



COMUNE DI TROIA

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI ORSARA DI PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 6 aerogeneratori con potenza di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nei comuni di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG), in località "Cancarro"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica

ai sensi dell'articolo 7 e del punto 4d dell'allegato 2 del R.R. n. 9 del 2015

COD. ID.				
Livello prog.		Tipo documentazione	N. elaborato	Data
PD		Definitiva	4.2.6.12	12/2022

Nome file	
-----------	--

REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2022	PRIMA EMISSIONE		MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:



Italgen S.p.A

Via Kennedy,37
24020 Villa di Serio (BG), Italia
P.IVA 02605580162

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729

RELAZIONE TECNICA

ai sensi dell'articolo 7 e del punto 4d dell'allegato 2 del R.R. n. 9 del 2015

INDICE

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE IN PROGETTO	3
1.1. GENERATIVITÀ	3
1.2. ELENCO SINTETICO DELLE OPERE DA REALIZZARE	4
1.3. AEROGENERATORI	4
1.4. VIABILITÀ E PIAZZOLE	6
1.5. ELETTRODOTTI INTERRATI MT	6
2. ATTIVITA' DI MOVIMENTO TERRA E GESTIONE MATERIALI DI RISULTA.....	9
2.1. DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI MOVIMENTI TERRA.....	9
2.2. DESCRIZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO	10
2.2.1. Generalità	10
2.2.2. Scavi per fondazioni	10
2.2.3. Scavi a sezione ristretta per la messa in opera dei cavidotti	11
2.2.3.1 Fresato stradale.....	13
2.2.4. Scotico per la realizzazione della viabilità e delle piazzole	14
2.2.5. Realizzazione delle cabine di raccolta	15
2.3. QUANTIFICAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO.....	15
3. IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE FISICO.....	16
3.1 STATO DI FATTO	16
3.2 IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE FISICO.....	17
3.3 MISURE DI MITIGAZIONE	17
4. IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE IDRICO	18
4.1 STATO DI FATTO	18
4.2 IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE IDRICO	19
4.3 MISURE DI MITIGAZIONE	19
5. IMPATTO DEI LAVORI SU SUOLO E SOTTOSUOLO	19
5.1 STATO DI FATTO	19
5.2 IMPATTI DEI LAVORI SU SUOLO E SOTTOSUOLO.....	22
5.3 MISURE DI MITIGAZIONE	22
6. IMPATTO DEI LAVORI SUGLI ECOSISTEMI NATURALI	23

6.1	STATO DI FATTO	23
6.2	IMPATTI DEI LAVORI SU FLORA E FAUNA.....	27
7.	IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE ANTROPICO.....	27
8.	TIPOLOGIA DELLE OPERE DI FONDAZIONE	28
8.1	CONTESTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	28
8.2	DESCRIZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE	30
9.	ANALISI DI STABILITÀ DEI SITI DI SCAVO E RIPORTO	31
9.1	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE	31
9.2	ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E RIPORTO	31
10.	ALLEGATI.....	35

1. DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE IN PROGETTO

1.1. GENERATITÀ

Il progetto, di cui il presente elaborato ne costituisce parte integrante, prevede la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito in agro dei Comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia.

L'impianto in progetto si compone di 6 aerogeneratori tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, della potenza di 6 MW ciascuno.

I 6 aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto sono di seguito nomenclati con sigle identificative da WTG1 a WTG6, così come individuati, tra l'altro, negli elaborati grafici di progetto.

Di seguito si riportano i riferimenti catastali e le coordinate relativamente a ciascun aerogeneratore.

WTG	Riferimenti catastali			Coordinate WGS 84-UTM 33N	
	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	E	N
WTG01	Troia	8	156	521850.75	4575926.55
WTG02	Troia	8	270	521339.11	4575901.08
WTG03	Troia	8	149	520878.51	4575452.99
WTG04	Troia	8	407	520453.85	4575181.39
WTG05	Orsara di Puglia	2	148	520927.31	4573869.89
WTG06	Orsara di Puglia	2	42	521316.76	4574727.76

La connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale avverrà su futuro ampliamento della stazione RTN con sezione di raccolta a 36 kV e trasformazione 150/36 kV ubicata nei comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia (FG), in località "Cancarro".

Tutti gli aerogeneratori previsti in progetto, così come il futuro ampliamento della stazione elettrica, ricadono in area classificata a "media e moderata pericolosità geomorfologica (PG1)" ai sensi dell'art. 15 delle N.T.A. del P.A.I.

Il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e di collegamento del parco eolico alla stazione elettrica ricade quasi interamente in aree perimetrate PG1 e solo per minima parte in area perimetrata PG2.

Nelle aree perimetrate PG1 e PG2, la realizzazione degli interventi previsti in progetto è subordinata ad uno "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" che dimostri la compatibilità degli stessi con le condizioni di pericolosità geomorfologica dell'area.

Gli interventi sono stati progettati tenendo conto, tra l'altro, degli aspetti inerenti la salvaguardia dell'ambiente e dell'assetto idrogeologico.

Le attività di cantiere sono tali per cui non comportano condizioni di rischio per smottamenti, instabilità di versante o altri movimenti gravitativi.

Sono state effettuate indagini geologiche atte a verificare la compatibilità delle opere di movimento terra previste in progetto con la stabilità dei terreni.

Le indagini geologiche effettuate prendono in esame la circolazione idrica superficiale e profonda, verificando eventuali interferenze degli scavi e la conseguente compatibilità degli stessi con la suddetta circolazione idrica.

1.2. ELENCO SINTETICO DELLE OPERE DA REALIZZARE

Di seguito si riporta un elenco sintetico delle opere previste in progetto e che devono essere oggetto di autorizzazione.

- ❖ Aerogeneratori
 - Fondazioni
 - Torri
- ❖ Viabilità e piazzole
 - Viabilità di accesso definitiva
 - Piazzole definitive
 - Viabilità e slarghi temporanei
 - Piazzole temporanee
- ❖ Elettrodotti interrati MT
- ❖ Cabine di raccolta

1.3. AEROGENERATORI

Il modello di turbina che si intende adottare è del tipo Simens Gamesa SG 6.0 - 170 o similare avente rotore tripala e sistema di orientamento attivo.

Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale variabile tra 6.0 e 6.2 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente. Esso sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali. Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti:

- diametro rotore fino a 170 m;
- altezza torre fino a 115 m;
- altezza della torre più raggio rotore (altezza massima) fino a 200 m.

La turbina scelta è costituita da un sostegno (torre) che porta alla sua sommità la navicella, costituita da un basamento e da un involucro esterno. All'interno di essa sono contenuti il generatore elettrico e tutti i principali componenti elettromeccanici di comando e controllo.

Il generatore è composto da un anello esterno, detto statore, e da uno interno rotante, detto rotore, che è direttamente collegato al rotore tripala.

L'elemento di connessione tra rotore elettrico ed eolico è il mozzo in ghisa sferoidale, su cui sono innestate le tre pale in vetroresina ed i loro sistemi di azionamento per l'orientamento del passo. La navicella è in grado di ruotare allo scopo di mantenere l'asse della macchina sempre parallelo alla direzione del vento mediante azionamenti elettromeccanici di imbardata.

Entro la stessa navicella sono poste le apparecchiature per il sezionamento elettrico e la trasformazione dell'energia da Bassa Tensione a Media Tensione. Opportuni cavi convogliano a base torre, agli armadi di potenza di conversione e di controllo, l'energia elettrica prodotta e trasmettono i segnali necessari per il funzionamento.

L'energia meccanica del rotore mosso dal vento è trasformata in energia elettrica dal generatore, tale energia viene trasportata in cavo sino al trasformatore MT/BT che trasforma il livello di tensione del generatore ad un livello di media tensione tipicamente pari a 30kV.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore consente alla macchina di effettuare in automatico la partenza e l'arresto in diverse condizioni di vento.

L'aerogeneratore eroga energia nella rete elettrica quando è presente in sito una velocità minima di vento (2-4 m/s) mentre viene arrestato per motivi di sicurezza per venti estremi superiori a 25 m/s.

Il sistema di controllo ottimizza costantemente la produzione sia attraverso i comandi di rotazione delle pale attorno al loro asse (controllo di passo), sia comandando la rotazione della navicella.

Dal punto di vista funzionale, l'aerogeneratore è composto dalle seguenti principali componenti:

- rotore;
- navicella;
- albero;
- generatore;
- trasformatore BT/MT e quadri elettrici;
- sistema di frenatura;
- sistema di orientamento;
- torre e fondamenta;
- sistema di controllo;
- protezione dai fulmini.

Le caratteristiche principali dell'aerogeneratore prescelto sono brevemente riassunte di seguito:

POTENZA NOMINALE	6.0 – 6.2 MW
NUMERO DI PALE	3
ROTORE A TRE PALE	Diametro = fino a 170 m
ALTEZZA MOZZO	Fino a 115 m
VELOCITA' NOMINALE GENERATORE	1120 rpm-6p (50 Hz)
DIAMETRO DEL ROTORE	Fino a 170 m
AREA DI SPAZZAMENTO	22.698 m ²
TIPO DI TORRE	Tubolare
TENSIONE NOMINALE	690 V
FREQUENZA	50 o 60 Hz

Le pale, in fibra di vetro rinforzata con resine epossidiche, hanno una lunghezza di 83,00 m.

L'aerogeneratore è alloggiato su una torre metallica tubolare tronco conica d'acciaio alta circa 115 m zincata e verniciata.

Al suo interno è ubicata una scala per accedere alla navicella; quest'ultima è completa di dispositivi di sicurezza e di piattaforma di disaccoppiamento e protezione. Sono presenti anche elementi per il passaggio dei cavi elettrici e un dispositivo ausiliario di illuminazione.

L'accesso alla navicella avviene tramite una porta posta nella parte inferiore. La torre viene costruita in sezioni che vengono unite tramite flangia interna a piè d'opera e viene innalzata mediante una gru ancorata alla fondazione con un'altra flangia.

Nella fase realizzativa del parco eolico, qualora la ricerca ed il progresso tecnologico mettessero a disposizione del mercato, turbine eoliche con caratteristiche fisiche simili, che senza inficiare le valutazioni di carattere progettuale e/o ambientale del presente studio, garantissero prestazioni superiori, la proponente valuterà l'opportunità di variare la scelta del modello di aerogeneratore precedentemente descritto.

La società proponente, pertanto, si riserva di selezionare, mediante bando di gara, il tipo di aerogeneratore più performante al momento dell'ottenimento di tutte le autorizzazioni a costruire, fatto salvo il rispetto dei requisiti tecnici minimi previsti dai regolamenti vigenti in materia e conformemente alle autorizzazioni ottenute.

1.4. VIABILITÀ E PIAZZOLE

La viabilità interna al Parco Eolico "Cancarro" sarà costituita da 6 nuovi tracciati di lunghezza complessiva pari a 2602 m. Essa avrà un andamento altimetrico il più possibilmente fedele alla naturale morfologia del terreno al fine di minimizzarne l'impatto visivo.

Il pacchetto stradale sarà così costituito:

- telo di geotessuto tessuto-non-tessuto a separazione del terreno di fondo scavo con i soprastanti strati;
- strato di fondazione stradale di 40 cm in misto granulare a tout-venant;
- strato di finitura in misto stabilizzato dello spessore di 15 cm.

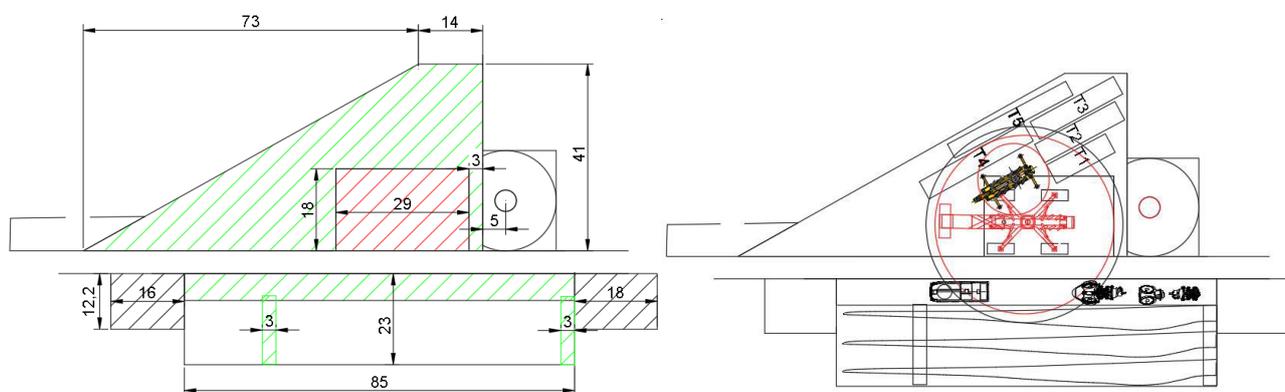
Lo strato di finitura superficiale è previsto in misto granulare stabilizzato con legante naturale allo scopo di preservare la naturalità del paesaggio.

Per rendere più agevole il passaggio dei mezzi di trasporto, le strade avranno una larghezza della carreggiata pari a 5,00 m e raggi di curvatura sempre superiori ai 70 m.

Le 6 piazzole di montaggio degli aerogeneratori saranno così costituite:

- piazzola per il montaggio della torre opportunamente stabilizzata, di dimensioni (73 m x 41 m);
- piazzola livellata in terreno naturale per lo stoccaggio temporaneo delle pale, di dimensioni 85 m x 23 m;
- area libera da ostacoli per il montaggio della gru, di dimensioni 29 m x 18 m.

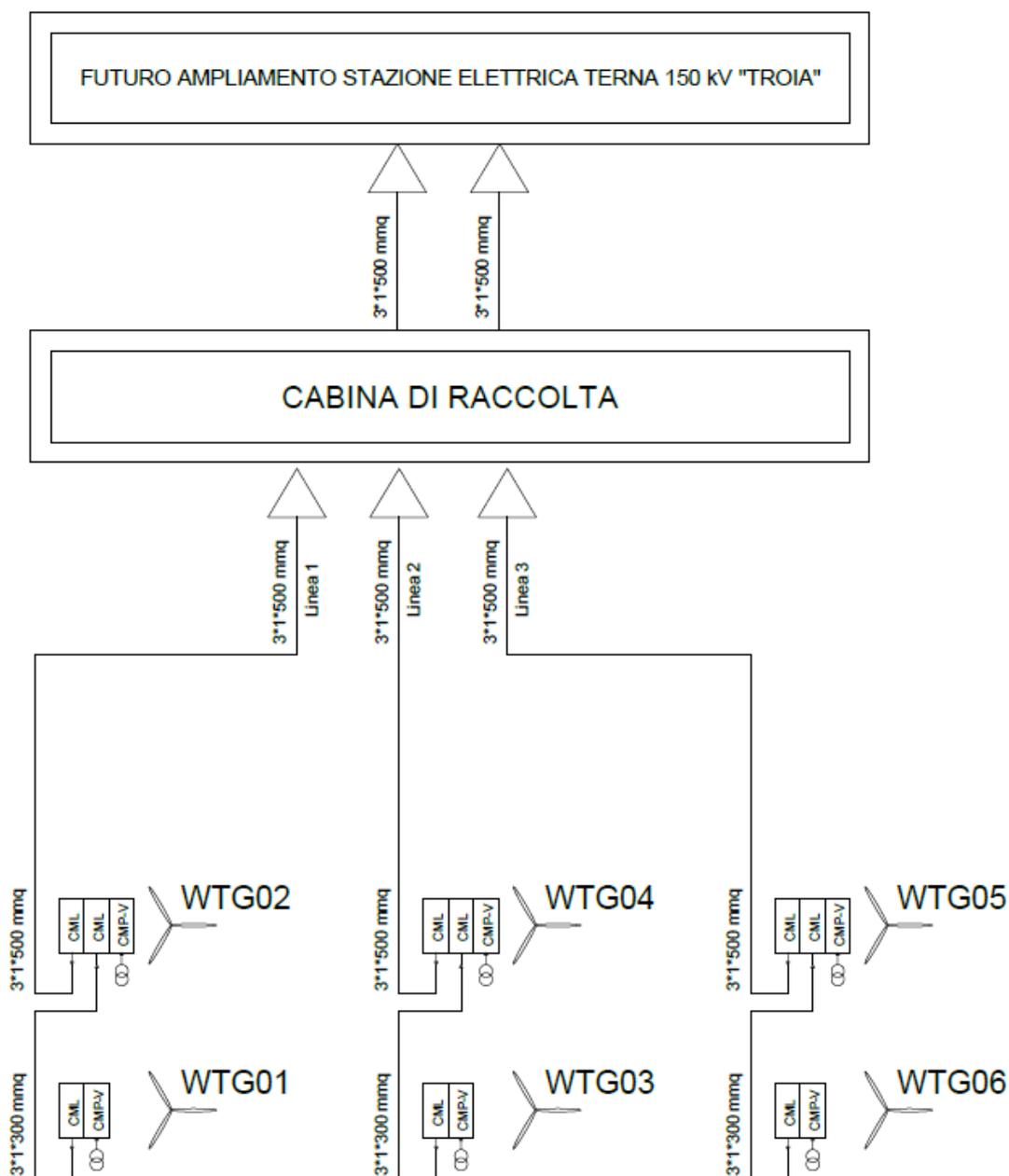
Al termine della fase di montaggio degli aerogeneratori, le piazzole, nella loro fase di esercizio, saranno ridotte ad un'area di 522 mq (18 m x 29 m) necessaria alle periodiche visite di controllo e manutenzione delle turbine; la restante parte verrà rinaturalizzata.



1.5. ELETTRODOTTI INTERRATI MT

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore viene trasformata da bassa a media tensione attraverso il trasformatore installato all'interno dell'aerogeneratore medesimo per essere poi convogliata al quadro di media tensione a 36 kV.

Lo schema proposto per il collegamento degli aerogeneratori alla stazione RTN con sezione di raccolta 36 kV e trasformazioni 150/36 kV consiste in una soluzione mista di linee radiali e ad albero, in funzione della disposizione degli aerogeneratori stessi, dell'orografia del territorio e della viabilità interna del parco.



Schema elettrico unifilare WTG

I cavidotti di collegamento alla rete elettrica nazionale in MT si svilupperanno nei territori comunali di Troia, Celle San Vito, Castelluccio Valmaggiore e Orsara di Puglia, per una lunghezza complessiva del cavidotto interno pari a 9.20 km ed esterno pari a 1.4 km.

Ogni linea, sarà realizzata con tre cavi disposti a trifoglio cordati ad elica visibile aventi sezione 3x1x300 mmq e 3x1x500 mmq.

Per proteggere i cavi dalle sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche dovute al traffico veicolare, la scelta progettuale prevede che i cavi siano posati in una trincea avente profondità non inferiore ad un minimo di 120 cm, all'interno di un tubo corrugato $\phi 200$ in PEAD.

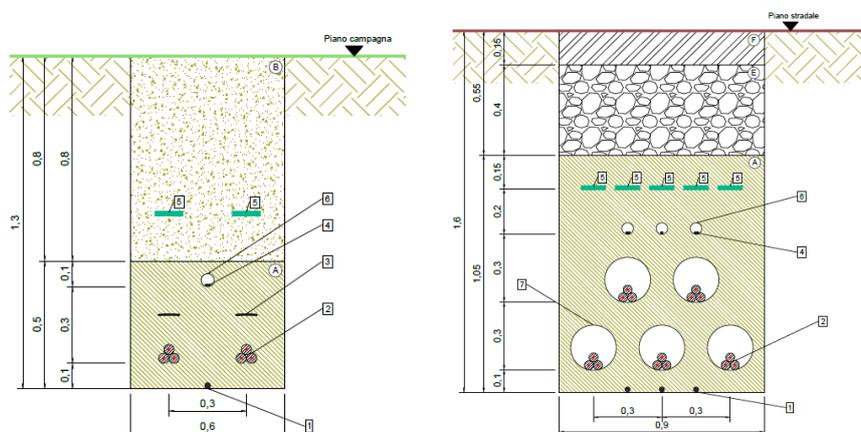
Inoltre, al fine di evitare il danneggiamento dei cavi nel corso di eventuali futuri lavori di scavo realizzati in corrispondenza della linea stessa, la presenza del cavidotto sarà segnalata mediante la posa in opera di un nastro monitore riportante la dicitura "CAVI ELETTRICI" e di tegolini per la protezione meccanica dei cavi. All'interno della stessa trincea saranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

I cavidotti saranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata con profondità massima di 1.5 m e avrà larghezza variabile da un minimo di 0,45 m per una terna ad un massimo di 0.9 m, in dipendenza del numero di terne di cavi da posare fino ad un massimo di 5 terne.

Prima della posa dei cavi verrà ricoperto il fondo dello scavo (letto di posa) con uno strato (3-4 cm di spessore) di sabbia avente proprietà dielettriche. I cavi saranno posati direttamente nello scavo e quindi ricoperti da uno strato di sabbia dielettrica (circa 20 cm). Le terne, tranne per i casi di una e due terne, saranno posate su due livelli diversi: lo scavo sarà profondo 130 cm nel caso di una o due terne, 160 cm nel caso di cinque terne.

Sezione tipo scavo MT (su terreno agricolo) - DUE TERNE

Sezione tipo scavo MT (su strada brecciata / terra battuta) - CINQUE TERNE



Sezioni tipo cavidotto tipiche

La posa dei cavi sarà articolata attraverso le seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità suddette;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;

- apposizione di paletti di segnalazione della presenza dei cavi.

Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro applicati ai conduttori non devono superare i 60 N/mm² rispetto alla sezione totale.

Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti di impianto.

Per la posa dei cavi in fibra ottica lo sforzo di tiro da applicarsi a lungo termine sarà al massimo di 3000 N. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm. Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e di tiro sarà garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo dovesse subire delle deformazioni o schiacciamenti visibili sarà necessario interrompere le operazioni di posa e dovranno essere effettuate misurazioni con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico. La realizzazione delle giunzioni dovrà essere condotta secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa saranno applicate targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter risalire all'esecutore, alla data e alle modalità d'esecuzione.

2. ATTIVITA' DI MOVIMENTO TERRA E GESTIONE MATERIALI DI RISULTA

2.1. DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI MOVIMENTI TERRA

La gestione delle terre e rocce da scavo provenienti dalle attività di movimento terra avverrà in ottemperanza alla vigente normativa come meglio e più esaurientemente dettagliato nell'elaborato "Piano di gestione terre e rocce da scavo".

Durante l'esecuzione di opere o movimenti di terra di qualsiasi entità non saranno creati ostacoli al normale deflusso delle acque meteoriche e sarà sempre assicurata la corretta regimazione delle acque, al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi.

Durante le fasi di cantiere, gli eventuali depositi temporanei di terre e rocce da scavo saranno effettuati in modo da evitare fenomeni di ristagno delle acque. I depositi non saranno in alcun modo collocati all'interno di impluvi o fossi e saranno mantenuti a congrua distanza dai corsi d'acqua. Gli stessi, altresì, non saranno collocati in prossimità di fronti di scavo al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

Le modalità di scavo e la eventuale necessità di opere provvisorie necessarie a garantire la stabilità dei terreni durante l'esecuzione dei lavori sono state determinate valutando la stabilità dei fronti di scavo o di riporto a breve termine, in assenza di opere di contenimento.

Gli scavi avverranno per stati di avanzamento tali da consentire la idonea ricolmatura degli stessi in tempi rapidi. I riporti di terreno saranno eseguiti a strati, assicurando la naturale permeabilità del sito e il graduale compattamento dei materiali terrosi. Nelle aree di riporto saranno sempre garantite le opere necessarie alla regimazione delle acque ed alla difesa dai fenomeni erosivi.

Il terreno di risulta proveniente dagli scavi, nel caso in cui esso sia conguagliato in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori, sarà sistemato in maniera tale che non si determinino significative modificazioni dell'assetto e delle pendenze dei terreni. Esso sarà idoneamente livellato e compattato affinché non si verifichino fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.

Ove il terreno di scavo sarà riposto negli scavi stessi, sarà garantita la naturale permeabilità del sito ed saranno evitati fenomeni di impermeabilizzazione e/o ruscellamento superficiale.

2.2. DESCRIZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO

2.2.1. Generalità

Con riferimento ai siti di produzione e riutilizzo di terre e rocce da scavo, la cui ubicazione coincide in gran parte con le opere civili in progetto, è prevista la realizzazione di:

- 6 palificate costituite da 17 pali aventi diametro pari a 1,00 m e lunghezza pari a 22,00 m;
- 6 plinti tronco-conici aventi area di impronta circolare di diametro pari a 22 m e profondità del piano di posa pari a 3 m;
- piazzole di cantiere e di esercizio, strade di nuova realizzazione e adeguamenti temporanei delle strade esistenti;
- cavidotto interrato interno al parco;
- cavidotto interrato esterno;
- cabina di raccolta.

Le aree interessate dall'installazione degli aerogeneratori si presentano tutte agricole ad uso seminativo e/o incolto e storicamente sono sempre state agricole.

La parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. definisce, in relazione alla specifica destinazione d'uso del sito, due livelli di concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per gli inquinanti organici ed inorganici nel terreno. I valori di CSC per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo si differenziano dunque in base alla destinazione d'uso e sono indicati nell'allegato 5 tabella 1 dello stesso D.Lgs. 152/2006:

- verde pubblico, verde privato e residenziale (colonna A),
- industriale e commerciale (colonna B).

Le aree agricole vengono assimilate alla prima categoria.

Dall'analisi cartografica è emerso che l'area interessata dal progetto non viene attraversata da grandi arterie stradali quali autostrade e superstrade. I siti di cantiere distano più di 1000 m da infrastrutture viarie di grande comunicazione.

2.2.2. Scavi per fondazioni

Gli scavi di fondazione riguarderanno:

- ✓ i pali trivellati, nel qual caso si tratterà di perforazioni di diametro circolare.
- ✓ i plinti di fondazione, nel qual caso saranno a sezione ampia/obbligata;
- ✓ cabina di raccolta.

I materiali rinvenuti dagli scavi realizzati per l'esecuzione delle fondazioni, nell'ordine:

- ✓ saranno utilizzati per il rinterro di ciascuna fondazione;
- ✓ potranno essere impiegati per il ripristino dello stato dei luoghi, relativamente alle opere temporanee di cantiere;
- ✓ potranno essere impiegati per la realizzazione/adeguamento delle strade e/o piste nell'ambito del cantiere (pertanto in situ);
- ✓ se in eccesso rispetto alla possibilità di reimpiego in situ, saranno gestiti quale rifiuti ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e trasportati presso un centro di recupero autorizzato o in discarica.

Ad oggi, infatti, la società proponente, per l'impiego del materiale rinveniente gli scavi non ha la disponibilità di siti differenti da quello interessato dall'intervento. Pertanto il materiale non utilizzabile direttamente in situ sarà catalogato e gestito ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

CODIFICA CER per rifiuti di terre e rocce da scavo

17 05	terra (compreso il terreno proveniente da siti contaminati), rocce e fanghi di dragaggio
17 05 03*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03

Nell'ottica della prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, qualora nel corso dei lavori si individuino siti di conferimento finali differenti da quello in cui il materiale è stato prodotto, si provvederà a caratterizzare il materiale ai sensi delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017 e, all'esito delle caratterizzazioni dello stesso quale sottoprodotto, si provvederà a presentare modifica del piano di utilizzo e le analisi alle autorità competenti nei tempi stabiliti dalle vigenti norme.

2.2.3. Scavi a sezione ristretta per la messa in opera dei cavidotti

La modalità di esecuzione di messa in opera dei cavidotti sarà la seguente:

- ✓ scavo a sezione ristretta di profondità variabile da 1,30 a 1,60 m e larghezza media determinata dal numero delle terne di cavi parallele da posare, variabile tra 45 cm e 150 cm;
- ✓ posizionamento in trincea dei cavi di potenza, delle corde di terra e della fibra ottica;
- ✓ copertura dei cavi con uno strato di terreno proveniente dagli scavi e opportunamente vagliato, per un'altezza media variabile da 50 cm a 80 cm;
- ✓ copertura del cavedio con rilevato da scavo fino a quota stradale;
- ✓ compattazione dell'area di intervento;
- ✓ ripristino delle condizioni originarie.

Disfacimento delle pavimentazioni

I disfacimenti dovranno essere limitati alla superficie strettamente indispensabile per l'esecuzione degli scavi, in modo da ridurre al minimo gli oneri di ripristino, assicurando reimpiego degli elementi della pavimentazione rimossa. In particolare tutti i materiali riutilizzabili dovranno essere accatastati in ordine ai bordi dello scavo in modo di non ostacolare la circolazione stradale. Nei casi in cui ciò non sia fattibile o in presenza di diverse disposizioni dell'Ente proprietario, detti materiali dovranno essere trasportati in opportuni depositi e riportati all'atto della loro rimessa in sito; in presenza di pavimentazioni di particolare pregio che richiedano una ricollocazione definita (es. lastricati in basole) prima del trasporto si dovrà procedere alla loro

numerazione. In presenza di pavimentazioni in manto bituminoso, calcestruzzo o simili, prima di procedere al disfaccimento sarà necessario delimitare la superficie mediante tagli netti della pavimentazione stessa eseguiti con appropriate macchine a dischi rotanti.

Scavo in carreggiata

Gli scavi da realizzarsi in corrispondenza della carreggiata stradale, in cui è verosimilmente presente un tappetino di usura ed uno strato di binder di sottofondo, dovranno essere eseguiti con adeguati mezzi meccanici, o a mano in situazioni particolari, previo taglio e demolizione e/o rimozione della pavimentazione stradale di qualsiasi spessore. La canalizzazione dovrà essere messa in opera sul fondo dello scavo perfettamente spianato e privato di sassi o spuntoni di roccia e posata in un letto di materiale vagliato. Il residuo volume di scavo dovrà essere riempito con stabilizzato di cava o con terreno di risulta vagliato e privato di sassi, opportunamente rullato e compattato e completato con uno strato di binder di spessore uguale a quello demolito. A congrua distanza di tempo, in modo tale che il rinterro ed il ripristino del sottofondo abbiano raggiunto il loro assestamento, si dovrà procedere al ripristino del manto stradale a mezzo di idoneo tappetino bituminoso previa scarifica ed eventuali ricarichi se l'entità dei cedimenti lo richiedesse.

Scavo in terreno naturale

Gli scavi da realizzarsi in corrispondenza di terreno non pavimentato, dovranno essere eseguiti con adeguati mezzi meccanici o a mano quando situazioni particolari lo richiedano. La canalizzazione dovrà essere messa in opera sul fondo dello scavo perfettamente spianato e privato di sassi o spuntoni di roccia e posata in un letto di sabbia o pozzolana. Il residuo volume di scavo dovrà essere riempito con terreno di risulta vagliato e privato di sassi, opportunamente rullato e compattato.

Rinterri e ripristini

Per operazioni di rinterro si intende il riempimento degli scavi effettuati, in tutto od in parte, con materiale di risulta, sabbia, materiale inerte o stabilizzato, conglomerati in calcestruzzo e/o bituminosi.

