

# REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Trapani  
COMUNI DI TRAPANI, SALEMI, MISILISCEMI E MARSALA

PROGETTO

## INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



ENGIE Rinnovabili S.p.A.  
Viale Giorgio Ribotta, 31  
00144 Roma

PROGETTISTA



Hydro Engineering s.s.  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO

## RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

| REV. | DATA          | ATTIVITA'       | REDATTO | VERIFICATO | APROVATO |
|------|---------------|-----------------|---------|------------|----------|
| 0    | Dicembre 2022 | PRIMA EMISSIONE | MG      | VF         | MG       |
|      |               |                 |         |            |          |
|      |               |                 |         |            |          |

| CODICE PROGETTISTA |  | DATA          | SCALA | FORMATO | FOGLIO  | CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      |
|--------------------|--|---------------|-------|---------|---------|--------------------|-------|-----------|--------|------|
| RST-PD-R0005_R0    |  | Dicembre 2022 | -     | A4      | 1 di 29 | IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. |
|                    |  |               |       |         |         |                    |       |           |        |      |

NOME FILE: RST-PD-R0005-R0\_Relazione geotecnica e sismica.dwg

ENGIE Rinnovabili S.p.A. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 2      |

## INDICE

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>2. IL SITO .....</b>                                 | <b>4</b>  |
| <b>3. DESCRIZIONE IMPIANTO .....</b>                    | <b>8</b>  |
| <b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>                 | <b>9</b>  |
| <b>5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>            | <b>16</b> |
| <b>6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>             | <b>19</b> |
| <b>7. ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE .....</b> | <b>21</b> |
| <b>8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>            | <b>26</b> |

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 3      |

## 1. PREMESSA

La società Engie Rinnovabili Spa è proprietaria del parco eolico denominato “*Salemi Trapani*” avente una potenza complessiva di 66,25 MW. La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo all'integrale ricostruzione dell'esistente impianto eolico. L'impianto eolico oggi in esercizio trova la propria ubicazione nei territori dei Comuni di Salemi, Trapani e Misiliscemi (quest'ultimo istituito nel febbraio del 2021) facenti parte del Libero consorzio comunale di Trapani, ed è costituito da n. 36 aerogeneratori di fornitura Vestas Italia S.r.l., di cui:

- ✓ n. 31 della tipologia V90, in grado di produrre una potenza nominale di 2,00 MW,
- ✓ n. 5 della tipologia V52 capaci di sviluppare una potenza nominale di 0,85 MW;

la potenza complessiva del Parco esistente ammonta, quindi, a 66,25 MW. L'energia prodotta viene convogliata, attraverso apposito elettrodotto interrato in MT a 30 kV, presso la Sotto-Stazione Elettrica di Utente, SSEU, 30/150 kV, ubicata, oggi, in territorio del Comune di Misiliscemi (all'epoca della realizzazione del Parco, la SSEU ricadeva in territorio del Comune di Trapani, Frazione di Fulgatore e per questo motivo era stata denominata SSEU di Fulgatore). L'impianto è entrato in esercizio il 23 novembre del 2009. Il progetto di integrale ricostruzione consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nella installazione di n. 18 aerogeneratori, di potenza pari a **7,2 MW** per una potenza complessiva di nuova installazione di **129,6 MW**, di cui:

- ✓ Parco Salemi - n. 10 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV, che convoglierà l'energia prodotta presso una nuova SSEU 30/150 kV che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica Terna denominata “Partanna 2”;
- ✓ Parco Trapani - n. 8 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV che vettorierà l'energia prodotta presso la esistente SSEU 30/150 kV di Misiliscemi (ex Fulgatore) che non subirà alcun ampliamento.

Completano il progetto di integrale ricostruzione le seguenti opere:

- ✓ ripristino come ante operam di viabilità e piazzole non più necessarie;
- ✓ realizzazione di nuove viabilità e piazzole a servizio dei nuovi aerogeneratori;
- ✓ adeguamenti di viabilità e piazzole esistenti a servizio dei nuovi aerogeneratori.

Di seguito la relazione geotecnica sismica.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 4      |

## 2. IL SITO

I nuovi aerogeneratori (in numero di diciotto) dell'impianto oggetto di integrale ricostruzione sono denominati con le sigle:

- R-SAL01, 02-04-07-09-010-12-14-16-22-29-30
- R-TP01-03-05-09-11-13

L'area presa in considerazione ricade, come detto, nel territorio dei Comuni di Trapani, Misiliscemi e Salemi e cartograficamente interessa le Tavole I.G.M.:

- Foglio n°248 III Quadrante SE Erice
- Foglio n°248 III Quadrante SO Trapani
- Foglio n°257 I Quadrante NO Ummari
- Foglio n° 257 I Quadrante SO Vita
- Foglio n° 257 II Quadrante NO Salemi
- Foglio n° 257 III Quadrante NE Baglio Chitarra
- Foglio n° 257 III Quadrante NO Paolini
- Foglio n° 257 IV Quadrante NE Dattilo.
- Foglio n°257 IV Quadrante SE Borgo Fazio
- Foglio n° 257 IV Quadrante SO Birgi Novo

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 degli aerogeneratori appartenenti al parco di Salemi ed al parco di Trapani in cui si è suddiviso l'impianto di Salemi Trapani:

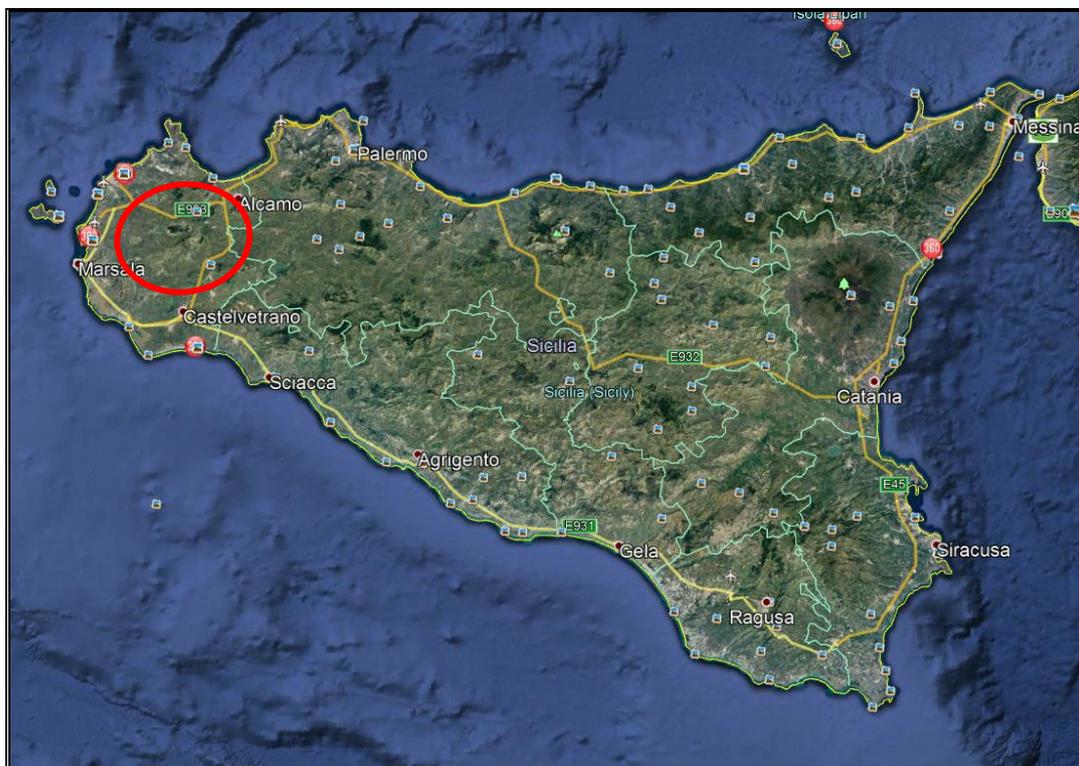
|                     | WTG     | E         | N          |
|---------------------|---------|-----------|------------|
| <b>PARCO SALEMI</b> | R-SAL01 | 300998.10 | 4187834.80 |
|                     | R-SAL02 | 300667.00 | 4187533.00 |
|                     | R-SAL04 | 300145.90 | 4187323.20 |
|                     | R-SAL07 | 298676.00 | 4187244.80 |
|                     | R-SAL09 | 298077.50 | 4187089.20 |
|                     | R-SAL10 | 297599.00 | 4186797.00 |
|                     | R-SAL12 | 299897.00 | 4189064.00 |
|                     | R-SAL14 | 299368.00 | 4188753.00 |
|                     | R-SAL16 | 298042.00 | 4189109.00 |
|                     | R-SAL22 | 297110.00 | 4188766.00 |

