

# REGIONE SICILIA

Provincia di Catania

COMUNI DI MILITELLO VAL DI CATANIA MINEO VIZZINI

PROGETTO

## POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO-MILITELLO- VIZZINI



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



PROGETTISTA:



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo

via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO:

## RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

| CODICE PROGETTISTA | DATA       | SCALA | FOGLIO | FORMATO | CODICE DOCUMENTO |       |           |       |      |
|--------------------|------------|-------|--------|---------|------------------|-------|-----------|-------|------|
|                    |            |       |        |         | IMP..            | DISC. | TIPO DOC. | PROG. | REV. |
|                    | 20/02/2018 |       | 1/59   | A4      | MMV              | ENG   | REL       | 0036  | 00   |

NOME FILE: MMV-ENG-REL-0036\_00.doc

ERG Wind Sicilia 2 S.r.l.e ERG Wind Sicilia 5 S.r.l.si riservano tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 2      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

Storia delle revisioni del documento

| REV. | DATA       | DESCRIZIONE REVISIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|------------|-----------------------|---------|------------|-----------|
| 00   | 20/02/2018 | Prima emissione       | EG      | MG         | DG        |
|      |            |                       |         |            |           |
|      |            |                       |         |            |           |
|      |            |                       |         |            |           |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 3      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## INDICE

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>2</b>  | <b>DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>3</b>  | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>4</b>  | <b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....   | <b>8</b>  |
| 4.1       | ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI MINEO.....   | 8         |
| 4.2       | ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI VIZZINI.....   | 8         |
| 4.3       | ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI MILITELLO .....  | 8         |
| <b>5</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b> .....   | <b>9</b>  |
| 5.1       | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI MINEO .....   | 9         |
| 5.2       | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI VIZZINI.....  | 10        |
| 5.3       | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI MILITELLO .....                                       | 10        |
| <b>6</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>7</b>  | <b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>8</b>  | <b>ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE</b> .....  | <b>17</b> |
| <b>9</b>  | <b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....   | <b>26</b> |
| 9.1       | INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MILITELLO.....                                  | 26        |
| 9.2       | INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI VIZZINI .....                                   | 28        |
| 9.3       | INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MINEO .....                                     | 32        |
| 9.4       | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....  | 33        |
| <b>10</b> | <b>CARICHI AGENTI</b> .....   | <b>37</b> |
| <b>11</b> | <b>FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE<br/>DI TIPO GEOTECNICO</b> ..... | <b>40</b> |
| 11.1      | GENERALITA' .....   | 40        |
| 11.2      | CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA' .....  | 41        |
| 11.3      | CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI .....  | 42        |
| 11.4      | CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE.....   | 43        |
| 11.5      | TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE.....  | 45        |
| <b>12</b> | <b>CONCLUSIONI</b> .....  | <b>59</b> |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 4      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 1 PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo al potenziamento dell'esistente impianto eolico (composto da n. 59 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 0,85 MW, per una potenza complessiva di 50,15 MW), ubicato nei Comuni di Militello in Val di Catania, Vizzini e Mineo, tutti in Provincia di Catania.

L'impianto esistente è attualmente in esercizio, giuste Concessioni edilizie rilasciate dai Comuni predetti. Il progetto definitivo consiste nello smantellamento dei n°59 aerogeneratori esistenti e la realizzazione di un impianto eolico composto da n°29 aerogeneratori, ciascuno dei quali di potenza massima pari a 4,2 MW, per una potenza complessiva di circa 120.00 MW. L'installazione del più moderno tipo di generatore comporterà la consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 59 esistenti alle 29 proposte, riducendo l'impatto visivo, che talvolta può trasformarsi nel cosiddetto effetto selva. Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine odierne rispetto a quelle in esercizio, porterà ad un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media. La produzione di energia sarà incrementata sino a 3,8 volte quella attuale, e con la medesima proporzione avverrà l'abbattimento di produzione di CO2 equivalente.

Sulla base di quanto sopra e trattandosi di un progetto unitario la cui valutazione ambientale non può che essere svolta in maniera univoca e integrata, le Società ERG Wind Sicilia 5 Srl ed ERG Wind Sicilia 2 Srl sono le due Proponenti del progetto di integrale ricostruzione del parco esistente ed hanno pertanto presentato istanza a firma congiunta. In particolare:

- o la società ERG Wind Sicilia 2 è titolare gli aerogeneratori ricadenti nel territorio del Comune di Vizzini;
- o la società ERG Wind Sicilia 5 è titolare gli aerogeneratori ricadenti nei territori dei Comuni di Mineo e Militello in Val di Catania.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico redatto dal Dott. Geologo Carlo Cibella allegato al presente progetto.

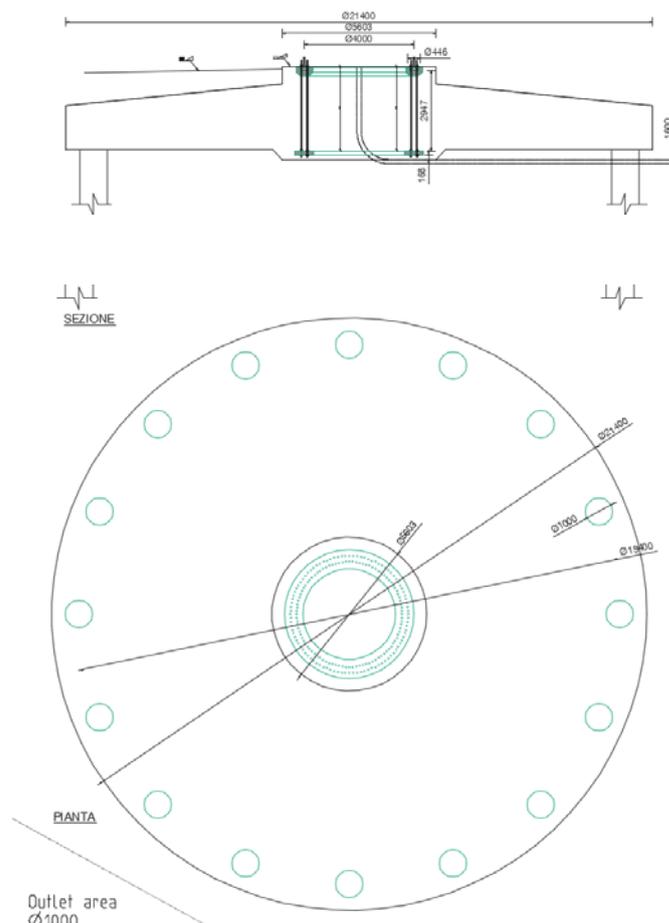
**Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto e le verifiche geotecniche relative alla realizzazione delle fondazioni dell'aerogeneratore.**

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 5      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nel presente progetto si prevede la realizzazione di opere di fondazioni del tipo indiretto in relazione alla stratigrafia locale del terreno. La fondazione indiretta sarà costituita da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro  $\Phi 1000$  e lunghezza pari a 25,00 m.

La piastra di fondazione avrà forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto:



| CODICE COMMITTENTE |            |            |             |           | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|------------|------------|-------------|-----------|--|--------|
| IMP.               | DISC.      | TIPO DOC.  | PROGR.      | REV       | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 6      |
| <b>MMV</b>         | <b>ENG</b> | <b>REL</b> | <b>0036</b> | <b>00</b> |  |        |

All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 160 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

| CODICE COMMITTENTE |            |            |             |           | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|------------|------------|-------------|-----------|--|--------|
| IMP.               | DISC.      | TIPO DOC.  | PROGR.      | REV       | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 7      |
| <b>MMV</b>         | <b>ENG</b> | <b>REL</b> | <b>0036</b> | <b>00</b> |  |        |

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione sono le “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 14/01/2008.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;
- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures”.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 8      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 4.1 ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI MINEO

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale eolica per la produzione di energia elettrica, mediante l'utilizzo di n°4 aerogeneratori ubicati tra Poggio del Gatto, Poggio Intramura e Poggio Canizza nel territorio comunale di Mineo. L'area oggetto del presente lavoro ricade nella tavoletta Stazione di Vizzini-Lacodia dell' I.G.M, F. 273 della carta d' Italia, I quadrante S.O. L'area di stretto interesse progettuale ricade nel territorio comunale di Mineo.

### 4.2 ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI VIZZINI

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale eolica per la produzione di energia elettrica, mediante l'utilizzo di n°14 aerogeneratori ubicati tra Poggio Maravola, Monte Tallarita, Monte S. Croce e C. da Cameme nel territorio comunale di Vizzini. L'area oggetto del presente lavoro ricade nella tavoletta *Stazione di Vizzini-Lacodia* della I.G.M., F. n° F. 273 I quadrante S.O. Le aree di stretto interesse progettuale ricadono nel territorio comunale di Vizzini.

### 4.3 ZONA RICADENTE NEL COMUNE DI MILITELLO

Il progetto prevede la realizzazione di una centrale eolica per la produzione di energia elettrica, mediante l'utilizzo di n°11 aerogeneratore ubicati nel territorio comunale di Militello Val di Catania tra M. te Santa Croce e Poggio Forca.

L'area oggetto del presente lavoro ricade nelle tavolette *Militello Val di Catania* della I.G.M., F. n°273 della carta d' Italia, I quadrante N.O. Le aree di stretto interesse progettuale ricadono nel territorio comunale di Militello Val di Catania.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 9      |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il settore di studio ricade nell'estremità meridionale della Provincia di Catania, a monte della piana omonima. I rilievi che presentano una quota media di 600 m di altezza s.l.m., fanno parte dei Monti Iblei e si presentano separati da ampie superfici vallive. L'andamento morfologico non è aspro, ma si presenta piuttosto addolcito da poggi dall'aspetto mammellonare e rilievi medio-basso collinari, caratterizzati dalle vette spianate tali da formare dei pianori. La condizione climatica, caratterizzata da scarsi eventi meteorici, e le caratteristiche litologiche rappresentano i fattori che hanno determinato l'assenza di corsi d'acqua dai larghi. greti dalla forma a catino o profonde incisione torrentizie. Nel settore di studio il drenaggio della superficie viene espletato da rivi di scarso interesse con uno sviluppo dendritico, a carattere torrentizio stagionale. Nell'esame morfologico di dettaglio, per le aree d'interesse, dalla scrivente sarà trattata la zona strettamente d'influenza dei siti di progetto.

### 5.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI MINEO

In particolare, il gruppo di generatori eolici è previsto su una zona dall'andamento mammellonare compreso tra Poggio del Gatto e Poggio Intramura per circa Km. 1.3 in direzione SSW \_NNE e su Poggio Canizza. Da un punto di vista morfologico, la superficie topografica presenta un andamento sub-pianeggiante da Poggio Del Gatto fino a Poggio Intramura (626.00 m s.l.m.); quest'ultimo è caratterizzato da un pianoro in vetta, che degrada verso nord-ovest con una pendenza di circa il 50°p. Poggio Canizza (610.00 m s.l.m.) è invece uno di una serie di tre poggi allineati secondo una direzione nord/nord ovest – sud/sud est. L'area è facilmente raggiungibile, in quanto costeggia una strada provinciale.

Nelle aree non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto superficiale e/o di instabilità, né forme erosive particolarmente accentuate; inoltre le caratteristiche litotecniche delle rocce interessate dal progetto permetterebbero anche l'impostazione di versanti ad

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 10     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

acclività maggiore. Da quanto osservato, si desume pertanto che le aree in esame risultano essere morfologicamente stabili e che il loro assetto morfo-strutturale non sarà modificato dalla realizzazione delle opere in progetto.

## 5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI VIZZINI

Il progetto prevede l'impianto di generatori eolici lungo la cresta compresa tra Case Maravola e Monte Santa Croce (650.00 m s.l.m), comprendendo quindi anche una parte meno acclive in prossimità della C. da Bivio Mineo. Questo complesso collinare, che costeggia la SS124, dal Km.28 al Km.21, si estende per circa Km. 5.0 in direzione SSW-NNE e mostra una larghezza massima di circa 600 m. Il versante occidentale mostra una maggiore pendenza (circa 50° /) rispetto a quello orientale, che si affaccia invece su una vallata più ampia. Il versante sud-orientale presenta una maggiore alternanza morfologica di impluvi e displuvi. La parte sommitale presenta superfici a medio-debole pendenza. Si prevede l'installazione di un ristretto numero di generatori eolici anche in C. da Cameme, a sud-ovest del complesso collinare descritto. La zona si presenta morfologicamente priva di asperità, caratterizzato da un pianoro nella parte più alta del rilievo (684.00 m s.l.m.) e il versante nord-orientale. che degrada con una pendenza media non superiore al 30% verso quote più basse. Nelle aree non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto superficiale e/o di instabilità, né forme erosive particolarmente accentuate; inoltre le caratteristiche litotecniche delle rocce interessate dal progetto permetterebbero anche l'impostazione di versanti ad acclività maggiore. Da quanto osservato, si desume pertanto che le aree in esame risultano essere morfologicamente stabili e che il loro assetto morfo-strutturale non sarà modificato dalla realizzazione delle opere in progetto.

