

REGIONE
CALABRIA



Provincia di
Catanzaro



Committente:



PLT engineering s.r.l.
via Dismano 1280
47522 Cesena (FC)
P.IVA/C.F. 05857900723

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "SELLIA MARINA"

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

ID PROGETTO:	PESM
DISCIPLINA:	P
CAPITOLO:	

N° Documento:

PESM-P-GE-01

Elaborato:

Relazione stabilità pendii

SCALA:

FORMATO:

A4

Nome file:

PESM-P-GE-01_Relazione stabilità pendii

Progettazione:



Ing. Saverio Pagliuso

Ing. Mario Francesco Perri

Ing. Giorgio Salatino

Ing. Claudio Coscarella

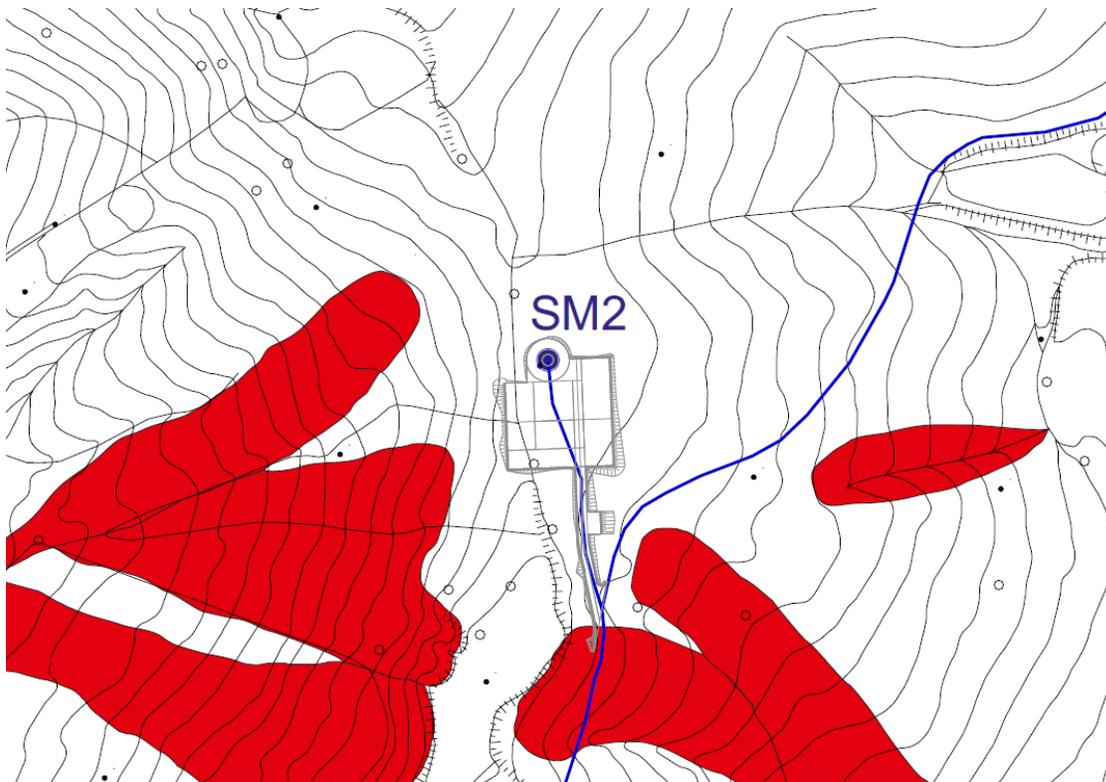
Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	06/2021	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	PLT

1. PREMESSA

Come descritto nell'elaborato PESH-S.02.01 Relazione geologica, esistono delle criticità dal punto di vista geomorfologico e idrogeologico che devono essere affrontate.

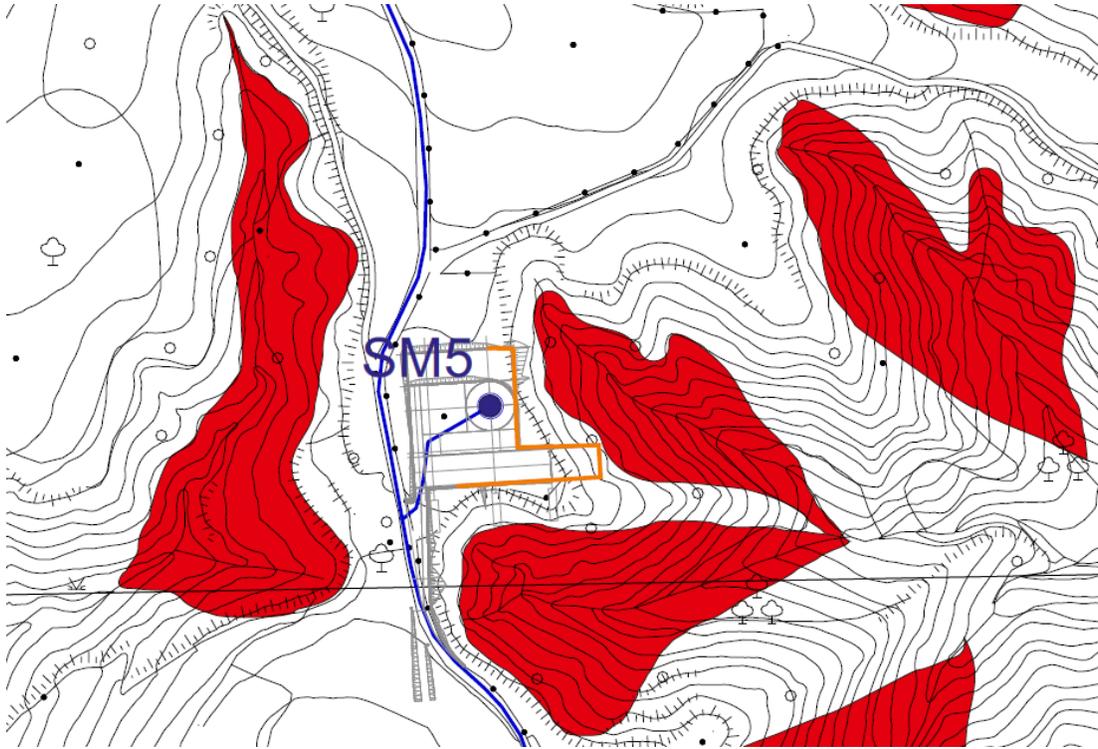
Di seguito si riporta uno stralcio dell'elaborato summenzionato.

Piazzola SM2: un tratto della viabilità di accesso e di un tratto del cavidotto sono interessate da un movimento franoso e, quindi, sono necessarie alcune opere di consolidamento anche a difesa del cavidotto (paratie di pali) mentre il versante a sud è interessato da dissesti attivi che possono evolvere in frane di scorrimento "rotational slide" da tenere nella debita considerazione per le opere. Sarà necessario prevedere opere di ingegneria naturalistica e/o paratie di pali per evitare che l'evoluzione retrogressiva possa interessare la piazzola e l'aerogeneratore.

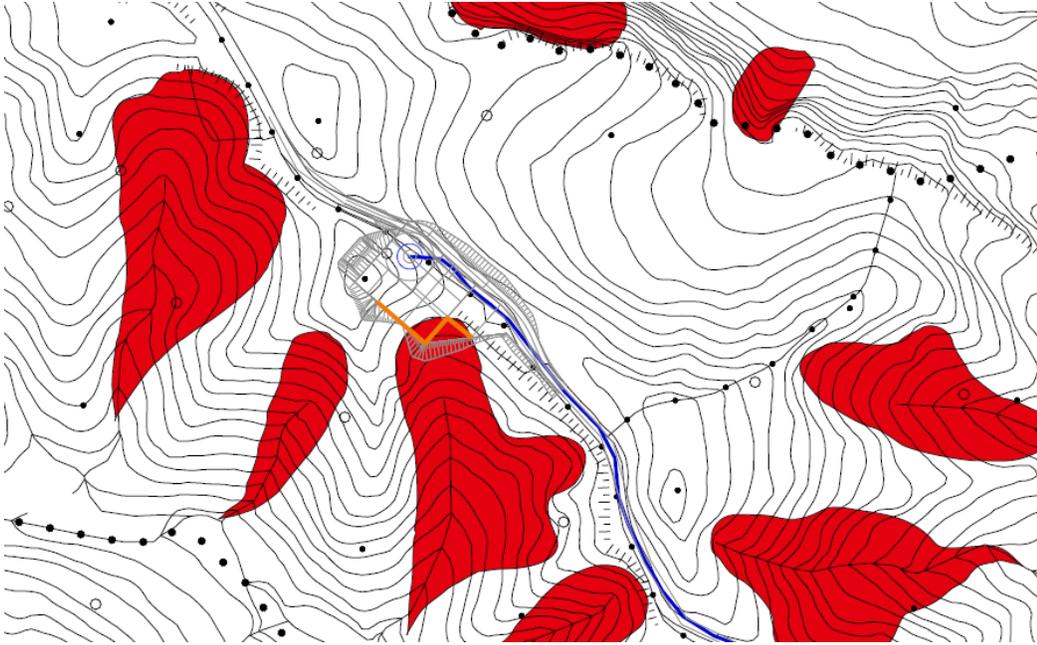


Aerogeneratore SM5: i versanti a sud ed ad ovest sono interessati da dissesti attivi che possono evolvere in frane di scorrimento "rotational slide" da tenere nella debita considerazione nella progettazione delle opere. Sarà necessario prevedere opere di ingegneria naturalistica e/o

paratie di pali per evitare che l'evoluzione retrogressiva possa interessare la piazzola e l'aerogeneratore.



Aerogeneratore SM12: i versanti a sud ed ad ovest sono interessati da dissesti attivi che possono evolvere in frane di scorrimento "rotational slide" da tenere nella debita considerazione nella progettazione delle opere. Sarà necessario prevedere opere di ingegneria naturalistica e/o paratie di pali per evitare che l'evoluzione retrogressiva possa interessare la piazzola e l'aerogeneratore.



In relazione alle richieste del MiTE formulate con nota prot. 0063640 del 14/07/2021 ed, in base a quanto sopra riportato, nella presente relazione sono descritte le verifiche di stabilità relative alle piazzole degli aerogeneratori SM02, SM05 ed SM12.

2. DATI DI BASE – INDAGINI GEOGNOSTICHE

Come descritto nell'elaborato PESM-S.02.01 Relazione geologica, sono state condotte delle indagini di sismica passiva a stazione singola (tromografia). In particolare sono state eseguite n.15 misure di microtremore ambientale, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per i punti oggetto delle verifiche i risultati delle indagini sono i seguenti.

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 1.00	100	D	C (Vs30=350 m/s)
1.00 – 5.00	300	C	
5.00 – 30.00	400	B	

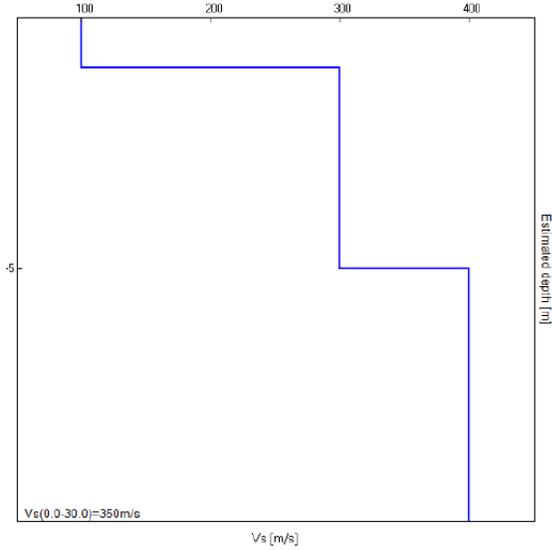


Tabella n. 3 - Interpretazione sondaggio tromografico T2

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 1.00	100	D	C (Vs30=331 m/s)
1.00 – 5.00	190	C	
5.00 – 30.00	420	B	

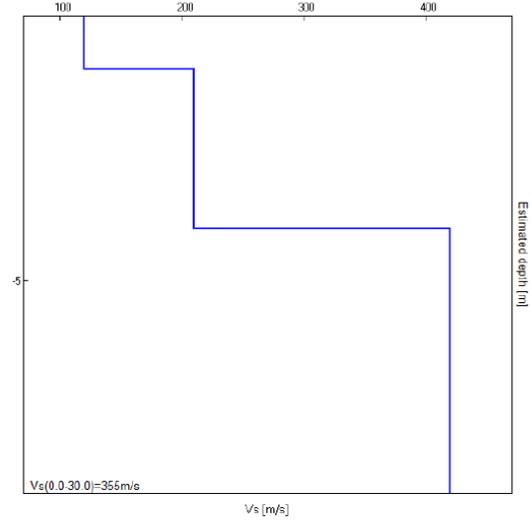


Tabella n. 6 - Interpretazione sondaggio tromografico T5

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi del D.M. del 17/01/2018	
0.00 – 1.00	130	C	C (Vs30=345 m/s)
1.00 - 5.00	220	C	
5.00 – 30.00	410	B	

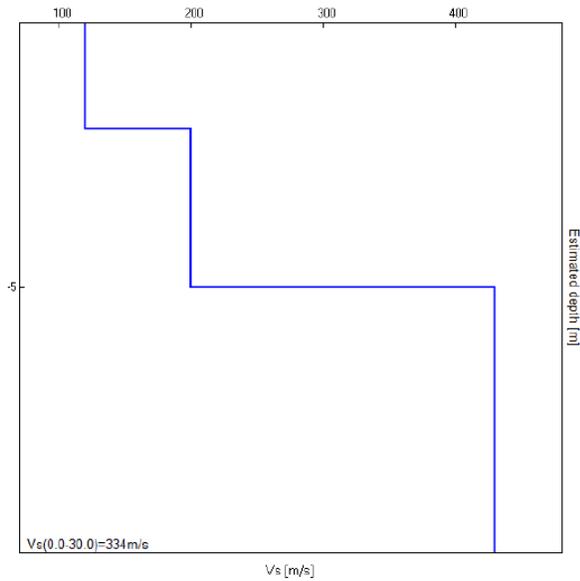


Tabella n. 11 - Interpretazione sondaggio tromografico T12

In ordine alle indagini eseguite sono state individuate le seguenti litologie:

