



**SORGENIA RENEWABLES s.r.l.**  
Via A. Algardi n.4, 20148 Milano (MI)

**PROGETTO DEFINITIVO  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO  
RICADENTE NEL COMUNE DI FERRANDINA (MT),  
IN LOCALITA' "SERRA SAN PIETRO" ED OPERE DI  
CONNESSIONE NEL COMUNE DI GARAGUSO (MT)**



Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy  
tel (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net

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

**Tecnico**

Dott. Geol. Antonio De Carlo

**Collaborazioni**

**Responsabile commessa**

Dott. Ing. Danilo Pomponio

| TAVOLA    |            | TITOLO              | COMMESSA         | TIPOLOGIA   |                  |  |
|-----------|------------|---------------------|------------------|-------------|------------------|--|
| A.2.6     |            | RELAZIONE GEOLOGICA | 21062            | D           |                  |  |
| REVISIONE |            |                     | CODICE ELABORATO |             |                  |  |
| 00        |            |                     | DC21062D-V30     |             |                  |  |
| FOGLIO    |            |                     | SOSTITUISCE      |             | SOSTITUITO DA    |  |
| 1/1       |            |                     | CODICE ELABORATO |             | CODICE ELABORATO |  |
|           |            | NOME FILE           |                  | SCALA       |                  |  |
|           |            | DC21062D-V30.doc    |                  |             |                  |  |
| REV       | DATA       | MODIFICA            | DISEGNATO        | CONTROLLATO | APPROVATO        |  |
| 00        | 25/11/2022 | Emissione           | De Carlo         | De Carlo    | De Carlo         |  |
| 01        |            |                     |                  |             |                  |  |
| 02        |            |                     |                  |             |                  |  |
| 03        |            |                     |                  |             |                  |  |
| 04        |            |                     |                  |             |                  |  |
| 05        |            |                     |                  |             |                  |  |



## INDICE ANALITICO

|  |    |
|--|----|
| 1. PREMESSA .....  | 3  |
| 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI .....                          | 6  |
| 3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO .....                               | 8  |
| 4. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE .....              | 11 |
| 4.1. SONDAGGIO MECCANICO .....   | 11 |
| 4.1.1. DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE UTILIZZATE .....                  | 12 |
| 4.1.2. PRELIEVO DI CAMPIONI .....                                      | 13 |
| 4.1.3. ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO .....                | 13 |
| 4.2. PROVE DPSH.....   | 14 |
| 4.3. INDAGINI GEOFISICHE.....  | 14 |
| 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....                            | 16 |
| 6. CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI .....                               | 25 |
| 6.1 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 1.....                             | 25 |
| 6.2 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 2.....                             | 28 |
| 6.3 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 3.....                             | 31 |
| 6.4 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 4.....                             | 34 |
| 6.5 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 5.....                             | 37 |
| 6.6 PROSPEZIONE SISMICA MASW/RE.Mi. 6.....                             | 40 |
| 7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI ..... | 44 |
| 8. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA .....                               | 48 |
| 9. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE ED ALLUVIONE .....                    | 52 |
| 10. MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO DELL'AREA .....            | 53 |
| 11. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA .....                                | 62 |
| 12. VERIFICHE ANALITICHE DELLA STABILITA' DEI VERSANTI .....           | 74 |
| 13. ZONIZZAZIONE DELL'AREA E CONCLUSIONI .....                         | 92 |

### ALLEGATI:

- A.2.7: Stratigrafie dei sondaggi geognostici e report fotografico;
- A.2.8: Analisi e prove geotecniche di laboratorio;
- A.2.9: Indagini Sismiche;
- A.2.10: Relazione di microzonazione sismica;
- A.2.11: Rapporto tecnico delle indagini geotecniche in situ;
- A.2.12: Sezioni Litotecniche;
- A.2.13: Verifiche di stabilità (A.2.13a-b-c-d-e-f-g);
- A.2.14: Planimetria ubicazione delle indagini geologiche (scala 1:5.000);
- A.2.15: Carta Geologica (scala 1:5.000);
- A.2.16: Carta Geomorfologica (scala 1:5.000);
- A.2.17: Carta Idrogeologica (scala 1:5.000);
- A.2.18: Profili geologici (scala 1:5.000);



- A.2.19: Corografia dei bacini (scala 1:10.000);
- A.2.20: Carta di Microzonazione Sismica;
- A.2.21: Carta della Criticità e Pericolosità Geomorfologica.



## 1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla Società **SORGENIA RENEWABLES s.r.l.** lo scrivente ha redatto il presente studio geologico per il "**Progetto definitivo per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT) in Località Serra S. Pietro ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)**".

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da n°11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,8 MW per una potenza complessiva di 52,8 MW, da realizzarsi nella Provincia di Matera, nel territorio comunale di Ferrandina, in cui ricadono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto esterno. La restante parte dell'elettrodotto esterno attraversa i territori comunali di San Mauro Forte, di Salandra e di Garaguso, in quest'ultimo comune ricadono anche le opere di connessione alla RTN.

*Tale studio ha, dunque, lo scopo di inquadrare in maniera puntuale l'area in esame sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico al fine di verificare con il progettista la fattibilità dell'intervento. In tal senso, oltre a verificare macroscopicamente la possibilità di realizzare il progetto sotto il profilo geologico, geomorfologico e geotecnico, è stata programmata una campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette finalizzate alla redazione dello Studio Geologico eseguito in conformità alle normative in vigore ed alla vigente legge urbanistica regionale (L.R. n°23/99) e sismica regionale (L.R n°9/2011 "Tutela, governo ed uso del Territorio" e L.R.n°19/2011). Lo studio è conforme anche al D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla Circolare n°7 del C.S. LL.PP. del 21 gennaio 2019.*

Poiché i terreni di sedime del parco eolico ad oggi sono utilizzati per fini agricoli, si è proceduto allo svolgimento di uno studio idrogeomorfologico che si è sviluppato attraverso tre fasi di approfondimento successive ed interattive:

- analisi geologica e geomorfologica preliminare per la definizione delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e della morfoevoluzione dell'area con ricerca della relativa cartografia tematica;
- analisi di aerofoto stereoscopiche per l'eventuale precisazione del tipo ed entità dei processi denudazionali e morfoevolutivi che potrebbero interagire con le strutture in progetto;
- verifica in sito dei dati acquisiti nelle fasi di studio precedenti e controllo diretto in loco delle caratteristiche e dei parametri geotecnici, sismici e stratigrafici delle successioni litologiche affioranti tramite l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche consistente in:

- 1) n°6 sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati con le sigle S1, S2, S3, S4, S5 e spinti tutti fino alla profondità di 15,00 m dal p.c., ovvero sono stati tutti attestati per molti metri nel substrato geologico;
- 2) n°12 campioni di terreno indisturbati su cui sono state effettuate analisi e prove geotecniche di laboratorio;
- 3) n°5 prove penetrometriche DPSH;
- 4) n°6 prospezioni sismiche attive MASW e passive Re.Mi..

Si è altresì fatto riferimento a dati litologici e geotecnici in possesso dello scrivente, oltre a quelli della letteratura geotecnica, attinenti a terreni appartenenti alla stessa unità litologica e, quindi, con caratteristiche assimilabili a quella dell'area di sedime, sia da un punto di vista litologico, sia fisico-meccanico.

**Tutte le indagini previste ed eseguite, in questa fase *definitiva* della progettazione, sono state distribuite, in modo ragionato, su tutte le aree di interesse progettuale in funzione della morfologia e della geologia, al fine di individuare delle aree omogenee da un punto di vista litotecnico, ovvero individuare delle macro-aree in cui il modello litologico, stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico fosse confrontabile e su cui poi eseguire tutte le verifiche analitiche necessarie a stabilire la fattibilità e le modalità di realizzazione del progetto stesso. Chiaramente, si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto *esecutivo*) la verifica puntuale delle suddette caratteristiche tecniche dei terreni in affioramento, per ogni areale di sedime delle opere comprese in progetto.**

Le elaborazioni cartografiche prodotte in questa fase sono riportate negli allegati di seguito elencati:

- A.2.7: Stratigrafie dei sondaggi geognostici e report fotografico;
- A.2.8: Analisi e prove geotecniche di laboratorio;
- A.2.9: Indagini Sismiche;
- A.2.10: Relazione di microzonazione sismica;
- A.2.11: Rapporto tecnico delle indagini geotecniche in situ;
- A.2.12: Sezioni Litotecniche;
- A.2.13: Verifiche di stabilità (A.2.13a-b-c-d-e-f-g);
- A.2.14: Planimetria ubicazione delle indagini geologiche (scala 1:5.000);
- A.2.15: Carta Geologica (scala 1:5.000);
- A.2.16: Carta Geomorfologica (scala 1:5.000);



- A.2.17: Carta Idrogeologica (scala 1:5.000);
- A.2.18: Profili geologici (scala 1:5.000);
- A.2.19: Corografia dei bacini (scala 1:10.000);
- A.2.20: Carta di Microzonazione Sismica;
- A.2.21: Carta della Criticità e Pericolosità Geomorfologica.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla normativa vigente ed alla documentazione cartografica e bibliografica esistente, di seguito riportate:

### ▪ Normativa di riferimento nazionale:

- L.N. n.64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- D.P.R. n.380/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- O.P.C.M. n.3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- O.P.C.M. n.3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- O.P.C.M. n.3907/2010 "Attuazione dell'art.11 del D.L. 28/04/2009, n.39, convertito con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009, n.77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico";
- D.M. del 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare del C.S.LL.PP. n° 7 del 21.01.2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### ▪ Normativa di riferimento regionale:

- L.R. n.1 del 19 gennaio 2010 "Norme in materia di energia e Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale. D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 L.R. n. 9/2007"
- Norme di Attuazione e Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (aggiornamento 2014) - Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Puglia.
- L.R. n° 38 del 06.08.1997 - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;
- L.R. n° 9 del 16.04.1984;
- Delibera del Consiglio Regionale di Basilicata n° 575 del 04.08.2009;
- L.R. 9/2011 – Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica.

### ▪ Riferimenti cartografici e bibliografici:

- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Foglio 200 "Tricarico";
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Foglio 200 "Tricarico";
- Tavoletta "La Cretagna" 200 II NE, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Tavoletta "Salandra" 200 I SO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M;
- Carta Tecnica Regionale della Basilicata – Elementi nn. 490083– 491131 – 491132 – 491134 – 491144 - 491093, in scala 1:5000;



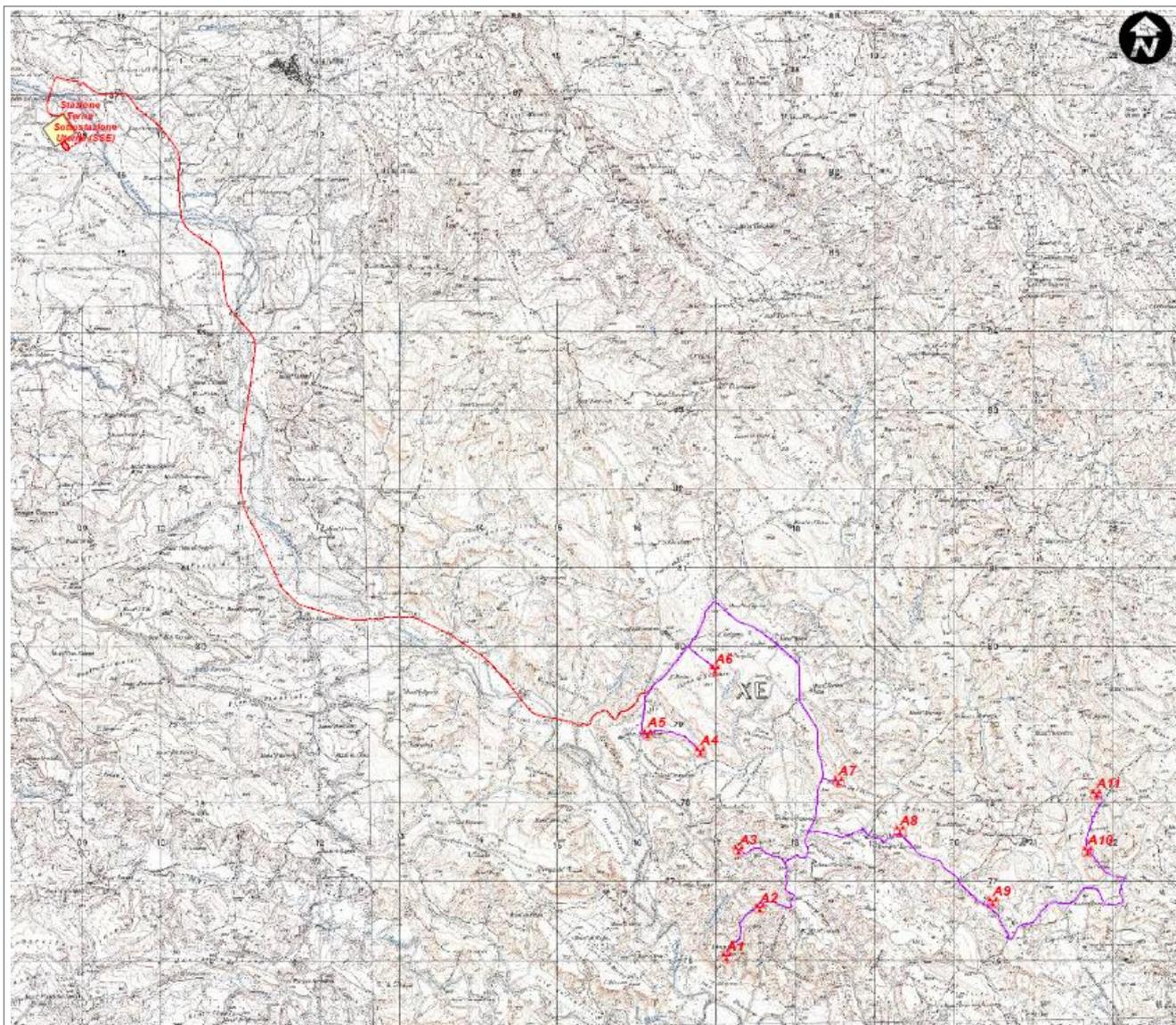
- Piano di Tutela delle Acque della Regione Basilicata. Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale (PIEAR) della Basilicata - BUR n.2 del 16 gennaio 2010;
- Piano Paesistico Regionale (PPR) della Regione Basilicata - <http://ppr.regione.basilicata.it/>;
- Cartografia dei vincoli idrogeologici - R.D.L. 30/12/1923 n.3267 “Legge Forestale”
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico - ex Autorità di Bacino della Basilicata (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Basilicata);
- Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description\\_DBMI15.htm](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_DBMI15.htm).

### 3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO

Il parco eolico sarà ubicato ad una distanza di oltre 5 km dal centro abitato di Ferrandina ed è compreso nel territorio provinciale di Matera e, più precisamente, in Località Serra di S. Pietro, nell'area a sud-ovest del centro abitato di Ferrandina, in cui ricadono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto esterno, mentre la sua restante parte attraversa i territori comunali di San Mauro Forte, di Salandra e di Garaguso; in quest'ultimo comune ricadono anche le opere di connessione alla RTN. Topograficamente le aree di sedime presentano quote variabili da circa 150 m s.l.m., in corrispondenza della turbina A10, a 241 m s.l.m. in corrispondenza della turbina A09.



**Figura 1:** Inquadramento su ortofoto dell'area di realizzazione dell'impianto eolico



**Figura 2:** Inquadramento su CTR dell'area di realizzazione dell'impianto eolico

Dall'analisi della cartografia si evince che l'intero areale coinvolto ricade nel Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Foglio 200 "Tricarico"; nella Tavoleta "La Cretagna" 200 II NE, scala 1:25000 edita dall'I.G.M; nella Tavoleta "Salandra" 200 I SO, scala 1:25000 edita dall'I.G.M; nella Carta Tecnica Regionale della Basilicata – Elementi nn. 490083– 491131 – 491132 – 491134 –491144 - 491093, in scala 1.5000.

Catastalmente, l'area di impianto interessa terreni ubicati nei relativi Fogli del Comune di Ferrandina:

- Foglio N. 83 (p.lle 57 – Aerogeneratore WTG1);
- Foglio N. 83 (p.lle 52 – Aerogeneratore WTG2);
- Foglio N. 75 (p.lle 48 – Aerogeneratore WTG3);
- Foglio N. 75 (p.lle 137 – Aerogeneratore WTG4);
- Foglio N. 75 (p.lle 152 – Aerogeneratore WTG5);

- Foglio N. 73 (p.lla 196 – Aerogeneratore WTG6);
- Foglio N. 74 (p.lla 42 – Aerogeneratore WTG7);
- Foglio N. 76 (p.lla 214 – Aerogeneratore WTG8);
- Foglio N. 86 (p.lla 33 – Aerogeneratore WTG9);
- Foglio N. 87 (p.lla 14 – Aerogeneratore WTG10);
- Foglio N. 77 (p.lla 57 – Aerogeneratore WTG11).

Rispetto alle aree e ad ai siti di valore naturalistico, paesaggistico ed ambientale definiti dal PIEAR (*Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale*) della Basilicata, pubblicato sul BUR n.2 del 16 gennaio 2010, quella di intervento ricade in *aree classificate come idonee*.

Di seguito si riportano le coordinate piane (WGS 1984, UTM Zone 33 N), relative alla posizione di installazione dei singoli aerogeneratori:

| <b>WTG</b> | <b>E</b>   | <b>N</b>  | <b>potenza</b> |
|------------|------------|-----------|----------------|
| <b>01</b>  | 4475842,53 | 617073,48 | 4,8 MW         |
| <b>02</b>  | 4476464,00 | 617490,00 | 4,8 MW         |
| <b>03</b>  | 4477204,82 | 617226,52 | 4,8 MW         |
| <b>04</b>  | 4478453,93 | 616738,27 | 4,8 MW         |
| <b>05</b>  | 4478679,19 | 616076,06 | 4,8 MW         |
| <b>06</b>  | 4479495,00 | 616923,00 | 4,8 MW         |
| <b>07</b>  | 4478071,61 | 618483,90 | 4,8 MW         |
| <b>08</b>  | 4477448,00 | 619258,00 | 4,8 MW         |
| <b>09</b>  | 4476540,00 | 620430,00 | 4,8 MW         |
| <b>10</b>  | 4477190,33 | 621624,61 | 4,8 MW         |
| <b>11</b>  | 4477911,23 | 621730,43 | 4,8 MW         |

#### 4. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Per le finalità del presente studio sono state eseguite delle indagini geognostiche dirette ed indirette di cui se ne descrive di seguito la tipologia, la strumentazione utilizzata e le modalità operative. Le indagini sono state svolte in conformità a quanto disposto dal D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le Costruzioni”, oltre che secondo le regole tecnologiche dell’ANISIG. Sono state anche consultate le indagini geognostiche eseguite per lo stesso parco eolico, a firma del collega Dott. De Conte, oltre a quelle effettuate dallo scrivente per alcuni campi fotovoltaici ricadenti in aree limitrofe a quelle in progetto.

Come già accennato le indagini previste ed eseguite, in questa fase *definitiva* della progettazione, sono state distribuite, in modo ragionato, su tutte le aree di interesse progettuale in funzione della morfologia e della geologia, al fine di individuare delle aree omogenee da un punto di vista litotecnico, ovvero di individuare delle macro-aree in cui il modello litologico, stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico fosse confrontabile e su cui poi eseguire tutte le verifiche analitiche necessarie a stabilire la fattibilità e le modalità di realizzazione del progetto stesso.

Le stesse sono state finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico ed a costituire un primo elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici, in conformità a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018. Infatti, sulla base degli esiti delle stesse indagini, è stato possibile identificare e/o confermare le formazioni ed i litotipi già individuati nel rilievo di superficie, la struttura del sottosuolo, i caratteri fisico-meccanici dei terreni e caratterizzare gli aspetti idrogeologici e geomorfologici, quindi i livelli conseguenti delle pericolosità geologiche del territorio. La loro ubicazione è riportata nella cartografia tematica allegata (cfr. **A.2.14: Planimetria ubicazione delle indagini geologiche** (scala 1:5.000)).

##### 4.1. SONDAGGIO MECCANICO

Allo scopo di acquisire informazioni litostratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche sul volume significativo di sottosuolo interagente con le opere in progetto, sono stati eseguiti n°6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 15,00 m dal p.c.. Le perforazioni sono state effettuate dalla ditta Trivel Sondaggi srl di Napoli. Nella tabella 01 è riportato il sondaggio con la relativa sigla d’identificazione, la data di realizzazione e la profondità d’investigazione.

| Sigla sondaggio | Data di esecuzione |            | Profondità (m. dal p.c.) | Ditta esecutrice    |
|-----------------|--------------------|------------|--------------------------|---------------------|
|                 | Inizio             | Fine       |                          |                     |
| S1              | 24/10/2022         | 24/10/2022 | 15.00                    | Trivel Sondaggi srl |
| S2              | 24/10/2022         | 24/10/2022 | 15.00                    |                     |
| S3              | 24/10/2022         | 24/10/2022 | 15.00                    |                     |
| S4              | 25/10/2022         | 25/10/2022 | 15.00                    |                     |
| S5              | 25/10/2022         | 25/10/2022 | 15.00                    |                     |
| S6              | 25/10/2022         | 25/10/2022 | 15.00                    |                     |

Tabella 1 – Sondaggi meccanici eseguiti

#### 4.1.1. DESCRIZIONE DELLE METODOLOGIE UTILIZZATE

I fori sono stati eseguiti utilizzando una sonda CMV K400. La perforazione adottata per i sondaggi è stata a carotaggio continuo con metodo di avanzamento idraulico. L'utensile di perforazione utilizzato è stato il carotiere semplice, diametro nominale  $\varnothing_{est} = 101$  mm, lunghezza utile  $L = 300$  cm. La colonna di rivestimento del foro è stata realizzata con tubazioni metalliche da 150 cm di lunghezza e diametro  $\varnothing 127$  mm; mentre le aste di perforazione di diametro  $\varnothing 76$  mm e lunghezze di 150 cm e 300 cm a seconda delle necessità di manovra. Il carotaggio è stato eseguito a secco, utilizzando l'acqua come fluido di perforazione solo per agevolare l'avanzamento del carotiere. La percentuale di carotaggio è risultata quasi sempre elevata, compresa tra 80-90% e contemporaneamente all'approfondimento della trivellazione sono stati calati tubi di rivestimento  $\varnothing 127$  mm a protezione della bocca foro ed in prossimità dei litotipi particolarmente instabili o rigonfianti. Le carote estratte nel corso delle terebrazioni sono state stipate in apposite cassette catalogatrici in plastica munite di scomparti divisori e coperchio. Esse, siglate e fotografate immediatamente dopo il loro riempimento, sono state accatastate in prossimità dei sondaggi realizzati, restando a disposizione per la visione. Per i sondaggi a carotaggio continuo è stata redatta una "stratigrafia litotecnica" contenente i dati identificativi del sito, il tipo di macchina utilizzato e le informazioni sulla natura e sulle caratteristiche dei terreni attraversati, con riferimento allo stato di consistenza/addensamento dei terreni a carattere coesivo e al TCR (percentuale di carotaggio totale, data dal rapporto percentuale tra la lunghezza delle carote estratte e la lunghezza della manovra di carotaggio o battuta). Nell'Allegato: **A.2.7: Stratigrafie dei sondaggi**

**geognostici e report fotografico** si riportano le stratigrafie ed il report fotografico delle attività svolte, delle postazioni di sondaggio e delle cassette catalogatrici.

#### 4.1.2. PRELIEVO DI CAMPIONI

Compatibilmente con la natura litologica dei terreni attraversati, sono stati prelevati campioni da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio. In particolare, sono stati prelevati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby n°12 campioni indisturbati. La profondità di prelievo è stata “tarata” in modo da avere indicazioni geotecniche confrontabili per la stessa unità formazionale presente nelle varie colonne stratigrafiche. Le rispettive profondità di campionamento e sigle sono riportate in Tabella 2:

| Sigla sondaggio | Profondità (m. dal p.c.) | Sigla campione | Profondità di prelievo C.I. (m. dal p.c.) |
|-----------------|--------------------------|----------------|---|
| S1              | 15.00                    | C1-S1          | 5.40-5.70                                 |
|                 |                          | C2- S1         | 9.00-9.30                                 |
| S2              | 15.00                    | C1-S2          | 3.50-4.00                                 |
|                 |                          | C2- S2         | 3.30-3.60                                 |
| S3              | 15.00                    | C1-S3          | 3.30-3.70                                 |
|                 |                          | C2- S3         | 10.00-10.40                               |
| S4              | 15.00                    | C1-S4          | 4.00-4.40                                 |
|                 |                          | C2- S4         | 13.00-13.40                               |
| S5              | 15.00                    | C1-S5          | 3.50-4.00                                 |
|                 |                          | C2- S5         | 8.50-8.90                                 |
| S6              | 15.00                    | C1-S6          | 8.00-8.40                                 |
|                 |                          | C2- S6         | 12.00-12.40                               |

**Tabella 2:** Sondaggio meccanico: profondità di prelievo dei campioni

#### 4.1.3. ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Le analisi e prove geotecniche di laboratorio sui campioni di terra prelevati durante le perforazioni sono state eseguite e certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001, facente parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Laborgeo s.r.l. con sede in Matera. In accordo al programma di indagini previsto e compatibilmente con le effettive proprietà litotecniche dei materiali, sono stati determinati i parametri fisico-meccanici di identificazione e di resistenza meccanica (determinazione di proprietà indice e di stato; Prove di Taglio). I relativi risultati saranno discussi in apposito capitolo, mentre per il dettaglio dei risultati si rimanda ai certificati contenuti nell'**All. A.2.8: Analisi e prove geotecniche di laboratorio**.

## 4.2. PROVE DPSH

Al fine di caratterizzare da un punto di vista litologico-stratigrafico anche quelle aree non indagate con i sondaggi a carotaggio continuo, sono state eseguite n°5 prove penetrometriche in situ del tipo DPSH. Le prove sono state effettuate in data 28/10/2022 con un penetrometro TG 63-200 PAGANI dotata di massa battente del peso di 63,5 Kg in caduta libera da un'altezza di 75 cm.

| Sigla prova | Data di esecuzione | Profondità max raggiunta (m. dal p.c.) | Ditta esecutrice        |
|-------------|--------------------|--|-------------------------|
| DPSH1       | 28/10/2022         | 9.80                                   | Engineering Geology srl |
| DPSH2       | 28/10/2022         | 6.40                                   |                         |
| DPSH3       | 28/10/2022         | 4.60                                   |                         |
| DPSH4       | 28/10/2022         | 11.80                                  |                         |
| DPSH5       | 28/10/2022         | 5.20                                   |                         |

**Tabella 4:** Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Le prove penetrometriche DPSH sono state stoppate alla profondità massima indicata nella Tabella 4, infatti la presenza di litotipi argillosi competenti, come meglio si dirà in apposito capitolo, non ha permesso di scendere oltre tali profondità, in quanto la prova è andata a "rifiuto". Per il dettaglio dei risultati relativo a tali indagini si rimanda alla consultazione dell'Allegato **A.2.11: Rapporto tecnico delle indagini geotecniche in situ.**

## 4.3. INDAGINI GEOFISICHE

Gli stendimenti sono stati finalizzati all'acquisizione di dati di sismica attiva MASW, tuttavia sugli stessi sono stati anche registrati segnali in sismica passiva utili all'inversione mediante tecnica Re.Mi., in modo da ottenere, mediante tecniche diverse ed acquisizioni a diversa frequenza di campionamento, un modello rappresentativo del comportamento sismico del sottosuolo. In fase di pianificazione delle indagini infatti, è stato ritenuto opportuno l'acquisizione di segnali sismici con diverse tecniche geofisiche in modo da avere diversi set di dati ridondanti che riducano al minimo l'influenza del *noise* antropico o dei rumori generati da disturbi elettromagnetici e/o correnti vaganti, ed ottenere una curva di dispersione che identifichi in modo univoco l'andamento verticale delle onde sismiche di taglio nel sottosuolo.

Le indagini sono state eseguite con lo scopo di acquisire i dati necessari utili alla definizione del profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) e, di conseguenza, del parametro  $V_{s,eq}$ , così come definito dal paragrafo 3.2.2 dell'Aggiornamento 2018 delle NTC. Il modello sismico

monodimensionale costituisce, infatti, l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni locali di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni in accordo alla normativa vigente (D.M. 17.01.2018 – L.R. 9/2011).

In dettaglio sono state eseguite:

- n°6 prospezione sismica attiva di tipo MASW e passiva Re.Mi denominate con le sigle MASW/Re.Mi 1, MASW/Re.Mi 2, MASW/Re.Mi 3, MASW/Re.Mi 4, MASW/Re.Mi 5, MASW/Re.Mi 6 eseguite rispettivamente presso l'Aerogeneratore 5, 6, 7, 3, 8 e SSE.

Dai dati sismici, si sono altresì, ricavate informazioni utili per elaborare la carta di microzonazione sismica nonché per definire, mediante analisi numeriche, la risposta sismica locale ai sensi della L.R. 9/2011 e secondo le indicazioni contenute negli Indirizzi e *Criteri per la Microzonazione Sismica*.