Salvo diversa disposizione dell'Ente proprietario della strada ed al fine di evitare successivi cedimenti, il materiale di rinterro, sia esso terra proveniente dallo scavo sia materiale inerte, dovrà essere accuratamente costipato in strati successivi da circa 40-50 cm con mezzi idonei, come ad esempio vibrocostipatrici, compattatori, ecc.. Qualora la parte superiore dello scavo debba essere riempita con conglomerati in calcestruzzo e/o bituminosi e tale operazione, su richiesta dell'Ente proprietario della strada, non venga effettuata immediatamente, il riempimento totale dello scavo dovrà essere eseguito fino al livello del piano stradale (con terra di risulta o inerte) in modo da evitare avvallamenti o rilievi pericolosi per la pubblica incolumità. Il successivo riempimento della parte superiore dovrà essere effettuato con la preventiva realizzazione di un idoneo cassonetto, relativo trasporto del materiale alle discariche, e successiva posa degli strati di conglomerato cementizio o bituminoso previsto dall'Ente proprietario della strada. I riempimenti degli scavi ed il rifacimento delle pavimentazioni stradali dovranno essere eseguiti con le caratteristiche tecniche e nelle quantità stabilite e concordate preventivamente con i proprietari delle strade (Amministrazioni, Enti, Privati, ecc.).

I materiali rinvenuti dagli scavi realizzati per l'esecuzione della messa in opera dei cavidotti, nell'ordine:

- ✓ saranno utilizzati per il rinterro;
- ✓ se in eccesso rispetto alla possibilità di reimpiego in situ o nell'ambito del cantiere per altre opere civili, saranno gestiti quale rifiuti ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e trasportati in discarica autorizzata e/o, ove possibile, conferiti presso impianto di recupero di rifiuti.

Ad oggi, infatti, la società proponente, per l'impiego del materiale rinveniente gli scavi, non ha la disponibilità di siti differenti da quello interessato dall'intervento. Pertanto il materiale non utilizzabile direttamente in situ sarà catalogato e gestito ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Nell'ottica della prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, qualora nel corso dei lavori si individuino siti di conferimento finali differenti da quello in cui il materiale è stato prodotto, si provvederà a caratterizzare il materiale ai sensi delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017 e, all'esito delle caratterizzazioni dello stesso quale sottoprodotto, si provvederà a presentare modifica del piano di utilizzo e le analisi alle autorità competenti nei tempi stabiliti dalle vigenti norme.

2.2.3.1 Fresato stradale

Il fresato stradale è il conglomerato bituminoso che si origina dalla scarifica dello strato superficiale del manto stradale. La norma tecnica di riferimento per il suo recupero è data dal punto 7.6 del DM 5/2/1998 e successive modifiche.

L'attività di recupero può essere intrapresa trascorsi 90 giorni dalla comunicazione effettuata all'Albo Gestori Ambientali (art.216 – Codice Ambientale). Il gestore dell'impianto deve avere cura di separare i rifiuti dalla MPS (Materia Prima Secondaria) ottenuta dal recupero e di gestire correttamente la documentazione amministrativa comprovante la corretta gestione dell'impianto stesso (formulari di trasporto, registri, MUD, analisi). La messa in riserva dei rifiuti ad ingresso impianto deve seguire le precise norme tecniche dell'Allegato 5 del DM 5/2/1998 e succ. mod. ed int. Il magazzino delle MPS in uscita dall'impianto segue le normali regole dello stoccaggio di materia.

Il test di cessione per il riutilizzo del fresato è dato dai seguenti parametri (lettere b e c del punto 7.6 citato poc'anzi).

PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	CONCENTRAZIONI
		LIMITE
Nitrati	Mg/l NO3	50
Fluoruri	Mg/l F	1,5
Solfati	Mg/l SO4	250
Cloruri	Mg/l Cl	100
Cianuri	microgrammi/l Cn	50
Bario	Mg/l Ba	1
Rame	Mg/l Cu	0.05
Zinco	Mg/l Zn	3
Berillio	g/l Be	10
Cobalto	g/l Co	250
Nichel	g/l Ni	10
Vanadio	g/l V	250
Arsenico	g/l As	50
Cadmio	g/l Cd	5
Cromo	g/l Cr	50
Piombo	g/l Pb	50
Selenio	g/l Se	10
Mercurio	g/l Hg	1
Amianto	Mg/l	30
COD	Mg/l	30
PH		5,5 - 12

È ammesso a procedura semplificata solo il fessato con codice CER 170302 "miscele bituminose diverse di quelle di cui alla voce 170301" e non la voce corrispondente ad un rifiuto pericolo CER 170301* "miscele bituminose contenenti catrame di carbone".

2.2.4. Scotico per la realizzazione della viabilità e delle piazzole

Con riferimento alle caratteristiche orografiche del territorio oggetto d'intervento, sono previsti limitati sbancamenti e rinterri finalizzati all'appianamento delle superfici destinate alla realizzazione delle piazzole di putting up degli aerogeneratori. Pertanto il materiale di risulta scaturito dallo scotico superficiale per realizzazione delle piazzole di lavoro gru sarà reimpiegato in situ, per quanto possibile, per la livellazione delle superfici ove necessario e per il ripristino dello stato dei luoghi relativamente alle opere temporanee di cantiere (riduzione delle piazzole dalle dimensioni previste per il montaggio degli aerogeneratori alle dimensioni definite per le superfici di manovra in fase esercizio). Il materiale in eccedenza sarà classificato e gestito quale rifiuto ai sensi ed in conformità della parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Con riferimento alle caratteristiche orografiche del territorio oggetto d'intervento, sono previsti piccoli sbancamenti e rinterri finalizzati all'appianamento delle superfici destinate alla realizzazione delle piste d'impianto. Pertanto il materiale di risulta scaturito dallo scotico superficiale per realizzazione delle piste sarà, ove possibile, reimpiegato in situ o comunque nell'ambito del cantiere eolico, altrimenti sarà classificato e gestito quale rifiuto ai sensi ed in conformità della parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Nell'ottica della prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, qualora nel corso dei lavori si individuino siti di conferimento finali differenti da quello in cui il materiale è stato prodotto, si provvederà a caratterizzare il materiale ai sensi delle disposizioni

di cui al D.P.R. 120/2017 e, all'esito delle caratterizzazioni dello stesso quale sottoprodotto, si provvederà a presentare modifica del piano di utilizzo e le analisi alle autorità competenti nei tempi stabiliti dalle vigenti norme.

2.2.5. Realizzazione delle cabine di raccolta

Saranno effettuati degli scavi a sezione ampia per la realizzazione della fondazione della cabina di raccolta.

I materiali rinvenuti dagli scavi realizzati per l'esecuzione della fondazione, nell'ordine:

- ✓ saranno utilizzati per il rinterro di ciascuna fondazione;
- ✓ potranno essere impiegati per il ripristino dello stato dei luoghi, ove necessario;
- ✓ se in eccesso rispetto alla possibilità di reimpiego in situ, saranno gestiti quale rifiuti ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e trasportati presso un centro di recupero autorizzato o in discarica.

Ad oggi, infatti, la società proponente, per l'impiego del materiale rinveniente gli scavi non ha la disponibilità di siti differenti da quello interessato dall'intervento. Pertanto il materiale non utilizzabile direttamente in situ sarà catalogato e gestito ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Nell'ottica della prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, qualora nel corso dei lavori si individuino siti di conferimento finali differenti da quello in cui il materiale è stato prodotto, si provvederà a caratterizzare il materiale ai sensi delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017 e, all'esito delle caratterizzazioni dello stesso quale sottoprodotto, si provvederà a presentare modifica del piano di utilizzo e le analisi alle autorità competenti nei tempi stabiliti dalle vigenti norme.

2.3. QUANTIFICAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO

Di seguito si riporta una stima degli scavi e dei rinterri con relativo bilancio dei volumi, attinente alle opere di progetto.

Viabilità e piazzole	Sterri (m ³)		Riporti (m ³)
WTG1 – WTG2	1252	2603	1548
WTG3	1735	2000	1914
WTG4	621	2389	488
WTG5	571	1219	658
WTG6	601	679	620
Piazzole temporanee	14000		14000
Viabilità temporanea	785		785
Fondazioni	Sterri (m ³)		Riporti (m ³)
Scavo di fondazione	9600		5880
Scavo pali di fondazione	1740		-
Cavidotto e cabina di raccolta	Sterri (m ³)		Riporti (m ³)
Cavidotto interno ed esterno e cabina di raccolta	4272		4082

Si evince che saranno avviati a smaltimento 14.092 mc di materiale proveniente dagli scavi, da portare a discarica come rifiuti. Il terreno in eccesso rispetto alla possibilità di reimpiego in situ sarà gestito quale rifiuto ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e trasportato presso un centro di recupero autorizzato. Ad oggi, infatti, la società proponente, per l'impiego del materiale rinveniente gli scavi non ha la disponibilità di siti differenti da quello interessato dall'intervento. Pertanto il materiale non utilizzabile direttamente in situ sarà catalogato e gestito ai sensi delle parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. Nell'ottica della prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, qualora nel corso dei lavori si individuino siti di conferimento finali differenti da quello in cui il materiale è stato prodotto, si provvederà a caratterizzare il materiale ai sensi delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017 e, all'esito delle caratterizzazioni dello stesso quale sottoprodotto, si provvederà a presentare modifica del piano di utilizzo e le analisi alle autorità competenti nei tempi stabiliti dalle vigenti norme.

In aggiunta a quanto suddetto si precisa che non sarebbe stato comunque possibile eseguire un'indagine ambientale propedeutica alla realizzazione delle opere da cui deriva la produzione delle terre e rocce da scavo in quanto non si ha ancora la disponibilità di molte delle aree oggetto dei lavori, pertanto si ricorrerà alla caratterizzazione ambientale in corso d'opera.

3. IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE FISICO

3.1 STATO DI FATTO

Il parco eolico, estendendosi nella zona dei Monti della Daunia, ricade nell'area climatica omogenea n. 17, la quale occupa una superficie piuttosto limitata, compresa tra l'1,8 % ed il 2,9% dell'intera superficie regionale.

Tali aree sono delimitate con riferimento a valori medi dei parametri climatici più significativi di temperatura, piovosità ed evapotraspirazione, sia annui (misurati tramite l'indice DIC = Deficit Idrico Climatico) che mensili.

L'area omogenea n. 17 si caratterizza da valori di DIC annui compresi tra 375 e 500 mm e da periodi di siccitosi di entità contenute. Questo è dovuto sia all'elevata piovosità, variabile in media tra 600 e 700 mm, sia alle basse temperature medie annue pari a 12.5°C – 13.5°C.

Per quanto concerne la ventosità del sito, lo studio preliminare dell'anemologia dell'area di impianto è stato effettuato dalla lettura delle mappe del vento dell'Atlante Eolico Italiano.

Di seguito, si riportano i valori di riferimento per la velocità media annua del vento a 75m slm e 100m slm desunti dalle mappe del vento, che permettono di affermare che l'area scelta per la localizzazione del parco eolico presenta condizioni anemologiche favorevoli:

- Velocità media annua del vento a 75 m a 6 - 7 m/s;
- Velocità media annua del vento a 100 m a 7 - 8 m/s.

3.2 IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE FISICO

Per quanto riguarda l'ambiente fisico e, quindi, soprattutto l'impatto sulla risorsa aria (microclima, inteso come le condizioni climatiche relative alle aree di intervento), questo è da ritenersi sostanzialmente di entità lieve e di breve durata.

Le cause della presumibile modifica del microclima sono quelle rivenienti da:

- lieve aumento di temperatura provocato dai gas di scarico dei veicoli in transito atteso l'aumento del traffico veicolare che l'intervento in progetto comporta soprattutto in fase di esecuzione dei lavori (impatto indiretto). Aumento sentito maggiormente nei periodi di calma dei venti;
- danneggiamento modesto della vegetazione posizionata a ridosso dei lati della viabilità di accesso alle aree di intervento a causa dei gas di scarico e delle polveri;
- immissione di polveri dovute al trasporto e movimentazione di materiali tramite gli automezzi di cantiere e l'uso dei macchinari;
- sottrazione della copertura vegetale limitata all'adeguamento delle strade di collegamento per consentire il trasporto dei mezzi eccezionali e alla realizzazione delle piazzole di cantiere degli aerogeneratori.

3.3 MISURE DI MITIGAZIONE

Di grande importanza risulta la fase di mitigazione degli impatti provocati sulla componente aria, anche se temporaneamente, durante i lavori, vista l'interdipendenza di tale componente con tutte le altre, compresa la vegetazione, il suolo, ecc.

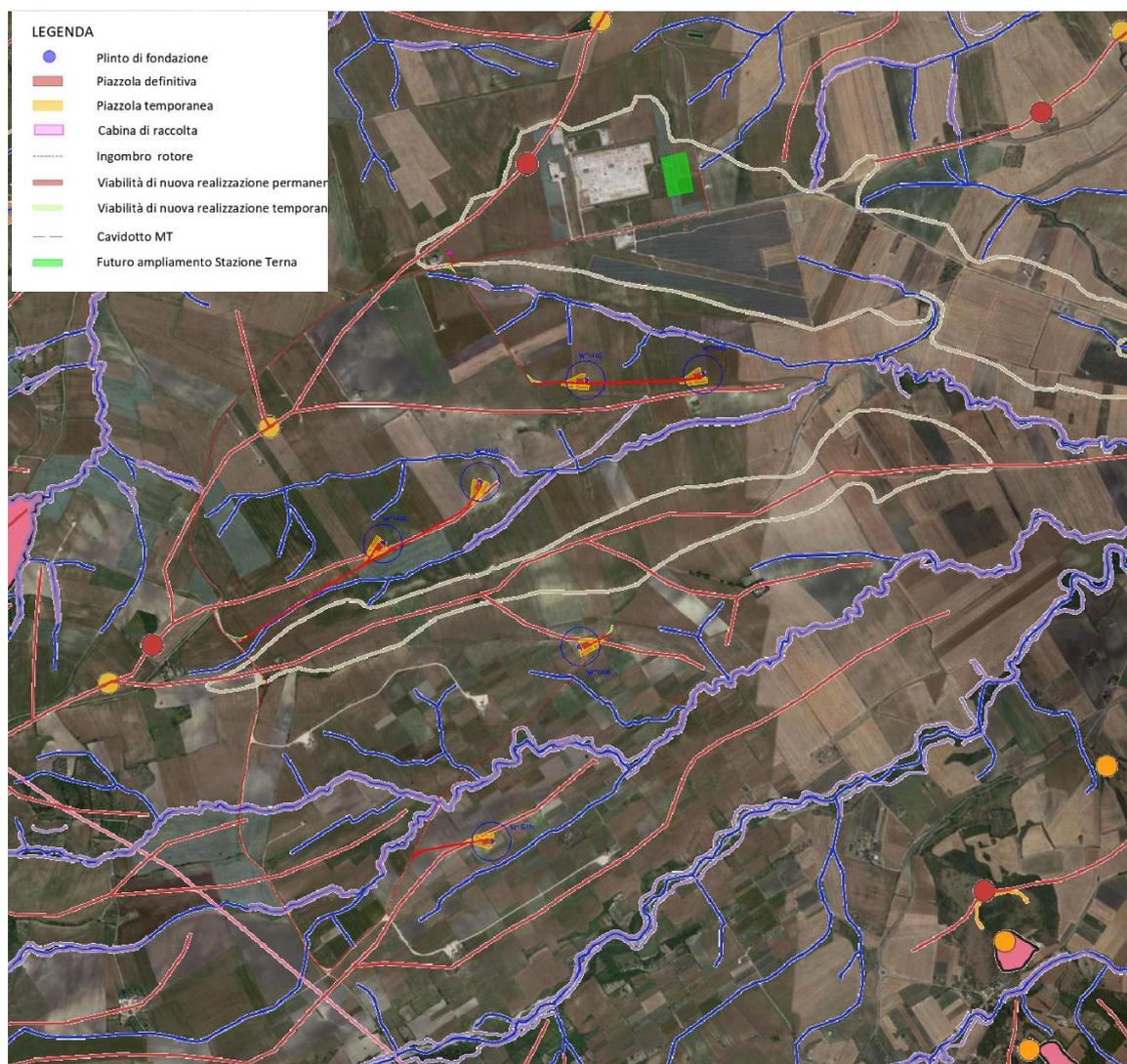
Per tale motivo, al fine di minimizzare il più possibile gli impatti, si opererà in maniera da:

- limitare al massimo la rimozione del manto vegetale esistente;
- adottare un opportuno sistema di gestione nel cantiere di lavoro prestando attenzione a ridurre l'inquinamento di tipo pulviscolare;
- utilizzare cave presenti nel territorio limitrofo, al fine di ridurre il traffico veicolare;
- bagnare le piste per mezzo degli idranti per limitare il propagarsi delle polveri nell'aria nella fase di cantiere;
- utilizzare macchinari omologati e rispondenti alle normative vigenti;
- ricoprire con teli eventuali cumuli di terra depositati ed utilizzare autocarri dotati di cassoni chiusi o comunque muniti di teloni di protezione onde evitare la dispersione di pulviscolo nell'atmosfera;
- ripristinare tempestivamente il manto vegetale a lavori ultimati.

4. IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE IDRICO

4.1 STATO DI FATTO

Il territorio interessato dall'impianto eolico è interessato da numeri corsi d'acqua, come si evince dall'inquadramento seguente.



Idrologia superficiale

L'idrografia dei comuni di Troia e Orsara di Puglia si presenta diversificata e complessa. Nel comune di Orsara di Puglia, i corsi d'acqua e i canali sono numerosi e attraversano il territorio comunale in modo ramificato. Tra questi, occorre menzionare il Torrente Sannoro e il Torrente Salsola, entrambi affluenti di sinistra del Torrente Cervaro. Nel comune di Troia, invece, il Torrente Celone rappresenta un importante fonte di approvvigionamento idrico per tutto l'ambito del Tavoliere.

L'aerogeneratore WTG02 è l'unico a risultare **esterno sia alla fascia di rispetto di 75 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, che alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale**, come definita all'art. 10 delle NTA del PAI.

I rimanenti WTG01, WTG03, WTG04, WTG05 e WTG06 risultano **esterni alla fascia di rispetto di 75 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale, ma interni alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m in destra e sinistra idraulica dall'asse fluviale**.

Per tutti gli aerogeneratori, ad esclusione della WTG02, è necessario uno studio di compatibilità idrologia e idraulica, comprensivo di analisi idrologica e modellazione idraulica per l'individuare l'impronta allagabile per un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni, al fine di valutare le condizioni di sicurezza per le opere da farsi.

Numerosi sono anche gli attraversamenti di corsi d'acqua da parte del cavidotto di collegamento degli aerogeneratori. Verranno utilizzate tecniche di posa in opera non invasive, come la trivellazione orizzontale teleguidata, in maniera da non interferire minimamente con l'alveo esistente.

4.2 IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE IDRICO

Il potenziale impatto nei confronti dello scorrimento idrico, sia superficiale che sotterraneo, che potrebbe aversi durante le fasi di cantiere per le operazioni di scavo delle fondazioni, è scongiurato mediante il posizionamento delle torri ad opportuna distanza dagli impluvi e al di fuori di aree potenzialmente soggette ad esondazioni.

Inoltre, per quanto riguarda nello specifico l'impatto sulla risorsa idrica sotterranea, la esigua profondità di scavo raggiunta per le fondazioni e per i cavidotti, rispetto alla quota del pelo libero della falda profonda, garantisce la tutela della risorsa idrica sotterranea. Pertanto l'impatto sull'ambiente idrico può considerarsi poco probabile, lieve e di breve durata.

4.3 MISURE DI MITIGAZIONE

In fase di cantiere verrà predisposto un sistema di regimentazione e captazione delle acque meteoriche per evitare il dilavamento da parte di acque superficiali provenienti da monte, in modo da evitare lo scarico sul suolo di acque contenenti oli e/o grassi rilasciati dai mezzi oppure contaminate dai cementi durante le operazioni di getto delle fondazioni.

5. IMPATTO DEI LAVORI SU SUOLO E SOTTOSUOLO

5.1 STATO DI FATTO

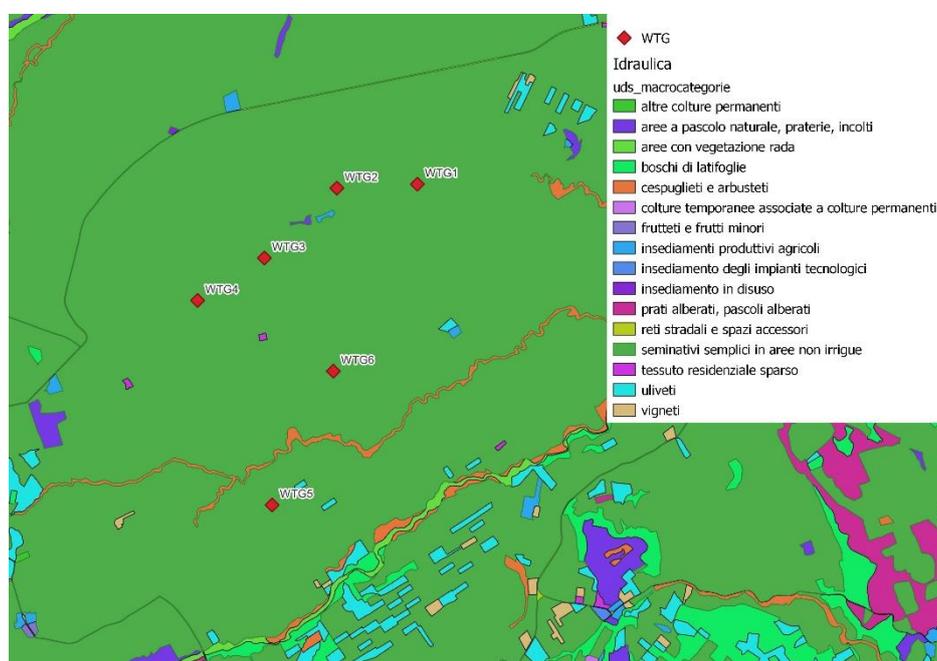
Dal punto di vista morfologico le aree in esame non presentano forme particolarmente evidenti ed accentuate o che richiedano particolare attenzione, grazie anche alla bassa acclività dei versanti su cui sono ubicati gli interventi da realizzare.

La conformazione topografica delle aree individuate, le basse pendenze dei versanti su cui saranno realizzate tutte le opere in progetto e la costituzione litologica di tali aree consentono di asserire, come già ricordato in precedenza, che l'equilibrio

geomorfologico dei versanti collinari su cui saranno realizzati gli interventi in programma è quasi esclusivamente legato ad interventi antropici e, solo occasionalmente, ad eventi atmosferici di natura straordinaria, pertanto, sono facilmente prevedibili e controllabili e tali da non destare preoccupazioni.

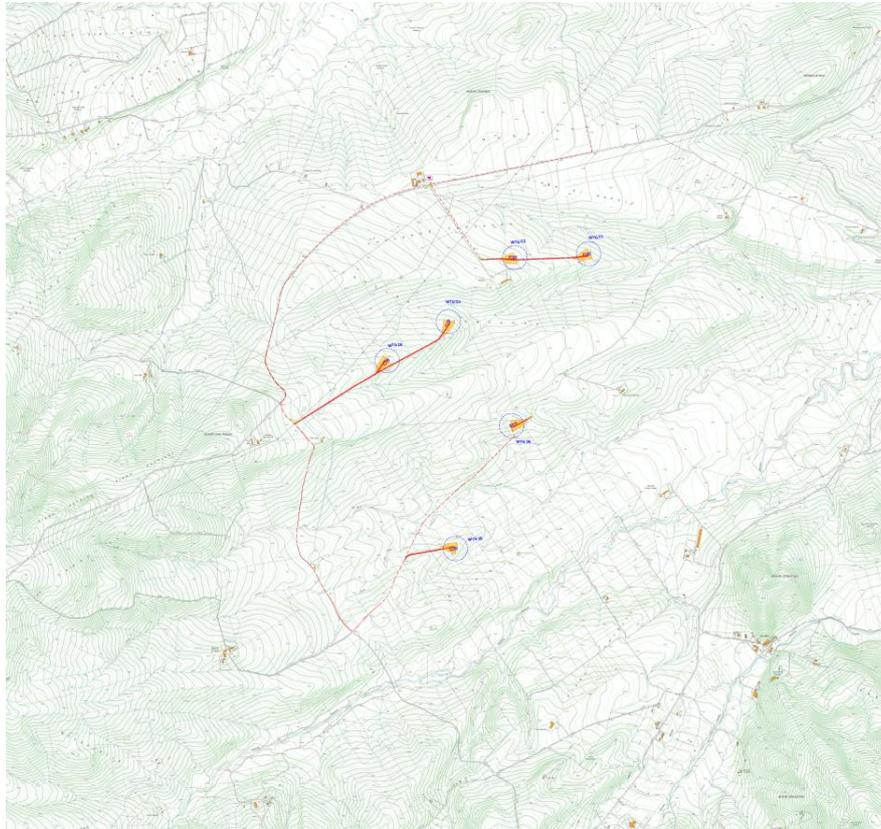
Dall'analisi della Carta dell'Uso del Suolo, si evince che tutti gli aerogeneratori sono ubicate in zone caratterizzate dalla presenza di seminativi semplici in aree non irrigue, non andando ad interessare terreni di colture di particolare pregio.

La coltura prevalente è cerealicola, infatti è possibile osservare nella zona interessata una serie di colline seminate a cereali che arriva fino a quote piuttosto elevate, anche in terreni in pendio. All'interno del territorio non mancano però lembi boscati di pregio.



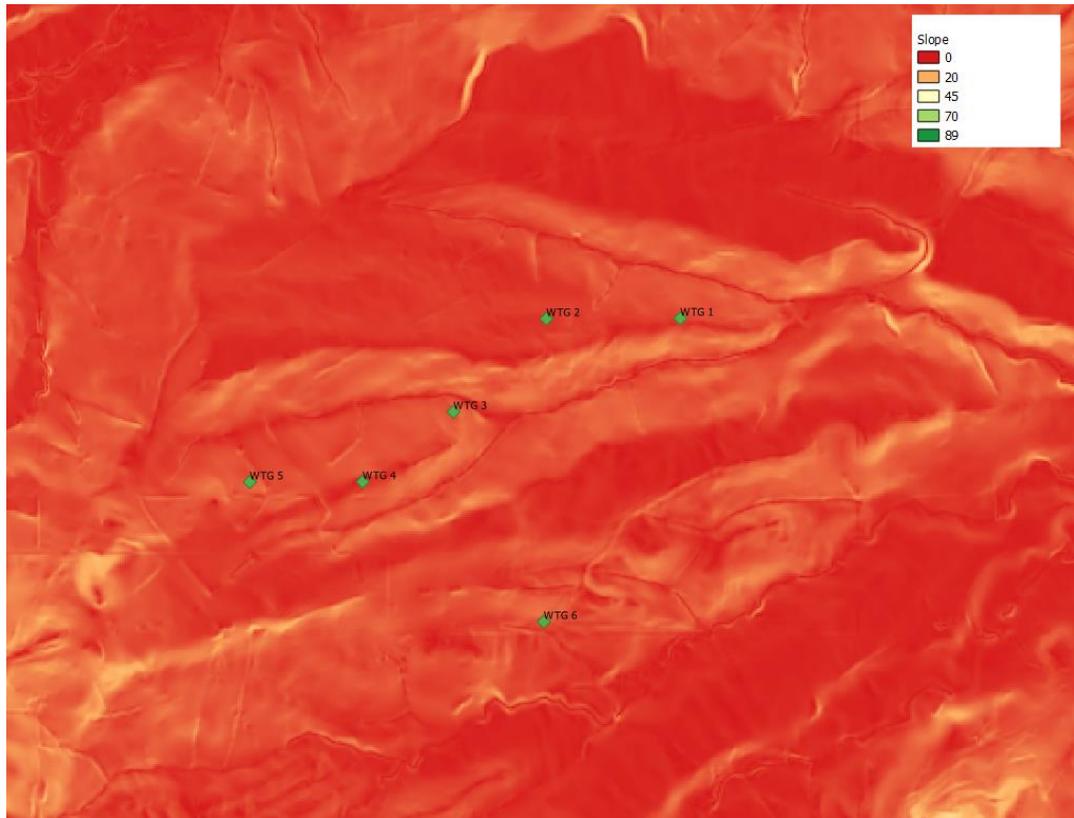
Carta dell'Uso del Suolo

Dall'analisi orografica effettuata per l'area di impianto, infatti, è emerso che non c'è presenza di rilievi montuosi veri e propri, ma esistono punti sommitali, ovvero punti altimetricamente più elevati rispetto al territorio circostante.



Carta delle curve di livello

La rappresentazione spaziale della variabilità dei caratteri climometrici del territorio del parco eolico, unitamente alla analisi puntuale delle pendenze, ha permesso di verificare che ogni aerogeneratore è risultato posizionato su terreni con pendenze sempre inferiori al 20%. La stabilità dei pendii è stata verificata in fase ante operam e post operam per vedere gli effetti al suolo della realizzazione del parco. Di seguito, si riporta la Carta delle pendenze sulla base della quale sono state fatte le verifiche; per maggior approfondimenti si rimanda alla Relazione Geotecnica.



Carta delle pendenze

5.2 IMPATTI DEI LAVORI SU SUOLO E SOTTOSUOLO

In fase di cantiere, gli impatti sul suolo e sottosuolo verranno provocati dagli interventi di adeguamento della viabilità esistente, necessari per consentire il transito degli automezzi pesanti, dalle operazioni occorrenti alla costruzione delle nuove piste d'accesso, delle piazzole temporanee necessarie al montaggio degli aerogeneratori e degli scavi delle fondazioni.

La soluzione progettuale adottata, andrà ad attuare una trasformazione d'uso delle sole aree direttamente interessate dall'area di sedime delle torri, in quanto le altre potranno conservare l'attuale funzione produttiva anche ad opere ultimate. L'impatto in termini di occupazione dei suoli, risulta essere abbastanza ridotto rispetto all'estensione superficiale complessiva, per cui sarà lieve e di breve durata.

5.3 MISURE DI MITIGAZIONE

Le misure di mitigazione relative agli impatti provocati sulla componente suolo e sottosuolo saranno le seguenti:

- Accertamento di dettaglio della reale configurazione stratigrafica dell'area oggetto di intervento;
- Utilizzo per quanto più possibile della viabilità esistente in maniera da sottrarre la quantità minima indispensabile di suoli per la realizzazione di nuove piste;

- Predisposizione di un sistema di regimentazione e captazione degli scorrimenti superficiali delle piazzole, per evitare rilasci di acque meteoriche di dilavamento con contenuti di oli nel sottosuolo;
- Ripristino ante operam e rinaturalizzazione delle aree di terreno temporaneamente utilizzate in fase di cantiere per una loro restituzione alla utilizzazione agricola;
- Interramento dei cavidotti e degli elettrodotti lungo le strade esistenti in modo da non occupare suolo agricolo;
- Utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica per la realizzazione delle cunette di scolo ed i muretti di contenimento eventuali.

6. IMPATTO DEI LAVORI SUGLI ECOSISTEMI NATURALI

6.1 STATO DI FATTO

Analisi floristica dell'area

L'area di intervento, dalle analisi cartografiche e bibliografiche, è costituita prevalentemente da seminativo non irriguo e cereali. Scarsa è la presenza di vigneti mentre gli uliveti sono presenti a nord – est del centro abitato di Troia e a nord di Orsara di Puglia. Nell'ecosistema agricolo, spesso, vi è la presenza di flora ruderale e sinantropica con scarso valore naturalistico (tarassaco, malva, finocchio, etc.).

