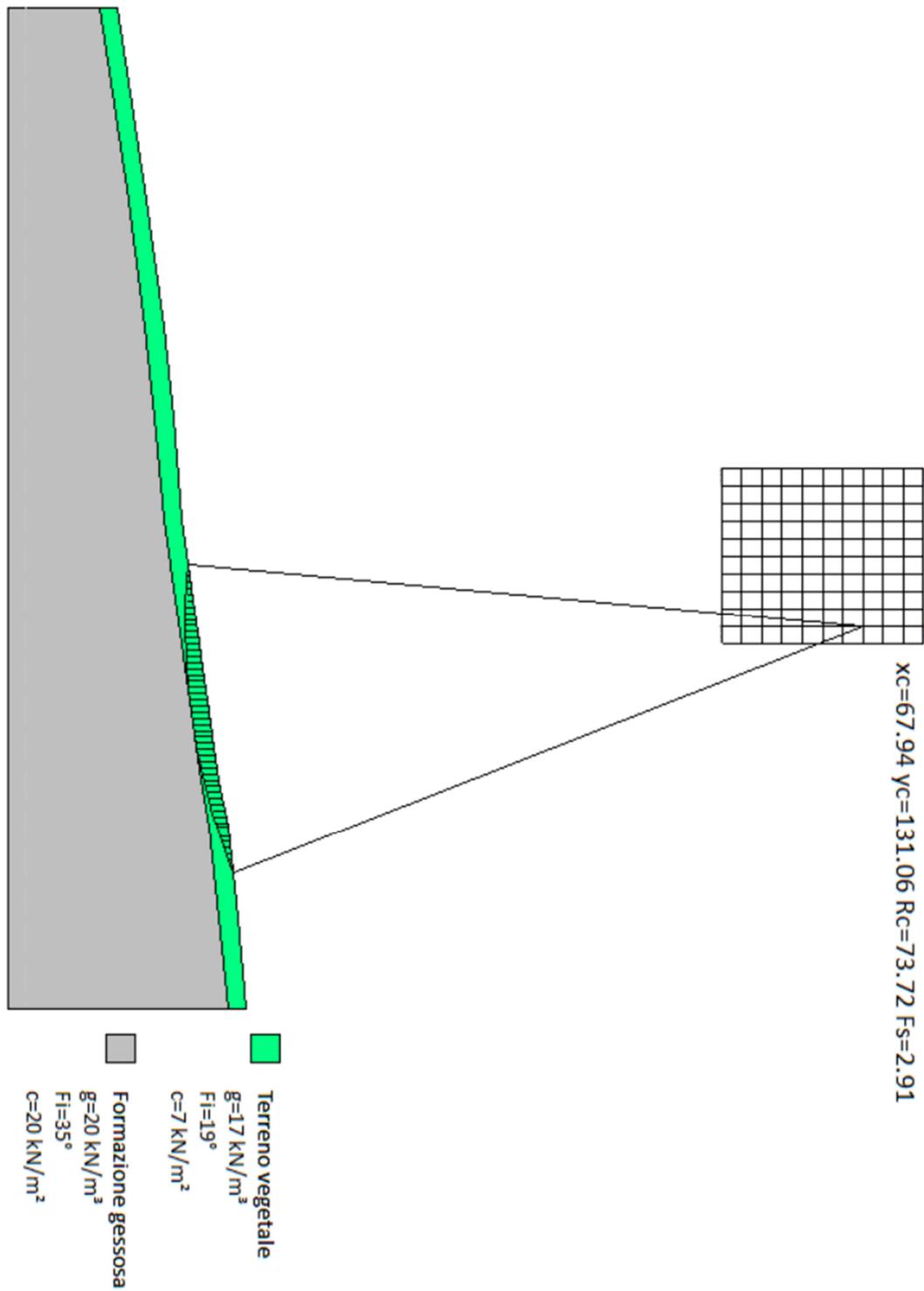
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