## 5.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO- COMUNE DI MILITELLO

In particolare, il progetto prevede la messa in posa dei generatori eolici nei punti più alti di un complesso collinare fusiforme, ad ovest dell'abitato di Militello Val di Catania, compreso tra Monte Santa Croce (650.00 m s.l.m.) e Poggio Vina (563.00 m s.l.m.), che

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 11     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

si estende per circa Km.6.5, in direzione sud-nord, e con un'ampiezza massima di circa Km.1.0 in direzione ovest-est, in prossimità di Pogg1o Chiusa (654.00 m s.l.m.). Entrambi i versanti e in particolare quello occidentale si presentano caratterizzati da un fitto sistema di drenaggio superficiale di tipo sub-dendritico. Le pendenze sono maggiori nella fascia compresa tra la parte sommitale e il piede, dove raggiungono circa il 33%, mentre la cima è caratterizzata da ampie superfici sub-pianeggianti. Il versante orientale di Piano Garofali si presenta caratterizzato dalla presenza di piccoli terrazzamenti sub-orizzontali, che ne diminuiscono la pendenza e ne aumentano la stabilità. Il sito risulta facilmente raggiungibile attraverso una strada provinciale che, dal bivio in prossimità del Km 17 della SS.124, attraversa l'area d'interesse. elle aree non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto superficiale e/o di instabilità, né forme erosive particolarmente accentuate; inoltre le caratteristiche litotecniche delle rocce interessate dal progetto permetterebbero anche l'impostazione di versanti ad acclività maggiore. Da quanto osservato, si desume pertanto che le aree in esame risultano essere morfologicamente stabili e che il loro assetto morto-strutturale non sarà modificato dalla realizzazione delle opere in progetto.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 12     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, nell'area oggetto di studio, affiora una potente successione di espandimenti basaltici sia sottomarini che subaerei. I prodotti sottomarini sono dati da breccie a pillows immerse in una matrice jaloclastica di colore ocra, a causa di una forte alterazione. Si rinvenivano anche blocchi di roccia jaloclastica in cui sono evidenti schegge brune di palagonite, un vetro di composizione basica. I pillows sono costituiti da lava ed assumono una forma rotondeggiante o a cuscino, perché raffreddate rapidamente nell'acqua marina. Quelli subaerei sono costituiti da prevalenti colate basaltiche di colore nero-grigiastro, talora a fessurazione colonnare, ovvero costituiti in prismi perpendicolari alla superficie di raffreddamento. Nell'area in esame è frequente trovare un'alternanza di prodotti sottomarini e subaerei separati da livelli di origine sedimentaria, costituite dal deposito di materiale vulcanico (ceneri, sabbia, lapilli, bombe vulcaniche) proiettato durante la fase esplosiva. Questi ultimi o piroclastiti si presentano coerenti, perché cementati dopo il loro deposito. Le suddette vulcaniti plio-pleistoceniche, si ritrovano in netto contatto stratigrafico sui tubi, in cui sono osservabili, nelle sezioni offerte da pareti di sbancamento, rari noduli e lenti di selce. Si tratta di calcari marnosi biancastri a granulometria fine, a foraminiferi planctonici, in strati di 1,00 m-50 cm di spessore, dalla caratteristica frattura concoide. È sovente ritrovare tali calcari marnosi alterati in argille marmose, di colore bianco crema, così come riscontrato, attraverso i sondaggi geognostici, nelle aree di stretto interesse progettuale. Oltre che su Poggio del Gatto, direttamente interessati dal progetto, affioramenti estesi si trovano nei versanti occidentali dei complessi collinari oggetto di studio.

Si riportano di seguito gli stralci delle Corografie delle zone interessate dagli aerogeneratori del parco.



| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 13     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

### COROGRAFIA

scala 1:25.000

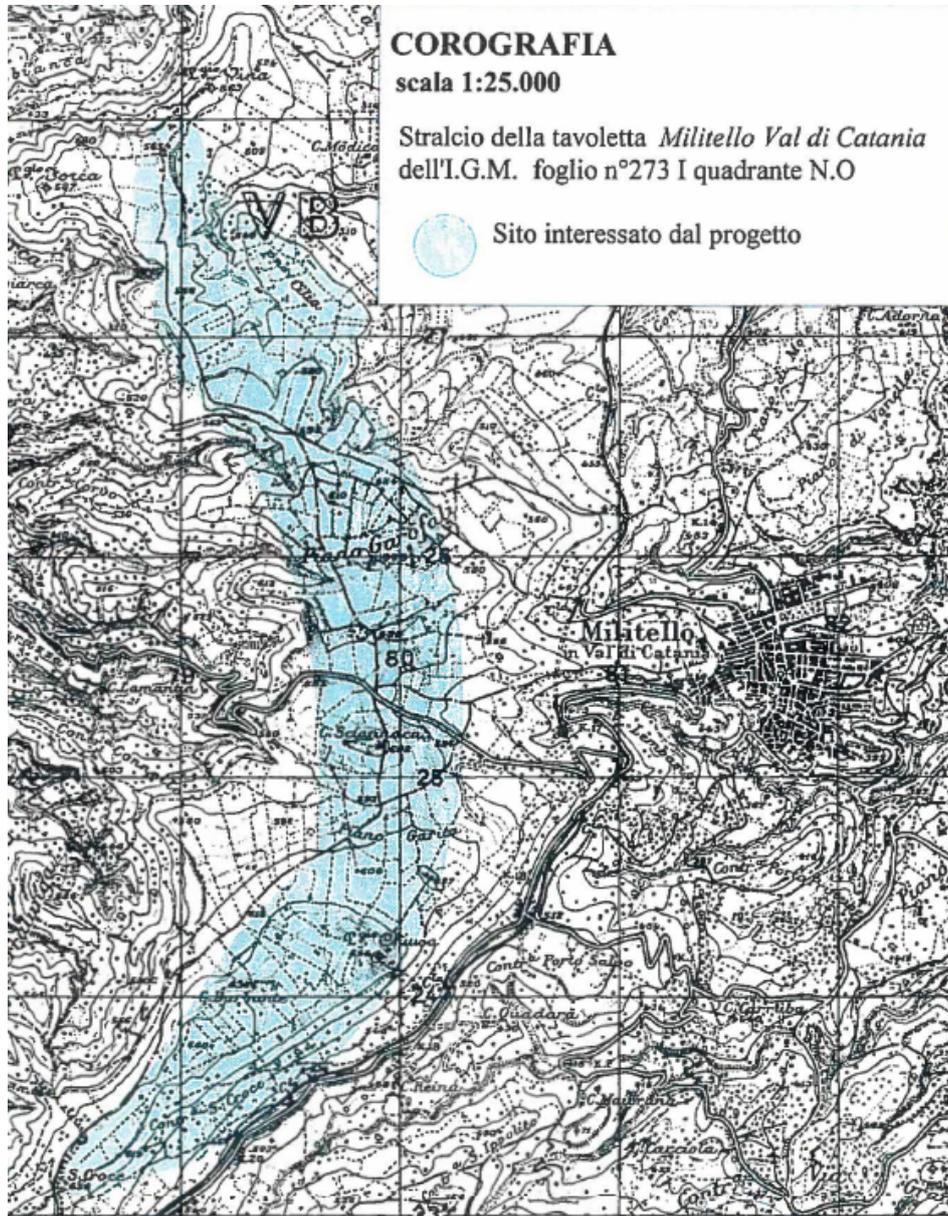
Stralcio della tavoletta *Stazione di Vizzini-Lacodia* dell'I.G.M. foglio n°273 I quadrante S.O.



Sito interessato dal progetto



| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 14     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |



| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 15     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In seguito al rilevamento geologico di dettaglio, è stato possibile definire il tipo e il grado di permeabilità dei litotipi affioranti nell'area.

### Permeabilità delle rocce

*Le piroclastiti* e *le jaloclastiti* sono litotipi classificabili come rocce dotate di permeabilità per porosità di basso grado, passante a medio, in funzione del grado di cementazione dei litotipi in esame e delta matrice limo-sabbiosa in cui sono immersi i singoli clasti. La porosità è funzione dei pori intercomunicanti presenti nella roccia. I pori presenti nell'ambito del litotipo sono classificati come sub-capillari, capillari e super-capillari; la loro presenza e percentuale, per ogni singolo tipo nell'ambito della roccia, è in rapporto alla granulometria dei clasti che la compongono. Pertanto la permeabilità, sia verticale che orizzontale, dei sedimenti piroclastici varia in funzione della granulometria e delle modalità deposizionali degli strati; in particolare i depositi limosi e limo-sabbiosi sono caratterizzati da valori medio-bassi di permeabilità ( $K=1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}$  cm/sec), mentre i sedimenti sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi presentano un'elevata permeabilità ( $K= 1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-2}$  cm/sec). Le lave sono litotipi classificabili come rocce dotate di permeabilità per fessurazione di alto grado, essendo delle rocce litoidi coerenti prive di porosità. Per il loro variabile grado di fessurazione, per la presenza in seno al litotipo di una maglia più o meno sviluppata di diaclasi, causati dalla tettonica e dal diverso ritiro termico tra gli strati superficiali e quelli profondi, mal si prestano ad una caratterizzazione idrogeologica complessiva, che può comunque essere definita come un insieme a circolazione idrica sotterranea discontinua e frazionata che non consente la formazione di falde acquifere di rilevante interesse. Tuttavia, in funzione del grado di fratturazione, presentano una permeabilità alta ( $K= 1 \times 10^{-1}$  ,  $1 \times 10^{-2}$  cm/sec). I calcari marnosi sono caratterizzati da una granulometria compresa tra i limi e le argille, essendo in origine dei fanghi e dal punto di vista idrogeologico le marne, essendo costituite da un sedimento in percentuale argilloso, mostrano una permeabilità primaria o per "porosità" molto bassa ( $Q 1 \times 10^{-4}$ ). La permeabilità delle rocce è influenzata sia dalle dimensioni e numero dei pori intercomunicanti che si formano per la

| CODICE COMMITTENTE |            |            |             |           | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|------------|------------|-------------|-----------|--|--------|
| IMP.               | DISC.      | TIPO DOC.  | PROGR.      | REV       | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 16     |
| <b>MMV</b>         | <b>ENG</b> | <b>REL</b> | <b>0036</b> | <b>00</b> |  |        |

non perfetta giustapposizione dei clasti che la compongono sia dalla presenza di cemento che va ad occludere i vuai. Le marne in oggetto, essendo in origine dei fanghi, sono costituite in prevalenza da clasti dalle dimensioni comprese tra i limi e le argille; per cui ad una granulometria ridotta dei granuli che compongono lo scheletro della roccia, corrispondono pori in maggior parte sub-capillari e numericamente poco abbondanti. A ciò va aggiunto inoltre che è presente, anche se poco abbondante, del cemento calcareo che satura sicuramente parte dei vuai. Nelle aree di stretto interesse, come visibile dai sondaggi geologici in nostro possesso, approfonditi sino ad una quota di 20.00 m dal p.c., non è stata intercettata la piezometrica di alcuna falda.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 17     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 8 ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

Nella stesura dei calcoli strutturali e per le verifiche geotecniche si è tenuto conto dell'azione sismica. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. In base al D.M. 14/01/2008, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). La pericolosità sismica in un generico sito è valutata:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 18     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

- la vita di riferimento VR della costruzione, ottenuto dal prodotto della vita nominale dell'opera VN per il coefficiente d'uso CU il quale dipende dalla classe d'uso secondo la tabella 2.4.II,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Data le tipologie d'opere, l'azione sismica per il dimensionamento strutturale delle opere è stata valutata tenendo conto dei seguenti parametri:

- coordinate del reticolo di riferimento, WGS84;  
 Latitudine: 37,206505  
 Longitudine: 14,735411

Siti di riferimento

|        |           |              |              |                    |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------------|
| Sito 1 | ID: 49192 | Lat: 37,2284 | Lon: 14,6794 | Distanza: 5528,931 |
| Sito 2 | ID: 49193 | Lat: 37,2277 | Lon: 14,7419 | Distanza: 2428,182 |
| Sito 3 | ID: 49415 | Lat: 37,1777 | Lon: 14,7410 | Distanza: 3237,437 |
| Sito 4 | ID: 49414 | Lat: 37,1784 | Lon: 14,6785 | Distanza: 5928,871 |

- classe d'uso: Quarta (Punto 2.4.2 del D.M. 14/01/2008);
- categoria di suolo: B (Punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008);
- vita nominale  $\geq$  100 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 14/01/2008);
- categoria topografica: T2 (Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008);
- coefficiente di amplificazione topografica: 1,0 (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

Si riportano di seguito gli output ottenuti tramite l'applicazione Excel di GeoStru in uno con alcuni riferimenti normativi, mediante i quali si sono ottenuti i parametri per la realizzazione degli spettri di risposta e per la definizione dei coefficienti di progetto.