- complesso sabbioso
($\phi' = 30^\circ$ $c' = 0-1.00$ kN/m² $\gamma = 1.9-2.0$ kN/m³)
- complesso conglomeratico
($\phi' = 35-40^\circ$ $c' = 0-1.00$ kN/m² $\gamma = 2.0-2.1$ kN/m³)
- complesso argilloso
($\phi' = 22-25^\circ$ $c' = 1.0-2.0$ kN/m² $\gamma = 2.0-2.1$ kN/m³)

Per quanto riguarda le stratigrafie si è evinto quanto segue:

- 1) Sabbie fini di colore variabile dal beige all'ocra, da mediamente a molto addensate, a tratti con incipiente cementazione, a struttura omogenea. Si trovano intercalati strati di conglomerati immersi in matrice sabbiosa fine. La frazione alterata, presente nei primi 3-5 metri di profondità scarsamente consistente. Questi litotipi di spessore variabile tra 2 e 15 metri poggiano sui litotipi argillosi ed interessano gli aerogeneratori 1, 2, 3, 10, 11, 13 e 14.
- 2) Sabbie fini e sabbie siltose a grana fine, di colore bruno chiaro a grigio, mediamente addensate e consistenti. Si trovano intercalati strati di conglomerati immersi in matrice sabbiosa fine. La frazione alterata, presente nei primi 3-5 metri di profondità scarsamente consistente. Questi litotipi di spessore variabile tra 5 e 10 metri poggiano sui litotipi del complesso conglomeratico ed interessano i terreni di sedime degli aerogeneratori 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12;
- 3) l'aerogeneratore 12 interessa i litotipi del complesso conglomeratico con spessori superiori ai 30 mt;

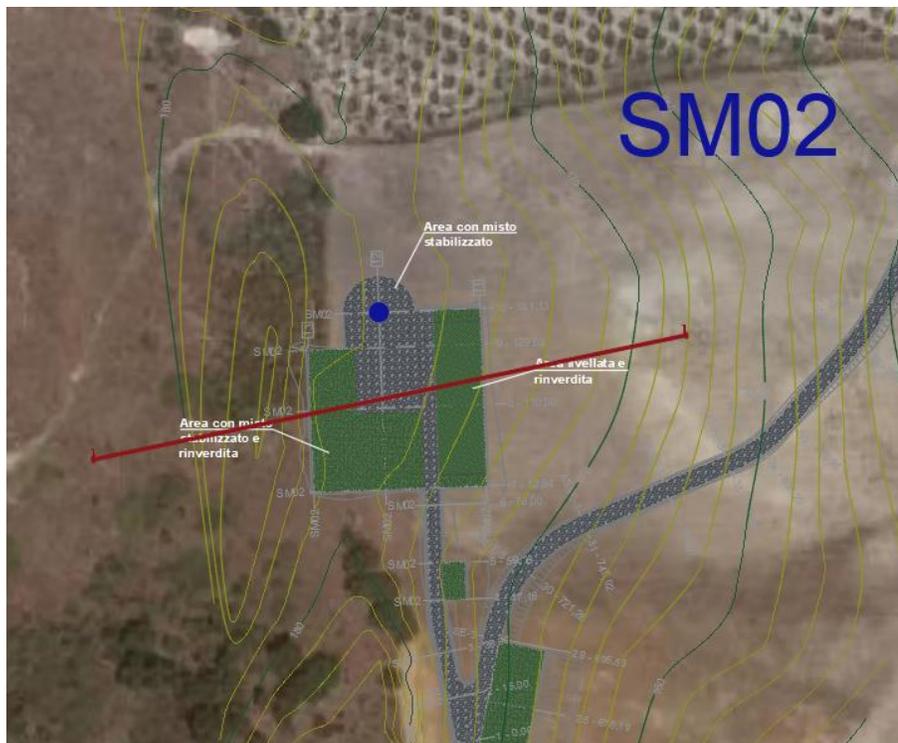
3. VERIFICHE DI STABILITA'

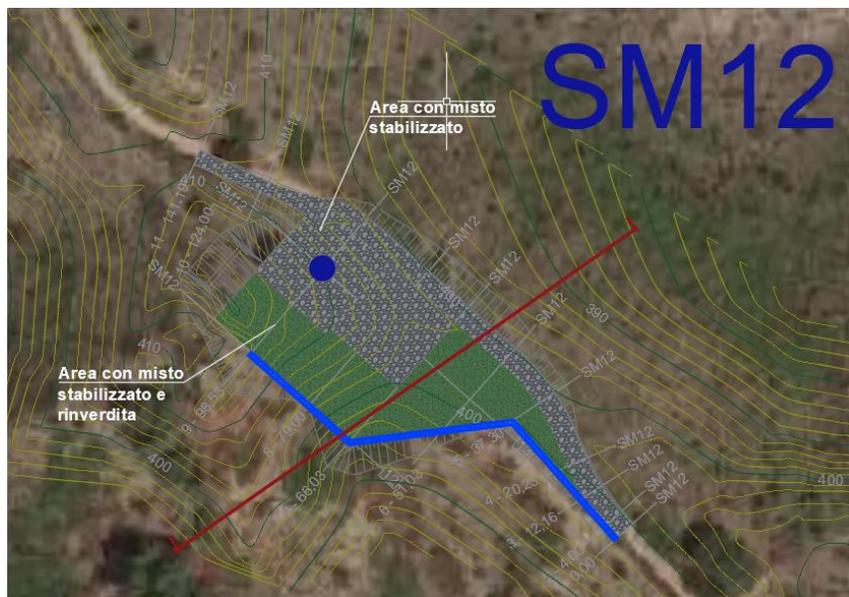
Definizione

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.

Le verifiche di stabilità sono condotte in corrispondenza degli aerogeneratori SM02, SM05 e SM12.

Le sezioni ivi considerate sono quelle relative alla massima pendenza.





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.

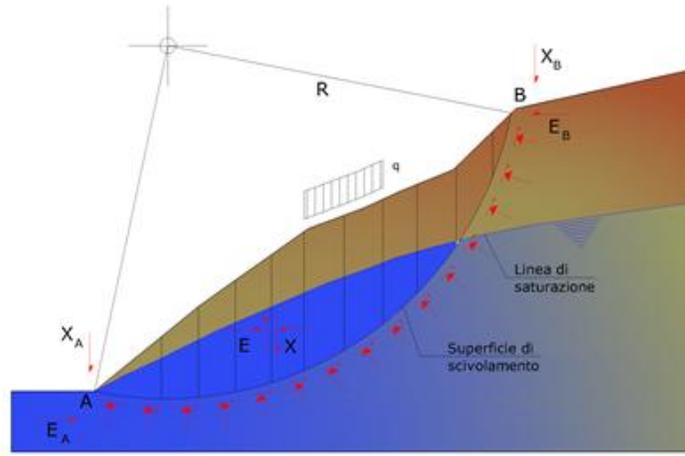
Metodo equilibrio limite (LEM)

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 (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_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 cono;
- n valori delle forze di taglio alla base del cono 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_i 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.

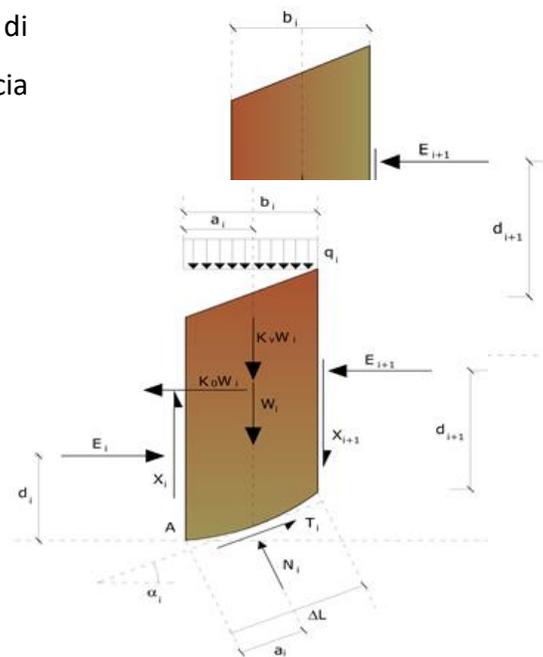
Metodo di Fellenius (1927)

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_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 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.

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

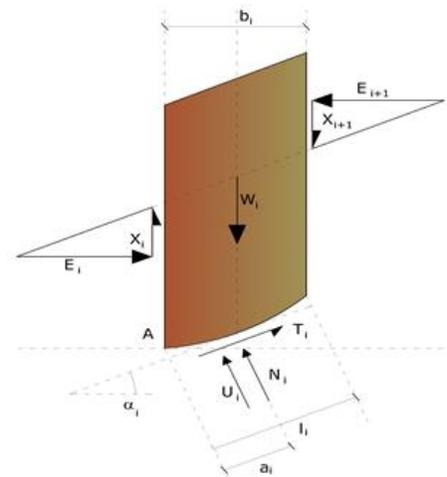
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criteri di rottura}$$

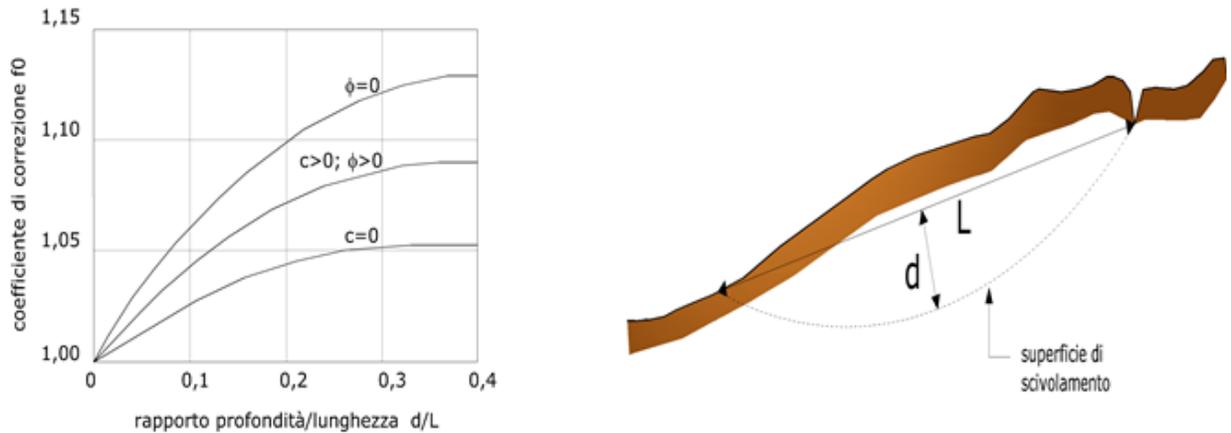
$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



I valori di F e di DX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $DX = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di Janbu (1967)

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 s e t 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:

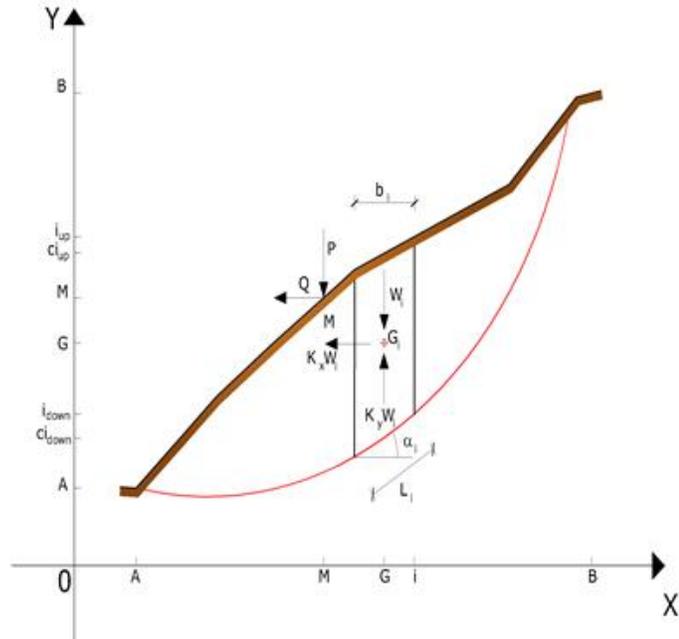
F = il fattore di sicurezza;

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

f_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:

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

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:

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

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

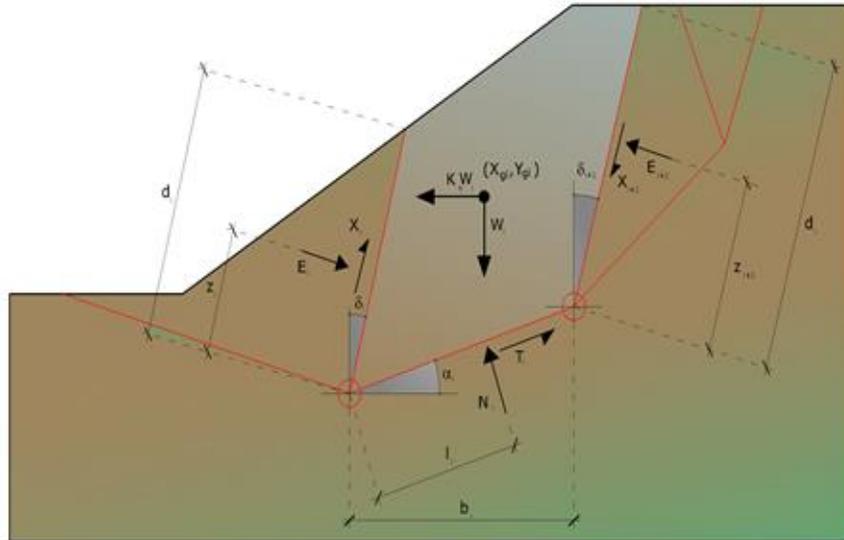
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$SDE_i = 0$$

$$SDX_i = 0$$

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:



Azioni sull' iesimo concio, metodo di Sarma

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

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

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=Kc **Accelerazione critica** se **F=1**

F=Fs **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 , I 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 q ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1.....n$.