Per tutto quanto attiene ai risultati delle indagini eseguite si rimanda all'Allegato **A.2.9: Indagini Sismiche**, nel quale si riportano i relativi certificati e le modalità operative e strumentali.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) ed i depositi che vi affiorano fanno parte del ciclo deposizionale plio-pleistocenico dell'Avanfossa Bradanica, serie regressiva e trasgressiva sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica.

La Fossa Bradanica è un bacino di sedimentazione plio-pleistocenico (3-1,5 Ma) compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest, ed il Gargano e le Murge ad est. La fisiografia di quest'area di sedimentazione è definita ad occidente da un margine interno, a sedimentazione silicoclastica, e a oriente da un margine esterno, a sedimentazione carbonatica. Il primo è costituito dai *thrust* attivi appenninici che deformano unità, prevalentemente terziarie, già accavallatesi sui depositi di avanfossa pliocenici autoctoni, ed è caratterizzato da una parte interna (con una zona emersa ed una sommersa, rappresentata da una ristretta piattaforma), ad alto gradiente ed in sollevamento, e da una parte esterna, costituita da scarpata e da bacino, in forte subsidenza. Per questi motivi il margine interno è interessato da alti tassi di sedimentazione silicoclastica.

In questo quadro paleogeografico si è formato il complesso di sedimenti che costituisce la nota successione della Fossa Bradanica. Questa è costituita da depositi le cui litologie, facies e spessori variano in funzione della loro posizione rispetto ai due margini sopra descritti e che possono schematicamente essere ricondotti a:

- successioni silicoclastiche connesse al margine occidentale del bacino.
- successioni carbonatiche connesse al margine orientale del bacino.
- successioni silicoclastiche e miste di colmamento del bacino.

Le successioni silicoclastiche sono essenzialmente costituite da notevoli spessori di sedimenti siltoso-argillosi con livelli sabbiosi (Argille Subappennine), all'interno dei quali si rinvencono isolati corpi ghiaiosi deltizi (Conglomerato di Serra del Cedro).

Le successioni carbonatiche sono rappresentate dalla nota unità della Calcarenite di Gravina, costituita da biocalcareniti e biocalciruditi intrabacinali e/o da calciruditi terrigene. Queste passano in alto, per alternanze, alle Argille Subappennine. Le due unità ora descritte costituiscono i termini trasgressivi della successione della Fossa Bradanica, dovuti al lento e progressivo annegamento della rampa regionale e all'approfondimento batimetrico del bacino.

Le successioni silicoclastiche e miste di colmamento rappresentano la parte alta del ciclo sedimentario bradanico e sono costituite da unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o miste.

Queste poggiano stratigraficamente sulle Argille Subappennine, con passaggio graduale e rapido o con contatto erosivo, e sono denominate Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina. Nel complesso tali successioni rappresentano i termini regressivi bradanici, legati alla successiva fase di emersione dell'avanfossa.

Riguardo all'assetto dei depositi bradanici, seguendo una sezione trasversale allo sviluppo del bacino, risulta che i corpi sedimentari del margine ovest sono inclinati ( $25/30^\circ$ ) verso l'asse e tendono gradualmente all'orizzontalità superato l'asse del bacino. Gli altri sedimenti (parte alta delle Argille Subappennine, Calcarenite di Gravina ed il complesso dei depositi regressivi) presentano assetto orizzontale e se mostrano deboli immersioni ( $10^\circ$ ) verso l'asse, queste sono dovute a tettonica sin-sedimentaria.

La Fossa Bradanica è solcata longitudinalmente dal Fiume Bradano e dal Fiume Basento. Le valli di tali fiumi presentano, nei tratti medi ed inferiori, a diverse altezze, dei depositi alluvionali terrazzati. Questi si sono depositati nel Pleistocene medio-superiore a causa di sollevamenti dell'area e di variazioni del livello marino. Generalmente poggiano sulle Argille Subappennine e sono costituiti da terrazzi di tipo poligenico, aventi superfici subpianeggianti, leggermente inclinate verso l'alveo e limitate da scarpate ripide, e rappresentati, prevalentemente, da ghiaie e ciottoli con lenti sabbioso-limose; tali depositi hanno spessore limitato.

Nel settore occidentale affiorano i depositi arenaceo-conglomeratici del Miocene medio-superiore costituiti da depositi sedimentati da flussi gravitativi in ambiente di conoide sottomarina, rappresentati da: arenarie arcosiche in strati e banchi con intercalazioni di livelli conglomeratici, di spessore da metrico a decametrico, e di argille siltose e siltiti con intercalazioni di arenarie arcosiche. Nell'area affiorano anche lembi tettonizzati di depositi argillosi e argilloso marnosi variegati e generalmente scagliettati, con intercalazioni più o meno frequenti di strati calcarenitici, riferiti in letteratura al Miocene inferiore – Cretaceo superiore.

Procedendo verso Est i terreni pleistocenici sono ricoperti da lembi di depositi alluvionali, presenti in terrazzamenti di diverso ordine disposti a quote diverse. Tali depositi, presenti sui fianchi e sul fondo delle valli, sono costituiti da sabbie limose con lenti, a luoghi molto spesse, di ciottoli di provenienza appenninica; rappresentano gli effetti dell'alternanza di fasi deposizionali e fasi erosionali direttamente connesse con il sollevamento regionale.

Strettamente agli areali di sedime del parco eolico, la definizione litologica e stratigrafica dei terreni affioranti nell'area di studio ha necessitato di un rilevamento geologico di campagna più ampio rispetto ai settori di versante interessati dal progetto. Ciò in quanto tali terreni risultano poco esposti per la sistematica presenza di *coltri humificate di terreno agrario*. Inoltre, da un punto di vista geologico-tecnico e per la finalità del presente lavoro, come anticipato, sono stati terebrati n° 6 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, oltre ad indagini in situ e geofisiche che hanno permesso di individuare i litotipi di seguito descritti. Le caratteristiche peculiari delle formazioni, come anche riportato nella Carta Geologica in scala 1:5000 (elaborato A.2.15) e schematizzato nell'elaborato Profili Geologici (A.2.18) sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

**a) Depositi Alluvionali attuali del Torrente Salandrella (*Attuale*)**

Rappresentano i materiali rilevabili all'interno dell'alveo del Torrente Salandrella e depositi dallo stesso corso d'acqua durante la sua dinamica fluviale. Sono costituiti da sedimenti provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero dello stesso torrente e si presentano sciolti, ghiaiosi con ciottoli eterometrici e poligenici, arrotondati, e sabbie grossolane grigiastre con limo spesso sotto forma di corpi lenticolari ed in eteropia di facies. Si presentano generalmente ben addensati, non plastici e sono rilevabili per la maggior parte sotto il pelo libero dell'acqua del fiume.

**b) Depositi Alluvionali recenti del Torrente Salandrella (*Recente*)**

**Rappresentano i terreni di fondazione della SSE in progetto.** Si tratta di materiale alluvionale deposto dal corso d'acqua dal Pleistocene nell'antica piana alluvionale. Affiorano praticamente in tutto il sito di sedime. Risultano essere costituiti da successioni eteropiche di limi ed argille, originatesi per fenomeni di decantazione nella allora piana alluvionale, conseguentemente ad episodi di alluvionamento, e di depositi ghiaiosi in matrice argilloso-limosa e/o sabbiosa, con ciottoli calcarei calcareo-marnosi e silicei provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero del Torrente Salandrella. I materiali di che trattasi, molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. Anche granulometricamente la frazione prevalente è alquanto variabile da punto a punto con la prevalenza o subordinazione della ghiaia, del limo, della sabbia e dell'argilla. Da un punto di vista litotecnico è possibile differenziare i depositi alluvionali, in questo settore dell'asta torrentizia, in due facies:

### 1) **Facies Limoso-Argillosa**

In questo gruppo vengono associate le alluvioni costituite da limi ed argille organiche. Più in dettaglio, trattasi di limi con argilla con sostanze organiche diffuse e/o zone torbose. La granulometria generalmente presenta come frazione prevalente il “limo” con sensibili percentuali di “argilla” (> 15%) e code nel campo della “sabbia”. Si tratta generalmente di terreni a bassa consistenza, di colore marroncino o grigiastro se carotate in profondità, plastiche con microstrutture di laminazione. A luoghi si rinvencono lenti di sabbie limose o livelletti di ghiaietto.

### 2) **Facies Sabbioso-Ghiaiosa:**

Si tratta di livelli di sabbie limose e sabbie argillose e ghiaiose grossolane o medio fini con ciottoli sparsi e/o livelli lenticolari di ghiaie in matrice limosa. Sono possibili eteropie di facies sia lungo la verticale che in orizzontale. Le proprietà geomeccaniche variano in relazione alla componente preponderante, con valori di deformazione crescenti e, quindi, parametri geotecnici (coesione e attrito interno) minori all'aumentare della frazione argilloso-limosa.

*Alla luce delle considerazioni appena fatte, nell'ambito della superficie di appoggio del corpo fondazioni possono affiorare localmente in modo differente livelli limoso-argillosi o livelli più grossolani costituiti da sabbie o limi che fanno da matrice ad un materiale ghiaioso. Questo contesto implica un marcato carattere di eterogeneità ed anisotropia sia verticale che orizzontale in senso litologico e fisico-meccanico che si potrebbe esplicare con un pericoloso comportamento differenziale delle fondazioni se non ben progettate.*

### c) **Argille Subappennine (Pliocene - Calabriano)**

Per la maggior parte del parco eolico (**Aerogeneratori A1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 8 – 10 - 11**) i terreni di sedime sono rappresentati da facies in prevalenza limoso-argillose, contenenti numerosi orizzonti con resti faunistici di mare basso. In generale questi litotipi sono caratterizzati da una grande omogeneità laterale e verticale e sono costituiti da alternanze di strati e livelli di limo argilloso, di argille limose grigio-chiare e di sabbie-argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi o argilloso-siltosi caratterizzati di norma da una laminazione parallela. A più altezze si rinvencono corpi lenticolari, di spessore inferiore al metro, costituiti da microconglomerati a matrice sabbiosa, gradati e talora amalgamati. Non di rado si intercalano strati decimetrici di siltiti ed arenarie. Granulometricamente affiora come un'alternanza di livelli costituiti da argille sabbiose o limose oppure da limi-argillosi con sabbia. A luoghi in questi livelli prevale esclusivamente la componente pelitica o

quella sabbiosa. Gli orizzonti argillosi si presentano molto coesivi, consistenti e per niente plastici, mentre quelli sabbiosi affiorano ben addensati. Abbondanti sono le intercalazioni di resti fossiliferi carbonatici. La struttura dell'insieme è tale da far ritenere verosimilmente che questi terreni siano stati interessati da forti sollecitazioni meccaniche, anche di tipo ciclico, originate da varie fasi tettoniche. Nella massa sono distinguibili discontinuità primarie connesse alle fasi di deposizione dei sedimenti, quali le superfici di strato, e discontinuità secondarie prodotte da sollecitazioni successive alla deposizione, quali giunti e fessure a geometria discontinua. Queste ultime sembrano per lo più dovute a sforzi di taglio e non di trazione. Lo spessore totale dell'Unità pliocenica in parola si aggira sui 100-metri circa. **Da un punto di vista applicativo i terreni appena descritti saranno indicati come Substrato s.s. (Litofacies Argillosa-Siltosa).**

**I livelli più superficiali che si presentano alterati, invece, saranno definiti come Substrato alterato (Litofacies Argillosa-Siltosa alterata):** rappresenta il prodotto dell'alterazione chimica del substrato in posto, dei processi morfoevolutivi che marcatamente hanno interessato nei tempi non solo l'area in parola, ma buona parte dei versanti in cui affiora tale unità litologica. E' costituito da argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi di tonalità giallastro-marroncina per alterazione con venature grigiastre e brunastre. A luoghi si rilevano intercalazioni di livelli limosi di colorazione brunastra. Sono stati anche rilevati resti carboniosi e frammenti fossiliferi carbonatici. Sono stati anche rilevati resti carboniosi e frammenti fossiliferi carbonatici. Pur risultando alterati e granulometricamente eterogenei con percentuali di argilla non trascurabili, questi materiali affiorano ben addensati, discretamente compatti, mostrando una compressibilità e plasticità medio-bassa. Questi caratteri migliorano sensibilmente all'aumentare della profondità. Caratteristica peculiare è la fessurazione strutturata in reticoli che ripartiscono il terreno in blocchi e zolle. Tali caratteristiche influiscono, come noto, non solo sulla permeabilità, quanto sul comportamento meccanico.

A copertura dei terreni di substrato, a luoghi sono stati rilevati lembi di **Terrazzi Alluvionali** dello spessore variabile da 1.00 al massimo di 10.00 m, costituiti da sabbie limose a cui si intercalano livelli ghiaiosi. Le caratteristiche litotecniche di questi materiali sono buoni, in quanto si presentano ben addensati, non compressibili e non plastici. Questi ultimi terreni sono il sedime di fondazione della turbina A5 e A9.

#### d) Formazione di Serra Palazzo (Serravalliano Sup. - Tortoniano Sup.)

Lambisce a luoghi il cavidotto. E' costituita da alternanze di calcilutiti bianche sottilmente stratificate, argille ed argille siltose laminate, marne argillose, marne calcaree con intercalazioni di calcareniti, a grana media e calciruditi bioclastiche in strati decimetrici canalizzati e con base erosiva, organizzati in corpi lenticolari spessi da 60 cm a 10 metri. La facies è riferibile ad un ambiente pelagico a sedimentazione torbidity, prossimo alla base di una scarpata. Lo spessore affiorante varia tra 50 metri e 250 metri.

Di seguito si riporta lo stralcio del Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) in cui vengono mostrati il terreno di sedime del parco eolico, il cavidotto e la sottostazione (Fig 03).

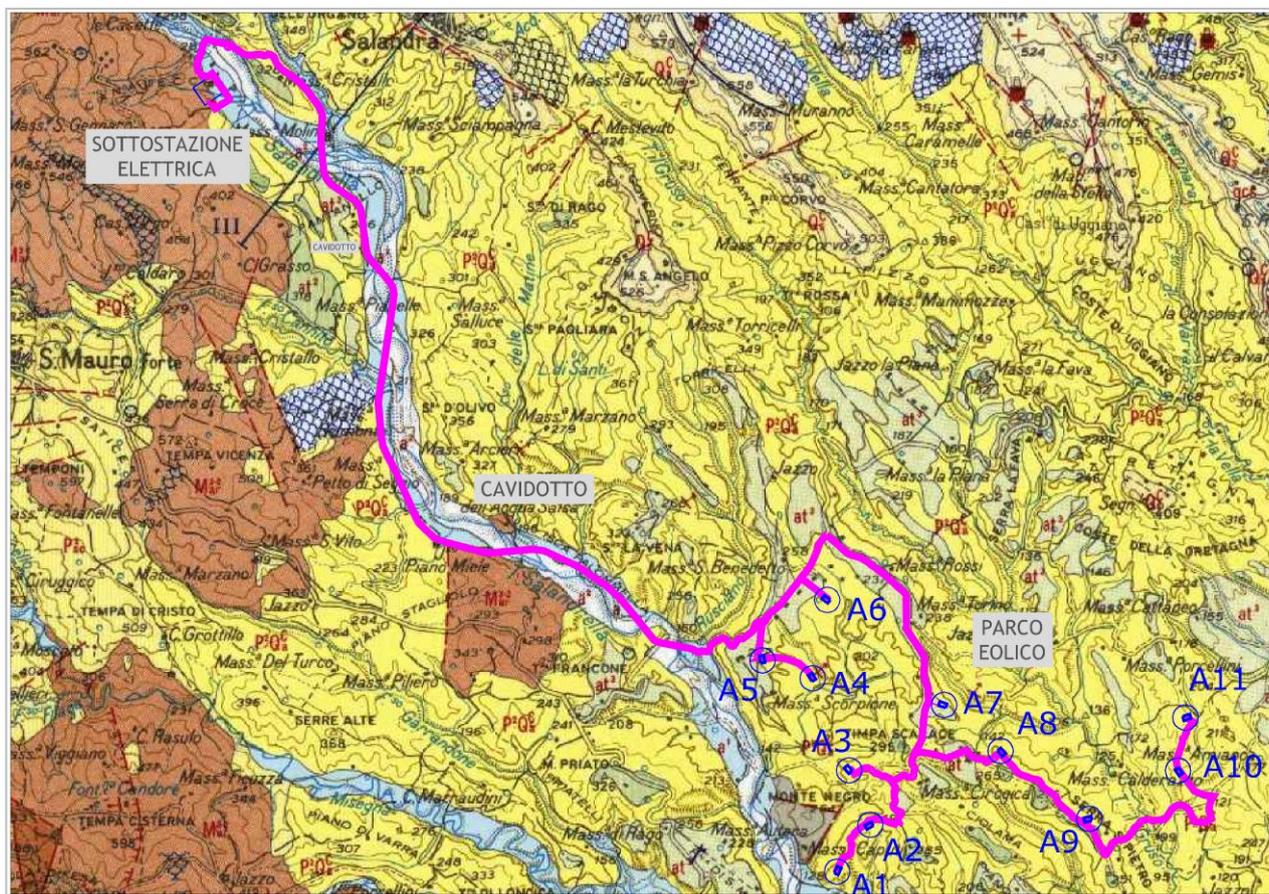


Figura 03: Stralcio del Foglio 200 "Tricarico" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000 relativo al sito di progetto

Da un punto di vista strettamente litotecnico, qui di seguito si riporta la descrizione dei litotipi direttamente carotati nell'area di sedime durante l'esecuzione dei n°6 sondaggi geognostici:

### Sondaggio geognostico: S1

E' stato eseguito nell'area di sedime della SSE. Durante l'esecuzione del sondaggio S1, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 4.40, i **Depositi Alluvionali** che risultano costituiti da ghiaia in matrice sabbioso-limosa, a luoghi anche con argilla, di colore marroncino-brunastro. I ciottoli sono eterometrici, con dimensioni variabili da qualche millimetro fino ad un max di un decimetro; sono poligenici (prevalentemente di natura arenacea e calcarea), da subarrotondati a subangolari. Si presentano mediamente addensati ed asciutti, mentre con la profondità aumenta sia il grado di addensamento che l'umidità (fino a saturi). Da 0.00 m a 1.00 m terreno vegetale brunastro, humificato. Durante la perforazione non è stata rilevata presenza di acqua.

Da 4.40 m fino a m 15.00 è stato carotato il **Substrato** afferente la **Substrato Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

### Sondaggio geognostico: S2

E' stato eseguito in un'area baricentrica agli aerogeneratori A4, A5. Durante l'esecuzione del sondaggio S2, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 9.20, il **Substrato alterato: Litofacies Argilloso-Siltosa alterata** che risulta costituita da un'alternanza di limi argillosi, argille limose a luoghi sabbiose. Si presentano mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Risultano umide al tatto. Assumono una colorazione variabile dal marroncino al giallo oca con venature grigiastre. Sono stati rilevati livelli decimetrici prevalentemente argillosi o limoso sabbiosi. La struttura, dove è apprezzabile, è costituita da una laminazione piano parallela. A luoghi le carote risultano disturbate dai lavori di perforazione e dell'acqua di circolazione. Da m 9.20 a fondo foro (15.00 m) è stato carotato il **Substrato** afferente la **Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

### **Sondaggio geognostico: S3**

E' stato eseguito nei pressi della turbina A3. Durante l'esecuzione del sondaggio S3, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 2.00, il **Substrato alterato: Litofacies Argilloso-Siltosa alterata** che risulta costituita da un'alternanza di limi argillosi, argille limose a luoghi sabbiose. Si presentano mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Risultano umide al tatto. Assumono una colorazione variabile dal marroncino al giallo oca con venature grigiastre. Sono stati rilevati livelli decimetrici prevalentemente argillosi o limoso sabbiosi. La struttura, dove è apprezzabile, è costituita da una laminazione piano parallela. A luoghi le carote risultano disturbate dai lavori di perforazione e dell'acqua di circolazione. Da m 2.00 a fondo foro (15.00 m) è stato carotato il **Substrato** afferente la **Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

### **Sondaggio geognostico: S4**

E' stato eseguito nei pressi della turbina A4. Durante l'esecuzione del sondaggio S4, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 9.00, il **Substrato alterato: Litofacies Argilloso-Siltosa alterata** che risulta costituita da un'alternanza di limi argillosi, argille limose a luoghi sabbiose. Si presentano mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Risultano umide al tatto. Assumono una colorazione variabile dal marroncino al giallo oca con venature grigiastre. Sono stati rilevati livelli decimetrici prevalentemente argillosi o limoso sabbiosi. La struttura, dove è apprezzabile, è costituita da una laminazione piano parallela. A luoghi le carote risultano disturbate dai lavori di perforazione e dell'acqua di circolazione. Da m 9.00 a fondo foro (15.00 m) è stato carotato il **Substrato** afferente la **Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

### **Sondaggio geognostico: S5**

E' stato nei pressi della turbina A8. Durante l'esecuzione del sondaggio S5, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 6.40, il **Substrato alterato: Litofacies Argilloso-Siltosa alterata** che risulta costituita da un'alternanza di limi argillosi, argille limose a luoghi sabbiose. Si presentano mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Risultano umide al tatto. Assumono una colorazione variabile dal marroncino al giallo ocra con venature grigiastre. Sono stati rilevati livelli decimetrici prevalentemente argillosi o limoso sabbiosi. La struttura, dove è apprezzabile, è costituita da una laminazione piano parallela. A luoghi le carote risultano disturbate dai lavori di perforazione e dell'acqua di circolazione. Da m 6.40 a fondo foro (15.00 m) è stato carotato il **Substrato** afferente la **Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

### **Sondaggio geognostico: S6**

E' stato eseguito nei pressi della turbina A9. Durante l'esecuzione del sondaggio S6, sono stati carotati, dal p.c. fino a m 7.00, i **Terrazzi Alluvionali** rappresentati da ghiaia costituita da ciottoli poligenici ed eterometrici di dimensioni variabili dal centimetro al decimetro in una matrice sabbioso limosa. Il tutto si presenta caotico e disturbato dai lavori di perforazione. Nei livelli meno disturbati si nota un buon addensamento, poca plasticità e poca compressibilità. Assumono una colorazione marroncina.

Da m 7.00 a fondo foro (15.00 m) è stato carotato il **Substrato** afferente la **Litofacies Argilloso-Siltosa** costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili. Si rileva una laminazione piano parallela ma non sempre apprezzabile. La colorazione del materiale prevalentemente è grigiastra. Le carote risultano asciutte al tatto, mentre a luoghi presentano evidenze di disturbo dovuto ai lavori di perforazione.

## 6. CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

Al fine di integrare i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti, per definire profondità e geometrie del rifratore/i e per valutare la risposta sismoelastica dei terreni presenti, sono state eseguite n°6 prospezioni sismiche attive di tipo MASW e passive di tipo Re.Mi., ubicate nell'area di interesse così come indicato nell'Allegato: **A.2.14: Planimetria ubicazione delle indagini geologiche.**

### 6.1 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 1



LEGENDA:

MASW/Re.Mi.

Prospezione sismica MASW e Re.Mi.

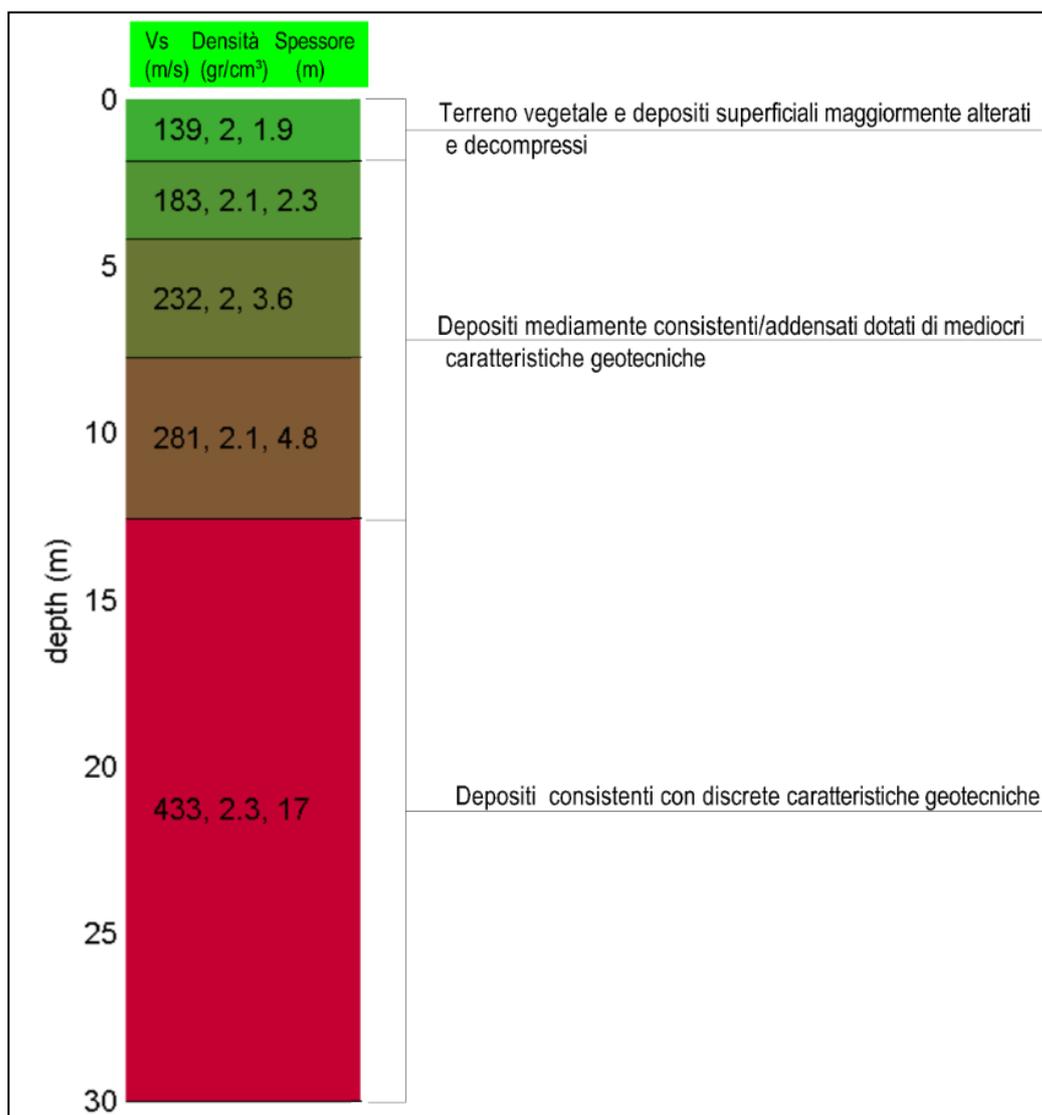
Data:

28 Ottobre 2022

Coordinate (UTM WGS84 33N) A: 616058 m E 4478692 m N B: 616087 m E 4478689 m N

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata eseguita nei pressi dell'aereogeneratore A5 ed ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto di seguito, la cui interpretazione è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale. In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  **$V_{s,eq}$  di 303 m/s** nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore<br>(m) | V <sub>s</sub><br>(m/s) |
|-----------------|-------------------------|
| 1.90            | 139                     |
| 2.30            | 183                     |
| 3.60            | 232                     |
| 4.80            | 281                     |
| semi-spazio     | 433                     |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche

rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 1,90 m, con velocità delle onde S di 139 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 10,70 m, con velocità delle onde S comprese tra 183 e 281 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 12,60 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 433 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $Kg/m^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 1.90     | 511          | 139          | 1.80                           | 0.46         | 1016                        | 250                      | 348                         | 4231                    |
| II°   | 10.70    | 1239         | 243          | 1.90                           | 0.48         | 3321                        | 462                      | 1122                        | 27674                   |
| III°  | -        | 1820         | 433          | 2.00                           | 0.47         | 11024                       | 866                      | 3750                        | 61246                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{s,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **303 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

| Linea sismica | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------|--------------------|
| MASW/Re.Mi. 1 | 303                | “C”                |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

## 6.2 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 2



LEGENDA: MASW/Re.Mi. Prospezione sismica MASW e Re.Mi.