La composizione botanica naturale presente all'interno della figura paesaggistica "Monti Dauni Meridionali" è composta principalmente da colture arboree di natura boschiva come il *Quercus cerris* e *Fagus sylvatica L.* ma è possibile trovare anche *Carpinus betulus* (carpino bianco), *U. glabra Huds.* (l'olmo montano), il sorbo ciavardello (*Sorbus torminali*), acero montano (*Acer pseudoplatanus L.*) e campestre (*Acer campestre L.*). Il sottobosco è costituito da pungitopo (*Ruscus aculeatus*) e agrifoglio (*Ilex aquifolium*) mentre a livello erbaceo è possibile trovare la primula (*Primula veris*) e varie specie di orchidee di bosco.

L'area di progetto si inserisce in un contesto interamente agricolo. Le formazioni boschive più significative quali il SIC Monte Cornacchia – Bosco Faeto e il Parco Naturale Regionale "Bosco dell'Incoronata" sono rinvenibili a chilometri dall'area di progetto, in particolar modo a circa 2 e 20 chilometri rispettivamente dalle pale più vicine (WTG 4 e WTG 1). Alcuni lembi boschivi, di ridotta dimensione, si trovano a circa 660 metri dalla pala più prossima (WTG 5).

Data l'assenza di componenti ed aspetti vegetazionali di rilevanza nelle aree interessate dal parco, le opere a farsi non andranno a deturpare e minacciare specie protette o componenti botanico vegetative di rilevanza.

Analisi faunistica dell'area

Oltre all'analisi dell'impatto delle opere sulla composizione botanica è fondamentale analizzare l'impatto delle opere sulla fauna selvatica nelle aree dove verranno realizzate le opere ed eventuali effetti secondari dovuti alla realizzazione delle stesse. Al fine di garantire una visione analitica della fauna presente nei siti interessati dalla realizzazione delle opere, verrà

effettuata un'analisi faunistica del sito, partendo dall'elaborazione dei dati bibliografici presenti in letteratura e dai dati forniti dal sito del Ministero dell'Agricoltura e dell'Ambiente e dal sito della Regione Puglia.

L'obiettivo di tale analisi è determinare quale possa essere il potenziale effetto negativo delle opere e il ruolo che le aree interessate rivestono sulla biologia di **Uccelli** (stanziali e migratrici), **Mammiferi**, **Rettili** e **Anfibi** e gli eventuali effetti negativi diretti ed indiretti che l'opera può avere su tali animali.

Una maggiore attenzione verrà riportata sulla classe sistemica degli Uccelli, poiché, viene considerata la classe più idonea per effettuare un monitoraggio ambientale fungendo da indicatore ambientale, in funzione della diffusione, diversità ed individuazione in campo, inoltre, la natura stessa delle opere potrebbe intaccare il volo di uccelli migratori.

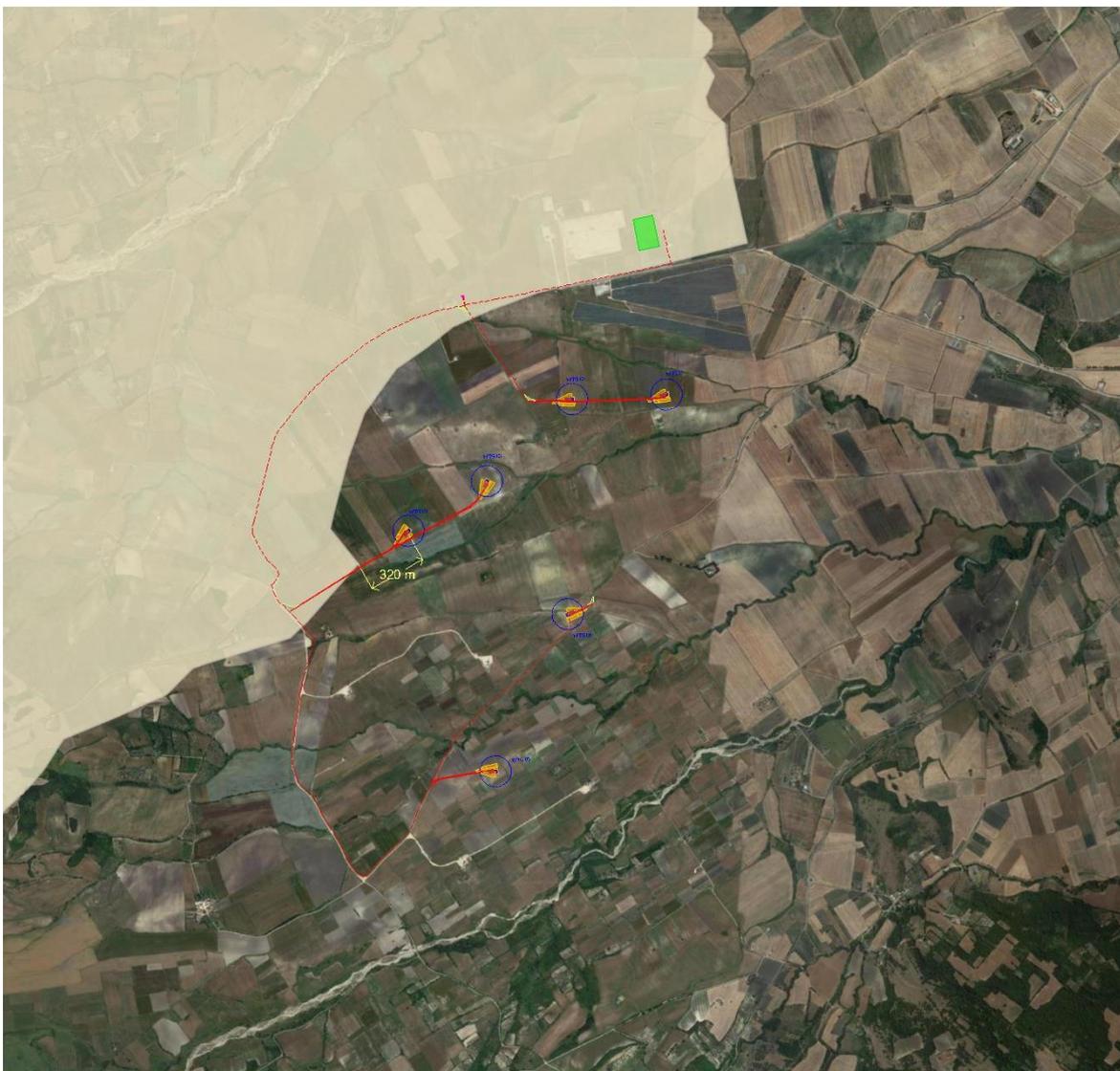
Di seguito, si riporta una tabella riportante la fauna dell'area interessata dal parco eolico:

Classe	Specie	Specie tutelate dalla direttiva 92/43 CEE
Uccelli	Alauda arvensis	NO
	Apus apus	NO
	Athene noctua	NO
	Buteo Buteo	NO
	Carduelis cannabina	NO
	Carduelis carduelis	NO
	Carduelis chloris	NO
	Cettia cetti	NO
	Cisticola juncidis	NO
	Corvus cornix	NO
	Corvus monedula	NO
	Delichon urbicum	NO
	Emberiza calandra	NO
	Emberiza cirrus	NO
	Erithacus rubecula	NO
	Falco tinnunculus	NO
	Galerida cristata	NO
	Garulus glandarius	NO
	Hirundo rustica	NO
	Motacilla alba	NO
	Otus scops	NO
	Passer italiae	NO
	Passer montanus	NO
	Pica pica	NO
	Saxicola torquatus	NO
	Serinus serinus	NO
	Streptopelia decaocto	NO
	Sylvia atricapilla	NO
	Sylvia melanocephala	NO

	Tyto alba Upupa epops	NO NO
Anfibi	Bombina pachypus Bufo bufo Bufo viridis Hyla meridionalis Pelophylax kl. esculentus Triturus carnifex	SI NO SI SI NO SI
Rettili	Chalcides chalcides Emys orbicularis Elaphe quattuorlineata Hemidactylus turcicus Hierophis viridiflavus Lacerta viridis Natrix natrix Natrix tessellata Podarcis muralis Podarcis sicula Tarentola mauritanica Vipera aspis Zamenis longissimus	NO NO SI NO SI NO NO SI SI SI NO NO SI
Mammiferi	Apodemus sylvaticus Crocidura leucodon Crocidura suaveolens Erinaceus europaeus Glis glis Hystrix cristata Lepus europaeus Martes faina Meles meles Microtus savii Muscardinus avellanarius Mustela nivalis Rattus norvegicus Rattus rattus Sorex minutus Sorex samniticus Suncus etruscus Talpa europaea Vulpes vulpes	NO NO NO NO NO SI NO NO NO NO SI NO NO NO NO NO NO NO NO NO NO
Chiroterri	Miniopterus schreibersii Myotis blythii Myotis capaccinii	SI SI SI

	Myotis myotis	SI
	Pipistrellus pipistrellus	SI
	Rhinolophus euryale	SI
	Rhinolophus ferrumequinum	SI
	Rhinolophus hipposideros	SI
	Tadarida teniotis	SI

I siti oggetto di valutazione non rivestono un interesse fondamentale per la fauna, essendo presenti potenzialmente specie generaliste. Inoltre l'area di intervento non è interessata da una zona IBA, essendo posta a circa 28 km dal parco.



Area IBA

6.2 IMPATTI DEI LAVORI SU FLORO E FAUNA

Le analisi effettuate hanno portato alla conclusione che le aree di intervento non sono all'interno di aree aventi caratteristiche botanico vegetazionali protette dalla normativa Habitat, non ricadono all'interno di Parchi e Riserve nazionali e regionali e né all'interno di aree SIC e ZPS. In tali condizioni l'unica vegetazione spontanea presente potenzialmente è costituita da specie che si adattano a condizioni di suoli lavorati o si adattano alle aree marginali delle strade.

Da ciò si evince che le opere, e le modalità di realizzazione delle opere, data l'assenza di componenti ed aspetti vegetazionali di rilevanza nelle aree interessate non andranno a deturpare e minacciare specie protette o componenti botanico vegetative di rilevanza non essendo presenti.

I principali impatti che l'impianto eolico può causare sulle componenti botanico vegetazionali li si osservano nelle prime fasi, nello specifico durante la fase di messa in opera del progetto. Questi impatti possono essere classificati in tre tipologie:

- Eradicazione della vegetazione presente;
- Ingresso di specie ruderali;
- Produzioni di polveri a causa della movimentazione dei macchinari di cantiere.

Per quanto riguarda le aree selezionate per la realizzazione delle opere, si evidenzia che le opere verranno realizzate su aree attualmente occupate da seminativo.

Inoltre, non si osserva una riduzione di habitat di interesse comunitario o prioritario regolamentati dalla Direttiva 82/43/CEE, dunque non si assiste ad una alterazione significativa della vegetazione.

L'impatto sulle componenti faunistiche è dovuto principalmente ai rumori dovuti all'utilizzo di mezzi e di macchinari, alle operazioni di scavo e alla presenza umana. Infatti, la prima reazione osservata è l'allontanamento della fauna, in particolar modo dell'avifauna, dal sito dell'impianto. In caso di vicinanza di siti produttivi si registra l'abbandono del sito.

Superata la fase di cantiere, uno degli elementi che sembrano influire maggiormente sul processo di riavvicinamento della fauna, ed in particolar modo dell'avifauna, è l'interdistanza fra le macchine. Fra le specie che riconquistano l'area in tempi brevi, oltre gli insetti, sono da annoverare rettili e piccoli mammiferi.

Per quanto detto, durante la realizzazione delle opere previste dal progetto definitivo non interverranno e non si genereranno fattori di danno alla componente botanico vegetazionale delle aree. Gli impatti saranno lievi e di breve durata.

In conclusione, il "costo ambientale" dell'impianto eolico previsto dal progetto ha un bilancio positivo dovuto sia al contesto all'interno del quale verranno realizzati (terreni seminativi-cerealicoli) sia per gli impatti pressoché nulli sulla flora e sulla fauna ivi esistenti.

In ogni caso verrà limitata al minimo l'attività di cantiere nel periodo riproduttivo delle specie animali;

7. IMPATTO DEI LAVORI SULL'AMBIENTE ANTROPICO

Le emissioni sonore e le vibrazioni causate dalla movimentazione dei mezzi/macchinari di lavorazione durante le attività di cantiere producono dei potenziali impatti che potrebbero interessare la salute dei lavoratori.

Gli effetti del rumore sull'organismo possono avere carattere temporaneo e possono riguardare specificamente l'apparato uditivo e/o interessare il sistema nervoso. Tali alterazioni generano un impatto che può considerarsi lieve e di breve durata.

Al fine di garantire la tutela e sicurezza della salute pubblica e dei lavoratori, saranno impiegate le seguenti misure di mitigazione:

- Utilizzare macchine provviste di silenziatori per contenere il rumore di fondo prodotto dagli aerogeneratori;
- Minimizzare i tempi di stazionamento "a motore acceso" durante le attività di carico e scarico dei materiali, attraverso una efficiente gestione logistica dei conferimenti;
- Effettuare una corretta regolazione del traffico sulla rete viaria interessata dai lavori;
- Utilizzare dispositivi di protezione collettiva e individuale al fine di mitigare l'impatto causato dal rumore e dall'emissioni di polveri nell'atmosfera, atti a garantire una maggior sicurezza delle condizioni di lavoro.

8. TIPOLOGIA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

8.1 CONTESTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Le informazioni sui caratteri litologico-stratigrafici del sottosuolo e le principali caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche delle aree interessate dal progetto sono state estrapolate dalla vasta bibliografia relativa ai terreni affioranti nell'area, mentre i caratteri morfologici sono stati raccolti nel corso di alcune ricognizioni di superficie effettuate nella zona interessata e nelle zone limitrofe e confrontando i dati acquisiti con quelli desunti dalla bibliografia e dalla cartografia ufficiale esistente.

Le indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. e quelle effettuate con il metodo della sismica a rifrazione in onda P eseguite su tutte le aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori al fine di verificare le caratteristiche sismiche del sedime dove saranno realizzate le suddette opere hanno consentito, altresì, di ricostruire, seppure in maniera indiretta, gli spessori e le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti nel sottosuolo di tali aree.

Le indagini sismiche effettuate e lo studio geologico generale delle aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori sono state utilizzate per effettuare la ricostruzione del modello geotecnico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione di ciascun manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso. La definizione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti nelle aree in esame, sulla base dei quali è stato effettuato un primo dimensionamento delle opere da realizzare, sono stati desunti dalla vasta bibliografia ufficiale esistente, mentre i moduli elastici sono stati calcolati dalle indagini sismiche realizzate.

In questa fase non è stato possibile prelevare dei campioni indisturbati in sito, in quanto i terreni, interessati dal progetto, non risultano ancora disponibili per la società. Le prove di laboratorio sui suddetti campioni saranno effettuate in fase di progettazione esecutiva, dopo che le procedure di esproprio saranno concluse.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 6 aerogeneratori con potenza di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Dicembre 2022
---	--	---------------

Di seguito si riporta una descrizione sintetica ma significativa dei litotipi individuati per le varie aree di intervento. Per maggiori dettagli di carattere geologico si faccia utile riferimento all'elaborato di Relazione geologica.

PUNTO DI INDAGINE	LITOLOGIA
STAZIONE ELETTRICA	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG1	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG2	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG3	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG4	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG5	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG6	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.

Di seguito si riportano i valori dei parametri geotecnici medi generali delle formazioni affioranti nelle aree di installazione di ciascun aerogeneratore.

AEROGENERATORE	Peso di volume naturale γ_n (kN/m ³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c' (kPa)
SOTTOSTAZIONE TERNA WTG1 WTG2 WTG3 WTG4 WTG5 WTG6	18,14 – 19,12	18 - 20	9,81 – 14,71

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, per le calcolazioni oggetto del presente elaborato si assumono gli estremi inferiori dei sopra riportati range di variazione dei parametri geotecnici. Tali valori così determinati si ritengono validi in questa fase di progettazione. In fase di progettazione esecutiva, quando tra l'altro la società proponente avrà accesso a tutte le aree oggetto di intervento, sarà condotta accurata campagna di indagini geognostiche in sito.

Le calcolazioni riportate nel prosieguo del presente elaborato sono state condotte considerando i seguenti valori dei parametri geotecnici.

AEROGENERATORE	Peso di volume naturale γ_n (kN/m ³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c'(kPa)
SOTTOSTAZIONE TERNA WTG1 WTG2 WTG3 WTG4 WTG5 WTG6	18,14	18	9,81

Al presente elaborato viene allegato lo studio di compatibilità geotecnica che dimostra l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza geomorfologica delle aree interessate dai lavori per l'installazione degli aerogeneratori.

Considerando che le piazzole degli aerogeneratori sono ubicate in prossimità di essi e che il carico scaricato sul suolo risulta essere di gran lunga inferiore di quello scaricato dalle turbine eoliche, si ritiene che siano garantite le adeguate condizioni di sicurezza geomorfologica anche per esse.

8.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La torre è ancorata alla struttura fondale mediante gabbia d'ancoraggio costituita da flangia inferiore e superiore e tirafondi. La struttura di fondazione degli aerogeneratori di progetto è costituita da plinto su pali, realizzati in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

Si sceglie per il plinto la forma tronco-conica in quanto questa consente l'uniformità delle sollecitazioni trasmesse alla fondazione al variare della direzione del vento e consente l'ottimizzazione dell'area di impronta con conseguente minori quantità di armature e di calcestruzzo da impiegare.

Il plinto si presenta circolare in pianta con diametro pari a 22 metri e altezza variabile da un minimo di 120 cm sul perimetro esterno ad un massimo di 300 cm nella zona centrale.

Il plinto presenta una cavità assiale non armata per consentire il posizionamento dei cavi di collegamento dell'aerogeneratore alla linea elettrica. Tale zona sarà priva di armature e, di conseguenza, considerata non strutturale.

La parte profonda della struttura fondale è costituita da n. 17 pali in c.a., trivellati, aventi diametro pari a 1 metro e lunghezza pari a 22 metri.

L'interasse i tra i pali è stato tenuto al minore valore possibile per contenere e distribuire le sollecitazioni, rispettando comunque la condizione $i > 3d$ (d =diametro) affinché l'influenza reciproca dei pali vicini non riduca la capacità portante dei pali stessi.

Per maggiori e più dettagliate informazioni si rimanda agli elaborati grafici ed alla relazione di calcolo preliminare delle strutture.

9. ANALISI DI STABILITÀ DEI SITI DI SCAVO E RIPORTO

9.1 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

Le lavorazioni che comportano in maniera significativa il riutilizzo del materiale rinveniente dagli scavi sono relative agli interventi di realizzazione delle opere civili a servizio degli aerogeneratori (fondazioni).

Per le zone oggetto dei suddetti interventi sono state condotte delle verifiche di stabilità globale dei versanti in fase ante e post opera.

Per tutto quanto attiene le modalità di conduzione e le risultanze delle suddette verifiche si faccia riferimento all'elaborato "Relazione geotecnica" riportato in allegato alla presente.

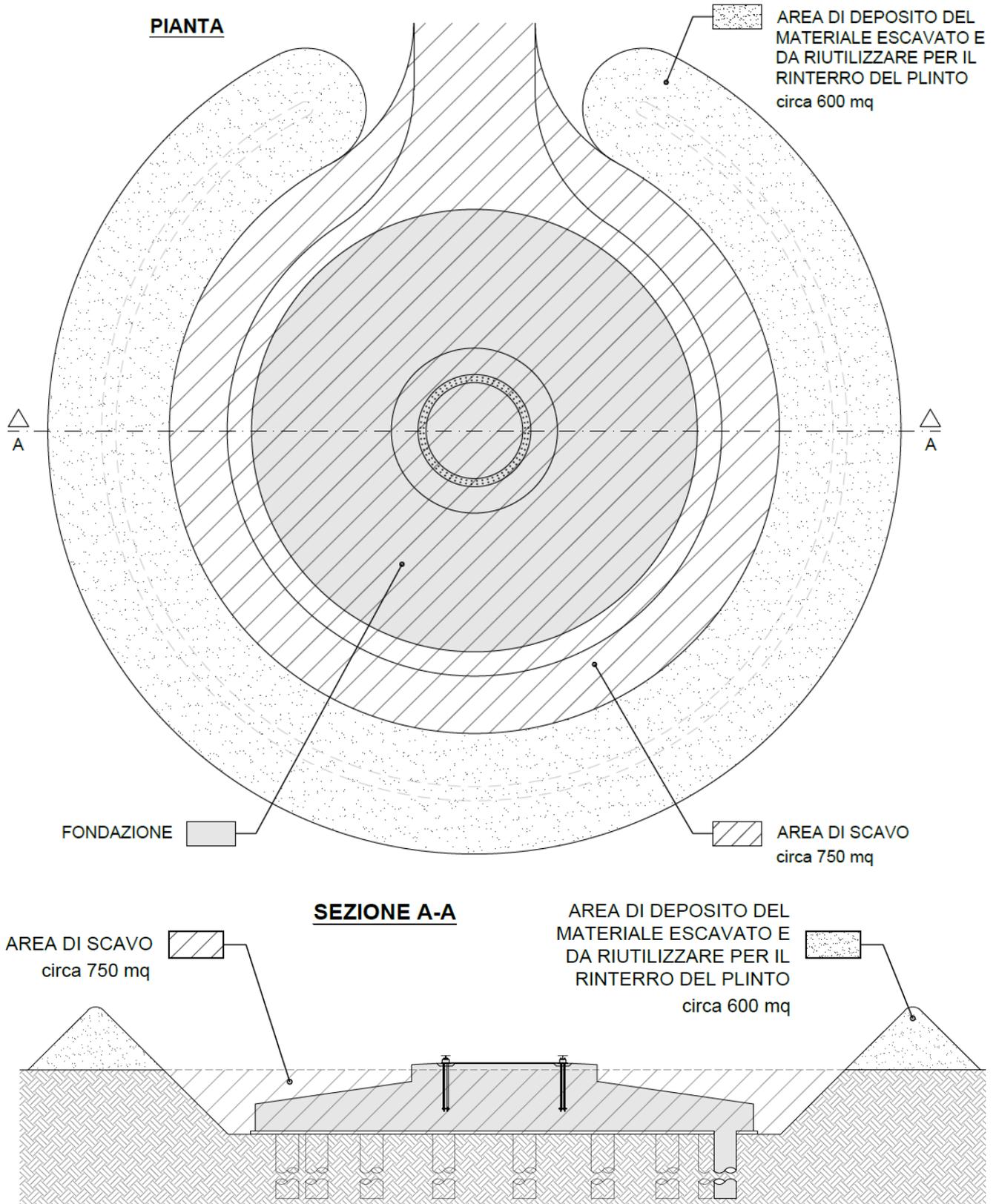
9.2 ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO E RIPORTO

Di seguito si riporta un'analisi di dettaglio della stabilità dei fronti di scavo e riporto relativamente alla sistemazione tipo delle aree interessate dai lavori di realizzazione delle fondazioni.

Di seguito, quindi, si riportano le modalità di conduzione e le risultanze delle calcolazioni volte alla verifica di stabilità dei fronti di scavo ai sensi del D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

Tale verifica è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, accertando il soddisfacimento della condizione $Ed \geq Rd$ dove Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e Rd è il valore di resistenza del sistema geotecnico.

La verifica è stata condotta considerando la sistemazione tipo di seguito illustrata.



I fronti di scavo e riporto sono sistemati secondo un piano posto a 45° rispetto all'orizzontale.

Per lo scopo della presente trattazione si considerano i seguenti valori dei parametri geotecnici così come individuati nell'elaborato Relazione geotecnica.

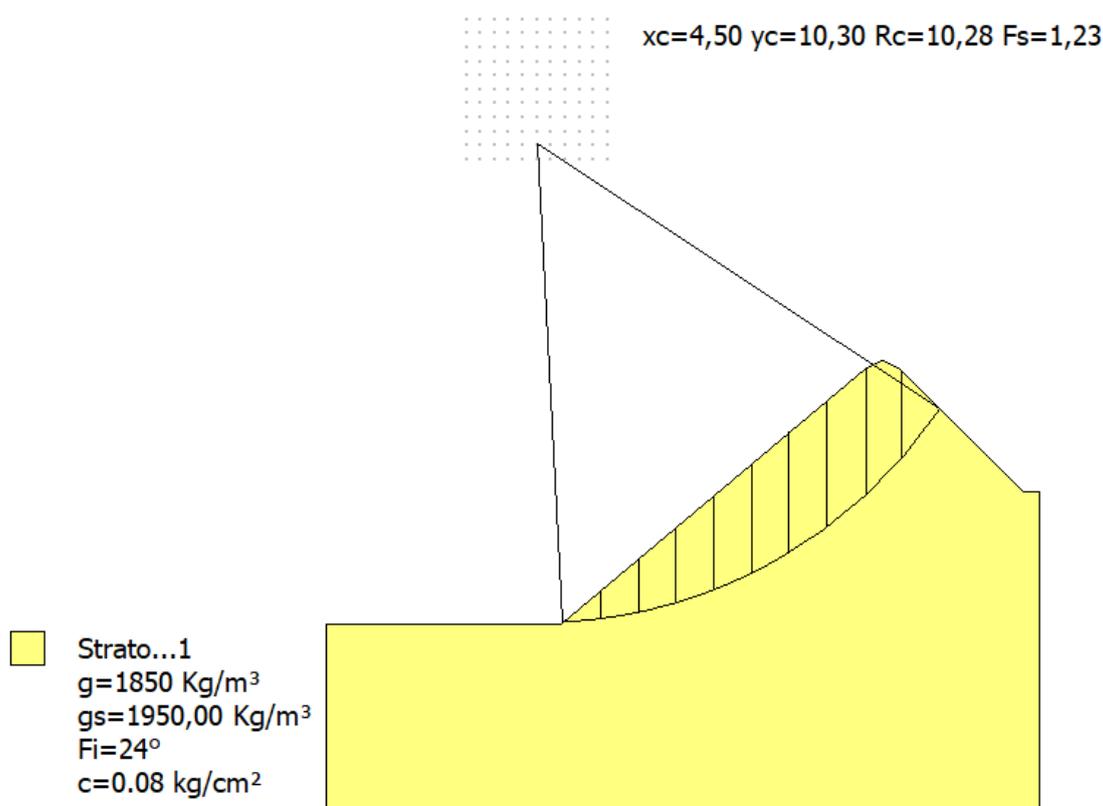
Peso di volume naturale $\gamma = 18,14 \text{ kN/mc}$

Angolo d'attrito interno $\Phi' = 18^\circ$

Coesione drenata $c' = 9,81 \text{ kPa}$

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali.

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1,2$.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,2
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13,0 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,121
Coefficiente azione sismica verticale	0,061

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	5,0	0,0
3	11,5	5,5
4	11,85	5,64
5	12,2	5,5
6	14,85	2,85
7	15,2	2,85

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	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

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	0.05		24	1850	1950,00	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,23
Ascissa centro superficie	4,5 m
Ordinata centro superficie	10,3 m
Raggio superficie	10,28 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 = 4,50 yc = 10,30 Rc = 10,276 Fs=1,233

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	0,8	5,3	0,81	460,57	18,42	9,21	0,08	18,0	0,0	466,1	60,8
2	0,8	9,8	0,81	1310,72	52,43	26,21	0,08	18,0	0,0	1308,5	275,0
3	0,8	14,4	0,83	2063,48	82,54	41,27	0,08	18,0	0,0	2018,2	592,8
4	0,8	19,1	0,85	2713,68	108,55	54,27	0,08	18,0	0,0	2580,6	989,1
5	0,8	23,9	0,88	3253,44	130,14	65,07	0,08	18,0	0,0	2981,7	1436,2
6	0,8	28,9	0,92	3671,15	146,85	73,42	0,08	18,0	0,0	3207,7	1902,0
7	0,8	34,1	0,97	3949,71	157,99	78,99	0,08	18,0	0,0	3245,5	2347,8
8	0,84	39,9	1,09	4240,33	169,61	84,81	0,08	18,0	0,0	3209,6	2849,8
9	0,77	46,0	1,11	3511,38	140,46	70,23	0,08	18,0	0,0	2386,0	2624,3

La verifica di stabilità dei fronti di scavo e riporto risulta verificata.

10. ALLEGATI

- RELAZIONE GEOTECNICA – Studio di compatibilità geologica e geotecnica



COMUNE DI TROIA

PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI ORSARA DI PUGLIA

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica di 6 aerogeneratori con potenza di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nei comuni di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG), in località "Cancarro"

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica

COD. ID.				
Livello prog.	Tipo documentazione	N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva	4.2.3	07/2022	

Nome file	
-----------	--

REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	LUGLIO 2022	PRIMA EMISSIONE		MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:



Italgren S.p.A

Via Kennedy,37
24020 Villa di Serio (BG), Italia
P.IVA 02605580162

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729

RELAZIONE GEOTECNICA

STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE.....	3
2. MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	3
3. MODELLAZIONE PLANO-ALTIMETRICA	5
3.1. WTG1	6
3.2. WTG2	7
3.3. WTG3	8
3.4. WTG4	9
3.5. WTG5	10
3.6. WTG6	11
3.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E.	12
4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	12
5. ANALISI DEI CARICHI.....	15
6. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO	17
6.1. CENNI DI TEORIA PER L'ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII	17
6.2. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO ANTE OPERA.....	28
6.2.1. WTG1 (ante opera).....	28
6.2.2. WTG2 (ante opera).....	32
6.2.3. WTG3 (ante opera).....	37
6.2.4. WTG4 (ante opera).....	42
6.2.5. WTG5 (ante opera).....	47
6.2.6. WTG6 (ante opera).....	51
6.2.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E.....	56
6.3. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO POST OPERA	60
6.3.1. WTG1 (post opera)	60
6.3.2. WTG2 (post opera)	65
6.3.3. WTG3 (post opera)	70
6.3.4. WTG4 (post opera)	75
6.3.5. WTG5 (post opera)	80
6.3.6. WTG6 (post opera)	84
6.3.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E. (post opera).....	89
7. CONCLUSIONI.....	94

	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"</p>	<p>Luglio 2022</p>
---	--	--------------------

8. VERIFICHE GEOTECNICHE.....95

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE

Il progetto, di cui il presente elaborato ne costituisce parte integrante, prevede la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito in agro dei Comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia.

L'impianto in progetto si compone di 6 aerogeneratori tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, della potenza di 6 MW ciascuno.

I 6 aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto sono di seguito nomenclati con sigle identificative da WTG1 a WTG6, così come individuati, tra l'altro, negli elaborati grafici di progetto.

Di seguito si riportano i riferimenti catastali e le coordinate relativamente a ciascun aerogeneratore.

WTG	Riferimenti catastali			Coordinate WGS 84-UTM 33N	
	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	E	N
WTG01	Troia	8	156	521850.75	4575926.55
WTG02	Troia	8	270	521339.11	4575901.08
WTG03	Troia	8	149	520878.51	4575452.99
WTG04	Troia	8	407	520453.85	4575181.39
WTG05	Orsara di Puglia	2	148	520927.31	4573869.89
WTG06	Orsara di Puglia	2	42	521316.76	4574727.76

La connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale avverrà su futuro ampliamento della stazione RTN con sezione di raccolta a 36 kV e trasformazione 150/36 kV ubicata nei comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia (FG), in località "Cancarro".