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:

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

dove:

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

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:

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

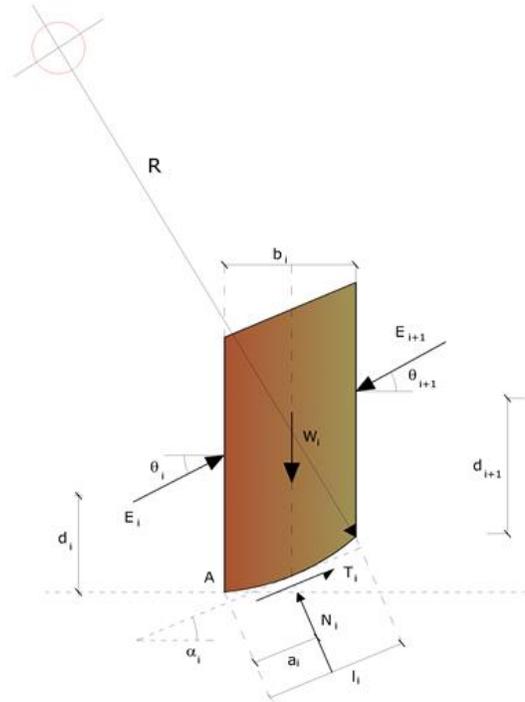
$$\sum (Q_i \text{sen} \theta) = 0$$

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

$$2) \sum Q_i = 0$$

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:

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



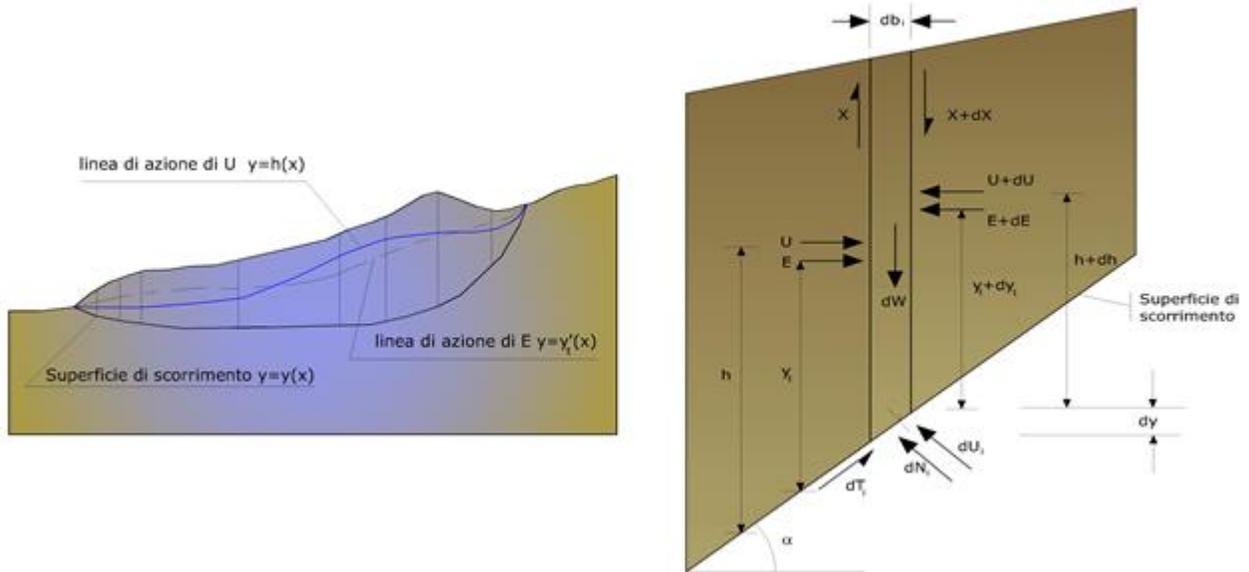
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

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":

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



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

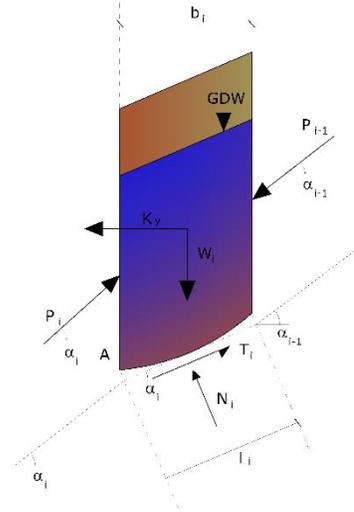
Una seconda equazione, detta “**equazione dei momenti**”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

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

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.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce una striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano



nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei i pali (s/d) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_{i-1}) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i), riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a (3n), da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R, chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

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 $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

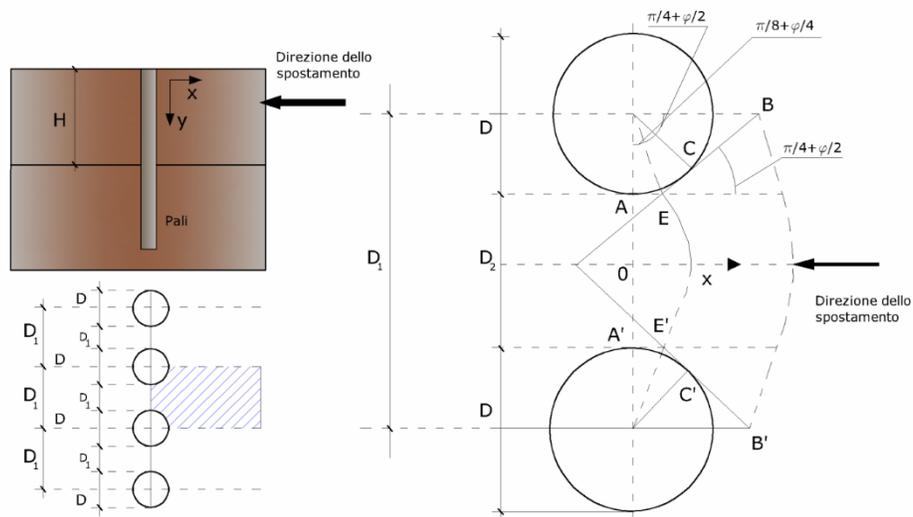
Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali. Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo–terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed $A'E'B'$;
- Le direzioni EB ed $E'B'$ formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \phi/2)$ e $-(45 + \phi/2)$;

- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AE_{BB'}E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[\frac{1}{(N_\phi \tan \phi)} \left(e^{k_2} - 2(N_\phi)^{1/2} \tan \phi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\phi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

φ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D₁ = interasse tra i pali;

D₂ = spazio libero fra due pali consecutivi;

N_φ = $\tan^2(\pi/4 + \phi/2)$

$$K_1 = (N_\phi)^{1/2} \tan \phi + N_\phi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\phi \tan(\pi/8 + \phi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \phi + 2(N_\phi)^{1/2} + 1 / (N_\phi)^{1/2} \right] / \left[(N_\phi)^{1/2} \tan \phi + N_\phi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1 / D_2)^{k_1} \cdot e^{k_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 (3 \ln(D_1 / D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi / 8) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 (3 \ln(D_1 / D_2) + (D_1 - D_2) / D_2 \tan \pi / 8) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P, influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0$ $P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1$ $P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;

- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

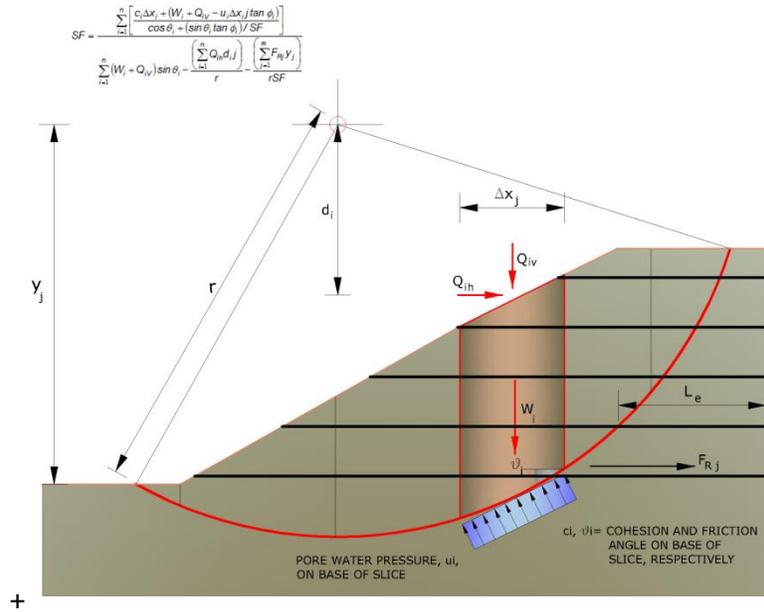
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

d Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

- $T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;
- L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;
- f_b Coefficiente di *Pullout*;
- σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

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.

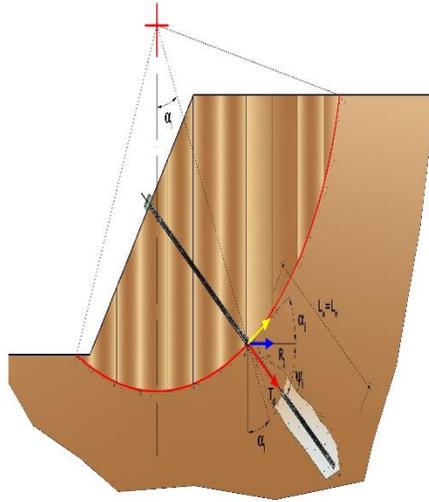
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **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.

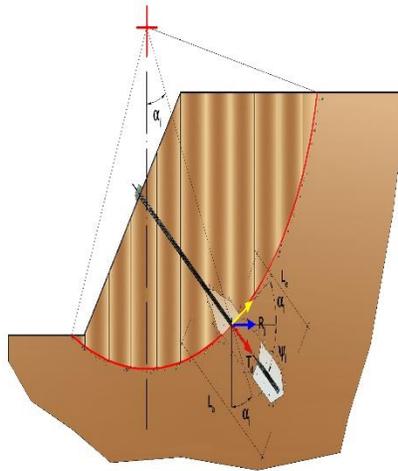
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

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;

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.

4. TABULATI DELLE VERIFICHE

PIAZZOLA SM02 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	29.27 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	185.92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	98.76 m
Ordinata vertice destro superiore ys	194.94 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 100.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2.339	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.1404	0.2	0.0029	0.0014
S.L.D.	0.1818	0.2	0.0037	0.0019
S.L.V.	0.4842	0.2	0.0099	0.0049
S.L.C.	0.621	0.2	0.0127	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0029

Coefficiente azione sismica verticale 0.0014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	152.7
2	25.0	161.23
3	50.0	169.62
4	75.0	178.56
5	100.0	178.74
6	125.0	176.57
7	150.0	173.92
8	175.0	170.77
9	196.45	166.16

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	147.84
2	50.0	164.62
3	75.0	173.56
4	100.0	173.74
5	125.0	171.57
6	150.0	168.92
7	175.0	165.77
8	196.45	161.16

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

=====

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturato (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2100.00	Sabbie fine	
2	0.1		22	2000	2100	Litotipi argillosi	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

=====

Fs minimo individuato	1.23
-----------------------	------

Ascissa centro superficie	32.74 m
Ordinata centro superficie	194.49 m
Raggio superficie	41.78 m

=====

Numero di superfici esaminate....(221)

=====

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	29.3	185.9	29.9	1.31
2	32.7	186.4	30.1	1.31
3	36.2	185.9	29.8	1.31
4	39.7	186.4	30.3	1.32
5	43.2	185.9	29.9	1.30
6	46.6	186.4	30.3	1.30
7	50.1	185.9	26.2	1.30
8	53.6	186.4	22.7	1.32
9	57.1	185.9	18.8	1.36
10	60.5	186.4	19.4	1.39
11	64.0	185.9	15.6	1.51
12	67.5	186.4	12.7	1.57
13	71.0	185.9	9.1	1.54
14	74.4	186.4	34.2	2.78
15	77.9	185.9	30.4	3.31
16	81.4	186.4	30.9	4.35
17	84.9	185.9	30.5	5.92
18	88.3	186.4	30.7	9.13
19	91.8	185.9	30.0	19.38

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

20	95.3	186.4	11.7	20.00
21	98.8	185.9	11.2	20.00
22	29.3	186.8	34.3	1.28
23	32.7	187.3	34.8	1.28
24	36.2	186.8	34.4	1.29
25	39.7	187.3	34.8	1.28
26	43.2	186.8	34.4	1.29
27	46.6	187.3	30.9	1.29
28	50.1	186.8	26.8	1.29
29	53.6	187.3	23.6	1.32
30	57.1	186.8	19.7	1.35
31	60.5	187.3	20.3	1.39
32	64.0	186.8	16.5	1.54
33	67.5	187.3	13.6	1.60
34	71.0	186.8	10.0	1.61
35	74.4	187.3	28.1	2.82
36	77.9	186.8	31.3	3.26
37	81.4	187.3	31.6	4.33
38	84.9	186.8	31.1	5.90
39	88.3	187.3	34.9	7.83
40	91.8	186.8	34.5	14.08
41	95.3	187.3	12.0	20.00
42	98.8	186.8	11.6	20.00
43	29.3	187.7	35.2	1.27
44	32.7	188.2	35.6	1.27
45	36.2	187.7	35.2	1.28
46	39.7	188.2	35.6	1.28
47	43.2	187.7	31.3	1.28