$$x_c = 67.936 \quad y_c = 131.064 \quad R_c = 73.719 \quad F_s = 2.91$$

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	0.68	-5.1	0.68	0.9	0.02	0.01	5.6	15.4	0.0	1.0	1.3
2	0.68	-4.5	0.68	2.66	0.05	0.02	5.6	15.4	0.0	2.8	1.4
3	0.68	-4.0	0.68	4.34	0.08	0.04	5.6	15.4	0.0	4.5	1.6
4	0.68	-3.5	0.68	5.94	0.11	0.05	5.6	15.4	0.0	6.1	1.7
5	0.68	-3.0	0.68	7.48	0.14	0.07	5.6	15.4	0.0	7.6	1.8
6	0.68	-2.4	0.68	8.94	0.17	0.08	5.6	15.4	0.0	9.0	2.0
7	0.68	-1.9	0.68	10.33	0.2	0.09	5.6	15.4	0.0	10.4	2.1
8	0.68	-1.4	0.68	11.65	0.22	0.1	5.6	15.4	0.0	11.7	2.2
9	0.68	-0.8	0.68	12.89	0.24	0.12	5.6	15.4	0.0	12.9	2.3
10	0.68	-0.3	0.68	14.07	0.27	0.13	5.6	15.4	0.0	14.1	2.4
11	0.68	0.2	0.68	15.17	0.29	0.14	5.6	15.4	0.0	15.2	2.5
12	0.68	0.7	0.68	16.19	0.31	0.15	5.6	15.4	0.0	16.2	2.6
13	0.68	1.3	0.68	17.15	0.33	0.15	5.6	15.4	0.0	17.1	2.7
14	0.68	1.8	0.68	18.03	0.34	0.16	5.6	15.4	0.0	18.0	2.7
15	0.68	2.3	0.68	18.85	0.36	0.17	5.6	15.4	0.0	18.7	2.8
16	0.68	2.8	0.68	19.59	0.37	0.18	5.6	15.4	0.0	19.5	2.9

Akra Wind Srl		N° Doc. IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002	Rev 0	Pagina 37 di 47
---------------	--	-------------------------------------	-------	--------------------

17	0.68	3.4	0.68	20.25	0.38	0.18	5.6	15.4	0.0	20.1	2.9
18	0.68	3.9	0.68	20.85	0.4	0.19	5.6	15.4	0.0	20.7	3.0
19	0.68	4.4	0.68	21.37	0.41	0.19	5.6	15.4	0.0	21.2	3.0
20	0.68	5.0	0.68	21.82	0.41	0.2	5.6	15.4	0.0	21.6	3.1
21	0.68	5.5	0.68	22.19	0.42	0.2	5.6	15.4	0.0	22.0	3.1
22	0.68	6.0	0.68	22.49	0.43	0.2	5.6	15.4	0.0	22.3	3.1
23	0.68	6.6	0.68	22.72	0.43	0.2	5.6	15.4	0.0	22.5	3.1
24	0.68	7.1	0.68	22.88	0.43	0.21	5.6	15.4	0.0	22.7	3.1
25	0.68	7.6	0.69	22.96	0.44	0.21	5.6	15.4	0.0	22.7	3.2
26	0.68	8.2	0.69	22.96	0.44	0.21	5.6	15.4	0.0	22.7	3.2
27	0.68	8.7	0.69	22.9	0.44	0.21	5.6	15.4	0.0	22.7	3.2
28	0.68	9.2	0.69	22.75	0.43	0.2	5.6	15.4	0.0	22.5	3.1
29	0.68	9.8	0.69	22.54	0.43	0.2	5.6	15.4	0.0	22.3	3.1
30	0.68	10.3	0.69	22.24	0.42	0.2	5.6	15.4	0.0	22.0	3.1
31	0.68	10.8	0.69	21.88	0.42	0.2	5.6	15.4	0.0	21.7	3.1
32	0.68	11.4	0.69	21.43	0.41	0.19	5.6	15.4	0.0	21.2	3.0
33	0.68	11.9	0.69	20.91	0.4	0.19	5.6	15.4	0.0	20.7	3.0
34	0.68	12.4	0.7	20.31	0.39	0.18	5.6	15.4	0.0	20.1	3.0
35	0.84	13.0	0.86	24.17	0.46	0.22	5.6	15.4	0.0	24.0	3.6
36	0.52	13.6	0.53	14.49	0.28	0.13	5.6	15.4	0.0	14.4	2.2
37	0.68	14.1	0.7	18.65	0.35	0.17	5.6	15.4	0.0	18.5	2.8
38	0.68	14.6	0.7	18.21	0.35	0.16	5.6	15.4	0.0	18.1	2.8
39	0.68	15.2	0.7	17.69	0.34	0.16	5.6	15.4	0.0	17.6	2.7
40	0.68	15.7	0.71	17.1	0.32	0.15	5.6	15.4	0.0	17.0	2.7
41	0.68	16.3	0.71	16.42	0.31	0.15	5.6	15.4	0.0	16.3	2.6
42	0.68	16.8	0.71	15.66	0.3	0.14	5.6	15.4	0.0	15.6	2.6
43	0.41	17.3	0.43	8.98	0.17	0.08	5.6	15.4	0.0	8.9	1.5
44	0.95	17.8	1.0	18.97	0.36	0.17	5.6	15.4	0.0	18.8	3.4
45	0.68	18.5	0.72	11.4	0.22	0.1	5.6	15.4	0.0	11.3	2.2
46	0.68	19.0	0.72	9.52	0.18	0.09	5.6	15.4	0.0	9.4	2.1
47	0.68	19.6	0.72	7.56	0.14	0.07	5.6	15.4	0.0	7.3	1.9
48	0.68	20.1	0.72	5.51	0.1	0.05	5.6	15.4	0.0	5.2	1.7
49	0.68	20.7	0.73	3.37	0.06	0.03	5.6	15.4	0.0	3.0	1.5
50	0.68	21.3	0.73	1.15	0.02	0.01	5.6	15.4	0.0	0.7	1.3

