

REGIONI PUGLIA e CAMPANIA

Province di Foggia e Avellino

COMUNI DI Greci (AV) - Montaguto (AV) - Faeto (FG) -
Celle di San Vito (FG) - Orsara (FG) -
Castelluccio Valmaggiore (FG) - Troia (FG)

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO GRECI - MONTAGUTO



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

ERG Wind 4



PROGETTISTA



GOLDER

Via Sante Bergellini, 4
00157 - Roma (RM)

Dott. Geol. Di Lucchio Gennaro



OGGETTO DELL'ELABORATO

Relazione Geologica

con allegare verifiche di stabilità di versante

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	04/2019	/	1 di 64	A4	GRE	ENG	REL	0019	00

NOME FILE: GRE.ENG.REL.0019.00_Relazione geologica.doc

ERG Wind 4 S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	1
GRE	ENG	REL	0019	00		

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	04/2019	PRIMA EMISSIONE	GDL	LSP	VBR

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	2
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Normativa Tecnica di riferimento	5
3	Descrizione dell'intervento progettuale	6
3.1	Opere previste da progetto.....	6
3.2	Contesto di inserimento opere di progetto.....	10
4	Inquadramento geologico e litostratigrafico	12
5	Assetto idro-geomorfologico dell'areale di progetto	14
5.1	Assetto idrogeologico.....	14
5.2	Assetto geomorfologico e geologico-tecnico dell'areale di progetto.....	15
6	Vincoli ambientali esistenti	17
6.1	Interferenze con aree classificate a rischio dai PAI AdB.....	17
6.2	Vincolo Idrogeologico di cui al R.D. 3267/23.....	17
7	Microzonazione sismica delle aree	19
7.1	Attribuzione categoria sismica suolo nella presente fase definitiva.....	21
8	Campagna geognostica di riferimento adottata	22
8.1	Perforazioni di sondaggio.....	22
8.2	Prove geotecniche di laboratorio.....	27
9	Modellazioni geologica e geotecnica "definitive"	29
9.1	Modello geologico aree di progetto.....	29
9.2	Verifiche geomorfologiche preliminari.....	30
9.3	Modello geotecnico aree di progetto.....	31
10	Progetto esecutivo - campagna geognostica prevista	34
10.1	Perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo da compiersi.....	35
10.1.1	Attrezzature di perforazione.....	35
10.1.2	Utensili di perforazione.....	35
10.1.3	Prove geotecniche in foro.....	36
10.2	Prospezioni sismiche MASW.....	36
10.2.1	Indagine sismica.....	36
10.3	Analisi di laboratorio geotecnico.....	36
11	Giudizio finale di compatibilita' geologica intervento	38

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	3
GRE	ENG	REL	0019	00		

1 Premessa

La società ERG ha in progetto il potenziamento di due impianti eolici esistenti e relative opere connesse tramite smontaggio dei precedenti aerogeneratori di tecnologia superata e loro sostituzione con aerogeneratori di nuova generazione in numero inferiore e potenza superiore.

Gli aerogeneratori in esercizio sono ubicati in Regione Campania nei territori comunali di Greci e Montaguto, in provincia di Avellino. Le relative opere di connessione si sviluppano, oltre che nei suddetti comuni, anche nei comuni di Faeto (FG), Orsara di Puglia (FG), Celle San Vito (FG), Castelluccio Valmaggiore (FG) e Troia (FG), in Regione Puglia.

Il presente studio geologico ha la funzione di verificare, a scala di livello progettuale definitivo, che le opere di progetto risultino compatibili con il locale assetto geologico generale.

L'impianto esistente di Greci è composto da 25 aerogeneratori tripala Vestas V-47, con torre tralicciata, ciascuno di potenza nominale pari a 0,66 MW, per una potenza complessiva di 16,5 MW. Di tale impianto resteranno in esercizio a valle del potenziamento 3 aerogeneratori originari, distinti con le sigle G11, G12 e G13.

L'impianto esistente di Montaguto è composto da 10 aerogeneratori tripala Vestas V-47, con torre tralicciata, ciascuno di potenza nominale pari a 0,66 MW per una potenza complessiva di 6,60 MW. Tale impianto sarà completamente dismesso.

Sebbene attualmente gli impianti siano entrambi connessi presso l'esistente stazione elettrica di trasformazione 150/20 kV "Celle San Vito", ubicata nel Comune di Celle San Vito (FG), al termine degli interventi di repowering i due impianti si collegheranno a due diverse sottostazioni elettriche: gli aerogeneratori ricadenti nel Comune di Greci verranno collegati alla SSE "Troia" 380/150 kV, presente nel comune di Troia (FG), mentre quelli realizzati nel territorio di Montaguto conserveranno l'attuale collegamento alla SSE di Celle San Vito, adeguando quest'ultima alla nuova potenza dell'impianto ed alle specifiche tecniche previste dal codice di retell potenziamento dei due impianti, oggetto della presente proposta progettuale, sarà portato in autorizzazione come un unico impianto.

Tra le verifiche da farsi in riferimento alla sopra citata opera di progetto vi è la valutazione della supportabilità geologica dei siti di nuovo impianto; la procedura risulta facilitata nella attuale fase di valutazione definitiva dalla esistenza del precedente impianto ed inerenti caratterizzazioni geognostiche condotte, oltre che dalla osservazione nel lungo periodo della stabilità delle aree ospitanti le opere oggetto di revamping.

La presente valutazione geologica farà riferimento, per quanto detto, alla precedente progettazione geologica ed inerenti indagini geognostiche, il cui grado di dettaglio (esecutivo)

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	4
GRE	ENG	REL	0019	00		

risulta sufficientemente esaustivo, pur con la previsione di installazione di aerogeneratori di dimensione notevolmente superiore agli esistenti, con le valutazioni di cui alla attuale fase progettuale definitiva.

Appare altresì evidente che nella successiva fase progettuale esecutiva saranno realizzate indagini geognostiche dedicate e di approfondimento adeguato alla nuova dimensione progettuale oltre che alla evoluzione della normativa geotecnica alla data odierna.

Il presente studio geologico, si compone della presente relazione geologica e degli elaborati di seguito elencati:

STUDIO GEOLOGICO PROGETTO DEFINITIVO			
	ALLEGATO	DENOMINAZIONE	SCALA
		Relazione geologica	
		Verifiche di stabilità di versante	
		Carta Geologica – quadro 1	1:10.000
		Carta Geologica – quadro 2	1:10.000
		Carta Geomorfologica – quadro 1	1:10.000
		Carta Geomorfologica – quadro 2	1:10.000
		Carta Idrogeologica – quadro 1	1:10.000
		Carta Idrogeologica – quadro 2	1:10.000
		Profili Geologici	1:10.000

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	5
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

2 Normativa Tecnica di riferimento

Si riportano i principali riferimenti legislativi che verranno considerati in toto o in parte nella presente valutazione geologico-tecnica preliminare e nella successiva esecutiva.

Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n. 3274, modificata in un primo tempo dall'O.P.C.M. 2 ottobre 2003, n. 3316 e successivamente dall'O.P.C.M. 3 maggio 2005, n. 3431, tutte riguardanti la classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

il **D.Lgs n. 22/97** e successive modifiche e/o integrazioni per quanto riguarda i rifiuti in genere e, in particolare, il **D.Lgs n. 95/92** relativo agli aspetti di gestione degli oli minerali usati;

Il **DPCM del 08/07/2003** (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";

il **DPCM 01/03/91** che ha stabilito i limiti massimi dei livelli sonori equivalenti, fissati in relazione alla diversa destinazione d'uso del territorio, demandando ai comuni il compito di adottare la zonizzazione acustica;

la **legge quadro n. 447 del 1995** che stabilisce che le Regioni debbano provvedere, tramite leggi, alla definizione dei criteri in base ai quali i Comuni possano provvedere alla classificazione acustica del proprio territorio;

il **DPCM 14/11/97** indica i valori limite di emissione, i valori limite assoluti di immissione, i valori di attenzione e di qualità validi per l'ambiente esterno.

Circolare n.146/394/4422 del 9 Agosto 2000 dello Stato Maggiore della Difesa, recante "Segnalazione delle opere costituenti ostacolo alla navigazione aerea".

D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	6
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

3 Descrizione dell'intervento progettuale

3.1 Opere previste da progetto

Il presente progetto di potenziamento prevede:

- la dismissione di 22 dei 25 aerogeneratori esistenti dell'impianto di Greci (potenza in dismissione pari a 14,52 MW) e di tutti i 10 aerogeneratori dell'impianto di Montaguto (potenza in dismissione pari a 6,60 MW) e relative opere accessorie, con rimozione dei cavidotti attualmente in esercizio; resteranno in esercizio esclusivamente 3 aerogeneratori dell'impianto di Greci, distinti con le sigle G11, G12 e G13, e relative opere di connessione. Il numero complessivo degli aerogeneratori da dismettere è pari a 32 per una potenza complessiva in dismissione è pari a 21,12 MW.
- la realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori di grande taglia e relative opere accessorie per una potenza complessiva di 43,8 MW; gli aerogeneratori sono così individuati: 6 aerogeneratori in agro di Greci, della potenza unitaria di 4,5 MW, diametro del rotore massimo di 145 m e altezza massima complessiva di 180 m; 4 aerogeneratori in agro di Montaguto, della potenza unitaria di 4,2 MW, diametro del rotore massimo di 117 m e altezza massima complessiva di 150 m. In particolare l'impianto sarà così composto:
 - 6 aerogeneratori in agro di Greci, della potenza unitaria di 4,5 MW, diametro del rotore massimo di 145 m e altezza massima complessiva di 180 m; tale lotto di impianto sarà connesso alla RTN con collegamento in antenna a 150 kV al futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione della RTN a 380/150 kV, denominata "Troia", per una potenza totale di 27 MW.
 - 4 aerogeneratori in agro di Montaguto, della potenza unitaria di 4,2 MW, diametro del rotore massimo di 117 m e altezza massima complessiva di 180 m; tale lotto non modificherà il punto di connessione alla RTN, previsto pertanto presso l'attuale stazione elettrica di Celle San Vito (FG) opportunamente adeguata; la potenza totale di connessione sarà di 16,8 MW.
- La costruzione di nuovi cavidotti interrati MT in sostituzione di quelli attualmente in esercizio. Il tracciato di progetto, completamente interrato, seguirà per la maggior parte il percorso esistente. L'unica eccezione riguarderà il nuovo tracciato necessario per il collegamento degli aerogeneratori di Greci alla SSE utente di nuova realizzazione nel Comune di Troia.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	7
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

- L'adeguamento della sottostazione elettrica esistente di Celle San Vito alla nuova configurazione elettrica ed alle specifiche di rete, per garantire la connessione alla RTN degli aerogeneratori di Montaguto.
- La realizzazione di una cabina di sezionamento lungo il tracciato dei cavidotti MT che collegano l'impianto di Greci alla nuova sottostazione, in modo da garantire maggiore facilità nella manutenzione delle linee e ridurre le perdite elettriche.
- La costruzione di una nuova sottostazione elettrica utente per la connessione alla RTN degli aerogeneratori di Greci. La SSE di progetto rappresenterà il punto di arrivo dei cavi MT e di partenza del cavo di collegamento AT verso la sottostazione Terna esistente.
- La posa di un nuovo cavidotto interrato AT tra la sottostazione lato utente e la SSE Terna esistente.
- L'adeguamento della sottostazione elettrica Terna esistente preso cui avverrà il collegamento degli impianti (tale intervento non ricompreso nel presente progetto).

Il layout d'impianto si dispone in 3 gruppi distinti.

Gli aerogeneratori previsti in agro di Greci sono distinti in un primo gruppo a sud, denominati R-GR01, R-GR02 e R-GR03; gli aerogeneratori sono disposti su una fila che ripercorre quella degli aerogeneratori da dismettere ed identificati con le sigle GR01, GR02, GR03, GR04, GR05, GR06, GR07, GR08, GR09, GR10. L'accesso alle postazioni di macchina avviene dalla strada comunale Montagna, già interessata dagli accessi agli aerogeneratori attualmente in esercizio e già sostanzialmente adeguata al passaggio degli aerogeneratori di progetto, salvo opportuni adeguamenti. Gli accessi dalla strada comunale saranno 3. Dagli accessi si sviluppa una viabilità di servizio che ripercorre essenzialmente la viabilità di servizio degli impianti esistenti, con le dovute modifiche ai raggi di curvatura attuali che devono ora assecondare la maggiore dimensione dei mezzi di trasporto. I siti impegnati dalle opere da realizzare per il montaggio dei più moderni aerogeneratori sono essenzialmente pianeggianti per quel che riguarda gli aerogeneratori R-GR01 e R-GR02 mentre occupano un versante in corrispondenza del punto di imposta dell'aerogeneratore R-GR03; per quest'ultimo aerogeneratore si dovranno prevedere opere di contenimento dei piedi delle scarpate della piazzola di montaggio, operate con le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

Il secondo gruppo di aerogeneratori previsto in agro di Greci si trova poco più a nord del primo. Gli aerogeneratori da installare sono distinti con le sigle R-GR04, R-GR05 e R-GR06; gli aerogeneratori R-GR04 e R-GR05 saranno installati in sostituzione degli esistenti identificati con le sigle GR14, GR15, GR16, GR17 mentre l'aerogeneratore R-GR06 sarà installato in

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	8
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

sostituzione del gruppo degli aerogeneratori esistenti GR18, GR19, GR20, GR21, GR22, GR23.

Anche tali aerogeneratori saranno serviti da bracci stradali che si dipartono dalla strada comunale Montagna e dalla strada vicinale Fontana Molino e che ripercorrono per la gran parte la viabilità esistente che andrà adeguata come già detto sopra. I siti impegnati dalle opere da realizzare per il montaggio dei più moderni aerogeneratori sono aree di versante con pendenze poco accentuate o punti sommitali di colli. In particolare l'aerogeneratore R-GR04 è posto su un leggero versante mentre gli aerogeneratori R-GR05 e R-GR06 occupano due colmi.