Data:

28 Ottobre 2022

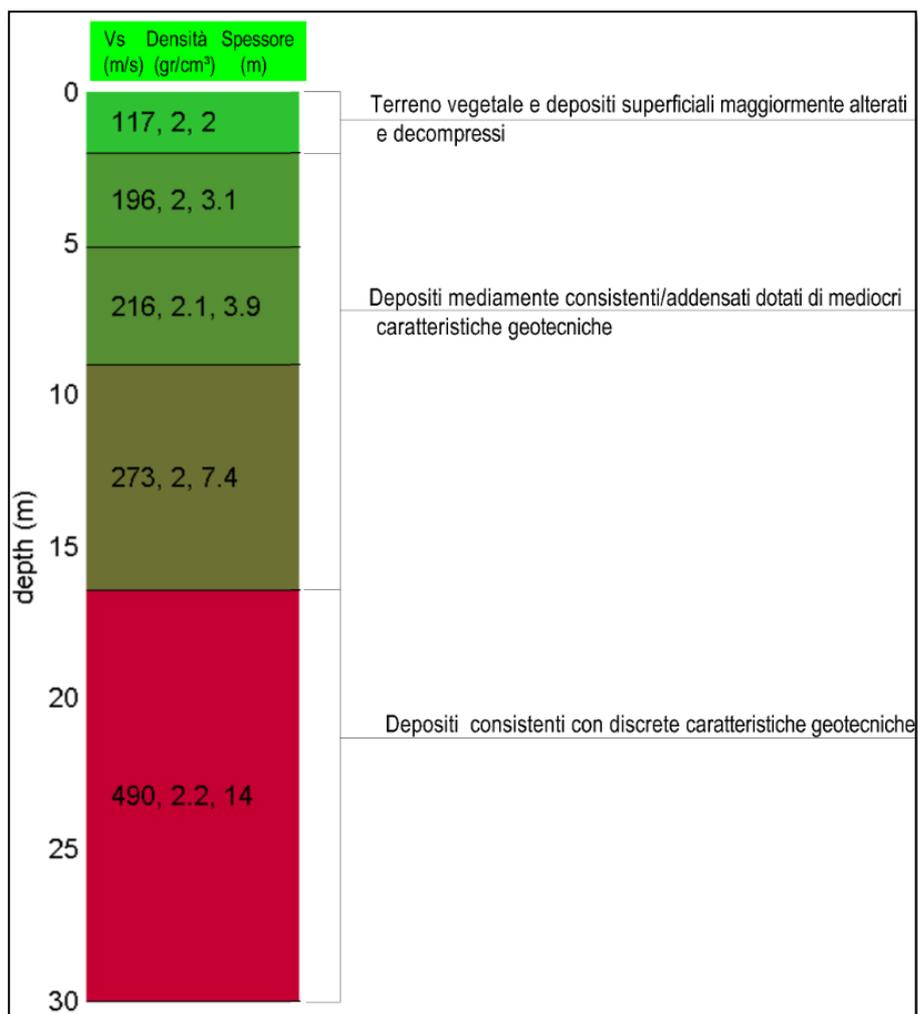
Coordinate (UTM WGS84 33N) A: 616911 m E 4479513 m N B: 616936 m E 4479495 m N

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata in corrispondenza della turbina A6. Ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto di seguito, la cui interpretazione

è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di **283 m/s** nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore (m) | $V_s$ (m/s) |
|--------------|-------------|
| 2.00         | 117         |
| 3.10         | 196         |
| 3.90         | 216         |
| 7.40         | 273         |
| semi-spazio  | 490         |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 2,00 m, con velocità delle onde S di 117 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 14,40 m, con velocità delle onde S comprese tra 196 e 273 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 16,40 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 490 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $Kg/m^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 2.00     | 430          | 117          | 1.80                           | 0.46         | 719                         | 211                      | 246                         | 2998                    |
| II°   | 14.40    | 1229         | 241          | 1.90                           | 0.48         | 3266                        | 458                      | 1104                        | 27221                   |
| III°  | -        | 2060         | 490          | 2.00                           | 0.47         | 14118                       | 980                      | 4802                        | 78433                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

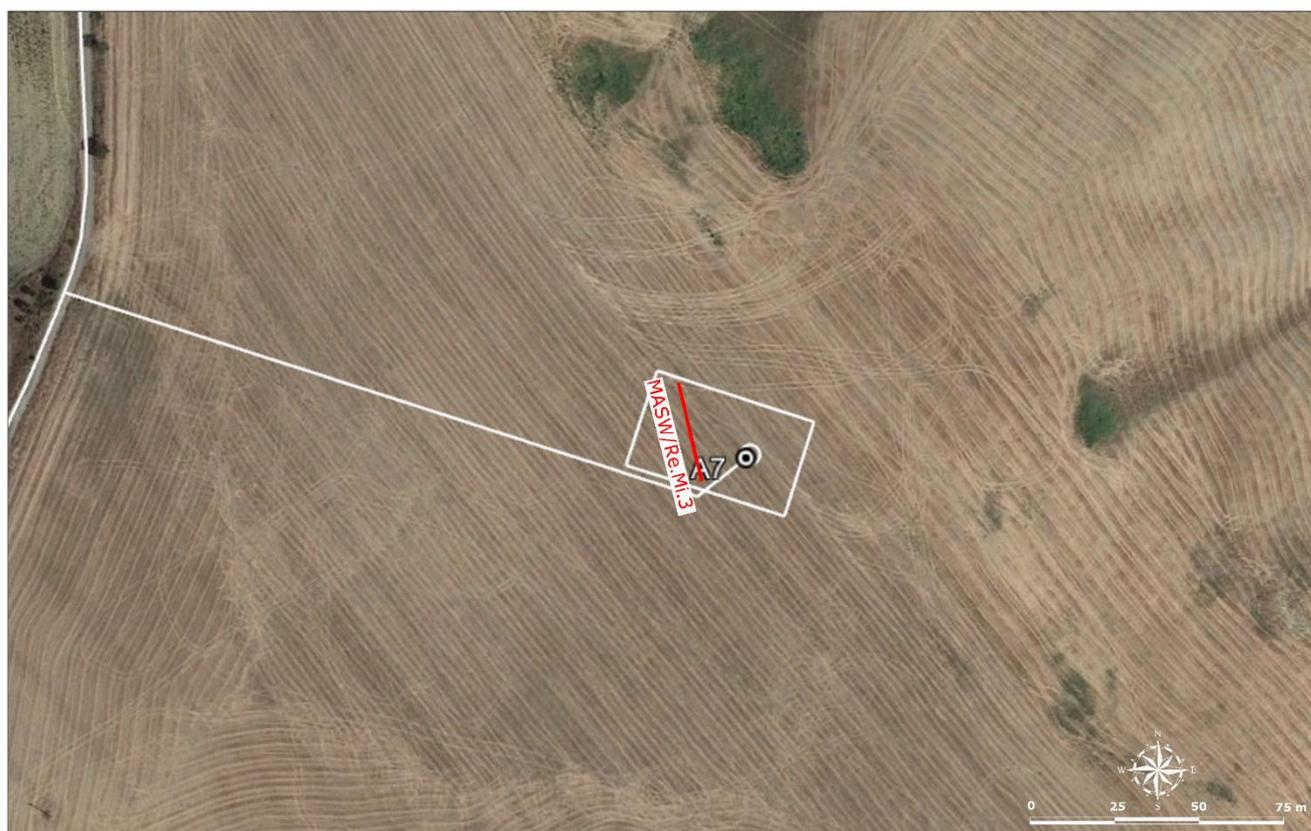
L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{S,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il

parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **283 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

| Linea sismica        | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| <b>MASW/Re.Mi. 2</b> | <b>283</b>         | <b>“C”</b>         |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

### 6.3 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 3



LEGENDA: **MASW/Re.Mi.**

Prospezione sismica MASW e Re.Mi.

Data:

Coordinate (UTM WGS84 33N) A: 618469 m E 4478063 m N B: 618461 m E 4478092 m N

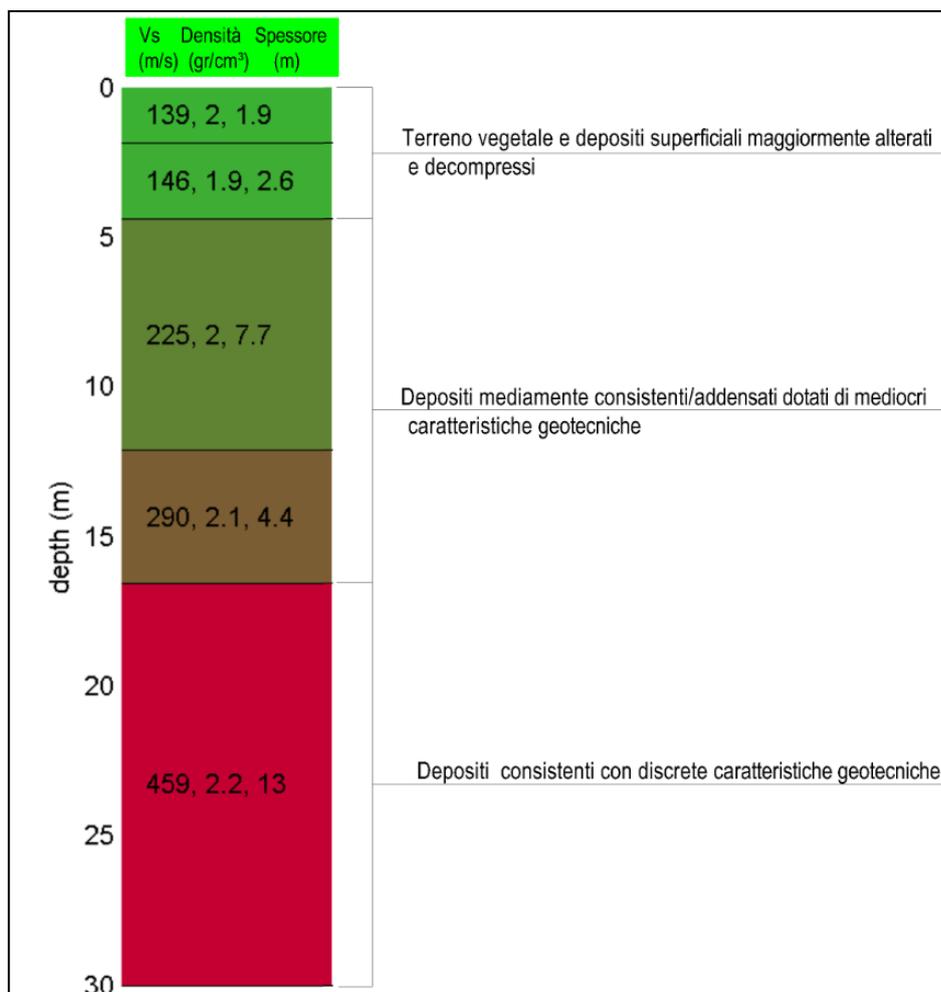
28 Ottobre 2022

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata in corrispondenza della turbina A7. Ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano

dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto di seguito, la cui interpretazione è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di 273 m/s nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore (m) | $V_s$ (m/s) |
|--------------|-------------|
| 1.90         | 139         |
| 2.60         | 146         |
| 7.70         | 225         |
| 4.40         | 290         |
| semi-spazio  | 459         |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 4,50 m, con velocità delle onde S compresa tra 139 e 146 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 12,10 m, con velocità delle onde S comprese tra 225 e 290 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 16,60 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 459 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $Kg/m^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 4.50     | 525          | 143          | 1.80                           | 0.46         | 1075                        | 257                      | 368                         | 4478                    |
| II°   | 12.10    | 1270         | 249          | 1.90                           | 0.48         | 3487                        | 473                      | 1178                        | 29058                   |
| III°  | -        | 1929         | 459          | 2.00                           | 0.47         | 12388                       | 918                      | 4214                        | 68822                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{S,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il

parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **273 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

| Linea sismica | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------|--------------------|
| MASW/Re.Mi. 3 | 273                | “C”                |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

#### 6.4 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 4



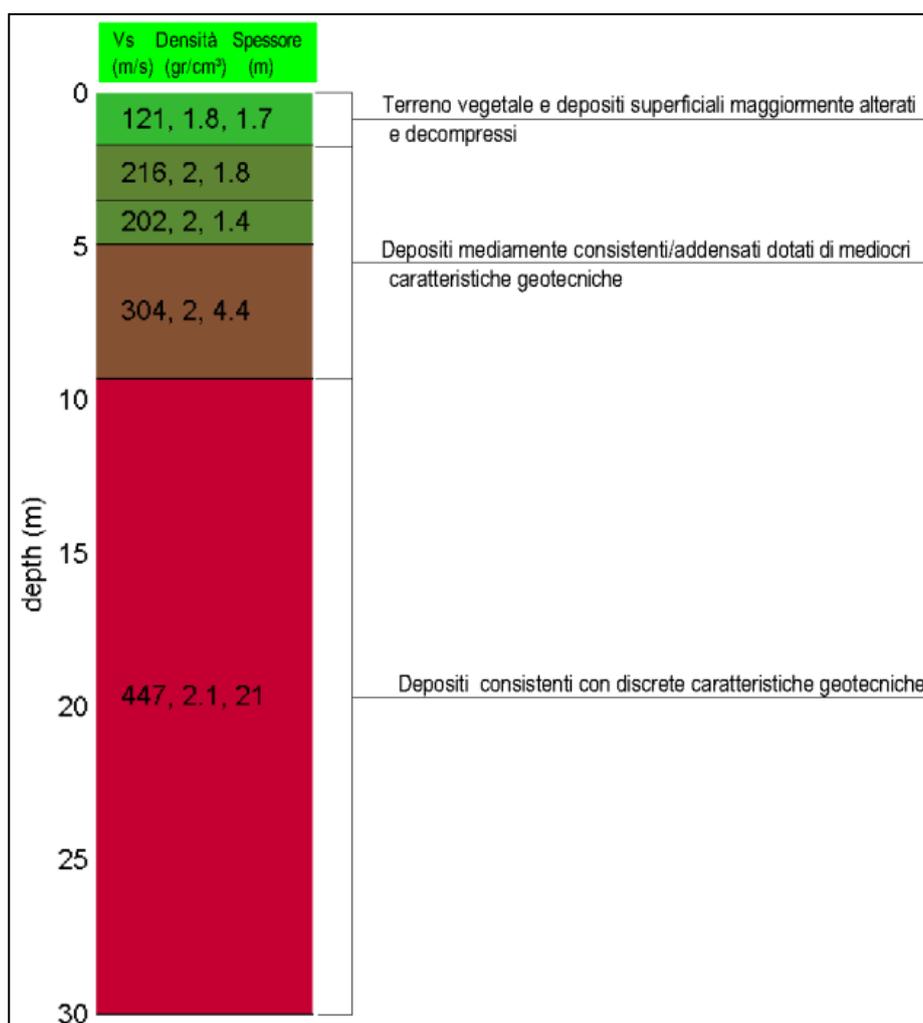
|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <p>LEGENDA: <u>MASW/Re.Mi.</u>      Prospezione sismica MASW e Re.Mi.</p> <p>Coordinate (UTM WGS84 33N)    A: 617216 m E 4477189m N    B: 617239 m E 4477208 m N</p> | <p>Data:<br/>28 Ottobre 2022</p> |
|--|----------------------------------|

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata in corrispondenza della turbina A3. Ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano

dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto di seguito, la cui interpretazione è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di **333 m/s** nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore (m)       | $V_s$ (m/s) |
|--------------------|-------------|
| 1.70               | 121         |
| 1.80               | 216         |
| 1.40               | 202         |
| 4.40               | 304         |
| <b>semi-spazio</b> | <b>447</b>  |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 1,70 m, con velocità delle onde S di 121 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 7,60 m, con velocità delle onde S comprese tra 216 e 304 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 16,60 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 447 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $\text{Kg/m}^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 1.70     | 445          | 121          | 1.80                           | 0.46         | 770                         | 218                      | 264                         | 3206                    |
| II°   | 7.60     | 1346         | 264          | 1.90                           | 0.48         | 3920                        | 502                      | 1324                        | 32664                   |
| III°  | -        | 1879         | 447          | 2.00                           | 0.47         | 11749                       | 894                      | 3996                        | 65271                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{s,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il

parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **333 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

| Linea sismica        | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| <b>MASW/Re.Mi. 4</b> | <b>333</b>         | <b>“C”</b>         |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

## 6.5 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 5



LEGENDA: MASW/Re.Mi. Prospezione sismica MASW e Re.Mi.

Data:

Coordinate (UTM WGS84 33N) A: 619243 m E 4477445 m N B: 619271 m E 4477443 m N

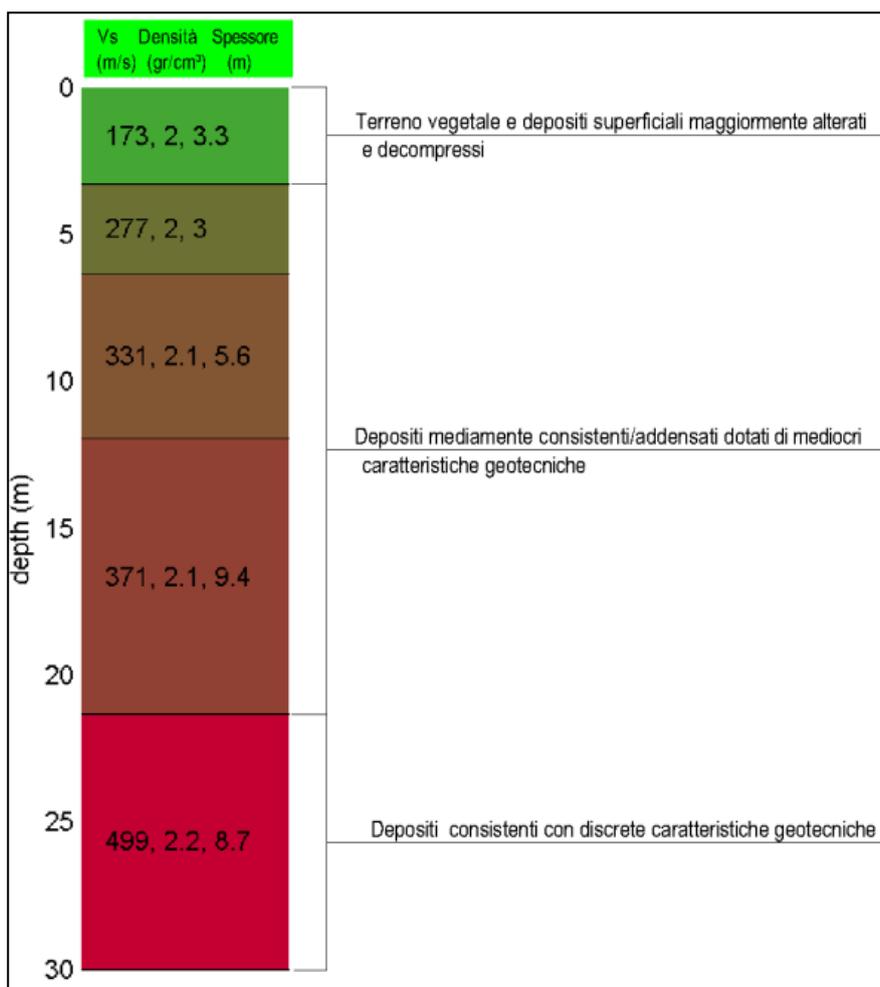
28 Ottobre 2022

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata in corrispondenza della turbina A8. Ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello "medio" descritto di seguito, la cui interpretazione

è basata sui valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di **335 m/s** nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore (m) | $V_s$ (m/s) |
|--------------|-------------|
| 3.30         | 173         |
| 3.00         | 277         |
| 5.60         | 331         |
| 9.40         | 371         |
| semi-spazio  | 499         |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche

rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 3,30 m, con velocità delle onde S di 171 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e a depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 18,00 m, con velocità delle onde S comprese tra 331 e 371 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 21,30 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 499 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $Kg/m^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 3.30     | 636          | 173          | 1.80                           | 0.46         | 1573                        | 311                      | 539                         | 6554                    |
| II°   | 18.00    | 1749         | 343          | 1.90                           | 0.48         | 6617                        | 652                      | 2235                        | 55138                   |
| III°  | -        | 2097         | 499          | 2.00                           | 0.47         | 14641                       | 998                      | 4980                        | 81340                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{s,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **335 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

| Linea sismica | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------|--------------------|
| MASW/Re.Mi. 5 | 335                | “C”                |

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

## 6.6 Prospezione sismica MASW/Re.Mi. 6



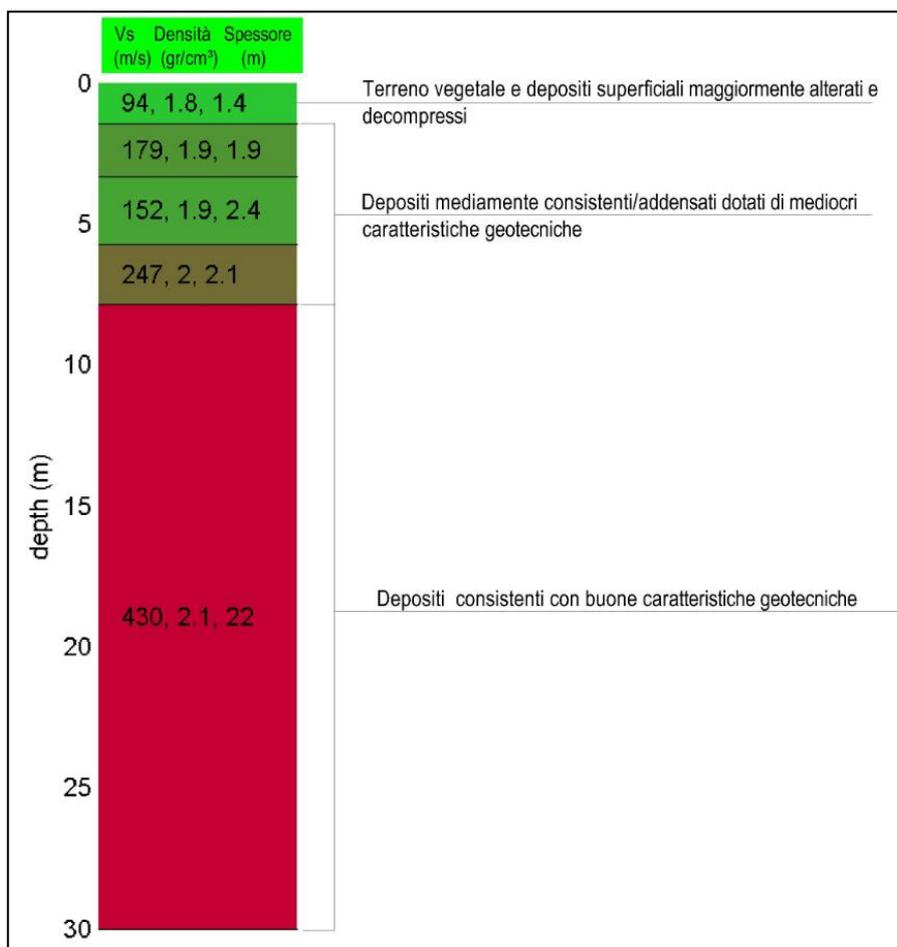
|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| <p>LEGENDA: <u>MASW/Re.Mi.</u>      Prospezione sismica MASW e Re.Mi.</p> <p>Coordinate (UTM WGS84 33N)    A: 608853 m E 4486350 m N    B: 608871 m E 4486325 m N</p> | <p>Data:<br/>28 Ottobre 2022</p> |
|---|----------------------------------|

La prospezione sismica denominata MASW e Re.Mi. è stata in corrispondenza della SSE. Ha messo in evidenza l'esistenza di tre sismostrati le cui caratteristiche dinamico-elastiche migliorano dall'alto verso il basso stratigrafico secondo il modello “medio” descritto di seguito, la cui interpretazione è basata sui

valori delle velocità delle onde sismiche rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale.

In tabella e in figura sottostante sono riportati i sismostrati del modello medio individuato a cui corrisponde una  $V_{s,eq}$  di **296 m/s** nell'intervallo 0-30 m (non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m):

| Spessore (m) | $V_s$ (m/s) |
|--------------|-------------|
| 1.40         | 1.40        |
| 1.90         | 1.90        |
| 2.40         | 2.40        |
| 2.10         | 2.10        |
| semi-spazio  | 1.40        |



Sintetizzando, il modello sismostratigrafico del sottosuolo è assimilabile a tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche

rilevate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato** ha uno spessore di 1,40 m, con velocità delle onde S di 94 m/s, riferibili nel contesto litologico del profilo sismico investigato a terreno vegetale e depositi superficiali maggiormente alterati e decompressi dotati di scarse caratteristiche geotecniche;
- Il **secondo sismostrato** ha uno spessore di 6,40 m, con velocità delle onde S comprese tra 152 e 247 m/s, riferibili a terreni mediamente consistenti/addensati, con mediocri caratteristiche geotecniche;
- Segue, a profondità maggiori di 7,80 m e fino alla profondità di 30 m dal p.c., un **terzo sismostrato** caratterizzato da velocità delle onde di taglio di 430 m/s riferibile depositi consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche.

A partire dai valori  $V_P$  (m/s) di velocità delle onde sismiche P, misurate con le sismiche a rifrazione in onde P, e dalla velocità  $V_S$  (m/s) delle onde S, misurate con la prospezione sismica MASW e Re.Mi., adottando opportuni valori del *peso di volume*  $\gamma$  ( $Kg/m^3$ ) rappresentativi dei litotipi presenti, è stato possibile stimare attraverso relazioni teoriche i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato:

| Parametri fisici e dinamici medi del sottosuolo investigato |          |              |              |                                |              |                             |                          |                             |                         |
|---|----------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Strato  | Spessore | $V_p$<br>m/s | $V_s$<br>m/s | $\gamma$<br>gr/cm <sup>3</sup> | $\mu$<br>(-) | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | R<br>T/m <sup>2</sup> *s | $G_0$<br>Kg/cm <sup>2</sup> | K<br>Kg/cm <sup>2</sup> |
| I°  | 1.40     | 345          | 94           | 1.80                           | 0.46         | 464                         | 169                      | 159                         | 1935                    |
| II°   | 6.40     | 974          | 191          | 1.90                           | 0.48         | 2052                        | 363                      | 693                         | 17097                   |
| III°  | -        | 1807         | 430          | 2.00                           | 0.47         | 10872                       | 860                      | 3698                        | 60401                   |

$V_p$ = velocità onde P (m/s);  $V_s$ = velocità onda S (m/s),  $\gamma$ = densità (g/cm<sup>3</sup>);  $\mu$ = coeff. di Poisson;  $E_d$ = Modulo di Young dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); R= rigidità sismica (T/m<sup>2</sup>\*s);  $G_0$ =Modulo di taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>); K=Modulo di incompressibilità (Kg/cm<sup>2</sup>)

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) e passiva (Re.Mi.) hanno consentito di determinare il profilo verticale della  $V_{s,eq}$  (e dei moduli dinamici) nell'intervallo 0-30 m, in virtù del fatto che non è stato rinvenuto il bedrock sismico entro i primi 30 m. Il parametro  $V_{s,eq}$  è risultato per il modello medio pari a **296 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).



| Linea sismica | $V_{s,eq}$ (m/sec) | Categoria di Suolo |
|---------------|--------------------|--------------------|
| MASW/Re.Mi. 6 | 296                | “C”                |

Rispetto

alle norme

tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame, a partire dal p.c., rientra quindi nella categoria **C** ovvero: *Depositi 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.*

Ai fini della **Microzonazione Sismica** dell'area, tuttavia non è stato utilizzato l'approccio semplificato mediante l'utilizzo delle categorie di sottosuolo, bensì è stato eseguito uno studio della Risposta Sismica Locale in grado di fornire quantificazioni numeriche delle amplificazioni locali ottenute mediante l'utilizzo di specifici codici di calcolo. Dalla **Microzonazione Sismica di III livello** si è ottenuta la *Carta di Microzonazione Sismica* a cui è associato lo spettro in accelerazione al suolo delle componenti orizzontali.

L'analisi di risposta sismica locale per il sito di progetto è stata elaborata per lo **stato limite ultimo SLV**. Per i dettagli si rimanda all'**AII. A.2.10: Relazione di Microzonazione Sismica**.

## 7. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Come accennato in premessa, al fine di avere delle indicazioni litotecniche su tutti gli areali di sedime, oltre alle prove ed analisi geotecniche di laboratorio eseguite sui n°12 campioni indisturbati prelevati durante i n°6 sondaggi geognostici, con cui si è investigato solo parzialmente gli areali di progetto, sono state invece effettuate, per i restanti areali (non investigati con i sondaggi) delle prove geotecniche in situ del tipo **Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH)**.

Per la complessità di rappresentare graficamente i numerosi dati ottenuti dall'esecuzione ed elaborazione di queste ultime prove, si rimanda alla consultazione dell'**Allegato A.2.11: Rapporto tecnico delle indagini geotecniche In Situ**. Alla luce delle caratteristiche litotecniche dei terreni indagati tali prove hanno raggiunto profondità comprese tra i 4.50 e 12.00 metri al massimo, attraversando sempre il Substrato alterato e, solo per l'ordine del metro, si sono attestate nelle Argille Subappennine (Substrato s.s.), in quanto, hanno evidenziato sempre un'alta difficoltà alla penetrazione, fornendo sempre il "rifiuto" scaturito dall'alto grado di sovraconsolidazione e dalla presenza di livelli marnosi o siltosi all'interno di tale unità formazionale.

Alle prove geotecniche in situ sono state associate quelle di laboratorio geotecnico eseguite sui n°12 campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo. Si è fatto anche riferimento ai risultati delle prove ed analisi geotecniche di laboratorio eseguite su numerosi campioni prelevanti nel corso di indagini pregresse eseguite sulla stessa tipologia di terreni in occasioni di precedenti lavori.