Tutti gli aerogeneratori previsti in progetto, così come il futuro ampliamento della stazione elettrica, ricadono in area classificata a "media e moderata pericolosità geomorfologica (PG1)" ai sensi dell'art. 15 delle N.T.A. del P.A.I.

Il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e di collegamento del parco eolico alla stazione elettrica ricade quasi interamente in aree perimetrate PG1 e solo per minima parte in area perimetrata PG2.

Nelle aree perimetrate PG1 e PG2, la realizzazione degli interventi previsti in progetto è subordinata ad uno "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" che dimostri la compatibilità degli stessi con le condizioni di pericolosità geomorfologica dell'area.

Il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica è redatto ai sensi degli artt. 14 e 15 delle N.T.A. del P.A.I. e dimostra, sulla base di una adeguata ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno ed una conseguente analisi qualitativa e quantitativa della stabilità dei versanti di sedime, l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza geomorfologica delle aree interessate dai lavori.

2. MODELLAZIONE GEOTECNICA

Riferimenti: "Relazione geologica", elaborata dal Dott. Geol. Rocco Porsia.

Le informazioni sui caratteri litologico-stratigrafici del sottosuolo e le principali caratteristiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche delle aree interessate dal progetto sono state estrapolate dalla vasta bibliografia relativa ai terreni affioranti nell'area, mentre i caratteri morfologici sono stati raccolti nel corso di alcune ricognizioni di superficie effettuate nella zona interessata e nelle zone limitrofe e confrontando i dati acquisiti con quelli desunti dalla bibliografia e dalla cartografia ufficiale esistente.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
---	---	-------------

Le indagini sismiche con metodologia M.A.S.W. e quelle effettuate con il metodo della sismica a rifrazione in onda P eseguite su tutte le aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori al fine di verificare le caratteristiche sismiche del sedime dove saranno realizzate le suddette opere hanno consentito, altresì, di ricostruire, seppure in maniera indiretta, gli spessori e le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti nel sottosuolo di tali aree.

Le indagini sismiche effettuate e lo studio geologico generale delle aree in cui saranno realizzati gli aerogeneratori sono state utilizzate per effettuare la ricostruzione del modello geotecnico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione di ciascun manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso. La definizione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti nelle aree in esame sono stati desunti dalla vasta bibliografia ufficiale esistente, mentre i moduli elastici sono stati calcolati dalle indagini sismiche realizzate.

Allo stato attuale, infatti, la società proponente non ha disponibilità delle aree per effettuare indagini geognostiche in sito in quanto, nell'ambito del procedimento autorizzativo, richiederà l'attivazione della procedura di esproprio per pubblica utilità. Come di seguito descritto, per l'individuazione dei valori dei parametri geotecnici si adotteranno ipotesi ampiamente cautelative.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica ma significativa dei litotipi individuati per le varie aree di intervento. Per maggiori dettagli di carattere geologico si faccia utile riferimento all'elaborato di Relazione geologica.

PUNTO DI INDAGINE	LITOLOGIA
STAZIONE ELETTRICA	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG1	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG2	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG3	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG4	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG5	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.
AEROGENERATORE WTG6	Argille e argille marnose grigio azzurrognole, localmente sabbiose.

Di seguito si riporta la classificazione del sottosuolo per tutti i siti di installazione ai sensi della tabella n.3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018. Per maggiori dettagli in merito alle risultanze delle prove MASW si faccia utile riferimento all'elaborato di Relazione geologica.

PUNTO DI INDAGINE	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	$V_{s,30}$ [m/s]
STAZIONE ELETTRICA	C	303
AEROGENERATORE WTG1	C	324
AEROGENERATORE WTG2	C	323
AEROGENERATORE WTG3	C	324
AEROGENERATORE WTG4	C	318
AEROGENERATORE WTG5	C	324
AEROGENERATORE WTG6	C	326

Per ciò che attiene la classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC, le aree d'intervento possono essere classificate come appartenenti alla categoria 'T1'.

Così come individuati in Relazione geologica, di seguito si riportano i valori dei range di variazione dei parametri geotecnici delle formazioni affioranti nelle aree oggetto di intervento.

AEROGENERATORE	Peso di volume naturale γ_n (kN/m ³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c'(kPa)
SOTTOSTAZIONE TERNA WTG1 WTG2 WTG3 WTG4 WTG5 WTG6	18,14 – 19,12	18 - 20	9,81 – 14,71

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, per le calcolazioni oggetto del presente elaborato si assumono gli estremi inferiori dei sopra riportati range di variazione dei parametri geotecnici. Tali valori così determinati si ritengono validi in questa fase di progettazione. In fase di progettazione esecutiva, quando tra l'altro la società proponente avrà accesso a tutte le aree oggetto di intervento, sarà condotta accurata campagna di indagini geognostiche in sito.

Le calcolazioni riportate nel prosieguo del presente elaborato sono state condotte considerando i seguenti valori dei parametri geotecnici.

AEROGENERATORE	Peso di volume naturale γ_n (kN/m ³)	Angolo d'attrito interno ϕ' (°)	Coesione drenata c'(kPa)
SOTTOSTAZIONE TERNA WTG1 WTG2 WTG3 WTG4 WTG5 WTG6	18,14	18	9,81

3. MODELLAZIONE PLANO-ALTIMETRICA

Per la ricostruzione del modello plano-altimetrico delle porzioni di territorio interessate dalle analisi di cui al presente elaborato si è fatto utile riferimento al modello digitale di elevazione DTM (Digital Terrain Model).

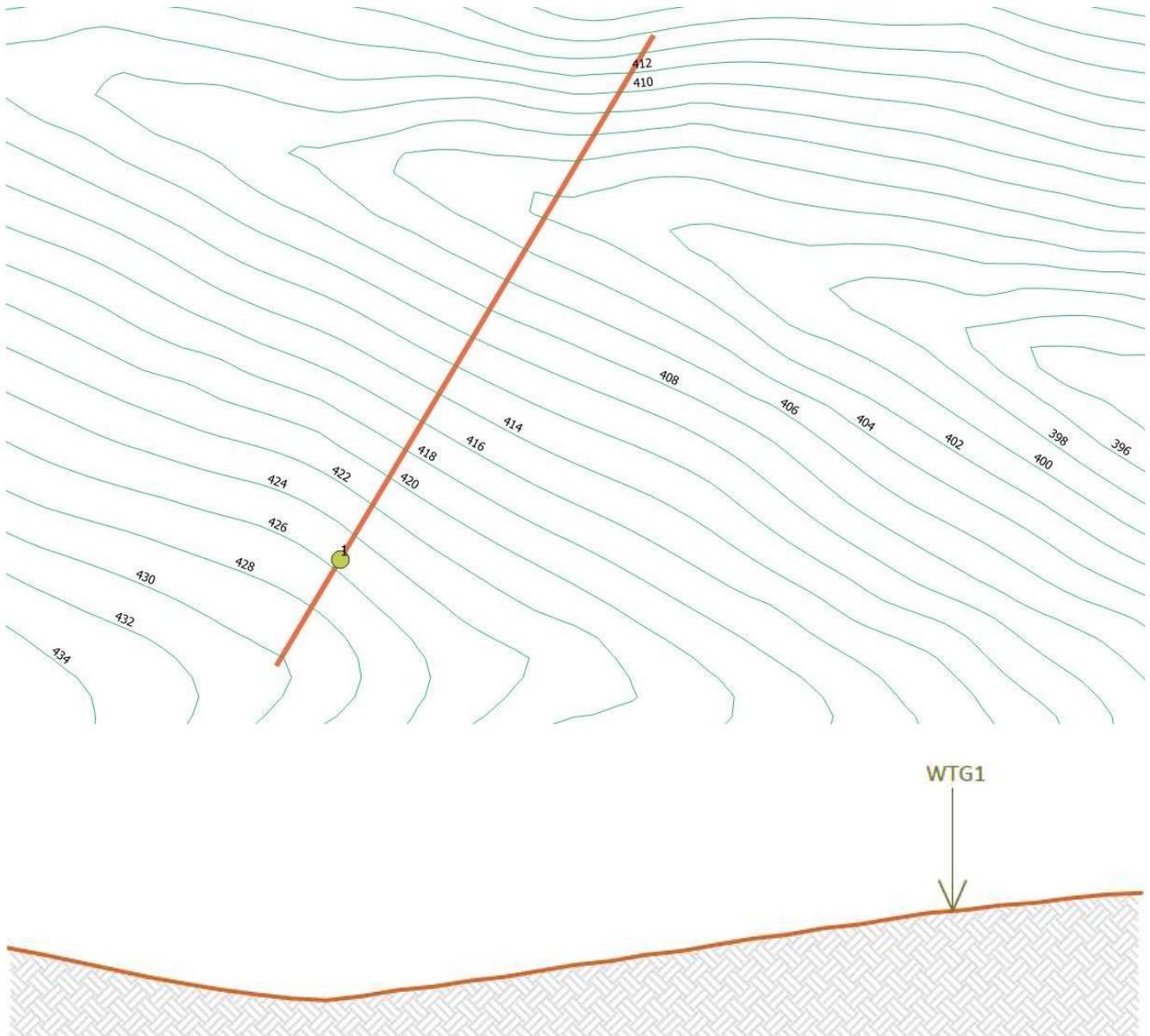
Tutti gli aerogeneratori e la totalità dei cavidotti e delle piste di accesso agli aerogeneratori sorgeranno su versanti collinari costituiti da rocce plioleistoceniche di natura argilloso-limoso-sabbiosa, le cui quote sono tutte al disotto dei 500 m s.l.m., ad eccezione di un breve tratto di cavidotto e della parte iniziale della pista di accesso agli aerogeneratori WTG 03 e 04 la cui quota supera di poco i 500 m s.l.m.

Considerata la natura prevalentemente argilloso-limoso-sabbiosa dei depositi affioranti, la morfologia dei siti individuati è abbastanza dolce ed i fianchi delle colline scendono con moderato pendio.

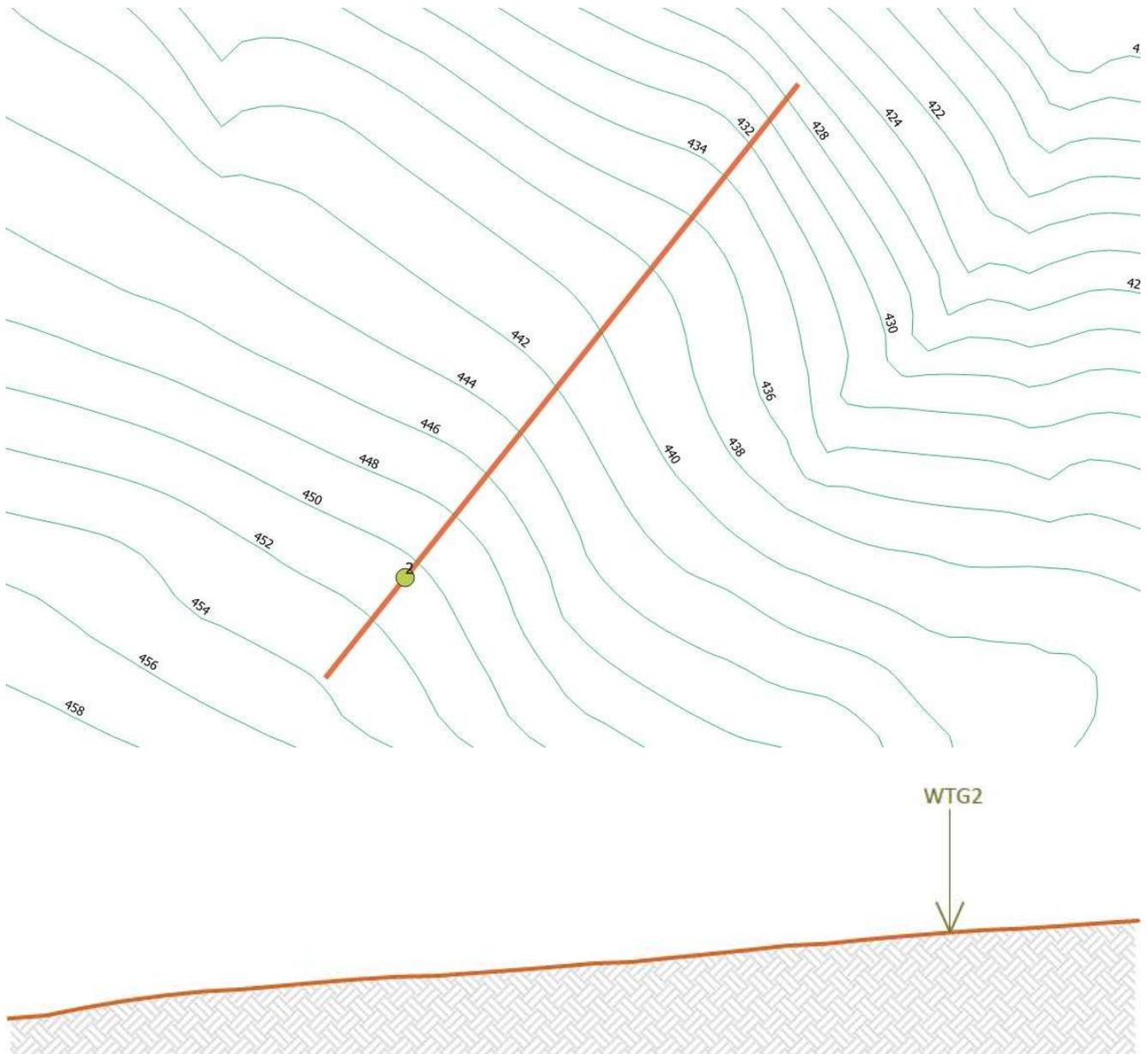
La morfologia delle aree di interesse è caratterizzata per un ampio intorno da pendenze massime che non superano il 15%. Per le porzioni di territorio in cui troveranno sede gli aerogeneratori in progetto ed il futuro ampliamento della stazione elettrica, e quindi ricadenti in area perimetrata dal P.A.I., di seguito si riportano delle illustrazioni indicative delle sezioni di massima pendenza passanti per l'asse degli aerogeneratori stessi e del relativo profilo altimetrico.

Tali sezioni di massima pendenza sono state assunte come sezione di verifica. La sezione di verifica ha una lunghezza complessiva di 300 m e si estende per 250 m a valle dell'aerogeneratore e 50 m a monte.

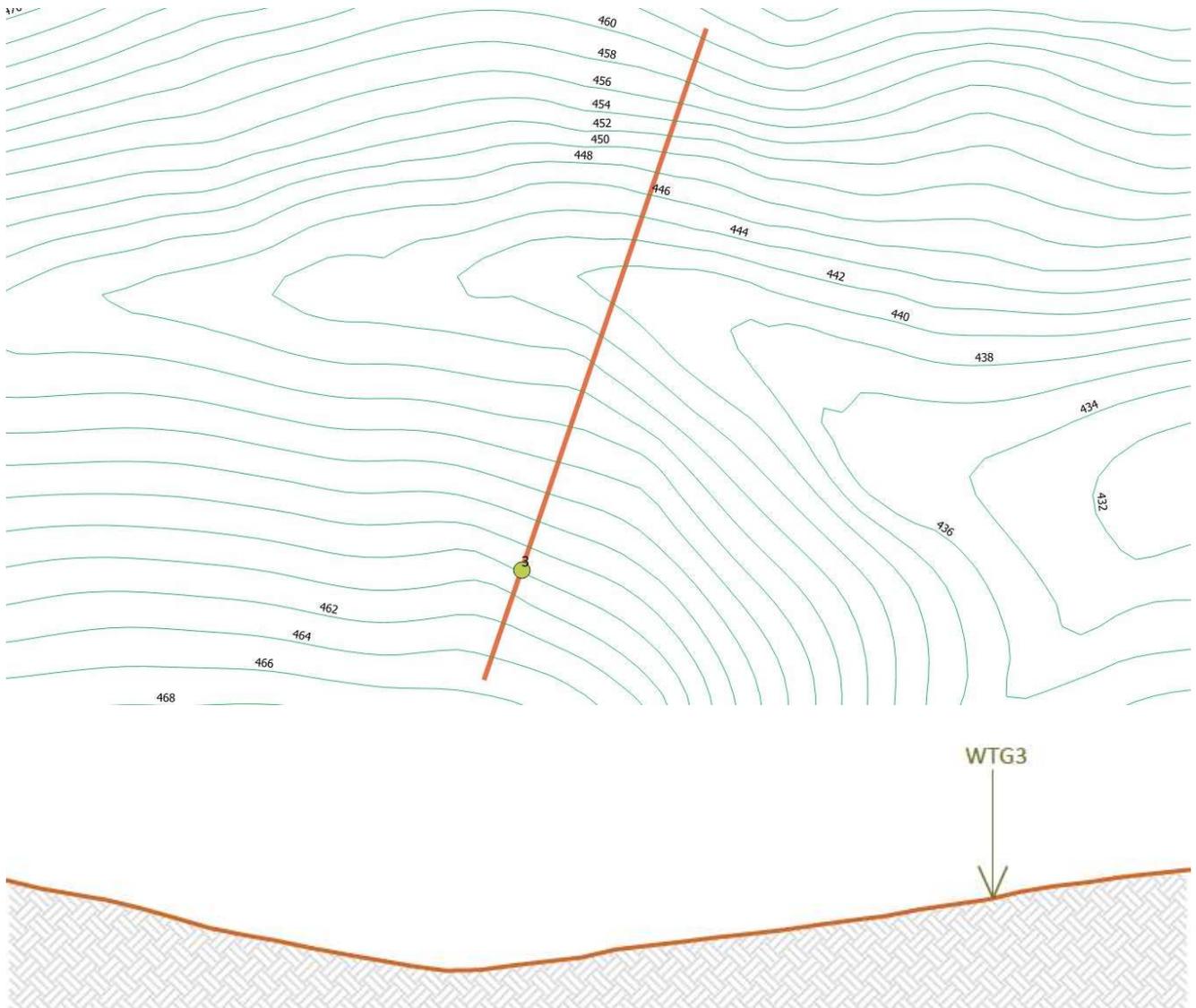
3.1. WTG1



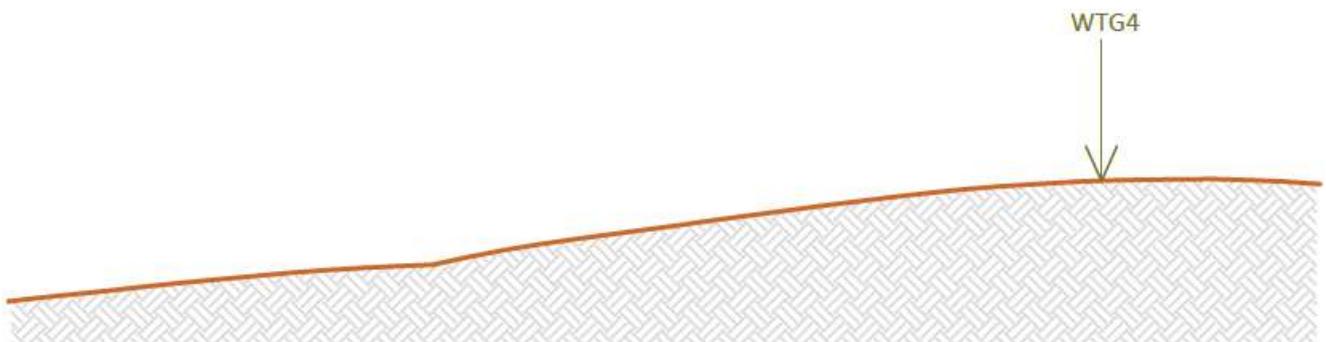
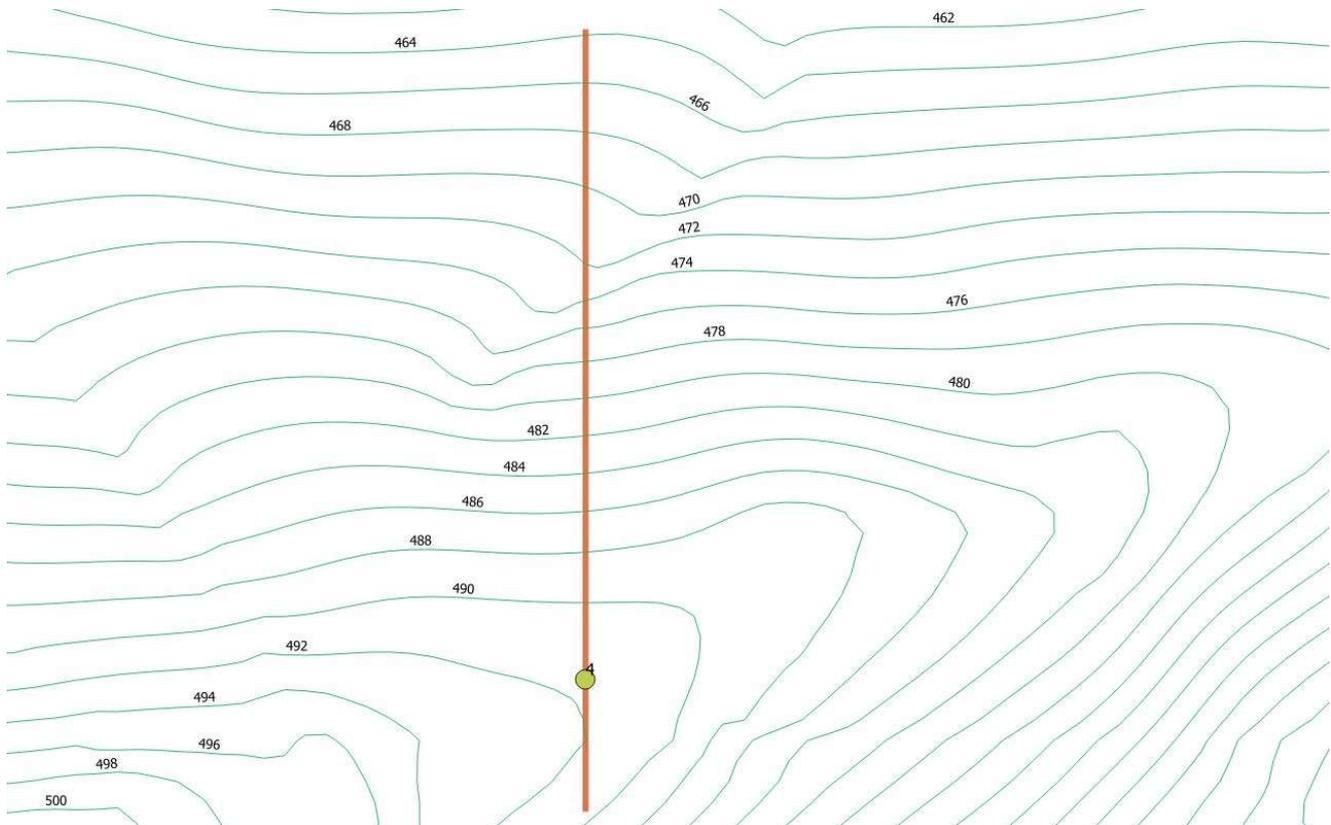
3.2. WTG2



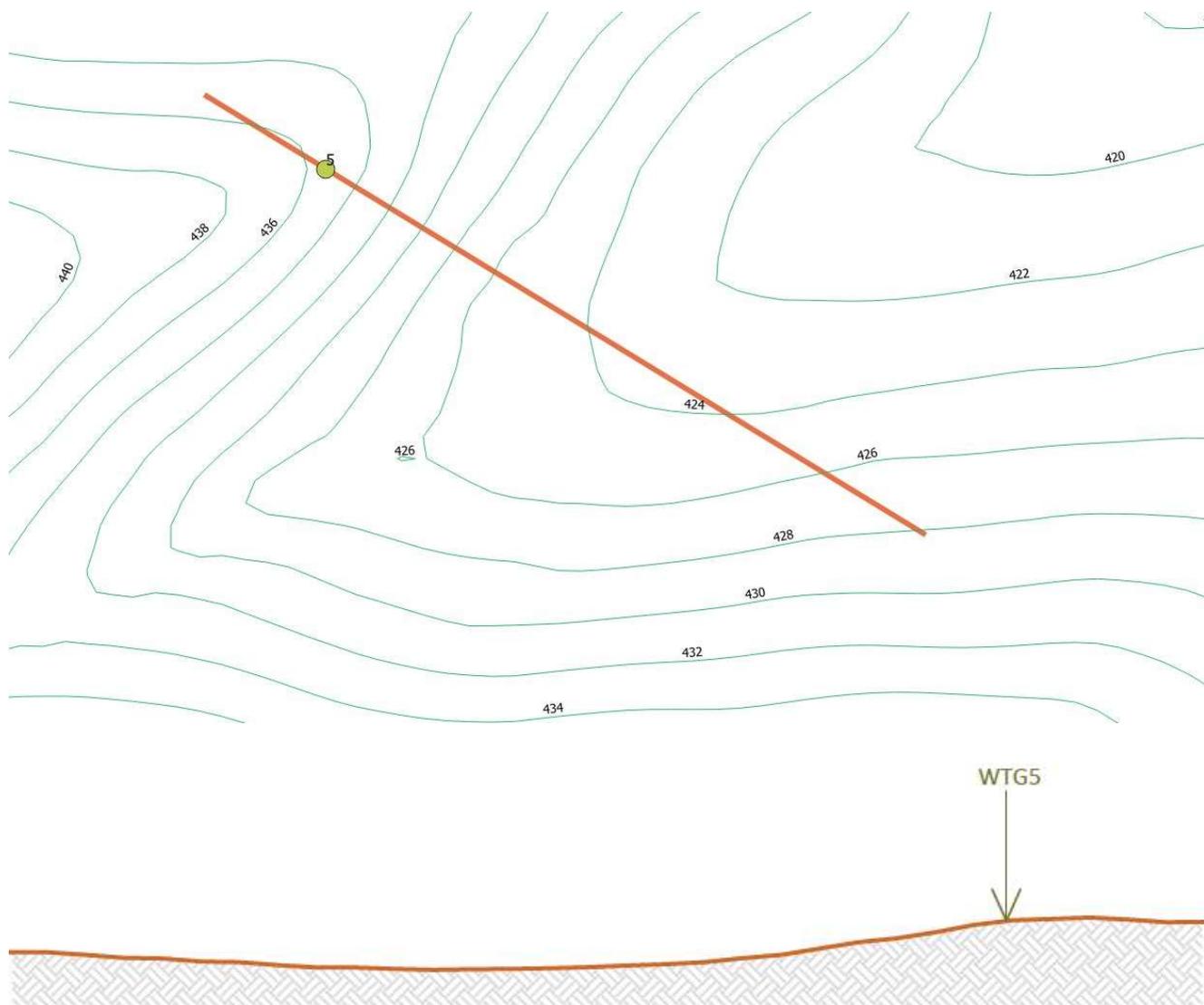
3.3. WTG3



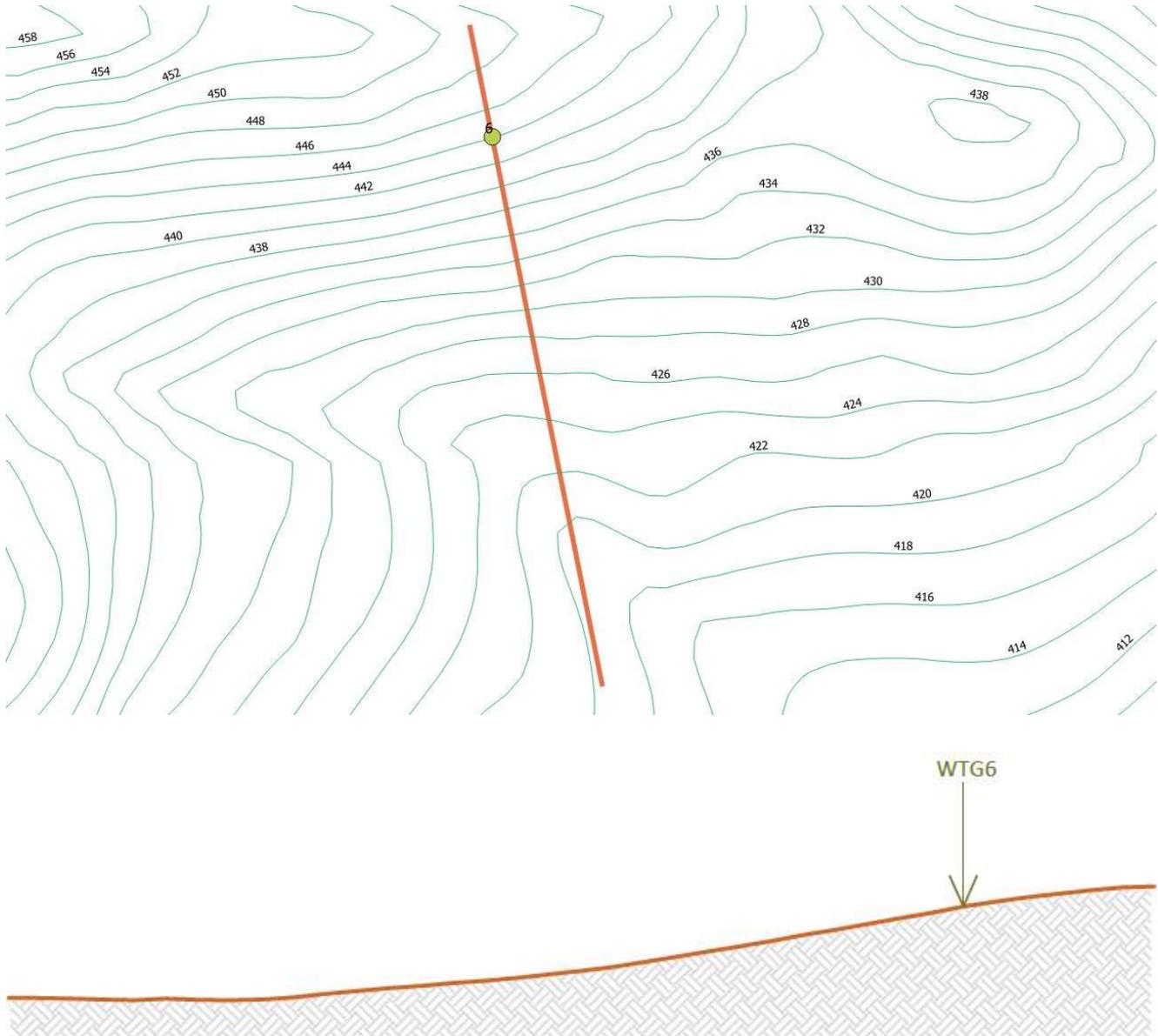
3.4. WTG4



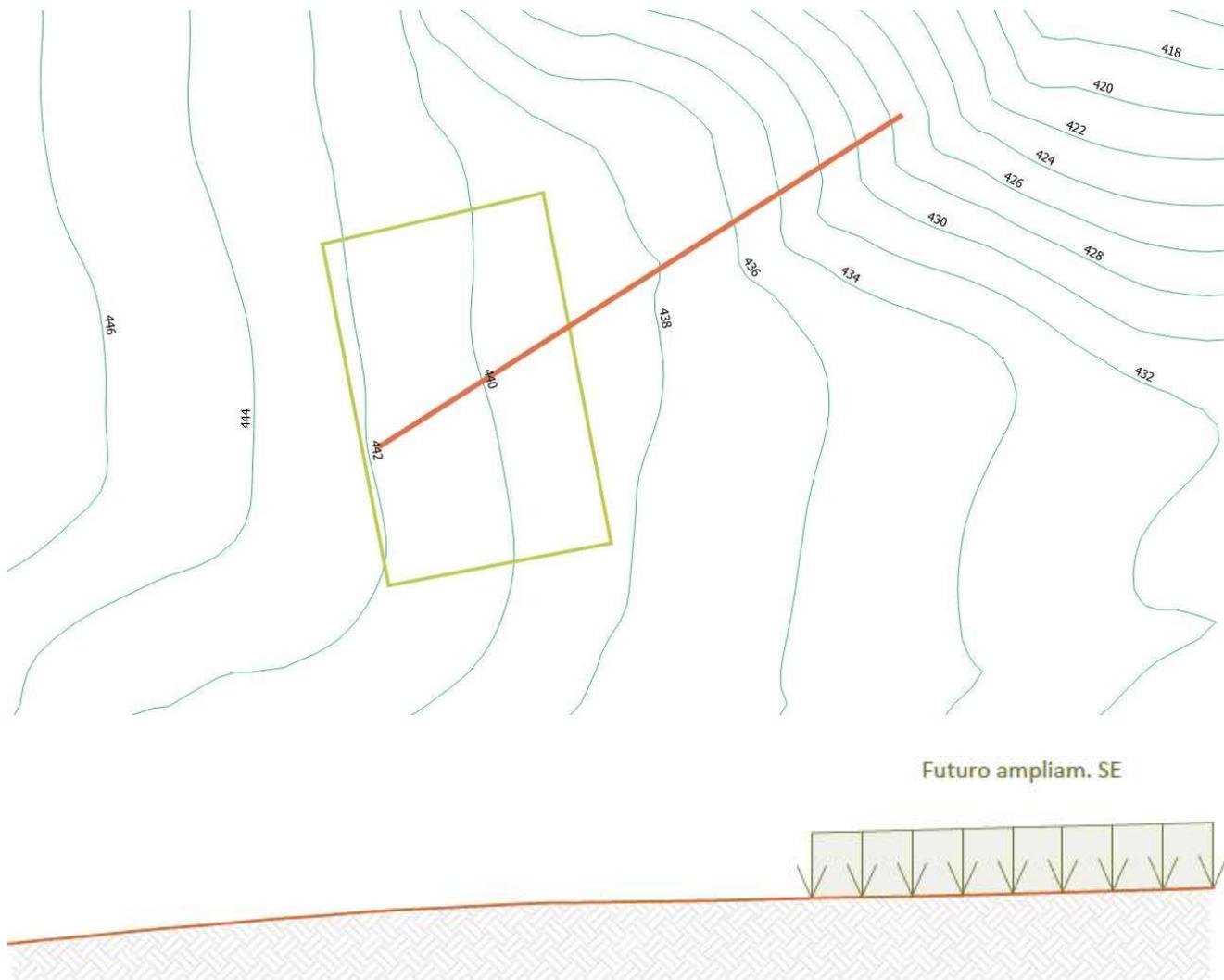
3.5. WTG5



3.6. WTG6



3.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E.