Gli aerogeneratori previsti in agro di Montaguto sono ubicati su una fila disposta all'incirca su una direttrice nord-sud e sono denominati R-MA02, R-MA03, R-MA04 e R-MA05; gli aerogeneratori sono disposti su una fila che ripercorre all'incirca quella degli aerogeneratori da dismettere; gli aerogeneratori da dismettere sono identificati con le sigle MA01, MA02, MA03, MA04, MA05, MA06, MA07, MA08, MA09, MA10. L'accesso alle postazioni di macchina avviene dalla strada comunale Serro delle Cappelle, già interessata dagli accessi agli aerogeneratori attualmente in esercizio. Alla strada Serro delle Cappelle si arriva percorrendo la vicinale Mercante, la comunale Montagna, la vicinale Fontana Molino, la comunale Trainera e la vicinale Titolo. Tutta la strada impegnata dai trasporti, dovrà essere adeguata per permettere il passaggio dei mezzi di trasporto degli aerogeneratori di progetto.

I siti impegnati dalle opere da realizzare per questo gruppo di aerogeneratori sono costituiti da aree di crinale e pertanto parte delle opere stradali e delle piazzole di montaggio occupano in parte i versanti e necessitano di opere di contenimento, operate con le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

Riguardo l'accessibilità delle aree impegnate dagli aerogeneratori, per il progetto in esame verrà utilizzata esclusivamente la viabilità imbrecciata esistente che si snoda da viabilità principale asfaltata. In particolare, l'accesso ai siti di Greci e Montaguto avverrà da una strada imbrecciata esistente, la strada comunale San Vito, che si diparte dalla SP126 della provincia di Foggia, previo adeguamento stradale per agevolare il suo imbocco da realizzare sulle particelle 134 e 173 del foglio catastale n. 21 del Comune di Faeto.

Le stradine che saranno percorse dai mezzi di trasporto eccezionali avranno bisogno di adeguamenti non sostanziali e tali da regolare puntualmente i raggi di curvatura orizzontali e verticali esistenti e/o la larghezza della sede carrabile esistente. La viabilità di accesso in alcuni limitati tratti ha pendenze sostenute (maggiori del 10%), tanto che in diversi casi la stessa risulta già oggi essere cementata; al fine di evitare di introdurre nuova viabilità per

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	9
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

l'accesso, sarà necessario estendere puntualmente la cementazione di tali tratti (esclusivamente per le parti con pendenze maggiori del 10%). Puntualmente, nelle aree ove le strade esistenti risultano ubicate su creste o in prossimità di versanti a forti pendenze, si dovranno prevedere allargamenti con protezione delle scarpate stradali da effettuarsi con opere di ingegneria naturalista, gabbionate e solo in ultima analisi prevedendo il ricorso a paratie o opere in calcestruzzo; in particolare si necessita di interventi di contenimento delle opere stradali nel tratto della strada sterrata Serro delle Cappelle che porta dalla R-MA05 alla R-MA02.

In prossimità di ogni aerogeneratore sarà prevista una piazzola di montaggio, una piazzola temporanea di stoccaggio pale e le aree temporanee per consentire il montaggio del braccio della gru.

Il cavidotto interno segue la viabilità esistente (sterrata, imbrecciata o asfaltata) e di progetto; in particolare segue esattamente il percorso dell'attuale cavidotto a servizio di impianti eolici in esercizio.

La connessione dell'impianto avverrà, come detto, presso la sottostazione di trasformazione esistente e già a servizio degli impianti in esercizio.

Si prevedono i seguenti adeguamenti della stazione elettrica esistente per renderla funzionale alle nuove potenze di esercizio e per renderla conforma agli attuali allegati del codice di rete, in particolare al nuovo allegato A17:

- Sostituzione del trasformatore esistente con un trasformatore di potenza adeguata alla potenza prodotta dall'impianto eolico, e comunque con una potenza apparente complessiva almeno pari al 110% della potenza nominale dell'impianto.
- Installazione di sistemi di bilanciamento della potenza reattiva capacitiva prodotta dalla rete MT di parco, che ad impianto fermo, in caso di potenze reattive scambiate superiori a 0,5 MVar, garantiscano un grado di compensazione al punto di connessione compreso fra il 110% e il 120% della potenza reattiva prodotta dalla rete MT a Vn. Tipicamente tali sistemi di bilanciamento saranno rappresentati da reattanze shunt.
- Eventuali sistemi di bilanciamento delle perdite induttive dei trasformatori a carichi elevati eventualmente non coperte dalle capability degli aerogeneratori, in funzione delle necessità della rete locale Terna. Tipicamente tali sistemi di bilanciamento saranno rappresentati da banchi di condensatori.
- Adeguamento del sistema di distribuzione in media tensione, che prevede la dismissione dei quadri MT con tensione di esercizio 20 kV e la nuova installazione di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	10
GRE	ENG	REL	0019	00		

quadri che saranno eserciti alla tensione di 30 kV, la sostituzione del trasformatore MT/BT interno all'edificio di stazione elettrica.

- Adeguamento generale del sistema di collegamento MT interno alla stazione elettrica.

Sono previste, altresì, 3 aree di cantiere e manovra, ognuna a servizio di ciascun gruppo di aerogeneratori. In particolare:

- un'area a servizio degli aerogeneratori R-GR01, R-GR02 e R-GR03 in territorio di Greci;
- un'area a servizio degli aerogeneratori R-GR04, R-GR05 e R-GR06 e funzionale anche alle operazioni di dismissione dell'impianto esistente in territorio di Greci;
- un'area a servizio degli aerogeneratori R-MA02, R-MA03, R-MA04 e R-MA05 in territorio di Faeto.

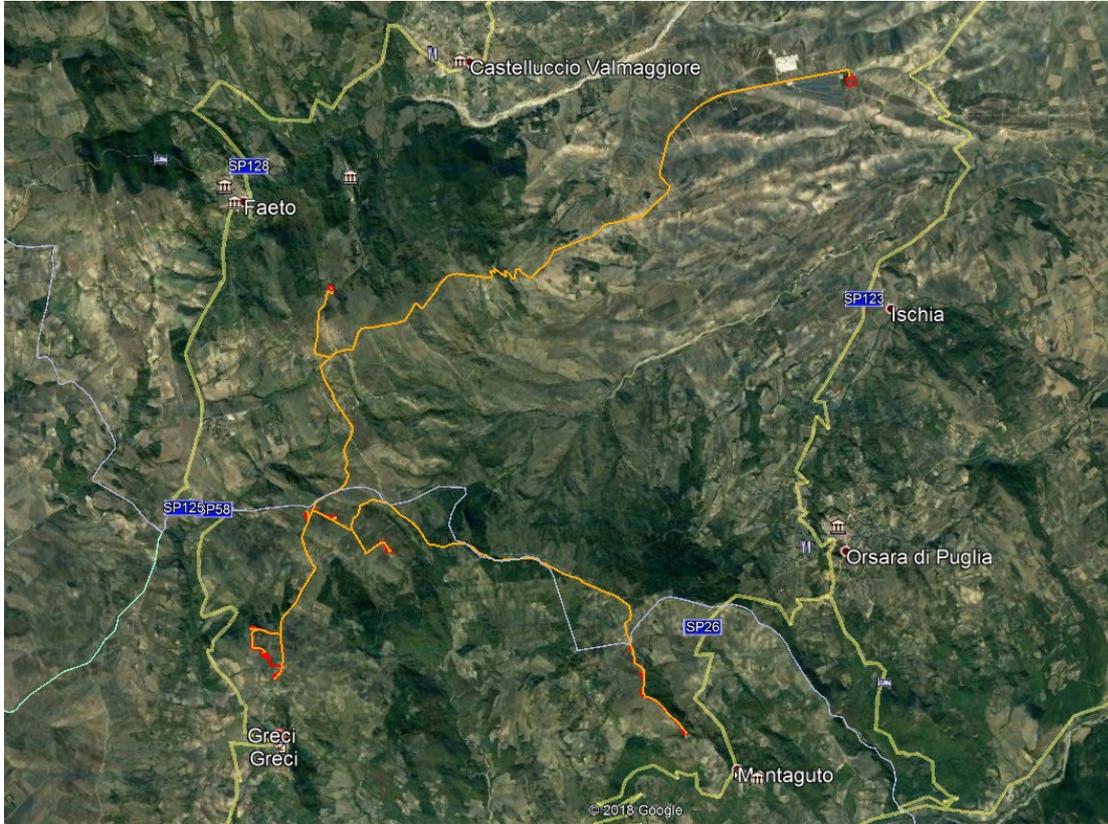
Le aree di cantiere suddette, unitamente alle piazzoline dei singoli aerogeneratori esistenti, saranno funzionali anche alle operazioni di dismissione del cantiere come aree di stoccaggio temporaneo dei materiali rimossi.

3.2 Contesto di inserimento opere di progetto

L'area d'installazione delle turbine ed inerente layout complessivo fino al recapito finale dell'energia prodotta ricade sul territorio dei Comuni di Greci e Montaguto in provincia di Avellino (AV).

Di seguito si riporta stralcio ortofotografico del layout di progetto.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	11
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	12
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

4 Inquadramento geologico e litostratigrafico

Nelle aree interessate dal presente lavoro sono affioranti terreni di origine e costituzione notevolmente variabili ed attribuibili alla **formazione della Daunia**, databili al Miocene inferiore-medio e definiti, nella Carta Geologica d'Italia (1:100_000) come **breccce, brecciole, calcareniti alternati a marne ed argille di vario colore; argille e marne siltose, calcari pulverulenti organo-geni; calcari microgranulari biancastri e giallastri; arenarie gialle, puddinghe poligeniche; si riscontrano, inoltre, foraminiferi paleogenici e macro e microfaune del Miocene.**

Tali terreni, generatisi a seguito di fenomeni di sedimentazione in ambiente geosinclinalico di fossa tra la catena appenninica e la piattaforma Apula, rientrano nell'ambito della serie del flysch, con litotipi variabili quantitativamente e qualitativamente da luogo a luogo. Lo spessore della formazione può essere valutato, generalmente, in ca. 400 m. E' visibile, a grande scala, la sovrapposizione trasgressiva del Pliocene.

La diversa conformazione che il bacino di sedimentazione andava assumendo con l'evolversi dell'assetto connesso con le varie fasi di traslazione e sollevamento della catena e la confluenza di sedimenti di varia origine e natura, ha determinato la presenza, nell'ambito della medesima formazione, di diverse litofacies.

Si tratta, in buona sostanza, di alternanze stratificate di calcari, calcari marnosi, marne e argilliti con frequenti variazioni litologiche laterali; sovente, l'ammasso presenta una struttura caotica a causa delle vicissitudini tettoniche cui sono state sottoposte le unità appenniniche.

La disposizione si presenta in strati, talora gradati, il cui spessore è variabile nell'ordine di qualche decimetro. La giacitura generale mostra un andamento alquanto irregolare, e non mancano aree dove la disposizione è contorta; nell'ambito della formazione in esame, i rapporti spaziali sono generalmente di tipo stratigrafico e, subordinatamente, di tipo tettonico. Non mancano, inoltre, in alcune sezioni più superficiali, ma sempre in termini decametrici, episodi di deposizione di classe granulometrica argillosa.

Sono evidenti le caratteristiche flyschoidi della formazione; i banchi clastici più potenti si presentano con evidente ritmicità di sedimentazione. Localmente, gli intervalli argillitici prevalgono con accentuati caratteri di caoticità e si riscontrano disposizioni altrettanto caotiche con pezzame la-pideo incluso in impasti argillosi di colore giallastro eio verdastro.

Sotto l'aspetto strutturale, nell'ambito della formazione in esame e nelle aree esaminate, si rileva la presenza di una struttura anticlinale con orientamento ca. NS passante per masseria

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	13
GRE	ENG	REL	0019	00		

Montagna e Monte Rovitello ed una struttura sinclinalica, anch'essa con orientamento ca. NS, ma meno evidente della precedente, passante ad Ovest di Monte Miglio.

L'unità affiorante in superficie ed attribuibile alla Formazione della Daunia risulta collocata stratigraficamente su **argilloscisti varicolori attinenti alla formazione definita del "Complesso indifferenziato"**, essi sono stratigraficamente sottoposti alla formazione di affioramento superficiale ed il loro contatto può essere interpretato come derivato da colamenti gravitativi per la traslazione dei sedimenti miocenici.

Tale unità non affiora superficialmente nelle aree di progetto e risulta mediamente collocata a profondità medie, definibili dai sondaggi eseguiti, pari a ca. 20 metri dal p.c. che si configura anche potenza stratigrafica delle unità affioranti superficialmente.

Infine sono presenti unità plioceniche di copertura spostandosi verso i quadranti nord-orientali, quindi verso l'area interessata dal cavidotto che collega gli aerogeneratori ubicati nel territorio di Greci alla SSE "Troia" 380/150 kV; sono presenti in tali aree, dall'alto, **unità argillose ed argilloso-sabbiose grigie e giallastre di cui alle unità "Pa", unità sabbiose ed arenacee con livelli di puddinghe poligeniche e di argille sabbiose di cui alle unità "Ps" ed infine argille scistose e marnose grigio-azzurre e sabbie argillose di cui alla unità "PQa"**.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	14
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

5 Assetto idro-geomorfologico dell'areale di progetto

5.1 Assetto idrogeologico

Il regime pluviometrico é tipico delle zone interne; i periodi di maggiore piovosità sono concentrati nel periodo ottobre/marzo, mentre quelli secchi nel periodo aprile/settembre. Più tardive sono le manifestazioni nevose (dicembre/gennaio) il cui manto può permanere per alcuni giorni nelle zone più elevate, come quelle in esame.

Le caratteristiche litologiche consentono di definire il grado di permeabilità relativa dei diversi litotipi.

La presenza di terreni diversi, sia per tipo che per grado di permeabilità, ed i loro rapporti spaziali conferiscono alle aree uno schema della circolazione idrica sotterranea alquanto complesso.