Da un punto di vista strettamente litotecnico è stato possibile distinguere n°4 *Unità Litotecniche*, ovvero i **Depositi Alluvionali attuali**, i **Depositi Alluvionali recenti**, i **Terrazzi Alluvionali**, il **Substrato alterato (Litofacies Argillosa-Limosa alterata)**, **Substrato s.s. (Litofacies Argillosa-Limosa)**. Trattandosi di terreni "giovani" geologicamente parlando, sono stati interessati solo marginalmente dalle azioni tettoniche, responsabili di quei fattori di disturbo e di stress che rendono le unità formazionali eterogenee ed anisotrope sia da un punto di vista litologico, sia fisico-meccanico. Dunque, alla luce di quanto appena riportato, si rimarca un generale comportamento geotecnico omogeneo dei terreni in studio, infatti, dalle stratigrafie litotecniche ricostruite dal terreno carotato, si evince come la descrizione litologica è pressoché identica in tutte le verticali, differenziandosi solo per i relativi spessori. Anche i risultati delle prove in situ e delle analisi e prove geotecniche di laboratorio sono confrontabili. In merito è doveroso ricordare come i parametri geotecnici varino sensibilmente anche in funzione di piccole differenze in percentuale delle granulometrie. In merito i terreni di che

trattasi presentano un fuso granulometrico variabile anche decimetricamente lungo la stessa verticale di carotaggio, quindi, le seppur minime discostanze dei risultati di laboratorio sono riconducibili essenzialmente ai suddetti fattori ed anche alla bontà del prelevamento dei campioni indisturbati. Pertanto, alla luce della grande messe di dati tematici a disposizione ottenuti sia dalle prove in situ, sia dalle analisi e prove geotecniche di laboratorio, nonché dalla letteratura tecnica, chi scrive ha ritenuto più corretto anche fare correlazioni e confronti con parametri di resistenza “operativi”, stimati sulla base di indicazioni di letteratura e tarate sui risultati di “*back analysis*” (Skempton, 1977; Tavenas & Leroueil, 1981). Quindi, una volta analizzati tutti i parametri geotecnici a disposizione, con stretto riferimento alle prove geotecniche in situ, tenendo conto che i parametri fisico-meccanici ricavati in laboratorio geotecnico si riferiscono a singoli campioni indisturbati, che i terreni di sedime presentano eterogeneità ed anisotropia granulometrica sia verticale che laterale, operativamente nelle verifiche geotecniche si è preferito attribuire i valori numerici non alla scala di singolo campione indisturbato (dato puntuale), ma piuttosto alla scala di “affioramento” e, cioè, tenendo conto della litologia complessiva, della giacitura degli strati, dell'idrogeologia, delle pendenze, del contesto morfoevolutivo e tettonico, e della eventuale presenza di discontinuità primarie (giunti di stratificazione) e secondarie (giunti e fessurazioni a geometria discontinua lungo i quali la coesione è praticamente nulla, sia che essi siano lisci, sia che siano scabri). In tal modo, si è pervenuti alla definizione della parametrizzazione di un modello geotecnico per il quale sono state distinte delle unità geotecniche in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità. Di seguito, si riportano i parametri geotecnici operativi, valori caratteristici ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 2018 NTC, consigliati al progettista geotecnico, per il cui dettaglio si rimanda all'**Allegato A.2.8: Analisi e prove geotecniche di laboratorio** di cui qui di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle analisi e prove geotecniche eseguite in laboratorio:



**QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE**  
**REALIZZAZIONE PARCO EOLICO IN LOC. SERRA SAN PIETRO - (FERRANDINA - GARAGUSO)**

| Sond. | Camp. | Profondità m  | W %   | $\gamma_v$ KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$ KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup> | e     | n %   | Sr %  | Ghiaia % | Sabbia % | Limo % | Argilla % | LL % | LP % | IP % | TG-CD c KN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$ | CNR-UNI 10006 |
|-------|-------|---------------|-------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|----------|----------|--------|-----------|------|------|------|--|---------------|
| 1     | 1     | 5.40 - 5.70   | 19,80 | 19,90                        | 16,60                        | 20,30                            | 26,60                        | 0.599 | 37,40 | 89,50 | 0,00     | 5,80     | 65,90  | 28,30     | 48,1 | 31,2 | 16,9 | 29.10 - 23.2°                          | A7-5          |
| 1     | 2     | 9.00 - 9.30   | 24,00 | 19,10                        | 15,40                        | 19,60                            | 26,70                        | 0.732 | 42,30 | 89,20 | 0,00     | 4,70     | 70,60  | 24,70     | 49,8 | 33,8 | 16,0 | 24.30 - 24.9°                          | A7-5          |
| 2     | 1     | 3.50 - 4.00   | 22,00 | 19,50                        | 16,00                        | 20,00                            | 26,80                        | 0.674 | 40,20 | 89,30 | 0,00     | 5,60     | 68,10  | 26,30     | 55,8 | 36,3 | 19,5 | 27.70 - 23.7°                          | A7-5          |
| 2     | 2     | 3.30 - 3.60   | 24,70 | 19,10                        | 15,30                        | 19,50                            | 26,70                        | 0.745 | 42,70 | 90,20 | 0,10     | 5,80     | 67,60  | 26,50     | 60,7 | 38,5 | 22,2 | 20.70 - 24.5°                          | A7-5          |
| 3     | 1     | 3.30 - 3.70   | 21,90 | 19,50                        | 16,00                        | 19,90                            | 26,70                        | 0.664 | 39,90 | 89,50 | 0,00     | 6,90     | 59,30  | 33,80     | 53,7 | 33,7 | 20,0 | 27.00 - 23.3°                          | A7-5          |
| 3     | 2     | 10.00 - 10.40 | 17,70 | 20,10                        | 17,10                        | 20,60                            | 26,60                        | 0.554 | 35,60 | 86,50 | 0,00     | 7,90     | 68,00  | 24,10     | 54,2 | 35,5 | 18,7 | 29.10 - 23.7°                          | A7-5          |
| 4     | 1     | 4.00 - 4.40   | 18,00 | 19,80                        | 16,80                        | 20,40                            | 26,70                        | 0.592 | 37,20 | 82,70 | 0,00     | 6,30     | 71,20  | 22,50     | 52,3 | 30,1 | 22,2 | 16.50 - 23.8°                          | A7-5          |
| 4     | 2     | 13.00 - 13.40 | 23,60 | 18,40                        | 14,90                        | 19,30                            | 26,70                        | 0.793 | 44,20 | 81,20 | 0,00     | 6,70     | 65,20  | 28,10     | 49,6 | 29,5 | 20,1 | 25.90 - 24.5°                          | A7-6          |
| 5     | 1     | 3.50 - 4.00   | 21,90 | 19,30                        | 15,80                        | 19,80                            | 26,50                        | 0.676 | 40,30 | 87,60 | 0,00     | 5,50     | 71,90  | 22,60     | 53,6 | 30,3 | 23,3 | 28.30 - 23.6°                          | A7-5          |
| 5     | 2     | 8.50 - 8.90   | 21,00 | 19,50                        | 16,20                        | 20,00                            | 26,70                        | 0.654 | 39,50 | 87,50 | 0,00     | 7,30     | 65,00  | 27,70     | 50,2 | 31,6 | 18,6 | 29.70 - 23.3°                          | A7-5          |
| 6     | 1     | 8.00 - 8.40   | 19,30 | 19,00                        | 15,90                        | 19,80                            | 26,50                        | 0.667 | 40,00 | 78,20 | 0,40     | 5,70     | 60,10  | 33,80     | 54,0 | 30,6 | 23,4 | 26.30 - 24.5°                          | A7-5          |
| 6     | 2     | 12.00 - 12.40 | 17,30 | 19,70                        | 16,80                        | 20,40                            | 26,50                        | 0.583 | 36,80 | 80,30 | 0,00     | 5,30     | 68,00  | 26,70     | 54,5 | 31,5 | 23,0 | 28.20 - 24.9°                          | A7-5          |

Legenda:

W= Umidità naturale -  $\gamma_v$ = Peso di volume naturale -  $\gamma_d$ = Peso di volume secco -  $\gamma_s$ = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione -  $\gamma_{sat}$ =peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido  
L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - IP= Indice plastico - c=Coesione -  $c_u$ =Coesione non drenata -  $\phi^\circ$ = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico

### 1) UNITÀ LITOTECNICA 1: Depositi Alluvionali attuali

E' costituita da sedimenti sciolti, ghiaiosi con ciottoli eterometrici e poligenici, arrotondati, e sabbie grossolane grigiastre con limo spesso sotto forma di corpi lenticolari ed in eteropia di facies. Si presentano generalmente ben addensati e non plastici :

| $\gamma_{nk}$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat k}$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\phi_k'$ (gradi) | $C_k'$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\lambda$   |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------|
| <b>1850</b>                        | <b>2050</b>                           | <b>35</b>         | <b>0.00</b>                  | <b>0.46</b> |

### 2) UNITÀ LITOTECNICA 2: Depositi Alluvionali recenti

Risultano essere costituita da successioni eteropiche di limi ed argille e di depositi ghiaiosi in matrice argilloso-limoso e/o sabbiosa, con ciottoli calcarei calcareo-marnosi e silicei. I materiali di che trattasi, molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa. Anche granulometricamente la frazione prevalente è alquanto variabile da punto a punto con la prevalenza o subordinazione della ghiaia, del limo, della sabbia e dell'argilla:

| $\gamma_{n\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\varphi_k'$<br>(gradi) | $C_k'$<br>(t/m <sup>2</sup> ) | $\lambda$ |
|---|---|-------------------------|-------------------------------|-----------|
| 1800                                    | 2050                                      | 28                      | 0.00                          | 0.46      |

### 3) UNITÀ LITOTECNICA 3: Terrazzi Alluvionali

E' costituita da sabbie limose a cui si intercalano livelli ghiaiosi spesso prevalenti. Le caratteristiche litotecniche di questi materiali sono buoni, in quanto si presentano ben addensati, non compressibili e non plastici:

| $\gamma_{n\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\varphi_k'$<br>(gradi) | $C_k'$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\lambda$ |
|---|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|
| 2100                                    | 2250                                      | 35                      | 0.10                            | 0.44      |

### 4) UNITÀ LITOTECNICA 4: Substrato alterato (Litofacies Argilloso-Siltosa alterata)

E' costituita da un'alternanza di limi argillosi, argille limose a luoghi sabbiose. Si presentano mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili:

| $\gamma_{n\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\varphi_k'$<br>(gradi) | $C_k'$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\lambda$ |
|---|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1940                                    | 2000                                      | 24                      | 0.23                            | 0.44      |

### 5) UNITÀ LITOTECNICA 5: Substrato s.s. (Litofacies Argilloso-Siltosa)

Costituita da un'alternanza di argille limose e limi argilloso, a luoghi anche sabbiosi mediamente consistenti, poco plastici e poco compressibili.

| $\gamma_{n\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\varphi_k'$<br>(gradi) | $C_k'$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\lambda$ |
|---|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|
| 1980                                    | 2050                                      | 25                      | 0.27                            | 0.42      |

### 6) Materiale arido per rilevati

| $\gamma_{n\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat\ k}$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\varphi_k'$<br>(gradi) | $C_k'$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $\lambda$ |
|---|---|-------------------------|---------------------------------|-----------|
| 2200                                    | 2300                                      | 35                      | 0.00                            | 0.43      |

Legenda:  $\gamma_{n\ k}$  (gr/cm<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume;  $\gamma_{sat\ k}$  (gr/cm<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume saturo;  $\varphi_k'$  (gradi): Angolo di attrito interno;  $C_k'$ (kg/cm<sup>2</sup>): Coesione consolidata-drenata;  $C_{u\ k}'$ (kg/cm<sup>2</sup>): Coesione non drenata;  $E_{d\ k}'$  (kg/cm<sup>2</sup>): Modulo Edometrico;  $\lambda$ : Coefficiente di Poisson

## 8. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

In questo capitolo vengono riportati i principali caratteri idrogeologici dei terreni presenti nell'area, con particolare attenzione al tipo ed al loro grado di permeabilità. Si tratta ovviamente di valori indicativi derivanti dai dati di letteratura pregressa e che descrivono il comportamento medio dei litotipi di che trattasi. Infatti, tali terreni sono dotati di caratteristiche idrogeologiche piuttosto differenziate, in rapporto alla composizione granulometrica, alla porosità ed al grado di addensamento. Circa il monitoraggio di eventuali falde acquifere, non sono stati previsti tubi piezometrici, in quanto si è ritenuto più opportuno e, sicuramente più cautelativo, considerare la falda a piano campagna nei terreni che, di seguito, saranno definiti *mediamente permeabili* come il **Substrato alterato (Litofacies Argilloso-Limosa alterata) o permeabili** come i **Depositi Alluvionali attuali e recenti del Torrente Salandrella e dei Terrazzi Alluvionali**. Inoltre, facendo riferimento ad esperienze simili maturate dallo scrivente e, soprattutto per la finalità del presente progetto, si è ritenuto superfluo installare un tubo piezometrico in quanto in questi terreni avrebbe assolto solo la funzione di "serbatoio" di raccolta delle acque superficiali che, filtrandovi all'interno tramite i livelli più superficiali alterati, vi vengono trattenute ("imbottigliate"), vista la bassa permeabilità dei litotipi al contorno. Pertanto, si è ritenuto che tutte le incertezze sull'escursione della falda nel tempo, possano essere superate da assunzioni ragionate e di buon senso, sicuramente, più cautelative rispetto anche ad un monitoraggio piezometrico stagionale/annuale che, pur dando delle indicazioni quantitative, non rappresenta in assoluto il regime idraulico che governa tali terreni a lungo termine. Tali assunzioni piuttosto cautelative sono state fatte, indipendentemente dal fatto che durante la terebrazione dei sondaggi geognostici, non è stata rilevata presenza di acqua, a conferma che eventuali sue circolazioni nei terreni permeabili sono, comunque, strettamente dipendenti dagli apporti meteorici locali. Non è stata intercettata alcuna falda acquifera, neanche nel sondaggio S1 eseguito in corrispondenza della SSE dove affiorano i **Depositi Alluvionali recenti**.

Dal punto di vista idrogeologico, in base alla litologia e stratigrafia dei siti di sedime sono stati individuati essenzialmente due Complessi idrogeologici: 1) **Complesso Idrogeologico impermeabile** e 2) **Complesso idrogeologico da mediamente permeabile a molto permeabile**:

1) **Complesso Idrogeologico impermeabile**: appartiene la **Litofacies Argilloso-Siltosa** afferente il **Substrato s.s. delle Argille Subappennine**. Infatti, i relativi terreni sono da ritenersi *impermeabili*, in quanto tale complesso anche se dotato di alta porosità primaria, è praticamente impermeabile a causa

delle ridottissime dimensioni dei pori nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne deriva una circolazione nulla o trascurabile. Inoltre, trattandosi di argilla, seppur coesiva, è comunque soggetta a fessurarsi e a richiudere rapidamente le discontinuità con un comportamento di tipo plastico. Nell'insieme, il complesso litologico è da considerarsi scarsamente permeabile, in quanto anche la permeabilità delle porzioni più ricche in frazione sabbiosa è del tutto controllata dalla frazione argillosa. Ad essi si può attribuire un valore del *coefficiente di permeabilità dell'ordine di*  $K = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$ .

Solo nei livelli più superficiali alterati compresi nel **Substrato alterato (Litofacies Argilloso-Siltosa alterata)**, si ha un incremento della permeabilità, infatti sono terreni del substrato che hanno subito nei tempi geologici una marcata alterazione chimica tanto da obliterarne, a luoghi, la struttura tessiturale. Alla luce di tali considerazioni è possibile affermare che, in queste litologie, il grado di permeabilità ha un incremento ma rimane circoscritto a tali livelli e, comunque molto basso. Infatti, durante la perforazione dei sondaggi geognostici non è stata rilevata alcuna circolazione di acqua fino alla profondità di m 15.00 (fondo foro).

2) **Complesso idrogeologico da mediamente permeabile a molto permeabile**: *permeabili per porosità e fessurazione* sono da considerarsi i **Depositi Alluvionali recenti/attuali del Torrente Salandrella** ed i **Terrazzi Alluvionali**, il *coefficiente di permeabilità* stimato è  $K = 10^{-2} - 10^{-3} \text{ m/s}$ . Pertanto, al loro interno esiste una circolazione idrica endogena rappresentata dalla subalvea del corso d'acqua. In altri studi idrogeologici specifici è stato riscontrato che, grossomodo, la portata della falda è costante come anche il livello della superficie piezometrica. Quest'ultima è soggetta a variazioni di quota quasi esclusivamente con l'innalzamento del pelo libero delle acque fluviali, durante eventi meteorologici eccezionali. In definitiva, il substrato impermeabile afferente il Complesso Argilloso-Siltoso, circoscrive la falda all'interno dei soli Depositi Alluvionali. Gli effetti prodotti dalle acque endogene, peraltro in moto permanente, in questi terreni sono diversi. Infatti:

- a) le conseguenze della sommersione della loro parte prevalentemente sabbiosa si esplica in genere con una perdita del già minima coesione, riducendo o, comunque, indebolendo l'entità dei legami fra le singole particelle di terreno;
- b) l'imbibizione idrica della loro componente argillosa-limosa produce stati di consistenza essenzialmente plastici con conseguente decadimento dei parametri di resistenza al taglio.

Allo stesso modo i **Terrazzi Alluvionali** sono permeabili a causa della loro granulometria grossolana costituiti essenzialmente da sabbie che fanno da matrice ad un materiale ghiaioso eterometrico e poligenico.

In conclusione, alla luce del contesto idrogeologico locale dei luoghi in esame, considerato che è possibile che i terreni afferenti il **Complesso idrogeologico da mediamente permeabile a molto permeabile** ed il **Substrato alterato (Litofacies Argilloso-Siltosa alterata)** possano essere portati a saturazione ed essere sede di una circolazione di acqua che può raggiungere anche il piano campagna, a favore di sicurezza, nelle verifiche di stabilità si è tenuto conto dell'effetto della falda considerandola *ad una quota corrispondente con il piano campagna*, mentre è stato considerato praticamente impermeabile il Substrato s.s..

A prescindere dalle considerazioni di carattere idrogeologico fin qui esposte, a grande scala è possibile inoltre affermare che tutte le opere previste in progetto in nessun modo possono interferire con qualsiasi ipotetico acquifero, in quanto, il cavidotto avrà una profondità compresa entro 1.50 m, mentre le fondazioni delle pale eoliche avranno uno scavo pari all'altezza del plinto di fondazione che, generalmente, è compresa tra i 2 e i 4.00 m (con una media di 3.00 m). Anche eventuali pali di fondazione che, alla luce delle caratteristiche litotecniche, avranno lunghezze contenute (verosimilmente tra 15 e 20 m) e, per le leggi che governano la geotecnica, comunque saranno distanziati tra di loro, in modo tale da non creare quel dannoso "effetto diga", ovvero non interferiranno con il normal deflusso di eventuali circolazioni di acque effimere che dovessero persistere in ambito superficiale. Chiaramente nella fase escutiva i fori di sondaggio previsti saranno attrezzati con tubi piezometrici al fine di verificare la presenza o meno di acque di circolazione superficiale seppur strettamente dipendenti dagli apporti meteorici locali, al fine di individuare sia soluzioni geotecniche per il calcolo della struttura fondale, sia la sua giusta geometrizzazione, in modo tale da andare a scongiurare interferenze importanti con eventuali acque di falda superficiali. In merito si ritiene che, alla luce delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in affioramento, geotecnicamente sia possibile realizzare una fondazione diretta o superficiale (aumentando il diametro del plinto di qualche metro) e, quindi, con profondità di scavo ridotta; diversamente, nel caso di fondazioni su pali, si procederebbe: con l'aumento dell'interasse dei pali stessi evitando ancor più il suddetto "effetto diga"; l'escavazione avverrebbe con l'utilizzo del tubo camicia; si modulerebbe la lunghezza dei pali in funzione di eventuali acquiferi sospesi in ambiti più superficiali.

Nella stretta area di pertinenza delle opere in progetto non sono state rilevate sorgenti. Inoltre, sia le strade che le piazzole di servizio saranno realizzate in misto granulare, ovvero con materiale drenante, al fine di minimizzare l'interferenza con l'attuale corrivazione delle acque meteoriche superficiali, nonchè con il loro drenaggio in profondità.

Da un punto di vista idrografico l'area di progetto è posta in sinistra idrografica del Torrente Salandrella, quale corso d'acqua principale. Vi sono quindi una serie di affluenti minori tra cui il Fosso Cilamo e il Torrente Gruso, in cui vendono veicolate anche le acque di corrivazione sui calanchi, che a loro volta confluiscono a valle nel Torrente Salandrella. **Come apprezzabile dalle planimetrie di progetto l'installazione dei nuovi aerogeneratori non interferirà con il reticolo idrografico esistente. Anche Il cavidotto, per la maggior parte, seguirà la viabilità esistente, mentre gli attraversamenti di fossi, valloni, torrenti, oppure in corrispondenza di aree calanchive, sarà effettuata tramite T.O.C., proprio onde evitare ogni interferenza con il normale deflusso delle acque incanalate (reticolo idrografico) e con i fenomeni erosivi che caratterizzano le forme calanchive.**

## 9. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE ED ALLUVIONE

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) rappresenta uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico del territorio. L'esame degli elaborati cartografici riguardanti la pericolosità ed il rischio da frane così come il rischio da alluvioni del PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata, nelle cui competenze ricadono l'intero territorio dell'area parco, ha evidenziato che non sono presenti areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica sia nelle aree di sedime degli aerogeneraori, sia nella SSE che nelle relative opere di connessione. In considerazione dell'ampiezza areale del progetto, al fine di avere una lettura globale del posizionamento delle opere previste rispetto alle criticità geomorfologiche ed idrauliche di Bacino, si rimanda all'**Allegato A.2.16: Carta Geomorfologica** in cui oltre a riportare le criticità rilevate in loco, sono state georeferenziate anche le suddette criticità.

E' il caso di segnalare che la stessa AdB, analizzato lo Studio Geologico a firma del Dott. Del Conte per lo stesso progetto, ha già rilasciando parere favorevole alla realizzazione del "**Progetto per la realizzazione di un parco eolico ricadente nel Comune di Ferrandina (MT), in Località "Serra San Pietro" ed opere di connessione nel Comune di Garaguso (MT)**", in quanto le opere previste non interferiscono con le aree a rischio censite dalla stessa AdB. Ha evidenziato però la necessità di corredare il progetto di ulteriori elaborati tematici in ottemperanza dell'art. 1 c. 8 e art. 4 quater delle NTA del Piano Stralcio per la difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI). Il presente Studio Geologico ha tale finalità.

## 10. MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO DELL'AREA

La valutazione della risposta sismica locale mediante analisi numerica permette di definire una realistica risposta sismico-stratigrafica dei terreni. Questo approccio è ritenuto la via ufficiale delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018) che al Cap. 3.2.2 riportano: *“La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.”*

In determinati contesti sismostratigrafici e mediante il confronto con la relativa categoria di sottosuolo (Cap.3.2.2 delle NTC 2018), esso consente di individuare elementi di risparmio rispetto all'approccio semplificato di normativa (categorie di sottosuolo), poiché identifica l'amplificazione di sito per intervalli di periodi solitamente più limitati rispetto a quelli indicati dalla normativa.

Ai fini delle presenti norme, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie (serve per analisi semplificate eseguite utilizzando abachi semplificati);
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie (è il risultato standard delle analisi di risposta sismica locale);
- accelerogramma (è un possibile risultato delle analisi di risposta sismica locale).

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può passare dai valori in superficie, ai valori sui piani di riferimento definiti al punto 3.2.2 delle NTC 2018; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Ogni struttura soggetta a moto sismico è fortemente influenzata dal suo contenuto in frequenza, cioè dalla distribuzione delle ampiezze in termini di frequenza, pertanto l'informazione derivante dalla rappresentazione in termini di spettro di una sollecitazione sismica è molto importante. Inoltre, utilizzando la rappresentazione in termini di serie di Fourier, è possibile trasformare agevolmente uno

spettro di accelerazione in spettro in velocità e successivamente in spettro di spostamento, mediante processi di integrazione. Nello spettro di risposta, infatti, è presente l'indicazione del comportamento delle strutture (il fattore di smorzamento che per lo spettro di risposta elastico è convenzionalmente pari al 5% ( $\xi$ ), mentre uno spettro di Fourier rappresenta il contenuto spettrale di una sollecitazione solitamente riferita al terreno.

Di seguito verrà illustrata nel dettaglio l'approccio dell'analisi di risposta sismica locale eseguita sulla base delle informazioni emerse dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di realizzazione del parco eolico e della stazione elettrica ed elaborata per lo **stato limite ultimo SLV** così come contemplato dalla L.R. 09/2011.

Verranno esaminati tutti i passaggi necessari sia per la preliminare acquisizione dei parametri di input (sismici e geologico-tecnici), sia per la successiva analisi di risposta sismica locale.

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 11 aerogeneratori ricadenti nel Comune di Ferrandina (MT). e del cavidotto di connessione alla stazione elettrica, quest'ultima da realizzarsi nel Comune di Garaguso (MT). Trattandosi di opere di interesse pubblico e definite strategiche, la classe d'uso è IV (secondo la definizione del cap.2.4.2 del D.M. 17.01.2018), da cui deriva il coefficiente d'uso  $C_u = 2,0$ ; la vita nominale  $V_N$  (numero di anni nei quali le opere devono poter essere utilizzate per lo scopo al quale sono destinate) è  $\geq 50$  anni; il periodo di riferimento  $V_r$  in base al quale vengono valutate le azioni sismiche sulle opere è di 100 anni:

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Vita nominale</b>          | <b><math>\geq 50</math> anni</b>  |
| <b>Classe d'uso</b>           | <b>IV</b>                         |
| <b>Coefficiente d'uso</b>     | <b>2,00</b>                       |
| <b>Periodo di riferimento</b> | <b><math>\geq 100</math> anni</b> |

Tabella 4: Parametri di riferimento per la definizione dell'azione sismica

I dati di base per l'analisi numerica della RSL sono i seguenti:

- moto sismico di riferimento (accelerogramma) in corrispondenza della formazione rocciosa (bedrock sismico, alla base o affiorante) e parametri della pericolosità di base ( $PGA_{base}$ , Magnitudo, Distanza);
- modello geometrico del sottosuolo (stratigrafia, morfologia superficiale e sepolta, eventuali discontinuità);
- parametri geotecnici e geofisici dei terreni costituenti le varie unità omogenee (proprietà fisico-meccaniche da prove specifiche di laboratorio, profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo).

Per quanto riguarda la definizione del “moto sismico di riferimento” è stata utilizzata la procedura di seguito descritta. Dall'*Allegato I* alla L. R. 9 del 7 giugno 2011 sono stati selezionati i parametri descrittivi dell'azione sismica di base necessari per la definizione del terremoto di progetto (accelerogramma di input):  $PGA_{base}$ , Magnitudo, Distanza.

Infatti la Regione Basilicata con la Legge Regionale n° 9 del 7 giugno 2011 ha definito i propri parametri descrittivi delle condizioni di pericolosità sismica di base, fornendo per ogni Comune del territorio Regionale il valore relativo all'accelerazione massima attesa al suolo  $PGA(g)$  e i dati di disaggregazione espressi sotto forma di coppia Magnitudo-Distanza. Di seguito i parametri forniti per il Comune di Ferrandina, sul cui territorio si svilupperà l'area del parco eolico e del Comune di Garaguso in cui verrà ubicata la sottostazione elettrica:

| Comune     | Zona sismica OPCM 3274 | Nuova zonazione sismica | PGA subzona (g) | Magnitudo | Distanza (Km) |
|------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------|---------------|
| FERRANDINA | 2                      | 2d                      | 0.175           | 5.2       | 5             |
| GARAGUSO   | 2                      | 2c                      | 0.200           | 6.7       | 50            |

Tabella 5: Dati di disaggregazione del territorio comunale di Ferrandina (L.R. 07/06/2011 n°9)

Individuati tali parametri è necessario selezionare accelerogrammi “spettro-compatibili e sismo-compatibili” registrati, il cui uso è ammesso, come disposto dalla normativa (D.M. 17/01/2018), con le seguenti prescrizioni:

1. L'uso di accelerogrammi è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito;
2. Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame;
3. Gli accelerogrammi possono essere scalati linearmente in ampiezza limitando il fattore di scala nel caso di segnali provenienti da eventi di piccola magnitudo;
4. Gli effetti sulla struttura sono rappresentati dai valori medi degli effetti più sfavorevoli ottenuti dalle analisi, se si utilizzano almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi, dai valori più sfavorevoli degli effetti, in caso contrario;
5. In nessun caso si possono adottare meno di tre gruppi di accelerogrammi.

Gli accelerogrammi presi in considerazione sono stati scelti mediante il software *REXEL v 3.3 beta* elaborato nel 2009 da Iervolino I. *et al.*, che permette di consultare banche dati relative a registrazioni accelerometriche in Italia ed in Europa e di selezionare automaticamente gruppi di accelerogrammi spettro compatibili da utilizzare per studi di RSL.