4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base" definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R dipendenti dallo stato limite considerato.

L'accelerazione orizzontale massima attesa a_g dipende dalla sola posizione geografica (longitudine e latitudine) essendo valutata in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Gli stati limite per condizioni sismiche sono di 4 tipi come definiti al punto 3.2.1 del D.M. 17/01/2018:

Stati limite di esercizio:

- Stato limite di operatività (SLO)
- Stato limite di danno (SLD)

Stati limite ultimi:

- Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

- Stato limite di collasso (SLC)

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC 2008 (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Fissato il periodo di riferimento e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_R e i relativi parametri di pericolosità sismica:

a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{c^*} periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la valutazione dell'azione sismica si assumono le seguenti coordinate (WGS 84-UTM 33N) baricentriche rispetto alla posizione prevista per le opere in progetto: Lat. 41,32926°; Long. 15,25348°.

Proprietà delle costruzioni

Vita nominale	$V_N = 100$ anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso	$C_U = 2.0$
Periodo di riferim. per l'azione sismica	$V_R = V_N * C_U = 200$ anni

Di seguito si riportano i parametri sismici adoperati per le calcolazioni.

Parametri sismici- Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine:	41,330241
longitudine:	15,254336
Classe:	4
Vita nominale:	100

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 30995	Lat: 41,3219	Lon: 15,2212	Distanza: 2922,586
Sito 2	ID: 30996	Lat: 41,3209	Lon: 15,2877	Distanza: 2976,468
Sito 3	ID: 30774	Lat: 41,3709	Lon: 15,2892	Distanza: 5369,793
Sito 4	ID: 30773	Lat: 41,3719	Lon: 15,2225	Distanza: 5337,205

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	200anni
Coefficiente c_u :	2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	120	[anni]
ag:	0,087	g
Fo:	2,581	
Tc*:	0,371	[s]

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 201 [anni]
 ag: 0,108 g
 Fo: 2,542
 Tc*: 0,420 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 1898 [anni]
 ag: 0,259 g
 Fo: 2,568
 Tc*: 0,462 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 2475 [anni]
 ag: 0,287 g
 Fo: 2,566
 Tc*: 0,459 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,460
 St: 1,000
 Kh: 0,026
 Kv: 0,013
 Amax: 1,273
 Beta: 0,200

SLD:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,400
 St: 1,000
 Kh: 0,039
 Kv: 0,019
 Amax: 1,589
 Beta: 0,240

SLV:
 Ss: 1,300
 Cc: 1,350
 St: 1,000
 Kh: 0,094
 Kv: 0,047
 Amax: 3,306
 Beta: 0,280

SLC:
 Ss: 1,260

Cc: 1,360
St: 1,000
Kh: 0,101
Kv: 0,051
Amax: 3,541
Beta: 0,280

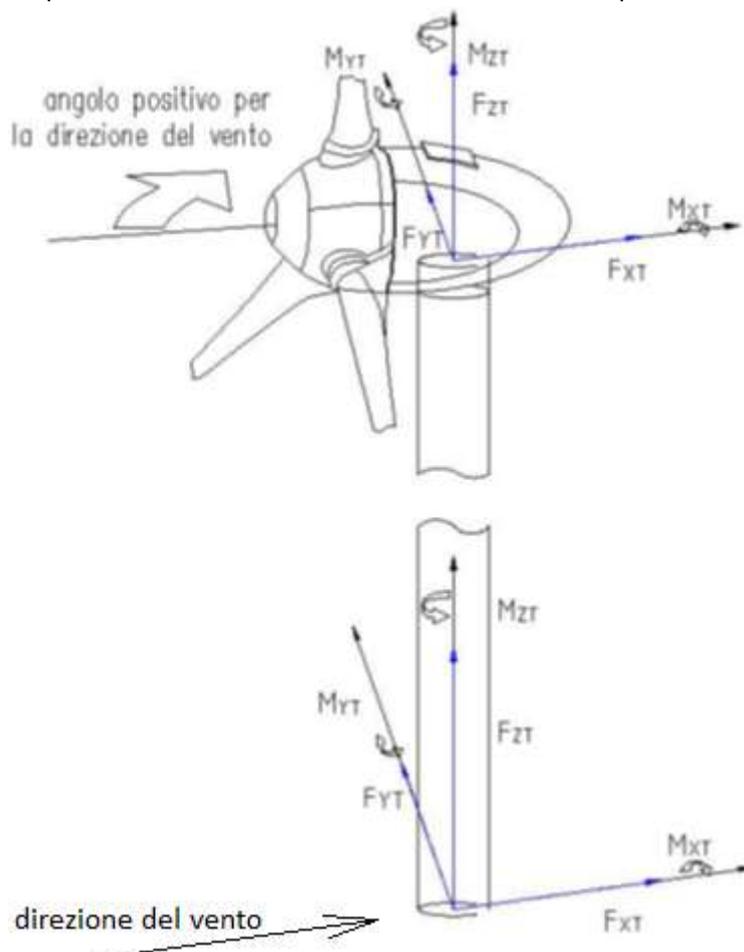
5. ANALISI DEI CARICHI

Il peso proprio degli elementi strutturali in conglomerato cementizio armato costituenti la struttura di fondazione degli aerogeneratori è calcolato considerando un peso per unità di volume di calcestruzzo armato pari a 25.00 kN/m³.

Il plinto si presenta circolare in pianta con diametro pari a 22 metri e altezza variabile da un minimo di 120 cm sul perimetro esterno ad un massimo di 300 cm nella zona centrale.

Il plinto ha un volume complessivo pari a circa 700 mc, compreso il magrone di sottofondazione, per un peso complessivo pari a circa 17500 kN.

Per la definizione delle condizioni di carico che la torre genera sul plinto di fondazione, viene adottato un sistema di riferimento triassiale avente asse x concorde alla direzione e al verso del vento, asse y ortogonale ad esso nel piano della sezione trasversale della torre, asse z posto in coincidenza con l'asse della torre, con verso positivo verso l'alto.



Come meglio e più esaurientemente illustrato nella relazione di calcolo preliminare delle strutture, dall'analisi dei carichi agenti sulla struttura in elevazione si evincono le seguenti reazioni che il vincolo di base della torre imprime su di essa.

Le reazioni sotto riportate, per tutte le condizioni di carico, sono già rappresentative dei valori di calcolo dei carichi (valori fattorizzati).

Comb.	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	Mz [kN*m]
SLU 15	-831.9	0.0	4401.9	-0.7	-72466.0	-768.7
SLU 19	-193.2	0.0	5908.5	-0.8	-5612.8	-934.0
SLU 21	-323.1	0.0	5028.5	-5.5	-22648.8	-6153.4
SLU 22	-831.9	0.0	5218.5	-0.7	-72466.0	-768.7
SLE RA 4	-209.6	0.0	4481.9	-2.2	-11789.1	-2495.4
SLE RA 6	-174.9	0.0	4121.9	-4.3	-8493.7	-4810.5
SLE RA 7	-667.5	0.0	4191.9	-2.0	-59528.3	-2305.0
SLE FR 4	-127.8	0.0	4481.9	-2.2	-6600.6	-2495.4
SLE FR 6	-93.1	0.0	4121.9	-4.3	-3305.1	-4810.5
SLE FR 7	-585.7	0.0	4191.9	-2.0	-54339.8	-2305.0
SLE QP 4	-117.5	0.0	4481.9	-2.2	-5952.0	-2495.4
SLE QP 6	-82.8	0.0	4121.9	-4.3	-2656.6	-4810.5
SLE QP 7	-575.4	0.0	4191.9	-2.0	-53691.2	-2305.0

SLU 15	Comb. SLU	massimizza Fx e My con Fz min
SLU 19	Comb. SLU	massimizza Fz
SLU 21	Comb. SLU	massimizza Mz
SLU 22	Comb. SLU	massimizza Fx e My con Fz max
SLE RA 4	Comb. SLE rara	massimizza Fz
SLE RA 6	Comb. SLE rara	massimizza Mz
SLE RA 7	Comb. SLE rara	massimizza Fx e My
SLE FR 4	Comb. SLE freq.	massimizza Fz
SLE FR 6	Comb. SLE freq.	massimizza Mz
SLE FR 7	Comb. SLE freq.	massimizza Fx e My
SLE QP 4	Comb. SLE q. perm.	massimizza Fz
SLE QP 6	Comb. SLE q. perm.	massimizza Mz
SLE QP 7	Comb. SLE q. perm.	massimizza Fx e My

Di seguito si riportano i valori di calcolo dei carichi (valori fattorizzati) che la torre imprime sulla struttura di fondazione per le combinazioni di carico più gravose, ottenuti invertendo il segno alle sopra riportate reazioni vincolari.

Tali carichi sono considerati applicati al centro della fondazione all'altezza della superficie di estradosso della stessa.

Comb.	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]	Mz [kN*m]
SLU 15	831.9	0.0	-4401.9	0.7	72466.0	768.7
SLU 19	193.2	0.0	-5908.5	0.8	5612.8	934.0
SLU 21	323.1	0.0	-5028.5	5.5	22648.8	6153.4
SLU 22	831.9	0.0	-5218.5	0.7	72466.0	768.7
SLE RA 4	209.6	0.0	-4481.9	2.2	11789.1	2495.4
SLE RA 6	174.9	0.0	-4121.9	4.3	8493.7	4810.5
SLE RA 7	667.5	0.0	-4191.9	2.0	59528.3	2305.0
SLE FR 4	127.8	0.0	-4481.9	2.2	6600.6	2495.4
SLE FR 6	93.1	0.0	-4121.9	4.3	3305.1	4810.5
SLE FR 7	585.7	0.0	-4191.9	2.0	54339.8	2305.0
SLE QP 4	117.5	0.0	-4481.9	2.2	5952.0	2495.4
SLE QP 6	82.8	0.0	-4121.9	4.3	2656.6	4810.5
SLE QP 7	575.4	0.0	-4191.9	2.0	53691.2	2305.0

Dalla sopra riportata tabella si evince che il carico gravitazionale massimo (Fz) si verifica per la condizione di carico "SLU 19" e vale 5908,5 kN.

Come innanzi detto, le sollecitazioni sopra riportate, per tutte le condizioni di carico e quindi anche per la "SLU 19", sono rappresentative dei valori di calcolo dei carichi (valori già comprensivi dei fattori di sicurezza). Il massimo carico gravitazionale, pari a 5908,5 kN, è quindi da considerarsi già fattorizzato, tipicamente per un fattore di sicurezza pari a 1,30. Per tutto quanto suddetto, il valore caratteristico del massimo carico che la torre imprime sulla fondazione lo si può ritenere pari a 4545 kN ($4545 \text{ kN} \cdot 1,30 = 5908,5$).

Per tutto quanto sopra esposto, in fase post-opera si può asserire che l'aerogeneratore in progetto trasferisce al terreno di sedime i carichi sotto riportati.

- Carichi all'interfaccia torre-fondazione: 4545 kN
- Peso stimato per il sistema di fondazione: 17500 kN
- Carichi all'interfaccia fondazione-terreno: 22045 kN ($4545 \text{ kN} + 17500 \text{ kN}$)

Considerando un'area di impronta circolare avente diametro 22 m e area 380 mq, le sollecitazioni di compressione all'interfaccia terreno-fondazione risultano pari a 58 kN/mq ($0,59 \text{ kg/cm}^2$).

Con riferimento alle aree interessate dal futuro ampliamento della stazione elettrica, in fase post opera si considera un carico uniformemente distribuito equivalente pari a 20 kN/m² ($0,20 \text{ kg/cm}^2$) rappresentativo dei carichi relativi alle opere a farsi ed alla viabilità.

6. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO

6.1. CENNI DI TEORIA PER L'ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII

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.

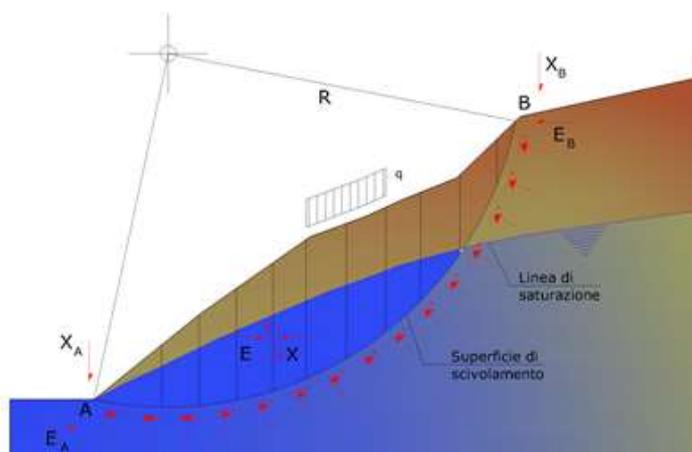
Metodo equilibrio limite (LEM)

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_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- 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.

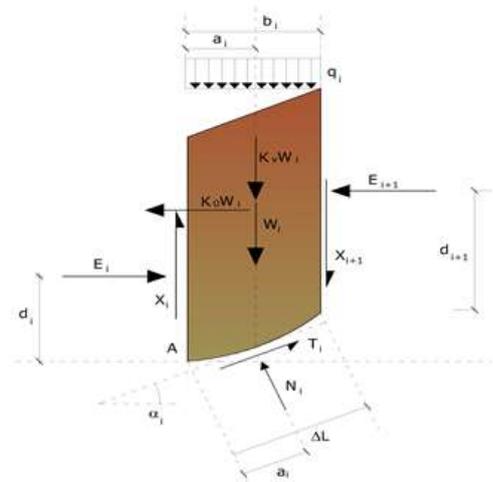
Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

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:

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

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

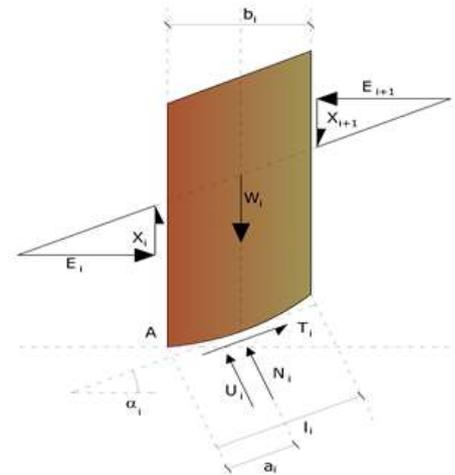
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX = 0 ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto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

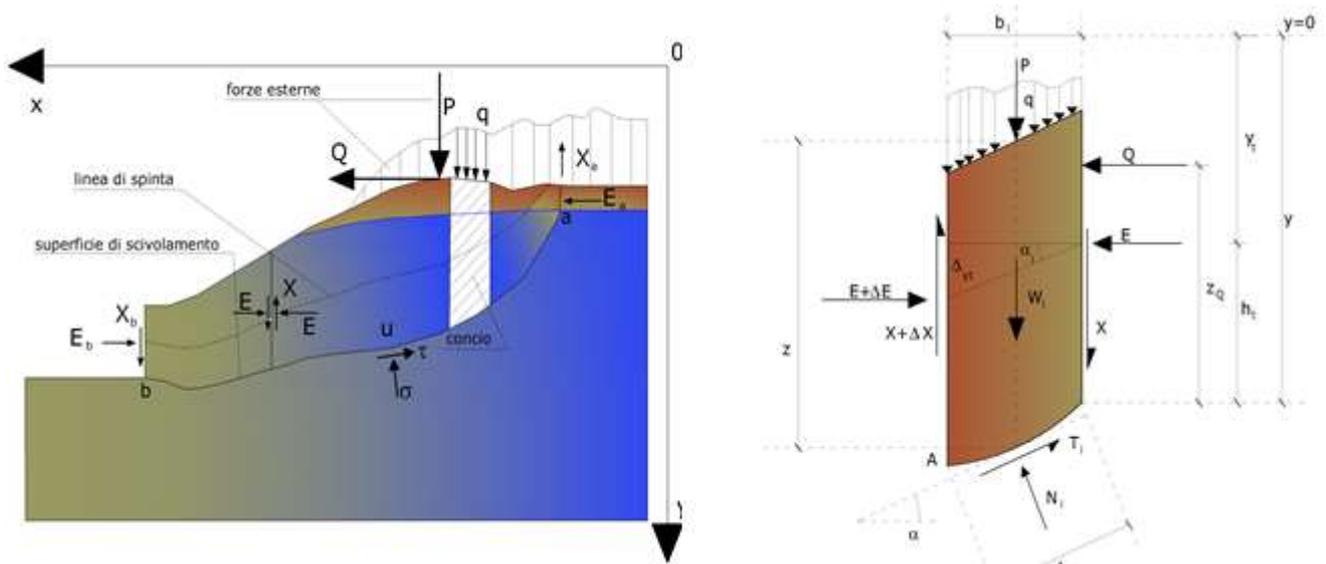
Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

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



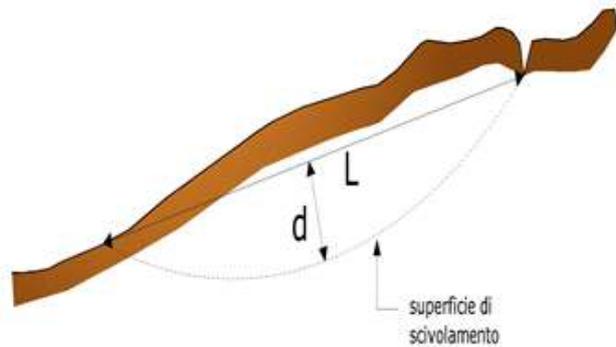
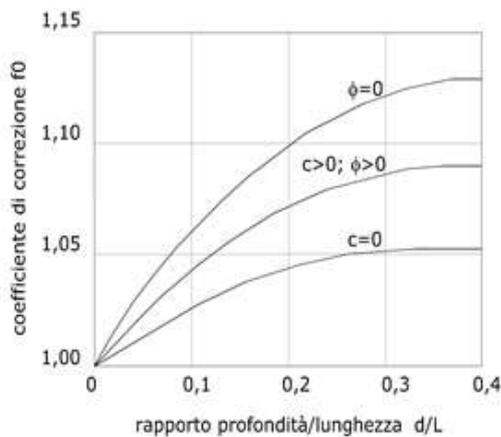


Azioni sul concio i -esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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

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

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



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento. Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace. In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

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

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

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

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

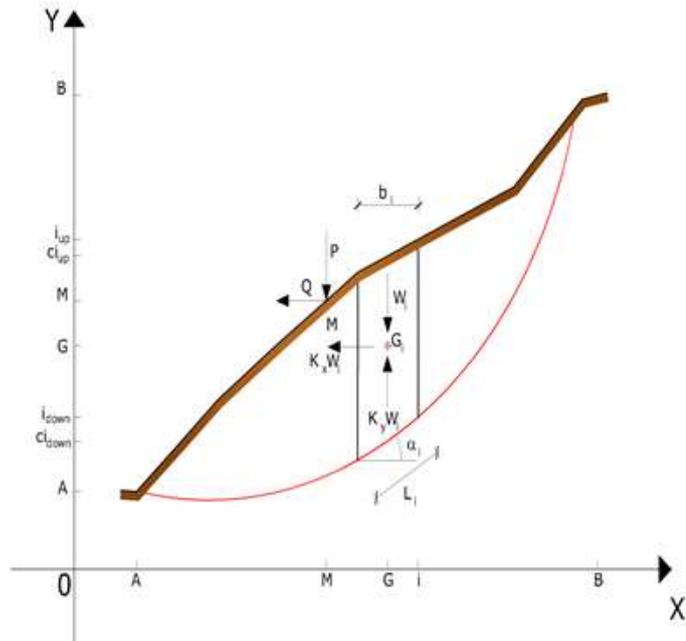
φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell'i-esimo concio;

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

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

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

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



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

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

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

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

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

dove **x₀** 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 **C₃**. Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
---	---	-------------

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

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

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

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

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

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

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

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

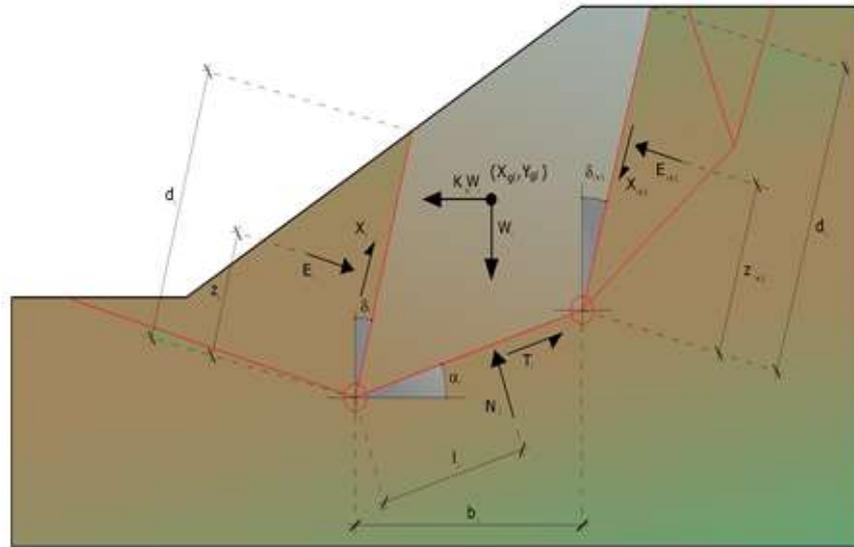
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

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

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



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli concii 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 a un 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:

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

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:

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

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

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

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

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

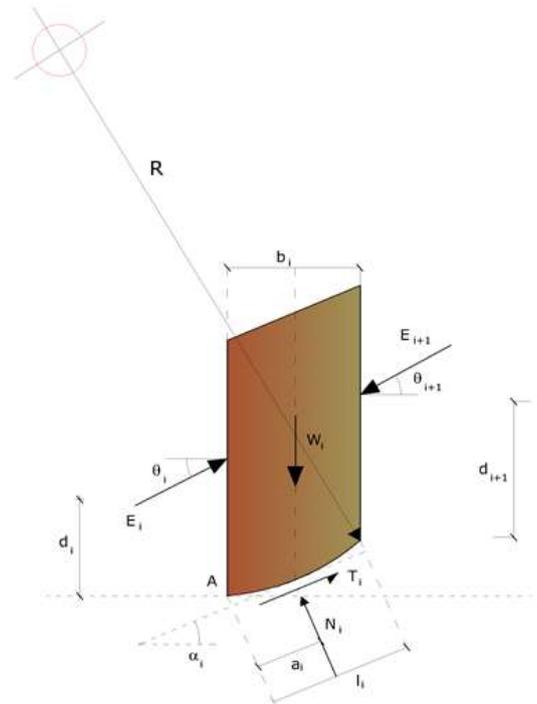
Metodo di Morgenstern e Price (1965)

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

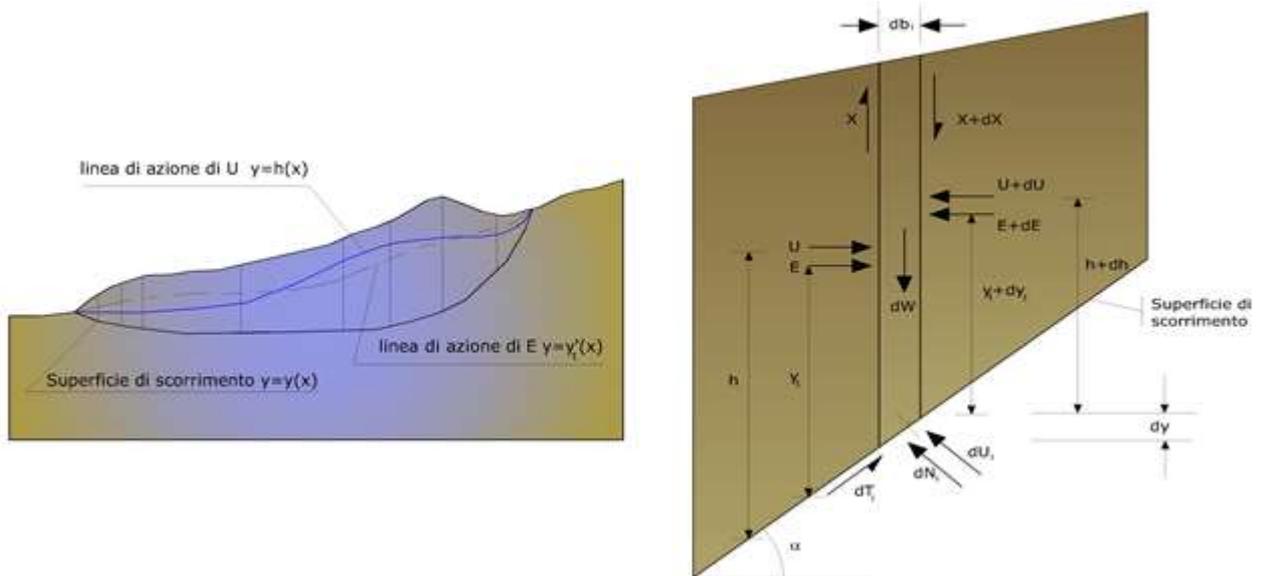
La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia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

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

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



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



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 mezzzeria 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.

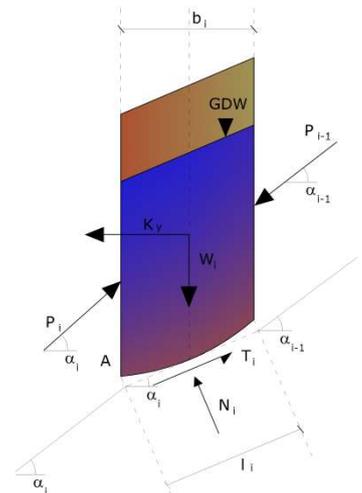
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

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 un 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 indeterminazione pari a (8*n*-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 (7*n*-3);
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da *n* a (6*n*-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.

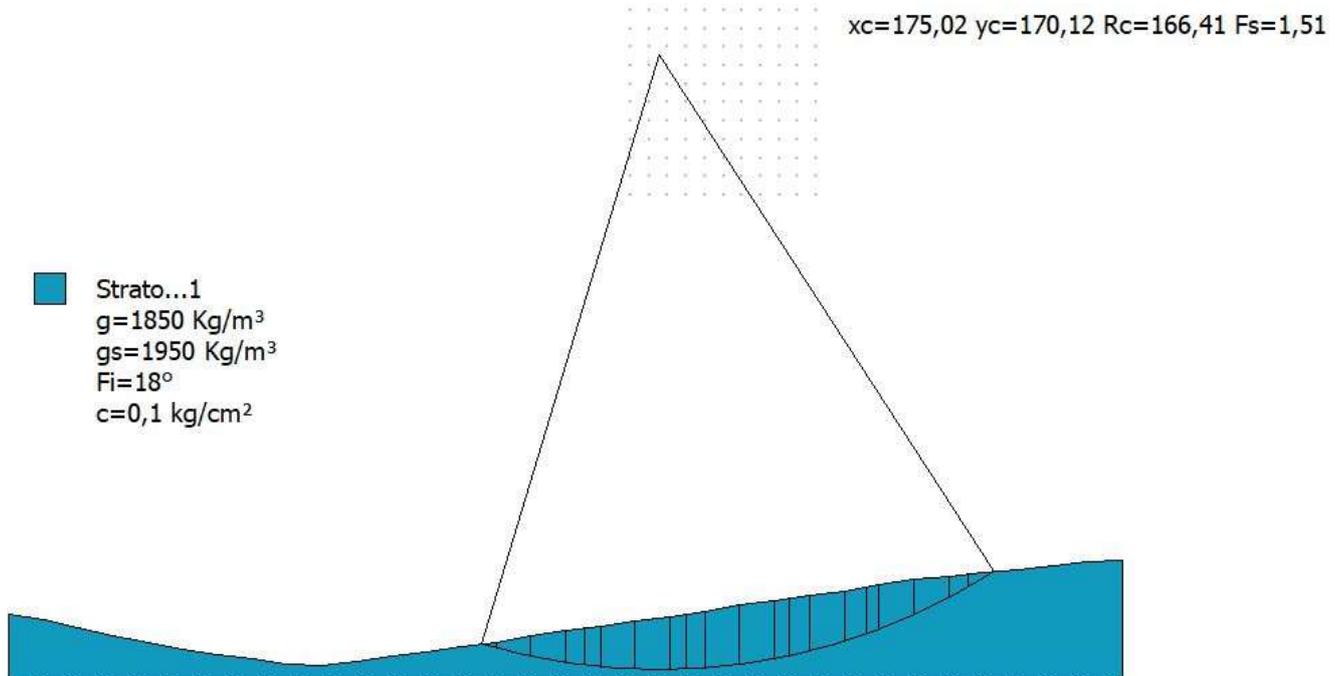
Ricerca della superficie di scorrimento critica

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.