L'analisi sismica per il dimensionamento delle strutture è stato valutato in corrispondenza degli aerogeneratori prossimi ai tre comuni sui quali si estende l'impianto eolico di interesse. Per tutti e tre i casi sono stati condotti gli studi finalizzati all'ottenimento dei parametri sismici, degli spettri di risposta elastici e degli spettri di risposta di progetto. Non sono state osservate considerevoli differenze in tali parametri tra i tre comuni di interesse e pertanto con finalità

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 19     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

progettuali si riporta lo studio effettuato sul comune di Vizzini per il quale sono stati ottenuti i coefficienti sismici più elevati.

#### Vita nominale (§ 2.4.1 NTC-08)

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC-08 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

**Tabella 2.4.I** - Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

| Tipi di costruzione |  | Vita Nominale $V_N$<br>(in anni) |
|---------------------|--|----------------------------------|
| 1                   | Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva                                | $\leq 10$                        |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | $\geq 50$                        |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | $\geq 100$                       |

#### Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>Classe I:</i>   | Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.   |
| <i>Classe II:</i>  | Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  |
| <i>Classe III:</i> | Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.   |
| <i>Classe IV:</i>  | Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. |

#### Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (\text{NTC-08 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella Tab. 2.4.II delle NTC-08.

**Tabella 2.4.II** - Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

| CLASSE D'USO       | I   | II | III | IV |
|--------------------|-----|----|-----|----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1  | 1,5 | 2  |

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 20     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

## Riferimenti normativi

### Categorie di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-08)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.5 delle NTC-08. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II delle NTC-08).

**Tabella 3.2.II** – Categorie di sottosuolo

| Categoria | Descrizione  |
|-----------|--|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.  |
| B         | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{sp,7,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).      |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sp,7,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{sp,7,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).                 |
| E         | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).  |

### Condizioni topografiche (§ 3.2.2 NTC-08)

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV delle NTC-08):

**Tabella 3.2.IV** – Categorie topografiche

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 21     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 14,7505      LATITUDINE: 37,162

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Catania      COMUNE: Vizzini

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle nodi individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite: Stato Limite considerato SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: B info       $S_B = 1,000$        $C_C = 1,251$  info

Categoria topografica: T2 info       $h/H_E = 0,000$        $S_T = 1,000$  info

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%): 5       $\eta_1 = 1,000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore q: 3      Regol. in altezza: no info

Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore q: 1,5       $\eta = 0,667$  info

Elaborazioni: Grafici spettri di risposta, Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

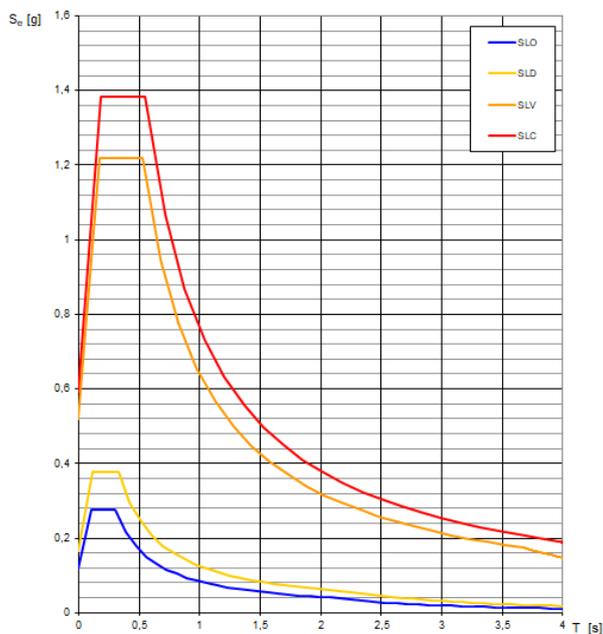
INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

| $T_R$<br>[ann] | $a_d$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30             | 0,045        | 2,464        | 0,253          |
| 50             | 0,064        | 2,512        | 0,267          |
| 72             | 0,082        | 2,476        | 0,279          |
| 101            | 0,105        | 2,338        | 0,297          |
| 140            | 0,132        | 2,287        | 0,314          |
| 201            | 0,166        | 2,284        | 0,331          |
| 475            | 0,263        | 2,266        | 0,419          |
| 975            | 0,377        | 2,348        | 0,470          |
| 2475           | 0,592        | 2,338        | 0,549          |

Individuazione dei parametri sismici: definizione del sito, parametri per la costruzione dello spettro di risposta di progetto, caratteristiche del suolo e relative amplificazioni stratigrafiche e topografiche

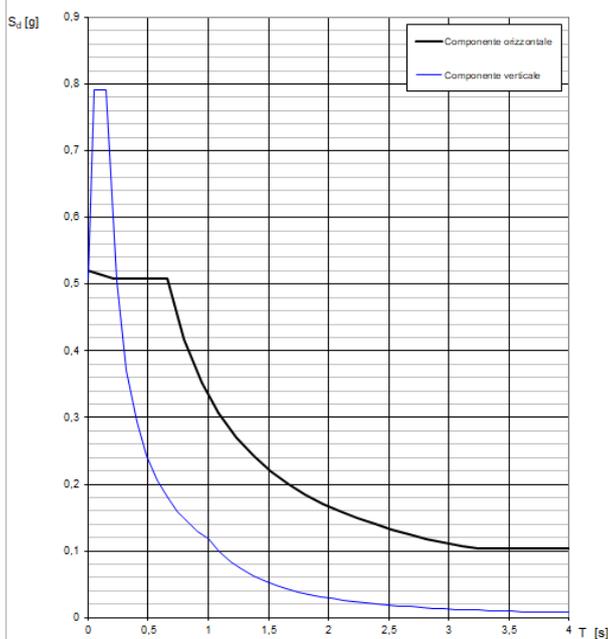
| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 22     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



Spettro di risposta elastico per i differenti stati limite previsti da normativa

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV**



Spettri di risposta di progetto per lo stato limite ultimo SLV, componenti verticale ed orizzontale

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 23     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

### Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_{ov}$     | 0,507 g |
| $S_s$        | 1,000   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 1,500   |
| $T_B$        | 0,050 s |
| $T_C$        | 0,150 s |
| $T_D$        | 1,000 s |

#### Parametri dipendenti

|        |       |
|--------|-------|
| $F_v$  | 2,280 |
| $S$    | 1,000 |
| $\eta$ | 0,667 |

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot E_s \cdot \left( \frac{a_s}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E_s} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

#### Punti dello spettro di risposta

|       | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
|       | 0,000 | 0,507  |
| $T_B$ | 0,050 | 0,792  |
| $T_C$ | 0,150 | 0,792  |
|       | 0,235 | 0,505  |
|       | 0,320 | 0,371  |
|       | 0,405 | 0,293  |
|       | 0,490 | 0,242  |
|       | 0,575 | 0,207  |
|       | 0,660 | 0,180  |
|       | 0,745 | 0,159  |
|       | 0,830 | 0,143  |
|       | 0,915 | 0,130  |
| $T_D$ | 1,000 | 0,119  |
|       | 1,094 | 0,099  |
|       | 1,188 | 0,084  |
|       | 1,281 | 0,072  |
|       | 1,375 | 0,063  |
|       | 1,469 | 0,055  |
|       | 1,563 | 0,049  |
|       | 1,656 | 0,043  |
|       | 1,750 | 0,039  |
|       | 1,844 | 0,035  |
|       | 1,938 | 0,032  |
|       | 2,031 | 0,029  |
|       | 2,125 | 0,026  |
|       | 2,219 | 0,024  |
|       | 2,313 | 0,022  |
|       | 2,406 | 0,021  |
|       | 2,500 | 0,019  |
|       | 2,594 | 0,018  |
|       | 2,688 | 0,016  |
|       | 2,781 | 0,015  |
|       | 2,875 | 0,014  |
|       | 2,969 | 0,013  |
|       | 3,063 | 0,013  |
|       | 3,156 | 0,012  |
|       | 3,250 | 0,011  |
|       | 3,344 | 0,011  |
|       | 3,438 | 0,010  |
|       | 3,531 | 0,010  |
|       | 3,625 | 0,009  |
|       | 3,719 | 0,009  |
|       | 3,813 | 0,008  |
|       | 3,906 | 0,008  |
|       | 4,000 | 0,007  |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 24     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$LV\$

#### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,521 g |
| $F_o$        | 2,341   |
| $T_c$        | 0,525 s |
| $S_s$        | 1,000   |
| $C_c$        | 1,251   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 2,400   |

#### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,000   |
| $\eta$ | 0,417   |
| $T_B$  | 0,219 s |
| $T_C$  | 0,657 s |
| $T_D$  | 3,683 s |

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

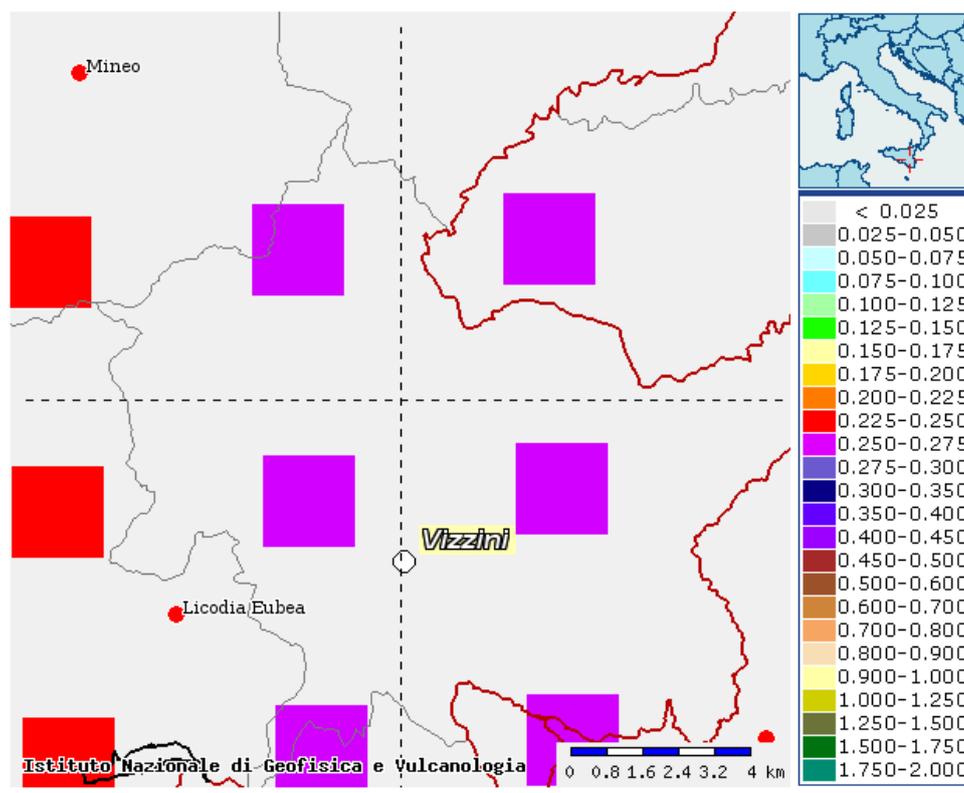
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