I livelli litoidi, permeabili per fratturazione e confinati tra strati argillosi, rappresentano l'acquifero più frequente e, se lo spessore di tali livelli è elevato, possono instaurarsi falde acquifere con caratteristiche legate al grado di fratturazione della roccia serbatoio. Nel caso specifico, i livelli litoidi sono, generalmente, di modesto spessore e, di conseguenza, le falde ivi instauratesi sono costituite da esigui orizzonti idrici sovrapposti, a marcato carattere stagionale.

La presenza di livelli e/o strati argillosi nell'ambito dei termini calcarei e/o calcareo-marnosi e/o sabbiosi ostacola, localmente, il deflusso delle acque gravifiche; tale condizione si può manifestare, in generale, con impregnazioni locali stagionali e/o vere e proprie scaturigini.

Sotto l'aspetto idrogeologico, i terreni a componente argillosa prevalente hanno grado di permeabilità variabile in un ristretto intervallo risultando, nella pratica comune, del tutto impermeabili (IP) ai flussi idraulici.

Nel corso delle perforazioni effettuate sul parco originario non si sono riscontrati livelli acquiferi; si può escludere, inoltre, nell'ambito dello spessore indagato, la presenza di una vera e propria falda idrica.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e geologico-strutturali rilevate nell'area risulta possibile effettuare una schematizzazione idrogeologica delle formazioni geologiche presenti in base al grado di permeabilità relativo delle stesse; risulta pertanto possibile differenziare almeno due unità idrogeologiche in base alla loro potenziale risposta alla infiltrazione e circolazione delle acque, esse sono le seguenti:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	15
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

- a) *Unità di superficie a permeabilità bassa o solo localmente permeabili.* Il complesso esaminato ed affiorante superficialmente, in generale, è costituito da rocce permeabili per fratturazione con tamponamenti indotti da intercalazioni argillitiche
- b) *Unità impermeabili.* Rappresentate dalle unità del complesso indifferenziato collocato stratigraficamente al di sotto delle unità di superficie e composto principalmente di formazioni argillitiche.

Il deflusso delle acque meteoriche sui suoli di progetto dovrà essere adeguatamente canalizzato e regimentato in corrispondenza dei siti di realizzazione degli aerogeneratori e stazione-cabine, mentre le acque dovranno essere canalizzate ed accompagnate a valle nei recettori naturali esistenti per non sollecitare la vulnerabilità idraulico-idrogeologica dei terreni presenti a componente limoso-argillosa.

5.2 Assetto geomorfologico e geologico-tecnico dell'areale di progetto

L'analisi morfologica risulta utile per individuare i processi morfogenetici in atto e la loro possibile evoluzione; i siti in esame ricadono a quote mediamente pari a 900 m s.l.m..

Al fine di fornire un quadro sull'assetto morfoevolutivo delle aree interessate dagli interventi in progetto, è stato espletato un rilievo geomorfologico di dettaglio volto, in particolare, alla ricerca di eventuali indizi di dissesto.

L'assetto morfologico, in generale, è strettamente dipendente sia dalla diversa natura litologica dei materiali e del loro diverso grado di erodibilità, sia dalla loro disposizione giaciturale in rapporto alla configurazione di pendio.

Con riferimento alla stabilità morfologica delle aree, anche legata ad eventuali fenomeni di tipo superficiale (creep, soliflussione e/o movimenti complessi), non si è riscontrata, in corrispondenza delle singole aree di progetto, evidenza di fenomeni in atto, sia di sintomi tali da far ipotizzare, in condizioni normali, l'insorgere di fenomeni gravitativi; risultano tuttavia cartografati nell'area una serie di dissesti classificati PG3 dall'AdB Sele-Caposele, ma ubicati a distanza tale dalle opere da ritenerli ininfluenti sulla stabilità delle medesime, ad eccezione della torre di progetto denominata R-GR03 che risulta prossima a dissesto classificato PG3 seppure il medesimo attinente a versante vallivo estraneo a quello di progetto, in tal caso andranno effettuate verifiche geomorfologiche di dettaglio ed approfondimenti inerenti anche in virtù della sensibile acclività del sito di installazione della torre di progetto. Allo stesso modo le postazioni degli aerogeneratori denominati R-MAO2 ed R-MAO3 pur non avendo problematiche di

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	16
GRE	ENG	REL	0019	00		

dissesti all'intorno risultano collocate in aree dotate di sensibile pendenza e che dovranno essere oggetto di attenta valutazione geomorfologica.

Quale criterio generale va considerato che le aree ad acclività accentuata sono maggiormente esposte a fenomeni di dilavamento ed erosione accelerata e sono caratterizzate da ridotti spessori della coltre eluviale; di contro, verso le aree più depresse l'accumulo delle acque meteoriche comporta una maggiore alterazione geochimica con conseguente peggioramento delle caratteristiche meccaniche generali dei litotipi in posto.

Fenomeni di solifluzione e di rilevante erosione sono riscontrabili nelle fasce a componente argillosa prevalente ed in corrispondenza di aste in attiva escavazione. Nei locali accumuli di materiali eluvio/colluviali, a volte pervase da flussi idrici modesti e di carattere stagionale, non si riscontrano processi morfogenetici rilevanti.

Per quanto attiene a fenomeni di tipo profondo (scorrimenti rotazionali e/o movimenti di massa composti) tali, pertanto, da interessare la formazione integra, si è potuto riscontrare, sulla base della configurazione morfologica locale, dei rilievi di dettaglio esperiti ed a seguito di quanto desumibile dalle perforazioni geognostiche effettuate per la realizzazione per parco originario, che non sussistono elementi favorevoli all'innescò di tali manifestazioni. In particolare, nelle aree costituite in prevalenza da materiali calcarei e/o calcarenitici, le caratteristiche intrinseche della roccia possono rendere secondario l'effetto negativo della pendenza dei versanti.

Sulla base di quanto esposto sopra, si è ritenuto superfluo procedere ad analisi di stabilità di pendio di ordine quantitativo.

E' necessario rammentare, tuttavia, che lo stato di equilibrio meccanico dei terreni oggetto del presente studio, è strettamente legato agli effetti delle acque (di diversa origine e soprattutto a seguito della realizzazione delle opere), che possono condurre al deterioramento della composizione lito-mineralogica (fisica e chimica) originaria dei litotipi, comportando, in particolar modo nelle aree dove è dominante la componente granulometrica a temperamento coesivo, l'innescò di fenomeni destabilizzanti.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	17
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

6 Vincoli ambientali esistenti

In riferimento all'intervento di progetto si è proceduto alla verifica dei vincoli di natura idrogeologica e geomorfologica esistenti in area e di cui si riporta nei paragrafi seguenti descrizione di dettaglio.

6.1 Interferenze con aree classificate a rischio dai PAI AdB

Le opere di progetto si collocano in area di competenza dell'Autorità di Bacino di Puglia, la quale, nel proprio PAI, classifica nel territorio oggetto della presente valutazione aree dotate di pericolosità geomorfologica PG3, PG2 e PG1.

Per il dettaglio delle aree classificate a pericolosità geomorfologica di cui sopra si rimanda alla carta geomorfologica allegata.

Schematicamente, analizzando in dettaglio le aree per gruppi di torri si evidenzia quanto segue.

Le torri **GR1-GR2-GR4-GR5-GR6** ricadono in area a “pericolosità media e moderata PG1”

Le torri **GR3-MA02-MA03-MA04-MA05** ricadono in area a “pericolosità elevata PG2”

Allo stesso modo il cavidotto transita in aree di tipo PG1 e PG2 ad eccezione di limitati lembi stradali che interferiscono in maniera molto marginale con aree classificate PG3 nel tracciato del cavidotto che va verso la SSE di Troia.

6.2 Vincolo Idrogeologico di cui al R.D. 3267/23

Il Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n. 3267, “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani”, tuttora in vigore, sottopone a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di dissodamenti, modificazioni colturali ed esercizio di pascoli possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque. Detto vincolo è rivolto a preservare l'ambiente fisico, evitando che irrazionali interventi possano innescare fenomeni erosivi, segnatamente nelle aree collinari e montane, tali da compromettere la stabilità del territorio. La normativa in parola non esclude, peraltro, la possibilità di utilizzazione delle aree sottoposte a

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	18
GRE	ENG	REL	0019	00		

vincolo idrogeologico, che devono in ogni modo rimanere integre e fruibili nel rispetto dei valori paesaggistici dell'ambiente.

Il layout di progetto non interferisce con le aree cartografate a vincolo idrogeologico definite dalla Regione Campania.

Al contrario **rientrano in aree a vincolo idrogeologico definite dalla Regione Puglia estesi tratti di cavidotto nonché la SSE ubicata in territorio di Troia**; non rientrano invece nell'area a vincolo i siti di installazione degli aerogeneratori.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	19
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

7 Microzonazione sismica delle aree

CRITERI DI BASE

Notevoli progressi sono stati condotti nell'ultimo decennio circa la comprensione dei fenomeni che sono alla base della risposta sismica locale (RSL).

Le conseguenze derivanti da un evento sismico sono connesse al rischio sismico geografico di una specifica area direttamente connesso alla esistenza di zone sismogeneticamente attive ma anche alla predisposizione locale alla maggiore o minore amplificazione del treno di onde sismiche a causa di una serie di fattori locali (effetti di sito) di natura geologica, morfologica, idraulica, topografica, etc.

Da tali considerazioni discerne la promulgazione di una importante serie di normative e direttive tecniche in materia di studi di Microzonazione sismica (MS).

Da tale base, l'esame della distribuzione dei danni causati da un terremoto nello stesso territorio dimostra che l'intensità sismica può essere diversa, anche a breve distanza, in funzione delle diverse condizioni locali, quali: geomorfologia, litologia, idrogeologia, proprietà fisico-meccaniche dei terreni del sottosuolo, faglie, anomalie morfologiche.

Nella valutazione dell'effettiva risposta sismica locale, grande rilievo rivestono:

- il modello reale del sottosuolo, la cui definizione è legata ad una precisa valutazione dei caratteri litologici, idrogeologici, geomorfologici, clivometrici del sito indagato e delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni costituenti la parte di sottosuolo che risente delle tensioni indotte da un generico manufatto;
- il terremoto di riferimento, ossia i caratteri del moto sismico atteso al bedrock.
- la vulnerabilità sismica di un'area è collegata alle caratteristiche combinate (all'azione combinata) dei due predetti elementi (caratteri).

Tanto premesso nella classificazione di uno specifico sito, inteso come singolo aerogeneratore e non più come intero areale di progetto, è necessario acquisire una serie di dati oggettivi, quali:

- 1) la velocità delle onde trasversali "Vs, eq" negli strati di copertura;
- 2) il numero e lo spessore degli strati sovrastanti il bedrock.

Appare pertanto evidente che siffatta acquisizione non può essere generica e/o generale necessitando di dati certi che necessitano di specifiche indagini e che vanno necessariamente

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	20
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

condotte in corrispondenza di ciascuna soprastruttura di progetto, ma appare parimodo che la misrozonazione sismica (o nanozonazione) non può essere condotta in assenza di specifiche indagini puntuali da compiersi in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e stazione di consegna, e che siffatta mole geognostico-investigativa può essere effettuata solo nella fase di progettazione esecutiva.

E' anche (ma non solo) per tale motivazione che la presente progettazione non può prescindere di una approfondita analisi geognostico-investigativa che viene già programmata nel presente studio geologico (vedi capitolo successivo) e da effettuarsi nella successiva analisi geologica esecutiva.

DM 2018

Il Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni , stabilisce le seguenti categorie di suolo ai fini sismici.

Categoria A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Categoria C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

Categoria E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per **velocità equivalente di propagazione** delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	21
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove **N** è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

Per **H** si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

7.1 Attribuzione categoria sismica suolo nella presente fase definitiva

Nella attuale fase, le risultanze ottenute dalle perforazioni di sondaggio con particolare riferimento all'assetto litostratigrafico ed alle prove SPT effettuate, in assenza di specifiche indagini MASW da effettuarsi nella fase progettuale successiva, consentono di attribuire preliminarmente i suoli esistenti a suoli di **CATEGORIA B**.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	22
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

8 Campagna geognostica di riferimento adottata

Nella attuale fase progettuale “definitiva”, in riferimento alla caratterizzazione litotecnica dei suoli, si fa riferimento alla campagna di indagini geognostiche effettuate nel corso della progettazione dell’impianto originario, oggetto del corrente progetto di revamping.

Lo studio geologico precedente ed analizzato nella presente valutazione fu condotto, nel settembre dell’anno 2000, dal dott. geol. D’ARRISSO Gianfranco iscritto all’Ordine dei Geologi della Campania e le perforazioni di sondaggio e le analisi di laboratorio geotecnico di laboratorio furono eseguite dalla società GEO-CONSULT con sede a Manocalzati (AV). La campagna geognostica analizzata, in quanto effettuata sulle medesime aree di quella oggetto della presente, va ritenuta sufficiente a garantire una adeguata base conoscitiva geologica e geotecnica delle aree nella presente fase progettuale definitiva di revamping del progetto originario.

Le analisi geognostiche effettuate negli anni 2000, sono infatti comprensive di perforazioni di sondaggio estese a profondità di 20 metri e di caratterizzazioni di campioni di suolo in laboratorio geotecnico e risultano per tale grado di dettaglio esaustive delle generali caratteristiche dell’area nella attuale fase progettuale definitiva.

Nella fattispecie, le indagini condotte hanno contemplato la esecuzione di:

- n. 8 perforazioni di sondaggio con carotaggio in continuo del suolo spinte fino a profondità di 20 mt dal p.c. (vedi carta geologica e di ubicazione delle indagini).
- prelievo di n. 6 campioni di suolo dai vari sondaggi analizzati in laboratorio geotecnico per le terre al fine di definire le principali caratteristiche geotecniche della successione litostratigrafica;
- esecuzione di n. 6 prove geotecniche in sito nel corso delle perforazioni del tipo SPT a quote differenti della successione litostratigrafica

Si riporta di seguito il dettaglio delle indagini condotte ed inerenti esiti.