*Tab. 1 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Salemi*

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 5      |

|                      | WTG     | E         | N          |
|----------------------|---------|-----------|------------|
| <b>PARCO TRAPANI</b> | R-SAL29 | 298460.00 | 4191355.00 |
|                      | R-SAL30 | 297556.00 | 4193557.00 |
|                      | R-TP01  | 296976.00 | 4193383.00 |
|                      | R-TP03  | 296400.00 | 4192973.00 |
|                      | R-TP05  | 295917.00 | 4192805.00 |
|                      | R-TP09  | 293280.00 | 4191248.00 |
|                      | R-TP11  | 292775.35 | 4190734.20 |
|                      | R-TP13  | 292313.00 | 4190788.00 |

*Tab. 2 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Trapani*



*Fig.1 - Ubicazione area di impianto da satellite*

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 6      |

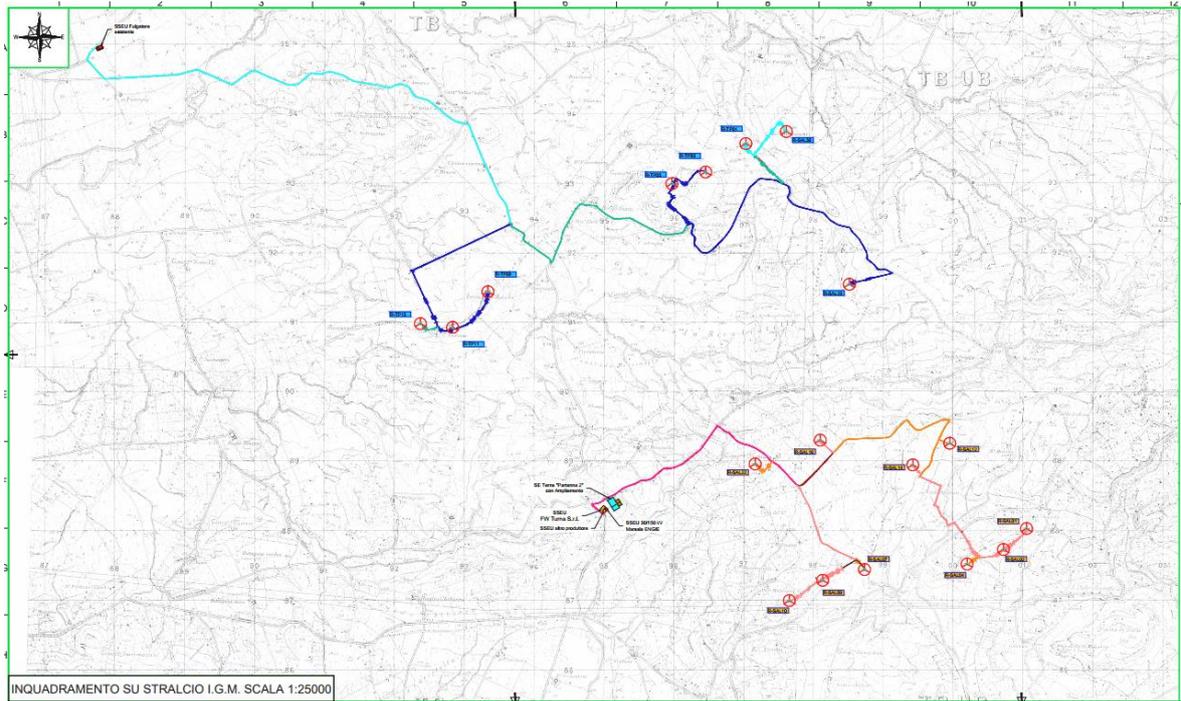


Fig.2- Inquadramento impianto su IGM 1:25.000

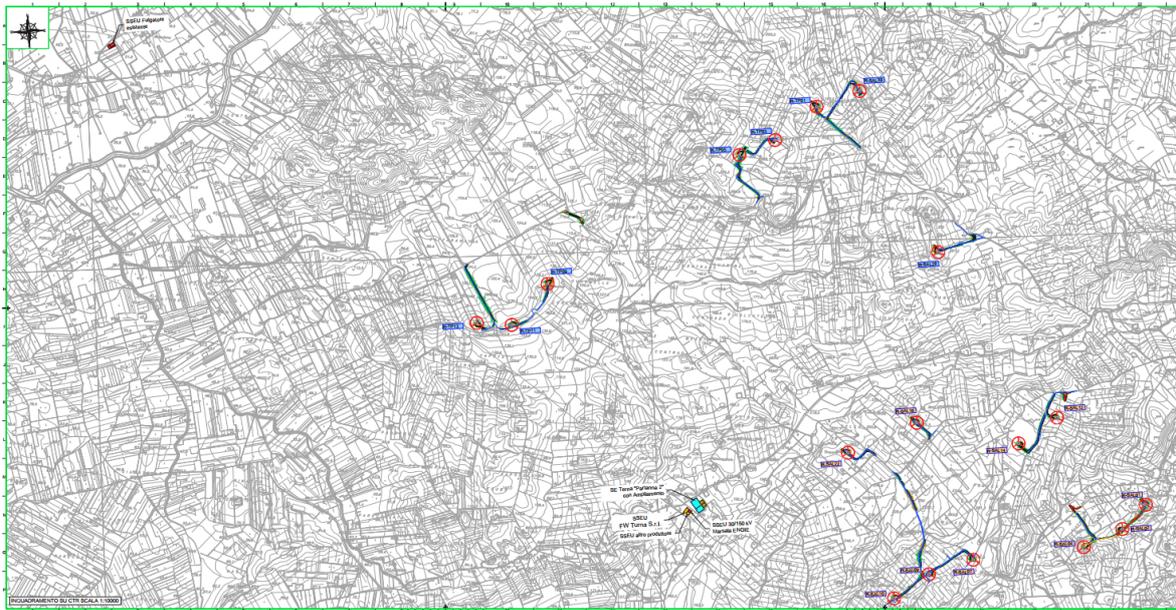
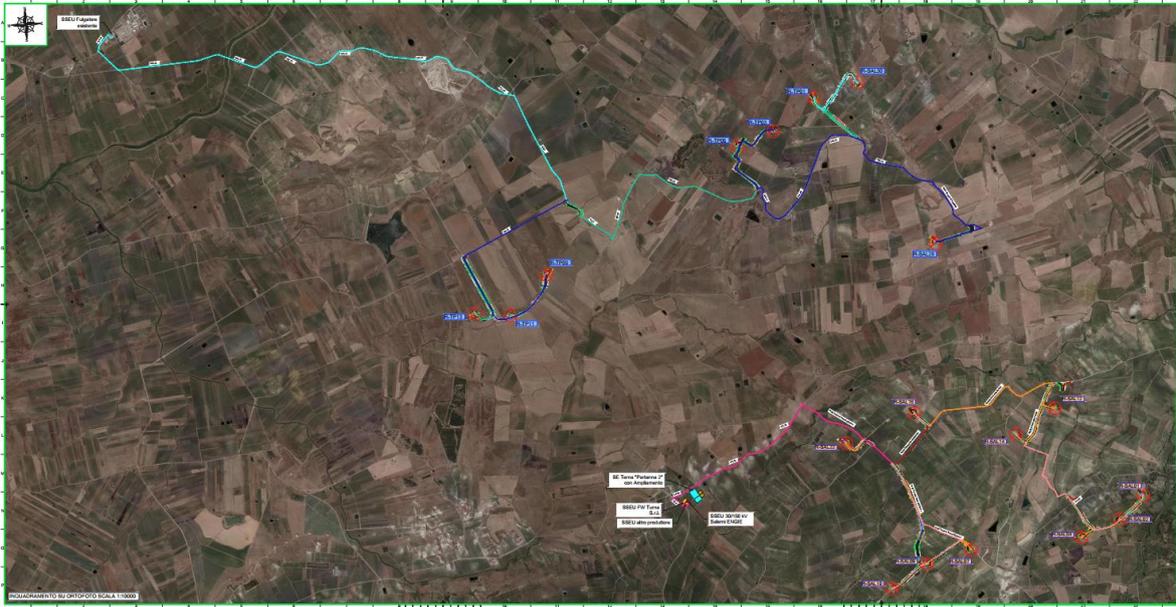


Fig.3- Inquadramento impianto su CTR 1:10.000

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 7      |



*Fig.4- Inquadramento impianto su Ortofoto*

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 8      |

### 3. DESCRIZIONE IMPIANTO

L'impianto eolico oggetto di integrale ricostruzione ricade nelle medesime porzioni di territorio interessate dall'impianto esistente. Per maggiore chiarezza di quanto affermato, si rinvia all'elaborato avente titolo "Layout di progetto su ortofoto".