|                  | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
|                  | 0,000 | 0,521  |
| $T_B \leftarrow$ | 0,219 | 0,508  |
| $T_C \leftarrow$ | 0,657 | 0,508  |
|                  | 0,801 | 0,417  |
|                  | 0,945 | 0,353  |
|                  | 1,089 | 0,306  |
|                  | 1,233 | 0,271  |
|                  | 1,377 | 0,242  |
|                  | 1,521 | 0,219  |
|                  | 1,666 | 0,200  |
|                  | 1,810 | 0,184  |
|                  | 1,954 | 0,171  |
|                  | 2,098 | 0,159  |
|                  | 2,242 | 0,149  |
|                  | 2,386 | 0,140  |
|                  | 2,530 | 0,132  |
|                  | 2,674 | 0,125  |
|                  | 2,818 | 0,118  |
|                  | 2,962 | 0,113  |
|                  | 3,106 | 0,107  |
|                  | 3,250 | 0,104  |
|                  | 3,395 | 0,104  |
|                  | 3,539 | 0,104  |
| $T_D \leftarrow$ | 3,683 | 0,104  |
|                  | 3,698 | 0,104  |
|                  | 3,713 | 0,104  |
|                  | 3,728 | 0,104  |
|                  | 3,743 | 0,104  |
|                  | 3,758 | 0,104  |
|                  | 3,773 | 0,104  |
|                  | 3,788 | 0,104  |
|                  | 3,804 | 0,104  |
|                  | 3,819 | 0,104  |
|                  | 3,834 | 0,104  |
|                  | 3,849 | 0,104  |
|                  | 3,864 | 0,104  |
|                  | 3,879 | 0,104  |
|                  | 3,894 | 0,104  |
|                  | 3,909 | 0,104  |
|                  | 3,924 | 0,104  |
|                  | 3,940 | 0,104  |
|                  | 3,955 | 0,104  |
|                  | 3,970 | 0,104  |
|                  | 3,985 | 0,104  |
|                  | 4,000 | 0,104  |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 25     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

Dalla mappa a seguire, relativa alla pericolosità sismica del territorio nazionale, si può notare come il sito in questione sia compreso tra 4 punti di cui è nota con precisione la storia sismica. A partire da tali punti, sono stati ricavati i parametri attesi al nostro sito mediante valutazioni statistiche.



Mappa di pericolosità sismica: valori di accelerazione  $a_g$

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0,038 | 0,054 | 0,593 | 0,676 |
| kv                       | 0,019 | 0,027 | 0,297 | 0,338 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 1,571 | 2,200 | 5,820 | 6,631 |
| Beta                     | 0,240 | 0,240 | 1,000 | 1,000 |

Parametri sismici di progetto

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 26     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

## 9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In merito a quanto riportato nella relazione geologica, è stato possibile eseguire una modellazione geotecnica del sottosuolo. Le indagini geologiche, eseguite al fine di supportare la progettazione definitiva, si sono articolate come descritto nei paragrafi a seguire.

### 9.1 INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MILITELLO

Per l'esatta ricostruzione dell'andamento stratigrafico, l'individuazione puntuale dei confini dei litotipi in esame e per una precisa definizione delle loro caratteristiche geotecniche, sono stati effettuati n°8 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 20.00 m dal p. c., posizionati come da carta geologica allegata. Tali perforazioni hanno permesso il prelievo di campioni disturbati, sottoposte ad attenta analisi in sito per la ricostruzione della stratigrafia. Su tali campioni sono state successivamente eseguite le necessarie analisi geotecniche di laboratorio.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati n°12 campioni disturbati, nell'impossibilità, per motivi strettamente litologici, di prelevare campioni indisturbati. Gli stessi venivano giornalmente inviati presso il laboratorio CON. GEO. S.r.l., per le necessarie analisi di laboratorio, effettuate su n°10 campioni. Infine tutto il carotaggio è stato catalogato in apposite cassette per la perfetta ricostruzione della stratigrafia.

Dall'interpretazione delle carote estratte dal Sondaggio n°1 è emerso quanto segue (le quote sono riferite al p.c.):

- da 0.00 a 0.60m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.60 a 20.00 m sono emersi depositi piroclastici costituiti da livelli basaltico-scoriacei

intercalati a livelli sabbioso limosi da poco consistenti a sciolti di colore grigio marrone. In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni. Il secondo campione, prelevato alla

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 27     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

profondità di 19.60 m dal p.c., è stato sottoposto ad analisi di laboratorio e precisamente. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD:

- piroclastiti alterate a grana grossolana, di colore marrone scuro, umide e mediamente addensate;
- Addensate;
- piroclastiti alterate a grana eterogenea, di colore rossastro, umide e mediamente addensate;

Nel sondaggio n°4 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.30 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- a 0.30 a 18.80 m sono emersi depositi piroclastici di colore bruno marrone da poco consistenti a sciolti costituiti da clasti di natura basaltica di dimensione non superiore a 50 mm in matrice sabbioso-limoso-cineritica.

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni: il primo campione, prelevato alla profondità di 5.80 m dal p. c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD

- piroclastiti alterate a granulometria eterogenea, di colore marrone scuro, poco umide e ben addensate;

Il campione n°2 è stato prelevato a 16.70 m dal p.c.

- piroclastiti a granulometria grossolana, di colore nerastro, poco umide e poco addensate;

Nel sondaggio n°5 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.80 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.80 a 10.80 m è emerso un livello scoriaceo-basaltico di colore grigiastro intercalato a orizzonti a maggiore grado di alterazione di natura argilloso-sabbiosa di colore marrone;
- da 10.80 a 20.00 depositi piroclastici da poco consistenti a sciolti con clasti di natura basaltica di dimensioni non superiori a 80 mm in matrice sabbioso-cineritica.

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 3 campioni, di cui il primo campione prelevato alla profondità di 5.80 m dal p.c.

- piroclastiti alterate a grana eterogenea, di colore marrone, umide e poco addensate

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 28     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

Nel sondaggio n°6 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.40 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.40 a 20.00 m depositi piroclastici di colore bruno marrone da sciolti a poco addensati costituiti da clasti di natura basaltica di dimensione non superiore a 130 mm in matrice limosa-cineritica.

E' stato prelevato un campione a 5.70: piroclastiti alterate a grana eterogenea, di colore giallo ocra, umide e mediamente addensate

## 9.2 INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI VIZZINI

Per l'esatta ricostruzione dell'andamento stratigrafico, l'individuazione puntuale dei confini dei litotipi in esame e per una precisa definizione delle loro caratteristiche geotecniche, sono stati effettuati n° 13 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 20.00 m dal p. c., posizionati come da carta geologica allegata. Tali perforazioni hanno permesso il prelievo di campioni disturbati, sottoposte ad attenta analisi in sito per la ricostruzione della stratigrafia. Su tali campioni sono state successivamente eseguite le necessarie analisi geotecniche di laboratorio.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati n°21 campioni disturbati, nell'impossibilità, per motivi strettamente litologici, di prelevare campioni indisturbati. Gli stessi venivano giornalmente inviati presso il laboratorio CON. GEO. S.r.l., per le necessarie analisi di laboratorio. Infine tutto il carotaggio è stato catalogato in apposite cassette per la perfetta ricostruzione della stratigrafia.

Dall' interpretazione delle carote estratte dal sondaggio n° 1 è emerso quanto segue (le quote sono riferite al p.c.):

- da 0.00 a 0.30 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.30 a 20.00 m sono emersi depositi piroclastici costituiti da elementi di natura basaltica in matrice sabbiosa-limosa alternati a livelli tufacei di colore giallo ocra e a livelli cineritici di colore grigio nerastro.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 29     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni. n primo campione, prelevato alla profondità di 5.30 m dal p. c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD: piroclastiti alterate a granulometria molto eterogenea, di colore marrone, umide e ben addensate.

Il campione n°2 è stato prelevato a 15.80 m dal p.c. e sottoposto sempre ad una prova di taglio diretto CD: piroclastiti integre a granulometria molto eterogenea, di colore nerastro, umide e ben Addensate

Nel sondaggio n°2 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.30 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.30 a 2.20 m è emerso un deposito piroclastico costituito da tufo alterato giallo ocra e con bassa coesione;
- da 2.20 a 20.00 m depositi piroclastiti dalla granulometria non superiore ai 50 m.m. e costituiti da elementi basaltici in matrice sabbiosa con intercalazioni di livelli cineritici di spessore metrico.

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni. D primo campione, prelevato alla profondità di 5.00 m dal p.c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD : sabbie laviche integre, di colore nerastro, umide e mediamente addensate.

Il campione n°2 è stato prelevato a 8.20 m dal p.c. e sottoposto sempre ad una prova di taglio diretto CD e una prova di espansione laterale libera ELL: sabbie limose integre, di colore grigio, poco umide e ben addensate.

Nel sondaggio n°3 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 1.00 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 1.00 a 20.00 m sono emersi depositi piroclastici costituiti da sabbie limose e ceneri con intercalazioni di blocchi di natura basaltica e un livello tufaceo di colore giallo ocra.

In questo sondaggio sono stati prelevati no 3 campioni. n primo campione, prelevato alla profondità di 5.50 m dal p.c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD piroclastiti integre a granulometria molto eterogenea, di colore nerastro, poco umide e poco addensate Il terzo campione, prelevato alla profondità di 18.80 m dal p.c. è stato sottoposto a una prova di

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 30     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

taglio diretto CD: piroclastiti integre a granulometria molto eterogenea, di colore nerastro, poco umide e poco addensate.

Nel sondaggio n°4 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.30 m è stato riscontrato terreno vegetale
- a 0.30 a 18.80 m sono emersi depositi piroclastici costituiti da sabbie limose e ceneri con intercalazioni di blocchi di natura basaltica e un livello tufaceo di colore giallo ocra;
- da 18.80 m a 20.00 m sono state rilevate sabbie limose di colore grigio scuro poco coesive.

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni. Il primo campione, prelevato alla profondità di 5.00 m dal p.c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD: piroclastiti a granulometria grossolana, di colore nerastro, umide e mediamente addensate n°2 è stato prelevato a 15.00 m dal p.c.: piroclastiti a granulometria grossolana, di colore nerastro, poco umide e poco addensate.

Nel sondaggio n°5 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.70 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.70 a 20.00 m sono emersi depositi piroclastici costituiti da sabbie limose e ceneri con intercalazioni di blocchi di natura basaltica e un livello tufaceo di colore giallo ocra.

In questo sondaggio è stato prelevato n° 1 campione. Il primo campione, prelevato alla profondità di 5.00 m dal p.c. è stato sottoposto a una prova di taglio diretto CD: piroclastiti alterate a granulometria molto eterogenea, di colore marrone, umide e ben addensate.

Nel sondaggio n°8 si è rilevata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.40 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.40 a 2.60 m si è presentato un deposito di blocchi di natura basaltica e tufo colore ocra in matrice sabbiosa;
- da 2.60 a 20.00 si passa ad un deposito piroclastico costituito da sabbie limose con ceneri di colore brunastro, con inclusi blocchi di natura basaltica.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 31     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

E' stato inoltre prelevato n°1 campione, alla profondità di 5.70 m dal p.c., su cui, oltre alle determinazione delle caratteristiche fisiche, è stata effettuata una prova di taglio diretto CD: Piroclastiti integre a granulometria eterogenea, di colore nerastro, umide e ben addensate.

Nel sondaggio n°10 si è rilevata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 1.50m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.50 a 20.00 si riscontra un alternanza di spessore metrico di depositi tufacei e argille marnose di colore grigio chiaro.

In questo sondaggio sono stati prelevati n°3 campioni di cui il primo a profondità di 5.70 m dal p.c. su cui, oltre alle determinazione delle caratteristiche fisiche, è stata effettuata una prova di taglio diretto CD e una prova ELL: argille debolmente marnose integre, di colore grigio chiaro con picchiettature biancastre, umide e plastiche.

Il terzo campione è stato prelevato alla profondità di 15.70 m dal p.c., sottoposto ad una prova CD e ad una prova ELL: argille limose, di colore nerastro, umide e plastiche, con inclusi rari elementi litici.

Nel sondaggio n° 12 si è rilevata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.6.00 m sabbie argillose di colore giallastro con elementi piroclastici mediamente consistenti;
- da 6.00 m a 11.00 m sabbie e sabbie limose con inclusi basaltici di dimensioni millimetriche;
- da 11.00 a 20.00 sabbie argillose di colore giallastro con elementi piroclastici scarsamente consistenti.