8.1 Perforazioni di sondaggio

Di seguito le tabelle riepilogative delle indagini condotte nel corso della progettazione del parco eolico oggetto di revamping.

Località, data e sigla delle perforazioni

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	23
GRE	ENG	REL	0019	00		

LOCALITÀ	DATA	SIGLA
ROVITELLO	07/09/2000	S1
	12/09/2000	S2
	12 e 13/09/2000	S3
	13/09/2000	S4
CREPACORE	14/09/2000	S5
	15/09/2000	S6
	15 e 18/09/2000	S7
	18/09/2000	S8

Profondità di foro, prelievo campioni e prove eseguite

Sigla trivellazione	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Profondità raggiunta (ml da pc)	21	20	20	20	20	19	27,50	20
Campioni prelevati	C1	CI	CI				CI	CI C2
SPT eseguiti	TI T2		TI	-	-	-	TI	TI T2

Le colonne litostratigrafiche redatte nel corso dei sondaggi hanno accertato la presenza di generale anisotropia litologica e stratigrafica, attesa in base all'origine fliscioide delle unità presenti.

In particolare, sono risultate presenti alternanze di sabbie calcaree, in alcuni casi ciottoli, sabbie limose ed argillose ed argille azzurre di substrato in vario modo alternate.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	24
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

Le caratteristiche geotecniche delle unità presenti risultano generalmente di buona qualità in base agli esiti analitici di laboratorio ed alle prove SPT effettuate.

Di seguito il dettaglio litostratigrafico accertato su ciascuna verticale di indagine.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA		25
GRE	ENG	REL	0019	00			

GEO-CONSULT S.S. Ofantina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332		COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI	
SONDAGGIO S "1"			
Long.	Lat.	Quota p.c. m.s.l.m.	quota fondo foro m. 21
		Inclinazione 0° Data 07/09/2000	
Sonda: CMV 1000 Fluido perf. Cassette utilizzate: 5 Geologo: Dott. POLZONE NICOLA			
Prof. Strati (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia
			Falda m. Camp. m. Tipo m. n.c.
0,70	0,70		Terreno vegetale alterato di natura argillosa
3,00	2,30		Argilla verdastra con diffus. sabbiosi
8,80	2,80		Argilla limosa di colore grigiastro, compatta
10,00	1,20		Argilla azzurra con livelli di sabbia calcarea di colore biancastro
21,00	11,90		Argilla azzurra
			15,00-15,45 29-50 cm10

GEO-CONSULT S.S. Ofantina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332		COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI	
SONDAGGIO S "2"			
Long.	Lat.	Quota p.c. m.s.l.m.	quota fondo foro m. 20,00
		Inclinazione 0° Data 12/09/2000	
Sonda: CMV 1000 Fluido perf. Cassette utilizzate: 5 Geologo: Dott. POLZONE NICOLA			
Prof. Strati (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia
			Falda m. Camp. m. Tipo m. n.c.
1,80	1,80		Terreno vegetale alterato
4,70	3,10		Sabbia di origine calcarea debolmente limosa
8,30	1,80		Argilla azzurra
7,50	0,80		Argilla limosa di colore nerastro
20,00	12,00		Argilla azzurra

GEO-CONSULT S.S. Ofantina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332		COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI	
SONDAGGIO S "3"			
Long.	Lat.	Quota p.c. m.s.l.m.	quota fondo foro m. 20,00
		Inclinazione 0° Data 13/09/2000	
Sonda: CMV 1000 Fluido perf. Cassette utilizzate: 5 Geologo: Dott. POLZONE NICOLA			
Prof. Strati (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia
			Falda m. Camp. m. Tipo m. n.c.
0,50	0,50		Terreno vegetale alterato
6,70	6,20		Strato di alterazione del livello sottostante
9,70	8,00		Sabbia di origine calcarea debolmente argillosa
11,10	1,40		Argilla azzurra
18,70	8,00		Sabbia calcarea
20,80	1,30		Argilla azzurra
			18,70-19,15 13-27-40

GEO-CONSULT S.S. Ofantina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332		COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI	
SONDAGGIO S "4"			
Long.	Lat.	Quota p.c. m.s.l.m.	quota fondo foro m. 20,00
		Inclinazione 0° Data 13/09/2000	
Sonda: CMV 1000 Fluido perf. Cassette utilizzate: 3 Geologo: Dott. POLZONE NICOLA			
Prof. Strati (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia
			Falda m. Camp. m. Tipo m. n.c.
0,50	0,50		Terreno vegetale alterato
14,50	14,00		Sabbia calcarea litide
16,50	1,50		Argilla limosa giallastra
20,00	3,50		Sabbia calcarea

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA		26
GRE	ENG	REL	0019	00			

GEO-CONSULT S.S. Olanina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332	COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI
--	--------------------------------------

GEO-CONSULT S.S. Olanina Km 0.400 Manocalzati AV Tel. 0825623438 - Fax 0825622332	COMMITTENTE: IVPC Cantiere: GRECI
--	--------------------------------------

SONDAGGIO S°5°

Long. Lat. Quota p.c. m.s.l.m.: quota fondo foro m. 20.00 Inclinazione 0° Data 14/09/2000

Prof. Sonda (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia	Falda m.	Camp. m.	S.P.T. m.	P.P. Kg/cm²
0,50	0,50		Terreno vegetale				
1,50	1,00		Sabbia calcarea disfiata				
7,60	6,10		Sabbia calcarea, compatta con episodi litidi				
8,70	1,10		Sabbia calcarea lievemente argillosa				
14,00	5,30		Argilla azzurra compatta				
18,50	4,50		Sabbia calcarea con intercalazioni di calcarenite biancastra				
19,70	1,20		Argilla sabbiosa giallastra				
20,00	0,30		Argilla coesiva				

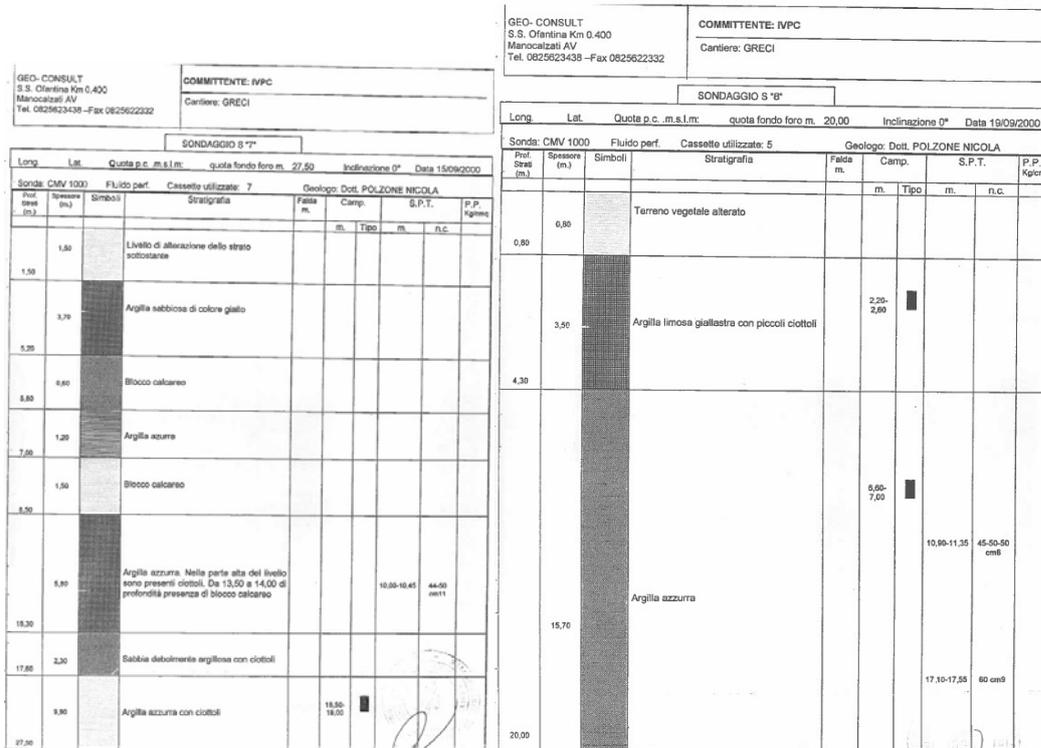
SONDAGGIO S°6°

Long. Lat. Quota p.c. m.s.l.m.: quota fondo foro m. 19,00 Inclinazione 0° Data 15/09/2000

Sonda: CMV 1000 Fluido perf. Cassette utilizzate: 4 Geologo: Dott. POLZONE NICOLA

Prof. Sonda (m.)	Spessore (m.)	Simboli	Stratigrafia	Falda m.	Camp. m.	S.P.T. m.	P.P. Kg/cm²
2,70	2,70		Argilla sabbiosa di colore gialla				
8,60	5,90		Argilla azzurra. Nella parte alta sono presenti ciottoli				
9,30	0,70		Sabbia calcarea				
14,50	5,20		Argilla gialla con ciottoli				
19,00	0,50		Argilla azzurra				

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO		27
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA		



8.2 Prove geotecniche di laboratorio

In corrispondenza di cinque degli otto sondaggi eseguiti sono stati prelevati campioni di suolo successivamente caratterizzati in laboratorio geotecnico per le terre.

I campioni prelevati sono stati sottoposti alle seguenti analisi e prove di laboratorio, con la restituzione di parametri meccanici e grandezze geotecniche utili:

Attività di laboratorio

ANALISI	RESTITUZIONE
granulometria	classificazione della terra, curve rappresentative etc.
caratteristiche generali	y (peso di volume naturale) y _d (peso di volume secco) G (peso specifico dei grani) W (contenuto d'acqua) etc.
limiti di Atterberg	indici di liquidità (LL) e plasticità (LP)

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	28
GRE	ENG	REL	0019	00		

prova di taglio diretto	4)'(angolo di attrito interno) c' (coesione drenata)
prova edometrica	Eed (moduli di compressibilità ad esp. lat. imp.) Cc (indici di compressibilità) e (indice dei vuoti)
compressione semplice	c _u (coesione non drenata)

Di seguito la litologia accertata per ciascun campione analizzato

Campione	Descrizione (pro?. di prelievo, m)
S1C1	Argilla limosa di colore grigiastro, compatta (03,00+03,30)
S2C1	Sabbia di origine calcarea debolmente limosa (04,00+04,60)
S3C1	Sabbia calcarea (16,00+16,50)
S7C1	Argilla azzurra (18,50+19,00)
VIC1*	Argilla limosa giallastra (02,20+02,60)
S8C2	Argilla azzurra (06,60+07,00)

* Campione non adatto ad analisi di laboratorio

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	29
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

9 Modellazioni geologica e geotecnica “definitive”

Sulla base dei rilievi e delle indagini effettuate nella presente fase progettuale “definitiva” viene proposta una prima modellazione sia geologico-litostratigrafica che geotecnica del suolo la quale andrà naturalmente completata con le indagini da farsi nella successiva fase progettuale, come previsto al successivo capitolo 10.

9.1 Modello geologico aree di progetto

L'area impianto ha evidenziato una successione litostratigrafica differenziabile in due unità litostratigrafiche denominate UNITA LITOTECNICA UL1 e UNITA LITOTECNICA UL2.

UNITA' UL1. Rappresentata da unità semilapidea e lapidea a luoghi argillosa ed a tratti sabbiosa per la presenza di sottili interlivelli sabbiosi fino a profondità variabili da alcuni metri dalla superficie fino a 15-18 metri dalla superficie. Al momento delle indagini non è stata rilevata la presenza di acqua anche per la esecuzione delle indagini nella stagione estiva.

L'unità risulta fisiologicamente predisposta all'assorbimento di acqua in corrispondenza delle unità lapidee fratturate e delle frazioni sabbiose seppure in quantità volumetriche modeste ma con predisposizione alla circolazione idrica anche di sottili livelli idrici emisuperficiali stagionali.

Le suddette caratteristiche rendono il deposito, almeno nei primi 5-6 metri di profondità dalla superficie, potenzialmente soggetto a scollamenti e scivolamenti di piccole masse volumiche seppure le aree analizzate presentano un buon grado di maturità geomorfologica.

UNITA' UL2. Collocata al di sotto delle unità precedenti a partire dai 15-18 metri dalla superficie, rappresentata da litologie argillose scarsamente limose di colore grigio-azzurro dotate di bassa plasticità ed elevato grado di consistenza e parallela qualità geotecnica e da considerarsi nella presente progettazione, limitatamente al settore progettuale analizzato, substrato geotecnico cui affidare i carichi delle opere.

Tale unità inoltre non presenta instabilità o anomalie, anche potenziali, di alcun tipo.

In riferimento all'assetto litostratigrafico sopra descritto, fatte salve le risultanze delle indagini da compiersi nella successiva fase progettuale esecutiva, risulta auspicabile il

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	30
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

trasferimento dei carichi di progetto e inerenti sollecitazioni, statiche e dinamiche, riferite agli aerogeneratori alla UNITA UL2 bypassando la UNITA UL1.

Le attività di modellazione temporanea dei siti per la realizzazione delle opere, quali piste e piazzole di montaggio, che si esplicheranno invece sulla UNITA1 dovranno prevedere una adeguata rete di drenaggio e rapido scolo delle acque, anche temporaneo nelle more dei tempi tecnici necessari alla realizzazione delle opere.

9.2 Verifiche geomorfologiche preliminari

Appare evidente che al fine di effettuare una verifica analitica di stabilità di versante dotata della necessaria attendibilità risulta necessario essere in possesso di una modellazione geotecnica e litostratigrafica di dettaglio del versante al momento non disponibile.

Tuttavia esistendo perforazioni di sondaggio in prossimità di alcune torri di progetto unitamente ai dati di laboratorio geotecnico dei sondaggi effettuati, seppure frammentati rispetto all'attuale layout di progetto, si è proceduto ad effettuare alcune verifiche di stabilità speditive; esse andranno considerate in tale fase dotate di attendibilità relativa ma risultano comunque importanti al fine di effettuare una prima stima analitica della stabilità delle aree.