6.2. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO ANTE OPERA

6.2.1. WTG1 (ante opera)



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	167,52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	132,62 m
Ascissa vertice destro superiore xs	217,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	182,62 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 IV
 Vita nominale: 100,0 [anni]
 Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,094

Coefficiente azione sismica verticale 0,047

Vertici profilo

Nr X y

	(m)	(m)
1	0,0	18,88
2	9,38	17,14
3	18,75	15,06
4	28,13	13,07
5	37,5	11,08
6	46,88	9,44
7	56,25	7,84
8	65,63	6,58
9	75,0	5,44
10	84,38	5,0
11	93,75	6,1
12	103,13	7,64
13	112,5	8,56
14	121,88	10,09
15	131,25	11,14
16	140,63	12,76
17	150,0	14,33
18	159,38	15,38
19	168,75	16,99
20	178,13	18,05
21	187,5	19,67
22	196,88	21,32
23	206,25	22,35
24	215,63	24,05
25	225,0	25,03
26	234,38	26,63
27	243,75	28,16
28	253,13	28,94
29	262,5	30,17
30	271,88	30,87
31	281,25	32,07
32	290,63	32,99
33	300,0	33,39

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 No
 =====

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	0,1		18	1850	1950	

Risultati analisi pendio

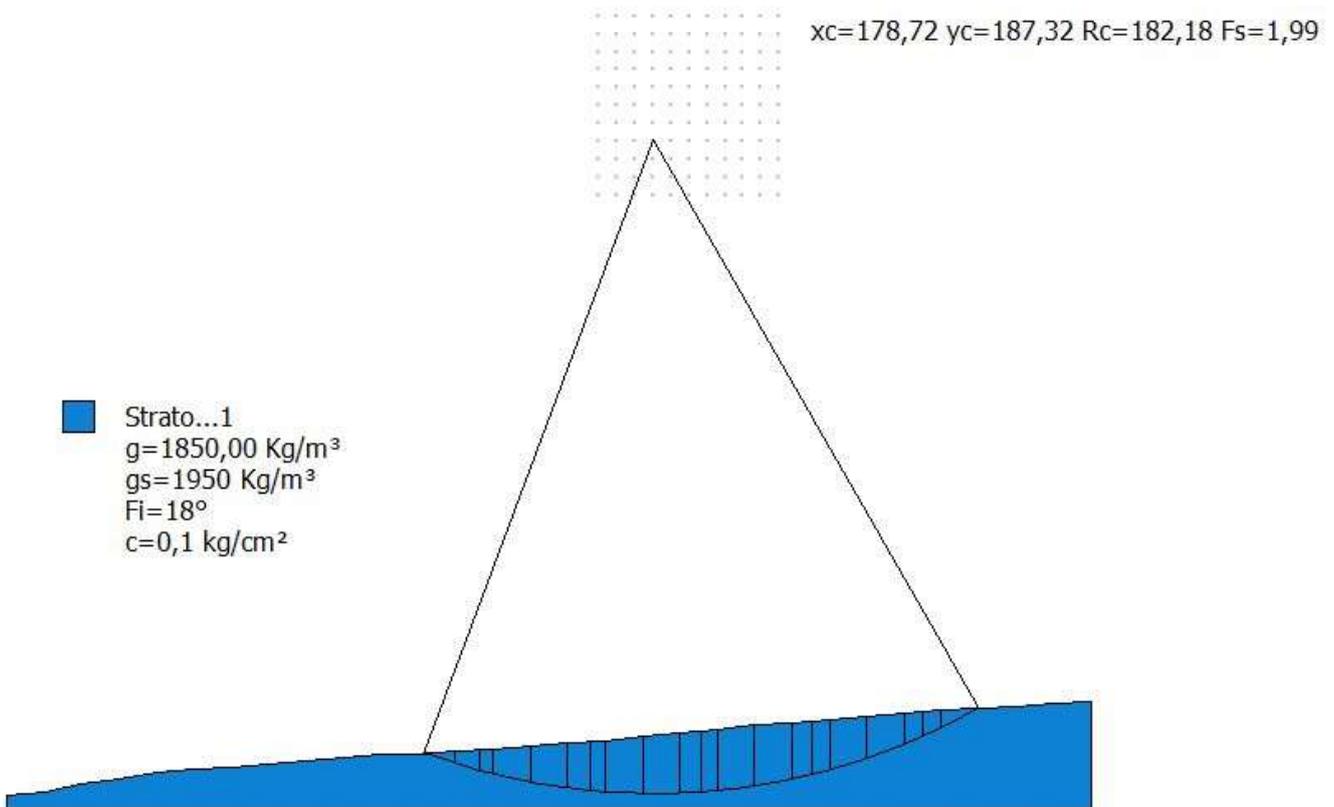
=====
 Fs minimo individuato 1,51
 Ascissa centro superficie 175,02 m
 Ordinata centro superficie 170,12 m
 Raggio superficie 166,41 m
 =====

xc = 175,015 yc = 170,122 Rc = 166,405 Fs=1,512

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	3,93	-16,0	4,08	5762,66	541,69	270,85	0,1	18,0	0,0	5950,1	-1062,9
2	9,38	-13,6	9,64	62099,49	5837,35	2918,68	0,1	18,0	0,0	64569,8	-8915,2
3	9,38	-10,3	9,53	124148,6	11669,97	5834,98	0,1	18,0	0,0	129978,3	-10686,9

4	4,93	-7,8	4,98	85398,41	8027,45	4013,73	0,1	18,0	0,0	89675,2	-3619,2
5	4,44	-6,2	4,47	85858,85	8070,73	4035,37	0,1	18,0	0,0	90241,2	-1192,1
6	9,38	-3,8	9,4	209947,8	19735,09	9867,54	0,1	18,0	0,0	220637,7	5868,3
7	9,38	-0,5	9,38	239206,8	22485,44	11242,72	0,1	18,0	0,0	250651,6	20215,5
8	4,42	1,8	4,42	119630,3	11245,25	5622,62	0,1	18,0	0,0	124829,3	15064,5
9	4,95	3,4	4,96	139531,3	13115,94	6557,97	0,1	18,0	0,0	145035,9	21484,5
10	9,38	5,9	9,43	275570,0	25903,58	12951,79	0,1	18,0	0,0	284306,0	54214,0
11	9,38	9,2	9,5	277248,8	26061,38	13030,69	0,1	18,0	0,0	282399,3	69976,0
12	3,91	11,5	3,99	113064,1	10628,02	5314,01	0,1	18,0	0,0	113879,6	32966,2
13	5,47	13,2	5,62	156515,0	14712,41	7356,21	0,1	18,0	0,0	156219,8	49955,1
14	9,38	15,8	9,74	252217,9	23708,48	11854,24	0,1	18,0	0,0	247635,0	91498,2
15	5,86	18,5	6,19	142979,9	13440,11	6720,06	0,1	18,0	0,0	137651,5	58218,0
16	3,51	20,3	3,74	80049,23	7524,63	3762,31	0,1	18,0	0,0	76024,1	34771,4
17	9,38	22,6	10,16	188299,3	17700,14	8850,07	0,1	18,0	0,0	175131,2	88843,1
18	9,38	26,2	10,45	134501,0	12643,1	6321,55	0,1	18,0	0,0	120777,5	70718,9
19	5,35	29,0	6,12	46003,11	4324,29	2162,15	0,1	18,0	0,0	40006,7	26117,4
20	6,9	31,5	8,1	24044,75	2260,21	1130,1	0,1	18,0	0,0	20285,1	14489,2

6.2.2. WTG2 (ante opera)



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	163,72 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	172,32 m
Ascissa vertice destro superiore xs	213,72 m
Ordinata vertice destro superiore ys	222,32 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]

S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	10,34	5,88
3	20,69	7,95
4	31,03	9,71
5	41,38	11,11
6	51,72	12,25
7	62,07	12,81
8	72,41	13,77
9	82,76	14,64
10	93,1	15,45
11	103,45	16,19
12	113,79	16,45
13	124,14	17,14
14	134,48	17,91
15	144,83	18,75
16	155,17	19,7

17	165,52	20,13
18	175,86	21,16
19	186,21	22,22
20	196,55	23,3
21	206,9	24,42
22	217,24	24,97
23	227,59	26,0
24	237,93	26,93
25	248,28	27,79
26	258,62	28,59
27	268,97	28,95
28	279,31	29,65
29	289,66	30,36
30	300,0	31,05

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

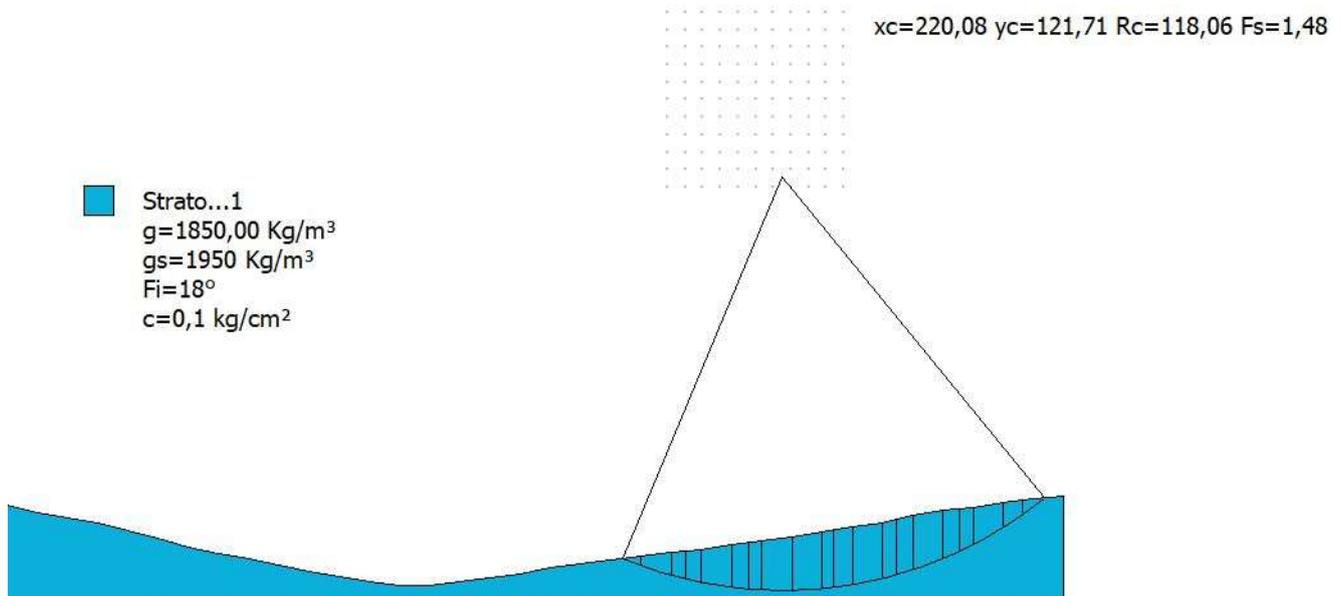
Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,99
Ascissa centro superficie	178,72 m
Ordinata centro superficie	187,32 m
Raggio superficie	182,18 m

xc = 178,722 yc = 187,323 Rc = 182,176 Fs=1,987

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	8,85	-18,9	9,35	30733,57	2898,18	1450,62	0,1	18,0	0,0	31387,0	-7216,4
2	6,5	-16,4	6,77	58346,28	5502,05	2753,94	0,1	18,0	0,0	60174,0	-11165,6
3	3,85	-14,7	3,98	47519,52	4481,09	2242,92	0,1	18,0	0,0	49273,6	-7707,5
4	10,34	-12,4	10,59	171187,8	16143,01	8080,07	0,1	18,0	0,0	178557,1	-20959,1
5	10,34	-9,1	10,48	225791,0	21292,09	10657,33	0,1	18,0	0,0	236847,0	-14587,8
6	6,15	-6,5	6,19	153888,3	14511,67	7263,53	0,1	18,0	0,0	161761,8	-2878,1
7	4,19	-4,8	4,21	110598,6	10429,45	5220,26	0,1	18,0	0,0	116285,6	1102,2
8	10,34	-2,5	10,35	293200,3	27648,79	13839,06	0,1	18,0	0,0	307960,2	14688,3
9	10,34	0,7	10,35	316322,5	29829,21	14930,42	0,1	18,0	0,0	330847,4	33843,8
10	5,8	3,3	5,81	183465,5	17300,8	8659,57	0,1	18,0	0,0	190825,9	27734,6
11	4,54	4,9	4,56	144923,5	13666,28	6840,39	0,1	18,0	0,0	150042,0	25994,7
12	10,34	7,3	10,43	330294,2	31146,74	15589,89	0,1	18,0	0,0	339179,4	72618,0
13	10,34	10,6	10,52	315236,0	29726,76	14879,14	0,1	18,0	0,0	319089,3	86950,9
14	5,46	13,1	5,6	155175,7	14633,07	7324,29	0,1	18,0	0,0	154965,1	49392,4
15	4,89	14,8	5,05	131922,7	12440,31	6226,75	0,1	18,0	0,0	130418,2	45648,0
16	10,34	17,3	10,83	251107,2	23679,41	11852,26	0,1	18,0	0,0	244087,9	97128,3
17	10,34	20,7	11,06	200140,7	18873,26	9446,64	0,1	18,0	0,0	189377,3	88416,7
18	5,11	23,3	5,57	75289,32	7099,78	3553,66	0,1	18,0	0,0	69591,4	36324,6
19	5,23	25,1	5,78	58380,47	5505,28	2755,56	0,1	18,0	0,0	53025,1	29754,4
20	10,11	27,8	11,43	48520,71	4575,5	2290,18	0,1	18,0	0,0	42806,8	26685,0

6.2.3. WTG3 (ante opera)



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	187,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	119,21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	237,58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	169,21 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	27,9
2	8,57	25,85

3	17,14	24,3
4	25,71	22,81
5	34,29	20,71
6	42,86	18,35
7	51,43	15,84
8	60,0	14,08
9	68,57	12,57
10	77,14	10,71
11	85,71	9,12
12	94,29	7,65
13	102,86	6,1
14	111,43	4,94
15	120,0	5,06
16	128,57	6,26
17	137,14	7,24
18	145,71	8,29
19	154,29	10,28
20	162,86	11,25
21	171,43	12,26
22	180,0	13,42
23	188,57	14,33
24	197,14	15,29
25	205,71	16,59
26	214,29	17,69
27	222,86	18,85
28	231,43	20,49
29	240,0	21,75
30	248,57	23,03
31	257,14	25,05
32	265,71	26,43
33	274,29	27,42
34	282,86	28,75
35	291,43	29,69
36	300,0	30,61

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 No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Risultati analisi pendio

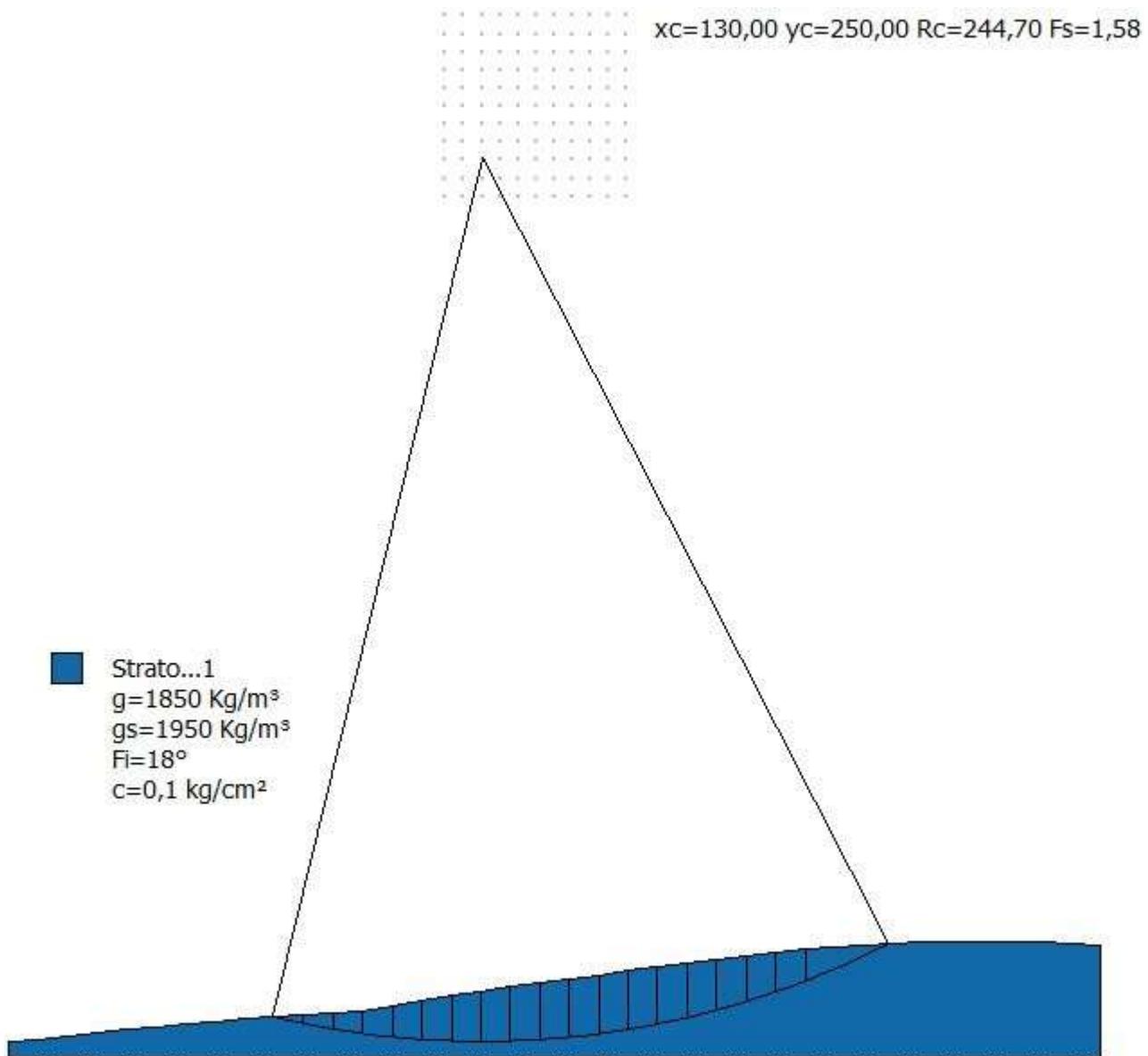
Fs minimo individuato 1,48
Ascissa centro superficie 220,08 m
Ordinata centro superficie 121,71 m
Raggio superficie 118,06 m

$xc = 220,085$ $yc = 121,711$ $Rc = 118,06$ $Fs=1,481$

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	5,27	-21,2	5,65	13784,54	1299,88	650,63	0,1	18,0	0,0	13927,0	-3777,5
2	8,57	-17,7	9,0	74007,69	6978,93	3493,16	0,1	18,0	0,0	75964,3	-15807,7
3	4,12	-14,4	4,25	54700,55	5158,26	2581,87	0,1	18,0	0,0	56757,6	-8654,1

4	4,45	-12,3	4,56	71499,51	6742,4	3374,78	0,1	18,0	0,0	74590,1	-8657,6
5	8,57	-9,1	8,68	171349,2	16158,23	8087,68	0,1	18,0	0,0	179734,3	-11140,9
6	4,93	-5,8	4,96	115473,6	10889,16	5450,35	0,1	18,0	0,0	121405,6	-811,6
7	3,64	-3,7	3,65	91263,16	8606,12	4307,62	0,1	18,0	0,0	95927,0	2698,1
8	8,57	-0,7	8,57	231644,9	21844,12	10933,64	0,1	18,0	0,0	242838,8	18871,6
9	8,57	3,4	8,59	250614,7	23632,97	11829,01	0,1	18,0	0,0	260559,9	38582,9
10	3,16	6,3	3,18	95729,96	9027,34	4518,45	0,1	18,0	0,0	98657,2	19454,9
11	5,41	8,4	5,47	164487,2	15511,14	7763,79	0,1	18,0	0,0	168148,0	39330,7
12	8,57	11,8	8,76	257380,1	24270,95	12148,34	0,1	18,0	0,0	258818,3	76550,9
13	3,98	15,0	4,12	116605,3	10995,88	5503,77	0,1	18,0	0,0	115130,3	40728,2
14	4,59	17,1	4,81	132745,9	12517,94	6265,61	0,1	18,0	0,0	129160,0	51056,6
15	8,57	20,5	9,15	231737,0	21852,8	10937,99	0,1	18,0	0,0	219625,9	101680,6
16	4,79	24,0	5,25	113932,3	10743,82	5377,61	0,1	18,0	0,0	104614,7	56173,3
17	3,78	26,3	4,21	79176,84	7466,38	3737,15	0,1	18,0	0,0	71018,9	41781,1
18	8,57	29,7	9,87	141563,7	13349,46	6681,81	0,1	18,0	0,0	122120,0	81784,8
19	5,61	33,8	6,75	57271,16	5400,67	2703,2	0,1	18,0	0,0	46861,5	36314,5
20	5,99	37,2	7,52	22440,68	2116,16	1059,2	0,1	18,0	0,0	17433,8	15258,6

6.2.4. WTG4 (ante opera)



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conchi	20,0
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	120,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	240,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	170,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	290,0 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	8,11	5,89
3	16,22	6,76
4	24,32	7,63
5	32,43	8,5
6	40,54	9,35
7	48,65	10,15
8	56,76	10,9
9	64,86	11,58
10	72,97	12,19
11	81,08	12,72
12	89,19	13,16
13	97,3	13,5
14	105,41	15,17
15	113,51	16,83
16	121,62	18,13
17	129,73	19,28
18	137,84	20,41
19	145,95	21,52
20	154,05	22,62
21	162,16	23,72
22	170,27	24,83
23	178,38	25,93
24	186,49	27,02
25	194,59	28,06
26	202,7	29,04

27	210,81	29,95
28	218,92	30,75
29	227,03	31,43
30	235,14	31,99
31	243,24	32,43
32	251,35	32,75
33	259,46	32,97
34	267,57	33,07
35	275,68	33,12
36	283,78	32,88
37	291,89	32,54
38	300,0	31,99

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	No

Stratigrafia

Strato	Coazione (kg/cm ²)	Coazione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0,1		18	1850	1950	

Risultati analisi pendio

=====

Fs minimo individuato	1,58
Ascissa centro superficie	130,0 m
Ordinata centro superficie	250,0 m
Raggio superficie	244,7 m

=====

xc = 130,00 yc = 250,00 Rc = 244,703 Fs=1,579

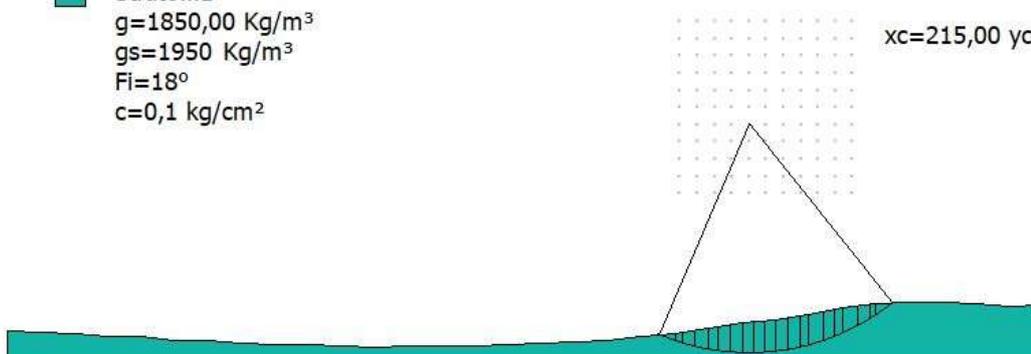
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,49	-13,5	0,5	69,45	6,55	3,28	0,1	18,0	0,0	72,2	-9,9
2	8,11	-12,5	8,31	20301,54	1914,44	958,23	0,1	18,0	0,0	21170,0	-2526,5
3	8,11	-10,6	8,25	52414,9	4942,73	2473,98	0,1	18,0	0,0	54864,5	-4752,4
4	8,11	-8,6	8,2	78853,18	7435,86	3721,87	0,1	18,0	0,0	82755,0	-4494,9
5	8,11	-6,7	8,16	110357,6	10406,72	5208,88	0,1	18,0	0,0	115990,0	-2586,8
6	8,11	-4,8	8,14	147626,5	13921,18	6967,97	0,1	18,0	0,0	155217,5	1478,5
7	8,11	-2,9	8,12	177975,3	16783,07	8400,44	0,1	18,0	0,0	186987,8	7718,1
8	8,11	-1,0	8,11	200489,9	18906,2	9463,13	0,1	18,0	0,0	210254,4	15359,8
9	8,11	0,9	8,11	217765,9	20535,33	10278,55	0,1	18,0	0,0	227699,7	23900,4
10	8,11	2,8	8,12	230690,5	21754,11	10888,59	0,1	18,0	0,0	240236,2	32940,7
11	8,11	4,7	8,14	239301,4	22566,12	11295,03	0,1	18,0	0,0	247913,2	42051,9
12	8,11	6,6	8,16	243801,6	22990,5	11507,44	0,1	18,0	0,0	250977,5	50846,7
13	8,11	8,5	8,2	244240,4	23031,87	11528,15	0,1	18,0	0,0	249541,8	58931,1
14	8,11	10,4	8,24	240521,6	22681,19	11352,62	0,1	18,0	0,0	243597,6	65879,2
15	8,11	12,4	8,3	232394,5	21914,8	10969,02	0,1	18,0	0,0	233013,3	71208,0
16	8,11	14,3	8,37	219500,7	20698,92	10360,43	0,1	18,0	0,0	217591,4	74368,6
17	8,11	16,3	8,45	201427,5	18994,62	9507,38	0,1	18,0	0,0	197132,3	74748,1
18	8,11	18,3	8,54	177721,3	16759,12	8388,45	0,1	18,0	0,0	171456,4	71667,9
19	8,11	20,3	8,64	147924,3	13949,26	6982,03	0,1	18,0	0,0	140450,6	64392,7
20	22,93	24,3	25,15	204808,2	19313,41	9666,95	0,1	18,0	0,0	187612,5	101737,0

6.2.5. WTG5 (ante opera)



Strato...1
 $g=1850,00 \text{ Kg/m}^3$
 $g_s=1950 \text{ Kg/m}^3$
 $F_i=18^\circ$
 $c=0,1 \text{ kg/cm}^2$

$x_c=215,00 \quad y_c=70,00 \quad R_c=66,88 \quad F_s=1,67$



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	195,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	50,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	245,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	100,0 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 IV

Vita nominale: 100,0 [anni]

Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	9,46
2	9,68	9,4
3	19,35	8,71
4	29,03	7,99
5	38,71	7,86
6	48,39	7,05

7	58,06	6,92
8	67,74	6,15
9	77,42	5,59
10	87,1	5,6
11	96,77	5,24
12	106,45	5,0
13	116,13	5,13
14	125,81	5,25
15	135,48	5,41
16	145,16	5,67
17	154,84	6,09
18	164,52	6,38
19	174,19	6,87
20	183,87	7,92
21	193,55	8,74
22	203,23	10,32
23	212,9	11,92
24	222,58	12,93
25	232,26	14,47
26	241,94	16,25
27	251,61	17,47
28	261,29	17,8
29	270,97	18,08
30	280,65	17,63
31	290,32	16,97
32	300,0	17,04

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Risultati analisi pendio

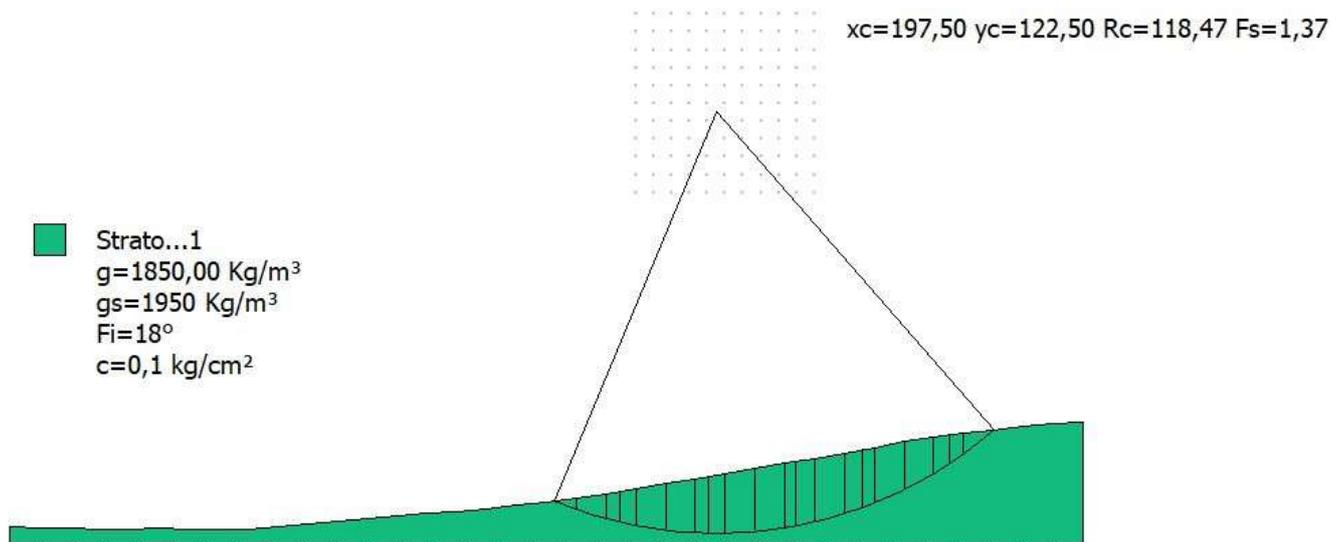
Fs minimo individuato	1,67
Ascissa centro superficie	215,0 m
Ordinata centro superficie	70,0 m
Raggio superficie	66,88 m

xc = 215,00 yc = 70,00 Rc = 66,878 Fs=1,667

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	4,5	-20,8	4,81	9051,16	853,52	427,22	0,1	18,0	0,0	9165,1	-2411,5
2	2,26	-17,7	2,37	11037,01	1040,79	520,95	0,1	18,0	0,0	11327,6	-2362,8
3	3,38	-15,2	3,5	24569,21	2316,88	1159,67	0,1	18,0	0,0	25438,1	-4196,1
4	4,04	-11,9	4,13	40589,02	3827,55	1915,8	0,1	18,0	0,0	42379,8	-4630,8
5	2,72	-9,0	2,75	33190,43	3129,86	1566,59	0,1	18,0	0,0	34820,3	-2078,8
6	3,38	-6,3	3,4	46981,14	4430,32	2217,51	0,1	18,0	0,0	49387,2	-775,4
7	3,58	-3,3	3,59	55611,9	5244,2	2624,88	0,1	18,0	0,0	58443,2	2000,1
8	3,17	-0,4	3,17	52564,59	4956,84	2481,05	0,1	18,0	0,0	55081,9	4554,8
9	3,38	2,4	3,38	57776,05	5448,28	2727,03	0,1	18,0	0,0	60226,1	7832,2
10	3,13	5,2	3,14	54236,82	5114,53	2559,98	0,1	18,0	0,0	56106,1	9974,4
11	3,63	8,1	3,66	63289,19	5968,17	2987,25	0,1	18,0	0,0	64780,2	14802,5