In questo sondaggio sono stati prelevati 2 campioni.

Il secondo campione è stato prelevato alla profondità di 15.50 m dal p.c. su cui sono state determinate le caratteristiche fisiche: limi sabbiosi, di colore giallastro, umide e plastici, con inclusi sottili livelletti di sabbie ed arenarie .

Nel sondaggio n° 13 si è rilevata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0.60 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.60 a 4.00 m sabbie argillose di colore grigio con inclusi di natura piroclastica;

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 32     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

- da 4.00 a 20.00 m argille limo-sabbiose di colore giallo marrone.

Sono stati prelevati n°2 campioni

Il secondo campione alla profondità di 18.20 m dal p.c., su cui, oltre alle determinazioni delle caratteristiche fisiche, è stata effettuata una prova CD: argille marnose parzialmente alterate, di colore ocreo con venature grigie, umide e plastiche.

### 9.3 INDAGINI GEOTECNICHE REALIZZATE NEL COMUNE DI MINEO

Per l'esatta ricostruzione dell'andamento stratigrafico, l'individuazione puntuale dei confini dei litotipi in esame e per una precisa definizione delle loro caratteristiche geotecniche, sono stati effettuati ~03 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità massima di 20.00 m dal p. c., posizionati come da carta geologica allegata. Tali perforazioni hanno permesso il prelievo di campioni disturbati, sottoposti ad attenta analisi in sito per la ricostruzione della stratigrafia. Su tali campioni sono state successivamente eseguite le necessarie analisi geotecniche di laboratorio. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati n°2 campioni disturbati, nell'impossibilità, per motivi strettamente litologici, di prelevare campioni indisturbati. Infine tutto il carotaggio è stato catalogato in apposite cassette per la perfetta ricostruzione della stratigrafia.

Dall'interpretazione delle carote estratte dal sondaggio n° 1 è emerso quanto segue (le quote sono riferite al p.c.):

- da 0.00 a 0.30 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0.30 a 3.20 m sono state rilevate piroclastiti sciolte, di colore marrone in matrice argillo-sabbiosa alterate in argille sabbiose di colore giallo marrone consistenti e poco plastiche da 3.20 m a 7.00 m;
- da 7.00 m a 20.00 m è emersa la presenza di argille marnose, di colore grigio chiaro, umide e poco plastiche.

In questo sondaggio sono stati prelevati n° 2 campioni. Il primo campione, prelevato alla profondità di 5.80 m dal p.c. è stata effettuata una prova di taglio diretto CD e una prova di espansione laterale libera ELL argille limose alterate, di colore chiaro, umide e plastiche. Il campione n°2 è stato prelevato a 15.20 m dal p.c. e sottoposto sempre a una prova di taglio

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 33     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

diretto CD e una prova di espansione laterale libera ELL argille marnose integre di colore grigio chiaro, umide e poco plastiche.

Nei sondaggi n°2 e n°3 si è accertata la seguente stratigrafia:

- da 0.00 a 0,70 m è stato riscontrato terreno vegetale;
- da 0,70 m a 20.00 depositi piroclastici sciolti, con elementi di dimensioni non superiore a 80 mm, di colore grigio marroni, in matrice sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli cineritici.

#### 9.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle prove geotecniche di laboratorio sopra descritte, sono stati analizzati mediante leggi statistiche, come prescritto dalla normativa di riferimento (NTC 2008) al fine di procedere ad una valida caratterizzazione geotecnica del sito. Si riportano a seguire due tabelle riassuntive dei risultati delle indagini geotecniche e della relativa modellazione geotecnica effettuata.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 34     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |  |        |

**Risultati indagini geotecniche relative ai terreni del parco eolico di Mineo - Vizzini - Militello in Val di Catania ( COMUNE DI VIZZINI)**

| Sondaggio/<br>campione | Descrizione   | Profondità [m] | $\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $c'$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\phi'$ [°] |
|------------------------|---|----------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|
| S1-C1                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate              | 5,3            | 21,07                         | 17,248                          | 0,098                     | /                             | 33          |
| S1-C2                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, poco umide poco addensate        | 15,8           | 22,246                        | 19,502                          | 0,098                     | /                             | 33          |
| S3-C1                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate              | 5,5            | 16,758                        | 15,68                           | 0,588                     | /                             | 40          |
| S3-C2                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate              | 18,8           | 18,914                        | 18,032                          | 0                         | /                             | 36          |
| S4-C1                  | Pirodastiti a granulometria grossolana, umide mediamente addensate                | 5              | 18,424                        | 16,366                          | 0                         | /                             | 38          |
| S4-C2                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, poco umide poco addensate        | 15             | 17,248                        | 15,778                          | 0                         | /                             | 35          |
| S5-C1                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate              | 5              | 23,128                        | 19,6                            | 0                         | /                             | 33          |
| S8-C1                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate              | 5,7            | 19,502                        | 15,778                          | 0                         | /                             | 35          |
|                        |   |                |                               |                                 |                           |                               |             |
| S10-C1                 | Argille debolmente marnose integre grigio chiaro umide e plastiche                | 5,7            | 16,366                        | 10,584                          | 21,462                    | /                             | 26          |
| S10-C3                 | Argille limose colore nerastro umide e plastiche                                  | 15,7           | 15,484                        | 9,898                           | 21,462                    | /                             | 28          |
| S13-C2                 | Argille marnose parzialmente alterate umide e plastiche                           | 18,2           | 19,992                        | 17,248                          | 6,664                     | /                             | 37          |
|                        |   |                |                               |                                 |                           |                               |             |
| S12-C2                 | Limi sabbiosi di colore grigiato umidi, plastici con livelli di sabbie e arenarie | 15,5           | 17,248                        | 13,426                          | 10,878                    | /                             | 28          |

**Risultati indagini geotecniche relative ai terreni del parco eolico di Mineo - Vizzini - Militello in Val di Catania ( COMUNE DI MILITELLO)**

| Sondaggio/<br>campione | Descrizione  | Profondità [m] | $\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $c'$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\phi'$ [°] |
|------------------------|--|----------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|
| S1-C2                  | Pirodastiti a granulometria grossolana, umide mediamente addensate         | 19,6           | 19,894                        | 16,366                          | 1,568                     | /                             | 33          |
| S4-C1                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, poco umide ben addensate  | 5,8            | 20,776                        | 17,836                          | 1,078                     | /                             | 37          |
| S4-C2                  | Pirodastiti alterate a granulometria eterogenea, poco umide poco addensate | 16,7           | 19,698                        | 17,052                          | 8,134                     | /                             | 34          |
| S6-C1                  | Pirodastiti a granulometria grossolana, umide mediamente addensate         | 5,7            | 19,11                         | 14,406                          | 10,29                     | /                             | 35          |

**Risultati indagini geotecniche relative ai terreni del parco eolico di Mineo - Vizzini - Militello in Val di Catania ( COMUNE DI MINEO)**

| Sondaggio/<br>campione | Descrizione   | Profondità [m] | $\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $c'$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\phi'$ [°] |
|------------------------|---|----------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|
| S1-C1                  | Argille limose alterate di colore chiaro, umide e plastiche | 5,8            | 18,326                        | 14,602                          | 13,818                    | 90,062                        | 28          |
| S1-C2                  | Argille marnose integre di colore chiaro, umide e plastiche | 15,2           | 18,522                        | 15,19                           | 22,05                     | 91,238                        | 27          |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 35     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

| Caratterizzazione geotecnica dei terreni relativi al parco eolico di Mineo - Vizzini - Militello in Val di Catania |                |                               |                                 |                           |                               |             |
|--|----------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|
| Descrizione  | Profondità [m] | $\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ] | $c'$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ [KN/m <sup>2</sup> ] | $\phi'$ [°] |
| Piroclastiti alterate a granulometria eterogenea, umide ben addensate  | 0-10           | 19                            | 16                              | 0                         | /                             | 36          |
| Piroclastiti alterate a granulometria eterogenea, poco umide poco addensate  | 14-20          | 19                            | 17                              | 0                         | /                             | 34          |
| Argille debolmente mamose integre grigio chiaro umide e plastiche  | 0-3            | 17                            | 13                              | 17                        | /                             | 27          |
| Argille debolmente mamose integre grigio chiaro umide e plastiche  | 15-20          | 17                            | 18                              | 17                        | 90                            | 31          |
| Limi sabbiosi di colore grigiastro umidi, plastici con livelli di sabbie e arenarie                                | 15,5-20        | 17                            | 13                              | 10                        | /                             | 30          |

Pertanto, a seguito della caratterizzazione geotecnica sopra riportata, si è adottato un modello geotecnico di calcolo cautelativo ai fini del dimensionamento delle opere di fondazione su pali, di seguito riportato:

- Strato superficiale alterato, costituito da limi sabbiosi e marne argillose con elementi lapidei di natura piroclastica da 0-3,00 m:

$$\gamma = 18-20 \text{ KN/m}^3;$$

$$\phi = 27^\circ ;$$

$$c = 0.0 \text{ KPa.}$$

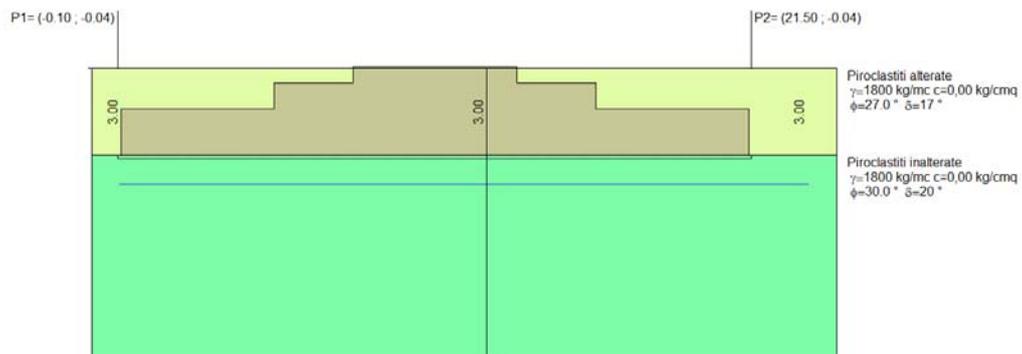
- Strato profondo, costituito da piroclastiti mediane da 3,00 m a 35,00 m:

$$\gamma = 18-20 \text{ KN/m}^3;$$

$$\phi = 30^\circ ;$$

$$c = 0.0 \text{ KPa.}$$

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 36     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |



Sulla base delle risultanze geologiche si è ritenuto opportuno prevedere la realizzazione di un'opera di fondazione su pali; infatti, la scelta progettuale di non realizzare le fondazioni dirette è fortemente vincolata al rispetto del vincolo del cedimento differenziale massimo al fine di garantire le adeguate condizioni di operatività.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 37     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

## 10 CARICHI AGENTI

I carichi agenti sulle opere di fondazione sono essenzialmente quelli scaricati dalle torri.