Gli aerogeneratori che saranno installati verranno scelti tra diversi fornitori ed in grado di sviluppare ciascuno 7,20 MW di potenza massima, con altezza del mozzo pari al massimo a 115 m e raggio del rotore a lordo fino a 87,50 m. L'altezza dell'aerogeneratore misurata dal piano di imposta sarà, pertanto, al massimo pari a 202,50 m. La struttura di fondazione dell'aerogeneratore sarà di tipo composto da:

- pali di fondazione di diametro non inferiore a 1,00 m, di profondità e in numero da definire nella successiva fase di progettazione esecutiva;
- plinto di fondazione di collegamento tra pali e sostegno dell'aerogeneratore. Il Plinto, interamente interrato, avrà esemplificativamente (le dimensioni finali si potranno avere solo nella successiva fase di progettazione esecutiva) forma troncoconica di diametro massimo 21,4 m e con altezza variabile da 1,60 m a 2,40 m. All'interno del plinto è annegato un elemento in acciaio denominato anchor cage, cui collegare la prima sezione del sostegno di cui al punto successivo. Le dimensioni sopra riportate sono da interpretarsi come orientative;
- sostegno dell'aerogeneratore costituito da una struttura in acciaio di forma troncoconica, di altezza pari a 115,00 m.

I cavi di potenza saranno interrati lungo strade sterrate e comunali ed andranno a ripercorrere, quasi interamente, lo stesso tracciato oggi interessato dai cavi di potenza dell'impianto attualmente in esercizio.

La scelta procedere con l'iniziativa di integrale ricostruzione dell'impianto esistente discende da una approfondita analisi di producibilità, nonché dall'attenzione che la Società proponente riserva per l'ambiente. Ci si riferisce, in particolare, allo sfruttamento massimo delle aree già interessate dalla presenza del parco eolico esistente per quanto riguarda la viabilità ed i servizi ausiliari che verranno semplicemente adeguati al passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 9      |

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso ad un'ampia fascia perimetrale esterna rispetto ai siti di progetto, e successivamente integrato con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite, ha permesso di ricostruire in modo soddisfacente la successione dei terreni presenti nell'area studiata.

L'area in esame costituisce un settore della "catena siciliana" e ne presenta quindi buona parte delle caratteristiche litologiche e strutturali; il settore di catena si sviluppa lungo la costa settentrionale dell'Isola ed è caratterizzato da una serie di unità embricate. Nel territorio studiato sono presenti corpi geologici sovrascorsi e coperture più recenti, costituenti più unità tettoniche impilatesi con vergenza meridionale e derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici mesozoico-terziari; queste unità si sono messe in posto durante il Neogene e, successivamente, sono state prima parzialmente ricoperte dai terreni tardorogeni e poi ulteriormente deformate dalla tettonica plio-quadernaria responsabile dell'attuale assetto strutturale.

In particolare, la Sicilia occidentale è caratterizzata da estesi affioramenti di depositi pleistocenici e le sequenze dei terreni affioranti nell'area in esame sono rappresentate sia da questi depositi che da più antiche rocce carbonatiche e, a partire dall'Oligocene inferiore, e da depositi prevalentemente terrigeni.

Le formazioni geologiche che affiorano all'interno dell'area di impianto (si veda la TAV.1, carta geologica allegata), procedendo da quelle di deposizione più antica verso quelle più recenti, sono le seguenti:

- Depositi carbonatici a granulometria fine caratterizzati da prevalenti calciliti (Scaglia) con noduli e liste di selce di colore cangiante dal bianco al rosso. (Cretaceo superiore - Oligocene inferiore)
- Depositi terrigeni pelitico-arenacei. Argilliti siltose grigiastre, passanti ad arenarie quarzose a grana medio-fine. Flysch Numidico. (Oligocene superiore - Miocene inferiore)
- Depositi terrigeni deltizi, costituiti da argille sabbiose, sabbie e conglomerati. Formazione Terravecchia. (Tortoniano superiore - messiniano inferiore)
- Depositi carbonatici costituiti da calcari pelagici "Trubi", a stratificazione tabulare, di colore dal bianco al grigio chiaro (Pliocene inferiore)
- Depositi terrigeni pelitico - arenacei. Argille sabbiose grigie o color tabacco, passanti verso l'alto ad arenarie torbiditiche da fini a medie, passanti lateralmente

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 10     |

ad argille marnose e marne sabbiose grigio-azzurre. *Formazione marnoso-arenacea della Valle del Belice*. (Pliocene medio - Pleistocene Inferiore)

- Depositi fluviali terrazzati, costituiti prevalentemente da limi sabbiosi e ciottoli calcarenitici. (Pleistocene superiore)
- Alluvioni attuali e recenti
- Detrito di falda.

**Depositi carbonatici**, terreni noti in letteratura come Scaglia sono costituiti da rocce carbonatiche a granulometria fine, a stratificazione tabulare, caratterizzati da prevalenti calcilutiti più o meno marnose (tipo scaglia), di colore cangiante dal bianco al rosso e di spessore variabile da qualche centimetro ad alcuni decimetri; sono presenti noduli e liste di selce ellissoidale, di colore generalmente nero; i livelli selciferi possono dar luogo a irregolari strutture stratiformi e livelli addizionati di calcareniti gradate, talora passanti verso l'alto a calcari marnosi e marne calcaree di colore cinereo e livelli addizionati di breccie carbonatiche.

Sono presenti delle lenti calcarenitiche intraclastiche. Frequenti le strutture da slumping.

In affioramento, gli strati che compongono la roccia si presentano molto contorti, localmente in giacitura sub verticale ed altrove strizzati e piegati, a testimonianza degli stress tettonici subiti.

La fauna è costituita da microrganismi pelagici, quali Globotruncanae e Globorotaliae. Creta sup – oligocene inf.

Nella suddetta formazione viene distinta una parte prevalentemente pelitico-sabbiosa (terreni pseudocoerenti) da una a comportamento lapideo, stratificata. Nella carta geologica allegata sono stati distinti questi due corpi litologici notevolmente differenti tra loro.

**Il Flysch Numidico** è composto da una potente formazione costituita da un'alternanza di peliti brune, quarzareniti e quarzosiltiti grigio-giallastre nella quale si possono distinguere due diverse litofacies:

- Litofacies arenacea: si presenta costituita da banchi di quarzareniti e subordinatamente di quarzosiltiti bruno-giallastre, i cui granuli, costituiti prevalentemente da quarzo (indicando così una elevata maturità mineralogica), appaiono sub-arrotondati o a spigoli vivi, mal classati, e cementati da un cemento siliceo, durissimo e compatto; in alternanza sono presenti dei sottili livelli pelitici, grigi o verdastri ad alterazione bruna.

La stratificazione è più o meno evidente e presenta una discreta continuità laterale; lungo gli strati è possibile individuare localmente una sedimentazione gradata dei granuli che compongono la roccia, anche se generalmente quest'ultimi mostrano disposizioni caotiche.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 11     |

Nell'area in studio affiora in prossimità del Timpone delle Guarine, mentre in prossimità degli aerogeneratori da TP02 a TP06 (Serra delle Rocche) affiora con spessori minimi compresi tra 2 e 4 metri.

- Litofacies pelitica: è costituita da argille siltose o marnose, generalmente brune o color tabacco, ricche in ossidi di ferro, con sottili intercalazioni di quarzoareniti o quarzosiltiti e lenti sabbiose costituite anch'esse prevalentemente da quarzo.

- Mineralogicamente sono costituite da fillosilicati quali clorite, caolinite, montmorillonite ed illite; inoltre sono presenti minerali di ferro quale siderite e pirite.

La struttura si presenta scagliettata secondo delle scaglie millimetriche, caotiche, talora lucide per effetti di striature legate agli stress tettonici che si sono avvicendati nel corso degli eventi geologici.

La litofacies pelitica si presenta a luoghi superficialmente a struttura rimaneggiata a causa di lenti movimenti gravitativi che si sono succeduti nel corso dei secoli; si riscontrano inglobati nella matrice argillosa frammenti e blocchi di natura prevalentemente quarzarenitica.

Nell'area in esame i depositi del Flysch Numidico sono caratterizzati prevalentemente da argilliti siltose, con colorazione variabile dal grigio al giallo-ocra, passanti ad arenarie quarzose a grana medio-fine. La messa in posto attraverso flussi gravitativi ha dato origine a successioni torbiditiche con strutture sedimentaria da "slump". Sono presenti, inoltre, addizioni di biocalcareni intraclastiche a nummuliti e lepydocicline. Le quarzareniti risultano classate in grossi banchi e presentano intercalazioni di argille ed argilliti color tabacco e grigio-verdastre, con rare intercalazioni di brecciole e calcareniti gradate talora glauconitiche.

**La Formazione Terravecchia** è stata introdotta da Schmidt di Friedberg nel 1962 e prende il nome dalla località tipo: il fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, circa 2 km a nord di S. Caterina Villaerrosa.