Inserendo le condizioni di sito di classe “**A**” (le condizioni *free-field* sono imposte dalla normativa, cfr. par. 7.11.3.2. del D.M. 17/01/2018), l'accelerazione al suolo, la magnitudo e la distanza della sorgente sismogenetica per la “disaggregazione” dei dati, si ottengono 7 coppie di accelerogrammi per le due componenti orizzontali ortogonali le quali approssimano al meglio lo spettro di normativa.

Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite (cfr. Relazione Geologica, Indagini geofisiche), sono state determinate le caratteristiche litotecniche e sismiche del volume di terreno oggetto della possibile amplificazione in corrispondenza di una porzione rappresentativa delle aree destinate all'installazione degli aerogeneratori, definendo i modelli litostratigrafici e sismostratigrafici del sottosuolo così come schematizzato nella seguente tabella:

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A5 - MASW/Re.Mi. 1</b> |                     |                 |   |  |
|---|---------------------|-----------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore (m)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Peso di volume' (KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>                                  |
| <b>1</b>  | <b>2.00</b>         | <b>139</b>      | <b>18.50</b>                              | <b>Sabbie limose con ciottoli poco addensate</b> |
| <b>2</b>  | <b>11.00</b>        | <b>243</b>      | <b>19.00</b>                              | <b>Argille limose mediamente consistenti</b>     |
| <b>3</b>  | <b>60.00</b>        | <b>433</b>      | <b>19.50</b>                              | <b>Argille limose molto consistenti</b>          |
| <b>4</b>  | <b>-</b>            | <b>800</b>      | <b>21.00</b>                              | <b>Substrato: Coesivo sovraconsolidato</b>       |

Tabella 6: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A6 - MASW/Re.Mi. 2</b> |                     |                 |   |  |
|---|---------------------|-----------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore (m)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Peso di volume' (KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>  |
| <b>1</b>  | <b>2.00</b>         | <b>117</b>      | <b>18.50</b>                              | <b>Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti</b> |
| <b>2</b>  | <b>14.50</b>        | <b>241</b>      | <b>19.00</b>                              | <b>Argille limose mediamente consistenti</b>           |
| <b>3</b>  | <b>41.00</b>        | <b>490</b>      | <b>19.50</b>                              | <b>Argille limose molto consistenti</b>                |
| <b>4</b>  | <b>-</b>            | <b>800</b>      | <b>21.00</b>                              | <b>Substrato: Coesivo sovraconsolidato</b>             |

Tabella 7: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A7 - MASW/Re.Mi. 3</b> |                     |                 |   |  |
|---|---------------------|-----------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore (m)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Peso di volume' (KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>  |
| <b>1</b>  | <b>4.50</b>         | <b>143</b>      | <b>18.50</b>                              | <b>Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti</b> |
| <b>2</b>  | <b>12.00</b>        | <b>249</b>      | <b>19.00</b>                              | <b>Argille limose mediamente consistenti</b>           |
| <b>3</b>  | <b>41.00</b>        | <b>459</b>      | <b>19.50</b>                              | <b>Argille limose molto consistenti</b>                |
| <b>4</b>  | <b>-</b>            | <b>800</b>      | <b>21.00</b>                              | <b>Substrato: Coesivo sovraconsolidato</b>             |

Tabella 8: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A3 - MASW/Re.Mi. 4</b> |                     |                 |   |  |
|---|---------------------|-----------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore (m)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Peso di volume' (KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>  |
| <b>1</b>  | <b>1.70</b>         | <b>121</b>      | <b>18.50</b>                              | <b>Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti</b> |
| <b>2</b>  | <b>7.60</b>         | <b>264</b>      | <b>19.00</b>                              | <b>Argille limose mediamente consistenti</b>           |
| <b>3</b>  | <b>64.00</b>        | <b>447</b>      | <b>19.50</b>                              | <b>Argille limose molto consistenti</b>                |
| <b>4</b>  | <b>-</b>            | <b>800</b>      | <b>21.00</b>                              | <b>Substrato: Coesivo sovraconsolidato</b>             |

Tabella 9: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Aerogeneratore A8 - MASW/Re.Mi. 5</b> |                     |                 |   |  |
|---|---------------------|-----------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore (m)</b> | <b>Vs (m/s)</b> | <b>Peso di volume' (KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>  |
| <b>1</b>  | <b>3.30</b>         | <b>173</b>      | <b>18.50</b>                              | <b>Limi argillosi e limi sabbiosi poco consistenti</b> |
| <b>2</b>  | <b>18.00</b>        | <b>343</b>      | <b>19.00</b>                              | <b>Argille limose mediamente consistenti</b>           |
| <b>3</b>  | <b>30.00</b>        | <b>499</b>      | <b>19.50</b>                              | <b>Argille limose molto consistenti</b>                |
| <b>4</b>  | <b>-</b>            | <b>800</b>      | <b>21.00</b>                              | <b>Substrato: Coesivo sovraconsolidato</b>             |

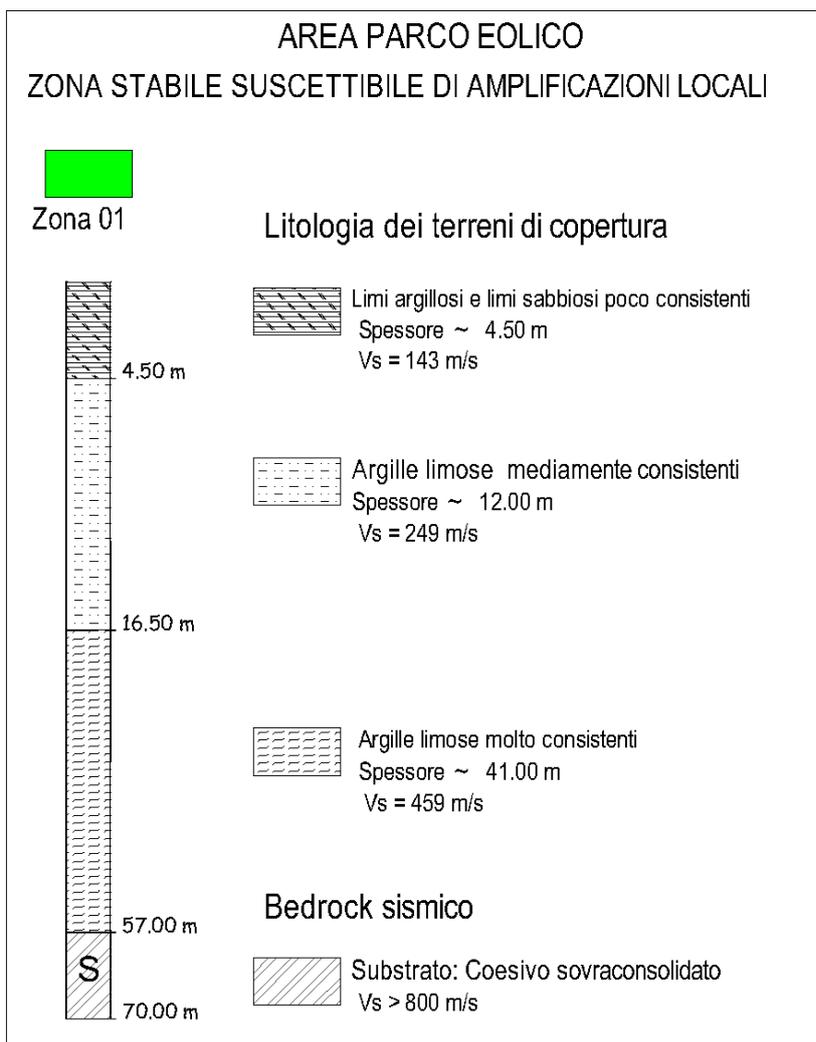
Tabella 10: Modello sismo-stratigrafico dell'area del parco eolico

| <b>Modello litostratigrafico e sismostratigrafico Sottostazione - MASW/Re.Mi. 6</b> |                         |                     |   |  |
|---|-------------------------|---------------------|---|--|
| <b>Sismostrato</b>  | <b>Spessore<br/>(m)</b> | <b>Vs<br/>(m/s)</b> | <b>Peso di volume'<br/>(KN/m<sup>3</sup>)</b> | <b>Litotipo</b>                                      |
| <b>1</b>  | <b>1.40</b>             | <b>94</b>           | <b>18.50</b>                                  | <b>Sabbie limose con ciottoli<br/>poco addensate</b> |
| <b>2</b>  | <b>6.40</b>             | <b>191</b>          | <b>19.00</b>                                  | <b>Argille limose<br/>mediamente consistenti</b>     |
| <b>3</b>  | <b>68.00</b>            | <b>430</b>          | <b>19.50</b>                                  | <b>Argille limose molto<br/>consistenti</b>          |
| <b>4</b>  | <b>-</b>                | <b>800</b>          | <b>21.00</b>                                  | <b>Substrato: Coesivo<br/>sovracconsolidato</b>      |

Tabella 1: Modello sismo-stratigrafico dell'area SSE

Lo studio di Risposta Sismica Locale, eseguito sulle aree interessate dal progetto in epigrafe, ha fornito quantificazioni numeriche monodimensionali delle amplificazioni locali ottenute mediante l'utilizzo di specifici codici di calcolo (RSLIII-Geostru); in particolare sono stati definiti gli spettri di scuotimento e di risposta al suolo per lo stato limite ultimo SLV a partire dalle caratteristiche della sorgente e dell'assetto litostratigrafico e sismostratigrafico sottosuolo. Sono state effettuate inoltre stime probabilistiche della pericolosità sismica, trattando gli spettri di risposta a pericolosità costante e definendo il moto di riferimento. Lo Studio di Risposta Sismica Locale, a partire dai dati ottenuti attraverso una mirata campagna geognostica e geofisica, ha consentito inoltre la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, riportata in allegato (crf. Allegato RG\_06 , in cui è stato possibile definire n. 2 diverse zone definite stabili suscettibili di amplificazioni locali. Per la definizione delle microzone in corrispondenza degli aerogeneratori, data l'omogeneità a scala più ampia dei caratteri litologici, stratigrafici, morfologici e sismici, si è scelto di sottoporre ad analisi numerica tutti i modelli sismostratigrafici ricavati dalle indagini geognostiche e geofisiche condotte e adottare per tutta l'area parco il modello ritenuto più cautelativo in termini di accelerazione massima attesa al suolo, risultato quello in corrispondenza dell'aerogeneratore 7 (MASW/Re.Mi. 3).

Le caratteristiche litologiche e sismiche delle due microzone definite rispettivamente **Zona 1 - Parco eolico** e **Zona 2 Sottostazione elettrica** sono schematizzate nelle figure e tabelle seguenti:



| ZONA | FA    | FV    | PGA [g] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| 01   | 2.022 | 1.624 | 0.304   | 0.143  | 0.429  | 2.815  | 0.304     | 0.771      |

### Calcolo dei coefficienti $K_h$ e $K_v$ Zona 01

I valori di  $K_h$  e  $K_v$  vengono determinati con le seguenti formule:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5x K_h$$

dove

-  $a_g$  (g) = 0.304 accelerazione massima attesa al suolo (PGA)

-  $a_{max}$  (m/s<sup>2</sup>) = 2,982 m/s<sup>2</sup>

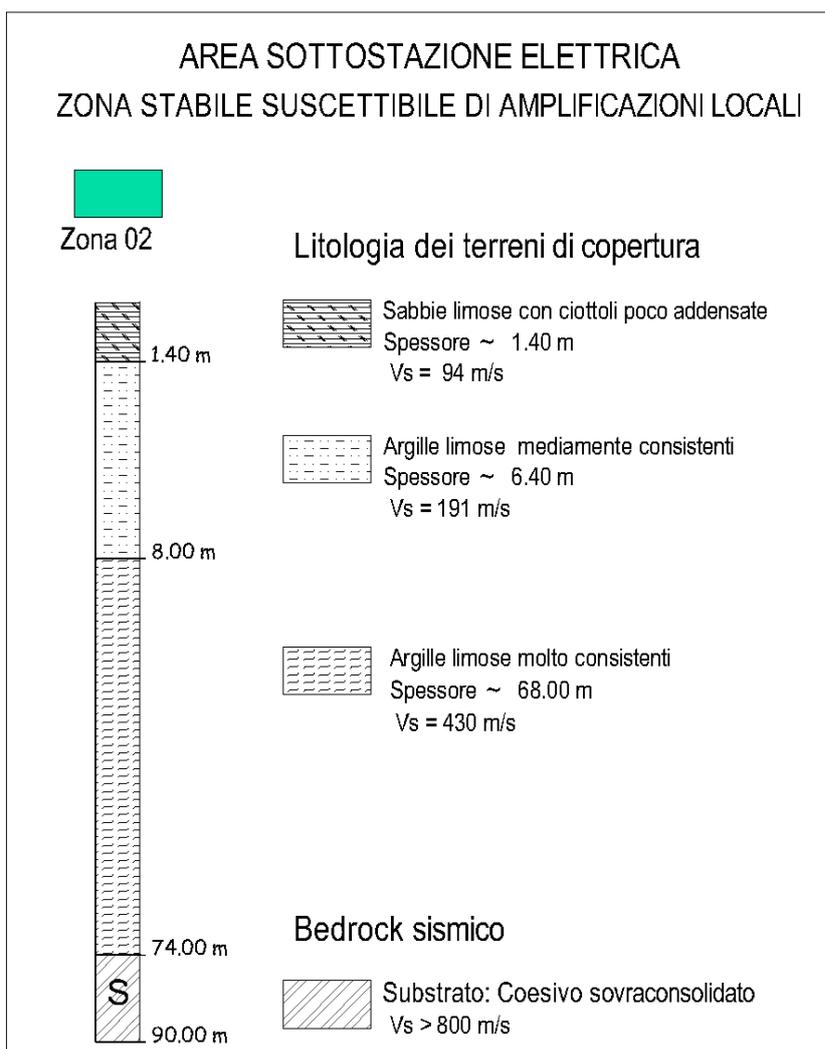
da cui si ottiene:

per  $\beta_s$  0.28 (pendio naturale)

$K_h = 0.086$       $K_v = 0.043$

per  $\beta_s$  0.38 (pendio modificato)

$K_h = 0.116$       $K_v = 0.058$



| ZONA | FA    | FV    | PGA [g] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| 02   | 1.366 | 1.376 | 0.240   | 0.197  | 0.590  | 2.560  | 0.240     | 0.645      |

**Calcolo dei coefficienti Kh e Kv Zona\_02**

I valori di Kh e Kv vengono determinati con le seguenti formule:

$$kh = \beta_s \cdot \frac{amax}{g} \quad kv = \pm 0.5x Kh$$

dove

- ag (g) = 0.240 accelerazione massima attesa al suolo (PGA)

- amax (m/s<sup>2</sup>) = 2,354 m/s<sup>2</sup>

da cui si ottiene:

per  $\beta_s$  0.28 (pendio naturale)

**Kh = 0.067      Kv = 0.034**

per  $\beta_s$  0.38 (pendio modificato)

**Kh = 0.091      Kv = 0.046**



Per quanto riguarda il cavidotto, trattandosi di un'opera non soggetta ad azioni sismiche, non è stata definita una microzona specifica, pertanto nella carta delle microzone omogenee, ai fini di un'omogeneità di rappresentazione dei risultati e per una fascia limitata alla sola zona di competenza del cavidotto, è stata assegnata cautelativamente, la microzona a maggior fattore di amplificazione sismica, intesa in termini di maggior valore di PGA (ag max).

Per il dettaglio della Risposta Sismica di Terzo Livello si rimanda all'**Allegato A.2.10: Relazione di Microzonazione Sismica**.

## 11. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA

Come già accennato, l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata che, pur rilasciando parere favorevole alla realizzazione del progetto di che trattasi, in quanto le opere previste non interferiscono con le aree a rischio censite dalla stessa AdB, ha evidenziato la necessità di corredare lo studio geologico iniziale a firma del Dott. Del Conte, con ulteriori elaborati tematici in ottemperanza dell'art. 1 c. 8 e art. 4 quater delle NTA del Piano Stralcio per la difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI). In merito lo scrivente, in considerazione dello scenario geomorfologico dei luoghi, così come anche consigliato dalla stessa AdB e delle richieste di integrazioni da parte dell'Ufficio Geologico della Regione Basilicata, ha redatto il presente Studio Geologico.

Quest'ultimo ha la finalità di meglio verificare il contesto geologico, morfologico in cui il progetto in parola si inserisce al fine di poterne sottoscrivere la fattibilità. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area e, per escludere la presenza di elementi di criticità morfologica, oltre al rilevamento geo-morfologico di superficie che si è dimostrato utile al raggiungimento dell'obiettivo, sono state eseguite anche delle indagini geognostiche ubicate in corrispondenza di quei areali morfologicamente più complessi; il tutto per la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei relativi terreni in affioramento. Il tutto ha permesso di verificare, anche numericamente, la stabilità di tali aree, oltre a fare delle prime considerazioni sulle strutture fondali. Con riferimento alla verifica di fattibilità del progetto ai sensi del cap. 6.12 del D.M. 17/01/2018, nonché dell'art. 1 c. 8 e art. 4 quater delle NTA del Piano Stralcio per la difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata, in questa fase della progettazione, come già accennato, il rilevamento geologico e geomorfologico effettuato, le indagini geognostiche dirette ed indirette, le prove ed analisi geotecniche di laboratorio, hanno confermato macroscopicamente le buone condizioni di stabilità di tutta l'area di sedime del parco eolico, supportate analiticamente anche da tutte le verifiche di stabilità svolte nelle condizioni ante e post operam.

Il parco eolico si sviluppa su morfologia poco inclinata, costituita da una spessa coltre sedimentaria depositatasi in ambienti di transizione da continentale a marino in cui affiorano terreni pelitici appartenenti principalmente ai depositi argillosi (Argille Subappennine) riconducibili al Ciclo Sedimentario dell'Avanfossa Bradanica, localmente ricoperti da sedimenti di ambiente continentale (depositi alluvionali e depositi alluvionali terrazzati).

La morfologia collinare risulta condizionata dalla natura litologica dei terreni affioranti, caratterizzata da superfici pianeggianti e poco inclinate al top, specie in corrispondenza dei Terrazzi Alluvionali, e da forme più aspre, calanchive, lungo i versanti laddove affiorano sedimenti di natura argilloso-limosa (Argille Subappennine). La morfologia di quest'ultimo settore è, inoltre, modellata da processi dovuti alle acque incanalate ed alla corrivazione "selvaggia", ovvero non regimentata, delle acque meteoriche che tendono a scorrere in superficie in modo prevalentemente laminare approfondendo i solchi erosivi (anche dei calanchi) che terminano poi nelle aste principali dei corsi d'acqua. Un altro fattore di modellamento morfologico di questi versanti è dovuto alla loro coltivazione agraria. Inoltre è stato rilevato che i pendii esposti verso i quadranti sud-occidentali presentano acclività piuttosto elevate e forme articolate tipiche dei calanchi, modellati dagli agenti atmosferici e soggetti ad episodi erosivi ed incisivi dovute alle acque che ivi si incanalano. I versanti nord orientali sono invece contraddistinti da profili più regolari, con acclività media non superiore ai 20°.

In un intorno significativo e negli stessi siti di progetto non sono state riconosciute forme gravitative legate a movimenti di versante in atto o in preparazione tali da compromettere la fattibilità degli interventi da realizzare; infatti, l'andamento morfologico risulta piuttosto regolare. Tale valutazione, come già accennato, è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - sede Basilicata). I siti, infatti, non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana per i quali il progetto risulti incompatibile, né interessate da fenomeni di alluvionamento.

Per la rappresentazione cartografica della geomorfologia dei luoghi di progetto è stata redatta una Carta Geomorfologica in scala 1:5.000 in cui, oltre a riportare gli areali a rischio idrogeologico perimetrati dall'AdB e quelli in frana cartografati dall'IFFI, sono stati cartografati, in un buffer di circa 150 m rispetto alle opere in progetto, tutti gli elementi morfologici rilevati. In merito sono state riscontrate solo alcune criticità che riguardano il cavidotto che, in qualche punto lambisce delle aree calanchive; criticità che saranno facilmente superate con l'utilizzo di apposite tecniche di scavo (T.O.C.) come di seguito meglio riportato. **Chiaramente nella progettazione esecutiva, con l'esecuzione di un rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio, sarà possibile cartografare tutti i tematismi in una scala più adeguata, oltre a posizionare più precisamente tutte le opere del progetto rispetto al contesto idrogeomorfologico delle aree di sedime; eventuali ulteriori criticità che ne dovessero**

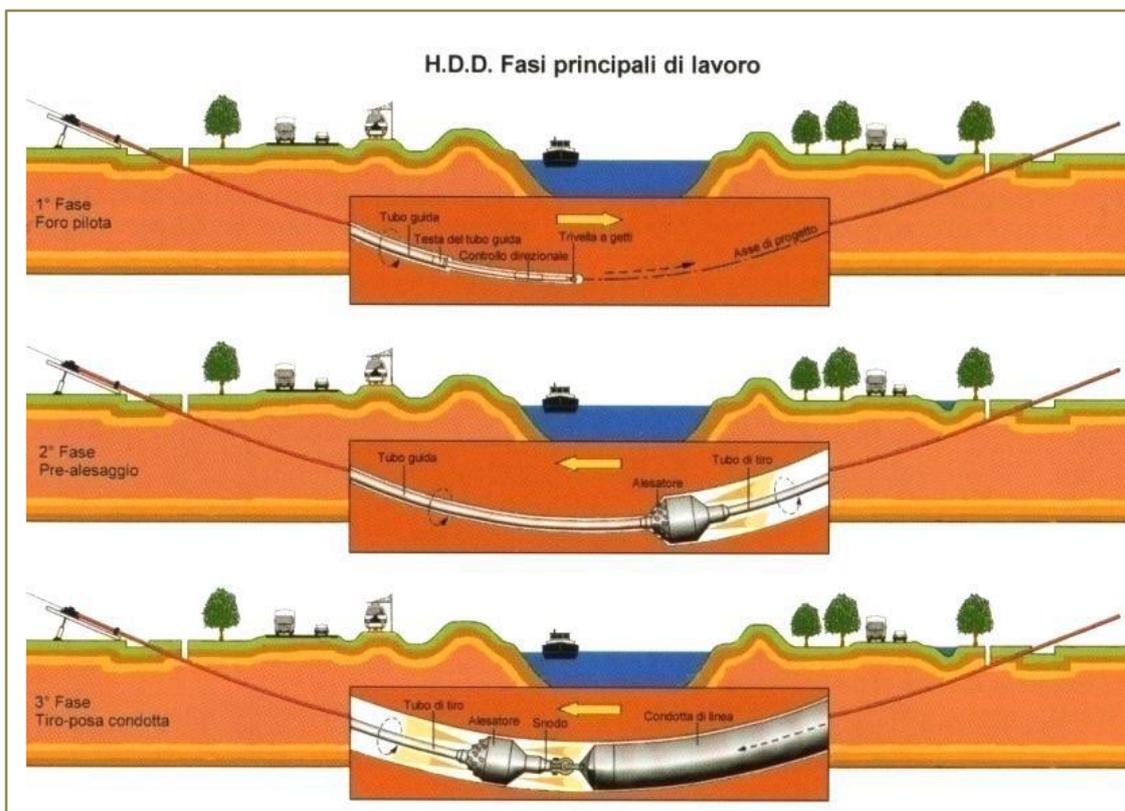
**scaturire saranno idoneamente affrontati con studi di dettaglio corredati da idonee indagini geognostiche dirette ed indirette, oltre a prove ed analisi di laboratorio.**

Il progetto è stato concepito nella salvaguardia ambientale del territorio, infatti, ad esempio, si è cercato di sfruttare al massimo la viabilità esistente, oltre a posizionare le opere in modo tale da minimizzare la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti e confinati alle sole strutture fondali degli aerogeneratori (plinti circolari di circa 20.00 m di diametro ed altezza media di circa m 3.00), ed alla realizzazione delle piazzole che avranno una sezione a "mezza costa"; la maggior parte delle strade saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna o in lieve "mezzacosta" e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto, utilizzando il materiale arido naturale. La stessa realizzazione delle strutture fondali delle turbine eoliche non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate poiché si procederà all'utilizzo di una fondazione "compensata" o di una fondazione "profonda o indiretta" (plinto su pali), a seconda dall'effettivo modello geotecnico delle aree di sedime che sarà più approfonditamente ricostruito nella fase esecutiva della progettazione. E' comunque da sottolineare che su un versante, una *fondazione su pali* comunque esplica una azione di consolidamento circoscritto dei terreni di sedime per il così detto "effetto chiodante" dei pali stessi.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati; in merito, di seguito, si dimostrerà analiticamente come le condizioni tensionali nel terreno, *ante e post operam* del cavidotto, rimarranno pressoché le stesse. Questo risultato è facilmente intuibile per l'estrema superficialità e "lievità" dell'intervento che non interesserà volumi di terreno significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Quindi, la limitatezza e l'inconsistenza dei volumi di terreno coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione, non potranno in nessun modo compromettere l'equilibrio dei luoghi che, comunque, si presentano macroscopicamente ed oggettivamente stabili. Anche le metodologie di scavo che si intenderanno utilizzare, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei terreni attraversati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua o in corrispondenza delle zone calanchive, come già accennato, sarà possibile posare

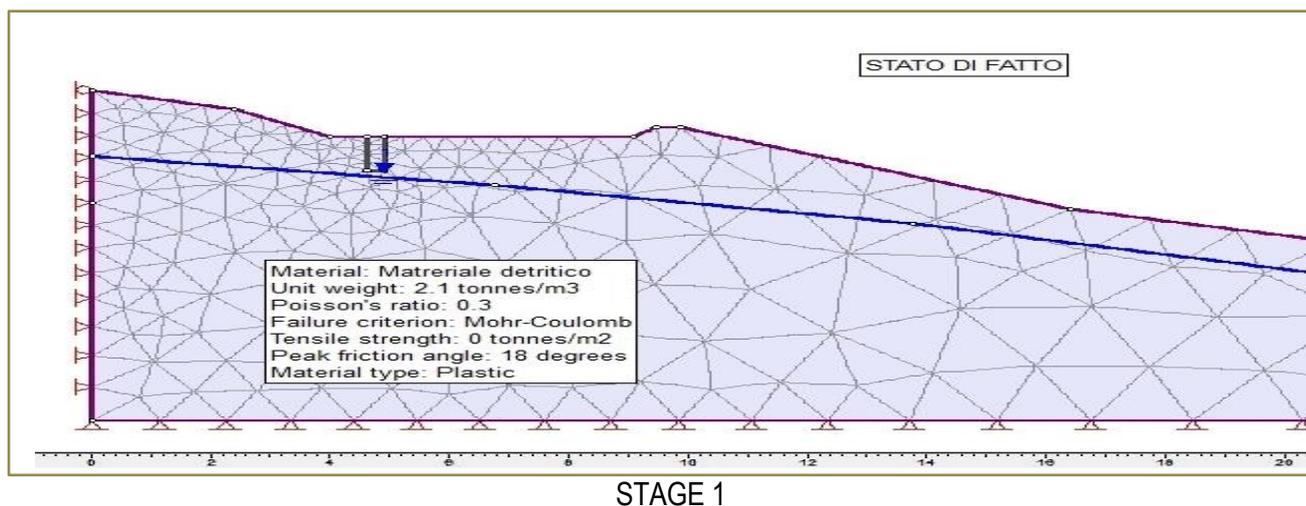
il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata, chiamata anche perforazione orizzontale controllata (HDD), o perforazione direzionale teleguidata, è una vantaggiosa alternativa ai tradizionali metodi d'installazione di linee di servizio. Infatti, con tale tecnologia è possibile passare con la perforazione e, dunque, con il cavidotto, in totale sicurezza al disotto del corso d'acqua o ad una profondità di sicurezza al disotto dei calanghi (erosione lineare ed approfondimento delle incisioni). L'utilizzo di tali tecnologie, nella progettazione esecutiva, sarà necessariamente supportato da studi geologici specifici corredati da sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed indagini geofisiche necessarie alla ricostruzione del modello litotecnico del sottosuolo da attraversare con la trivellazione.