Il calcolo di progetto della torre di sostegno dell'aerogeneratore, è generalmente eseguito dal produttore, sulla base delle sollecitazioni massime previste dalla IEC 61400-1. Nel caso in esame i carichi “Extreme Loads” e “Production Loads”, indicati nel documento prodotto da Vestas e relativi ad uno dei tipi installabili di aerogeneratori (V136) sono:

| Characteristic Extreme |                        |      |      |               |              |             |              |
|------------------------|------------------------|------|------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| Lead                   | LC/Family              | PLF  | Type | Mbt1          | Mzt1         | FndFr       | Fzt1         |
| Sensor                 | [-]                    | [-]  | [-]  | [kNm]         | [kNm]        | [kN]        | [kN]         |
| Mbt1                   | 32PREogHWO111(fam250)  | 1.35 | Abs  | <b>108600</b> | -285.8       | 984.3       | -5885        |
| Mzt1                   | 21RPY10HWO2a00(fam123) | 1.35 | Abs  | 24870         | <b>-8742</b> | 251.3       | -5735        |
| FndFr                  | 23CoEogVrp6(fam193)    | 1.10 | Abs  | 131300        | -523.6       | <b>1251</b> | -5917        |
| Fzt1                   | 12IceUvout100(fam30)   | 1.35 | Abs  | 39850         | 2067         | 376.1       | <b>-6070</b> |

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

| Characteristic Extreme |                      |      |      |               |              |             |              |
|------------------------|----------------------|------|------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| Lead                   | LC/Family            | PLF  | Type | Mbt1          | Mzt1         | FndFr       | Fzt1         |
| Sensor                 | [-]                  | [-]  | [-]  | [kNm]         | [kNm]        | [kN]        | [kN]         |
| Mbt1                   | 23CoEogVrp6(fam193)  | 1.10 | Abs  | <b>131300</b> | -488.9       | 1248        | -5919        |
| Mzt1                   | 22VOGHWO300(fam171)  | 1.10 | Abs  | 23350         | <b>-9249</b> | 210.4       | -5711        |
| FndFr                  | 23CoEogVrp6(fam193)  | 1.10 | Abs  | 131300        | -523.6       | <b>1251</b> | -5917        |
| Fzt1                   | 12IceUvout100(fam30) | 1.35 | Abs  | 39850         | 2067         | 376.1       | <b>-6070</b> |

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

| Characteristic Extreme |                     |      |      |               |              |             |              |
|------------------------|---------------------|------|------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| Lead                   | LC/Family           | PLF  | Type | Mbt1          | Mzt1         | FndFr       | Fzt1         |
| Sensor                 | [-]                 | [-]  | [-]  | [kNm]         | [kNm]        | [kN]        | [kN]         |
| Mbt1                   | 23CoEogVrp6(fam193) | 1.10 | Abs  | <b>131300</b> | -488.9       | 1248        | -5919        |
| Mzt1                   | 22VOGHWO300(fam171) | 1.10 | Abs  | 23350         | <b>-9249</b> | 210.4       | -5711        |
| FndFr                  | 23CoEogVrp6(fam193) | 1.10 | Abs  | 131300        | -523.6       | <b>1251</b> | -5917        |
| Fzt1                   | 22VOGHWO300(fam171) | 1.10 | Abs  | 31130         | 2405         | 309.2       | <b>-6022</b> |

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10.

| Characteristic Extreme |                        |      |      |               |              |              |              |
|------------------------|------------------------|------|------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Lead                   | LC/Family              | PLF  | Type | Mbt1          | Mzt1         | FndFr        | Fzt1         |
| Sensor                 | [-]                    | [-]  | [-]  | [kNm]         | [kNm]        | [kN]         | [kN]         |
| Mbt1                   | 32PREogHWO111(fam250)  | 1.35 | Abs  | <b>108600</b> | -285.8       | 984.3        | -5885        |
| Mzt1                   | 21RPY10HWO2a00(fam123) | 1.35 | Abs  | 24870         | <b>-8742</b> | 251.3        | -5735        |
| FndFr                  | 32PREogHWO111(fam250)  | 1.35 | Abs  | 108300        | -302.4       | <b>986.6</b> | -5883        |
| Fzt1                   | 12IceUvout100(fam30)   | 1.35 | Abs  | 39850         | 2067         | 376.1        | <b>-6070</b> |

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 38     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

| Production loads |       |            |            |            |
|------------------|-------|------------|------------|------------|
|                  |       | Char. load | Prob.:1e-2 | Prob.:1e-4 |
| $M_{res}$        | [kNm] | 108600.00  | 66169.97   | 74365.21   |
| $M_z$            | [kNm] | -8741.73   | -3522.09   | -5395.24   |
| $F_{res}$        | [kN]  | 986.63     | 602.48     | 720.52     |
| $F_z$            | [kN]  | -6069.65   | -5946.12   | -5980.73   |

Table 3-1 Service Limit State (SLS) loads, in accordance with DiBT 2012

Tutti i carichi sono dati con riferimento all'intersezione dell'asse della torre con l'estradosso dell'opera di fondazione.

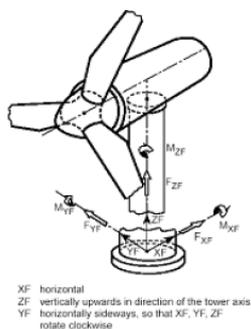


Figure 1: coordinate system

Il carico dovuto alla neve non viene considerato, in quanto non esistono reali possibilità di accumulo significativo di neve sia sulla navicella che sulle pale. Oltre a tali sollecitazioni, si è considerato agente sulle opere di fondazione un carico uniformemente distribuito per tenere conto del terreno di ricoprimento della fondazione. Per la verifica degli elementi strutturali del nodo torre/plinto di fondazione e per la verifica delle fondazioni, alle sollecitazioni sopra riportate, sono stati applicati i fattori parziali di sicurezza sotto elencati, riportati nella tabella 6.2.I del D.M. 14 gennaio 2008.

| Carichi                    | Effetto     | Coefficiente parziale $\gamma_f$ | EQU | A1  | A2  |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|-----|-----|-----|
|                            |             |                                  |     |     |     |
| Permanenti                 | Favorevole  | $\gamma_{g1}$                    | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
|                            | Sfavorevole |                                  | 1.1 | 1.3 | 1.0 |
| Permanenti non strutturali | Favorevole  | $\gamma_{g2}$                    | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                            | Sfavorevole |                                  | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| Variabili                  | Favorevole  | $\gamma_{oi}$                    | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
|                            | Sfavorevole |                                  | 1.5 | 1.5 | 1.3 |

Per ognuna delle quattro condizioni di carico, le sollecitazioni sono state combinate secondo quanto previsto al punto 2.5.3 del D.M. 14/01/2008 (equazione 2.5.1):

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 39     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \dots$$

dove:

G sono le azioni permanenti, azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. Esse sono:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione ( P );
- spostamenti differenziali;
- Q sono le azioni variabili, azioni agenti sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo, suddivise come:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
  - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

In tale equazione, le azioni orizzontali ed i momenti flettenti provenienti dalla torre sono stati considerati come azioni variabili, applicando quindi un coefficiente moltiplicativo pari a 1,50 così come previsto al punto 6.2.3.1.1 del D.M. 14/01/2008.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 40     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 11 FONDAZIONI DI TIPO INDIRECTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI TIPO GEOTECNICO

### 11.1 GENERALITA'

Nel presente paragrafo vengono riportate le teorie di calcolo e i risultati delle verifiche geotecniche della fondazione di tipo. In particolare, secondo quanto stabilito al punto 6.4.3, nei confronti delle fondazioni di tipo indiretto devono essere condotte le seguenti verifiche: SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei confronti di carichi assiali di trazione.

Tali verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I (coefficienti moltiplicativi per le azioni), 6.2.II (coefficienti moltiplicativi per i parametri geotecnici) e 6.4.I (coefficienti divisori della resistenza), seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

La combinazione 1 è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Approccio 2:

- Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

**Nel presente progetto è stato seguito l'Approccio 1.**

Per le verifiche agli SLU di tipo strutturale si rimanda alla relazione di predimensionamento strutturale. In particolare, le verifiche geotecniche sono state eseguite con opportuno software di calcolo strutturale e geotecnico della Software House Aztec Informatica API++ .11, licenza n° A101280VT.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 41     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 11.2 CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA'

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- $Q_T$  = portanza totale del palo;
- $Q_P$  = portanza di base del palo;
- $Q_L$  = portanza per attrito laterale del palo;
- $W_P$  = peso proprio del palo,

Le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

Secondo quanto previsto al punto 6.4.3.1.1 del D.M. 14/01/2008, a partire dal valore così calcolato della portanza  $Q_t$  si ricava il valore caratteristico, dividendo  $Q_t$  per i coefficienti  $\xi_3$  e  $\xi_4$ , per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate, riportati in tabella 6.4.IV:

| Numero di verticali indagate |      |      |      |      |      |      |           |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|                              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | $\geq 10$ |
| $\xi_3$                      | 1.70 | 1.65 | 1.60 | 1.55 | 1.50 | 1.45 | 1.40      |
| $\xi_4$                      | 1.70 | 1.55 | 1.48 | 1.42 | 1.34 | 1.28 | 1.21      |

Nel caso in esame, si è condotto un solo sondaggio per ogni postazione. Per cui si farà riferimento al coefficiente 1.70.

A partire dal valore caratteristico così ottenuto, si calcola il valore di progetto applicando i coefficienti  $\gamma_R$  riportati nella tabella 6.4.II:

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 42     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

| Pali trivellati          |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|
|                          | R1   | R2   | R3   |
| Base                     | 1.00 | 1.70 | 1.35 |
| Laterale in compressione | 1.00 | 1.45 | 1.25 |
| Totale                   | 1.00 | 1.60 | 1.30 |
| Laterale in trazione     | 1.00 | 1.60 | 1.25 |

Il valore di progetto così determinato della capacità portante deve risultare non minore del valore caratteristico ottenuto dal calcolo.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

La portanza per attrito laterale viene calcolata tramite la relazione:

$$Q_l = \pi \cdot \int_0^L D \tau_s dl$$

Rappresentando  $\tau_s$  le tensioni tangenziali che si mobilitano all'interfaccia palo terreno e D il diametro del palo.

La portanza di base del palo è calcolata come:

$$Q_p = qb \cdot Ab$$

Dove qb, che esprime il valore ultimo della pressione alla base, è stato determinato con l'approccio di Berezantsev.

### 11.3 CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI

Determinata la portanza laterale e di punta del palo lo stesso viene discretizzato in 100 elementi tipo trave aventi area ed inerzia corrispondenti alla sezione trasversale del palo e lunghezza pari ad  $l_e$ . Vengono disposte, inoltre, lungo il fusto del palo una serie di molle (una per ogni elemento), coassiali al palo stesso, aventi rigidità opportuna. Una ulteriore molla viene disposta alla base del palo. Le suddette molle hanno un comportamento elastoplastico. In particolare le molle lungo il fusto saranno in grado di reagire linearmente fino a quando la pressione in corrispondenza di esse non raggiunge il valore limite

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 43     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

dell'aderenza palo terreno. Una volta raggiunto tale valore le molle non saranno più in grado di fornire ulteriore resistenza. La molla posta alla base del palo avrà invece una resistenza limite pari alla portanza di punta del palo stesso.

Per la determinazione delle rigidezze delle molle si considerano gli spostamenti limite  $\Delta Y_l$  e  $\Delta Y_p$  (definiti dall'Utente nella finestra Metodo cedimenti).

La rigidezza della generica molla, posta a profondità  $z$  rispetto al piano campagna sarà data da:

$$R_l = \frac{(c_a + \sigma_h K_s \tan \delta) \pi D l_e}{\Delta Y_l}$$

In questa espressione  $c_a$  è l'aderenza palo terreno,  $\sigma_h$  è la pressione orizzontale alla profondità  $z$ ,  $\delta$  è l'angolo d'attrito palo terreno,  $K_s$  è il coefficiente di spinta e  $D$  è il diametro del palo.

Indicando con  $Q_p$  la portanza alla punta del palo, la rigidezza della molla posta alla base dello stesso è data da:

$$R_p = \frac{Q_p}{\Delta Y_p}$$

Il processo di soluzione è, naturalmente, di tipo iterativo: a partire da un carico iniziale  $N_0$  si determinano gli spostamenti assiali e quindi le reazioni delle molle. La reazione della molla dovrà essere corretta per tenere conto di eventuali plasticizzazioni rispettando le equazioni di equilibrio per ogni passo di carico. Il carico iniziale verrà allora incrementato di un passo opportuno e si ripeterà il procedimento. Il processo iterativo termina quando tutte le molle risultano plasticizzate.

#### 11.4 CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE

L'analisi del palo soggetto a forze orizzontali non risulta sicuramente più agevole del caso di palo soggetto a forze assiali. Trattasi di un problema d'interazione parzialmente risolto solo per casi più semplici ed adottando notevoli semplificazioni d'analisi. In particolare sono stati analizzati da Broms il caso di palo in un mezzo omogeneo puramente coesivo ed

| CODICE COMMITTENTE |            |            |             |           | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|------------|------------|-------------|-----------|--|--------|
| IMP.               | DISC.      | TIPO DOC.  | PROGR.      | REV       | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 44     |
| <b>MMV</b>         | <b>ENG</b> | <b>REL</b> | <b>0036</b> | <b>00</b> |  |        |

in un mezzo omogeneo incoerente, nei casi in cui il palo sia libero di ruotare in testa o sia incastrato. Le soluzioni ottenute da Broms si basano sull'utilizzo dei teoremi dell'analisi limite e sull'ipotesi che si verifichino alcuni meccanismi di rottura (meccanismo di palo corto, meccanismo di palo lungo, etc).