Appare evidente che le suddette analisi, al momento effettuate solo laddove risultavano presenti indagini, non sono da considerarsi esaustive o sostitutive delle verifiche di dettaglio da effettuarsi nella successiva fase progettuale esecutiva.

Sono state in tale ottica elaborate n. 2 verifiche di stabilità di versante in corrispondenza degli aerogeneratori R-GR03 ed R-GR04 in quanto ambedue ubicati in prossimità di una perforazione di sondaggio terebrata per la progettazione del parco attualmente esistente con definizione della litostratigrafia degli specifici settori fino a quote di 20 metri dalla superficie.

In dettaglio, nel caso dell'aerogeneratore R-GR03, è stata considerata una stratigrafia composta di una sola unità litotecnica, quella di superficie, come emerso dal sondaggio S4 ivi ubicato; nel caso dell'aerogeneratore R-GR04 è stata invece considerata una stratigrafia composta di n. 2 unità litostratigrafiche, quella di superficie e quella di substrato (argille grigio-azzurre), anche in tal caso come accertato dalla perforazione di sondaggio S7 prossima al sito.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	31
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

Le verifiche sono state effettuate, ciascuna, nelle due condizioni ante e post-intervento, ed hanno considerato le condizioni geotecniche più cautelative, con analisi in condizioni di “coesione non drenata” e quindi in condizioni di cedimento istantaneo, per la esistenza di litologie o interlivelli significativi a granulometria argillosa e limosa.

Come parametri geotecnici caratteristici sono stati adottati i valori medi accertati per le due unità litotecniche; nella fattispecie, per la unità 1 di superficie, la media dei valori derivanti dai campioni di suolo estratti dai Sondaggi S1-S2-S3 attribuibili a tale unità 1; per la unità 2 di substrato, i valori derivanti dai campioni di suolo estratti dai sondaggi S7 ed S8.

Come categoria sismica di suolo è stata adottata la categoria B come definito al paragrafo 7.1, mentre come categoria topografica è stata adottata la categoria T1 in quanto le pendenze delle direttrici analizzate risultavano inferiori ai 15°.

Le verifiche condotte hanno fornito fattore di sicurezza F_s seguente.

VERIFICA I – R-GR03 – condizioni ante-intervento: **1,72**

VERIFICA I – R-GR03 – condizioni post-intervento: **1,15**

VERIFICA II – R-GR04 – condizioni ante-intervento: **7,52**

VERIFICA II – R-GR04 – condizioni post-intervento: **3,55**

Appare emergere anche in termini analitici la maggiore vulnerabilità relativa del sito di installazione della torre R-GR03 che viene pertanto segnalata anche nella cartografia inerente come dotata di particolare suscettività e da investigare con particolare dettaglio.

9.3 Modello geotecnico aree di progetto

Le analisi effettuate hanno evidenziato la presenza di alternanze, in vario modo disposte in successione verticale e spaziale, di livelli lapidei ed argillosi.

La elevata anisotropia litostratigrafica verticale e spaziale accertata tramite i sondaggi analizzati pur rendendo possibile discretizzare una successione verticale composta di due unità, una semilapidea di superficie, ed una argillosa ed argilloso-lapidea di appoggio, non

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO		PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO		32
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA		

rende sufficientemente attendibile parametrare le due unità sulla base dei dati attualmente in possesso.

Sarà necessario nella successiva fase esecutiva modellizzare i singoli siti di appoggio delle torri sulla base delle indagini puntuali previste, utilizzando poi il complesso delle indagini e le risultanze geotecniche afferenti ciascuna singola unità litotecnica delle due individuate per il calcolo statistico dei giusti parametri da attribuire alle singole unità.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici dei terreni emersi dalle prove di laboratorio condotte sui campioni di suolo prelevati dai sondaggi.

Parametri meccanici

Camp.	γ	ϕ	c'	c_u	E_{ed}	C_c	e
(nome)	(kN/mc)	(deg)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	-	-
S1C1	18,93	19	99,0	289,3	8369	0,141	0,332
S2C1	18,83	32	20,1	---	6656	0,170	0,243
S3C1	18,49	30	26,7	--	7533	0,136	0,147
S7C1	18,55	21	77,3	311,1	8709	0,138	0,365
S 8 C 1	--	---	---	---	---	--	---
58C2	18,98	20	107,3	306,2	10917	0,117	0,478

γ , peso di volume naturale

c_u , coesione non drenata da ELL.

ϕ , angolo di attrito interno

E_{ed} , modulo edometrico (100+1000 kPa)

c' , coesione drenata

C_c , indice di compressibilità (100+1000 kPa)

e , indice dei vuoti (1000 kPa)

Campione	SPT	Profondità	c_u (kPa) da ELL	Nspt (N2+N3)
(nome)	(nome)			
S1C1	1	03,00+03,30	289,3	
		05,70+06,15		75
		15,00+15,45		50 (10 cm) in N2
52C1		04,00+04,60	257,2	
53C1	1	16,00+16,50	-	
		18,70+19,15		67
	1	10,00+10,45		50 (11 cm) in N2

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO RELAZIONE GEOLOGICA	33
GRE	ENG	REL	0019	00		

		18,50+19,00	3 1 1 , 1	
88C2		06,60+07,00	3 0 6 , 2	
	1	10,90+11,35		50+50 (8 cm) in N3
	2	17,10+17,55		60 (9 cm) in N1

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	34
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

10 Progetto esecutivo - campagna geognostica prevista

La progettazione prevede la installazione di n. 10 aerogeneratori di grande dimensione ed altezza che dovranno essere adeguatamente fondati al fine di garantire idonea stabilità agli stessi ai fini statici, dinamici connessi alle sollecitazioni del vento, nonché sismici imposti dalla risposta microsismica del sito di installazione. Gli aerogeneratori saranno poi collegati tra di loro dal cavidotto di raccolta e trasferimento dell'energia prodotta da ciascuno di essi fino alla sottostazione di consegna dell'energia.

La caratterizzazione geologica inerente la fase definitiva di progetto si è basata sulle indagini effettuate nell'anno 2000 per la realizzazione dell'impianto eolico attualmente esistente ed oggetto del presente progetto di potenziamento.

Nella successiva fase progettuale esecutiva, sulla base delle generali caratteristiche geologiche, strutturali, geomorfologiche ed idrogeologiche e simiche dell'areale di progetto **dovranno essere realizzati i seguenti accertamenti geognostici investigativi minimi** al fine di garantire alla progettazione la idonea sicurezza:

1. **Esecuzione di n. 10 perforazioni di sondaggio con carotaggio in continuo dei suoli**, approfondite fino a quote di 35 metri dalla superficie, in corrispondenza di ciascuna postazione aerogeneratore, al fine di definire in maniera puntuale la successione litostratigrafica di ciascun sito e di effettuare prove geotecniche e prelievo di campioni per le caratterizzazioni sempre geotecniche ma in laboratorio autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici.
2. **Installazione di n. 10 piezometri** a tubo aperto da installarsi in ciascuno dei fori di sondaggio degli aerogeneratori al fine di monitorare l'assetto idrogeologico sotterraneo dei suoli di progetto.
3. **Esecuzione di almeno n. 4 prove SPT** per ciascuna perforazione di sondaggio nei fori di sondaggio in fase di perforazione, per la caratterizzazione geotecnica delle unità litostratigrafiche accertate, in numero di 4 per ogni perforazione di sondaggio.
4. **prelievo di n. 3 campioni di suolo indisturbati con campionatore sottile shelby**, per ciascuna perforazione di sondaggio;
5. **analisi presso laboratorio geotecnico riconosciuto ed autorizzato dal Ministero LL.PP. dei campioni di suolo prelevati**, per la determinazione dei parametri fisici e meccanici delle varie unità litologiche presenti.
6. **n. 10 prospezioni sismiche di tipo MASW**, effettuate in corrispondenza di ciascun aerogeneratore di progetto nonché della sottostazione di consegna con **esatta definizione**

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	35
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

della **velocità sismica equivalente** e quindi con classificazione finale della “**categoria sismica**” del suolo così come richiesto dalla vigente normativa.

Risulta evidente che una siffatta campagna investigativa, per i costi connessi, risulta eseguibile nelle successive fasi progettuali esecutive.

10.1 Perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo da compiersi

Le perforazioni saranno caratterizzate dalle seguenti modalità operative:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei suoli attraversati
- prelievo di campioni indisturbati di terreno in numero di due per ciascun sondaggio per analisi geotecniche di laboratorio sulle singole unità litostratigrafiche componenti l'ammasso.
- esecuzione di prove geotecniche e geomeccaniche in foro
- determinazione della eventuale presenza di falde sotterranee e loro relativa quota piezometrica e soggiacenza, se presente
- rilievi e monitoraggio in fase di perforazione dei parametri di perforazione (resistenza all'avanzamento, perdita di fluidi di circolazione, usura corone diamantate, coppia di perforazione) con finalità di accertamento geotecnico della competenza geomeccanica dei singoli livelli attraversati.

10.1.1 Attrezzature di perforazione

Per l'esecuzione dei sondaggi saranno utilizzate macchine dotate di sonda a rotazione sia di tipo gommato che cingolato in funzione delle difficoltà tecnico-operative di accesso ai terreni e come dettate dalle locali condizioni morfotopografiche e di imbibizione idrica dei terreni;

10.1.2 Utensili di perforazione

La perforazione sarà eseguita a rotazione e “carotaggio continuo” con aste e carotiere, utilizzando carotieri semplici del diametro di 101 mm e rivestimenti del diametro di 127 mm.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	36
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

10.1.3 Prove geotecniche in foro

PROVE CON PENETROMETRO TASCABILE

Nel corso delle perforazioni di sondaggio si procederà altresì alla esecuzione di prove con penetrometro tascabile sulle carote estratte dal carotiere allo scopo di avere una prima stima delle caratteristiche geotecniche del materiale, i risultati sono visibili sulle allegate stratigrafie.

10.2 Prospezioni sismiche MASW

10.2.1 Indagine sismica

In corrispondenza di ogni aerogeneratore nonché in corrispondenza della sottostazione di consegna sarà condotto un rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s , eq) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione).

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

- L'ampiezza delle surface waves dipende da r e non da r come per le body waves.

In aggiunta alle indagini MASW sono state condotte n. 2 prospezioni sismiche ulteriori di lunghezza stendimento pari a 90 metri al fine di verificare due siti di aerogeneratori in cui l'approfondimento geognostico diretto aveva quota finale inferiore a quella di appoggio dei pali previsti.

10.3 Analisi di laboratorio geotecnico

Nel corso delle perforazioni di sondaggio si procederà per ciascuna di esse al prelievo di campioni di suolo in fase di perforazione tramite campionatore a pareti sottili di tipo Shelby. Saranno prelevati almeno n. 3 campioni di suolo da ciascun sondaggio eseguito.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	37
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in modo da caratterizzare le unità litostratigrafiche ritenute importanti ai fini geotecnici per l'appoggio degli aerogeneratori.

In campioni prelevati in tal modo subito dopo il loro prelievo saranno sigillati in modo da evitare perdita di umidità e quindi rappresentatività della prova da compiersi sui medesimi nel medesimo campionatore utilizzato per il prelievo tramite paraffina liquidificata ed inviati nella medesima giornata al laboratorio geotecnico designato ed autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti.

Le prove da effettuarsi dal laboratorio sui singoli campioni inviati vengono riportate nella scheda seguente, gli esiti analitici delle prove di laboratorio saranno utilizzati per la caratterizzazione litotecnica delle unità di appoggio fondali.

Su ciascun campione saranno pertanto effettuate le seguenti prove di caratterizzazione:

- *determinazione della massa volumica mediante fustella e pesata*
- *determinazione del peso specifico dei granuli*
- *determinazione del peso di volume secco e saturo*
- *determinazione dell'indice dei vuoti, della porosità e del grado di saturazione*
- *determinazione della resistenza alla punta con pocket penetrometer*
- *analisi granulometrica per via secca per vagliatura*
- *analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro*
- *determinazione dei limiti di pasticità e liquidità*
- *prova di consolidazione edometrica ad incrementi di carico controllati*
- *prova di taglio diretto consolidata drenata*
- *prova triassiale UU o prova di compressione uniassiale*
- *prova di espansione laterale libera*

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO IMPIANTO EOLICO GRECI-MONTAGUTO	38
GRE	ENG	REL	0019	00	RELAZIONE GEOLOGICA	

11 Giudizio finale di compatibilita' geologica intervento

Sulla base delle ipotesi di progetto e analizzato dettagliatamente il layout di progetto nei confronti del locale assetto geologico-geomorfologico-idrogeologico e sismico dell'area, rilevato sia tramite rilievo diretto che tramite analisi bibliografica di precedenti studi ed indagini condotte nella medesima area, si ritiene la progettazione compatibile con il locale assetto geologico e geomorfologico dell'area, nella quale non sono stati rilevati elementi anomali e/o situazioni tali da rappresentare impedimento alla realizzazione delle opere.

Il presente studio ha consentito la individuazione dei principali elementi geologici e geomorfologici-idrogeologici che andranno accertati dettagliatamente nella successiva fase progettuale esecutiva.