Nella figura sottostante è mostrato uno schema della T.O.C.:



Come già sopra premesso, per la realizzazione del cavidotto, saranno coinvolti volumi di terreno poco significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Infatti, la profondità sarà compresa entro 1.20/1.50 m, mentre la larghezza sarà di circa 30/40 cm. Pertanto, lo scavo interesserà il primo livello dei terreni di copertura humificati nei tratti in cui si svilupperà in "aperta campagna", mentre su tratti stradali (asfaltati e non) si attesterà immediatamente al disotto della massicciata stradale e, comunque, nei primi decimetri dei materiali di copertura. Quindi, appurato macroscopicamente la stabilità delle aree in cui il cavidotto stesso si sviluppa, in considerazione che da

un punto di vista geologico-tecnico, in nessun modo si andrà ad interessare i terreni di substrato che, pertanto, per tale opera vengono trascurati, mentre si dimostrerà analiticamente, anche se è facilmente intuibile, che gli scavi per la realizzazione del cavidotto non andranno a modificare lo stato dei luoghi, sia per quanto concerne le *tensioni nel terreno*, sia, di conseguenza, i *fattori di stabilità e di sicurezza* degli areali attraversati. Seppure le minime variazioni interessino esclusivamente i volumi di terreno strettamente localizzati al contorno dello scavo, non si evince alcuna ripercussione sullo stato *tensio-deformativo* delle aree attraversate. In tal senso, si riporta di seguito una semplice dimostrazione analitica di quanto appena espresso, ad esempio “*in termini di tensioni verticali geostatiche ( $\sigma_1$ )*”, per una situazione abbastanza frequente di posizionamento del cavidotto lungo una strada. A favore di sicurezza si è considerato che il cavo sia posato in terreni detritici a scadenti caratteristiche geotecniche così come di seguito schematizzato:



La larghezza stradale, l'inclinazione del piano di campagna, ecc. sono da ritenersi indicative e, comunque, di poca importanza per la verifica.

La qualità geotecnica dei terreni sommitali è stata volutamente considerata decisamente scarsa in modo da simulare terreni detritici o di alterazione.

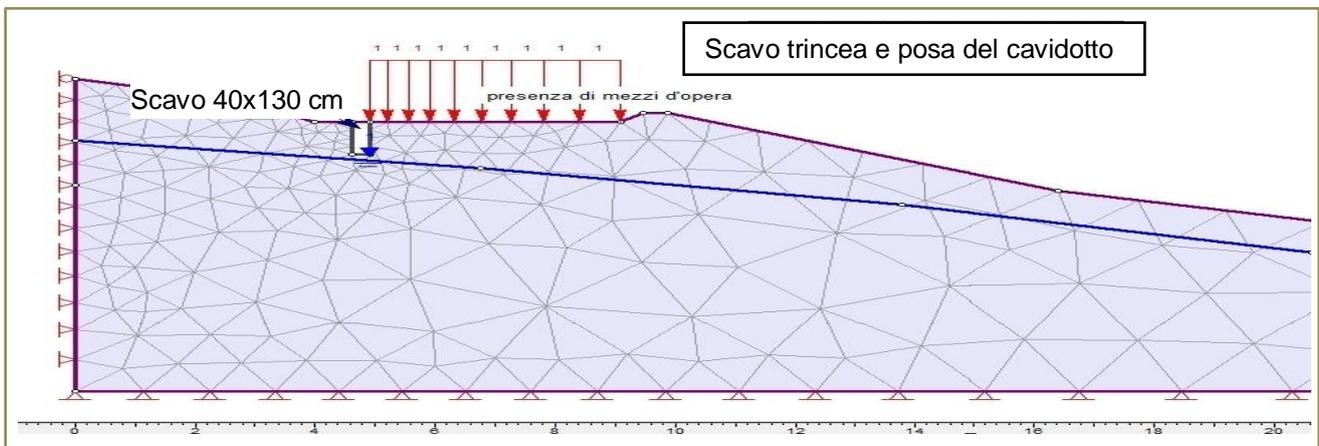
**I valori dei parametri fisico-meccanici assunti non hanno nessuna importanza per la finalità dell'esempio che, invece, vuole evidenziare come non si ha alcuna variazione tensionale, a prescindere dalle caratteristiche litotecniche del terreno attraversato dal cavidotto elettrico.**

A vantaggio di calcolo è stata prevista anche la falda nello strato detritico o di alterazione.

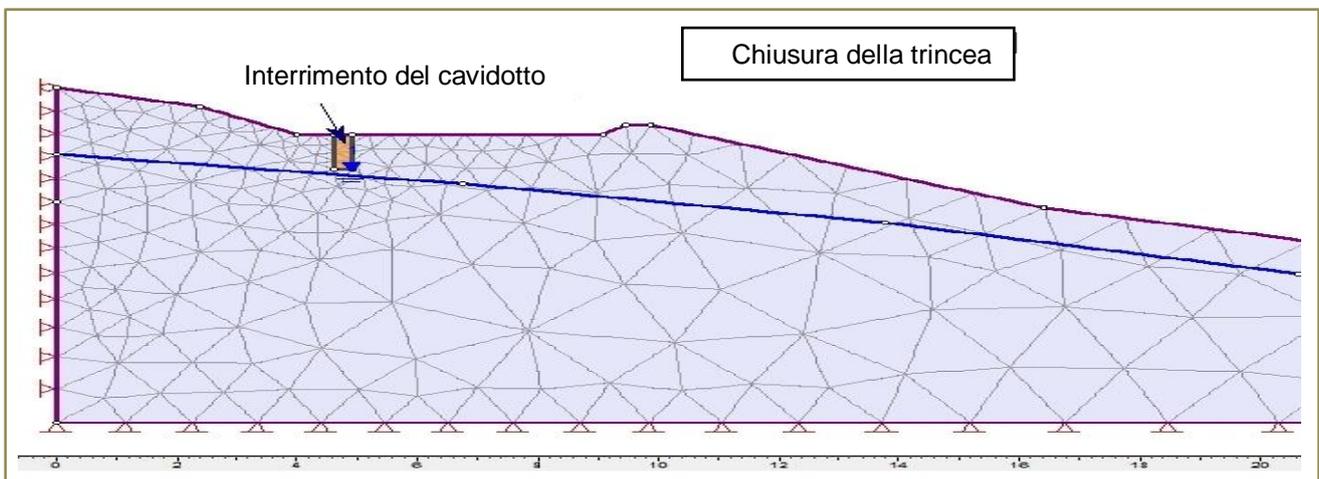
Tramite un **modello di calcolo F.E.M.** (*Metodo agli elementi finiti*) sono stati previsti n° 3 stages (fasi) ed in particolare :

- Stage 1 : Stato di fatto (di riferimento iniziale)
- Stage 2 : fase di scavo e posa del cavidotto
- Stage 3 : rinterro dello scavo.

Dal momento che le operazioni dello Stage 2 e 3 sono eseguite in un lasso di tempo limitatissimo tra la fase di scavo, posa e quella di rinterro, in questo esempio, non è stato preso in considerazione alcun fenomeno sismico, anche perché non necessario agli scopi dimostrativi della quasi inesistente variazione del regime tensionale verticale nei terreni.



STAGE 2



STAGE 3

Le informazioni sui dati e sui risultati principali sono riportate di seguito:

### Phase2 Analysis Information

**Document Name**

sezione tipo condotta 1strato rev2.fez

**Project Settings**

General



Project Title: sezione su strada condotta  
Number of Stages: 3  
Analysis Type: Plane Strain  
Solver Type: Gaussian Elimination  
Units: Metric, stress as tonnes/m<sup>2</sup>

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 500  
Tolerance: 0.001  
Number of Load Steps: Automatic

Groundwater

Method: Piezometric Lines  
Pore Fluid Unit Weight: 0.981 tonnes/m<sup>3</sup>

**Field Stress**

Field stress: gravity  
Using actual ground surface  
Total stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1  
Total stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1  
Locked-in horizontal stress (in-plane): 0  
Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

**Mesh**

Mesh type: graded  
Element type: 3 noded triangles  
Number of elements on Stato di fatto: 368  
Number of nodes on Stato di fatto: 220  
Number of elements on Scavo e posa condotta: 368  
Number of nodes on Scavo e posa condotta: 220  
Number of elements on Chiusura scavo: 368  
Number of nodes on Chiusura scavo: 220

**Material Properties**

Material: Materiale detritico

Initial element loading: field stress & body force  
Unit weight: 2.1 tonnes/m<sup>3</sup>  
Elastic type: isotropic  
Poisson's ratio: 0.3  
Failure criterion: Mohr-Coulomb  
Tensile strength: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Peak friction angle: 18 degrees  
Peak cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Material type: Plastic  
Dilation Angle: 0 degrees  
Residual Friction Angle: 18 degrees  
Residual Cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Piezo to use: 1  
Hu Type: Custom  
Hu value: 1

Material: riempimento scavo

Initial element loading: body force only  
Unit weight: 2.2 tonnes/m<sup>3</sup>  
Elastic type: isotropic  
Young's modulus: 500 tonnes/m<sup>2</sup>  
Poisson's ratio: 0.3  
Failure criterion: Mohr-Coulomb  
Tensile strength: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Peak friction angle: 35 degrees  
Peak cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Material type: Plastic  
Dilation Angle: 0 degrees  
Residual Friction Angle: 35 degrees  
Residual Cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Piezo to use: None  
Ru value: 0



### **Areas of Excavated and Filled Elements**

#### **Scavo e posa condotta**

Material: Matreriale detritico, Area Excavated: 0.60 m<sup>2</sup>

#### **Chiusura scavo**

Material: riempimento scavo, Area Filled: 0.60 m<sup>2</sup>

### **Excavation Areas**

#### **Original Un-deformed Areas**

Excavation Area: 0.60 m<sup>2</sup>

Excavation Perimeter: 3.80 m

External Boundary Area: 212.027 m<sup>2</sup>

External Boundary Perimeter: 74.116 m

#### **Stato di fatto**

Excavation Area: 0.60 m<sup>2</sup> (-5.0119e-005 m<sup>2</sup> change from original area)

Excavation Perimeter: 3.80 m (-0.00448978 m change from original perimeter)

External Boundary Area: 212.280 m<sup>2</sup> (0.252363 m<sup>2</sup> change from original area)

External Boundary Perimeter: 74.048 m (-0.0675524 m change from original perimeter)

Volume Loss to Excavation: -82.6102 %

#### **Scavo e posa condotta**

Excavation Area: 5.118 m<sup>2</sup> (2.81208 m<sup>2</sup> change from original area)

Excavation Perimeter: 11.682 m (8.13233 m change from original perimeter)

External Boundary Area: 213.248 m<sup>2</sup> (1.22127 m<sup>2</sup> change from original area)

External Boundary Perimeter: 84.044 m (9.92811 m change from original perimeter)

Volume Loss to Excavation: -399.778 %

#### **Chiusura scavo**

Excavation Area: 5.117 m<sup>2</sup> (2.81158 m<sup>2</sup> change from original area)

Excavation Perimeter: 11.670 m (8.13315 m change from original perimeter)

External Boundary Area: 213.324 m<sup>2</sup> (1.29639 m<sup>2</sup> change from original area)

External Boundary Perimeter: 84.050 m (9.93367 m change from original perimeter)

Volume Loss to Excavation: -424.37 %

### **Displacements**

Maximum total displacement for Stato di fatto: 0.110545 m

Maximum total displacement for Scavo e posa condotta: 0.125059 m

Maximum total displacement for Chiusura scavo: 0.126825 m

### **Yielded Elements**

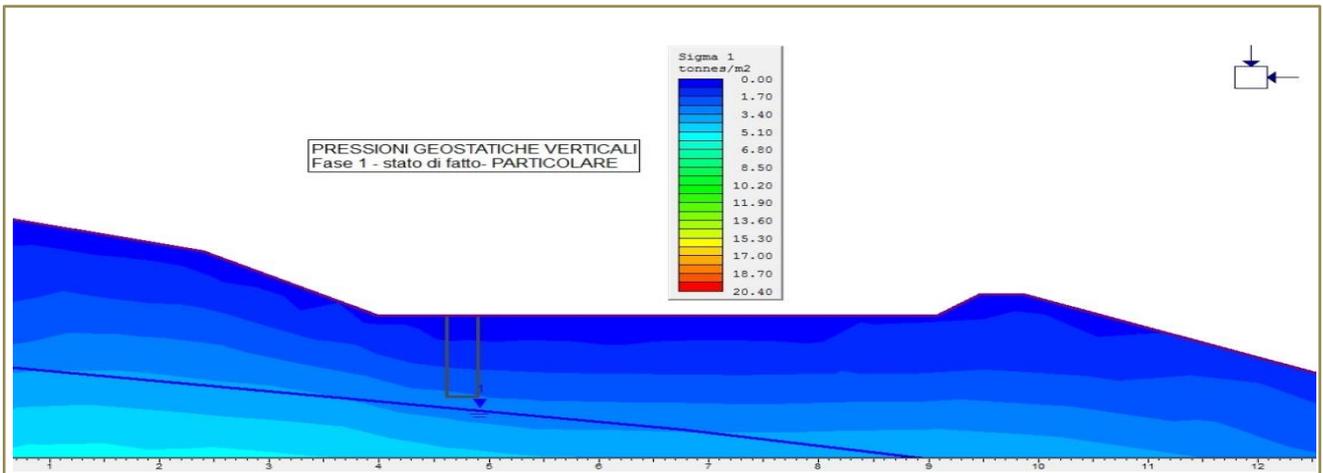
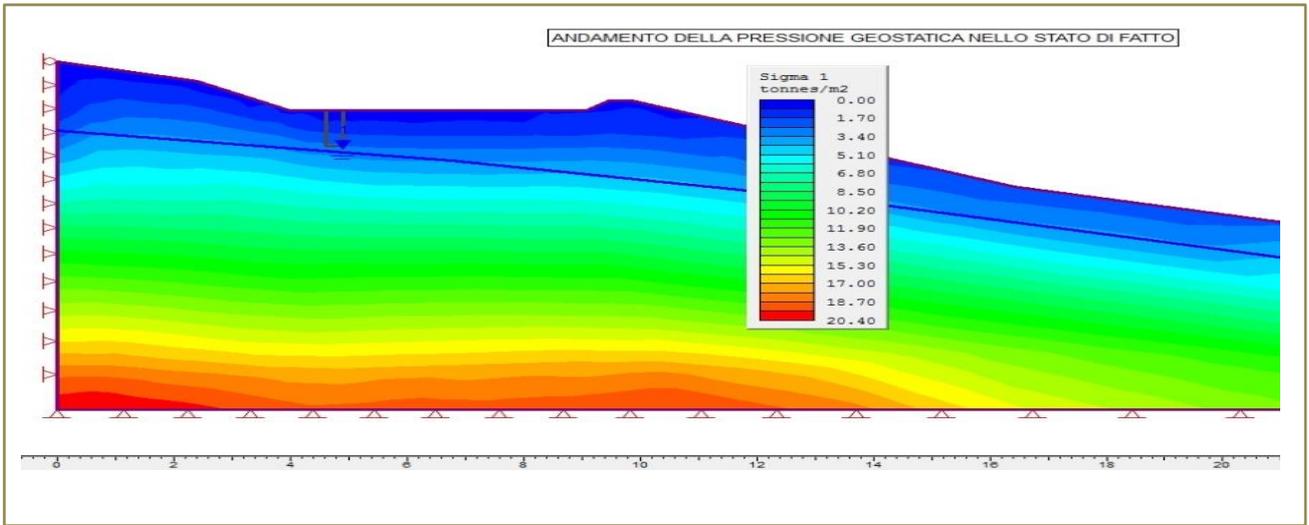
#### **Yielded Mesh Elements**

Number of yielded mesh elements on Stato di fatto: 486

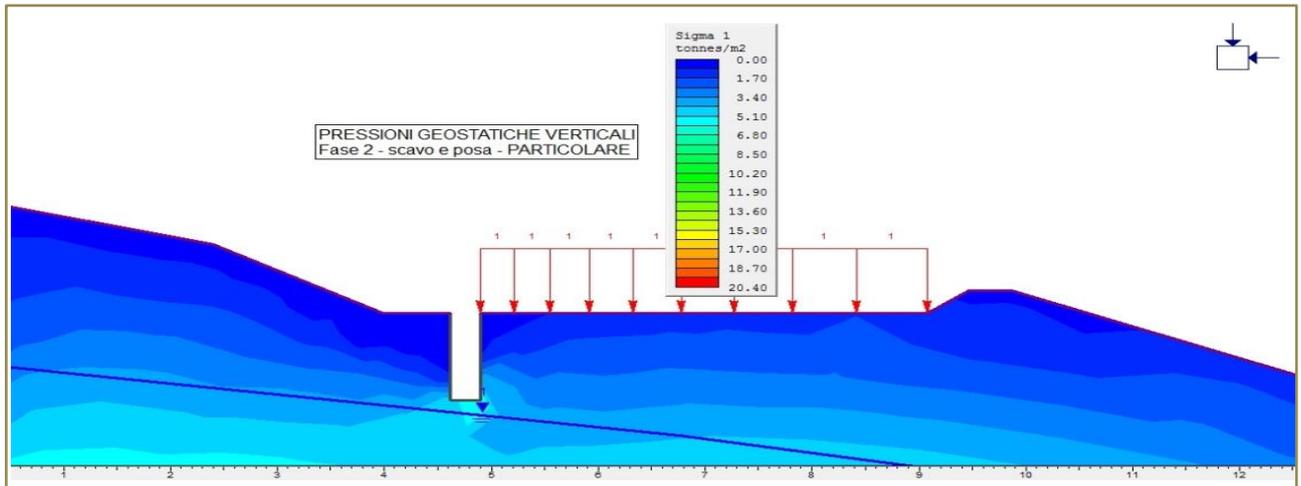
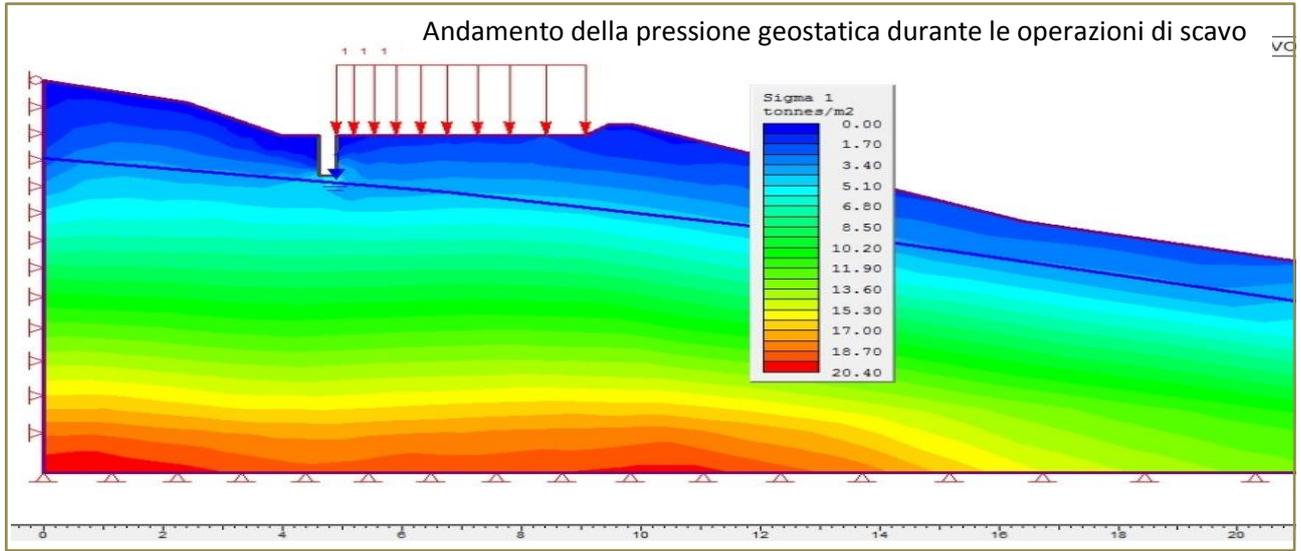
Number of yielded mesh elements on Scavo e posa condotta: 482

Number of yielded mesh elements on Chiusura scavo: 500

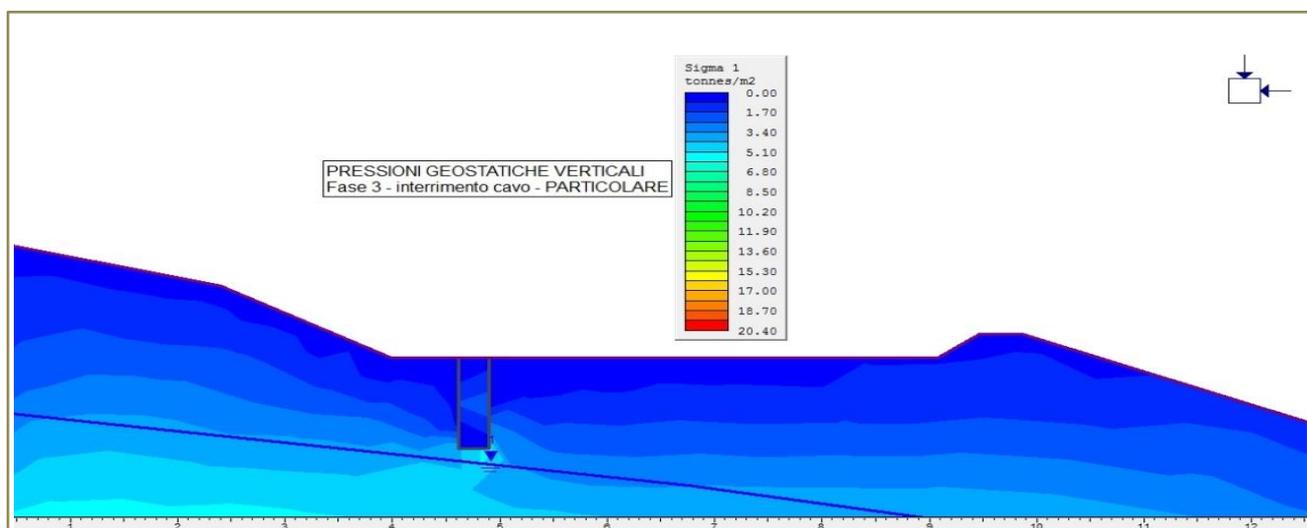
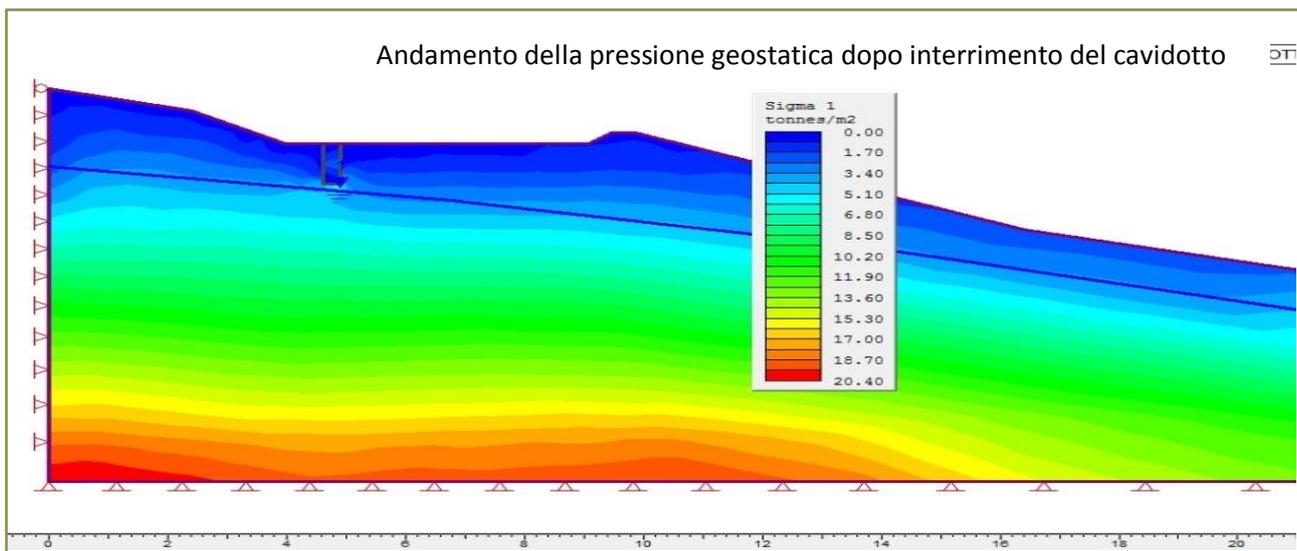
I risultati delle analisi FEM sono compendati dai grafici successivi che non hanno bisogno di commento:



STAGE 1:  $\sigma_1$



STAGE 2:  $\sigma_1$



### STAGE 3: $\sigma_1$

Come si può notare dalle figure dello Stage 1 allo Stage 3, la condizione *tensionale*  $\sigma_1$  è praticamente la stessa (sia nel contesto generale che nel dettaglio). Questo risultato è facilmente intuibile per la limitatezza degli scavi da eseguire che, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione (non secondaria quando si opera in terreni di tale natura), non intaccano minimamente i *fattori di sicurezza preesistenti* delle aree attraversate dall'opera a rete. Di conseguenza, è possibile affermare che la realizzazione del cavidotto in nessun modo va ad interferire con l'attuale stato di equilibrio dei luoghi e, quindi, delle cose che ivi ricadono nelle immediate vicinanze, garantendo, allo stesso tempo, anche la stabilità dei fronti di scavo. Inoltre, assolutamente è ininfluente sul grado di *pericolosità* e *rischio idrogeologico* delle aree di sedime. Anche le metodologie di scavo, come avanti riportato, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza

incidere sullo stato tensionale dei luoghi. In merito, l'ottimizzazione del progetto ha tenuto conto della grande valenza ambientale, evitando, in tal senso, di operare scavi di sbancamento e di minimizzare



quelli delle trincee in cui posare il cavidotto. Nel dettaglio, saranno eseguite microtrincee tramite un'apposita attrezzatura "trencher" (rif. figura laterale) che riduce sia i volumi di scavo che i tempi di realizzazione. Nei terreni di che trattasi sono stimati scavi di lunghezza di oltre un chilometro al giorno.

I materiali utilizzati per i rinterri saranno scelti in funzione dei luoghi o delle strade attraversate, ovvero per gli scavi eseguiti in aperta campagna sarà riutilizzato, previo allettamento del cavo, il terreno di scavo stesso idoneamente compattato in modo tale da ripristinare i luoghi nelle stesse condizioni ambientali ante operam; sulle strade asfaltate o sterrate, il rinterro sarà eseguito con idoneo materiale arido posto in opera a perfetta regola d'arte al fine di ripristinare il piano viabile nelle condizioni iniziali. Chiaramente i fisiologici assestamenti che si potrebbero verificare, saranno ripristinati tempestivamente in modo da garantire la fruibilità della circolazione veicolare in sicurezza.

**Di conseguenza, lo scrivente, alla luce di tutti gli elementi di carattere idrogeomorfologico che è stato possibile rilevare in questa prima fase della progettazione, ritiene che il progetto non andrà ad interferire con l'attuale stato di equilibrio dei luoghi e, quindi, assolutamente sarà ininfluente sul grado di *pericolosità/rischio idrogeologico* delle aree attraversate che, comunque, si presentano stabili.**

Le buone condizioni di stabilità sono state confermate anche da tutte le verifiche analitiche effettuate sui settori di versanti più acclivi interessati dalle turbine eoliche, che hanno fornito, come riportato nel Capitolo 12, risultati del Coefficiente di sicurezza  $F_s$  rassicuranti e, comunque, sempre di gran lunga superiori al coefficiente di sicurezza minimo previsto dalla vigente normativa.

## 12. VERIFICHE ANALITICHE DELLA STABILITA' DEI VERSANTI

Le verifiche analitiche della stabilità sono state condotte lungo quei pendii interessati dagli aerogeneratori che presentano pendenze o contesti morfologici tali che chi scrive ha ritenuto necessario indagare analiticamente anche in termini di stabilità. Tali verifiche sono state eseguite considerando il pendio allo stato attuale (ante operam) e allo stato di progetto (post operam) lungo sezioni la cui traccia è esattamente coincidente con quella delle Sezioni Litotecniche A2, A3, A5, A8, A9, A10, A11 tracciate lungo la linea di massima pendenza.

Tali verifiche hanno confermato le buone condizioni di stabilità già rilevate in fase di rilievo geomorfologico di campagna, fornendo risultati del Coefficiente di sicurezza  $F_s$  rassicuranti e, comunque, sempre superiori al coefficiente di sicurezza minimo previsto dalla vigente normativa. Nei calcoli si è considerata una “maglia di centri” dieci per dieci, opportunamente posizionata rispetto al pendio.