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale, necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo, ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto), mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno d'infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). In particolare si rimanda alla relazione ai tabulati di calcolo allegati al presente progetto.

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 45     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

## 11.5 TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE

### Tipologie pali

#### Simbologia adottata

|             |  |
|-------------|--|
| n°          | Indice tipologia   |
| Descrizione | Descrizione tipologia  |
| Geometria   | Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)                |
| Armatura    | Tipologia armatura per pali in c.a.                                |
| Portanza    | Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe) |
| Vincolo     | Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)         |
| TC          | Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infisso)              |
| Mat         | Indice materiale tipologia palo                                    |
| Pt          | Pressione quota testa palo, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]      |

| n° | Descrizione | Geometria              | Armatura                     | Portanza | TC         |
|----|-------------|------------------------|------------------------------|----------|------------|
| 1  | Tipologia 1 | Pali circolari in c.a. | Ferri longitudinali + staffe | Entrambe | Trivellato |

### Caratteristiche pali

#### Simbologia adottata

|      |  |
|------|--|
| n°   | Indice palo                              |
| X    | Ascissa palo, espressa in [m]            |
| Y    | Ordinata palo, espressa in [m]           |
| d    | Diametro palo, espresso in [cm]          |
| l    | Lunghezza palo, espressa in [m]          |
| nodo | Indice nodo su cui è posizionato il palo |
| It   | Indice tipologia palo                    |

| n° | X     | Y     | D      | L     | Nodo | It |
|----|-------|-------|--------|-------|------|----|
|    | [m]   | [m]   | [cm]   | [m]   |      |    |
| 1  | 9,70  | 0,00  | 100,00 | 25,00 | 15   | 1  |
| 2  | 8,96  | 3,71  | 100,00 | 25,00 | 145  | 1  |
| 3  | 6,86  | 6,86  | 100,00 | 25,00 | 336  | 1  |
| 4  | 3,71  | 8,96  | 100,00 | 25,00 | 581  | 1  |
| 5  | 0,00  | 9,70  | 100,00 | 25,00 | 651  | 1  |
| 6  | -3,71 | 8,96  | 100,00 | 25,00 | 772  | 1  |
| 7  | -6,86 | 6,86  | 100,00 | 25,00 | 863  | 1  |
| 8  | -8,96 | 3,71  | 100,00 | 25,00 | 930  | 1  |
| 9  | -9,70 | 0,00  | 100,00 | 25,00 | 958  | 1  |
| 10 | -8,96 | -3,71 | 100,00 | 25,00 | 915  | 1  |
| 11 | -6,86 | -6,86 | 100,00 | 25,00 | 848  | 1  |
| 12 | -3,71 | -8,96 | 100,00 | 25,00 | 745  | 1  |
| 13 | 0,00  | -9,70 | 100,00 | 25,00 | 605  | 1  |
| 14 | 3,71  | -8,96 | 100,00 | 25,00 | 445  | 1  |
| 15 | 6,86  | -6,86 | 100,00 | 25,00 | 202  | 1  |
| 16 | 8,96  | -3,71 | 100,00 | 25,00 | 52   | 1  |

### Descrizione terreni

#### Caratteristiche fisico meccaniche

#### Simbologia adottata

|                |  |
|----------------|--|
| Descrizione    | Descrizione terreno  |
| $\gamma$       | Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]   |
| $\gamma_{sat}$ | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]  |
| $\phi$         | Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi  |
| $\delta$       | Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi   |
| c              | Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]   |
| ca             | Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]   |
| $\tau_1$       | Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| $\alpha$       | Coeff. di espansione laterale  |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 46     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

| Descrizione             | $\gamma$<br>[kg/mc] | $\gamma_{sat}$<br>[kg/mc] | Parametri      | $\phi$<br>[°] | $\delta$<br>[°] | c<br>[kg/cm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|----------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| Piroclastiti alterate   | 1800,0              | 2000,0                    | Caratteristici | 27.00         | 16.67           | 0,000                      |
|                         |                     |                           | Minimi         | 27.00         | 16.67           | 0,000                      |
|                         |                     |                           | Medi           | 27.00         | 16.67           | 0,000                      |
| Piroclastiti inalterate | 1800,0              | 2000,0                    | Caratteristici | 30.00         | 20.00           | 0,000                      |
|                         |                     |                           | Minimi         | 30.00         | 20.00           | 0,000                      |
|                         |                     |                           | Medi           | 30.00         | 20.00           | 0,000                      |

## Descrizione stratigrafia e falda

### Simbologia adottata

|          |   |
|----------|---|
| N        | Identificativo strato   |
| Z1       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m] |
| Z2       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m] |
| Z3       | Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m] |
| Terreno  | Terreno associato allo strato   |
| Ks       | Coefficiente di spinta  |
| Kw       | Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm <sup>2</sup> /cm]            |
| $\alpha$ | Coeff. di sbulbatura  |

| N | Z1<br>[m] | Z2<br>[m] | Z3<br>[m] | Terreno                 | Ks    |
|---|-----------|-----------|-----------|-------------------------|-------|
| 1 | -3,0      | -3,0      | -3,0      | Piroclastiti alterate   | 0.400 |
| 2 | -35,0     | -35,0     | -35,0     | Piroclastiti inalterate | 0.400 |

### Falda

Profondità dal piano campagna 4,00 [m]

### Costante di Winkler

| Direzione   | Simbolo | Kw<br>[Kg/cm <sup>2</sup> /cm]                  |
|-------------|---------|---|
| Verticale   | Kwv     | 0.000   |
| Orizzontale | Kwo     | Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan( $\phi$ )) |

### Convenzioni adottate

#### Carichi e reazioni vincolari

|    |  |
|----|--|
| Fz | Carico verticale positivo verso il basso                               |
| Fx | Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti. |
| Fy | Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti. |
| Mx | Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.     |
| My | Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.     |

#### Sollecitazioni

|     |   |
|-----|---|
| Mx  | Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori). |
| My  | Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori). |
| Mxy | Momento flettente XY.   |

### Condizioni di carico

#### Carichi concentrati

##### Simbologia adottata

|    |  |
|----|--|
| Ic | Indice carico                                |
| X  | Ascissa carico espressa in [m]               |
| Y  | Ordinata carico espressa in [m]              |
| N  | Carico verticale espresso in [kg]            |
| Mx | Momento intorno all'asse X espresso in [kgm] |
| My | Momento intorno all'asse Y espresso in [kgm] |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 47     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

Tx Forza orizzontale in direzione X espressa in [kg]  
Ty Forza orizzontale in direzione Y espressa in [kg]

#### Carichi distribuiti

##### Simbologia adottata

Ic Indice carico  
P<sub>is</sub> Punto inferiore sinistro del carico espresso in [m]  
P<sub>sd</sub> Punto superiore destro del carico espresso in [m]  
Q<sub>z1</sub> Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore sinistro espresso in [kg/mq]  
Q<sub>z2</sub> Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore destro espresso in [kg/mq]  
Q<sub>z3</sub> Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore sinistro espresso in [kg/mq]  
Q<sub>z4</sub> Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore destro espressa in [kg/mq]  
Q<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico in direzione X espressa in [kg/mq]  
Q<sub>y</sub> Componente orizzontale del carico in direzione Y espressa in [kg/mq]

### Condizione n° 1 - Condizione 1 – Peso proprio torre

#### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,58     | 0,91     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -0,91    | 1,58     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 112,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 0,0        |

### Condizione n° 2 - Condizione 2 - IEC Mbt MAX

#### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | 133,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 34,5       |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | -1152,7   | 0,0         | 0,0         | 1,7        | 34,7       |
| Piastra | 1,58     | 0,91     | -2350,8   | 0,0         | 0,0         | 3,3        | 35,4       |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | -3379,7   | 0,0         | 0,0         | 4,6        | 36,4       |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | -4169,2   | 0,0         | 0,0         | 5,7        | 37,7       |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | -4665,5   | 0,0         | 0,0         | 6,3        | 39,3       |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | -4834,8   | 0,0         | 0,0         | 6,5        | 41,0       |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | -4665,5   | 0,0         | 0,0         | 6,3        | 42,7       |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 48     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | -0,91    | 1,58     | -4169,2   | 0,0         | 0,0         | 5,7        | 44,3       |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | -3379,7   | 0,0         | 0,0         | 4,6        | 45,6       |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | -2350,8   | 0,0         | 0,0         | 3,3        | 46,7       |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | -1152,7   | 0,0         | 0,0         | 1,7        | 47,3       |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | 133,1     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 47,5       |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 1418,9    | 0,0         | 0,0         | -1,7       | 47,3       |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 2617,1    | 0,0         | 0,0         | -3,3       | 46,7       |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 3646,0    | 0,0         | 0,0         | -4,6       | 45,6       |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 4435,4    | 0,0         | 0,0         | -5,7       | 44,3       |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 4931,7    | 0,0         | 0,0         | -6,3       | 42,7       |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 5101,0    | 0,0         | 0,0         | -6,5       | 41,0       |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 4931,7    | 0,0         | 0,0         | -6,3       | 39,3       |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 4435,4    | 0,0         | 0,0         | -5,7       | 37,7       |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 3646,0    | 0,0         | 0,0         | -4,6       | 36,4       |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 2617,1    | 0,0         | 0,0         | -3,3       | 35,4       |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 1418,9    | 0,0         | 0,0         | -1,7       | 34,7       |

Condizione n° 3 - Condizione 3 - IEC Mz MAX

#### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | 126,9     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | -189,1     |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | -167,6    | 0,0         | 0,0         | 51,7       | -182,3     |
| Piastra | 1,58     | 0,91     | -442,1    | 0,0         | 0,0         | 99,8       | -162,4     |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | -677,7    | 0,0         | 0,0         | 141,1      | -130,7     |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | -858,6    | 0,0         | 0,0         | 172,8      | -89,3      |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | -972,3    | 0,0         | 0,0         | 192,8      | -41,2      |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | -1011,0   | 0,0         | 0,0         | 199,6      | 10,5       |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | -972,3    | 0,0         | 0,0         | 192,8      | 62,1       |
| Piastra | -0,91    | 1,58     | -858,6    | 0,0         | 0,0         | 172,8      | 110,3      |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | -677,7    | 0,0         | 0,0         | 141,1      | 151,6      |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | -442,1    | 0,0         | 0,0         | 99,8       | 183,3      |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | -167,6    | 0,0         | 0,0         | 51,7       | 203,3      |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | 126,9     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 210,1      |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 421,4     | 0,0         | 0,0         | -51,7      | 203,3      |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 695,8     | 0,0         | 0,0         | -99,8      | 183,3      |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 931,5     | 0,0         | 0,0         | -141,1     | 151,6      |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 1112,3    | 0,0         | 0,0         | -172,8     | 110,3      |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 1226,0    | 0,0         | 0,0         | -192,8     | 62,1       |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 1264,8    | 0,0         | 0,0         | -199,6     | 10,5       |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 1226,0    | 0,0         | 0,0         | -192,8     | -41,2      |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 1112,3    | 0,0         | 0,0         | -172,8     | -89,3      |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 931,5     | 0,0         | 0,0         | -141,1     | -130,7     |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 695,8     | 0,0         | 0,0         | -99,8      | -162,4     |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 421,4     | 0,0         | 0,0         | -51,7      | -182,3     |

Condizione n° 4 - Condizione 4 - IEC Fz Max

#### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | -1,1      | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 62,9       |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | -472,9    | 0,0         | 0,0         | -12,2      | 61,3       |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 49     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,58     | 0,91     | -912,6    | 0,0         | 0,0         | -23,6      | 56,5       |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | -1290,2   | 0,0         | 0,0         | -33,4      | 49,0       |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | -1579,9   | 0,0         | 0,0         | -40,9      | 39,3       |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | -1762,0   | 0,0         | 0,0         | -45,6      | 27,9       |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | -1824,2   | 0,0         | 0,0         | -47,2      | 15,7       |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | -1762,0   | 0,0         | 0,0         | -45,6      | 3,5        |
| Piastra | -0,91    | 1,58     | -1579,9   | 0,0         | 0,0         | -40,9      | -7,9       |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | -1290,2   | 0,0         | 0,0         | -33,4      | -17,7      |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | -912,6    | 0,0         | 0,0         | -23,6      | -25,2      |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | -472,9    | 0,0         | 0,0         | -12,2      | -29,9      |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | -1,1      | 0,0         | 0,0         | 0,0        | -31,5      |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 470,8     | 0,0         | 0,0         | 12,2       | -29,9      |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 910,5     | 0,0         | 0,0         | 23,6       | -25,2      |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 1288,0    | 0,0         | 0,0         | 33,4       | -17,7      |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 1577,7    | 0,0         | 0,0         | 40,9       | -7,9       |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 1759,9    | 0,0         | 0,0         | 45,6       | 3,5        |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 1822,0    | 0,0         | 0,0         | 47,2       | 15,7       |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 1759,9    | 0,0         | 0,0         | 45,6       | 27,9       |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 1577,7    | 0,0         | 0,0         | 40,9       | 39,3       |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 1288,0    | 0,0         | 0,0         | 33,4       | 49,0       |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 910,5     | 0,0         | 0,0         | 23,6       | 56,5       |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 470,8     | 0,0         | 0,0         | 12,2       | 61,3       |