I depositi, di età compresa tra il Tortoniano sup. ed il Messiniano inf. (Miocene superiore), si sono depositi in un ambiente lagunare-deltizio e pertanto sono caratterizzati da una forte eteropia di facies sia laterale che verticale. Tale formazione è costituita in basso da una sequenza conglomeratica più o meno potente, passante verso l'alto a sabbie, arenarie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille ed argille marnose, spesso siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile, talora anche con lenti conglomeratiche.

Tali sedimenti si presentano sotto due litofacies tipiche:

- Litofacies sabbioso-arenacea-conglomeratica:

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 12     |

comprende le sequenze prevalentemente sabbiose, arenacee e conglomeratiche presenti nella formazione. Il membro conglomeratico non affiora nell'area in studio, bensì verso l'alto questi depositi terrigeni passano ad argille sabbiose miste a ghiaia.

I conglomerati rappresentano la parte inferiore della Fm. Terravecchia e sono costituiti da conglomerati poligenici con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea, carbonatica, metamorfica per lo più di alto grado e, in subordine, ignea.

Tali elementi si presentano variamente cementati e talvolta lo sono maggiormente assumendo caratteristiche di materiali semilapidei; sono generalmente embriciati ed hanno dimensioni variabili da pochi centimetri a circa un metro, immersi in una matrice sabbiosa generalmente abbondante.

Verso la sommità aumentano le intercalazioni di sabbia ed i ciottoli sono sempre più piccoli e sempre meno embriciati, fino a passare ad una zona costituita da arenarie con sporadiche intercalazioni argillose.

La sequenza sabbioso-arenacea è costituita da una potente serie di sabbie, sabbie siltose, arenarie, arenarie molassiche, molasse calcaree di colore da giallastro a grigio, talora con sottili livelli pelitici.

La giacitura è in genere lenticolare con stratificazione evidente, spesso incrociata e sono presenti laminazioni incrociate, piane ed a lisca di pesce, con inclinazione spesso variabile delle lamine.

La tessitura è clastica con elementi in genere quarzosi, la matrice pelitica ed il grado di cementazione variabile.

Il cemento è generalmente di natura argillosa e le sabbie passano a vere e proprie molasse.

Quando le sabbie sono cementate da silice si presentano durissime e passano a vere e proprie quarziti. Il grado di erodibilità va da scarso ad elevato in relazione al grado di cementazione.

- Litofacies argilloso-marnosa-sabbiosa

Si tratta di argille, argille sabbiose, siltose o marnose di colore grigio-azzurro e grigio-verdastro, spesso con cristalli di gesso, dure e compatte, a frattura concoide e con intercalati sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione.

Dal punto di vista mineralogico sono costituite da un abbondante scheletro sabbioso in cui prevalgono quarzo, gesso, calcite, tracce di dolomite, feldspati, pirite, ossidi di ferro, mentre la frazione argillosa è costituita da kaolinite, illite, montmorillonite e scarsa clorite, cui si aggiungono in minori quantità interlaminazioni illitiche-montmorillonitiche.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 13     |

La tessitura è brecciata e talora a scaglie; la stratificazione è marcata dai sottili livelli sabbiosi intercalati.

Le argille spesso si presentano piuttosto tettonizzate con giunti variamente orientati caratterizzati da superfici lucide. Il grado di erodibilità è elevato.

**I Trubi** sono rocce costituite prevalentemente da marne calcaree passanti a calcari marnosi in banchi di spessore di cm 20-30 con frequenti litoclasti (fratture) orientate, generalmente, normalmente ai piani di stratificazione. La parte superficiale, specie nelle zone pianeggianti, risulta frequentemente alterata per cui i trubi perdono il loro caratteristico colore bianco assumendone uno decisamente grigio. All'analisi microscopica eseguita su alcuni campioni, risultano costituiti da minerali argillosi ed elementi carbonatici, privi di componente clastica, con microfauna a Globigerine ed Orbuline. Anche il silt è rappresentato da Foraminiferi con piccolissime quantità di quarzo. La sedimentazione dei trubi sta ad indicare un ritorno a condizioni di ambiente pelagico a salinità normale dopo il lungo periodo caratterizzato da ambienti altamente salini come quelli in cui si sono depositi i tipi litologici della Serie Gessoso-Solfifera.

L'età di tali sedimenti, in base al contenuto fossilifero, risale al Pliocene Inferiore.

La **Formazione marnoso arenacea della Valle del Belice** è composta da sei unità riconosciute nell'ordine in cui si succedono stratigraficamente. Queste sono composte da una sequenza deposizionale denominata MAB inferiore alla quale appartengono le unità da **mab1** sino a **mab5**. Alla MAB superiore appartiene l'unità **mab6**.

**Unità mab 1** - È formata da depositi torbiditici costituiti da alternanze di quarzareniti a gradazione diretta con livelli pelitici. La stratificazione è essenzialmente piano parallela. La forma dei corpi sedimentari che compongono la MAB1 è molto complessa dato il carattere deposizionale ed il substrato su cui si appoggia. La sua continuità laterale è limitata a pochi chilometri.

**Unità mab 2** - È caratterizzata da ripetute alternanze di livelli di 10-60 cm di spessore di areniti e peliti. Si osserva la presenza di grosse lenti sabbiose che si assottigliano lateralmente nello spazio di 20-30 m e che appaiono talora troncate da incisioni concave verso l'alto riempite successivamente da sabbie canalizzate. Ad essi si alternano orizzonti prevalentemente pelitici con una certa frazione arenitica. Le sabbie sono per lo più quarzose e singoli livelletti sono separati da veli di ossidi. Il contenuto fossilifero è quasi del tutto assente, fatta eccezione per macroforaminiferi bentonitici rimaneggiati. Lo spessore supera i 200 m.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 14     |

**Unità mab 3** - Il limite Inferiore di questo orizzonte è molto regolare e l'insieme degli strati costituisce un corpo tabulare dello spessore medio di 50 m. Non si tratta, almeno nei livelli superiori, di torbiditi, in quanto sono presenti del tutto preservati diffusi gusci di molluschi che difficilmente rimarrebbero intatti nelle correnti di torbida, piuttosto sarebbero depositi deltizi.

**Unità mab 4** - è composta da spessori modesti di biocalcareniti ad amphistegine nelle quali sono riconoscibili livelli detritici e livelli calcareo-organogeni con trasporto ridotto o assente. Il contenuto fossile è notevolissimo in quantità e varietà, ed è costituito quasi esclusivamente da faune di mare basso quali briozoi, alghe, molluschi, echinodermi, organismi bentonici, etc.

**Unità mab 5** - è composta da un notevole spessore (in apparenza più di 300 m.) di marne ed argille con intercalazioni di sabbie contenenti una fauna a foraminiferi planctonici e con rari molluschi. *In letteratura esse sono note sotto la definizione di Argille del Pliocene medio. Affiorano largamente nell'area in studio in prossimità di gran parte degli aerogeneratori che ricadono nel territorio comunale di Salemi.*

**Unità mab 6** - il litotipo dominante è quello delle calcareniti risedimentate ad amphistegine, inglobanti quasi esclusivamente faune di mare basso. I granuli di natura non biogena provengono dallo smantellamento dei terreni calcarei del substrato, comprese le calcareniti della MAB 4. I livelli in posto sono piuttosto rari composti da calcari organogeni. Si riscontrano, inoltre, livelli clastici a ciottoli con stratificazione obliqua.

**Depositi alluvionali terrazzati** affiorano largamente nella zona della sottostazione e nella porzione meridionale del parco eolico. Si presentano conglomeratici e detritico organogeni, spesso a stratificazione incrociata con intercalazioni lenticolari sabbioso-argillose. Generalmente sono di colore giallo-rossastro ma possono avere una colorazione grigiastra. La matrice è di natura limo-sabbiosa, i clasti presentano talora dimensioni centimetriche, spigoli sub arrotondati e composizione sia calcarea che quarzoarenitica. Il grado di cementazione è variabile, da molto basso (si possono ritenere incorrenti) a debolmente cementati. La microfauna presente è di clima temperato caldo. Età: Pleistocene superiore.

**Depositi alluvionali:** Comprendono i depositi alluvionali attuali e recenti, presenti in prossimità dei numerosi impluvi che ricadono all'interno del bacino del Fiume Birgi, del Fiume Mazarò ed Arena.

Si tratta di rocce prevalentemente sciolte costituite da limo, limo sabbioso, sabbia, sabbia limosa e ghiaia con giacitura sub orizzontale ed assetto lenticolare embriciato.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 15     |

I limi sono costituiti in prevalenza da minerali argillosi e sono privi di tessitura; le sabbie, che presentano granulometria variabile da fine a grossa, sono costituite per la maggior parte da elementi quarzosi e calcarei. Le ghiaie sono caratterizzate da clasti arrotondati immersi in una matrice sabbioso-limosa.

Il grado di arrotondamento dei clasti è variabile a seconda del materiale di provenienza, la composizione litologica è anch'essa diversa in funzione delle formazioni litologiche affioranti nel bacino, il deposito è privo di cementazione.