Cautelativamente, nei calcoli sono stati considerati:

- le accelerazioni sismiche utilizzate sono scaturite considerando i valori dei coefficienti sismici ottenuti dalla **Microzonazione sismica di III livello**.  $K_h$  e  $K_v$  sono stati dunque calcolati con le seguenti formule:  $k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$  e  $k_v = \pm 0.5 \times K_h$ , dove  $a_{max}$  ( $m/s^2$ ) = **2,982**  $m/s^2$ ,  $\beta_s$  è stato assunto pari a **0.28** nella condizione di calcolo *ante operam* e di **0.38** nella condizione *post operam*; mentre il coefficiente  $\gamma_R$  è stato assunto rispettivamente pari a 1.00 e a 1.10:

| SEZIONE LITOTECNICA          | CONDIZIONE DI VERIFICA | $\beta_s$ | $k_h$ | $k_v$ |
|------------------------------|------------------------|-----------|-------|-------|
| A2, A3, A5, A8, A9, A10, A11 | Ante operam            | 0.28      | 0.086 | 0.043 |
| A2, A3, A5, A8, A9, A10, A11 | Post operam            | 0.38      | 0.116 | 0.058 |

- i sovraccarichi ricadenti sul versante. È stato considerato cautelativamente anche il sovraccarico della turbina eolica pari a  $2.00 \text{ kg/cm}^2$ , anche se in realtà si realizzeranno fondazioni profonde o compensate. Infatti, oltre ai pali di fondazione, nella schematizzazione della verifica di stabilità, è stato aggiunto il suddetto carico;
- non sono state considerate le opere di sostegno di sottoscampa e di controripa;
- la falda a piano campagna compresa nei terreni definiti permeabili;
- le verifiche sono state effettuate con il Metodo di Calcolo di Janbu;

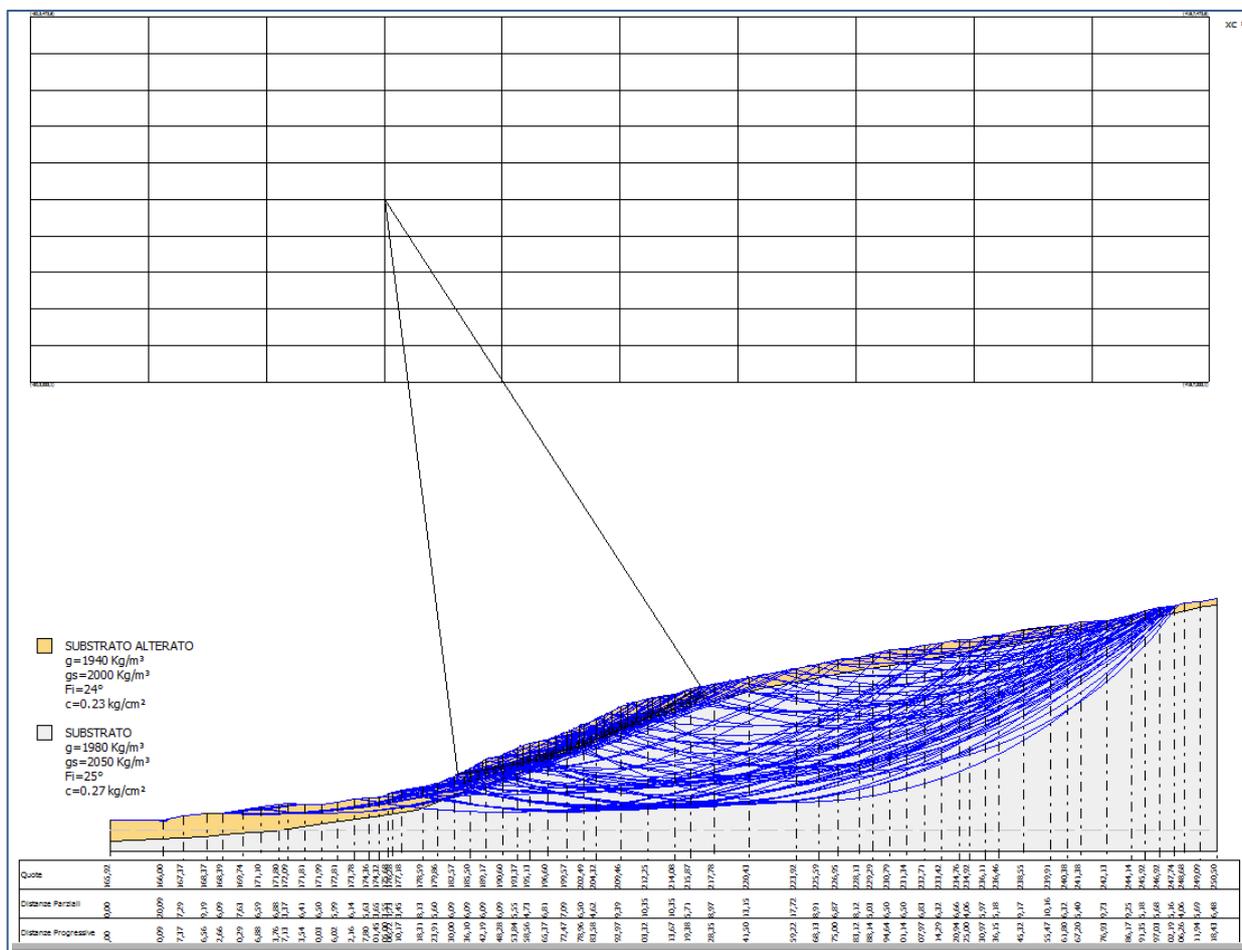






condizioni di stabilità permangono più che soddisfacenti, anche se si è avuto una attesa diminuzione del coefficiente di sicurezza.

**Sezione A3: -ANTE OPERAM-**

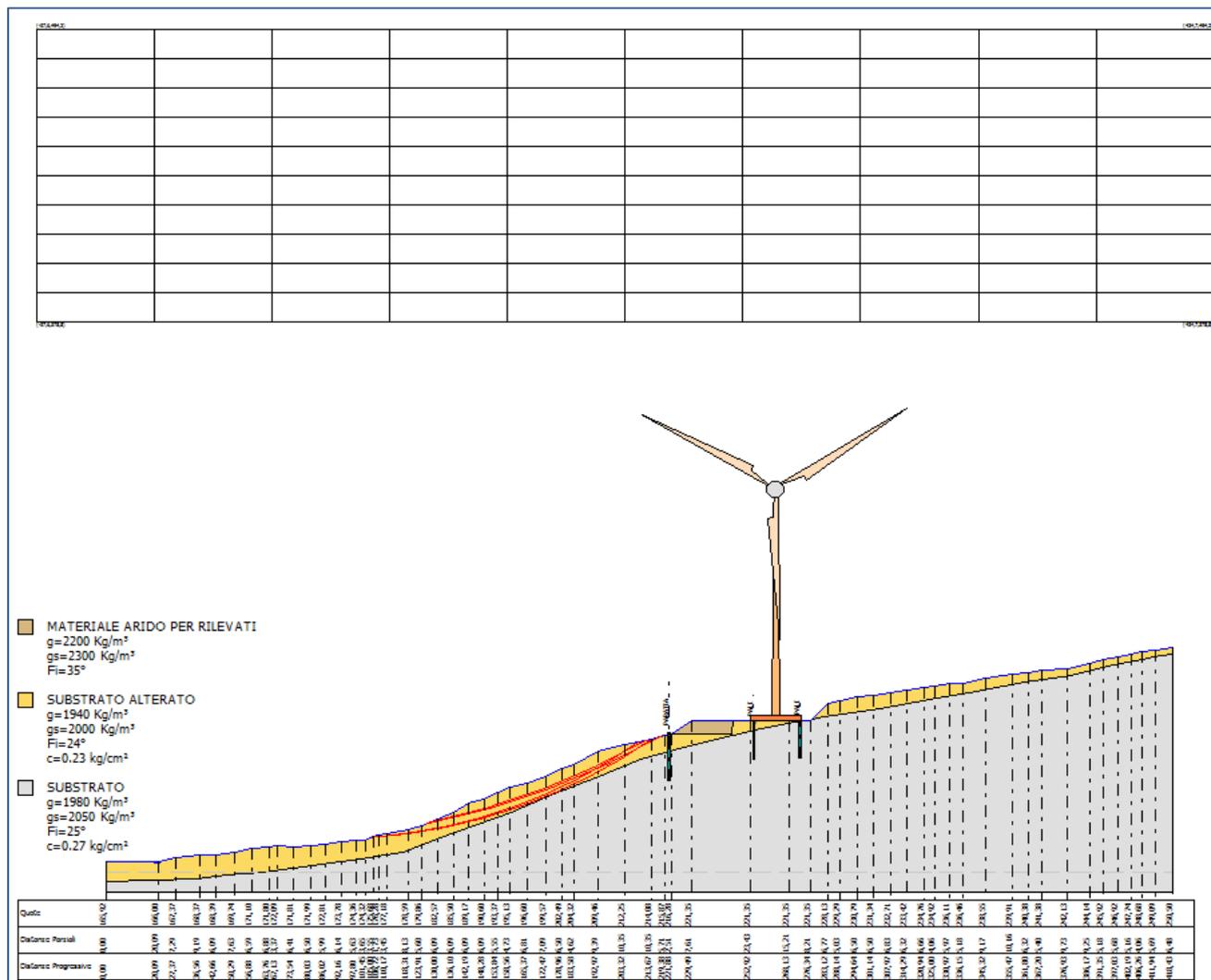


Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.11$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfologiche in atto né in preparazione.**



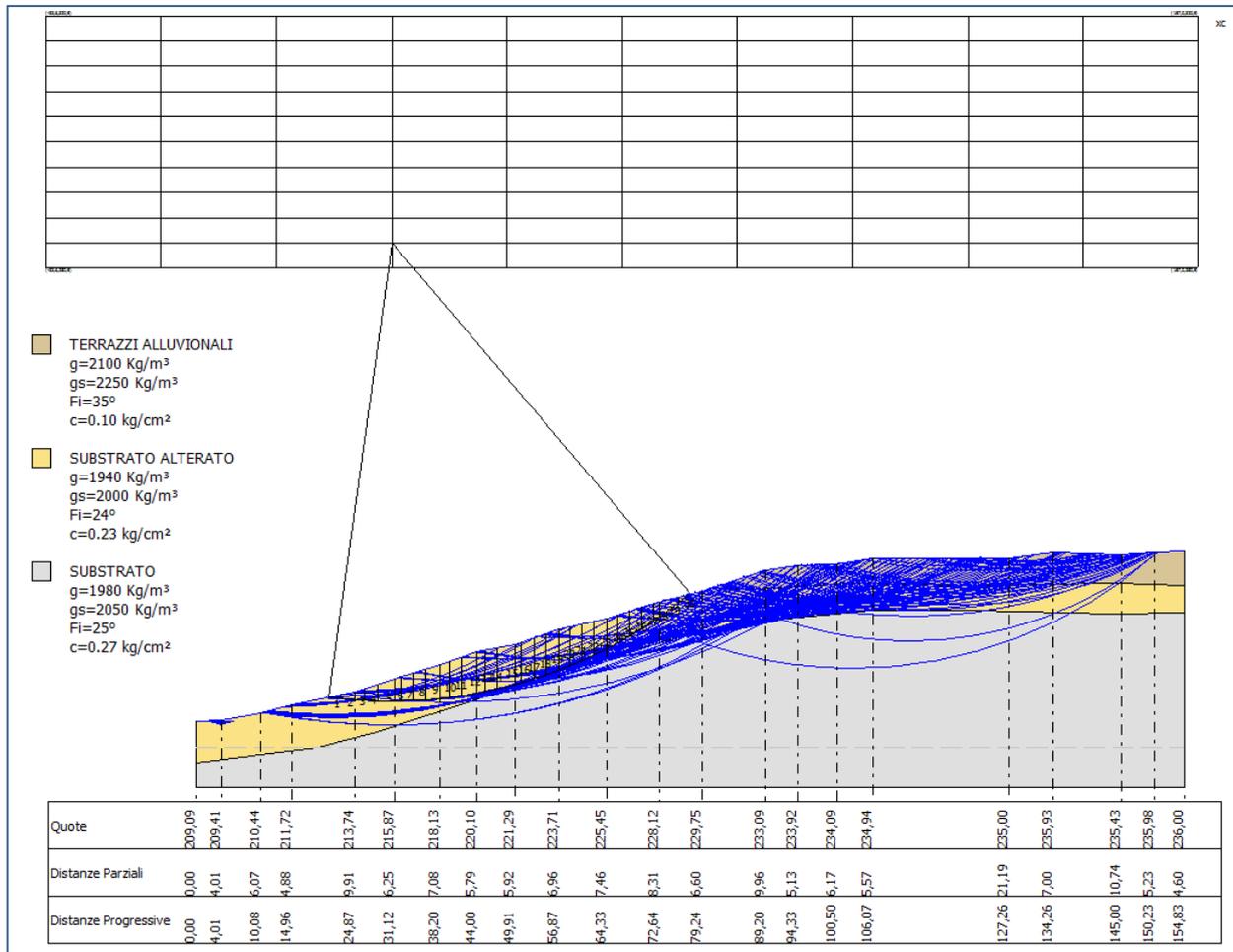


**Sezione A3: -POST OPERAM-**



Da questa immagine si apprezzano le suddette curve di scivolamento critiche che si sviluppano immediatamente a valle dell'area di sedime della turbina A3. Cautelativamente nelle verifiche di stabilità si è inserita anche una paratia di pali di *presidio*, ovvero con la funzione di preservare il corpo rilevato della piazzola e l'aerogeneratore stesso, anche se già fondato su pali, da una eventuale retrogressione verso monte di tali curve di scivolamento. **Chiaramente la geometria di tale opera deve essere ritenuta puramente indicativa, in quanto, nell'analisi di calcolo della verifica di stabilità viene considerata solo la sua resistenza tangenziale.** Quest'ultima considerazione deve essere valida anche per le verifiche successive.

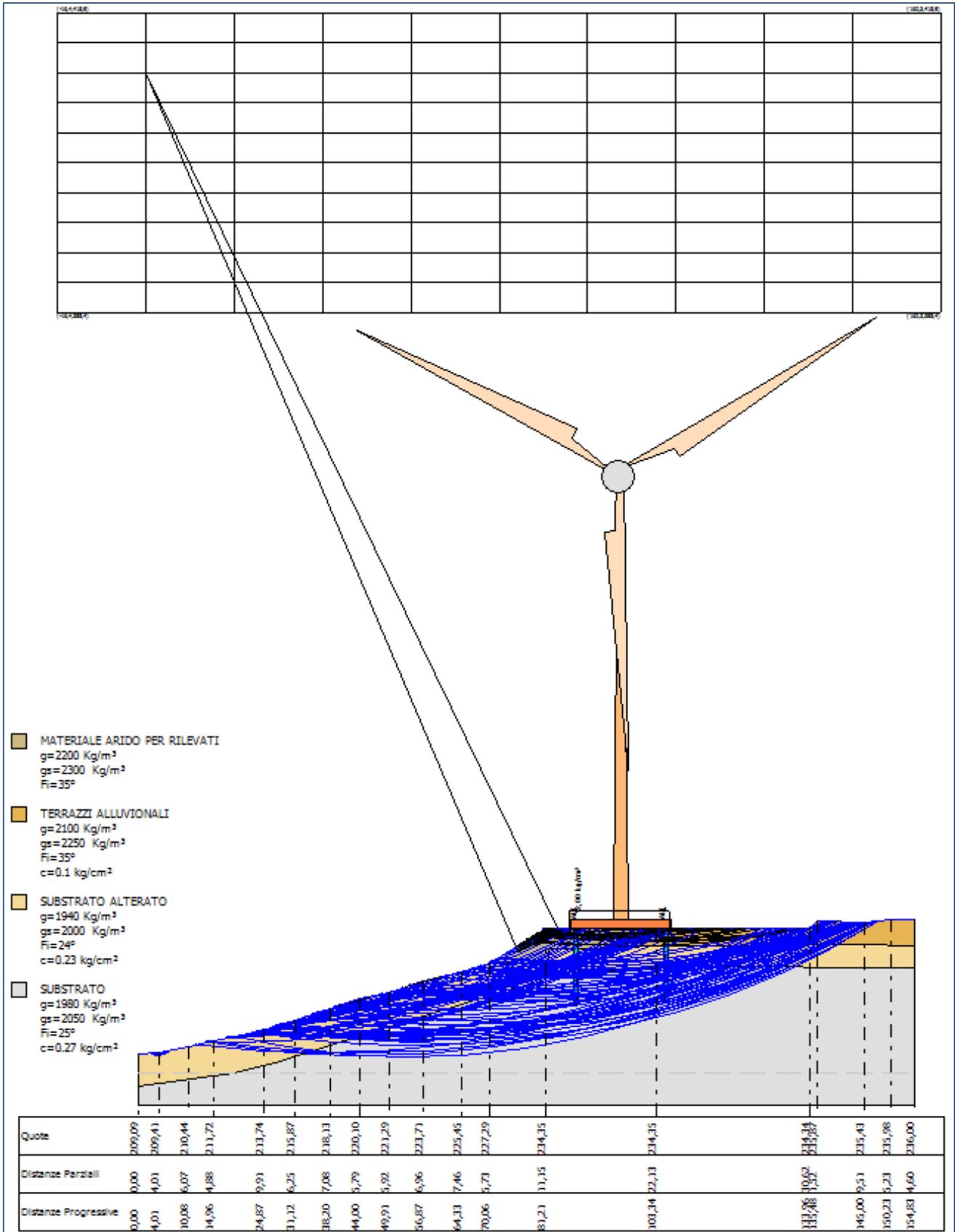
**Sezione A5: -ANTE OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.59$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

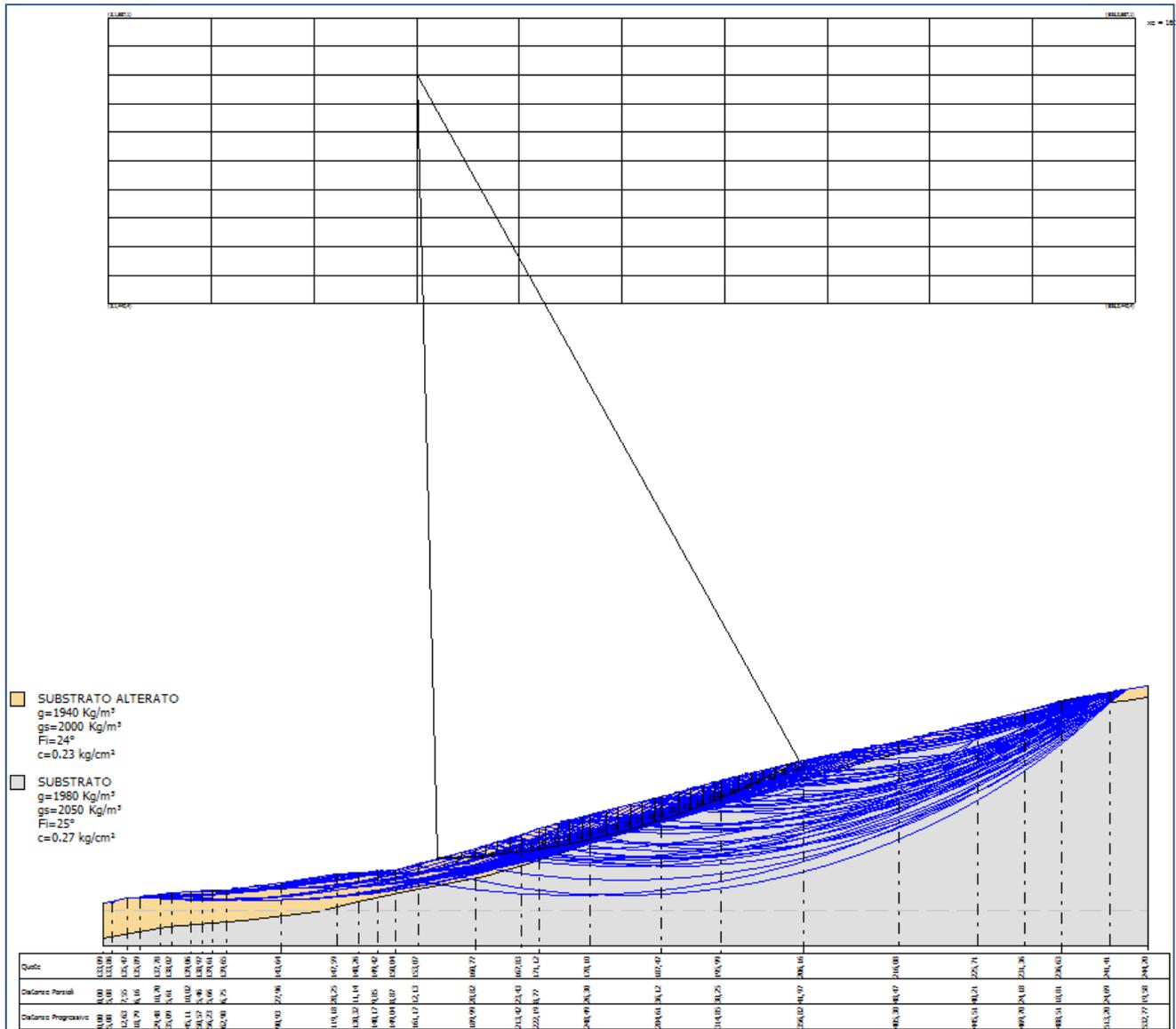


**Sezione A5: -POST OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.20$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

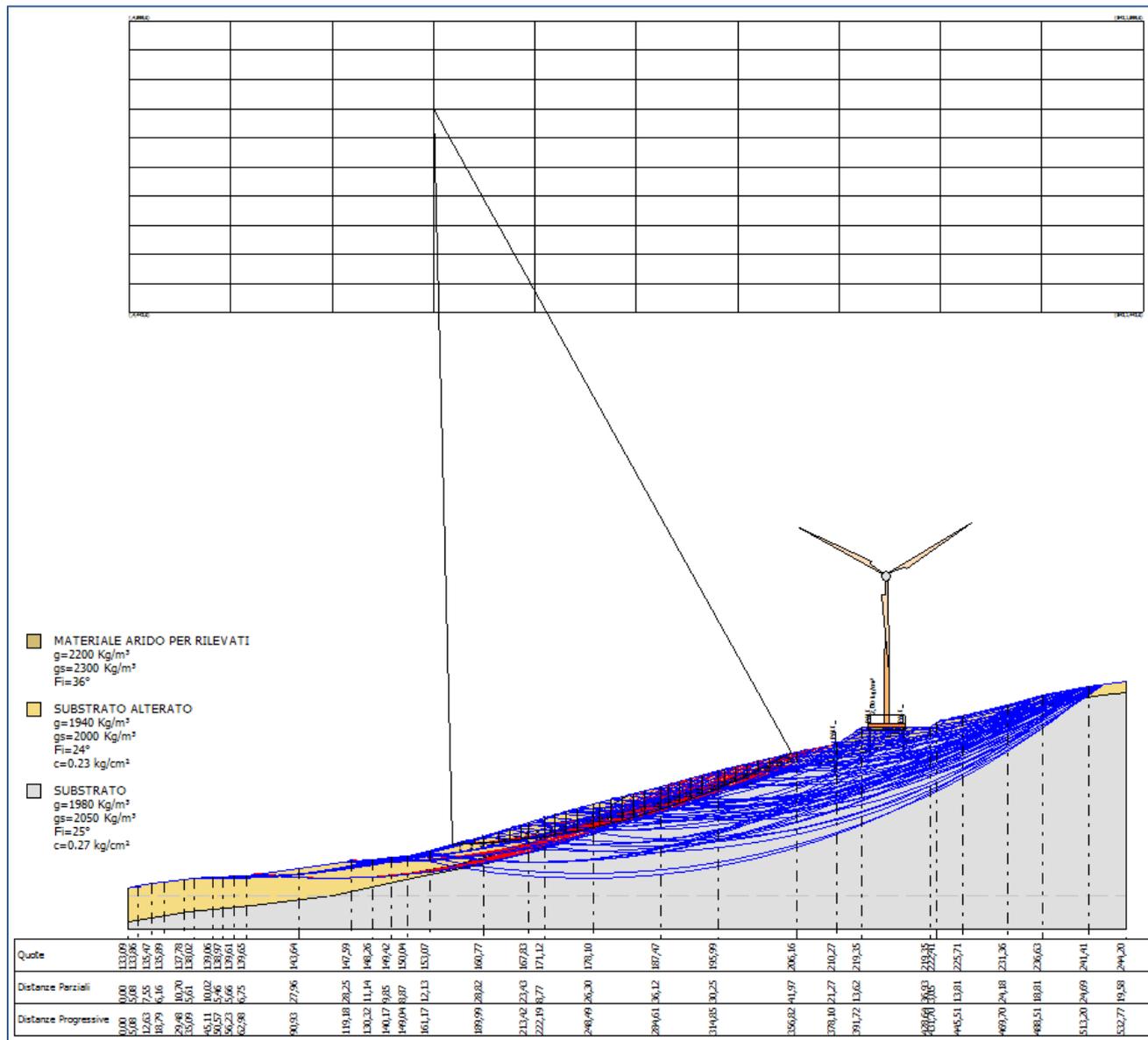
**Sezione A8: -ANTE OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.12$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

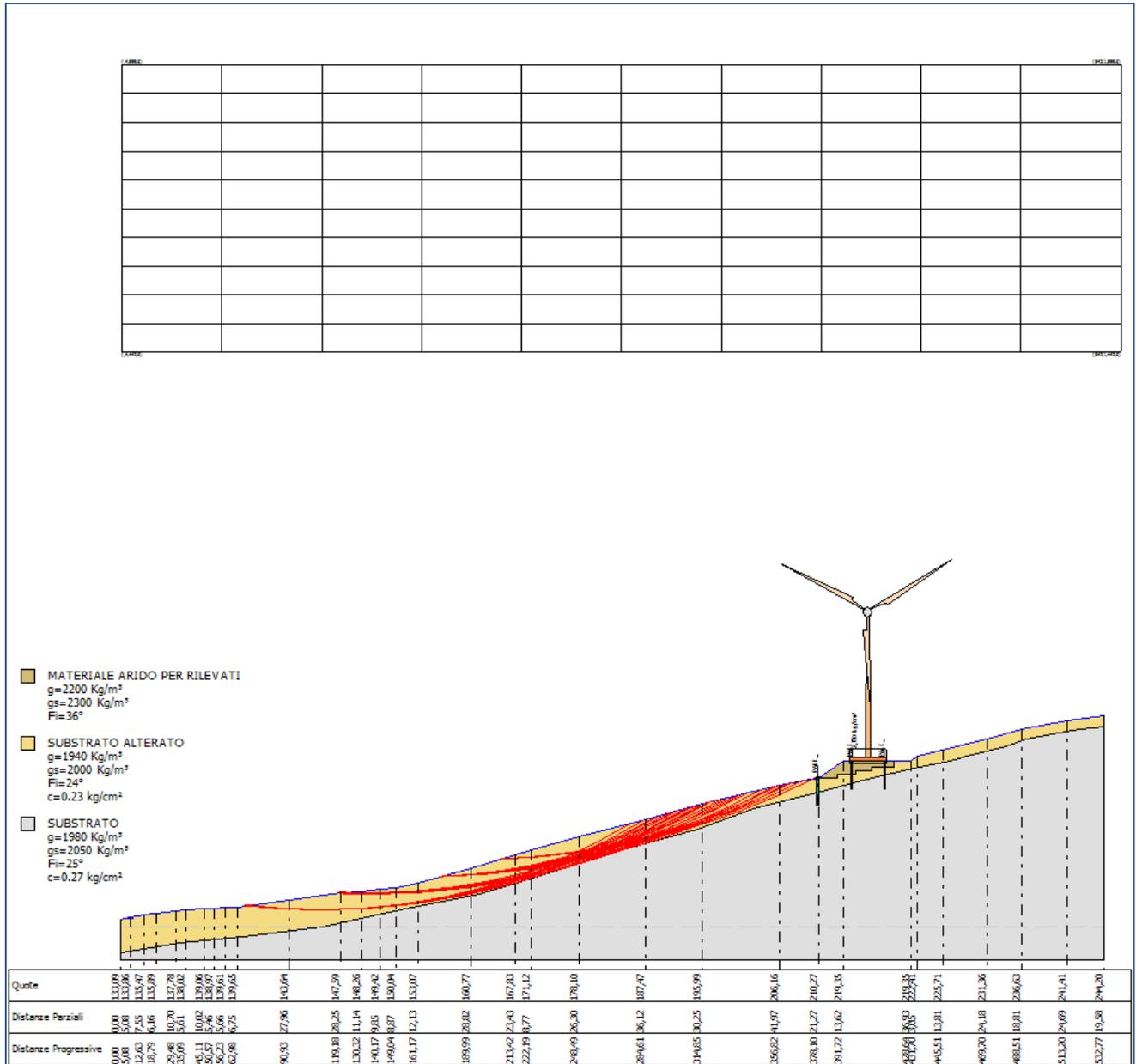
attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

**Sezione A8: -POST OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine è evidente che a valle dell'area di sedime sono state generate delle curve di scivolamento in **rosso**, ovvero con coefficiente  $F_s \leq 1.10$  e pari a 0.94. Di seguito si riporta la stessa immagine con le sole curve di scivolamento in rosso con coefficiente  $F_s \leq 1.10$ .