12	3,38	11,1	3,44	58727,44	5538,0	2771,94	0,1	18,0	0,0	59276,2	16762,0
13	2,67	13,8	2,75	45551,59	4295,52	2150,04	0,1	18,0	0,0	45306,4	15019,4
14	4,08	16,8	4,26	67059,13	6323,68	3165,19	0,1	18,0	0,0	65407,7	25416,3
15	3,38	20,1	3,6	51972,64	4901,02	2453,11	0,1	18,0	0,0	49406,6	22503,8
16	2,22	22,7	2,4	31710,54	2990,3	1496,74	0,1	18,0	0,0	29475,1	15006,7
17	4,54	25,9	5,05	56225,32	5302,05	2653,84	0,1	18,0	0,0	50642,6	29339,4
18	3,38	29,7	3,89	31916,66	3009,74	1506,47	0,1	18,0	0,0	27527,3	18446,7
19	1,76	32,3	2,08	12663,78	1194,19	597,73	0,1	18,0	0,0	10571,5	7776,1
20	4,99	35,8	6,16	16663,67	1571,38	786,53	0,1	18,0	0,0	13227,5	11029,2

6.2.6. WTG6 (ante opera)



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	175,0 m
---------------------------------------	---------

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	100,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	225,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	150,0 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,72
2	8,33	5,61
3	16,67	5,45
4	25,0	5,24
5	33,33	5,0
6	41,67	5,43
7	50,0	5,14
8	58,33	5,06
9	66,67	5,22
10	75,0	5,8
11	83,33	6,69
12	91,67	7,48
13	100,0	8,19
14	108,33	8,84
15	116,67	9,57
16	125,0	10,18
17	133,33	10,93
18	141,67	11,79
19	150,0	12,72
20	158,33	13,74
21	166,67	15,05
22	175,0	16,44
23	183,33	17,86
24	191,67	19,21
25	200,0	20,6
26	208,33	22,22
27	216,67	23,56
28	225,0	25,02
29	233,33	26,52
30	241,67	27,95

31	250,0	29,68
32	258,33	30,91
33	266,67	32,07
34	275,0	33,01
35	283,33	33,91
36	291,67	34,65
37	300,0	34,95

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Risultati analisi pendio

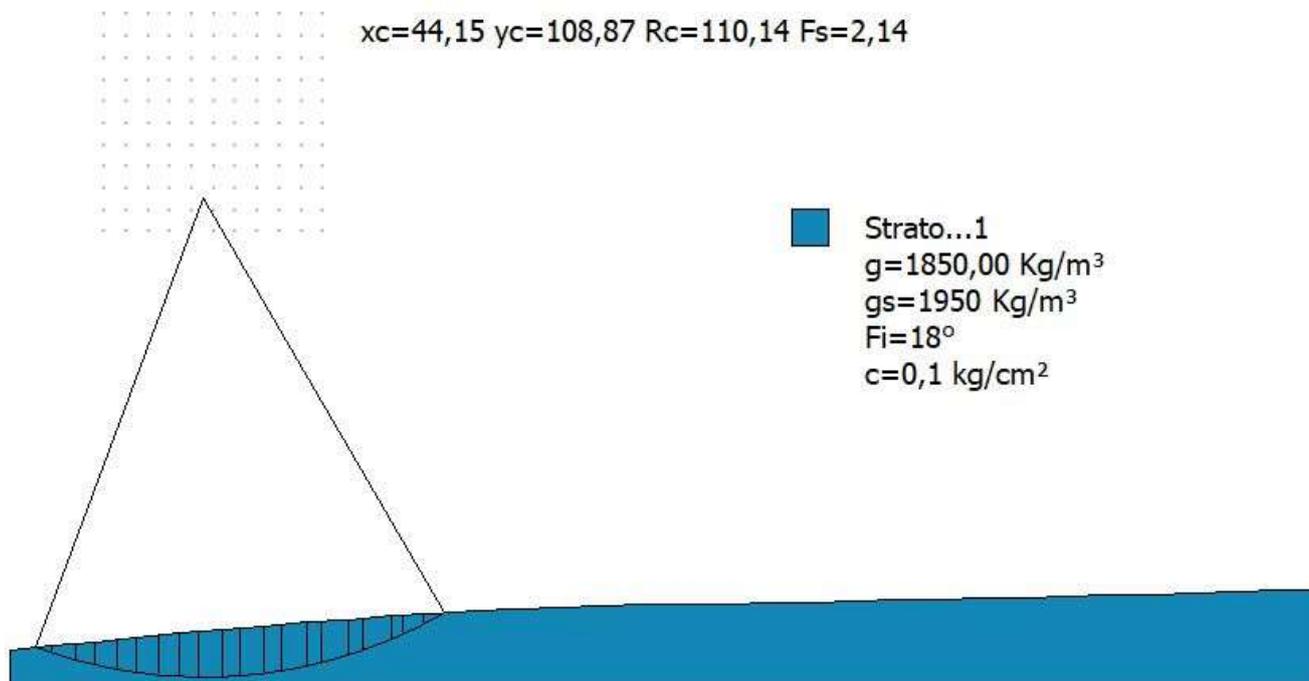
Fs minimo individuato	1,37
Ascissa centro superficie	197,5 m
Ordinata centro superficie	122,5 m
Raggio superficie	118,47 m

=====

xc = 197,50 yc = 122,50 Rc = 118,474 Fs=1,374

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	6,06	-20,9	6,49	17644,15	1663,84	832,8	0,1	18,0	0,0	17857,2	-4732,0
2	8,33	-17,2	8,72	78364,26	7389,75	3698,79	0,1	18,0	0,0	80579,8	-16107,0
3	4,04	-14,1	4,16	58310,67	5498,7	2752,26	0,1	18,0	0,0	60566,4	-8850,7
4	4,3	-12,0	4,39	75205,74	7091,9	3549,71	0,1	18,0	0,0	78507,3	-8712,1
5	8,33	-8,9	8,44	180280,7	17000,47	8509,25	0,1	18,0	0,0	189145,3	-11120,3
6	8,33	-4,8	8,36	217128,4	20475,21	10248,46	0,1	18,0	0,0	228293,8	2063,9
7	3,61	-1,9	3,62	103066,7	9719,19	4864,75	0,1	18,0	0,0	108199,4	6210,1
8	4,72	0,1	4,72	141295,5	13324,16	6669,15	0,1	18,0	0,0	147948,7	13491,3
9	8,33	3,2	8,35	265152,0	25003,83	12515,17	0,1	18,0	0,0	275818,8	39893,6
10	8,33	7,3	8,4	276146,8	26040,64	13034,13	0,1	18,0	0,0	283551,7	60815,8
11	3,19	10,1	3,24	106090,1	10004,3	5007,45	0,1	18,0	0,0	107624,7	28442,8
12	5,14	12,1	5,26	170262,0	16055,71	8036,37	0,1	18,0	0,0	170925,8	51529,7
13	8,33	15,5	8,65	268805,8	25348,39	12687,64	0,1	18,0	0,0	264458,1	96321,2
14	4,95	18,9	5,24	151773,0	14312,19	7163,69	0,1	18,0	0,0	145763,9	62633,5
15	3,38	21,0	3,62	98520,79	9290,51	4650,18	0,1	18,0	0,0	92978,7	44000,2
16	8,33	24,1	9,13	223266,3	21054,01	10538,17	0,1	18,0	0,0	204835,4	110372,1
17	8,33	28,6	9,49	182445,1	17204,57	8611,41	0,1	18,0	0,0	159509,0	102439,8
18	4,53	32,2	5,35	75376,88	7108,04	3557,79	0,1	18,0	0,0	63014,6	46171,0
19	3,8	34,6	4,62	48036,21	4529,82	2267,31	0,1	18,0	0,0	38833,2	31007,1
20	8,49	38,3	10,82	47633,9	4491,88	2248,32	0,1	18,0	0,0	36341,0	33069,1

6.2.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	21,65 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	101,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	71,65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	151,37 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
----	----------	----------

1	0,0	5,0
2	9,68	6,03
3	19,35	6,84
4	29,03	7,87
5	38,71	8,81
6	48,39	9,56
7	58,06	10,43
8	67,74	11,29
9	77,42	11,94
10	87,1	12,73
11	96,77	13,41
12	106,45	13,86
13	116,13	14,35
14	125,81	14,82
15	135,48	15,19
16	145,16	15,29
17	154,84	15,41
18	164,52	15,55
19	174,19	15,7
20	183,87	15,91
21	193,55	16,19
22	203,23	16,44
23	212,9	16,6
24	222,58	16,77
25	232,26	17,0
26	241,94	17,2
27	251,61	17,48
28	261,29	17,76
29	270,97	17,99
30	280,65	18,26
31	290,32	18,56
32	300,0	18,88

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,14
Ascissa centro superficie	44,15 m
Ordinata centro superficie	108,87 m
Raggio superficie	110,14 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 = 44,154 yc = 108,871 Rc = 110,141 Fs=2,139

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

1	3,86	-19,3	4,09	6430,69	606,41	303,53	0,1	18,0	0,0	6556,0	-1553,7
2	5,49	-16,8	5,73	29010,24	2735,67	1369,28	0,1	18,0	0,0	29879,0	-5741,1
3	4,19	-14,1	4,32	35650,48	3361,84	1682,7	0,1	18,0	0,0	37023,8	-5446,4
4	5,16	-11,6	5,27	58412,71	5508,32	2757,08	0,1	18,0	0,0	61023,0	-6392,2
5	4,52	-9,1	4,58	62827,63	5924,65	2965,46	0,1	18,0	0,0	65903,5	-4066,0
6	4,83	-6,6	4,86	77186,88	7278,72	3643,22	0,1	18,0	0,0	81130,1	-1676,6
7	4,85	-4,1	4,86	85775,1	8088,59	4048,59	0,1	18,0	0,0	90172,1	1939,4
8	4,5	-1,7	4,5	85035,66	8018,86	4013,68	0,1	18,0	0,0	89244,4	5549,5
9	5,18	0,9	5,18	101693,9	9589,73	4799,95	0,1	18,0	0,0	106338,7	11108,2
10	4,17	3,3	4,18	83653,3	7888,51	3948,44	0,1	18,0	0,0	87004,7	12676,0
11	5,51	5,8	5,53	110911,2	10458,93	5235,01	0,1	18,0	0,0	114488,4	21644,8
12	3,84	8,3	3,88	76284,17	7193,6	3600,61	0,1	18,0	0,0	78020,7	18086,0
13	5,83	10,8	5,94	111658,2	10529,37	5270,27	0,1	18,0	0,0	112872,4	31305,5
14	3,51	13,3	3,61	63197,13	5959,49	2982,9	0,1	18,0	0,0	63032,0	20344,0
15	6,16	15,9	6,41	100221,4	9450,88	4730,45	0,1	18,0	0,0	98339,4	36565,8
16	3,18	18,5	3,36	45259,43	4267,96	2136,25	0,1	18,0	0,0	43607,9	18374,1
17	6,49	21,1	6,96	76109,52	7177,13	3592,37	0,1	18,0	0,0	71751,7	34139,1
18	2,86	23,8	3,12	25200,48	2376,41	1189,46	0,1	18,0	0,0	23195,8	12328,2
19	4,67	25,9	5,2	28477,91	2685,47	1344,16	0,1	18,0	0,0	25647,6	14864,6
20	4,67	28,7	5,33	10436,16	984,13	492,59	0,1	18,0	0,0	9117,8	5868,9

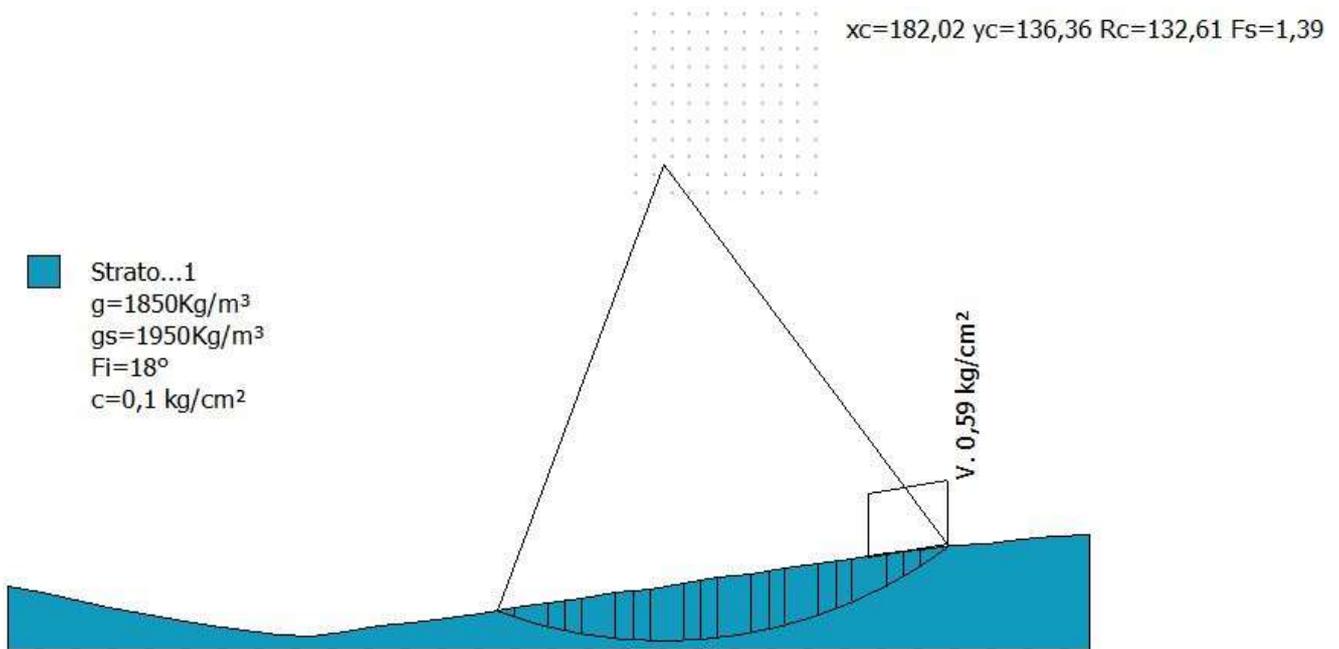
6.3. ANALISI DI STABILITÀ DEL PENDIO POST OPERA

Al § 6.3.4 delle NTC 2018 si riporta che "La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematiso atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico".

Sempre le NTC 2018, al § 7.11.1 riporta che "Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici".

6.3.1. WTG1 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	174,52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128,86 m
Ascissa vertice destro superiore xs	224,52 m
Ordinata vertice destro superiore ys	178,86 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,094

Coefficiente azione sismica verticale 0,047

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)	
1	0,0	18,88	
2	9,38	17,14	

3	18,75	15,06
4	28,13	13,07
5	37,5	11,08
6	46,88	9,44
7	56,25	7,84
8	65,63	6,58
9	75,0	5,44
10	84,38	5,0
11	93,75	6,1
12	103,13	7,64
13	112,5	8,56
14	121,88	10,09
15	131,25	11,14
16	140,63	12,76
17	150,0	14,33
18	159,38	15,38
19	168,75	16,99
20	178,13	18,05
21	187,5	19,67
22	196,88	21,32
23	206,25	22,35
24	215,63	24,05
25	225,0	25,03
26	234,38	26,63
27	243,75	28,16
28	253,13	28,94
29	262,5	30,17
30	271,88	30,87
31	281,25	32,07
32	290,63	32,99
33	300,0	33,39

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	No

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	0,1		18	1850	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	27	261	30,57937	0,59

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,39
Ascissa centro superficie	182,02 m
Ordinata centro superficie	136,36 m
Raggio superficie	132,61 m

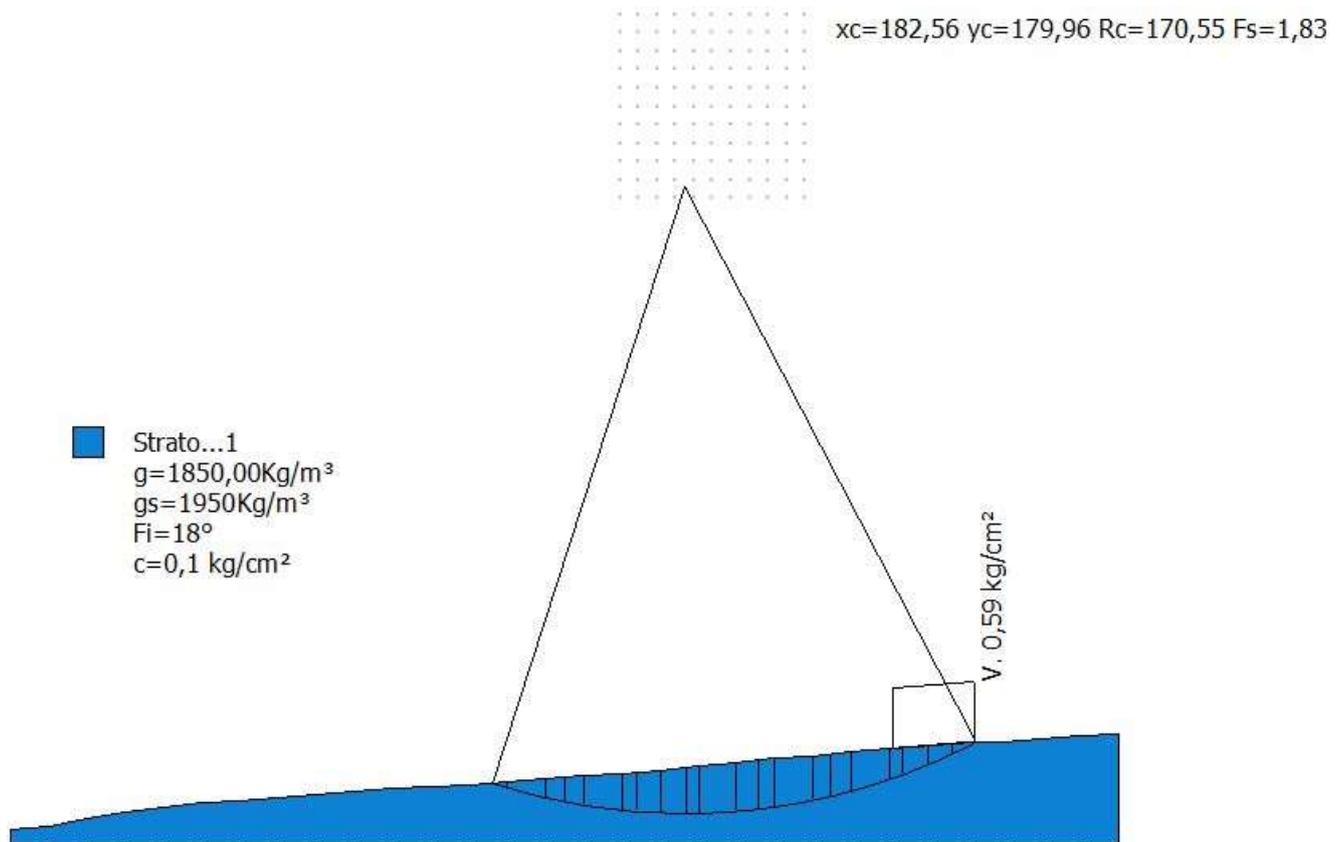
xc = 182,018 yc = 136,357 Rc = 132,614 Fs=1,392

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	4,58	-19,2	4,85	10360,3	973,87	486,93	0,1	18,0	0,0	10562,5	-2493,9

2	9,38	-16,1	9,76	80173,71	7536,33	3768,16	0,1	18,0	0,0	82745,3	-14964,4
3	4,82	-12,9	4,95	66967,11	6294,91	3147,45	0,1	18,0	0,0	69749,8	-8817,8
4	4,55	-10,8	4,64	75972,86	7141,45	3570,72	0,1	18,0	0,0	79468,3	-7264,6
5	9,38	-7,8	9,46	194560,1	18288,64	9144,32	0,1	18,0	0,0	204304,0	-8239,4
6	4,85	-4,7	4,87	117329,3	11028,95	5514,48	0,1	18,0	0,0	123334,2	1397,7
7	4,52	-2,7	4,53	116360,6	10937,9	5468,95	0,1	18,0	0,0	122205,9	5524,9
8	9,38	0,3	9,38	262110,3	24638,37	12319,18	0,1	18,0	0,0	274276,8	26209,1
9	4,88	3,4	4,89	145565,2	13683,12	6841,56	0,1	18,0	0,0	151316,7	22357,5
10	4,49	5,5	4,51	137812,5	12954,38	6477,19	0,1	18,0	0,0	142403,8	26001,5
11	9,38	8,5	9,48	288630,1	27131,23	13565,62	0,1	18,0	0,0	294890,3	69400,2
12	4,91	11,6	5,01	148463,1	13955,54	6977,77	0,1	18,0	0,0	149450,7	43552,5
13	4,46	13,7	4,59	133255,7	12526,04	6263,02	0,1	18,0	0,0	132592,4	43702,4
14	9,38	16,8	9,79	262754,3	24698,91	12349,45	0,1	18,0	0,0	256230,6	99572,2
15	4,94	20,0	5,26	125050,7	11754,76	5877,38	0,1	18,0	0,0	118964,6	53911,5
16	4,43	22,2	4,79	103872,0	9763,97	4881,98	0,1	18,0	0,0	96985,8	48318,8
17	9,38	25,5	10,39	214525,8	20165,42	10082,71	0,1	18,0	0,0	194050,4	110551,2
18	4,97	29,0	5,68	103218,9	9702,58	4851,29	0,1	18,0	0,0	89847,5	58483,8
19	4,4	31,3	5,15	72424,83	6807,93	3403,97	0,1	18,0	0,0	61246,6	43454,9
20	8,12	34,6	9,86	82042,75	7712,02	3856,01	0,1	18,0	0,0	66370,7	52885,6

6.3.2. WTG2 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	165,06 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	177,46 m
Ascissa vertice destro superiore xs	215,06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	227,46 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 IV
 Vita nominale: 100,0 [anni]
 Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	10,34	5,88
3	20,69	7,95
4	31,03	9,71
5	41,38	11,11
6	51,72	12,25
7	62,07	12,81
8	72,41	13,77
9	82,76	14,64
10	93,1	15,45
11	103,45	16,19
12	113,79	16,45
13	124,14	17,14
14	134,48	17,91
15	144,83	18,75
16	155,17	19,7
17	165,52	20,13
18	175,86	21,16
19	186,21	22,22
20	196,55	23,3
21	206,9	24,42
22	217,24	24,97
23	227,59	26,0
24	237,93	26,93
25	248,28	27,79
26	258,62	28,59
27	268,97	28,95
28	279,31	29,65
29	289,66	30,36
30	300,0	31,05

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	27	261	28,81573	0,59

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,83
Ascissa centro superficie	182,56 m
Ordinata centro superficie	179,96 m
Raggio superficie	170,55 m

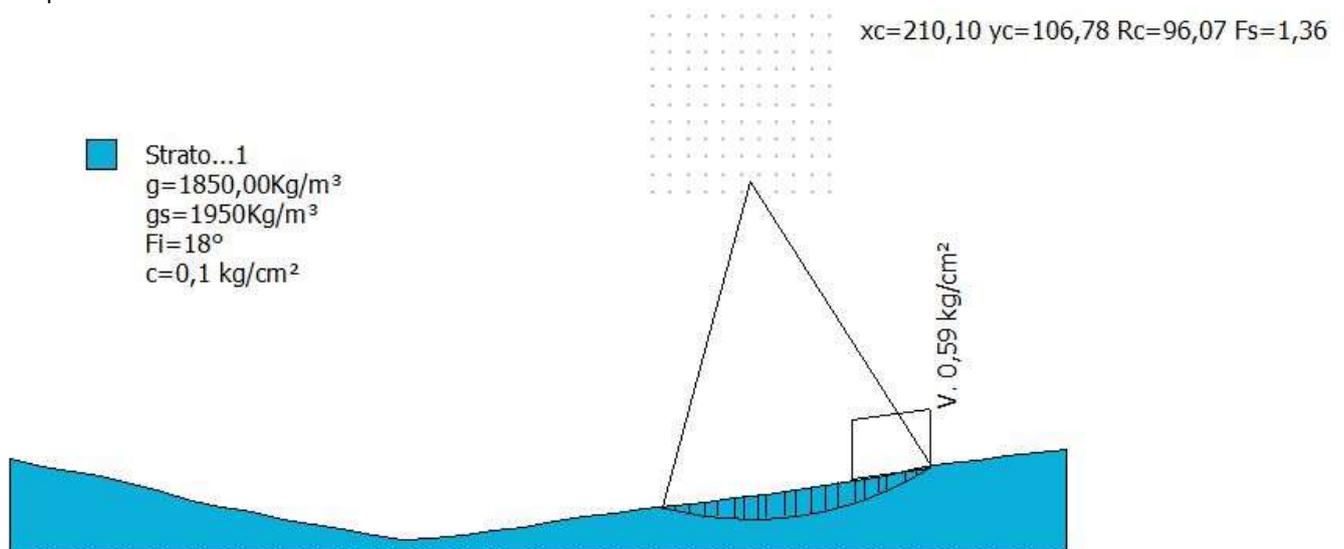
xc = 182,556 yc = 179,965 Rc = 170,549 Fs=1,825

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	4,14	-17,1	4,33	6147,02	579,66	290,14	0,1	18,0	0,0	6323,1	-1253,3
2	10,34	-14,6	10,69	65652,37	6191,02	3098,79	0,1	18,0	0,0	68096,4	-10530,8
3	5,16	-11,9	5,27	56428,94	5321,25	2663,45	0,1	18,0	0,0	58920,4	-6423,4
4	5,18	-10,1	5,27	70855,81	6681,7	3344,4	0,1	18,0	0,0	74219,4	-5877,3
5	10,34	-7,5	10,43	173121,9	16325,4	8171,35	0,1	18,0	0,0	181874,9	-6370,1
6	4,11	-5,0	4,13	78085,52	7363,47	3685,64	0,1	18,0	0,0	82101,9	475,3
7	6,23	-3,3	6,24	128537,0	12121,04	6066,94	0,1	18,0	0,0	135078,3	4706,6
8	6,86	-1,1	6,86	153172,5	14444,17	7229,74	0,1	18,0	0,0	160649,2	11511,4
9	3,48	0,6	3,48	81269,07	7663,67	3835,9	0,1	18,0	0,0	85013,8	8573,5
10	10,34	3,0	10,36	251094,3	23678,2	11851,65	0,1	18,0	0,0	261367,9	36643,4
11	5,82	5,7	5,84	143776,5	13558,12	6786,25	0,1	18,0	0,0	148477,1	27743,9
12	4,53	7,4	4,57	111665,8	10530,09	5270,63	0,1	18,0	0,0	114589,3	24897,1
13	10,34	10,0	10,5	243202,8	22934,02	11479,17	0,1	18,0	0,0	246865,4	64693,5
14	4,77	12,6	4,88	103336,2	9744,6	4877,47	0,1	18,0	0,0	103507,6	31974,8
15	5,58	14,3	5,76	113409,9	10694,56	5352,95	0,1	18,0	0,0	112412,1	38454,8
16	10,34	17,1	10,82	181701,0	17134,4	8576,29	0,1	18,0	0,0	176791,9	69887,2
17	3,72	19,6	3,95	69191,78	6524,79	3265,85	0,1	18,0	0,0	66065,2	29368,3
18	6,62	21,5	7,12	115917,7	10931,04	5471,32	0,1	18,0	0,0	108965,3	52599,2
19	6,47	23,9	7,07	86769,96	8182,41	4095,54	0,1	18,0	0,0	79795,0	42573,4
20	6,55	26,3	7,3	55310,71	5215,8	2610,67	0,1	18,0	0,0	49631,5	29156,4

6.3.3. WTG3 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	182,6 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	104,28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	232,6 m
Ordinata vertice destro superiore ys	154,28 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
---	---	-------------

S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	27,9
2	8,57	25,85
3	17,14	24,3
4	25,71	22,81
5	34,29	20,71
6	42,86	18,35
7	51,43	15,84
8	60,0	14,08
9	68,57	12,57
10	77,14	10,71
11	85,71	9,12
12	94,29	7,65
13	102,86	6,1
14	111,43	4,94
15	120,0	5,06
16	128,57	6,26
17	137,14	7,24

18	145,71	8,29
19	154,29	10,28
20	162,86	11,25
21	171,43	12,26
22	180,0	13,42
23	188,57	14,33
24	197,14	15,29
25	205,71	16,59
26	214,29	17,69
27	222,86	18,85
28	231,43	20,49
29	240,0	21,75
30	248,57	23,03
31	257,14	25,05
32	265,71	26,43
33	274,29	27,42
34	282,86	28,75
35	291,43	29,69
36	300,0	30,61

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	No

=====

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	0,1		18	1850,00	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	22	261	25,24272	0,59

Risultati analisi pendio

=====

Fs minimo individuato	1,36
Ascissa centro superficie	210,1 m
Ordinata centro superficie	106,78 m
Raggio superficie	96,07 m

=====

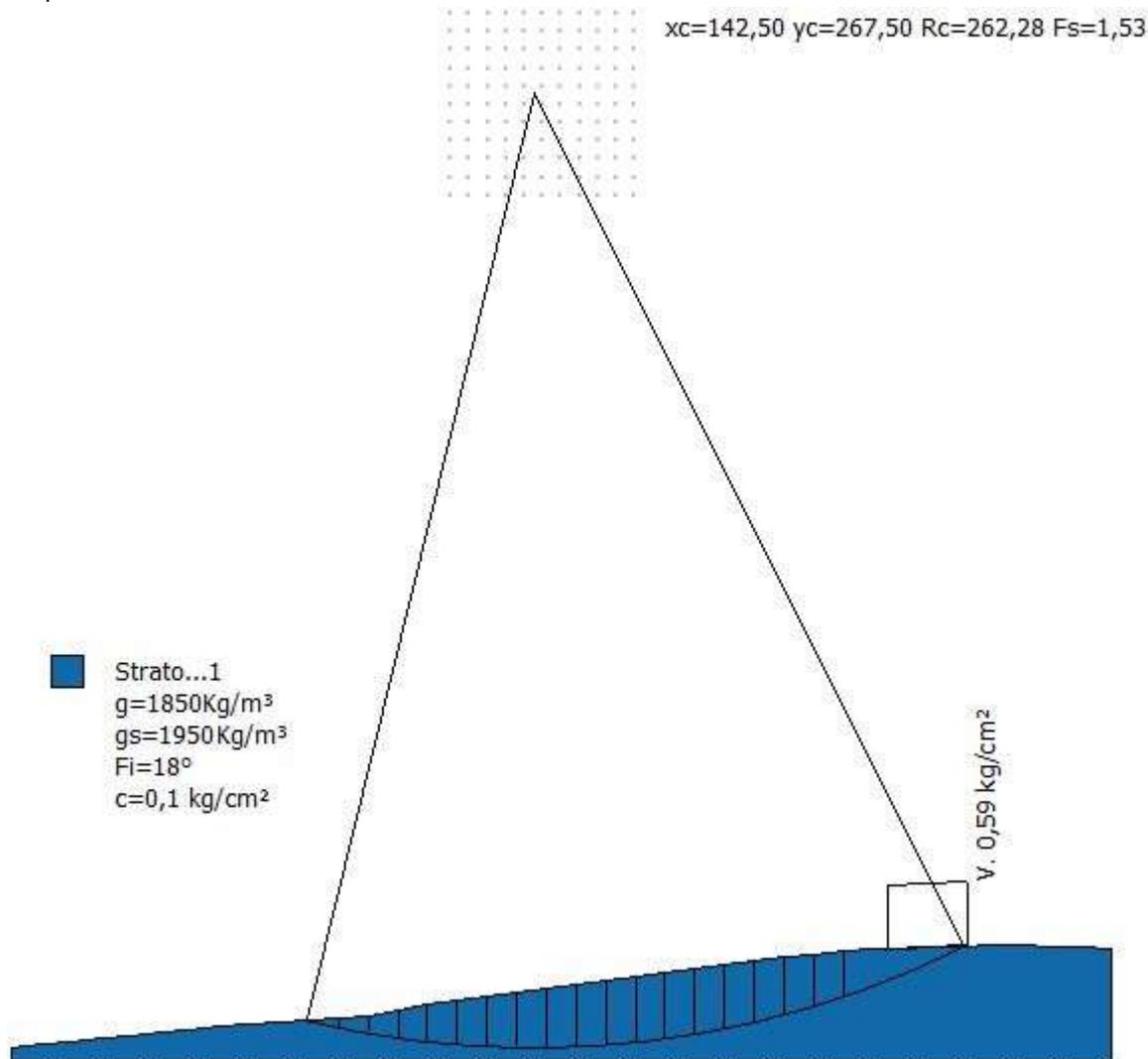
xc = 210,103 yc = 106,78 Rc = 96,066 Fs=1,363