Il ***detrito di falda***, individuato esclusivamente lungo il versante sud di Serra delle Rocche (in prossimità degli aerogeneratori compresi tra TP02 e TP06), è costituito da depositi di origine continentale che derivano dallo smantellamento dei rilievi sovrastanti. Sono costituiti da elementi calcarei, calcarenitici e localmente quarzoarenitici, a spigoli vivi aventi dimensioni comprese tra le ghiaie fini sino ai blocchi, immersi in una matrice limo-sabbiosa. Si tratta generalmente di depositi incoerenti.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 16     |

## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La delimitazione delle caratteristiche geomorfologiche dell'area è avvenuta secondo una serie di passaggi che hanno consentito di cartografare sulla carta geologica in allegato, le principali forme di versante presenti all'interno del parco. Lo studio è stato condotto tramite il rilievo di campagna, l'analisi aerofotogrammetrica delle ortofoto che ricoprono l'intero territorio e la determinazione delle caratteristiche fisiografiche dell'area.

Il parco eolico ricade nel settore più occidentale della catena siciliana, all'interno di tre bacini idrografici quali: il bacino del Fiume Birgi a Nord ed i bacini dei Fiumi Mazarò e Arena a Sud. L'assetto geomorfologico dell'area in esame è frutto dell'interazione di diversi fattori, in particolare delle caratteristiche fisiografiche (distribuzione delle altimetrie, esposizione e pendenza dei versanti), pluviometriche (distribuzione ed intensità delle precipitazioni) e litostutturali (litologie affioranti e loro assetto strutturale) del territorio.

Il territorio in studio rientra nel sistema morfoclimatico temperato a clima mediterraneo. Si tratta di una zona contraddistinta da inverni miti ed umidi, gelo raro e poco intenso ed estati calde, generalmente asciutte.

La distribuzione della piovosità all'interno dell'area di studio è stata ricostruita, sulla base dei dati pluviometrici di 3 stazioni (Borgo Fazio 208 m s.l.m., Diga Rubino 180 m s.l.m. e Salemi 430 m s.l.m.) gestite dall'Ufficio Idrografico Regionale, applicando il metodo dei topoieti (Thiessen, 1911). L'analisi dei dati registrati nelle stazioni pluviometriche, ha permesso di calcolare le precipitazioni medie annue pari a circa 700 mm.

Il settore della sottostazione del parco eolico è ubicato nella zona nord-occidentale del parco, in una vasta zona sub pianeggiante compresa tra il modesto rilievo del Timpone della Palma (99 m s.l.m.) ed il fiume Borrania, alla quota di 50 m s.l.m. e con valori di pendenza compresi tra 0° e 8°. In corrispondenza della sottostazione non sono state rilevate forme legate all'azione degli agenti morfogenetici, che viene totalmente inibita dalle debolissime pendenze.

Il parco eolico si sviluppa nelle sue porzioni settentrionali lungo una serie di modesti rilievi avente direzione SW-NE da Serra delle Rocche (196,5 m s.l.m.), fino a Casa Marco di Bianchi; più a sud passando per Contrada Ranchibile si incontra un'altra serie avente la medesima direzione in prossimità di Timpone Monaco (257,6 m s.l.m.) ed un'altra ancora più a sud che va da Contrada Giummarella a Contrada Giardino Grande. Dall'analisi della distribuzione

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 17     |

delle altimetrie si evince che le quote sono comprese tra un minimo di 80 m s.l.m. lungo la Fiumara Agezio, a SW ed un massimo di 427,5 m s.l.m. in prossimità del Baglio Ranchilbotto, a NE; l'energia del rilievo presenta valori medio-bassi (347,5 m) e quindi in concomitanza ad altri fattori inibisce l'innescamento e l'evoluzione di alcuni processi morfogenetici sui versanti, in particolare quelli legati all'azione della gravità (processi gravitativi) e all'azione delle acque dilavanti. I versanti presentano valori di pendenza variabili, valori minimi pari a 0° e massimi fino a circa 28°. In particolare, in corrispondenza degli aerogeneratori e nel loro immediato intorno, si rilevano valori da 8° fino a 17° di inclinazione.

I versanti si presentano esposti verso tutte le direzioni; laddove i valori di pendenza risultano più elevati, sono stati riscontrati fenomeni di instabilità dei versanti, legati ai processi gravitativi, di tipo "colamento" che coinvolgono le porzioni superficiali del terreno.

La natura litologica dei terreni qui affioranti, in concomitanza alle caratteristiche sopra descritte, determina la morfologia dell'area; sulla quasi totalità del settore, come anche sugli altri due settori del parco, affiorano litologie di tipo pseudocoerente, rappresentate, in questo settore, dai terreni delle litofacies argilloso-arenacee del Flysch, della Formazione Marnoso Arenacea e dei depositi terrigeni della Formazione Terravecchia, costituiti in prevalenza da argille e argille sabbiose e arenarie di taglia fine.

Il paesaggio che caratterizza questi affioramenti è costituito essenzialmente da rilievi dolcemente ondulati con versanti generalmente a debole pendenza, intervallati da depressioni sub pianeggianti e con forme tipiche di una evoluzione geomorfologica dominata prevalentemente dall'erosione areale dovuta al ruscellamento diffuso.

In percentuali più ridotte affiorano rocce lapidee, sia di natura arenacea, afferibili alle arenarie quarzose della litofacies arenacea del Flysch ed ai calcari pelagici della Scaglia e dei Trubi.

Le litologie affioranti nell'area in esame sono sottoposte, anche se in maniera blanda, sia all'azione degli agenti esogeni che alla forza di gravità. I processi morfogenetici che agiscono principalmente sul territorio sono legati all'azione delle acque correnti superficiali. Le acque diffuse e incanalate, in corrispondenza dei copiosi affioramenti argillosi, hanno modellato i rilievi addolcendone i versanti e l'incisione fluviale si è sviluppata secondo un reticolo prevalentemente dendritico, disegnando una rete a bassa densità di drenaggio.

Per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi, bisogna sottolineare che, sebbene nella gran parte del territorio, siano presenti litologie pseudocoerenti, che per la loro natura sono soggette all'innescamento dei fenomeni franosi, le condizioni di stabilità dei versanti

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 18     |

sono garantite in buona parte dell'area, dai bassi valori di pendenza dei versanti e dall'assetto lito-strutturale.

Tuttavia, laddove i valori di pendenza risultano più elevati, sono stati riscontrati fenomeni di instabilità, legati ai processi gravitativi, di tipo "colamento" che coinvolgono le porzioni superficiali del terreno e cadute di detrito. A seguito dei rilievi di campagna, dell'analisi delle ortofoto e delle indagini geognostiche eseguite, queste forme sono state mappate e cartografate.

Dallo studio geomorfologico di dettaglio, così eseguito, si è evinto che tutti gli aerogeneratori del parco e la annessa sottostazione non risultano direttamente interessati da fenomeni franosi. Infatti, ad avvalorare questa tesi, risulta che i terreni individuati tramite le perforazioni, non presentano assolutamente una struttura imputabile ad un eventuale "rimaneggiamento" subito in seguito ad un evento franoso. Le prove di laboratorio così come le prove SPT eseguite, anch'esse testimoniano che i suddetti terreni sono dotati di buone caratteristiche fisico-meccaniche.

A seguito dei rilievi di campagna eseguiti, dell'analisi aerofotogrammetrica delle ortofoto e delle indagini geognostiche acquisite, si è verificato che il layout dell'impianto ricade in aree, dal punto di vista geomorfologico, stabili.

Le aree oggetto del presente studio, come risulta dalla cartografia del P.A.I. della Regione Sicilia ecc non ricadono in aree soggette a criticità di tipo geomorfologico ed idraulico

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 19     |

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto generale del territorio, legato non soltanto alla permeabilità dei terreni affioranti, ma anche ai loro rapporti giacaturali, nonché all'apporto pluviometrico, non presenta acquiferi di notevole entità che potrebbero dare origine a scaturigini di portata ragguardevole.

Le caratteristiche idrogeologiche dei termini presenti nell'area in studio sono diversificate in funzione delle caratteristiche intrinseche del litotipo.

Possiamo così schematizzare in breve:

- dove prevale la componente sabbiosa, la permeabilità è del tipo primario e la porosità risulta essere medio-elevata, mentre si riduce a bassa con la prevalenza della frazione limosa e l'assenza di ghiaie;
- dove prevale la componente argillosa su quella sabbio-limosa si ha una permeabilità primaria con porosità estremamente ridotta;
- dove prevale la componente sabbiosa-arenaceo-conglomeratica si ha una permeabilità primaria elevata per porosità cui si aggiunge talvolta un'altrettanto elevata permeabilità secondaria per fatturazione;
- dove si ha commistione di facies, la permeabilità risulta di natura complessa per la forte eterogeneità dei termini;
- Nelle rocce lapidee di natura carbonatica o arenitica la permeabilità primaria risulta bassa o nulla invece ha una notevole incidenza la permeabilità secondaria, per fratturazione, che può risultare talora elevata;
- Nelle rocce composte dai così detti "Trubi" e dalla "Scaglia", la permeabilità primaria è nulla mentre quella secondaria per fessurazione risulta medio-bassa.