**Figure 3- Sezione A-A' pre-opera WTG 4**

Analisi di stabilità pendio WTG 4_condizioni post-opera

=

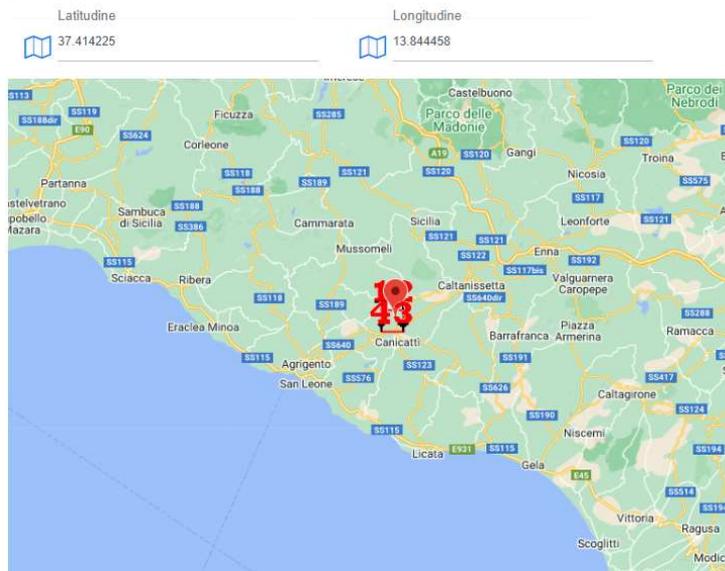
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

==

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	34.54 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	106.98 m
Ascissa vertice destro superiore xs	53.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	128.98 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	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,78	1,67	1,40	1,35
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.007	0.009	0.019	0.023
kv	0.003	0.004	0.009	0.012
Amax [m/s²]	0.337	0.428	0.926	1.143
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Coefficiente azione sismica orizzontale

0.019

Coefficiente azione sismica verticale

0.009

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	50.0
2	20.0	53.0
3	35.0	55.0
4	45.0	56.0
5	56.3	57.0
6	85.0	61.0
7	90.0	62.0
8	100.0	63.0
9	110.0	64.0

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	48.0
2	20.0	51.0
3	35.0	53.0
4	45.0	54.0
5	56.3	55.0
6	85.0	59.0
7	90.0	60.0
8	100.0	61.0
9	110.0	62.0

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)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	7	19	17	17	Terreno vegetale	
2	20	35	20	20	Formazione gessosa	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	56.3	57	66.3	58.39373	160

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.3
Ascissa centro superficie	44.19 m
Ordinata centro superficie	113.58 m
Raggio superficie	59.42 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.