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

48	46.6	188.2	31.8	1.29
49	50.1	187.7	27.7	1.29
50	53.6	188.2	24.5	1.31
51	57.1	187.7	20.6	1.34
52	60.5	188.2	17.6	1.40
53	64.0	187.7	17.4	1.53
54	67.5	188.2	14.5	1.63
55	71.0	187.7	10.9	1.68
56	74.4	188.2	28.9	2.81
57	77.9	187.7	32.0	3.22
58	81.4	188.2	35.8	4.15
59	84.9	187.7	31.7	5.89
60	88.3	188.2	35.6	7.75
61	91.8	187.7	35.2	13.86
62	95.3	188.2	16.0	20.00
63	98.8	187.7	12.1	20.00
64	29.3	188.6	36.0	1.26
65	32.7	189.1	36.4	1.26
66	36.2	188.6	36.0	1.27
67	39.7	189.1	32.6	1.30
68	43.2	188.6	32.2	1.27
69	46.6	189.1	32.7	1.28
70	50.1	188.6	28.6	1.28
71	53.6	189.1	25.4	1.30
72	57.1	188.6	21.4	1.34
73	60.5	189.1	18.5	1.40
74	64.0	188.6	18.3	1.55
75	67.5	189.1	15.4	1.65

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

76	71.0	188.6	11.5	1.68
77	74.4	189.1	29.2	2.81
78	77.9	188.6	32.5	3.44
79	81.4	189.1	36.5	4.13
80	84.9	188.6	36.1	5.54
81	88.3	189.1	32.4	8.99
82	91.8	188.6	35.9	13.66
83	95.3	189.1	16.8	20.00
84	98.8	188.6	13.0	20.00
85	29.3	189.5	36.8	1.26
86	32.7	190.0	37.3	1.26
87	36.2	189.5	32.9	1.28
88	39.7	190.0	37.4	1.27
89	43.2	189.5	33.1	1.27
90	46.6	190.0	29.8	1.28
91	50.1	189.5	29.5	1.28
92	53.6	190.0	26.3	1.31
93	57.1	189.5	22.3	1.33
94	60.5	190.0	19.4	1.40
95	64.0	189.5	15.6	1.33
96	67.5	190.0	15.1	1.52
97	71.0	189.5	14.7	2.17
98	74.4	190.0	29.6	2.82
99	77.9	189.5	33.1	3.44
100	81.4	190.0	37.2	4.12
101	84.9	189.5	32.8	5.88
102	88.3	190.0	33.1	8.86
103	91.8	189.5	36.8	13.35

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

104	95.3	190.0	17.7	20.00
105	98.8	189.5	13.9	20.00
106	29.3	190.4	37.7	1.26
107	32.7	190.9	34.2	1.29
108	36.2	190.4	37.8	1.26
109	39.7	190.9	34.4	1.28
110	43.2	190.4	34.0	1.26
111	46.6	190.9	30.7	1.27
112	50.1	190.4	30.4	1.28
113	53.6	190.9	27.2	1.31
114	57.1	190.4	23.2	1.34
115	60.5	190.9	19.5	1.37
116	64.0	190.4	19.2	1.58
117	67.5	190.9	14.7	1.33
118	71.0	190.4	14.4	2.04
119	74.4	190.9	30.0	2.81
120	77.9	190.4	33.6	3.44
121	81.4	190.9	33.7	4.35
122	84.9	190.4	37.6	5.49
123	88.3	190.9	34.0	8.69
124	91.8	190.4	33.7	17.01
125	95.3	190.9	14.7	20.00
126	98.8	190.4	14.7	20.00
127	29.3	191.3	34.5	1.30
128	32.7	191.8	39.1	1.25
129	36.2	191.3	34.7	1.27
130	39.7	191.8	39.2	1.26
131	43.2	191.3	34.9	1.25

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

132	46.6	191.8	31.6	1.27
133	50.1	191.3	27.5	1.28
134	53.6	191.8	27.8	1.31
135	57.1	191.3	23.7	1.36
136	60.5	191.8	23.3	1.43
137	64.0	191.3	19.0	1.51
138	67.5	191.8	18.5	1.80
139	71.0	191.3	14.0	1.84
140	74.4	191.8	30.3	2.81
141	77.9	191.3	34.2	3.44
142	81.4	191.8	34.6	4.33
143	84.9	191.3	38.5	5.46
144	88.3	191.8	34.9	8.54
145	91.8	191.3	34.6	16.44
146	95.3	191.8	15.6	20.00
147	98.8	191.3	15.6	20.00
148	29.3	192.2	35.4	1.29
149	32.7	192.7	36.0	1.28
150	36.2	192.2	39.6	1.25
151	39.7	192.7	36.2	1.27
152	43.2	192.2	35.8	1.25
153	46.6	192.7	32.5	1.26
154	50.1	192.2	32.1	1.29
155	53.6	192.7	28.0	1.30
156	57.1	192.2	27.6	1.37
157	60.5	192.7	23.3	1.46
158	64.0	192.2	18.8	1.42
159	67.5	192.7	18.3	1.70

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

160	71.0	192.2	26.5	2.31
161	74.4	192.7	30.9	2.80
162	77.9	192.2	34.9	3.44
163	81.4	192.7	35.5	4.30
164	84.9	192.2	35.2	5.84
165	88.3	192.7	39.9	7.40
166	91.8	192.2	39.5	12.53
167	95.3	192.7	16.5	20.00
168	98.8	192.2	16.5	20.00
169	29.3	193.1	40.4	1.25
170	32.7	193.6	40.9	1.24
171	36.2	193.1	40.5	1.24
172	39.7	193.6	37.1	1.26
173	43.2	193.1	36.7	1.25
174	46.6	193.6	32.8	1.26
175	50.1	193.1	28.4	1.30
176	53.6	193.6	28.2	1.31
177	57.1	193.1	27.8	1.37
178	60.5	193.6	23.3	1.47
179	64.0	193.1	18.6	1.33
180	67.5	193.6	18.1	1.58
181	71.0	193.1	17.8	2.28
182	74.4	193.6	31.8	2.80
183	77.9	193.1	35.8	3.44
184	81.4	193.6	36.4	4.28
185	84.9	193.1	36.1	5.80
186	88.3	193.6	40.8	7.33
187	91.8	193.1	40.4	12.30

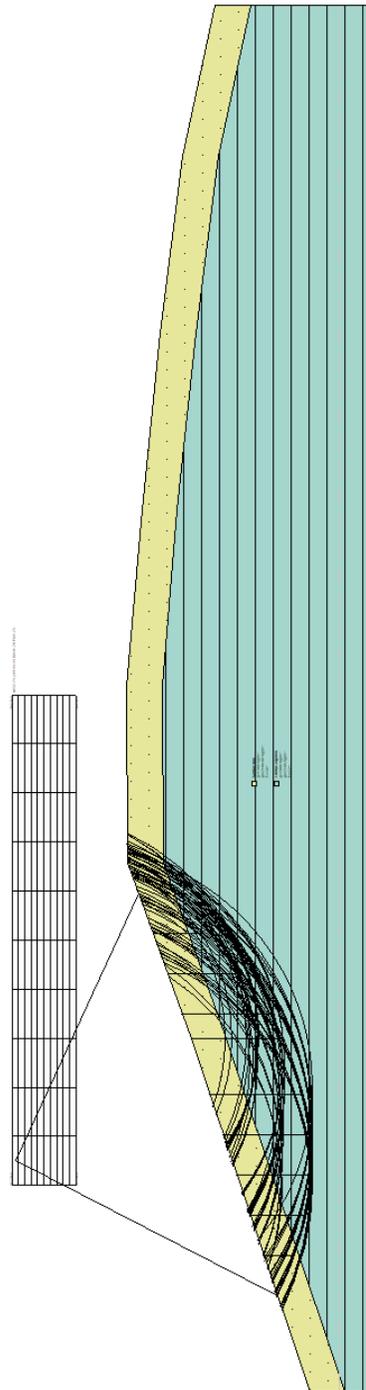
Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

188	95.3	193.6	17.4	20.00
189	98.8	193.1	17.3	20.00
190	29.3	194.0	41.3	1.24
191	32.7	194.5	41.8	1.23
192	36.2	194.0	41.4	1.24
193	39.7	194.5	37.7	1.26
194	43.2	194.0	37.3	1.24
195	46.6	194.5	33.2	1.26
196	50.1	194.0	32.8	1.29
197	53.6	194.5	28.4	1.31
198	57.1	194.0	28.0	1.36
199	60.5	194.5	23.3	1.43
200	64.0	194.0	27.4	1.68
201	67.5	194.5	18.7	1.56
202	71.0	194.0	27.6	2.32
203	74.4	194.5	37.0	2.81
204	77.9	194.0	41.0	3.42
205	81.4	194.5	37.3	4.25
206	84.9	194.0	41.2	5.36
207	88.3	194.5	41.7	7.26
208	91.8	194.0	41.3	11.39
209	95.3	194.5	18.2	20.00
210	98.8	194.0	18.2	20.00
211	29.3	194.9	38.1	1.27
212	36.2	194.9	38.1	1.25
213	43.2	194.9	37.8	1.24
214	50.1	194.9	33.2	1.29
215	57.1	194.9	28.2	1.38

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

216	64.0	194.9	23.3	1.66
217	71.0	194.9	28.5	2.33
218	77.9	194.9	33.3	3.40
219	84.9	194.9	37.9	5.73
220	91.8	194.9	38.2	14.67
221	98.8	194.9	19.1	20.00

=====



PIAZZOLA SM02 – STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Lat./Long.	38.933185/16.723458
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.11 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	187.17 m
Ascissa vertice destro superiore xs	85.96 m
Ordinata vertice destro superiore ys	199.58 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II

Vita nominale: 100.0 [anni]
Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2.339	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.1404	0.2	0.0029	0.0014
S.L.D.	0.1818	0.2	0.0037	0.0019
S.L.V.	0.4842	0.2	0.0099	0.0049
S.L.C.	0.621	0.2	0.0127	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0029

Coefficiente azione sismica verticale 0.0014

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	152.7
2	25.0	161.23
3	50.0	169.62
4	69.8	176.71
5	71.33	177.71
6	129.76	177.71
7	131.9	176.71
8	150.0	173.92
9	175.0	170.77
10	196.45	166.16

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	147.84
2	50.0	164.62
3	75.0	173.56
4	100.0	173.74
5	125.0	171.57
6	150.0	168.92
7	175.0	165.77
8	196.45	161.16

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

=====

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturato (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2100.00	Sabbie fine	
2	0.1		22	2000	2100	Litotipi argillosi	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	80	177.7177	103	177.7177	0.179

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.13
Ascissa centro superficie	65.36 m
Ordinata centro superficie	187.79 m
Raggio superficie	12.3 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	27.1	187.2	31.2	1.34
2	30.1	187.8	35.3	1.27
3	33.0	187.2	34.8	1.28
4	35.9	187.8	35.2	1.28
5	38.9	187.2	34.7	1.29
6	41.8	187.8	31.3	1.27
7	44.8	187.2	30.8	1.28
8	47.7	187.8	27.7	1.28
9	50.7	187.2	23.4	1.30
10	53.6	187.8	27.7	1.32
11	56.5	187.2	23.5	1.34
12	59.5	187.8	15.7	1.30
13	62.4	187.2	15.5	1.46
14	65.4	187.8	12.3	1.13
15	68.3	187.2	12.0	1.84
16	71.3	187.8	20.4	2.40
17	74.2	187.2	27.4	2.84

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

18	77.1	187.8	28.1	3.37
19	80.1	187.2	34.9	3.96
20	83.0	187.8	31.7	5.23
21	86.0	187.2	34.6	6.01
22	27.1	188.4	35.8	1.27
23	30.1	189.0	36.3	1.27
24	33.0	188.4	35.8	1.27
25	35.9	189.0	32.4	1.28
26	38.9	188.4	35.8	1.27
27	41.8	189.0	36.4	1.27
28	44.8	188.4	32.0	1.27
29	47.7	189.0	28.4	1.27
30	50.7	188.4	31.9	1.31
31	53.6	189.0	28.3	1.31
32	56.5	188.4	23.9	1.34
33	59.5	189.0	16.8	1.27
34	62.4	188.4	16.5	1.46
35	65.4	189.0	13.5	1.19
36	68.3	188.4	13.2	1.92
37	71.3	189.0	21.6	2.40
38	74.2	188.4	28.6	2.82
39	77.1	189.0	29.0	3.37
40	80.1	188.4	32.3	4.13
41	83.0	189.0	36.4	4.72
42	86.0	188.4	35.8	5.91
43	27.1	189.7	32.8	1.34
44	30.1	190.3	37.5	1.26
45	33.0	189.7	33.0	1.29

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

46	35.9	190.3	37.5	1.26
47	38.9	189.7	33.0	1.29
48	41.8	190.3	33.3	1.25
49	44.8	189.7	32.9	1.27
50	47.7	190.3	29.3	1.27
51	50.7	189.7	24.7	1.30
52	53.6	190.3	29.5	1.31
53	56.5	189.7	25.1	1.40
54	59.5	190.3	18.1	1.28
55	62.4	189.7	17.7	1.49
56	65.4	190.3	14.8	1.27
57	68.3	189.7	14.5	2.00
58	71.3	190.3	22.2	2.40
59	74.2	189.7	29.5	2.81
60	77.1	190.3	29.5	3.36
61	80.1	189.7	33.1	4.12
62	83.0	190.3	33.3	5.23
63	86.0	189.7	32.8	6.59
64	27.1	190.9	34.0	1.33
65	30.1	191.5	38.6	1.25
66	33.0	190.9	38.1	1.25
67	35.9	191.5	38.5	1.25
68	38.9	190.9	38.0	1.25
69	41.8	191.5	34.4	1.24
70	44.8	190.9	33.9	1.26
71	47.7	191.5	30.5	1.27
72	50.7	190.9	26.0	1.28
73	53.6	191.5	26.8	1.32