Nei locali orizzonti litologici si possono individuare terreni di natura prevalentemente argillosa, riferibili alle litofacies argillose del Flysch Numidico e della F.ne Terravecchia.

Si tratta di litotipi classificabili con permeabilità bassa o nulla. In tale classe di permeabilità vengono inclusi tutti i tipi litologici che presentano una permeabilità così bassa da essere, ai fini del presente studio, considerati praticamente impermeabili. Sono, però, generalmente sovrastati da uno strato di alterazione a permeabilità medio-bassa dello spessore massimo di circa 5-7 metri dove possono essere presenti accumuli idrici superficiali con prevalente

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 20     |

carattere stagionale che in periodo di piogge copiose possono anche raggiungere il piano di campagna.

All'interno delle formazioni del Flysch Numidico e Terravecchia sono presenti anche litotipi di natura prevalentemente sabbiosa-arenaceo-conglomeratica dove si registra una permeabilità primaria elevata per porosità a cui si aggiunge talvolta un'altrettanta elevata permeabilità secondaria per fatturazione. All'interno di tali litotipi si possono rinvenire livelli idrici sospesi, privi di continuità laterale.

I terreni classificati in letteratura come "Trubi" e "Scaglia" sono dotati di una permeabilità primaria molto bassa ma, a causa degli sforzi tettonici che hanno storicamente subito, presentano stratificazioni, fratture e altre superfici di discontinuità che ne modificano il comportamento idraulico favorendo una medio-bassa circolazione idrica delle acque di infiltrazione.

Le coperture detritiche e le alluvioni presentano una permeabilità variabile da medio-bassa ad elevata in funzione del prevalere della classe granulometrica più fine su quella grossolana. Tali depositi, considerata la loro composizione, presentano un comportamento idraulico piuttosto discontinuo, pertanto difficili da classificare dal punto di vista idraulico.

Le aree interessate dalle fondazioni degli aerogeneratori non sono sede di falde idriche significative; tuttavia, negli strati superficiali del sottosuolo si possono avere accumuli idrici stagionali.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 21     |

## 7. ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

Per caratterizzare dal punto di vista sismico i terreni interessati dal progetto sono stati acquisiti i risultati di n° 4 sondaggi sismici tipo "Down hole" eseguiti durante la campagna di indagini effettuata nell'anno 2007 all'interno dei fori di sondaggio denominati SAL06, SAL23, SAL31, TP13. Tali sondaggi furono effettuati nelle vicinanze delle torri eoliche interessate dal progetto di repowering in questa fase progettuale si utilizzano i suddetti dati per individuare in generale la categoria sismica del sottosuolo, rinviando alla progettazione esecutiva per caratterizzare in maniera puntuale la risposta sismica locale del sottosuolo lungo la verticale di ciascuna fondazione prevista dal progetto.

I sondaggi sismici down hole furono eseguiti all'interno di fori spinti sino ad una profondità di 30 metri (rispetto al piano di campagna). I fori furono preventivamente rivestiti con tubi in PVC cementati alle pareti del foro. La sonda utilizzata era composta da un geofono tridimensionale nel quale si trovavano alloggiati due geofoni orizzontali per la misura delle onde "S" ed un geofono verticale per la misura delle onde "P".

Il sismografo impiegato era un "PASI LCM-12", gestito da un microprocessore, con dodici canali di acquisizione simultanea, a risoluzione 100 microsecondi, 8 bits, scale dei tempi variabili ed incremento di segnale variabile per ogni canale.

L'energizzazione fu ottenuta tramite una mazza di 9 kg dotata di starter piezoelettrico battente su un piattello in alluminio.

I risultati ottenuti dalle indagini eseguite sono stati riportati nelle tabelle allegate di seguito, dalle quali si evince la velocità di propagazione delle onde sismiche primarie e secondarie lungo i primi trenta metri di profondità.

Nelle stesse tabelle sono indicati i valori dei moduli elastici calcolati.

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 22     |

| Profondità | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | $\gamma$ (t/mc) | Coeff.Poisson<br>( $\nu$ ) | Mod. Young<br>(E - Kg/cmq) | Mod. Lamè<br>( $\mu$ - Kg/cmq) | Mod. Bulk<br>(k - Kg/cmq) |
|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 0 - 2      | 466         | 203         | 1.9             | 0.38                       | 21,707                     | 7,851                          | 16,691                    |
| 2 - 4      | 948         | 324         | 1.9             | 0.43                       | 57,272                     | 19,973                         | 75,392                    |
| 4 - 6      | 1,009       | 351         | 1.9             | 0.43                       | 67,109                     | 23,447                         | 85,068                    |
| 6 - 8      | 983         | 358         | 1.9             | 0.42                       | 69,321                     | 24,348                         | 79,625                    |
| 8 - 10     | 1,314       | 439         | 1.9             | 0.44                       | 105,353                    | 36,653                         | 145,817                   |
| 10 - 12    | 1,322       | 462         | 1.9             | 0.43                       | 112,750                    | 39,407                         | 141,944                   |
| 12 - 14    | 1,371       | 474         | 1.9             | 0.43                       | 118,891                    | 41,505                         | 153,150                   |
| 14 - 16    | 973         | 391         | 1.8             | 0.40                       | 77,287                     | 27,529                         | 71,492                    |
| 16 - 18    | 1,329       | 511         | 2.0             | 0.41                       | 144,015                    | 50,953                         | 146,794                   |
| 18 - 20    | 1,812       | 499         | 2.0             | 0.46                       | 141,580                    | 48,520                         | 295,706                   |
| 20 - 22    | 1,881       | 605         | 2.0             | 0.44                       | 205,608                    | 71,272                         | 309,412                   |
| 22 - 24    | 1,918       | 614         | 2.0             | 0.44                       | 212,253                    | 73,550                         | 322,076                   |
| 24 - 26    | 1,901       | 700         | 2.0             | 0.42                       | 271,942                    | 95,654                         | 304,568                   |
| 26 - 28    | 2,101       | 713         | 2.0             | 0.43                       | 284,584                    | 99,163                         | 381,002                   |
| 28 - 30    | 2,080       | 737         | 2.0             | 0.43                       | 302,513                    | 105,904                        | 368,983                   |

Tab. 3 Sondaggio Down hole - SAL06

|                  |                                                                                         |        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 23     |

| Profondità | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | $\gamma$ (t/mc) | Coeff.Poisson<br>( $\nu$ ) | Mod. Young<br>(E - Kg/cmq) | Mod. Lamè<br>( $\mu$ - Kg/cmq) | Mod. Bulk<br>(k - Kg/cmq) |
|------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 0 - 2      | 476         | 189         | 1.9             | 0.41                       | 18,532                     | 6,587                          | 17,643                    |
| 2 - 4      | 595         | 293         | 1.9             | 0.34                       | 42,668                     | 15,933                         | 24,743                    |
| 4 - 6      | 516         | 276         | 1.8             | 0.30                       | 35,648                     | 13,714                         | 17,117                    |
| 6 - 8      | 908         | 486         | 1.8             | 0.30                       | 110,456                    | 42,495                         | 53,021                    |
| 8 - 10     | 1,351       | 518         | 1.9             | 0.41                       | 140,349                    | 49,636                         | 143,931                   |
| 10 - 12    | 1,787       | 618         | 2.0             | 0.43                       | 213,038                    | 74,375                         | 274,201                   |
| 12 - 14    | 1,721       | 620         | 2.0             | 0.43                       | 213,832                    | 75,008                         | 251,353                   |
| 14 - 16    | 1,727       | 603         | 2.0             | 0.43                       | 202,854                    | 70,899                         | 255,324                   |
| 16 - 18    | 1,988       | 664         | 2.0             | 0.44                       | 247,025                    | 85,937                         | 342,359                   |
| 18 - 20    | 1,991       | 797         | 2.0             | 0.40                       | 347,771                    | 123,791                        | 324,637                   |
| 20 - 22    | 2,214       | 831         | 2.0             | 0.42                       | 381,542                    | 134,529                        | 410,467                   |
| 22 - 24    | 2,215       | 906         | 2.0             | 0.40                       | 448,460                    | 160,226                        | 398,432                   |
| 24 - 26    | 2,169       | 907         | 2.0             | 0.39                       | 447,230                    | 160,411                        | 378,384                   |
| 26 - 28    | 2,268       | 887         | 2.0             | 0.41                       | 432,790                    | 153,509                        | 424,795                   |
| 28 - 30    | 2,219       | 850         | 2.0             | 0.41                       | 398,287                    | 140,835                        | 409,478                   |