Risulta necessario eseguire, nella successiva fase progettuale esecutiva, una completa campagna geognostica di dettaglio a carattere puntuale in corrispondenza di ciascun aerogeneratore nonchè della sottostazione di consegna dell'energia, al fine di definire la esatta successione litostratigrafica e inerente qualità geotecnica indispensabile alla definizione delle tipologie strutturali di appoggio fondale per ciascun singolo sito. Nella presente progettazione geologica risulta a tal fine essere stato predisposto il piano delle indagini geognostiche (*minime*) da effettuarsi al fine di rendere il progetto eseguibile;

Rionero in Vulture, Aprile 2019

dott. geol. Gennaro Di LUCCHIO
N° 194 Ordine dei Geologi di Basilicata
Via Galliano, 31



**VERIFICHE DI STABILITA'
DI VERSANTE**

Relazione di calcolo

Definizione

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

Introduzione all'analisi di stabilità

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

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

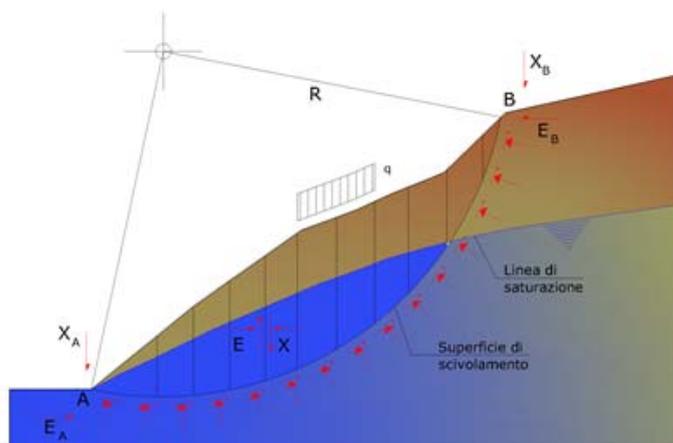
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido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

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

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



Metodo dei conci

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

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_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.

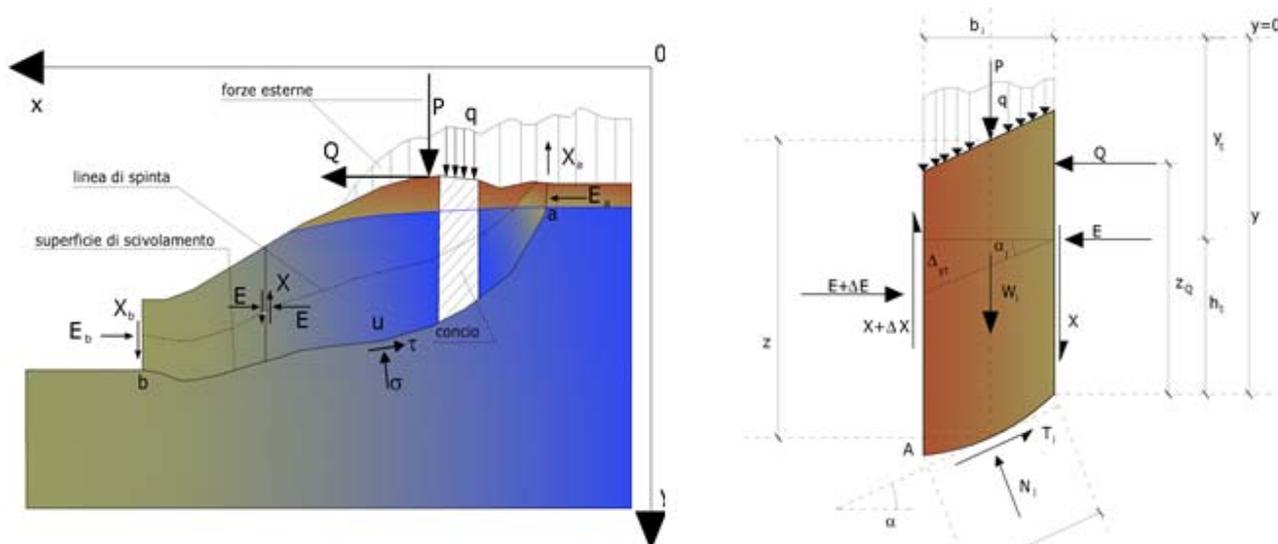
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di 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.

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

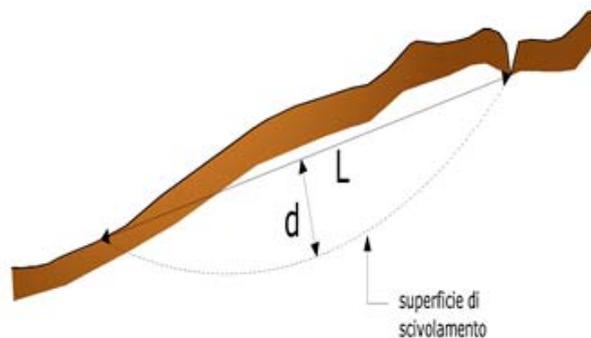
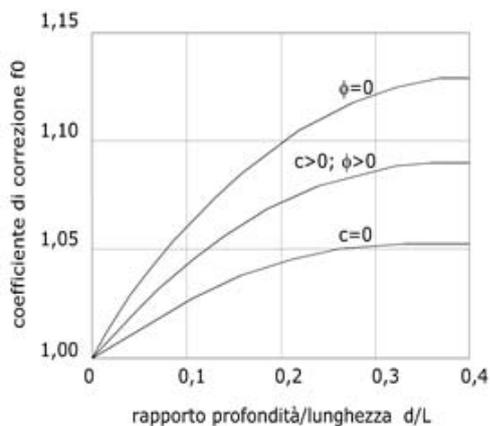


Azioni sul conco *i*-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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.



#

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.

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

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

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	41,268091/15,16428
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	430,44 m
Ascissa vertice destro superiore xs	222,02 m
Ordinata vertice destro superiore ys	458,91 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	5,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,4	0,29
S.L.D.	50,0	0,65	2,42	0,33
S.L.V.	475,0	1,86	2,43	0,43
S.L.C.	975,0	2,56	2,41	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,612	0,2	0,0125	0,0062
S.L.D.	0,78	0,2	0,0159	0,008
S.L.V.	2,232	0,24	0,0546	0,0273
S.L.C.	2,9397	0,28	0,0839	0,042

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0125
Coefficiente azione sismica verticale	0,006 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	280,0
2	28,0	285,0
3	46,0	290,0
4	66,0	295,0
5	94,0	300,0
6	111,0	305,0
7	129,0	310,0
8	146,0	315,0
9	153,0	320,0
10	175,0	325,0
11	213,0	345,0
12	233,0	350,0
13	252,0	355,0
14	289,0	365,0
15	316,0	370,0
16	362,0	370,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coazione; cu: coazione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/c m ²)	cu (kg/c m ²)	Fi (°)	G (Kg/ m ³)	Gs (Kg/ m ³)	K (Kg/c m ³)	Litologia
1	0.49	2.95	27	1912	1958	0,00	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,72
Ascissa centro superficie	189,71 m
Ordinata centro superficie	456,06 m
Raggio superficie	170,66 m

Numero di superfici esaminate....(102)

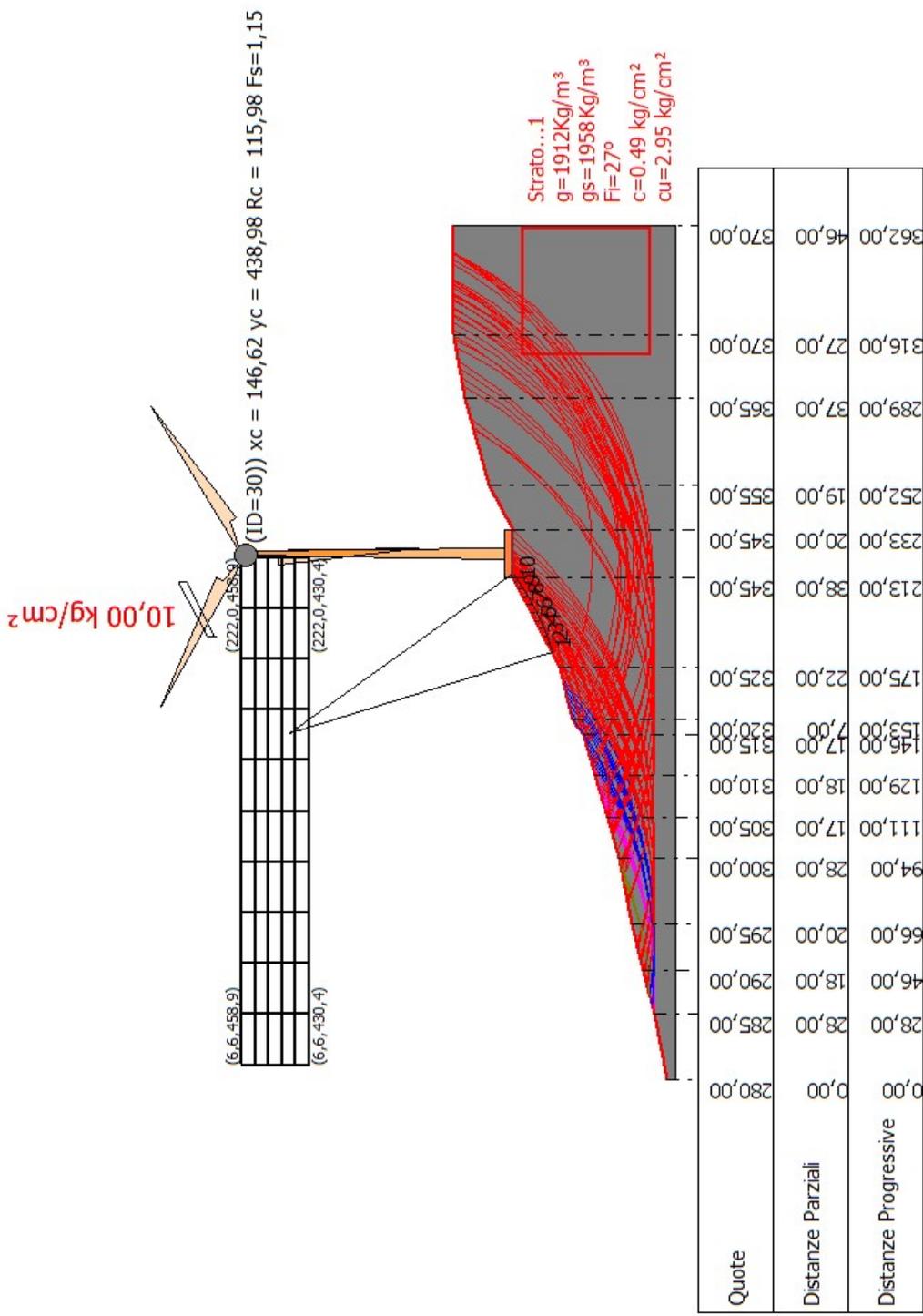
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	28,1	430,4	143,8	36,27
2	38,9	433,3	147,9	18,37
3	49,7	430,4	145,0	13,23
4	60,4	433,3	147,9	9,99
5	71,2	430,4	145,0	7,36
6	82,0	433,3	147,9	6,00
7	92,8	430,4	145,0	4,84
8	103,5	433,3	147,9	3,76

9	114,3	430,4	145,0	3,18
10	125,1	433,3	147,9	2,80
11	135,8	430,4	145,0	2,55
12	146,6	433,3	147,9	2,31
13	157,4	430,4	145,0	2,21
14	168,2	433,3	147,9	2,06
15	178,9	430,4	145,0	1,97
16	189,7	433,3	147,9	1,92
17	200,5	430,4	145,0	1,89
18	211,3	433,3	137,5	2,16
19	222,0	430,4	142,2	2,00
20	38,9	439,0	153,6	17,89
21	49,7	436,1	150,7	12,89
22	60,4	439,0	153,6	9,30
23	71,2	436,1	150,7	7,12
24	82,0	439,0	153,6	5,82
25	92,8	436,1	150,7	4,68
26	103,5	439,0	153,6	3,66
27	114,3	436,1	150,7	3,09
28	125,1	439,0	153,6	2,75
29	135,8	436,1	150,7	2,52
30	146,6	439,0	153,6	2,27
31	157,4	436,1	150,7	2,05
32	168,2	439,0	153,6	2,04
33	178,9	436,1	150,7	1,94
34	189,7	439,0	153,6	1,90
35	200,5	436,1	150,7	1,88
36	211,3	439,0	153,0	1,85
37	222,0	436,1	144,8	2,06
38	38,9	444,7	159,3	17,44
39	49,7	441,8	156,4	12,57
40	60,4	444,7	159,3	8,88
41	71,2	441,8	156,4	6,92
42	82,0	444,7	159,3	5,73
43	92,8	441,8	156,4	4,46
44	103,5	444,7	159,3	3,56
45	114,3	441,8	156,4	3,08
46	125,1	444,7	159,3	2,70
47	135,8	441,8	156,4	2,50
48	146,6	444,7	159,3	2,23
49	157,4	441,8	156,4	2,01
50	168,2	444,7	159,3	2,02
51	178,9	441,8	156,4	1,91
52	189,7	444,7	159,3	1,89
53	200,5	441,8	156,4	1,87
54	211,3	444,7	148,1	2,15
55	222,0	441,8	147,5	2,14
56	28,1	447,5	160,6	35,33
57	38,9	450,4	165,0	16,94
58	49,7	447,5	162,1	12,27
59	60,4	450,4	165,0	8,53
60	71,2	447,5	162,1	6,85
61	82,0	450,4	165,0	5,54
62	92,8	447,5	162,1	4,26
63	103,5	450,4	165,0	3,47
64	114,3	447,5	162,1	3,03
65	125,1	450,4	165,0	2,66
66	135,8	447,5	162,1	2,47
67	146,6	450,4	165,0	2,20
68	157,4	447,5	162,1	1,98
69	168,2	450,4	165,0	2,00
70	178,9	447,5	162,1	1,89
71	189,7	450,4	165,0	1,89
72	200,5	447,5	152,4	2,14
73	211,3	450,4	151,1	2,24
74	222,0	447,5	150,4	2,23
75	38,9	456,1	170,7	16,44
76	49,7	453,2	167,8	11,94
77	60,4	456,1	170,7	8,51
78	71,2	453,2	167,8	6,92
79	82,0	456,1	170,7	5,33
80	92,8	453,2	167,8	4,10