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

74	56.5	190.9	26.3	1.41
75	59.5	191.5	19.3	1.29
76	62.4	190.9	18.9	1.52
77	65.4	191.5	22.8	1.82
78	68.3	190.9	14.6	1.90
79	71.3	191.5	26.3	2.40
80	74.2	190.9	30.0	2.81
81	77.1	191.5	30.1	3.38
82	80.1	190.9	33.8	4.11
83	83.0	191.5	38.6	4.63
84	86.0	190.9	33.9	6.54
85	27.1	192.1	34.9	1.33
86	30.1	192.8	39.7	1.25
87	33.0	192.1	34.8	1.28
88	35.9	192.8	35.5	1.27
89	38.9	192.1	39.2	1.25
90	41.8	192.8	35.7	1.24
91	44.8	192.1	35.1	1.25
92	47.7	192.8	31.7	1.27
93	50.7	192.1	27.2	1.28
94	53.6	192.8	28.0	1.32
95	56.5	192.1	27.6	1.42
96	59.5	192.8	19.3	1.23
97	62.4	192.1	19.0	1.43
98	65.4	192.8	18.5	1.68
99	68.3	192.1	26.7	2.06
100	71.3	192.8	26.6	2.40
101	74.2	192.1	30.5	2.82

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

102	77.1	192.8	39.7	3.34
103	80.1	192.1	34.9	4.08
104	83.0	192.8	35.7	5.06
105	86.0	192.1	39.3	5.67
106	27.1	193.4	40.3	1.24
107	30.1	194.0	40.9	1.24
108	33.0	193.4	40.3	1.24
109	35.9	194.0	41.0	1.23
110	38.9	193.4	40.4	1.25
111	41.8	194.0	36.9	1.28
112	44.8	193.4	32.2	1.25
113	47.7	194.0	32.9	1.28
114	50.7	193.4	28.4	1.28
115	53.6	194.0	24.0	1.32
116	56.5	193.4	23.7	1.37
117	59.5	194.0	23.4	1.49
118	62.4	193.4	18.8	1.22
119	65.4	194.0	18.3	1.44
120	68.3	193.4	26.9	2.10
121	71.3	194.0	27.5	2.41
122	74.2	193.4	31.5	2.81
123	77.1	194.0	41.0	3.32
124	80.1	193.4	40.4	4.02
125	83.0	194.0	36.9	4.99
126	86.0	193.4	36.4	6.36
127	27.1	194.6	37.1	1.32
128	30.1	195.2	42.2	1.23
129	33.0	194.6	41.6	1.23

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

130	35.9	195.2	42.3	1.22
131	38.9	194.6	41.7	1.25
132	41.8	195.2	33.8	1.28
133	44.8	194.6	33.4	1.24
134	47.7	195.2	33.4	1.27
135	50.7	194.6	33.0	1.31
136	53.6	195.2	28.6	1.35
137	56.5	194.6	23.7	1.31
138	59.5	195.2	23.4	1.41
139	62.4	194.6	27.7	1.64
140	65.4	195.2	28.3	1.85
141	68.3	194.6	27.9	2.11
142	71.3	195.2	28.8	2.42
143	74.2	194.6	32.8	2.81
144	77.1	195.2	33.6	3.39
145	80.1	194.6	41.7	3.96
146	83.0	195.2	38.0	4.98
147	86.0	194.6	41.6	5.54
148	27.1	195.9	42.7	1.23
149	30.1	196.5	43.4	1.23
150	33.0	195.9	38.5	1.26
151	35.9	196.5	39.0	1.25
152	38.9	195.9	42.9	1.25
153	41.8	196.5	38.8	1.24
154	44.8	195.9	33.9	1.24
155	47.7	196.5	33.9	1.27
156	50.7	195.9	33.5	1.31
157	53.6	196.5	28.8	1.39

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

158	56.5	195.9	23.8	1.25
159	59.5	196.5	24.3	1.40
160	62.4	195.9	28.6	1.65
161	65.4	196.5	20.4	1.48
162	68.3	195.9	29.1	2.12
163	71.3	196.5	30.0	2.43
164	74.2	195.9	34.0	2.80
165	77.1	196.5	43.5	3.30
166	80.1	195.9	38.6	4.01
167	83.0	196.5	38.8	4.97
168	86.0	195.9	38.1	6.26
169	27.1	197.1	44.0	1.23
170	30.1	197.7	44.5	1.22
171	33.0	197.1	39.5	1.26
172	35.9	197.7	44.4	1.23
173	38.9	197.1	39.3	1.25
174	41.8	197.7	39.5	1.25
175	44.8	197.1	43.7	1.27
176	47.7	197.7	39.3	1.27
177	50.7	197.1	34.0	1.31
178	53.6	197.7	29.7	1.40
179	56.5	197.1	24.6	1.24
180	59.5	197.7	25.5	1.43
181	62.4	197.1	29.9	1.66
182	65.4	197.7	21.6	1.56
183	68.3	197.1	30.4	2.14
184	71.3	197.7	31.2	2.44
185	74.2	197.1	35.2	2.82

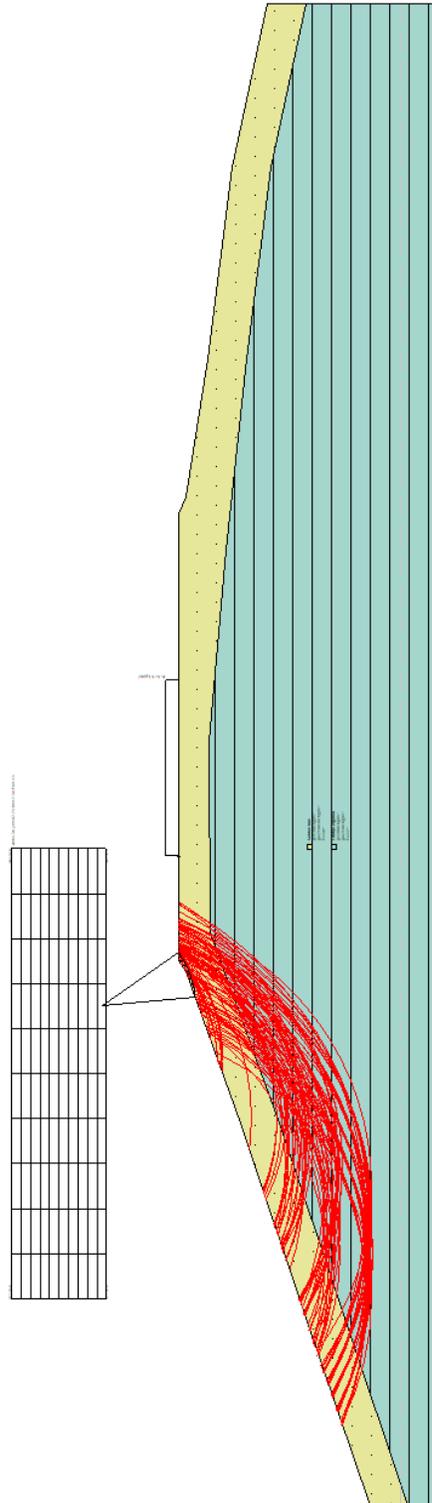
Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

186	77.1	197.7	35.6	3.40
187	80.1	197.1	39.4	4.04
188	83.0	197.7	44.3	4.86
189	86.0	197.1	38.9	6.24
190	27.1	198.3	45.1	1.23
191	30.1	199.0	40.8	1.30
192	33.0	198.3	40.3	1.26
193	35.9	199.0	40.5	1.25
194	38.9	198.3	44.8	1.24
195	41.8	199.0	40.3	1.25
196	44.8	198.3	44.7	1.26
197	47.7	199.0	40.4	1.27
198	50.7	198.3	30.1	1.31
199	53.6	199.0	31.0	1.42
200	56.5	198.3	25.9	1.23
201	59.5	199.0	26.8	1.46
202	62.4	198.3	31.1	1.67
203	65.4	199.0	22.8	1.64
204	68.3	198.3	31.6	2.15
205	71.3	199.0	32.4	2.45
206	74.2	198.3	36.2	2.85
207	77.1	199.0	45.5	3.30
208	80.1	198.3	44.9	3.86
209	83.0	199.0	45.3	4.80
210	86.0	198.3	39.7	6.22
211	27.1	199.6	41.3	1.34
212	33.0	199.6	41.0	1.27
213	38.9	199.6	40.8	1.23

*Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii*

214	44.8	199.6	35.9	1.26
215	50.7	199.6	31.3	1.31
216	56.5	199.6	27.1	1.24
217	62.4	199.6	32.3	1.71
218	68.3	199.6	32.8	2.17
219	74.2	199.6	36.7	2.85
220	80.1	199.6	45.9	3.85
221	86.0	199.6	41.0	6.13

=====



PIAZZOLA SM05 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Lat./Long.	38.933185/16.723458
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	85.11 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	310.97 m
Ascissa vertice destro superiore xs	136.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	322.3 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 100.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2339.0	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0936	0.2	0.0019	0.001
S.L.D.	0.1818	0.2	0.0037	0.0019
S.L.V.	0.4842	0.2	0.0099	0.0049
S.L.C.	0.621	0.2	0.0127	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0099

Coefficiente azione sismica verticale 0.0049

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	288.93
2	25.0	296.82
3	50.0	300.21
4	75.0	303.12
5	100.0	302.27
6	125.0	293.7
7	150.0	276.84
8	163.37	275.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	283.93
2	25.0	291.82
3	50.0	295.21
4	75.0	298.12
5	100.0	297.27
6	125.0	288.7
7	150.0	271.84
8	163.37	270.0

Coefficienti parziali azioni

=====

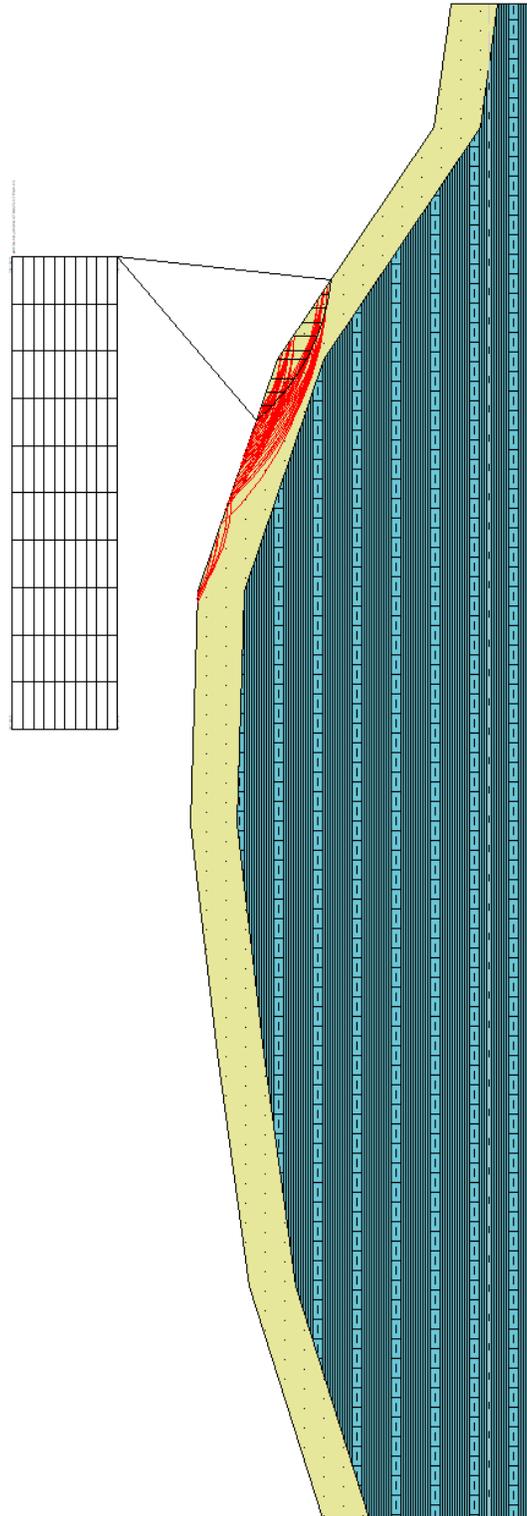
Raggio superficie 23.17 m

=====

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 = 136.098 yc = 310.972 Rc = 23.173 Fs=0.874

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.51	46.8	2.21672.87	16.56	8.2	0.0	24.8	0.01564.6	1207.5		
2	1.51	41.6	2.024389.36	43.45	21.51	0.0	24.8	0.03996.7	2822.6		
3	1.51	36.8	1.886427.56	63.63	31.5	0.0	24.8	0.05754.2	3793.9		
4	2.02	31.5	2.3710853.15	107.45	53.18	0.0	24.8	0.09617.7	5958.1		
5	1.0	27.2	1.12 5698.2	56.41	27.92	0.0	24.8	0.05039.3	2992.0		
6	1.51	23.8	1.657882.82	78.04	38.63	0.0	24.8	0.06988.2	4032.5		
7	1.51	19.8	1.6 6694.4	66.27	32.8	0.0	24.8	0.05979.1	3354.5		
8	1.51	15.9	1.575168.06	51.16	25.32	0.0	24.8	0.04671.8	2564.2		
9	1.51	12.0	1.543325.17	32.92	16.29	0.0	24.8	0.03056.4	1649.8		
10	1.51	8.2	1.521181.62	11.7	5.79	0.0	24.8	0.01109.3	591.8		



PIAZZOLA SM05 – STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Lat./Long.	38.933185/16.723458
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	82.08 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	308.12 m
Ascissa vertice destro superiore xs	118.71 m
Ordinata vertice destro superiore ys	318.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 100.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2.339	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.1404	0.2	0.0029	0.0014
S.L.D.	0.1818	0.2	0.0037	0.0019
S.L.V.	0.4842	0.2	0.0099	0.0049
S.L.C.	0.621	0.2	0.0127	0.0063

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0099

Coefficiente azione sismica verticale 0.0049

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	288.93
2	25.0	296.82
3	50.0	300.21
4	60.23	301.59
5	61.48	300.62
6	110.85	300.8
7	112.66	301.43
8	125.0	293.7
9	150.0	276.84
10	163.37	275.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	283.93
2	25.0	291.82
3	50.0	295.21
4	75.0	298.12
5	100.0	297.27
6	125.0	288.7
7	150.0	271.84
8	163.37	270.0