Tab.4 Sondaggio Down bole – SAI.23

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 24     |

| Profondità | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | $\gamma$ (t/mc) | Coeff.Poisson | Mod. Young   | Mod. Lamè         | Mod. Bulk    |
|------------|-------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|
|            |             |             |                 | ( $\nu$ )     | (E - Kg/cmq) | ( $\mu$ - Kg/cmq) | (k - Kg/cmq) |
| 0 - 2      | 319         | 175         | 1.8             | 0.29          | 14,136       | 5,493             | 6,437        |
| 2 - 4      | 335         | 198         | 1.8             | 0.23          | 17,425       | 7,074             | 6,588        |
| 4 - 6      | 674         | 329         | 1.8             | 0.34          | 52,318       | 19,465            | 31,171       |
| 6 - 8      | 749         | 353         | 1.8             | 0.36          | 60,768       | 22,381            | 39,288       |
| 8 - 10     | 1,436       | 567         | 2.0             | 0.41          | 181,192      | 64,367            | 173,964      |
| 10 - 12    | 1,357       | 557         | 2.0             | 0.40          | 173,315      | 61,950            | 153,084      |
| 12 - 14    | 1,645       | 610         | 2.0             | 0.42          | 211,383      | 74,417            | 233,334      |
| 14 - 16    | 1,526       | 575         | 2.0             | 0.42          | 187,333      | 66,087            | 199,854      |
| 16 - 18    | 1,891       | 726         | 2.0             | 0.41          | 297,965      | 105,397           | 304,725      |
| 18 - 20    | 1,809       | 738         | 2.0             | 0.40          | 304,783      | 108,832           | 272,741      |
| 20 - 22    | 1,897       | 797         | 2.0             | 0.39          | 354,038      | 127,102           | 296,226      |
| 22 - 24    | 2,213       | 867         | 2.0             | 0.41          | 423,670      | 150,301           | 414,771      |
| 24 - 26    | 2,215       | 831         | 2.0             | 0.42          | 392,066      | 138,244           | 421,598      |
| 26 - 28    | 2,100       | 783         | 2.0             | 0.42          | 348,012      | 122,600           | 379,801      |
| 28 - 30    | 2,404       | 783         | 2.0             | 0.44          | 353,452      | 122,673           | 516,596      |

Tab.5 Sondaggio Down hole – SAL31

|                  |                                                                                         |        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 25     |

| Profondità | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | $\gamma$ (t/mc) | Coeff.Poisson | Mod. Young   | Mod. Lamè         | Mod. Bulk    |
|------------|-------------|-------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|
|            |             |             |                 | ( $\nu$ )     | (E - Kg/cmq) | ( $\mu$ - Kg/cmq) | (k - Kg/cmq) |
| 0 - 2      | 430         | 203         | 1.8             | 0.36          | 20,174       | 7,438             | 12,923       |
| 2 - 4      | 935         | 424         | 1.8             | 0.37          | 88,810       | 32,408            | 62,407       |
| 4 - 6      | 959         | 386         | 1.8             | 0.40          | 75,416       | 26,877            | 69,250       |
| 6 - 8      | 1,387       | 489         | 1.8             | 0.43          | 123,195      | 43,109            | 151,541      |
| 8 - 10     | 1,359       | 397         | 2.0             | 0.45          | 91,498       | 31,476            | 168,992      |
| 10 - 12    | 1,733       | 566         | 2.0             | 0.44          | 184,756      | 64,141            | 268,326      |
| 12 - 14    | 2,175       | 568         | 2.0             | 0.46          | 188,888      | 64,538            | 440,787      |
| 14 - 16    | 2,091       | 663         | 2.0             | 0.44          | 254,087      | 87,975            | 393,309      |
| 16 - 18    | 2,211       | 664         | 2.0             | 0.45          | 255,919      | 88,224            | 444,630      |
| 18 - 20    | 2,214       | 665         | 2.0             | 0.45          | 256,397      | 88,386            | 445,842      |
| 20 - 22    | 2,345       | 798         | 2.0             | 0.43          | 365,164      | 127,271           | 486,468      |
| 22 - 24    | 2,433       | 831         | 2.0             | 0.43          | 396,403      | 138,228           | 522,636      |
| 24 - 26    | 2,321       | 799         | 2.0             | 0.43          | 365,483      | 127,536           | 474,919      |
| 26 - 28    | 2,435       | 768         | 2.0             | 0.44          | 340,985      | 118,010           | 533,813      |
| 28 - 30    | 2,436       | 780         | 2.0             | 0.44          | 351,398      | 121,776           | 532,279      |

Tab. 6 Sondaggio Down hole – TP 13

In riferimento delle NTC del 2018, per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

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

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

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 26     |

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica delle litologie che costituiscono la stratigrafia puntuale del sito di progetto, si sono utilizzati e sintetizzati per tipo litologico i dati provenienti dalle prove geotecniche effettuate sui campioni prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sopra elencati:

Dall'esame delle stratigrafie rielaborate sono stati individuati diversi termini litologici che sono stati suddivisi in quattro gruppi:

- a) Argille e limi sabbiosi alterati di colore marrone chiaro e argille alterate;
- b) Argille ed argille sabbiose di base, inalterate, di colore grigio;
- c) Arenarie, sabbie e biocalcareni;
- d) Sabbie e sabbie limose.

Di seguito si descrivono i suddetti litotipi ed i principali parametri geotecnici.

**Gruppo litologico a).** *Argille e limi sabbiosi alterati di colore marrone chiaro e argille alterate.*

Presentano uno spessore variabile tra qualche metro sino a circa 13 metri. Sono costituiti prevalentemente da argille debolmente sabbiose oppure da argille limose o da argille con limo, a luoghi interessate da sottili livelli sabbiosi. All'interno si trovano sottili interstrati di colore biancastro che inglobano clasti di natura quarzoarenitica e calcarea, aventi dimensioni millimetriche e centimetriche, ed anche noduli biancastri costituiti da marne calcaree friabili e poco cementate. Il colore è tabacco, verdastro, variabile dal marrone chiaro-beige al giallastro. In superficie sono da alterate a molto alterate, compressibili, ricche di sostanza organica e frustoli vegetali, da mediamente a poco consistenti, da mediamente a molto plastiche. Sono frequenti le tracce di ossidazione rossastre e nerastre. In profondità il grado di consistenza aumenta mentre la plasticità diminuisce. La struttura è generalmente scagliettata oppure omogenea.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio acquisite:

$$\gamma = 16-18.5 \text{ KN/mc} \quad - \quad c' = 5-40 \text{ KPa} \quad \varphi' = 17^\circ-28^\circ \quad C_u = 63-210 \text{ KPa}$$

**Gruppo litologico b).** *Argille ed argille sabbiose di base, inalterate, di colore grigio.*

Sono presenti a profondità comprese tra 4 e 19 metri dal piano di campagna. In media si riscontrano intorno ai 10 metri dal p.c. Questo livello, che costituisce il substrato integro ed

| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 27     |

inalterato, caratterizzato da un buon grado di consistenza e portanza, si presenta di colore grigio scuro, grigio-azzurro e grigio-verdastro. E' composto da argille sabbiose a struttura omogenea o scagliosa, molto consistenti e non plastiche. Lo spessore è notevole, superiore a 30 m.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio acquisite:

$$\gamma = 19.2-20.65 \text{ KN/mc} \quad c' = 16.3-58.8 \text{ KPa} \quad \varphi' = 23^\circ-29^\circ \quad C_u = 360-497 \text{ KPa}$$

**Gruppo litologico c).** *Arenarie, sabbie e biocalcareniti.*

Lo spessore individuato è compreso tra circa 3 ed oltre 20 metri. Si presentano di colore variabile tra il grigio-giallastro ed il marrone-rossastro, da mediamente addensate ad addensate, ed a luoghi cementate. Il grado di cementazione è variabile, lì dove è alto durante le perforazioni dei sondaggi sono state prelevate delle carote integre; invece, dove è basso sono state parzialmente o totalmente disgregati dal carotaggio.

Sono presenti frequenti intercalazioni a varie altezze di sabbie limose poco addensate e poco cementate, parzialmente dilavate dal carotaggio. Tali sabbie si presentano di colore variabile dal grigio chiaro al giallastro, a struttura omogenea, con diffuse tracce di ossidazione.

Nel complesso si può dire che tale litotipo non presenta un alto grado di cementazione tanto è vero che generalmente è stato disgregato e dilavato dall'azione del carotaggio.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio acquisite:

$$\gamma = 19.3-21 \text{ KN/mc} \quad c' = 0-30^\circ \text{ KPa} \quad \varphi' = 28^\circ-35^\circ$$

**Gruppo litologico d).** *Sabbie e sabbie limose.*

Costituiscono un deposito piuttosto eterogeneo che include sia sabbie che sabbie limose con intercalazioni di argille sabbiose. Lo spessore è variabile, compreso tra 2 metri e 6 metri.