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	3,31	-14,0	3,41	3685,68	347,56	173,96	0,1	18,0	0,0	3829,4	-552,4
2	4,35	-11,6	4,44	15202,52	1433,6	717,56	0,1	18,0	0,0	15882,3	-1660,3
3	4,23	-9,0	4,28	24644,66	2323,99	1163,23	0,1	18,0	0,0	25852,8	-1572,8
4	3,43	-6,7	3,45	26470,15	2496,14	1249,39	0,1	18,0	0,0	27821,1	-620,5
5	5,15	-4,2	5,16	49802,55	4696,38	2350,68	0,1	18,0	0,0	52356,5	1073,4
6	2,51	-1,9	2,51	27730,74	2615,01	1308,89	0,1	18,0	0,0	29109,5	1708,1
7	3,83	0,0	3,83	45592,12	4299,34	2151,95	0,1	18,0	0,0	47742,7	4313,6
8	2,24	1,8	2,24	28114,33	2651,18	1327,0	0,1	18,0	0,0	29341,9	3545,8
9	5,41	4,1	5,43	71020,91	6697,27	3352,19	0,1	18,0	0,0	73701,2	11774,1
10	3,16	6,7	3,18	42484,33	4006,27	2005,26	0,1	18,0	0,0	43721,4	8921,8
11	4,49	9,0	4,55	61348,44	5785,16	2895,65	0,1	18,0	0,0	62552,2	15295,4
12	4,08	11,6	4,16	56056,71	5286,15	2645,88	0,1	18,0	0,0	56445,6	16434,5

13	3,57	13,9	3,68	47665,19	4494,83	2249,8	0,1	18,0	0,0	47367,0	15831,8
14	5,0	16,6	5,22	67674,06	6381,66	3194,22	0,1	18,0	0,0	66102,4	25423,3
15	2,65	19,0	2,8	45161,43	4258,72	2131,62	0,1	18,0	0,0	43340,6	18707,3
16	3,83	21,0	4,1	60242,43	5680,86	2843,44	0,1	18,0	0,0	56847,0	26917,6
17	2,09	22,9	2,27	30062,25	2834,87	1418,94	0,1	18,0	0,0	27889,7	14322,2
18	5,56	25,4	6,15	70438,11	6642,31	3324,68	0,1	18,0	0,0	63756,5	36257,0
19	3,01	28,3	3,42	31735,39	2992,65	1497,91	0,1	18,0	0,0	27843,4	17678,9
20	4,64	30,9	5,41	31834,96	3002,04	1502,61	0,1	18,0	0,0	27053,6	18938,3

6.3.4. WTG4 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

=====

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	120,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	240,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	170,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	290,0 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 6 aerogeneratori con potenza complessiva di 36 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Troia (FG) e Orsara di Puglia (FG) in località "Cancarro"	Luglio 2022
---	---	-------------

S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	8,11	5,89
3	16,22	6,76
4	24,32	7,63
5	32,43	8,5
6	40,54	9,35
7	48,65	10,15
8	56,76	10,9
9	64,86	11,58
10	72,97	12,19
11	81,08	12,72
12	89,19	13,16
13	97,3	13,5
14	105,41	15,17
15	113,51	16,83
16	121,62	18,13
17	129,73	19,28
18	137,84	20,41

19	145,95	21,52
20	154,05	22,62
21	162,16	23,72
22	170,27	24,83
23	178,38	25,93
24	186,49	27,02
25	194,59	28,06
26	202,7	29,04
27	210,81	29,95
28	218,92	30,75
29	227,03	31,43
30	235,14	31,99
31	243,24	32,43
32	251,35	32,75
33	259,46	32,97
34	267,57	33,07
35	275,68	33,12
36	283,78	32,88
37	291,89	32,54
38	300,0	31,99

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	No

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	0,1		18	1850	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	32	261	33,18684	0,59

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,53
Ascissa centro superficie	142,5 m
Ordinata centro superficie	267,5 m
Raggio superficie	262,28 m

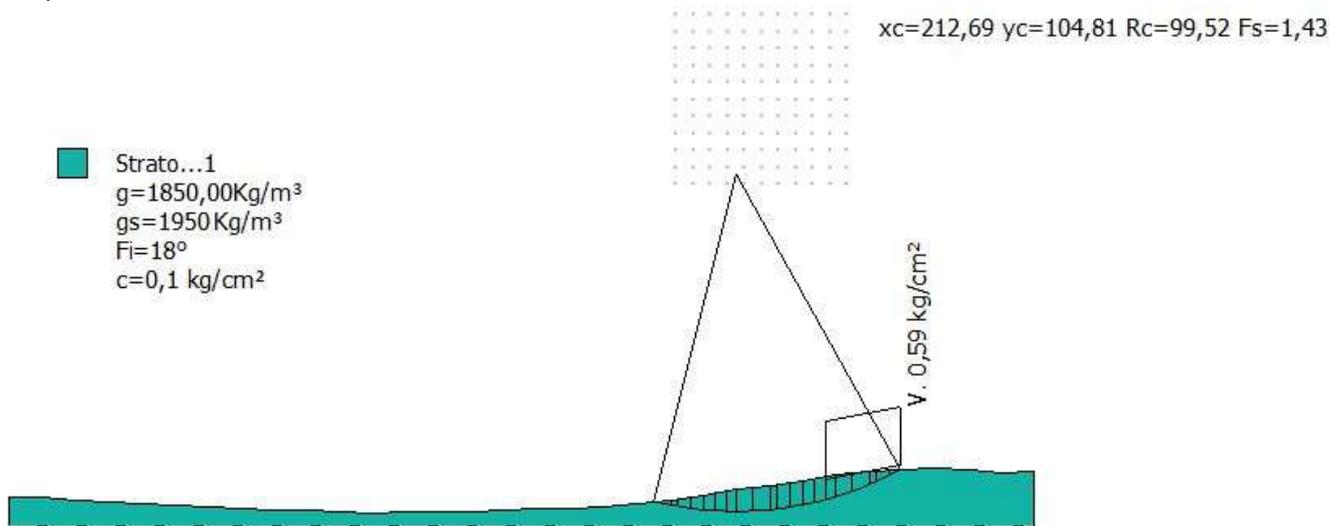
xc = 142,50 yc = 267,50 Rc = 262,284 Fs=1,53

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	0,68	-13,6	0,7	130,67	12,32	6,17	0,1	18,0	0,0	135,9	-18,8
2	8,11	-12,6	8,31	20589,74	1941,61	971,84	0,1	18,0	0,0	21464,1	-2609,2
3	8,11	-10,8	8,26	51704,04	4875,69	2440,43	0,1	18,0	0,0	54096,6	-4922,4
4	8,11	-9,0	8,21	88086,9	8306,6	4157,7	0,1	18,0	0,0	92405,4	-5617,4
5	8,11	-7,2	8,17	130445,6	12301,02	6157,03	0,1	18,0	0,0	137063,9	-4231,5
6	8,11	-5,5	8,15	166106,3	15663,82	7840,22	0,1	18,0	0,0	174647,8	-199,0
7	8,11	-3,7	8,12	194166,8	18309,93	9164,67	0,1	18,0	0,0	204087,3	5815,7
8	8,11	-1,9	8,11	217238,0	20485,55	10253,64	0,1	18,0	0,0	228046,8	13254,3
9	8,11	-0,1	8,11	236223,1	22275,84	11149,73	0,1	18,0	0,0	247423,8	21728,1
10	8,11	1,6	8,11	251179,1	23686,19	11855,65	0,1	18,0	0,0	262249,8	30859,5
11	8,11	3,4	8,12	262330,9	24737,8	12382,02	0,1	18,0	0,0	272753,6	40307,2
12	8,11	5,2	8,14	269752,8	25437,69	12732,33	0,1	18,0	0,0	279027,4	49727,3

13	8,11	7,0	8,17	273377,3	25779,48	12903,41	0,1	18,0	0,0	281036,7	58763,2
14	8,11	8,8	8,2	272985,8	25742,56	12884,93	0,1	18,0	0,0	278617,4	67009,5
15	8,11	10,6	8,25	268258,1	25296,74	12661,78	0,1	18,0	0,0	271532,2	74010,0
16	8,11	12,4	8,3	258824,8	24407,18	12216,53	0,1	18,0	0,0	259530,6	79256,2
17	8,11	14,2	8,36	244282,4	23035,83	11530,13	0,1	18,0	0,0	242370,5	82188,0
18	8,11	16,0	8,44	224231,7	21145,05	10583,74	0,1	18,0	0,0	219864,1	82198,3
19	8,11	17,9	8,52	198321,1	18701,68	9360,76	0,1	18,0	0,0	191923,7	78655,7
20	32,9	22,7	35,66	549264,4	51795,63	25925,28	0,1	18,0	0,0	510651,0	259739,1

6.3.5. WTG5 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

=====	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	195,19 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	102,31 m
Ascissa vertice destro superiore xs	245,19 m
Ordinata vertice destro superiore ys	152,31 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 IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	9,46
2	9,68	9,4
3	19,35	8,71
4	29,03	7,99
5	38,71	7,86
6	48,39	7,05
7	58,06	6,92
8	67,74	6,15
9	77,42	5,59
10	87,1	5,6
11	96,77	5,24
12	106,45	5,0
13	116,13	5,13
14	125,81	5,25
15	135,48	5,41
16	145,16	5,67
17	154,84	6,09
18	164,52	6,38
19	174,19	6,87
20	183,87	7,92
21	193,55	8,74
22	203,23	10,32
23	212,9	11,92
24	222,58	12,93
25	232,26	14,47
26	241,94	16,25
27	251,61	17,47
28	261,29	17,8
29	270,97	18,08
30	280,65	17,63

31	290,32	16,97
32	300,0	17,04

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	15	261	19,03467	0,59

Risultati analisi pendio

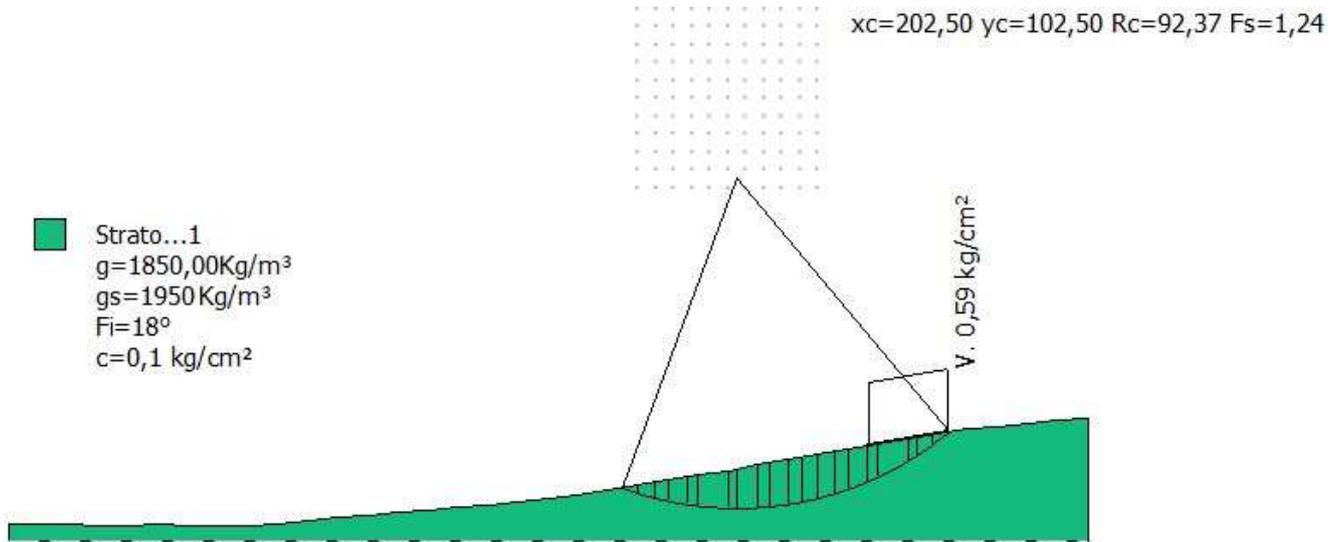
Fs minimo individuato	1,43
Ascissa centro superficie	212,69 m
Ordinata centro superficie	104,81 m
Raggio superficie	99,52 m

xc = 212,695 yc = 104,81 Rc = 99,519 Fs=1,432

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	5,16	-12,6	5,29	7927,18	747,53	374,16	0,1	18,0	0,0	8264,2	-1001,7
2	2,1	-10,5	2,14	7623,04	718,85	359,81	0,1	18,0	0,0	7980,5	-679,4
3	3,63	-8,8	3,67	19581,53	1846,54	924,25	0,1	18,0	0,0	20546,8	-1172,4
4	3,95	-6,6	3,97	29548,17	2786,39	1394,67	0,1	18,0	0,0	31058,0	-630,1
5	3,31	-4,5	3,32	30623,09	2887,76	1445,41	0,1	18,0	0,0	32196,2	474,6
6	3,63	-2,5	3,63	38822,2	3660,93	1832,41	0,1	18,0	0,0	40775,6	1964,4
7	2,73	-0,7	2,73	32344,12	3050,05	1526,64	0,1	18,0	0,0	33904,0	2672,8
8	4,53	1,4	4,53	57199,61	5393,92	2699,82	0,1	18,0	0,0	59747,0	6813,2
9	5,15	4,2	5,17	67659,38	6380,28	3193,52	0,1	18,0	0,0	70192,6	11334,5
10	2,11	6,3	2,12	28081,8	2648,11	1325,46	0,1	18,0	0,0	28937,9	5719,3
11	3,63	8,0	3,67	49016,83	4622,29	2313,59	0,1	18,0	0,0	50192,3	11380,0
12	3,94	10,2	4,0	53191,89	5016,0	2510,66	0,1	18,0	0,0	53938,0	14342,2
13	3,32	12,3	3,4	44190,16	4167,13	2085,78	0,1	18,0	0,0	44322,3	13496,4
14	3,63	14,4	3,75	48286,86	4553,45	2279,14	0,1	18,0	0,0	47853,1	16397,1
15	2,73	16,3	2,84	50002,08	4715,2	2360,1	0,1	18,0	0,0	48944,4	18534,5
16	4,53	18,5	4,78	78063,19	7361,36	3684,58	0,1	18,0	0,0	75209,4	31703,2
17	5,15	21,4	5,53	77722,34	7329,22	3668,5	0,1	18,0	0,0	73086,4	35218,7
18	2,11	23,7	2,31	27458,03	2589,29	1296,02	0,1	18,0	0,0	25291,7	13401,6
19	3,63	25,5	4,02	38982,3	3676,03	1839,97	0,1	18,0	0,0	35260,2	20104,8
20	3,63	27,8	4,11	26999,55	2546,06	1274,38	0,1	18,0	0,0	23810,3	14863,2

6.3.6. WTG6 (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	175,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	100,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	225,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	150,0 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 IV
 Vita nominale: 100,0 [anni]
 Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,72
2	8,33	5,61
3	16,67	5,45
4	25,0	5,24

5	33,33	5,0
6	41,67	5,43
7	50,0	5,14
8	58,33	5,06
9	66,67	5,22
10	75,0	5,8
11	83,33	6,69
12	91,67	7,48
13	100,0	8,19
14	108,33	8,84
15	116,67	9,57
16	125,0	10,18
17	133,33	10,93
18	141,67	11,79
19	150,0	12,72
20	158,33	13,74
21	166,67	15,05
22	175,0	16,44
23	183,33	17,86
24	191,67	19,21
25	200,0	20,6
26	208,33	22,22
27	216,67	23,56
28	225,0	25,02
29	233,33	26,52
30	241,67	27,95
31	250,0	29,68
32	258,33	30,91
33	266,67	32,07
34	275,0	33,01
35	283,33	33,91
36	291,67	34,65
37	300,0	34,95

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 No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	239	28	261	31,77446	0,59

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato 1,24

Ascissa centro superficie 202,5 m

Ordinata centro superficie 102,5 m

Raggio superficie 92,37 m

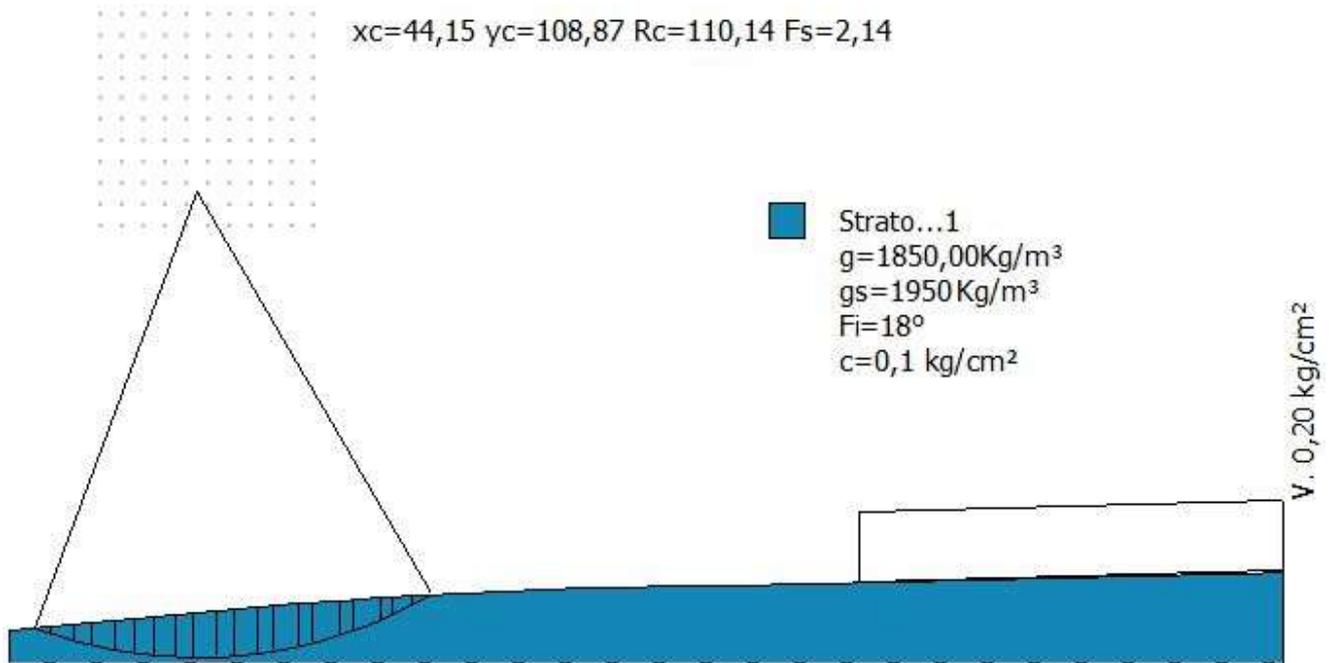
xc = 202,50 yc = 102,50 Rc = 92,371 Fs=1,242

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	4,2	-18,7	4,44	8467,14	798,45	399,65	0,1	18,0	0,0	8654,8	-1958,0
2	4,85	-15,8	5,04	29227,54	2756,16	1379,54	0,1	18,0	0,0	30205,5	-5283,7
3	3,48	-13,1	3,57	32396,13	3054,96	1529,1	0,1	18,0	0,0	33736,1	-4358,0
4	5,58	-10,2	5,67	69336,79	6538,46	3272,7	0,1	18,0	0,0	72617,9	-5863,5
5	2,75	-7,6	2,78	40988,09	3865,18	1934,64	0,1	18,0	0,0	43057,0	-1587,2
6	8,33	-4,1	8,36	147019,9	13863,97	6939,34	0,1	18,0	0,0	154558,5	3205,8
7	2,5	-0,8	2,5	49553,24	4672,87	2338,91	0,1	18,0	0,0	51950,6	4002,2
8	5,83	1,8	5,83	123869,4	11680,89	5846,64	0,1	18,0	0,0	129282,3	15588,6
9	3,23	4,6	3,24	71947,33	6784,63	3395,91	0,1	18,0	0,0	74550,9	12563,8
10	5,11	7,2	5,15	116091,8	10947,46	5479,54	0,1	18,0	0,0	119228,9	25462,4
11	3,95	10,1	4,01	90341,19	8519,17	4264,1	0,1	18,0	0,0	91659,4	24180,2
12	4,38	12,7	4,49	99266,82	9360,86	4685,39	0,1	18,0	0,0	99348,4	30963,1
13	4,68	15,6	4,86	103075,2	9719,99	4865,15	0,1	18,0	0,0	101347,1	37088,7
14	3,66	18,3	3,85	77056,27	7266,41	3637,06	0,1	18,0	0,0	74328,0	31099,9
15	5,4	21,3	5,8	105518,0	9950,35	4980,45	0,1	18,0	0,0	99337,3	47597,7
16	2,93	24,1	3,21	67395,7	6355,42	3181,08	0,1	18,0	0,0	61834,0	33314,1
17	8,33	28,0	9,44	170829,7	16109,24	8063,16	0,1	18,0	0,0	150361,0	94465,9
18	2,32	31,8	2,73	38921,13	3670,26	1837,08	0,1	18,0	0,0	32708,5	23625,9
19	4,53	34,3	5,49	61385,46	5788,65	2897,39	0,1	18,0	0,0	49810,6	39410,5
20	4,53	37,8	5,73	37024,23	3491,39	1747,54	0,1	18,0	0,0	28484,4	25462,9

6.3.7. FUTURO AMPLIAMENTO S.E. (post opera)

Per l'analisi di stabilità post opera, a vantaggio di sicurezza, si ipotizza la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.



Analisi di stabilità dei pendii con: FELLENIUS (1936)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	20,0
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	21,65 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	101,37 m
Ascissa vertice destro superiore xs	71,65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	151,37 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 IV
 Vita nominale: 100,0 [anni]
 Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,85	2,58	0,37
S.L.D.	201,0	1,06	2,54	0,42
S.L.V.	1898,0	2,54	2,57	0,46
S.L.C.	2475,0	2,81	2,57	0,46

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.	1,275	0,2	0,026	0,013
S.L.D.	1,59	0,24	0,0389	0,0195
S.L.V.	3,3035	0,28	0,0943	0,0472
S.L.C.	3,5353	0,28	0,1009	0,0505

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0943

Coefficiente azione sismica verticale 0,0472

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	5,0
2	9,68	6,03

3	19,35	6,84
4	29,03	7,87
5	38,71	8,81
6	48,39	9,56
7	58,06	10,43
8	67,74	11,29
9	77,42	11,94
10	87,1	12,73
11	96,77	13,41
12	106,45	13,86
13	116,13	14,35
14	125,81	14,82
15	135,48	15,19
16	145,16	15,29
17	154,84	15,41
18	164,52	15,55
19	174,19	15,7
20	183,87	15,91
21	193,55	16,19
22	203,23	16,44
23	212,9	16,6
24	222,58	16,77
25	232,26	17,0
26	241,94	17,2
27	251,61	17,48
28	261,29	17,76
29	270,97	17,99
30	280,65	18,26
31	290,32	18,56
32	300,0	18,88

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	No

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	0,1		18	1850,00	1950	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	200	16,5	300	19,11203	0,2

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,14
Ascissa centro superficie	44,15 m
Ordinata centro superficie	108,87 m
Raggio superficie	110,14 m

xc = 44,154 yc = 108,871 Rc = 110,141 Fs=2,139

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	3,86	-19,3	4,09	6430,69	606,41	303,53	0,1	18,0	0,0	6556,0	-1553,7
2	5,49	-16,8	5,73	29010,24	2735,67	1369,28	0,1	18,0	0,0	29879,0	-5741,1

3	4,19	-14,1	4,32	35650,48	3361,84	1682,7	0,1	18,0	0,0	37023,8	-5446,4
4	5,16	-11,6	5,27	58412,71	5508,32	2757,08	0,1	18,0	0,0	61023,0	-6392,2
5	4,52	-9,1	4,58	62827,63	5924,65	2965,46	0,1	18,0	0,0	65903,5	-4066,0
6	4,83	-6,6	4,86	77186,88	7278,72	3643,22	0,1	18,0	0,0	81130,1	-1676,6
7	4,85	-4,1	4,86	85775,1	8088,59	4048,59	0,1	18,0	0,0	90172,1	1939,4
8	4,5	-1,7	4,5	85035,66	8018,86	4013,68	0,1	18,0	0,0	89244,4	5549,5
9	5,18	0,9	5,18	101693,9	9589,73	4799,95	0,1	18,0	0,0	106338,7	11108,2
10	4,17	3,3	4,18	83653,3	7888,51	3948,44	0,1	18,0	0,0	87004,7	12676,0
11	5,51	5,8	5,53	110911,2	10458,93	5235,01	0,1	18,0	0,0	114488,4	21644,8
12	3,84	8,3	3,88	76284,17	7193,6	3600,61	0,1	18,0	0,0	78020,7	18086,0
13	5,83	10,8	5,94	111658,2	10529,37	5270,27	0,1	18,0	0,0	112872,4	31305,5
14	3,51	13,3	3,61	63197,13	5959,49	2982,9	0,1	18,0	0,0	63032,0	20344,0
15	6,16	15,9	6,41	100221,4	9450,88	4730,45	0,1	18,0	0,0	98339,4	36565,8
16	3,18	18,5	3,36	45259,43	4267,96	2136,25	0,1	18,0	0,0	43607,9	18374,1
17	6,49	21,1	6,96	76109,52	7177,13	3592,37	0,1	18,0	0,0	71751,7	34139,1
18	2,86	23,8	3,12	25200,48	2376,41	1189,46	0,1	18,0	0,0	23195,8	12328,2
19	4,67	25,9	5,2	28477,91	2685,47	1344,16	0,1	18,0	0,0	25647,6	14864,6
20	4,67	28,7	5,33	10436,16	984,13	492,59	0,1	18,0	0,0	9117,8	5868,9

7. CONCLUSIONI

Il progetto, di cui il presente elaborato ne costituisce parte integrante, prevede la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica sito in agro dei Comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia.

Dal punto di vista morfologico le aree in esame non presentano forme particolarmente evidenti ed accentuate o che richiedano particolare attenzione, grazie anche alla bassa acclività dei versanti su cui sono ubicati gli interventi da realizzare. Considerata anche la costituzione litologica delle aree oggetto di intervento si può asserire che mancano le condizioni predisponenti al dissesto così come non si rilevano elementi di instabilità in atto o potenziali.

L'impianto in progetto si compone di 6 aerogeneratori tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, della potenza di 6 MW ciascuno.

I 6 aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto sono di seguito nomenclati con sigle identificative da WTG1 a WTG6, così come individuati, tra l'altro, negli elaborati grafici di progetto.

La connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale avverrà su futuro ampliamento della stazione RTN con sezione di raccolta a 36 kV e trasformazione 150/36 kV ubicata nei comuni di Troia e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia (FG), in località "Cancarro".

Tutti gli aerogeneratori previsti in progetto, così come il futuro ampliamento della stazione elettrica, ricadono in area classificata a "media e moderata pericolosità geomorfologica (PG1)" ai sensi dell'art. 15 delle N.T.A. del P.A.I.

Il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e di collegamento del parco eolico alla stazione elettrica ricade quasi interamente in aree perimetrate PG1 e solo per minima parte in area perimetrata PG2.

Nelle aree perimetrate PG1 e PG2, la realizzazione degli interventi previsti in progetto è subordinata ad uno "Studio di compatibilità geologica e geotecnica" che dimostri la compatibilità degli stessi con le condizioni di pericolosità geomorfologica dell'area.

Il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica dimostra, sulla base di una adeguata ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno ed una conseguente analisi qualitativa e quantitativa della stabilità dei versanti di sedime, l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza geomorfologica delle aree interessate dai lavori, in condizione ante e post opera.

Le analisi di stabilità dei pendii, in configurazione ante e post opera, hanno prodotto i seguenti risultati:

	FATTORE DI SICUREZZA MINIMO		RIDUZIONE PERCENTUALE
	ANTE	POST	[%]
WTG1	1,51	1,39	-7,9
WTG2	1,99	1,83	-8,0
WTG3	1,48	1,36	-8,1
WTG4	1,58	1,53	-3,2
WTG5	1,67	1,43	-14,4
WTG6	1,37	1,24	-9,5
Futuro ampliamento S.E.	2,14	2,14	0,0

I fattori di sicurezza di cui sopra sono ritenuti ampiamente accettabili considerata anche la circostanza per la quale, in condizione post-opera, a vantaggio di sicurezza si è ipotizzata la fondazione superficiale trascurando l'effetto benefico dei pali di fondazione.

Per quanto attiene le opere relative all'elettrodotto di connessione degli aerogeneratori alla sottostazione elettrica, esse non generano alcuna variazione dello stato di sollecitazione dei versanti rispetto alla condizione ante intervento e, pertanto, si può dedurre che le condizioni di stabilità persistenti in fase ante opera sono confermate anche in fase post opera.

Dai risultati sopra riportati si deduce che, per tutte le opere ricadenti in aree perimetrate PG1 e PG2, le condizioni di stabilità persistenti in fase ante opera sono confermate anche in fase post opera.

Per tutto quanto suddetto si conclude che il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica, redatto ai sensi degli artt. 14 e 15 delle N.T.A. del P.A.I., dimostra, sulla base di una adeguata ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno ed una conseguente analisi qualitativa e quantitativa della stabilità dei versanti di sedime, l'esistenza di adeguate condizioni di sicurezza geomorfologica delle aree interessate dai lavori.

Si esprime, pertanto, giudizio positivo sulla compatibilità complessiva degli interventi in progetto in rapporto alle condizioni di stabilità delle aree destinate a riceverli.

8. VERIFICHE GEOTECNICHE

Per quanto riguarda le modalità di conduzione e le risultanze delle verifiche geotecniche effettuate per tutte le fondazioni delle opere in progetto, si faccia utile riferimento agli elaborati di relazione di calcolo preliminare delle strutture.