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

								(kN*m)	
1	114.490	300.606	0.8	20	90	1	--	2	Carico limite Broms & (1964)
	7	9							

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	75	300.8	98	300.8839	0.179

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

=====

Fs minimo individuato	1.37
Ascissa centro superficie	118.71 m
Ordinata centro superficie	309.1 m
Raggio superficie	11.14 m

=====

Numero di superfici esaminate....(221)

=====

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	82.1	308.1	22.6	73.44
2	83.9	308.6	26.2	20.00
3	85.7	308.1	25.6	20.00
4	87.6	308.6	29.3	20.00

=====

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

5	89.4	308.1	28.7	20.00
6	91.2	308.6	29.2	20.00
7	93.1	308.1	22.0	20.00
8	94.9	308.6	19.0	20.00
9	96.7	308.1	18.4	20.00
10	98.6	308.6	15.1	20.00
11	100.4	308.1	14.6	20.00
12	102.2	308.6	14.5	20.00
13	104.1	308.1	10.8	20.00
14	105.9	308.6	11.3	18.01
15	107.7	308.1	14.2	20.00
16	109.6	308.6	11.0	20.00
17	111.4	308.1	10.8	20.00
18	113.2	308.6	10.8	20.00
19	115.0	308.1	11.2	20.00
20	116.9	308.6	11.2	20.00
21	118.7	308.1	11.5	20.00
22	82.1	309.1	23.6	20.00
23	83.9	309.6	30.4	173.25
24	85.7	309.1	29.8	354.52
25	87.6	309.6	30.3	20.00
26	89.4	309.1	29.7	20.00
27	91.2	309.6	30.2	20.00
28	93.1	309.1	19.6	20.00
29	94.9	309.6	19.6	20.00
30	96.7	309.1	19.1	20.00
31	98.6	309.6	18.7	20.00
32	100.4	309.1	14.5	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

33	102.2	309.6	15.0	20.00
34	104.1	309.1	11.6	20.00
35	105.9	309.6	15.8	20.00
36	107.7	309.1	11.6	20.00
37	109.6	309.6	11.9	20.00
38	111.4	309.1	11.3	20.00
39	113.2	309.6	11.6	20.00
40	115.0	309.1	10.9	20.00
41	116.9	309.6	11.3	20.00
42	118.7	309.1	11.1	1.37
43	82.1	310.1	24.2	20.00
44	83.9	310.6	31.1	211.88
45	85.7	310.1	27.6	20.00
46	87.6	310.6	28.0	20.00
47	89.4	310.1	30.7	20.00
48	91.2	310.6	27.5	20.00
49	93.1	310.1	20.2	20.00
50	94.9	310.6	19.7	20.00
51	96.7	310.1	19.2	20.00
52	98.6	310.6	19.0	20.00
53	100.4	310.1	15.0	20.00
54	102.2	310.6	15.9	20.00
55	104.1	310.1	12.5	20.00
56	105.9	310.6	16.8	20.00
57	107.7	310.1	12.6	20.00
58	109.6	310.6	12.9	20.00
59	111.4	310.1	12.3	20.00
60	113.2	310.6	12.6	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

61	115.0	310.1	11.9	20.00
62	116.9	310.6	12.2	20.00
63	118.7	310.1	11.6	1.78
64	82.1	311.1	24.4	20.00
65	83.9	311.6	35.2	20.00
66	85.7	311.1	28.2	20.00
67	87.6	311.6	28.5	20.00
68	89.4	311.1	31.4	20.00
69	91.2	311.6	27.9	20.00
70	93.1	311.1	23.8	20.00
71	94.9	311.6	19.8	20.00
72	96.7	311.1	19.3	20.00
73	98.6	311.6	19.4	20.00
74	100.4	311.1	15.7	20.00
75	102.2	311.6	16.7	20.00
76	104.1	311.1	13.4	20.00
77	105.9	311.6	17.7	20.00
78	107.7	311.1	13.6	20.00
79	109.6	311.6	13.9	20.00
80	111.4	311.1	13.2	20.00
81	113.2	311.6	13.6	20.00
82	115.0	311.1	12.9	20.00
83	116.9	311.6	13.2	20.00
84	118.7	311.1	12.6	1.84
85	82.1	312.1	24.6	20.00
86	83.9	312.6	36.0	20.00
87	85.7	312.1	28.6	20.00
88	87.6	312.6	29.0	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

89	89.4	312.1	32.0	20.00
90	91.2	312.6	32.2	20.00
91	93.1	312.1	24.1	20.00
92	94.9	312.6	19.9	20.00
93	96.7	312.1	19.9	20.00
94	98.6	312.6	20.3	20.00
95	100.4	312.1	16.6	20.00
96	102.2	312.6	17.6	20.00
97	104.1	312.1	14.2	20.00
98	105.9	312.6	18.7	20.00
99	107.7	312.1	14.6	20.00
100	109.6	312.6	14.9	20.00
101	111.4	312.1	14.2	20.00
102	113.2	312.6	14.5	20.00
103	115.0	312.1	13.9	20.00
104	116.9	312.6	14.2	20.00
105	118.7	312.1	13.5	1.92
106	82.1	313.1	24.8	20.00
107	83.9	313.6	32.9	100.83
108	85.7	313.1	29.0	20.00
109	87.6	313.6	29.4	20.00
110	89.4	313.1	32.7	20.00
111	91.2	313.6	24.9	20.00
112	93.1	313.1	24.3	20.00
113	94.9	313.6	20.5	20.00
114	96.7	313.1	20.2	20.00
115	98.6	313.6	21.2	20.00
116	100.4	313.1	17.5	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

117	102.2	313.6	18.5	20.00
118	104.1	313.1	15.1	20.00
119	105.9	313.6	16.2	20.00
120	107.7	313.1	15.5	20.00
121	109.6	313.6	15.9	20.00
122	111.4	313.1	15.2	20.00
123	113.2	313.6	15.5	20.00
124	115.0	313.1	14.9	20.00
125	116.9	313.6	15.2	20.00
126	118.7	313.1	14.5	2.01
127	82.1	314.0	25.0	45.99
128	83.9	314.5	33.5	95.28
129	85.7	314.0	29.4	20.00
130	87.6	314.5	29.8	20.00
131	89.4	314.0	33.3	20.00
132	91.2	314.5	25.1	20.00
133	93.1	314.0	24.8	20.00
134	94.9	314.5	21.1	20.00
135	96.7	314.0	21.1	20.00
136	98.6	314.5	22.1	20.00
137	100.4	314.0	18.3	20.00
138	102.2	314.5	19.4	20.00
139	104.1	314.0	16.0	20.00
140	105.9	314.5	17.1	20.00
141	107.7	314.0	16.5	20.00
142	109.6	314.5	16.8	20.00
143	111.4	314.0	16.2	20.00
144	113.2	314.5	16.5	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

145	115.0	314.0	15.8	20.00
146	116.9	314.5	16.2	20.00
147	118.7	314.0	15.5	2.09
148	82.1	315.0	25.4	45.64
149	83.9	315.5	38.4	20.00
150	85.7	315.0	29.8	20.00
151	87.6	315.5	30.2	20.00
152	89.4	315.0	33.9	20.00
153	91.2	315.5	25.8	20.00
154	93.1	315.0	25.4	20.00
155	94.9	315.5	22.0	20.00
156	96.7	315.0	22.0	20.00
157	98.6	315.5	23.0	20.00
158	100.4	315.0	19.2	20.00
159	102.2	315.5	20.3	20.00
160	104.1	315.0	16.8	20.00
161	105.9	315.5	21.0	20.00
162	107.7	315.0	17.5	20.00
163	109.6	315.5	17.8	20.00
164	111.4	315.0	17.2	20.00
165	113.2	315.5	17.5	20.00
166	115.0	315.0	16.8	20.00
167	116.9	315.5	17.1	20.00
168	118.7	315.0	16.5	2.19
169	82.1	316.0	26.4	20.00
170	83.9	316.5	35.2	97.61
171	85.7	316.0	30.2	20.00
172	87.6	316.5	30.6	20.00

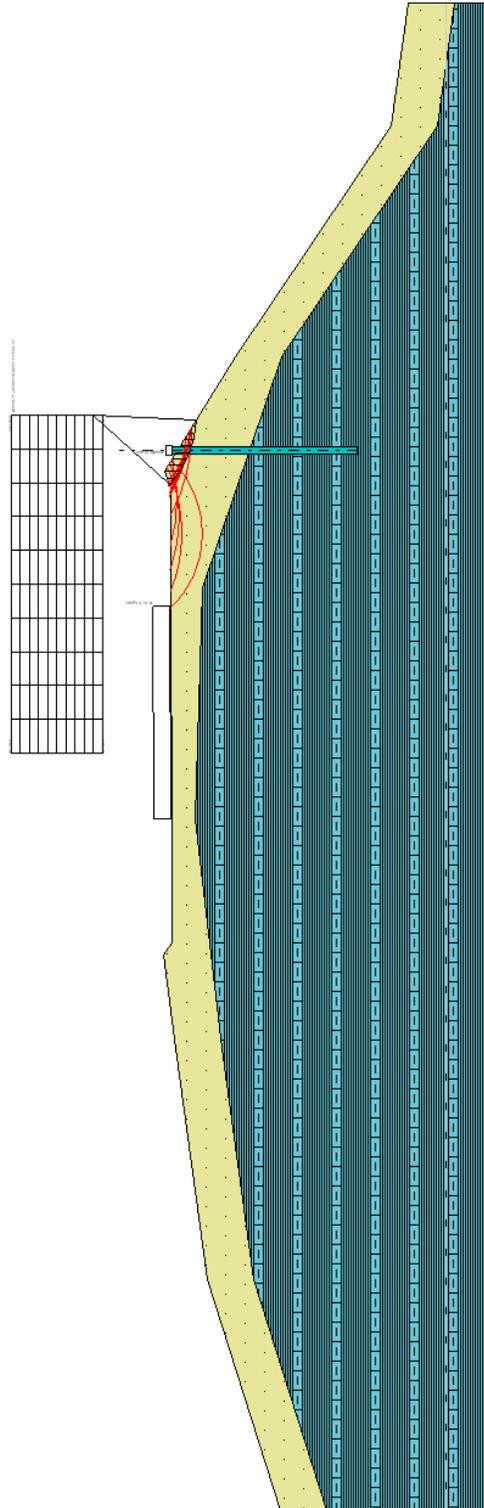
Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

173	89.4	316.0	34.5	20.00
174	91.2	316.5	26.2	20.00
175	93.1	316.0	26.2	20.00
176	94.9	316.5	22.9	20.00
177	96.7	316.0	22.9	20.00
178	98.6	316.5	23.5	20.00
179	100.4	316.0	19.9	20.00
180	102.2	316.5	20.1	20.00
181	104.1	316.0	20.6	20.00
182	105.9	316.5	17.0	11.91
183	107.7	316.0	17.6	20.00
184	109.6	316.5	17.8	20.00
185	111.4	316.0	18.1	20.00
186	113.2	316.5	18.5	20.00
187	115.0	316.0	17.8	20.00
188	116.9	316.5	18.1	20.00
189	118.7	316.0	17.5	2.28
190	82.1	317.0	35.8	85.03
191	83.9	317.5	40.4	20.00
192	85.7	317.0	31.2	20.00
193	87.6	317.5	35.8	20.00
194	89.4	317.0	35.4	20.00
195	91.2	317.5	26.9	20.00
196	93.1	317.0	27.0	20.00
197	94.9	317.5	27.3	20.00
198	96.7	317.0	23.3	20.00
199	98.6	317.5	23.5	20.00
200	100.4	317.0	19.7	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

201	102.2	317.5	20.0	20.00
202	104.1	317.0	20.4	20.00
203	105.9	317.5	20.6	20.00
204	107.7	317.0	17.2	10.96
205	109.6	317.5	17.4	12.59
206	111.4	317.0	18.0	20.00
207	113.2	317.5	18.2	20.00
208	115.0	317.0	18.7	20.00
209	116.9	317.5	18.9	2.82
210	118.7	317.0	18.4	2.37
211	82.1	318.0	32.3	59.85
212	85.7	318.0	31.7	20.00
213	89.4	318.0	36.2	20.00
214	93.1	318.0	27.2	20.00
215	96.7	318.0	23.3	20.00
216	100.4	318.0	23.8	20.00
217	104.1	318.0	20.2	20.00
218	107.7	318.0	20.9	20.00
219	111.4	318.0	21.5	20.00
220	115.0	318.0	18.4	20.00
221	118.7	318.0	19.2	3.05

=====



PIAZZOLA SM12 – STATO DI FATTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Lat./Long.	38.933185/16.723458
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	407.21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	73.2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	417.99 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 100.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2.339	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0972	0.2	0.002	0.001
S.L.D.	0.1278	0.2	0.0026	0.0013
S.L.V.	0.3672	0.2	0.0075	0.0037
S.L.C.	0.4896	0.2	0.01	0.005

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0075

Coefficiente azione sismica verticale 0.0037

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	380.0
2	20.0	403.65
3	25.0	403.04
4	32.88	401.47
5	38.39	398.33
6	44.6	396.64
7	50.0	396.54
8	75.0	400.82
9	88.81	401.24
10	95.03	398.41
11	100.0	396.25
12	125.0	384.98
13	135.08	381.41

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	380.0
2	25.0	398.04
3	38.39	393.33
4	44.6	391.64
5	50.0	391.54
6	75.0	395.82

7	88.81	396.24
8	95.03	393.41
9	100.0	391.25
10	125.0	379.98
11	135.08	376.41

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0 1.0

=====

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2100.00	Sabbie fine	
2	0.05		35	2000	2100	Complesso conglomer	

						atico	
--	--	--	--	--	--	-------	--

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

=====

Fs minimo individuato	0.82
Ascissa centro superficie	38.97 m
Ordinata centro superficie	407.75 m
Raggio superficie	8.9 m

=====

Numero di superfici esaminate....(221)