Le sabbie e sabbie limose, a luoghi argillose, si presentano - generalmente - di colore giallastro-marrone chiaro-beige, poco consistenti, da molto alterate ad alterate, in superficie, mentre in profondità sono addensate, consistenti. Ad esse si trovano intercalati sottili livelli lapidei cementati costituiti da arenarie presenti in strati e/o lenti, carotate in frammenti ed a luoghi dilavate dal carotaggio.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio acquisite:

$$\gamma = 18-19 \text{ KN/mc} \quad c' = 0^\circ \text{ KPa} \quad \varphi' = 28^\circ-29^\circ$$

|                  |                                                                                         |        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 28     |

Nelle tabelle esposte di seguito si elenca i risultati delle elaborazioni delle prove di laboratorio effettuate.

| CAMPIONE  | PROF.<br>(m) | $\gamma$<br>KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_s$<br>KN/m <sup>3</sup> | $\gamma_a$<br>KN/m <sup>3</sup> | Wn<br>% | Wl<br>% | Wp<br>% | S<br>% | n<br>% |
|-----------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|
| SAL 01 C1 | 2.5          | 18.01                         | 26.73                           | 14.19                           | 26.90   |         |         | 82.94  | 46.9   |
| SAL 01 C2 | 13.2         | 19.09                         | 26.81                           | 15.52                           | 23.00   |         |         | 86.37  | 42.1   |
| SAL 03 C1 | 2.7          | 19.74                         | 26.19                           | 17.01                           | 16.08   | 56.60   | 17.41   | 79.44  | 35.1   |
| SAL 04 C2 | 7.5          | 20.46                         | 26.83                           | 16.62                           | 23.10   |         |         | 100.00 | 38.0   |
| SAL 05 C1 | 3.4          | 19.43                         | 26.41                           | 15.79                           | 23.03   |         |         | 92.18  | 40.2   |
| SAL 05 C2 | 7.5          | 20.01                         |                                 | 16.05                           | 24.62   | 56.04   | 26.08   |        |        |
| SAL 06 C1 | 9.0          | 19.19                         | 26.55                           | 15.28                           | 25.59   | 56.49   | 22.76   | 93.90  | 42.4   |
| SAL 06 C2 | 12.0         | 18.27                         | 26.25                           | 14.70                           | 24.29   |         |         | 82.71  | 44.0   |
| SAL 07 C1 | 4.0          | 18.50                         |                                 | 14.90                           | 24.16   | 55.11   | 21.90   |        |        |
| SAL 07 C2 | 13.5         | 19.43                         |                                 | 16.97                           | 14.46   | 51.04   | 21.18   |        |        |
| SAL 08 C1 | 2.2          | 18.42                         | 26.21                           | 14.62                           | 26.01   |         |         | 87.62  | 44.2   |
| SAL 08 C2 | 14.0         | 19.91                         | 26.22                           | 17.01                           | 17.05   |         |         | 84.14  | 35.1   |
| SAL 09 C1 | 6.3          | 18.12                         |                                 | 14.30                           | 26.76   |         |         |        |        |
| SAL 09 C2 | 12.0         | 19.04                         | 26.72                           | 16.13                           | 18.05   |         |         | 74.83  | 39.6   |
| SAL 10 C1 | 4.6          | 18.11                         | 26.11                           | 14.72                           | 23.01   | 54.044  | 23.099  | 79.15  | 43.6   |
| SAL 10 C2 | 17.7         | 20.41                         | 26.93                           | 17.75                           | 14.98   |         |         | 79.48  | 34.1   |
| SAL 11 C1 | 3.0          | 19.91                         |                                 | 15.61                           | 27.51   |         |         |        |        |
| SAL 11 C2 | 7.0          | 19.85                         | 26.50                           | 16.02                           | 23.85   |         |         | 98.52  | 39.5   |
| SAL 12 C1 | 5.0          | 19.54                         |                                 | 16.29                           | 19.92   |         |         |        |        |
| SAL 12 C2 | 12.7         | 20.01                         | 26.82                           | 16.51                           | 21.20   | 59.84   | 26.72   | 92.78  | 38.4   |
| SAL 13 C1 | 5.4          | 19.65                         |                                 | 16.30                           | 20.50   |         |         |        |        |
| SAL 13 C2 | 16.0         | 19.53                         |                                 | 16.40                           | 19.08   |         |         |        |        |
| SAL 14 C1 | 18.3         | 19.28                         |                                 | 16.85                           | 14.39   |         |         |        |        |
| SAL 15 C2 | 10.2         | 19.04                         | 26.66                           | 16.22                           | 17.40   |         |         | 73.46  | 39.2   |
| SAL 20 C1 | 3.0          | 18.67                         |                                 | 15.19                           | 22.93   | 40.66   | 16.92   |        |        |
| SAL 20 C2 | 13.0         | 19.07                         |                                 | 15.30                           | 24.65   | 52.61   | 26.51   |        |        |
| SAL 22 C2 | 14.3         | 19.77                         |                                 | 17.57                           | 12.50   |         |         |        |        |
| SAL 23 C1 | 3.6          | 20.12                         |                                 | 16.42                           | 22.52   | 42.14   | 20      |        |        |
| SAL 23 C2 | 14.0         | 22.93                         |                                 | 18.53                           | 23.71   |         |         |        |        |
| SAL 27 C1 | 5.0          | 19.57                         | 25.62                           | 16.89                           | 15.82   |         |         | 79.97  | 34.1   |
| SAL 31 C2 | 6.6          | 20.65                         |                                 | 17.19                           | 20.15   |         |         |        |        |

Tab. 7 riepilogo delle caratteristiche fisiche

|                  |                                                                                         |        |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CODICE ELABORATO | OGGETTO DELL'ELABORATO                                                                  | PAGINA |
| RST-PD-R0005_R0  | INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 29     |

| CAMPIONE  | PROF. | C'                | $\phi'$ | $Q_{max}$         | $C_u$             | $\phi_u$ |
|-----------|-------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|----------|
|           | (m)   | KN/m <sup>2</sup> | gradi   | KN/m <sup>2</sup> | KN/m <sup>2</sup> | gradi    |
| SAL 01 C1 | 2.5   | 26.00             | 14°     |                   |                   |          |
| SAL 01 C2 | 13.2  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 03 C1 | 2.7   |                   |         | 875.44            | 437.72            |          |
| SAL 04 C2 | 7.5   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 05 C1 | 3.4   |                   |         | 523.72            | 261.86            |          |
| SAL 05 C2 | 7.5   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 06 C1 | 9.0   |                   |         | 697.65            | 348.82            |          |
| SAL 06 C2 | 12.0  | 29.72             | 29°     |                   |                   |          |
| SAL 07 C1 | 4.0   |                   |         | 131.31            | 65.65             |          |
| SAL 07 C2 | 13.5  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 08 C1 | 2.2   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 08 C2 | 14.0  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 09 C1 | 6.3   | 22.66             | 25°     |                   |                   |          |
| SAL 09 C2 | 12.0  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 10 C1 | 4.6   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 10 C2 | 17.7  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 11 C1 | 3.0   |                   |         | 194.67            | 97.33             |          |
| SAL 11 C2 | 7.0   |                   |         | 278.32            | 139.16            |          |
| SAL 12 C1 | 5.0   | 10.00             | 25°     |                   |                   |          |
| SAL 12 C2 | 12.7  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 13 C1 | 5.4   |                   |         |                   | 158.80            |          |
| SAL 13 C2 | 16.0  |                   |         | 771.23            | 385.61            |          |
| SAL 14 C1 | 18.3  | 15.17             | 27°     |                   |                   |          |
| SAL 15 C2 | 10.2  |                   |         | 287.29            | 143.65            |          |
| SAL 20 C1 | 3.0   |                   |         |                   | 133.78            |          |
| SAL 20 C2 | 13.0  | 74.63             | 15°     |                   |                   |          |
| SAL 22 C2 | 14.3  |                   |         |                   | 631.30            |          |
| SAL 23 C1 | 3.6   | 101.00            | 18°     |                   | 181.00            | 9°       |
| SAL 23 C2 | 14.0  |                   |         | 728.01            | 364.01            |          |
| SAL 27 C1 | 5.0   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 27 C2 | 17.0  | 58.82             | 12°     |                   |                   |          |
| SAL 28 C1 | 2.0   |                   |         |                   | 225.20            |          |
| SAL 29 C3 | 15.0  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 30 C1 | 6.4   | 21.00             | 28°     |                   |                   |          |
| SAL 30 C2 | 21.2  |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 31 C1 | 4.7   |                   |         |                   |                   |          |
| SAL 31 C2 | 6.6   | 16.29             | 22°     |                   | 76.07             | 9°       |

Tab. 8 Riepilogo delle caratteristiche meccaniche