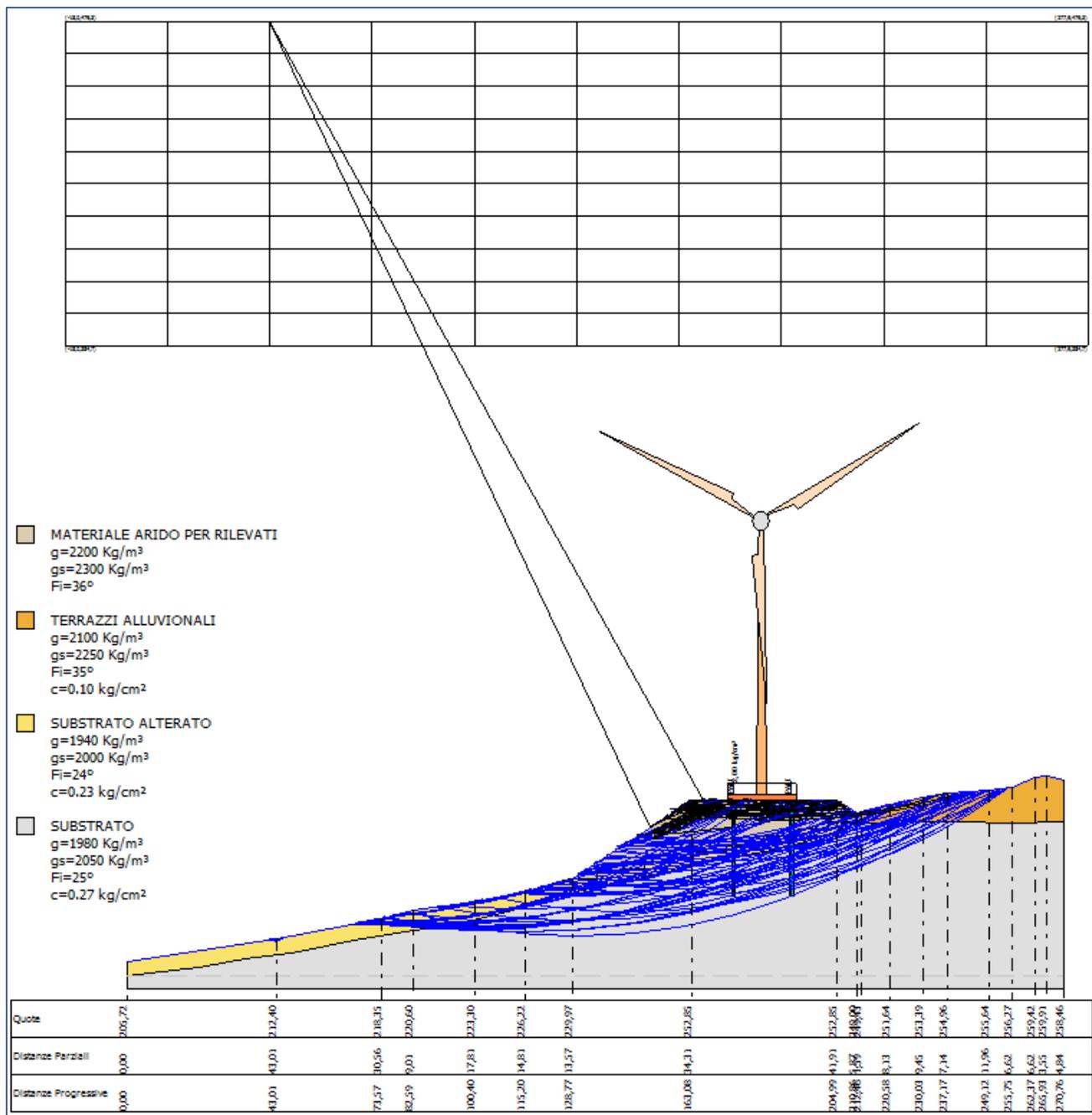
**Sezione A8: -POST OPERAM-**



Da questa immagine si apprezzano le suddette curve di scivolamento critiche che si sviluppano immediatamente a valle dell'area di sedime della turbina A8. Come per la turbina A3, cautelativamente nelle verifiche di stabilità si è inserita anche una paratia di pali di *presidio*, ovvero con la funzione di preservare il corpo rilevato della piazzola e l'aerogeneratore stesso, anche se già fondato su pali, da una eventuale retrogressioni verso monte di tali curve di scivolamento.

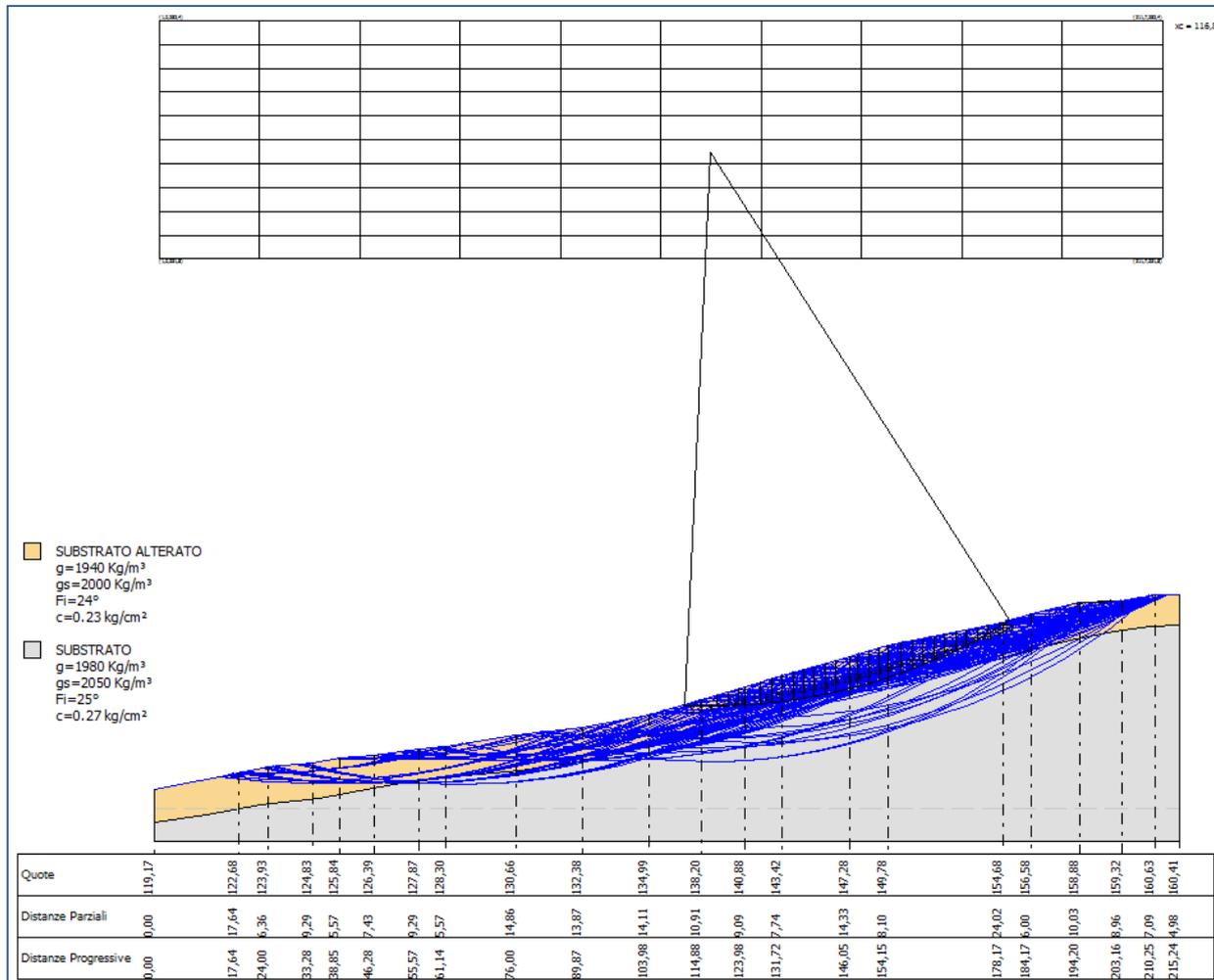


**Sezione A9: -POST OPERAM-**



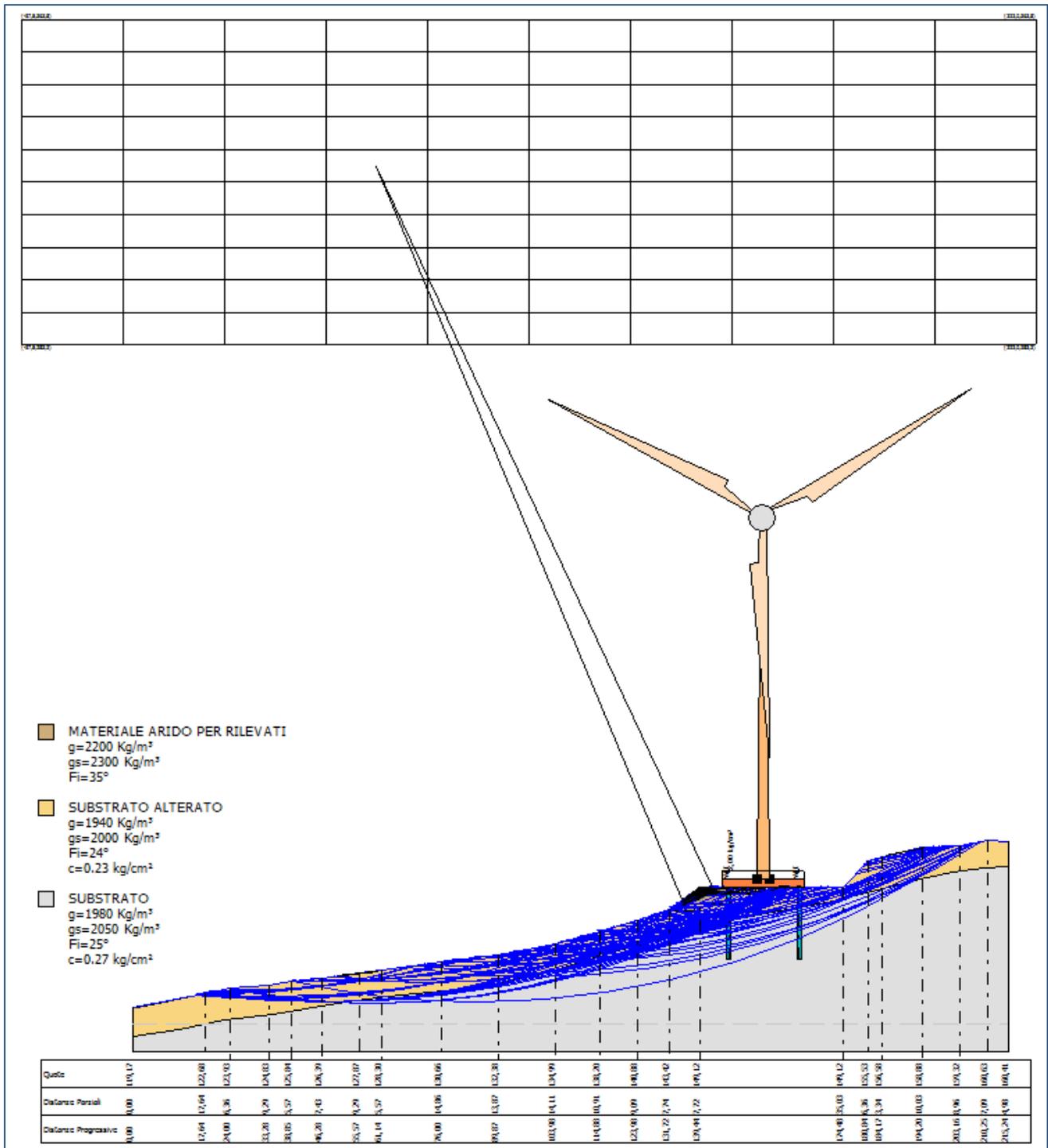
Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.10$  ed interessante solo il corpo rilevato. Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

**Sezione A10: -ANTE OPERAM-**



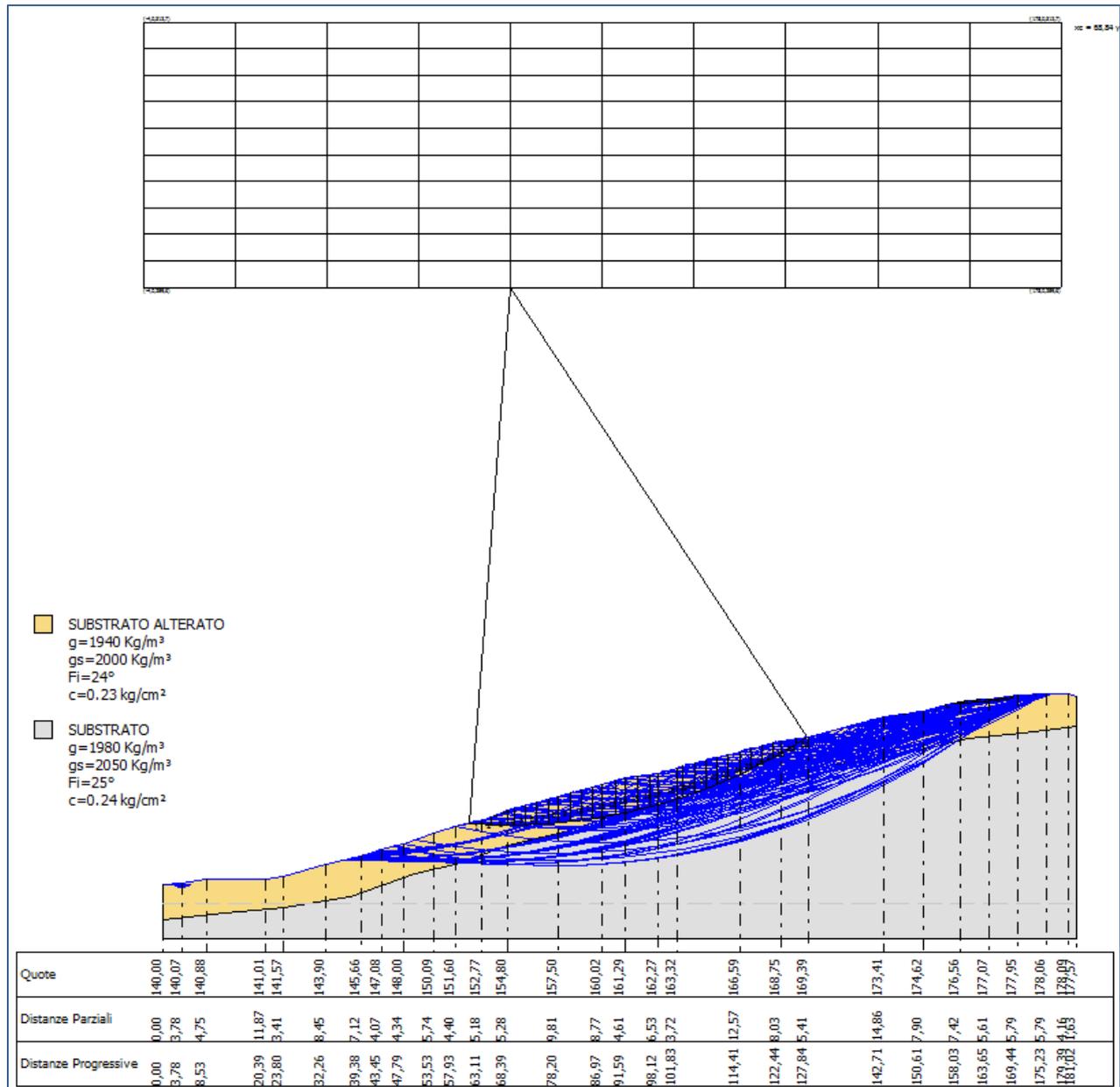
Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.62$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfologiche in atto né in preparazione.**

**Sezione A10: -POST OPERAM-**



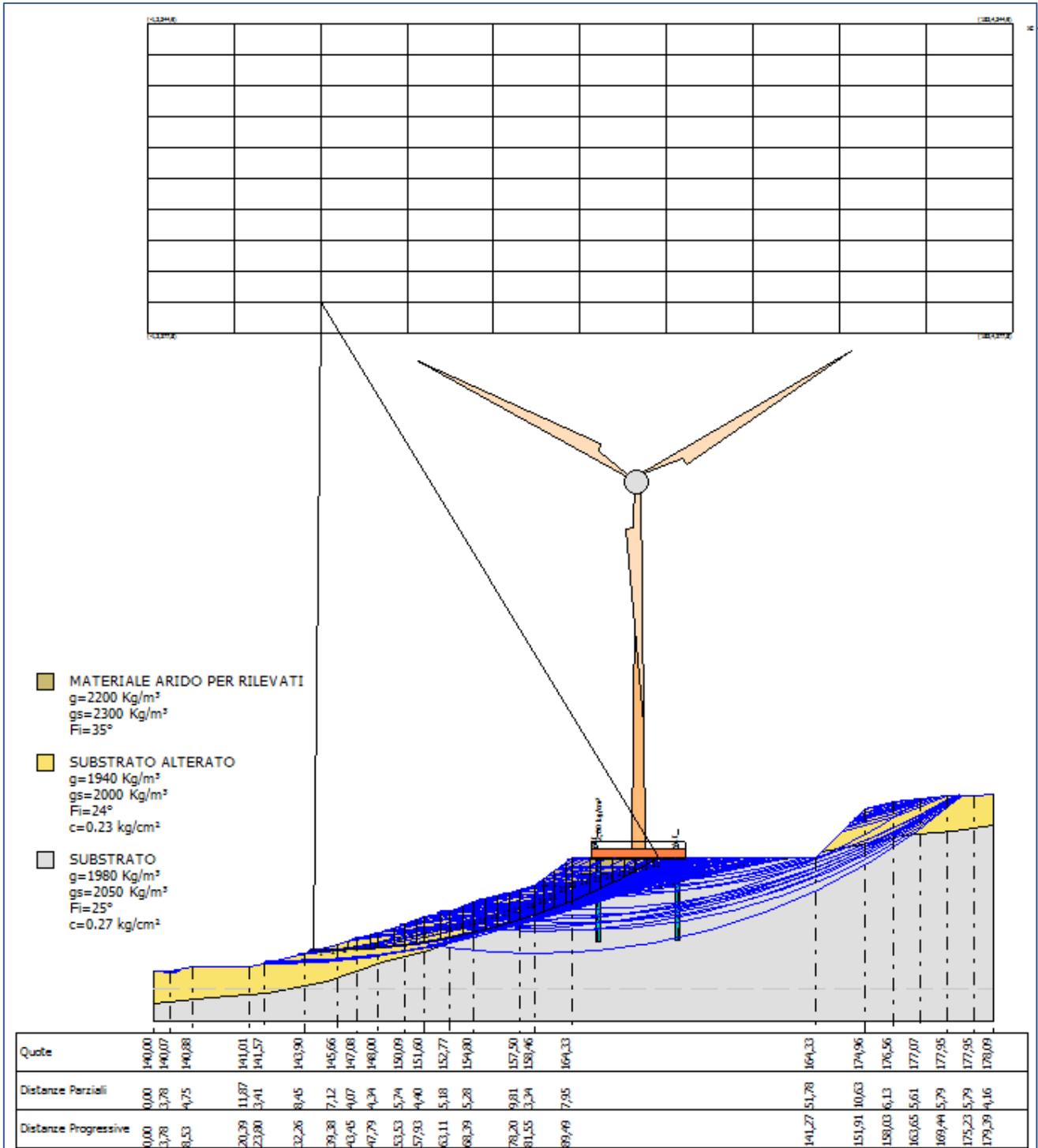
Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s=1.23$  ed interessante solo il corpo rilevato. Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

**Sezione A11: -ANTE OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s = 1.70$ . Pertanto è possibile concludere che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

**Sezione A11: -POST OPERAM-**



Dall'analisi dell'immagine risulta immediato come tutte le curve calcolate abbiano coefficiente di sicurezza  $F_s \geq 1.10$  (essendo tutte di colore **blu**), con coefficiente minimo calcolato (curva di scivolamento in **nero**)  $F_s=1.33$  ed interessante solo il corpo rilevato. Pertanto è possibile concludere



che il versante in studio allo stato attuale, ovvero ante operam presenta condizioni di stabilità più che soddisfacenti, **non presentando evidenze morfoevolutive in atto né in preparazione.**

In conclusione, essendo le buone condizioni di stabilità certificate anche dalle verifiche analitiche effettuate di cui tutte le curve di scivolamento calcolate hanno fornito valori del Coefficiente di sicurezza  $F_s$  maggiori di quello minimo di normativa ( $F_s > 1.10$ ), lo scrivente, strettamente agli areali in progetto, esprime parere positivo sulla fattibilità dell'intervento.

### 13. ZONIZZAZIONE DELL'AREA E CONCLUSIONI

La pericolosità geologica dell'area di progetto, è stata valutata tenendo conto di tutti gli elementi geologici, geomorfologici, litotecnici e sismici dei terreni in affioramento. Sulla scorta delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche, nonché delle considerazioni svolte in chiave geotecnica e di microzonazione sismica, nell'elaborato Carta di Sintesi della Pericolosità e Criticità Geologica e Geomorfologica - All. A.2.21), redatto ai sensi della L.R. 23/99, l'area indagata soggetta a variante è inclusa in una unica zona omogenea dal punto di vista della criticità e pericolosità geologica e geomorfologica:

#### II - AREA CON CRITICITA' PUNTUALI E MODERATE

##### Aree su versanti globalmente stabili, con modesti fenomeni di instabilità puntuale

##### I.a- Aree utilizzabili ed idonee ai fini costruttivi:

Le aree individuate sono utilizzabili ai fini costruttivi in quanto ubicate su versanti stabili, caratterizzato dall'assenza di fenomeni di instabilità morfologica. Tale valutazione è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Basilicata). I siti, infatti, non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana per i quali il progetto risulti incompatibile, né interessate da fenomeni di alluvionamento. Nell'area parco il substrato, afferente le Argille Subappennine, affiora sotto modesti spessori del substrato alterato e dalla presenza di substrato alterato. Il primo è costituito da argille siltose grigio-azzurre a "frattura" concoide ed a stratificazione indistinta, con livelli di argille limose grigio chiaro e di sabbie argillose sottilmente stratificate e generalmente laminate, cui si intercalano straterelli siltosi, argilloso-siltosi. Le relative caratteristiche litotecniche sono da ritenersi più che discrete. Il secondo è il risultato dei processi chimici che hanno interessato il substrato in posto nei tempi. I relativi terreni, pur risultando alterati e granulometricamente eterogenei con percentuali di argilla non trascurabili, affiorano ben addensati, discretamente compatti, mostrando una compressibilità e plasticità medio-bassa.

A luoghi a copertura delle Argille Subappennine sono stati rilevati dei Terrazzi Alluvionali di spessore compreso entro i 10.00 m. Nel complesso tutti i terreni presentano caratteristiche litotecniche più che soddisfacenti.

Da un punto di vista idrogeologico è possibile affermare che tutte le opere previste in progetto in nessun modo possono interferire con qualsiasi ipotetico acquifero, in quanto, il cavidotto avrà una

profondità compresa entro 1.50 m, mentre le fondazioni delle pale eoliche avranno uno scavo pari all'altezza del plinto di fondazione che, generalmente, è compresa tra i 2 e i 4.00 m (con una media di 3.00 m). Anche eventuali pali di fondazione che, alla luce delle caratteristiche litotecniche, avranno lunghezze contenute (verosimilmente tra 15 e 20 m) e, per le leggi che governano la geotecnica, comunque saranno distanziati tra di loro, in modo tale da non creare quel dannoso "effetto diga", ovvero non interferiranno con il normal deflusso di eventuali circolazioni di acque effimere che dovessero persistere in ambito superficiale.

Il parco eolico si sviluppa su morfologia poco inclinata, costituita da una spessa coltre sedimentaria depositatasi in ambienti di transizione da continentale a marino in cui affiorano terreni pelitici appartenenti principalmente ai depositi argillosi (Argille Subappennine) riconducibili al Ciclo Sedimentario dell'Avanfossa Bradanica, localmente ricoperti da sedimenti di ambiente continentale (depositi alluvionali e depositi alluvionali terrazzati).

Il parco eolico si sviluppa su una morfologia collinare che è condizionata dalla natura litologica dei terreni affioranti, caratterizzata da superfici pianeggianti e poco inclinate al top, specie in corrispondenza dei Terrazzi Alluvionali, e da forme più aspre, calanchive, lungo i versanti laddove affiorano sedimenti di natura argilloso-limosa (Argille Subappennine). La morfologia di quest'ultimo settore è, inoltre, modellata da processi dovuti alle acque incanalate ed alla corrivazione "selvaggia", ovvero non regimentata, delle acque meteoriche che tendono a scorrere in superficie in modo prevalentemente laminare approfondendo i solchi erosivi (anche dei calanchi) che terminano poi nelle aste principali dei corsi d'acqua. Un altro fattore di modellamento morfologico di questi versanti è dovuto alla loro coltivazione agraria. Inoltre è stato rilevato che i pendii esposti verso i quadranti sud-occidentali presentano acclività piuttosto elevate e forme articolate tipiche dei calanchi, modellati dagli agenti atmosferici e soggetti ad episodi erosivi ed incisivi dovute alle acque che ivi si incanalano. I versanti nord orientali sono invece contraddistinti da profili più regolari, con acclività media non superiore ai 20°.

Il progetto è stato concepito nella salvaguardia ambientale del territorio, infatti, ad esempio, si è cercato di sfruttare al massimo la viabilità esistente, oltre a posizionare le opere in modo tale da minimizzare la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti e confinati alle sole strutture fondali degli aerogeneratori (plinti circolari di circa 20.00 m di diametro ed altezza media di circa m 3.00), ed alla realizzazione delle piazzole che avranno una sezione a "mezza costa"; la maggior

parte delle strade saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna o in lieve "mezzacosta" e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto, utilizzando il materiale arido naturale. La stessa realizzazione delle strutture fondali delle turbine eoliche non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate poiché o si procederà all'utilizzo di una fondazione "compensata" o di una fondazione "profonda o indiretta" (plinto su pali), a seconda dall'effettivo modello geotecnico che sarà più approfonditamente ricostruito nella fase esecutiva della progettazione. E' comunque da sottolineare che su un versante, una *fondazione su pali* comunque esplica una azione di consolidamento circoscritto dei terreni di sedime per il così detto "effetto chiodante" dei pali stessi. Per gli aerogeneratori A3 e A8 è necessario eseguire una paratia di *presidio* con la funzione di preservare il corpo rilevato della piazzola e l'aerogeneratore stesso, anche se già fondato su pali, da una eventuale retrogressioni verso monte di quelle curve di scivolamento critiche.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua o in corrispondenza delle zone calanchive, sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Dalle verifiche numeriche sulla stabilità dei versanti, pur evidenziando condizioni di stabilità generali più che soddisfacenti, in corrispondenza di alcuni aerogeneratori si è ritenuto necessario inserire una paratia di *presidio* al fine di preservare sia il corpo rilevato che la turbina stessa da una eventuale retrogressione di alcune curva di scivolamento caratterizzate da coefficienti di sicurezza minori, anche se di poco, dell'unità. Di conseguenza, è possibile affermare che la realizzazione del progetto di che trattasi non andrà ad interferire con l'attuale stato di equilibrio dei luoghi e, quindi, assolutamente sarà ininfluenza sul grado di *pericolosità/rischio idrogeologico* delle aree attraversate che, comunque, si presentano stabili. La Sismicità di riferimento con accelerazione di picco al suolo (PGA) è **ag=0,304 g**; il coefficiente topografico è pari a **St=1.00**; i valori di amplificazione del moto sismico è uguale a **FA = 2.022 e FV = 1.624; Kh = 0.086; Kv=0.043** con **βs= 0.28**.

Tutte le opere dovranno essere realizzate secondo la perfetta regola dell'arte.



## I - AREA NON CRITICA

### Area di pianura non esondabile ed esente da criticità idrogeologiche e idrauliche

#### I.a- Aree utilizzabili ed idonee ai fini costruttivi

L'area è utilizzabile ai fini costruttivi in quanto ubicata sulla piana alluvionale del Torrente Salandrella, costituita da Depositi Alluvionali recenti, sedime di fondazione della SSE. Le caratteristiche geotecniche di questi materiali sono da ritenersi buone per la presenza di uno scheletro ghiaioso che a luoghi è prevalente alla matrice sabbioso-limosa.

L'area è caratterizzata dall'assenza di fenomeni di instabilità morfologica, non è esondabile ed è esente da criticità idrauliche così come anche confermato dal Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede Basilicata). Il sito, infatti, non ricade in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana per i quali il progetto risulti incompatibile, né interessate da fenomeni di alluvionamento. Inoltre la realizzazione della sottostazione, non andrà sulle condizioni di pericolosità geologica in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; si avrà un consolidamento circoscritto dei terreni ad opera delle fondazioni che si andranno a realizzare; si procederà alla sistemazione superficiale dell'area con regimentazione delle acque di corrivazione.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate dall'opera a rete.

Di conseguenza, è possibile affermare che la realizzazione del progetto di che trattasi non andrà ad interferire con l'attuale stato di equilibrio dei luoghi e, quindi, assolutamente sarà ininfluente sul grado di *pericolosità/rischio idrogeologico* delle aree attraversate che, comunque, si presentano stabili. La Sismicità di riferimento con accelerazione di picco al suolo (PGA) è **ag=0,240 g**; il coefficiente topografico è pari a  $St=1.00$ ; i valori di amplificazione del moto sismico è uguale a **FA = 1.366 e FV = 1.376; Kh = 0.067; Kv = 0.034** con  **$\beta_s= 0.28$** .

Il Collaboratore

Geol. Bartolo ROMANIELLO

Il Geologo

Dott. Antonio DE CARLO