81	103,5	456,1	170,7	3,39
82	114,3	453,2	167,8	2,99
83	125,1	456,1	170,7	2,69
84	135,8	453,2	167,8	2,44
85	146,6	456,1	170,7	2,16
86	157,4	453,2	167,8	1,94
87	168,2	456,1	170,7	1,98
88	178,9	453,2	167,8	1,86
89	189,7	456,1	170,7	1,72
90	200,5	453,2	167,6	1,85
91	211,3	456,1	163,9	2,04
92	222,0	453,2	153,4	2,32
93	28,1	458,9	171,9	34,67
94	49,7	458,9	173,5	12,61
95	71,2	458,9	173,5	6,69
96	92,8	458,9	173,5	3,99
97	114,3	458,9	173,5	2,95
98	135,8	458,9	173,5	2,40
99	157,4	458,9	173,5	1,91
100	178,9	458,9	173,5	1,83
101	200,5	458,9	163,4	2,13
102	222,0	458,9	147,2	2,75

VERIFICA TORRE R-GR03

CONDIZIONI POST-INTERVENTO



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	41,268091/15,16428
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,58 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	430,44 m
Ascissa vertice destro superiore xs	222,02 m
Ordinata vertice destro superiore ys	458,91 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	5,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,51	2,4	0,29
S.L.D.	50,0	0,65	2,42	0,33
S.L.V.	475,0	1,86	2,43	0,43
S.L.C.	975,0	2,56	2,41	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,612	0,2	0,0125	0,0062
S.L.D.	0,78	0,2	0,0159	0,008
S.L.V.	2,232	0,24	0,0546	0,0273
S.L.C.	2,9397	0,28	0,0839	0,042

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0125
Coefficiente azione sismica verticale	0,006 2

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	280,0
2	28,0	285,0
3	46,0	290,0
4	66,0	295,0
5	94,0	300,0
6	111,0	305,0
7	129,0	310,0
8	146,0	315,0
9	153,0	320,0
10	175,0	325,0
11	213,0	345,0
12	233,0	345,0
13	252,0	355,0
14	289,0	365,0
15	316,0	370,0
16	362,0	370,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coazione; cu: coazione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/c m ²)	cu (kg/c m ²)	Fi (°)	G (Kg/ m ³)	Gs (Kg/ m ³)	K (Kg/c m ³)	Litologia
1	0.49	2.95	27	1912	1958	0,00	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	187,7787	470,1175	211,2296	482,4601	10

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,15
Ascissa centro superficie	146,62 m
Ordinata centro superficie	438,98 m
Raggio superficie	115,98 m

Numero di superfici esaminate...(102)

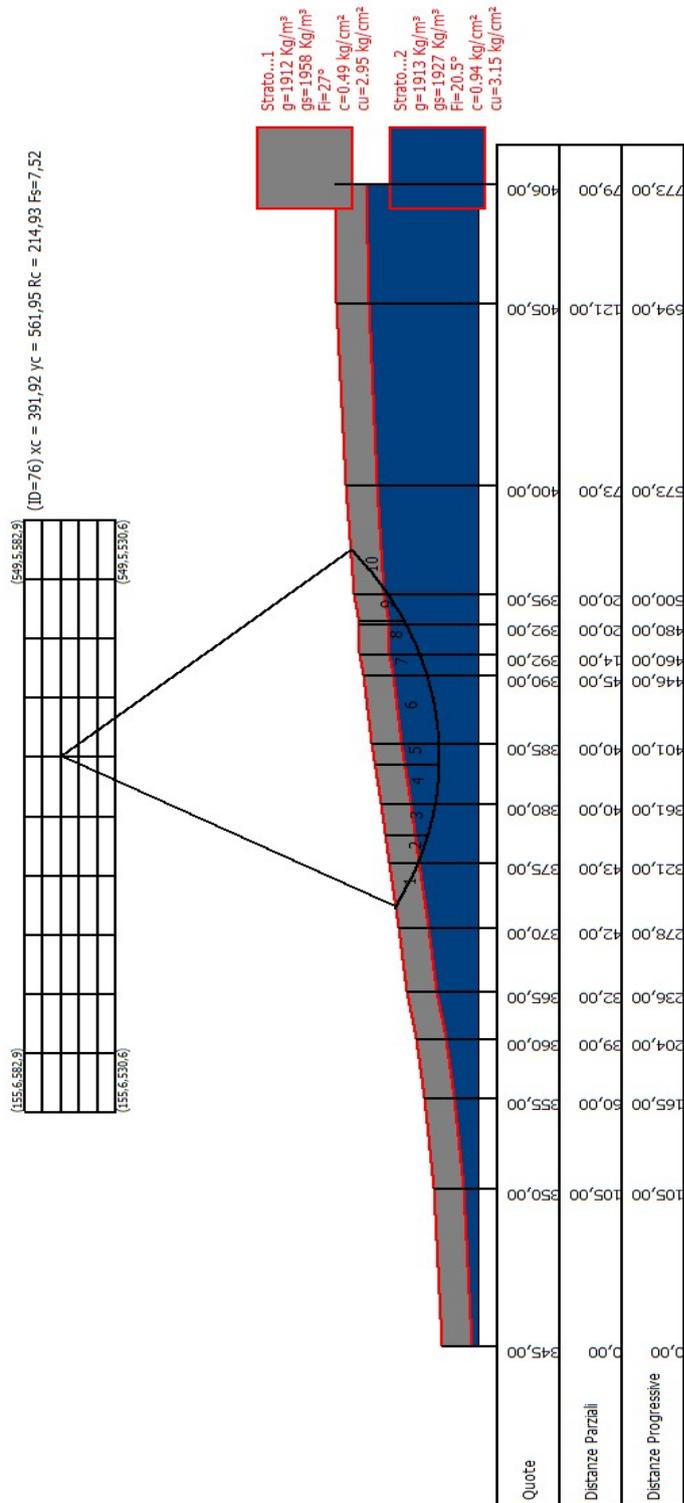
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	28,1	430,4	143,8	36,27
2	38,9	433,3	147,9	18,37
3	49,7	430,4	145,0	13,23
4	60,4	433,3	147,9	9,99

5	71,2	430,4	145,0	7,36
6	82,0	433,3	147,9	4,62
7	92,8	430,4	145,0	1,96
8	103,5	433,3	147,9	1,80
9	114,3	430,4	135,6	1,84
10	125,1	433,3	129,1	1,90
11	135,8	430,4	116,8	1,72
12	146,6	433,3	147,9	1,97
13	157,4	430,4	107,4	1,82
14	168,2	433,3	100,9	1,43
15	178,9	430,4	145,0	1,95
16	189,7	433,3	147,9	1,91
17	200,5	430,4	145,0	1,96
18	211,3	433,3	137,5	2,32
19	222,0	430,4	142,2	2,20
20	38,9	439,0	153,6	17,89
21	49,7	436,1	150,7	12,89
22	60,4	439,0	153,6	9,30
23	71,2	436,1	150,7	7,12
24	82,0	439,0	153,6	3,47
25	92,8	436,1	150,7	1,86
26	103,5	439,0	153,6	1,87
27	114,3	436,1	141,3	1,92
28	125,1	439,0	134,8	1,99
29	135,8	436,1	122,5	1,81
30	146,6	439,0	116,0	1,15
31	157,4	436,1	113,1	1,94
32	168,2	439,0	106,6	1,57
33	178,9	436,1	150,7	1,92
34	189,7	439,0	153,6	1,92
35	200,5	436,1	150,7	1,95
36	211,3	439,0	153,0	1,94
37	222,0	436,1	144,8	2,29
38	38,9	444,7	159,3	17,44
39	49,7	441,8	156,4	12,57
40	60,4	444,7	159,3	8,88
41	71,2	441,8	156,4	6,92
42	82,0	444,7	159,3	2,74
43	92,8	441,8	156,4	1,90
44	103,5	444,7	159,3	1,93
45	114,3	441,8	137,6	1,90
46	125,1	444,7	131,1	2,03
47	135,8	441,8	128,2	1,91
48	146,6	444,7	121,7	1,27
49	157,4	441,8	156,4	1,97
50	168,2	444,7	112,3	1,71
51	178,9	441,8	156,4	1,89
52	189,7	444,7	159,3	1,91
53	200,5	441,8	156,4	1,93
54	211,3	444,7	148,1	2,30
55	222,0	441,8	147,5	2,37
56	28,1	447,5	160,6	35,33
57	38,9	450,4	165,0	16,94
58	49,7	447,5	162,1	12,27
59	60,4	450,4	165,0	8,53
60	71,2	447,5	162,1	6,85
61	82,0	450,4	165,0	2,33
62	92,8	447,5	162,1	1,94
63	103,5	450,4	165,0	1,97
64	114,3	447,5	143,3	1,97
65	125,1	450,4	136,8	1,68
66	135,8	447,5	133,9	1,99
67	146,6	450,4	127,4	1,39
68	157,4	447,5	162,1	1,96
69	168,2	450,4	118,0	1,86
70	178,9	447,5	162,1	1,86
71	189,7	450,4	165,0	1,90
72	200,5	447,5	152,4	2,19
73	211,3	450,4	151,1	2,40
74	222,0	447,5	150,4	2,48
75	38,9	456,1	170,7	16,44
76	49,7	453,2	167,8	11,94

77	60,4	456,1	170,7	8,51
78	71,2	453,2	167,8	6,92
79	82,0	456,1	170,7	2,08
80	92,8	453,2	167,8	1,98
81	103,5	456,1	170,7	2,01
82	114,3	453,2	149,0	2,04
83	125,1	456,1	142,5	1,77
84	135,8	453,2	167,8	2,03
85	146,6	456,1	133,1	1,50
86	157,4	453,2	167,8	1,95
87	168,2	456,1	170,7	1,91
88	178,9	453,2	167,8	1,88
89	189,7	456,1	170,7	1,88
90	200,5	453,2	167,6	1,90
91	211,3	456,1	163,9	2,17
92	222,0	453,2	153,4	2,59
93	28,1	458,9	171,9	34,67
94	49,7	458,9	173,5	12,61
95	71,2	458,9	173,5	5,18
96	92,8	458,9	173,5	2,03
97	114,3	458,9	154,7	2,10
98	135,8	458,9	173,5	2,03
99	157,4	458,9	173,5	1,94
100	178,9	458,9	173,5	1,87
101	200,5	458,9	163,4	2,18
102	222,0	458,9	147,2	3,22

VERIFICA TORRE R-GR04

CONDIZIONI ANTE-INTERVENTO



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	41,283249/15,173849
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	155,59 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	530,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	549,48 m
Ordinata vertice destro superiore ys	582,86 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	5,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,5	2,4	0,29
S.L.D.	50,0	0,63	2,45	0,33
S.L.V.	475,0	1,74	2,47	0,43
S.L.C.	975,0	2,35	2,47	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6	0,2	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,756	0,2	0,0154	0,0077
S.L.V.	2,088	0,24	0,0511	0,0256
S.L.C.	2,7336	0,28	0,0781	0,039

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0122
Coefficiente azione sismica verticale	0,0061

Sisma

Coefficiente azione sismica verticale	0,0062
---------------------------------------	--------

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	345,0
2	105,0	350,0
3	165,0	355,0
4	204,0	360,0
5	236,0	365,0
6	278,0	370,0
7	321,0	375,0
8	361,0	380,0
9	401,0	385,0
10	446,0	390,0
11	460,0	392,0
12	480,0	392,0
13	500,0	395,0
14	573,0	400,0
15	694,0	405,0
16	773,0	406,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	328,0
2	105,0	333,0
3	165,0	338,0
4	204,0	343,0
5	236,0	348,0
6	278,0	353,0
7	321,0	358,0
8	361,0	363,0
9	401,0	368,0
10	446,0	373,0
11	460,0	375,0
12	480,0	375,0
13	500,0	378,0
14	573,0	382,0
15	694,0	387,0
16	773,0	388,0

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

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K:

Modulo di Winkler

Strat	c	cu	Fi	G	Gs	K	Litol

o	(kg/c m ²)	(kg/c m ²)	(°)	(Kg/ m ³)	(Kg/ m ³)	(Kg/c m ³)	ogia	
1	0.49	2.95	27	1912	1958	0,00		
2	0.94	3.15	20.5	1913	1927	0,00		

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	7,52
Ascissa centro superficie	391,92 m
Ordinata centro superficie	561,95 m
Raggio superficie	214,93 m