$$x_c = 45.155 \quad y_c = 108.079 \quad R_c = 53.866 \quad F_s = 1.313$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	Ni (kN)	Ti (kN)
1	0.6	-9.9	0.61	0.86	0.02	0.01	5.6	15.4	0.0	1.3	2.6
2	0.6	-9.2	0.61	2.51	0.05	0.02	5.6	15.4	0.0	3.0	2.9
3	0.6	-8.6	0.61	4.1	0.08	0.04	5.6	15.4	0.0	4.6	3.3
4	0.6	-7.9	0.61	5.62	0.11	0.05	5.6	15.4	0.0	6.2	3.5
5	0.6	-7.3	0.61	7.06	0.13	0.06	5.6	15.4	0.0	7.6	3.8
6	0.6	-6.6	0.61	8.43	0.16	0.08	5.6	15.4	0.0	9.0	4.1
7	0.6	-6.0	0.61	9.73	0.18	0.09	5.6	15.4	0.0	10.2	4.3
8	0.6	-5.3	0.61	10.96	0.21	0.1	5.6	15.4	0.0	11.4	4.5
9	0.6	-4.7	0.61	12.13	0.23	0.11	5.6	15.4	0.0	12.6	4.7
10	0.6	-4.0	0.6	13.22	0.25	0.12	5.6	15.4	0.0	13.6	4.9
11	0.6	-3.4	0.6	14.24	0.27	0.13	5.6	15.4	0.0	14.6	5.1
12	0.6	-2.8	0.6	15.19	0.29	0.14	5.6	15.4	0.0	15.5	5.3
13	0.6	-2.1	0.6	16.07	0.31	0.14	5.6	15.4	0.0	16.3	5.4
14	0.6	-1.5	0.6	16.88	0.32	0.15	5.6	15.4	0.0	17.0	5.6
15	0.6	-0.8	0.6	17.63	0.33	0.16	5.6	15.4	0.0	17.7	5.7
16	0.32	-0.3	0.32	9.74	0.19	0.09	5.6	15.4	0.0	9.8	3.1
17	0.88	0.3	0.88	27.39	0.52	0.25	5.6	15.4	0.0	27.3	8.6
18	0.6	1.1	0.6	19.3	0.37	0.17	5.6	15.4	0.0	19.2	6.0
19	0.6	1.7	0.6	19.69	0.37	0.18	5.6	15.4	0.0	19.5	6.1
20	0.6	2.4	0.6	20.02	0.38	0.18	5.6	15.4	0.0	19.8	6.1
21	0.6	3.0	0.6	20.28	0.39	0.18	5.6	15.4	0.0	20.0	6.2
22	0.6	3.7	0.6	20.46	0.39	0.18	5.6	15.4	0.0	20.1	6.2
23	0.6	4.3	0.61	20.59	0.39	0.19	16.0	29.3	0.0	19.6	14.3

24	0.6	5.0	0.61	20.64	0.39	0.19	16.0	29.3	0.0	19.5	14.3
25	0.6	5.6	0.61	20.62	0.39	0.19	16.0	29.3	0.0	19.3	14.2
26	0.6	6.2	0.61	20.51	0.39	0.18	5.6	15.4	0.0	20.0	6.2
27	0.6	6.9	0.61	20.34	0.39	0.18	5.6	15.4	0.0	19.8	6.1
28	0.6	7.5	0.61	20.11	0.38	0.18	5.6	15.4	0.0	19.5	6.1
29	0.6	8.2	0.61	19.8	0.38	0.18	5.6	15.4	0.0	19.1	6.0
30	0.6	8.8	0.61	19.42	0.37	0.17	5.6	15.4	0.0	18.7	5.9
31	0.6	9.5	0.61	18.97	0.36	0.17	5.6	15.4	0.0	18.3	5.9
32	0.6	10.1	0.61	18.45	0.35	0.17	5.6	15.4	0.0	17.7	5.8
33	0.6	10.8	0.61	17.86	0.34	0.16	5.6	15.4	0.0	17.1	5.6
34	0.76	11.5	0.78	21.66	0.41	0.19	5.6	15.4	0.0	20.7	7.0
35	0.44	12.2	0.45	82.82	1.57	0.75	5.6	15.4	0.0	81.0	17.2
36	0.6	12.8	0.62	112.55	2.14	1.01	5.6	15.4	0.0	110.1	23.4
37	0.6	13.4	0.62	111.98	2.13	1.01	5.6	15.4	0.0	109.6	23.3
38	0.6	14.1	0.62	111.32	2.12	1.0	5.6	15.4	0.0	109.0	23.2
39	0.6	14.7	0.62	110.6	2.1	1.0	5.6	15.4	0.0	108.3	23.1
40	0.6	15.4	0.63	109.79	2.09	0.99	5.6	15.4	0.0	107.6	22.9
41	0.6	16.1	0.63	108.91	2.07	0.98	5.6	15.4	0.0	106.8	22.8
42	0.6	16.7	0.63	107.96	2.05	0.97	5.6	15.4	0.0	105.9	22.7
43	0.6	17.4	0.63	106.92	2.03	0.96	5.6	15.4	0.0	105.0	22.5
44	0.6	18.1	0.63	105.8	2.01	0.95	5.6	15.4	0.0	104.0	22.3
45	0.6	18.8	0.64	104.6	1.99	0.94	5.6	15.4	0.0	103.0	22.1
46	0.6	19.4	0.64	103.32	1.96	0.93	5.6	15.4	0.0	101.8	21.9
47	0.6	20.1	0.64	101.96	1.94	0.92	5.6	15.4	0.0	100.6	21.7
48	0.6	20.8	0.65	100.52	1.91	0.9	5.6	15.4	0.0	99.4	21.5
49	0.6	21.5	0.65	98.99	1.88	0.89	5.6	15.4	0.0	98.0	21.2
50	0.6	22.2	0.65	81.37	1.55	0.73	5.6	15.4	0.0	80.6	17.9