=====

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	27.6	407.2	25.4	9.56
2	29.8	407.7	9.5	20.00
3	32.1	407.2	7.3	20.00
4	34.4	407.7	8.4	20.00
5	36.7	407.2	8.1	20.00
6	39.0	407.7	8.9	0.82
7	41.3	407.2	11.1	20.00
8	43.5	407.7	10.9	20.00
9	45.8	407.2	13.2	20.00
10	48.1	407.7	15.2	20.00
11	50.4	407.2	12.1	4.46
12	52.7	407.7	14.3	3.90
13	54.9	407.2	13.9	3.27

=====

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

14	57.2	407.7	13.4	2.97
15	59.5	407.2	16.1	3.79
16	61.8	407.7	16.1	3.69
17	64.1	407.2	12.9	3.00
18	66.4	407.7	13.8	3.58
19	68.6	407.2	10.9	3.13
20	70.9	407.7	10.3	3.38
21	73.2	407.2	9.8	4.25
22	27.6	408.3	29.3	6.89
23	29.8	408.8	9.9	20.00
24	32.1	408.3	8.2	20.00
25	34.4	408.8	9.5	20.00
26	36.7	408.3	9.2	1.12
27	39.0	408.8	11.6	20.00
28	41.3	408.3	11.2	20.00
29	43.5	408.8	13.2	20.00
30	45.8	408.3	12.8	20.00
31	48.1	408.8	15.0	20.00
32	50.4	408.3	14.7	7.23
33	52.7	408.8	14.1	3.33
34	54.9	408.3	13.8	2.96
35	57.2	408.8	16.5	3.53
36	59.5	408.3	16.2	3.59
37	61.8	408.8	17.1	3.89
38	64.1	408.3	13.9	2.96
39	66.4	408.8	14.3	3.15
40	68.6	408.3	10.7	2.89
41	70.9	408.8	9.9	2.97

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

42	73.2	408.3	9.7	4.00
43	27.6	409.4	30.2	6.71
44	29.8	409.9	30.9	9.76
45	32.1	409.4	8.3	20.00
46	34.4	409.9	9.5	1.57
47	36.7	409.4	11.9	20.00
48	39.0	409.9	11.0	0.91
49	41.3	409.4	13.5	20.00
50	43.5	409.9	12.8	1.24
51	45.8	409.4	15.4	20.00
52	48.1	409.9	14.9	20.00
53	50.4	409.4	14.5	4.82
54	52.7	409.9	14.0	2.75
55	54.9	409.4	16.9	3.69
56	57.2	409.9	17.4	3.50
57	59.5	409.4	17.2	3.57
58	61.8	409.9	18.1	3.83
59	64.1	409.4	14.7	2.93
60	66.4	409.9	14.1	2.96
61	68.6	409.4	13.6	3.29
62	70.9	409.9	10.5	2.84
63	73.2	409.4	10.7	4.02
64	27.6	410.4	31.1	6.57
65	29.8	411.0	31.8	9.43
66	32.1	410.4	10.8	20.00
67	34.4	411.0	11.6	20.00
68	36.7	410.4	11.3	1.22
69	39.0	411.0	13.4	20.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

70	41.3	410.4	13.1	20.00
71	43.5	411.0	15.6	20.00
72	45.8	410.4	15.2	20.00
73	48.1	411.0	14.7	18.06
74	50.4	410.4	14.3	3.35
75	52.7	411.0	17.7	4.32
76	54.9	410.4	17.5	3.55
77	57.2	411.0	18.4	3.49
78	59.5	410.4	18.3	3.56
79	61.8	411.0	18.3	3.53
80	64.1	410.4	14.6	2.82
81	66.4	411.0	14.1	2.80
82	68.6	410.4	13.8	3.15
83	70.9	411.0	11.5	2.87
84	73.2	410.4	11.7	4.05
85	27.6	411.5	32.0	6.42
86	29.8	412.1	32.7	9.13
87	32.1	411.5	10.4	20.00
88	34.4	412.1	14.1	20.00
89	36.7	411.5	13.8	20.00
90	39.0	412.1	13.1	1.01
91	41.3	411.5	16.0	20.00
92	43.5	412.1	15.4	20.00
93	45.8	411.5	15.1	20.00
94	48.1	412.1	18.1	20.00
95	50.4	411.5	17.8	8.42
96	52.7	412.1	18.7	4.38
97	54.9	411.5	18.6	3.44

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

98	57.2	412.1	19.3	3.46
99	59.5	411.5	18.8	3.40
100	61.8	412.1	18.4	3.12
101	64.1	411.5	17.9	3.36
102	66.4	412.1	14.8	2.76
103	68.6	411.5	14.8	3.16
104	70.9	412.1	12.5	2.90
105	73.2	411.5	12.7	4.09
106	27.6	412.6	32.9	6.29
107	29.8	413.1	33.6	8.87
108	32.1	412.6	13.4	20.00
109	34.4	413.1	33.8	18.89
110	36.7	412.6	13.4	1.31
111	39.0	413.1	16.2	20.00
112	41.3	412.6	15.8	20.00
113	43.5	413.1	18.9	20.00
114	45.8	412.6	18.5	20.00
115	48.1	413.1	19.0	20.00
116	50.4	412.6	18.9	9.62
117	52.7	413.1	19.8	4.45
118	54.9	412.6	19.6	3.43
119	57.2	413.1	19.3	2.91
120	59.5	412.6	18.9	2.92
121	61.8	413.1	18.7	2.83
122	64.1	412.6	18.3	2.97
123	66.4	413.1	15.8	2.77
124	68.6	412.6	15.8	3.18
125	70.9	413.1	13.5	2.93

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

126	73.2	412.6	13.7	4.15
127	27.6	413.7	30.3	9.89
128	29.8	414.2	34.5	8.64
129	32.1	413.7	34.2	11.70
130	34.4	414.2	13.3	1.84
131	36.7	413.7	16.5	20.00
132	39.0	414.2	16.0	1.15
133	41.3	413.7	15.6	0.92
134	43.5	414.2	19.3	20.00
135	45.8	413.7	19.1	20.00
136	48.1	414.2	20.1	20.00
137	50.4	413.7	19.9	10.35
138	52.7	414.2	20.3	4.06
139	54.9	413.7	19.8	3.13
140	57.2	414.2	19.4	2.79
141	59.5	413.7	22.7	3.93
142	61.8	414.2	19.4	2.80
143	64.1	413.7	19.4	2.96
144	66.4	414.2	16.8	2.78
145	68.6	413.7	16.9	3.22
146	70.9	414.2	14.5	2.96
147	73.2	413.7	14.7	4.19
148	27.6	414.8	31.3	9.57
149	29.8	415.3	15.7	20.00
150	32.1	414.8	16.8	20.00
151	34.4	415.3	35.5	16.68
152	36.7	414.8	16.4	20.00
153	39.0	415.3	15.8	1.12

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

154	41.3	414.8	19.4	20.00
155	43.5	415.3	20.3	20.00
156	45.8	414.8	20.2	20.00
157	48.1	415.3	21.1	20.00
158	50.4	414.8	20.8	10.34
159	52.7	415.3	20.3	3.31
160	54.9	414.8	19.9	2.89
161	57.2	415.3	23.7	4.06
162	59.5	414.8	23.3	3.78
163	61.8	415.3	20.5	2.79
164	64.1	414.8	20.4	3.02
165	66.4	415.3	17.8	2.79
166	68.6	414.8	17.9	3.24
167	70.9	415.3	15.6	2.98
168	73.2	414.8	15.7	4.23
169	27.6	415.8	36.1	6.09
170	29.8	416.4	32.4	18.09
171	32.1	415.8	36.0	10.81
172	34.4	416.4	16.5	20.00
173	36.7	415.8	16.2	1.42
174	39.0	416.4	16.7	1.16
175	41.3	415.8	20.5	20.00
176	43.5	416.4	21.4	20.00
177	45.8	415.8	21.2	20.00
178	48.1	416.4	21.3	20.00
179	50.4	415.8	20.8	5.71
180	52.7	416.4	20.4	2.76
181	54.9	415.8	19.9	2.66

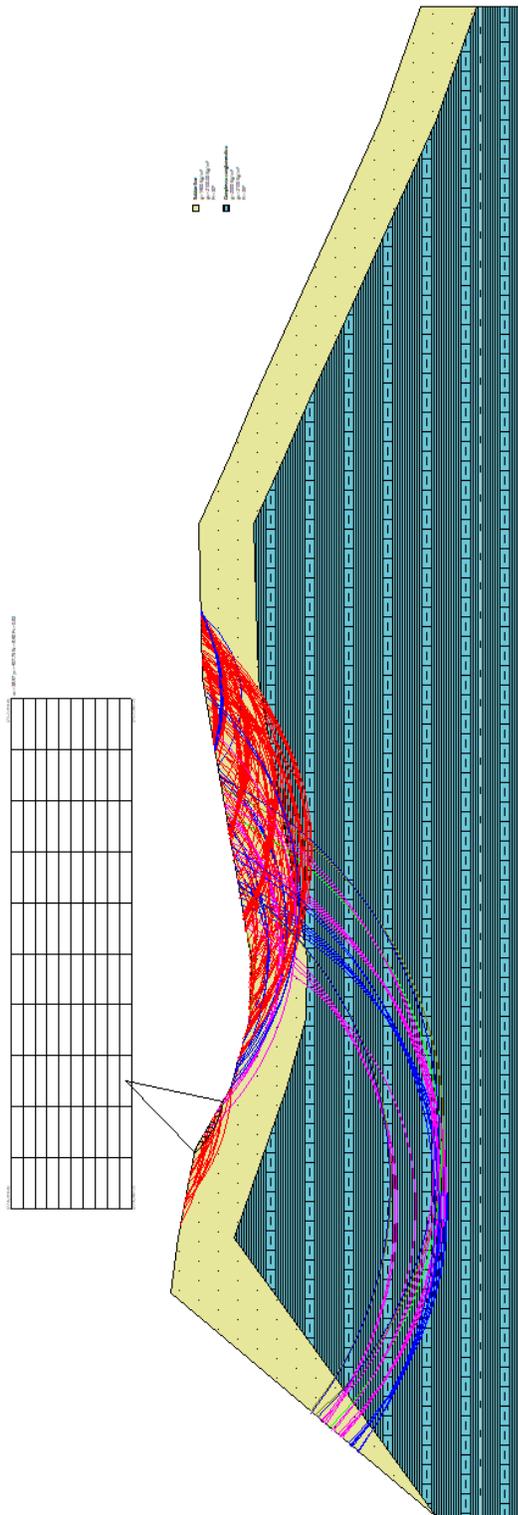
Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

182	57.2	416.4	24.5	4.02
183	59.5	415.8	24.4	3.87
184	61.8	416.4	21.5	2.80
185	64.1	415.8	21.4	3.04
186	66.4	416.4	18.8	2.79
187	68.6	415.8	18.9	3.27
188	70.9	416.4	16.6	3.01
189	73.2	415.8	16.7	4.27
190	27.6	416.9	33.2	9.14
191	29.8	417.5	33.4	16.86
192	32.1	416.9	16.8	20.00
193	34.4	417.5	16.8	1.87
194	36.7	416.9	16.7	1.49
195	39.0	417.5	17.7	1.21
196	41.3	416.9	21.5	20.00
197	43.5	417.5	22.3	20.00
198	45.8	416.9	21.8	20.00
199	48.1	417.5	21.3	20.00
200	50.4	416.9	20.9	3.32
201	52.7	417.5	24.9	7.68
202	54.9	416.9	24.6	4.56
203	57.2	417.5	25.5	3.94
204	59.5	416.9	25.4	3.86
205	61.8	417.5	22.5	2.81
206	64.1	416.9	22.5	3.05
207	66.4	417.5	19.9	2.80
208	68.6	416.9	19.9	3.29
209	70.9	417.5	17.6	3.04

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

210	73.2	416.9	17.7	4.31
211	27.6	418.0	37.9	5.97
212	32.1	418.0	37.8	10.43
213	36.7	418.0	17.8	1.53
214	41.3	418.0	22.6	20.00
215	45.8	418.0	21.8	20.00
216	50.4	418.0	25.3	20.00
217	54.9	418.0	25.7	4.47
218	59.5	418.0	26.4	3.86
219	64.1	418.0	23.5	3.06
220	68.6	418.0	20.9	3.31
221	73.2	418.0	18.7	4.35

=====



PIAZZOLA SM12 – STATO DI PROGETTO

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

=====

Zona	Sellia Marina
Lat./Long.	38.933185/16.723458
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.02 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	410.23 m
Ascissa vertice destro superiore xs	55.77 m
Ordinata vertice destro superiore ys	418.84 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 100.0 [anni]
 Vita di riferimento: 100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.078	2.339	0.313
S.L.D.	101.0	0.101	2.355	0.331
S.L.V.	949.0	0.269	2.422	0.388
S.L.C.	1950.0	0.345	2.477	0.416

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0972	0.2	0.002	0.001
S.L.D.	0.1278	0.2	0.0026	0.0013
S.L.V.	0.3672	0.2	0.0075	0.0037
S.L.C.	0.4896	0.2	0.01	0.005

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0075

Coefficiente azione sismica verticale 0.0037

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	380.0
2	20.0	403.65
3	25.0	403.04
4	32.88	401.47
5	38.39	398.33
6	42.65	397.05
7	49.02	403.22
8	93.23	402.13
9	99.63	396.39
10	105.95	394.03
11	114.39	388.73
12	125.0	384.98
13	135.08	381.41

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	380.0
2	25.0	398.04
3	38.39	393.33
4	44.6	391.64

5	50.0	391.54
6	75.0	395.82
7	88.81	396.24
8	95.03	393.41
9	100.0	391.25
10	125.0	379.98
11	135.08	376.41

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

=====

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 (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1900	2100.00	Sabbie fine	

2	0.05		35	2000	2100	Complesso conglomer atico	
---	------	--	----	------	------	---------------------------------	--