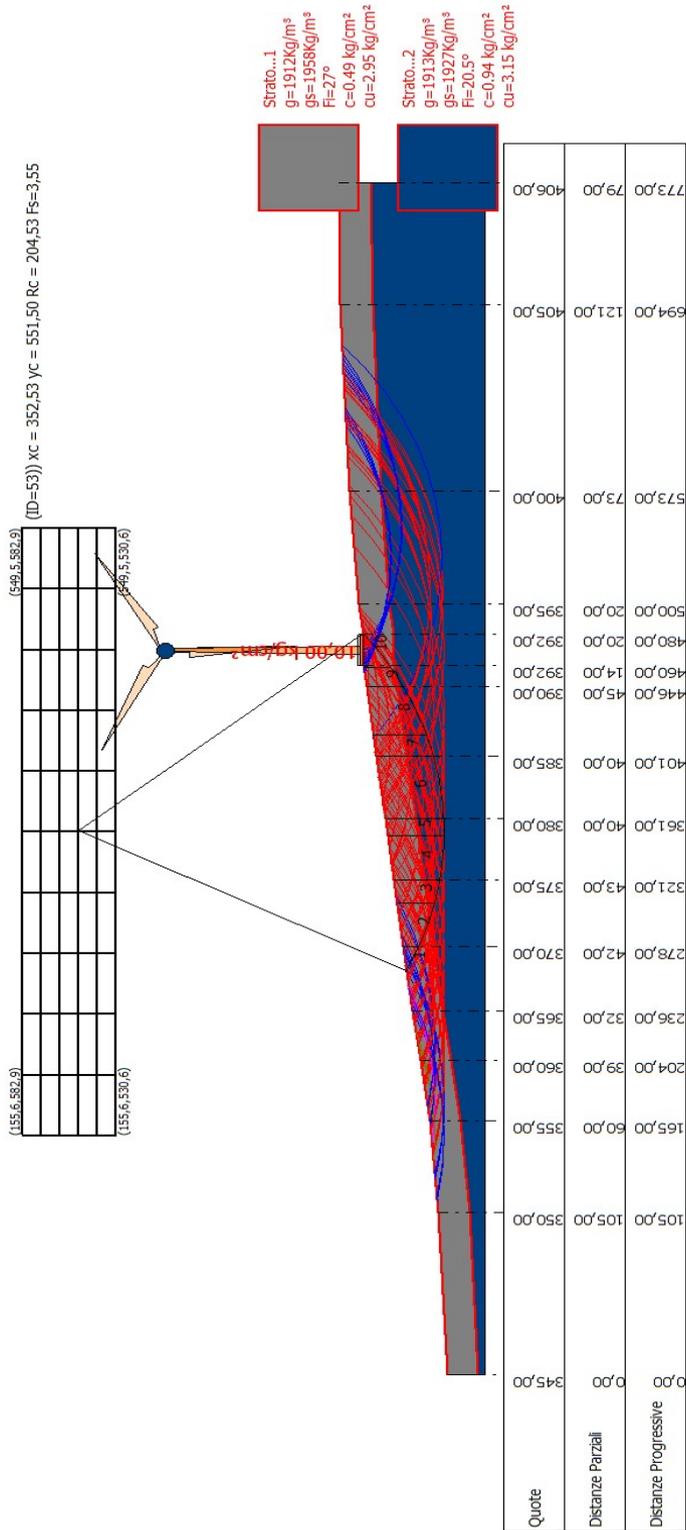
Numero di superfici esaminate...(116)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	155,6	530,6	178,2	84,69
2	175,3	535,8	189,1	19,35
3	195,0	530,6	183,8	15,49
4	214,7	535,8	189,0	13,23
5	234,4	530,6	183,8	12,11
6	254,1	535,8	189,0	11,05
7	273,8	530,6	177,9	13,33
8	293,4	535,8	188,9	9,40
9	313,1	530,6	183,7	9,11
10	332,8	535,8	182,9	10,01
11	352,5	530,6	183,6	7,67
12	372,2	535,8	188,8	7,67
13	391,9	530,6	177,6	8,87
14	411,6	535,8	188,8	7,78
15	431,3	530,6	183,5	7,78
16	451,0	535,8	188,7	8,05
17	470,7	530,6	183,4	8,27
18	490,4	535,8	188,3	8,62
19	510,1	530,6	182,8	9,98
20	529,8	535,8	187,7	9,97
21	549,5	530,6	182,2	10,53
22	155,6	541,0	194,3	27,02
23	175,3	546,3	193,8	36,65
24	195,0	541,0	188,5	24,73
25	214,7	546,3	199,5	13,12
26	234,4	541,0	188,4	16,55
27	254,1	546,3	199,4	10,92
28	273,8	541,0	194,2	10,32
29	293,4	546,3	193,5	12,02
30	313,1	541,0	188,2	10,85
31	332,8	546,3	199,3	8,48
32	352,5	541,0	188,1	9,52
33	372,2	546,3	199,3	7,82
34	391,9	541,0	194,0	7,62
35	411,6	546,3	193,2	8,75
36	431,3	541,0	187,9	8,86
37	451,0	546,3	199,2	7,98
38	470,7	541,0	187,6	9,34
39	490,4	546,3	192,2	9,94
40	510,1	541,0	193,2	9,74
41	529,8	546,3	198,1	9,93
42	549,5	541,0	192,6	10,40
43	155,6	551,5	199,1	78,39
44	175,3	556,7	210,0	18,98
45	195,0	551,5	204,7	15,37
46	214,7	556,7	204,1	19,29
47	234,4	551,5	204,7	11,95
48	254,1	556,7	204,0	14,68
49	273,8	551,5	198,8	13,11

50	293,4	556,7	209,8	9,38
51	313,1	551,5	204,6	9,04
52	332,8	556,7	203,8	10,01
53	352,5	551,5	204,5	7,84
54	372,2	556,7	203,7	9,04
55	391,9	551,5	198,5	8,78
56	411,6	556,7	209,7	7,73
57	431,3	551,5	204,4	7,76
58	451,0	556,7	203,5	9,07
59	470,7	551,5	198,0	9,28
60	490,4	556,7	202,6	9,85
61	510,1	551,5	196,8	10,47
62	529,8	556,7	201,4	11,34
63	549,5	551,5	203,0	10,33
64	155,6	562,0	215,2	25,92
65	175,3	567,2	214,7	35,26
66	195,0	562,0	209,4	24,39
67	214,7	567,2	220,4	13,18
68	234,4	562,0	209,3	16,43
69	254,1	567,2	220,3	10,85
70	273,8	562,0	215,1	10,23
71	293,4	567,2	214,4	11,84
72	313,1	562,0	209,1	10,65
73	332,8	567,2	220,2	8,29
74	352,5	562,0	209,0	9,22
75	372,2	567,2	220,2	7,88
76	391,9	562,0	214,9	7,52
77	411,6	567,2	214,1	8,92
78	431,3	562,0	208,8	8,82
79	451,0	567,2	220,1	7,90
80	470,7	562,0	208,4	9,20
81	490,4	567,2	213,0	9,78
82	510,1	562,0	207,2	10,44
83	529,8	567,2	211,8	11,29
84	549,5	562,0	206,0	12,02
85	155,6	572,4	220,0	72,51
86	175,3	577,6	230,9	18,75
87	195,0	572,4	225,6	15,17
88	214,7	577,6	225,0	19,03
89	234,4	572,4	219,8	16,34
90	254,1	577,6	224,9	14,39
91	273,8	572,4	219,7	12,87
92	293,4	577,6	230,7	9,25
93	313,1	572,4	225,5	8,85
94	332,8	577,6	224,7	9,94
95	352,5	572,4	225,4	8,00
96	372,2	577,6	224,6	9,08
97	391,9	572,4	219,4	8,82
98	411,6	577,6	230,6	7,63
99	431,3	572,4	225,3	7,69
100	451,0	577,6	224,4	9,04
101	470,7	572,4	225,1	8,24
102	490,4	577,6	230,0	8,38
103	510,1	572,4	217,6	10,88
104	529,8	577,6	222,2	11,26
105	549,5	572,4	216,4	12,01
106	155,6	582,9	236,1	25,04
107	195,0	582,9	230,3	23,97
108	234,4	582,9	236,0	11,82
109	273,8	582,9	236,0	10,04
110	313,1	582,9	230,0	10,69
111	352,5	582,9	235,9	7,94
112	391,9	582,9	235,8	7,63
113	431,3	582,9	229,7	8,79
114	470,7	582,9	235,6	8,34
115	510,1	582,9	228,1	10,75
116	549,5	582,9	226,9	11,92

VERIFICA TORRE R-GR04

CONDIZIONI POST-INTERVENTO



Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Normativa	
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	155,59 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	530,6 m
Ascissa vertice destro superiore xs	549,48 m
Ordinata vertice destro superiore ys	582,86 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	5,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,5	2,4	0,29
S.L.D.	50,0	0,63	2,45	0,33
S.L.V.	475,0	1,74	2,47	0,43
S.L.C.	975,0	2,35	2,47	0,44

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,6	0,2	0,0122	0,0061
S.L.D.	0,756	0,2	0,0154	0,0077
S.L.V.	2,088	0,24	0,0511	0,0256
S.L.C.	2,7336	0,28	0,0781	0,039

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0122
Coefficiente azione sismica verticale	0,0061

Sisma

Coefficiente azione sismica verticale	0,0062
---------------------------------------	--------

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	345,0
2	105,0	350,0
3	165,0	355,0
4	204,0	360,0
5	236,0	365,0
6	278,0	370,0
7	321,0	375,0
8	361,0	380,0
9	401,0	385,0
10	446,0	390,0
11	460,0	392,0
12	480,0	392,0
13	500,0	395,0
14	573,0	400,0
15	694,0	405,0
16	773,0	406,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	328,0
2	105,0	333,0
3	165,0	338,0
4	204,0	343,0
5	236,0	348,0
6	278,0	353,0
7	321,0	358,0
8	361,0	363,0
9	401,0	368,0
10	446,0	373,0
11	460,0	375,0
12	480,0	375,0
13	500,0	378,0
14	573,0	382,0
15	694,0	387,0
16	773,0	388,0

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

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/c m ²)	cu (kg/c m ²)	Fi (°)	G (Kg/ m ³)	Gs (Kg/ m ³)	K (Kg/c m ³)	Litol ogia	
1	0.49	2.95	27	1912	1958	0,00		
2	0.94	3.15	20.5	1913	1927	0,00		

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	460	392	480	392	10

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	3,55
Ascissa centro superficie	352,53 m
Ordinata centro superficie	551,5 m
Raggio superficie	204,53 m

Numero di superfici esaminate...(116)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	155,6	530,6	178,2	84,69
2	175,3	535,8	189,1	19,35
3	195,0	530,6	183,8	15,49
4	214,7	535,8	189,0	13,23
5	234,4	530,6	183,8	12,11
6	254,1	535,8	189,0	11,05
7	273,8	530,6	177,9	13,33
8	293,4	535,8	188,9	9,40
9	313,1	530,6	183,7	9,11
10	332,8	535,8	182,9	10,01
11	352,5	530,6	183,6	4,22
12	372,2	535,8	188,8	3,56
13	391,9	530,6	165,5	3,81
14	411,6	535,8	158,6	4,44
15	431,3	530,6	147,1	4,47
16	451,0	535,8	146,1	5,60
17	470,7	530,6	183,4	8,21
18	490,4	535,8	188,3	9,47
19	510,1	530,6	182,8	14,46
20	529,8	535,8	159,1	20,00
21	549,5	530,6	159,8	17,37
22	155,6	541,0	194,3	27,02
23	175,3	546,3	193,8	36,65
24	195,0	541,0	188,5	24,73
25	214,7	546,3	199,5	13,12
26	234,4	541,0	188,4	16,55
27	254,1	546,3	199,4	10,92
28	273,8	541,0	194,2	10,32
29	293,4	546,3	193,5	12,02
30	313,1	541,0	188,2	10,85
31	332,8	546,3	199,3	8,48
32	352,5	541,0	188,1	6,02
33	372,2	546,3	193,3	3,78
34	391,9	541,0	176,0	4,17
35	411,6	546,3	169,0	4,42
36	431,3	541,0	157,6	4,98
37	451,0	546,3	156,5	5,72
38	470,7	541,0	187,6	9,29
39	490,4	546,3	192,2	11,17
40	510,1	541,0	193,2	13,54
41	529,8	546,3	198,1	19,76
42	549,5	541,0	170,2	17,46
43	155,6	551,5	199,1	78,39
44	175,3	556,7	210,0	18,98
45	195,0	551,5	204,7	15,37
46	214,7	556,7	204,1	19,29
47	234,4	551,5	204,7	11,95
48	254,1	556,7	204,0	14,68

49	273,8	551,5	198,8	13,11
50	293,4	556,7	209,8	9,38
51	313,1	551,5	204,6	9,04
52	332,8	556,7	203,8	10,01
53	352,5	551,5	204,5	3,55
54	372,2	556,7	203,7	3,94
55	391,9	551,5	186,4	4,47
56	411,6	556,7	179,5	4,79
57	431,3	551,5	168,0	5,55
58	451,0	556,7	167,0	5,83
59	470,7	551,5	198,0	9,20
60	490,4	556,7	202,6	10,96
61	510,1	551,5	196,8	15,49
62	529,8	556,7	179,9	20,00
63	549,5	551,5	180,6	17,55
64	155,6	562,0	215,2	25,92
65	175,3	567,2	214,7	35,26
66	195,0	562,0	209,4	24,39
67	214,7	567,2	220,4	13,18
68	234,4	562,0	209,3	16,43
69	254,1	567,2	220,3	10,85
70	273,8	562,0	215,1	10,23
71	293,4	567,2	214,4	11,84
72	313,1	562,0	209,1	10,65
73	332,8	567,2	220,2	6,03
74	352,5	562,0	209,0	4,71
75	372,2	567,2	208,2	4,15
76	391,9	562,0	190,9	4,53
77	411,6	567,2	189,9	5,19
78	431,3	562,0	178,5	6,08
79	451,0	567,2	177,4	5,94
80	470,7	562,0	208,4	9,11
81	490,4	567,2	213,0	10,79
82	510,1	562,0	207,2	14,93
83	529,8	567,2	190,3	20,00
84	549,5	562,0	191,1	17,65
85	155,6	572,4	220,0	72,51
86	175,3	577,6	230,9	18,75
87	195,0	572,4	225,6	15,17
88	214,7	577,6	225,0	19,03
89	234,4	572,4	219,8	16,34
90	254,1	577,6	224,9	14,39
91	273,8	572,4	219,7	12,87
92	293,4	577,6	230,7	9,25
93	313,1	572,4	225,5	8,85
94	332,8	577,6	224,7	9,94
95	352,5	572,4	225,4	3,91
96	372,2	577,6	218,6	4,32
97	391,9	572,4	201,3	4,55
98	411,6	577,6	230,6	5,27
99	431,3	572,4	225,3	5,83
100	451,0	577,6	187,9	6,05
101	470,7	572,4	225,1	8,11
102	490,4	577,6	230,0	8,97
103	510,1	572,4	217,6	15,42
104	529,8	577,6	200,7	20,00
105	549,5	572,4	201,5	20,00
106	155,6	582,9	236,1	25,04
107	195,0	582,9	230,3	23,97
108	234,4	582,9	236,0	11,82
109	273,8	582,9	236,0	10,04
110	313,1	582,9	230,0	10,69
111	352,5	582,9	235,9	3,93
112	391,9	582,9	235,8	4,84
113	431,3	582,9	229,7	6,34
114	470,7	582,9	235,6	7,89
115	510,1	582,9	228,1	14,78
116	549,5	582,9	211,9	20,00