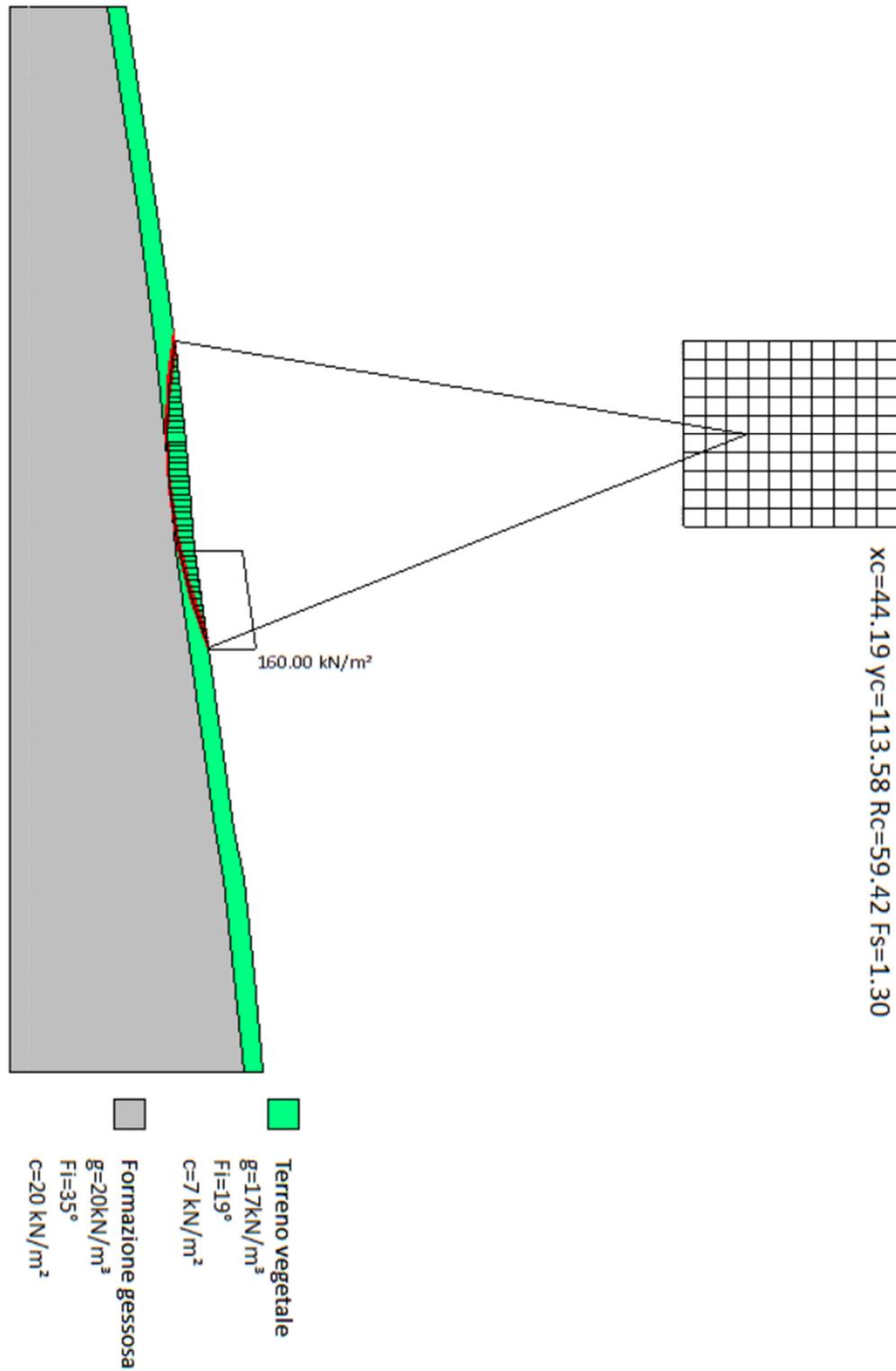


Figura 4: Sezione A-A' post opera WTG 4

6.4 SINTESI DEI RISULTATI

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

	LITOLOGIA	SPESSORE [m]	FATTORE DI SICUREZZA	
			PRE-OPERA	POST-OPERA
WTG 1	Terreno vegetale	1.0	2.67	1.50
	Terreno limo argilloso	6.0		
	Terreno marnoso argilloso			
WTG 4	Terreno vegetale	2.0	2.91	1.30
	Formazione gessosa			