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametr o (m)	Lunghez za (m)	Inclinazi one (°)	Interass e (m)	Resisten za al taglio (kg/cm ²)	Moment o plasticiz zazione (kN*m)	Metodo stabilizz azione
1	46.1886 4	401.193 2	0.8	20	90	1	--	2	Carico limite Broms & (1964)

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

=====

Fs minimo individuato	0.0
Ascissa centro superficie	27.02 m
Ordinata centro superficie	413.68 m
Raggio superficie	34.02 m

=====

Numero di superfici esaminate....(221)

=====

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	27.0	410.2	30.9	0.00

=====

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

2	28.5	410.7	31.4	0.00
3	29.9	410.2	31.1	0.00
4	31.3	410.7	31.6	0.00
5	32.8	410.2	28.5	0.00
6	34.2	410.7	28.9	0.00
7	35.6	410.2	28.6	0.00
8	37.1	410.7	31.7	0.00
9	38.5	410.2	31.3	0.00
10	40.0	410.7	28.6	0.00
11	41.4	410.2	31.2	0.00
12	42.8	410.7	12.6	0.00
13	44.3	410.2	12.4	0.00
14	45.7	410.7	15.2	0.00
15	47.1	410.2	15.0	0.00
16	48.6	410.7	14.6	0.00
17	50.0	410.2	17.7	0.00
18	51.5	410.7	17.5	0.00
19	52.9	410.2	17.2	0.00
20	54.3	410.7	21.0	0.00
21	55.8	410.2	20.7	0.00
22	27.0	411.1	28.2	0.00
23	28.5	411.5	32.1	0.00
24	29.9	411.1	31.9	0.00
25	31.3	411.5	32.3	0.00
26	32.8	411.1	29.1	0.00
27	34.2	411.5	29.5	0.00
28	35.6	411.1	32.1	0.00
29	37.1	411.5	32.4	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

30	38.5	411.1	28.9	0.00
31	40.0	411.5	29.1	0.00
32	41.4	411.1	28.7	0.00
33	42.8	411.5	32.2	0.00
34	44.3	411.1	12.1	0.00
35	45.7	411.5	15.0	0.00
36	47.1	411.1	14.8	0.00
37	48.6	411.5	14.5	0.00
38	50.0	411.1	17.7	0.00
39	51.5	411.5	18.0	0.00
40	52.9	411.1	17.8	0.00
41	54.3	411.5	21.9	0.00
42	55.8	411.1	21.4	0.00
43	27.0	412.0	32.4	0.00
44	28.5	412.4	29.3	0.00
45	29.9	412.0	32.6	0.00
46	31.3	412.4	33.0	0.00
47	32.8	412.0	32.8	0.00
48	34.2	412.4	33.2	0.00
49	35.6	412.0	29.6	0.00
50	37.1	412.4	29.8	0.00
51	38.5	412.0	32.7	0.00
52	40.0	412.4	33.0	0.00
53	41.4	412.0	32.6	0.00
54	42.8	412.4	32.9	0.00
55	44.3	412.0	15.3	0.00
56	45.7	412.4	14.9	0.00
57	47.1	412.0	14.7	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

58	48.6	412.4	18.4	0.00
59	50.0	412.0	18.2	0.00
60	51.5	412.4	18.8	0.00
61	52.9	412.0	18.7	0.00
62	54.3	412.4	22.2	0.00
63	55.8	412.0	21.9	0.00
64	27.0	412.8	33.2	0.00
65	28.5	413.2	33.5	0.00
66	29.9	412.8	29.8	0.00
67	31.3	413.2	33.8	0.00
68	32.8	412.8	33.5	0.00
69	34.2	413.2	33.9	0.00
70	35.6	412.8	30.2	0.00
71	37.1	413.2	30.3	0.00
72	38.5	412.8	30.0	0.00
73	40.0	413.2	30.1	0.00
74	41.4	412.8	33.3	0.00
75	42.8	413.2	19.0	0.00
76	44.3	412.8	15.1	0.00
77	45.7	413.2	15.0	0.00
78	47.1	412.8	14.9	0.00
79	48.6	413.2	19.2	0.00
80	50.0	412.8	19.0	0.00
81	51.5	413.2	19.2	0.00
82	52.9	412.8	18.9	0.00
83	54.3	413.2	22.4	0.00
84	55.8	412.8	22.1	0.00
85	27.0	413.7	34.0	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

86	28.5	414.1	34.3	0.00
87	29.9	413.7	34.0	0.00
88	31.3	414.1	30.9	0.00
89	32.8	413.7	34.2	0.00
90	34.2	414.1	34.6	0.00
91	35.6	413.7	34.2	0.00
92	37.1	414.1	34.5	0.00
93	38.5	413.7	34.1	0.00
94	40.0	414.1	34.4	0.00
95	41.4	413.7	34.0	0.00
96	42.8	414.1	15.3	0.00
97	44.3	413.7	15.1	0.00
98	45.7	414.1	15.8	0.00
99	47.1	413.7	15.7	0.00
100	48.6	414.1	19.7	0.00
101	50.0	413.7	19.4	0.00
102	51.5	414.1	19.2	0.00
103	52.9	413.7	22.7	0.00
104	54.3	414.1	23.2	0.00
105	55.8	413.7	22.9	0.00
106	27.0	414.5	31.2	0.00
107	28.5	415.0	35.2	0.00
108	29.9	414.5	34.7	0.00
109	31.3	415.0	31.4	0.00
110	32.8	414.5	35.0	0.00
111	34.2	415.0	31.6	0.00
112	35.6	414.5	31.2	0.00
113	37.1	415.0	31.4	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

114	38.5	414.5	34.8	0.00
115	40.0	415.0	31.2	0.00
116	41.4	414.5	15.4	0.00
117	42.8	415.0	16.1	0.00
118	44.3	414.5	16.0	0.00
119	45.7	415.0	16.5	0.00
120	47.1	414.5	16.2	0.00
121	48.6	415.0	19.7	0.00
122	50.0	414.5	19.4	0.00
123	51.5	415.0	19.8	0.00
124	52.9	414.5	23.4	0.00
125	54.3	415.0	24.0	0.00
126	55.8	414.5	23.8	0.00
127	27.0	415.4	32.0	0.00
128	28.5	415.8	32.1	0.00
129	29.9	415.4	35.5	0.00
130	31.3	415.8	35.9	0.00
131	32.8	415.4	35.7	0.00
132	34.2	415.8	36.0	0.00
133	35.6	415.4	31.7	0.00
134	37.1	415.8	35.9	0.00
135	38.5	415.4	35.5	0.00
136	40.0	415.8	35.9	0.00
137	41.4	415.4	35.5	0.00
138	42.8	415.8	36.0	0.00
139	44.3	415.4	16.7	0.00
140	45.7	415.8	35.9	0.00
141	47.1	415.4	20.0	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

142	48.6	415.8	20.1	0.00
143	50.0	415.4	19.9	0.00
144	51.5	415.8	20.6	0.00
145	52.9	415.4	20.4	0.00
146	54.3	415.8	24.8	0.00
147	55.8	415.4	24.6	0.00
148	27.0	416.3	32.8	0.00
149	28.5	416.7	32.9	0.00
150	29.9	416.3	36.3	0.00
151	31.3	416.7	36.6	0.00
152	32.8	416.3	36.4	0.00
153	34.2	416.7	36.7	0.00
154	35.6	416.3	36.3	0.00
155	37.1	416.7	36.7	0.00
156	38.5	416.3	36.3	0.00
157	40.0	416.7	32.9	0.00
158	41.4	416.3	32.5	0.00
159	42.8	416.7	32.7	0.00
160	44.3	416.3	36.3	0.00
161	45.7	416.7	20.4	0.00
162	47.1	416.3	20.3	0.00
163	48.6	416.7	20.9	0.00
164	50.0	416.3	20.8	0.00
165	51.5	416.7	21.4	0.00
166	52.9	416.3	21.3	0.00
167	54.3	416.7	25.7	0.00
168	55.8	416.3	25.5	0.00
169	27.0	417.1	33.4	0.00

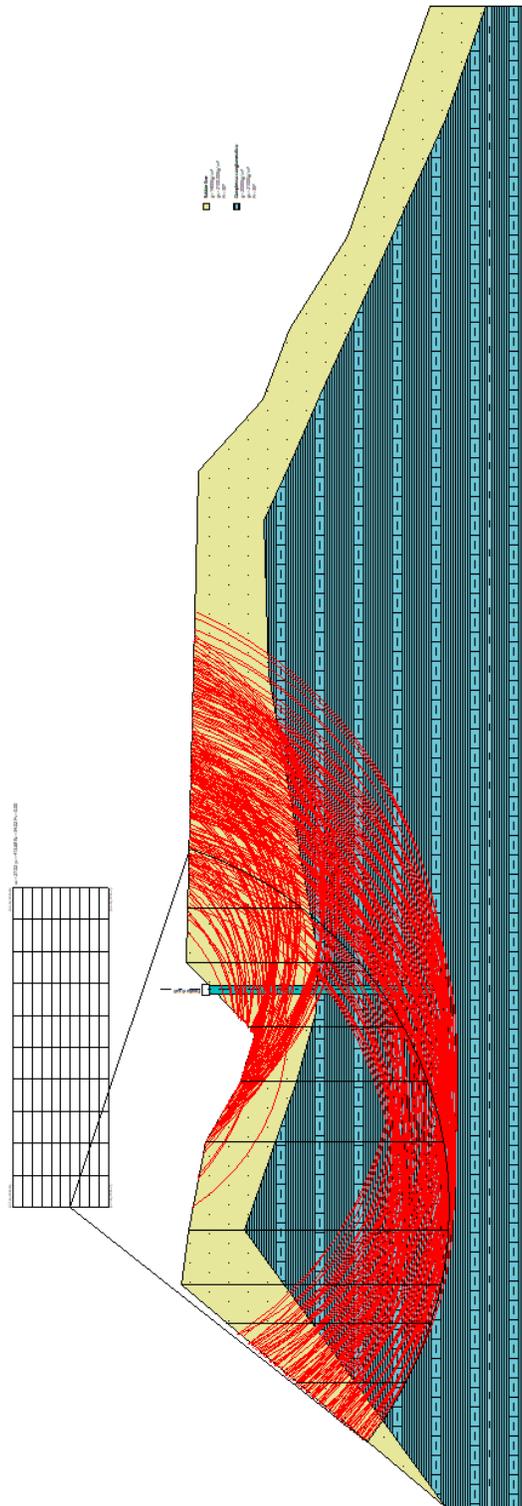
Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

170	28.5	417.5	37.5	0.00
171	29.9	417.1	33.1	0.00
172	31.3	417.5	37.4	0.00
173	32.8	417.1	37.1	0.00
174	34.2	417.5	37.4	0.00
175	35.6	417.1	37.1	0.00
176	37.1	417.5	37.5	0.00
177	38.5	417.1	37.2	0.00
178	40.0	417.5	37.5	0.00
179	41.4	417.1	37.1	0.00
180	42.8	417.5	37.4	0.00
181	44.3	417.1	37.0	0.00
182	45.7	417.5	37.5	0.00
183	47.1	417.1	21.1	0.00
184	48.6	417.5	21.8	0.00
185	50.0	417.1	21.6	0.00
186	51.5	417.5	22.3	0.00
187	52.9	417.1	22.1	0.00
188	54.3	417.5	26.5	0.00
189	55.8	417.1	26.3	0.00
190	27.0	418.0	33.9	0.00
191	28.5	418.4	38.2	0.00
192	29.9	418.0	33.7	0.00
193	31.3	418.4	34.0	0.00
194	32.8	418.0	33.6	0.00
195	34.2	418.4	34.2	0.00
196	35.6	418.0	33.8	0.00
197	37.1	418.4	34.2	0.00

Parco Eolico "Sellia Marina" – Progetto Definitivo
Relazione Stabilità Pendii

198	38.5	418.0	33.8	0.00
199	40.0	418.4	38.2	0.00
200	41.4	418.0	33.6	0.00
201	42.8	418.4	34.1	0.00
202	44.3	418.0	21.4	0.00
203	45.7	418.4	38.3	0.00
204	47.1	418.0	21.9	0.00
205	48.6	418.4	22.6	0.00
206	50.0	418.0	22.4	0.00
207	51.5	418.4	23.1	0.00
208	52.9	418.0	22.9	0.00
209	54.3	418.4	27.4	0.00
210	55.8	418.0	27.1	0.00
211	27.0	418.8	34.4	0.00
212	29.9	418.8	34.3	0.00
213	32.8	418.8	38.6	0.00
214	35.6	418.8	34.5	0.00
215	38.5	418.8	38.6	0.00
216	41.4	418.8	38.6	0.00
217	44.3	418.8	22.3	0.00
218	47.1	418.8	22.8	0.00
219	50.0	418.8	23.3	0.00
220	52.9	418.8	23.8	0.00
221	55.8	418.8	28.0	0.00

=====



5. CONCLUSIONI

Di seguito si riportano i fattori di sicurezza FS, ricavati dalla analisi effettuate. In particolare, per ogni sezione, si riportano i valori minimi di FS sia per lo stato di fatto che per quello di progetto.

SEZIONE	FS – stato di fatto	FS – stato di progetto
SM02	1.23	1.13
SM05	0.87	1.36
SM12	0.82	2.47

Dalle verifiche eseguite risulta che le sezioni allo stato di fatto, ad eccezione della SM02, non soddisfano le verifiche di stabilità.

Considerando lo stato di progetto, con la realizzazione delle piazzole, dell'installazione degli aerogeneratori, e delle opere di sostegno (si prevedono delle paratie di pali di almeno 0.80 m di diametro) le verifiche sono soddisfatte per tutte le sezioni.

Considerando la tipologia dei dati geologici a disposizione, si deve specificare come tali analisi di stabilità forniscano dei valori abbastanza accurati relativamente alla fase progettuale definitiva del presente elaborato.

Tutte le verifiche condotte andranno rielaborate in fase esecutiva, soprattutto considerando un ulteriore approfondimento delle indagini geognostiche, che consentiranno anche la definizione ed il dimensionamento strutturale definitivo delle opere di sostegno previste