Condizione n° 5 - Condizione 5 - SLE CH

### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | 140,8     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | -158,5     |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | -1145,0   | 0,0         | 0,0         | 51,7       | -151,7     |
| Piastra | 1,58     | 0,91     | -2343,1   | 0,0         | 0,0         | 99,8       | -131,7     |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | -3372,0   | 0,0         | 0,0         | 141,1      | -100,0     |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | -4161,5   | 0,0         | 0,0         | 172,8      | -58,7      |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | -4657,8   | 0,0         | 0,0         | 192,8      | -10,5      |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | -4827,1   | 0,0         | 0,0         | 199,6      | 41,1       |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | -4657,8   | 0,0         | 0,0         | 192,8      | 92,8       |
| Piastra | -0,91    | 1,58     | -4161,5   | 0,0         | 0,0         | 172,8      | 140,9      |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | -3372,0   | 0,0         | 0,0         | 141,1      | 182,2      |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | -2343,1   | 0,0         | 0,0         | 99,8       | 214,0      |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | -1145,0   | 0,0         | 0,0         | 51,7       | 233,9      |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | 140,8     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 240,7      |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 1426,6    | 0,0         | 0,0         | -51,7      | 233,9      |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 2624,8    | 0,0         | 0,0         | -99,8      | 214,0      |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 3653,7    | 0,0         | 0,0         | -141,1     | 182,2      |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 4443,2    | 0,0         | 0,0         | -172,8     | 140,9      |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 4939,5    | 0,0         | 0,0         | -192,8     | 92,8       |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 5108,7    | 0,0         | 0,0         | -199,6     | 41,1       |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 4939,5    | 0,0         | 0,0         | -192,8     | -10,5      |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 4443,2    | 0,0         | 0,0         | -172,8     | -58,7      |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 3653,7    | 0,0         | 0,0         | -141,1     | -100,0     |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 2624,8    | 0,0         | 0,0         | -99,8      | -131,7     |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 1426,6    | 0,0         | 0,0         | -51,7      | -151,7     |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 50     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

Condizione n° 6 - Condizione 6 -SLE PR

### Carichi concentrati

| Oggetto | X<br>[m] | Y<br>[m] | N<br>[kg] | Mx<br>[kgm] | My<br>[kgm] | Tx<br>[kg] | Ty<br>[kg] |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|
| Piastra | 1,83     | 0,00     | 135,7     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | -55,3      |
| Piastra | 1,76     | 0,47     | -647,8    | 0,0         | 0,0         | 20,8       | -52,6      |
| Piastra | 1,58     | 0,91     | -1377,8   | 0,0         | 0,0         | 40,2       | -44,5      |
| Piastra | 1,29     | 1,29     | -2004,7   | 0,0         | 0,0         | 56,9       | -31,7      |
| Piastra | 0,91     | 1,58     | -2485,8   | 0,0         | 0,0         | 69,6       | -15,1      |
| Piastra | 0,47     | 1,76     | -2788,2   | 0,0         | 0,0         | 77,7       | 4,3        |
| Piastra | 0,00     | 1,83     | -2891,3   | 0,0         | 0,0         | 80,4       | 25,1       |
| Piastra | -0,47    | 1,76     | -2788,2   | 0,0         | 0,0         | 77,7       | 45,9       |
| Piastra | -0,91    | 1,58     | -2485,8   | 0,0         | 0,0         | 69,6       | 65,3       |
| Piastra | -1,29    | 1,29     | -2004,7   | 0,0         | 0,0         | 56,9       | 82,0       |
| Piastra | -1,58    | 0,91     | -1377,8   | 0,0         | 0,0         | 40,2       | 94,8       |
| Piastra | -1,76    | 0,47     | -647,8    | 0,0         | 0,0         | 20,8       | 102,8      |
| Piastra | -1,83    | 0,00     | 135,7     | 0,0         | 0,0         | 0,0        | 105,5      |
| Piastra | -1,76    | -0,47    | 919,1     | 0,0         | 0,0         | -20,8      | 102,8      |
| Piastra | -1,58    | -0,91    | 1649,2    | 0,0         | 0,0         | -40,2      | 94,8       |
| Piastra | -1,29    | -1,29    | 2276,1    | 0,0         | 0,0         | -56,9      | 82,0       |
| Piastra | -0,91    | -1,58    | 2757,1    | 0,0         | 0,0         | -69,6      | 65,3       |
| Piastra | -0,47    | -1,76    | 3059,5    | 0,0         | 0,0         | -77,7      | 45,9       |
| Piastra | 0,00     | -1,83    | 3162,6    | 0,0         | 0,0         | -80,4      | 25,1       |
| Piastra | 0,47     | -1,76    | 3059,5    | 0,0         | 0,0         | -77,7      | 4,3        |
| Piastra | 0,91     | -1,58    | 2757,1    | 0,0         | 0,0         | -69,6      | -15,1      |
| Piastra | 1,29     | -1,29    | 2276,1    | 0,0         | 0,0         | -56,9      | -31,7      |
| Piastra | 1,58     | -0,91    | 1649,2    | 0,0         | 0,0         | -40,2      | -44,5      |
| Piastra | 1,76     | -0,47    | 919,1     | 0,0         | 0,0         | -20,8      | -52,6      |

Condizione n° 7 - Condizione 7-RICOPRIMENTO

### Carichi distribuiti

| Ic | P <sub>is</sub><br>[m] | P <sub>sd</sub><br>[m] | Q <sub>z1</sub><br>[kg/mq] | Q <sub>z2</sub><br>[kg/mq] | Q <sub>z3</sub><br>[kg/mq] | Q <sub>z4</sub><br>[kg/mq] | Q <sub>x</sub><br>[kg/mq] | Q <sub>y</sub><br>[kg/mq] |
|----|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1  | -10,70; -10,70         | 10,70; 10,70           | 3000,00                    | 3000,00                    | 3000,00                    | 3000,00                    | 0,00                      | 0,00                      |

### Normativa - Coefficienti di sicurezza

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| CARICHI                    | EFFETTO     | Coefficiente parziale | (A1) - STR | (A2) - GEO |
|----------------------------|-------------|-----------------------|------------|------------|
| Permanenti                 | Favorevole  | $\gamma_{G1, fav}$    | 1.00       | 1.00       |
| Permanenti                 | Sfavorevole | $\gamma_{G1, sfav}$   | 1.35       | 1.00       |
| Permanenti non strutturali | Favorevole  | $\gamma_{G2, fav}$    | 0.90       | 0.00       |
| Permanenti non strutturali | Sfavorevole | $\gamma_{G2, sfav}$   | 1.35       | 1.35       |
| Variabili                  | Favorevole  | $\gamma_{Q1, fav}$    | 0.90       | 0.00       |
| Variabili                  | Sfavorevole | $\gamma_{Q1, sfav}$   | 1.50       | 1.50       |
| Variabili traffico         | Favorevole  | $\gamma_{Q, fav}$     | 1.00       | 1.00       |
| Variabili traffico         | Sfavorevole | $\gamma_{Q, sfav}$    | 1.00       | 1.00       |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 51     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

| PARAMETRO                                    | GRANDEZZA      | Coefficiente parziale | (M1) | (M2) |
|--|----------------|-----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$ | $\gamma_\phi$         | 1.00 | 1.25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$         | $\gamma_c$            | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$       | $\gamma_{cu}$         | 1.00 | 1.40 |

*Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche (Pali trivellati)*

| Resistenza               | $\gamma_R$    | (R1) | (R2) | (R3) |
|--------------------------|---------------|------|------|------|
| Base                     | $\gamma_b$    | 1.00 | 1.70 | 1.35 |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1.00 | 1.45 | 1.15 |
| Totale                   | $\gamma_t$    | 1.00 | 1.60 | 1.30 |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1.00 | 1.60 | 1.25 |

*Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali*

| $\gamma_T$ | (R1) | (R2) | (R3) |
|------------|------|------|------|
| $\gamma_T$ | 1.00 | 1.60 | 1.30 |

*Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate*

| Numero di verticali indagate | $\xi_3$ | $\xi_4$ |
|------------------------------|---------|---------|
| 1                            | 1.70    | 1.70    |

## Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 8

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R1

| Condizione                 | CP   |
|----------------------------|------|
| Peso proprio               | 1.35 |
| Condizione 1 - Torre       | 1.35 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO  | 1.35 |
| Condizione 2 - IEC Mbt MAX | 1.50 |

Combinazione n° 2 - A1-M1-R1

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.35 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.35 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.35 |
| Condizione 3 - IEC Mz MAX | 1.50 |

Combinazione n° 3 - A1-M1-R1

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.35 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.35 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.35 |
| Condizione 4 - IEC Fz Max | 1.50 |

Combinazione n° 4 - A2-M2-R2

| Condizione   | CP   |
|--------------|------|
| Peso proprio | 1.00 |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 52     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

| Condizione                 | CP   |
|----------------------------|------|
| Condizione 1 - Torre       | 1.00 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO  | 1.35 |
| Condizione 2 - IEC Mbt MAX | 1.30 |

Combinazione n° 5 - A2-M2-R2

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.00 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.00 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.35 |
| Condizione 3 - IEC Mz MAX | 1.30 |

Combinazione n° 6 - A2-M2-R2

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.00 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.00 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.35 |
| Condizione 4 - IEC Fz Max | 1.30 |

Combinazione n° 7 - SLER

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.00 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.00 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.00 |
| Condizione 5 - SLE CH     | 1.00 |

Combinazione n° 8 - SLER

| Condizione                | CP   |
|---------------------------|------|
| Peso proprio              | 1.00 |
| Condizione 1 - Torre      | 1.00 |
| Condizione 7-RICOPRIMENTO | 1.00 |
| Condizione 6 -SLE PR      | 1.00 |

### Impostazioni di analisi

#### *Portanza verticale pali*

Metodo calcolo portanza: Berezantzev

#### *Portanza trasversale pali*

Costante di Winkler

Rottura palo-terreno

#### *Cedimenti*

Metodo calcolo cedimenti: Elementi finiti

#### Modello

#### Caratteristiche Mesh

Numero elementi 1862

Numero nodi 964

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 53     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |        |

## Sollecitazioni

### Pali

#### Simbologia adottata

|    |   |
|----|---|
| n° | Identificativo sezione  |
| Y  | ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso, espressa in [m] |
| Nr | sforzo normale a rottura, espresso in [kg]  |
| Ne | sforzo normale in esercizio, espresso in [kg]   |
| Tr | taglio a rottura, espresso in [kg]  |
| Te | taglio in esercizio, espresso in [kg]   |
| Mr | momento a rottura, espresso in [kgm]  |
| Me | momento in esercizio, espresso in [kgm]   |

#### Palo n° 1

| n°  | Y     | Ne         | Nr         | Te      | Tr         | Me       | Mr          |
|-----|-------|------------|------------|---------|------------|----------|-------------|
|     | [m]   | [kg]       | [kg]       | [kg]    | [kg]       | [kgm]    | [kgm]       |
| 1   | 0,00  | 233452 (1) | 743200 (1) | 83 (1)  | 68764 (1)  | 0 (0)    | 0 (1)       |
| 11  | 2,50  | 235667 (1) | 737146 (1) | 2 (1)   | 7490 (1)   | -100 (1) | -118243 (1) |
| 21  | 5,00  | 236259 (1) | 725626 (1) | -18 (1) | -21472 (1) | -74 (1)  | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50  | 235767 (1) | 711247 (1) | -14 (1) | -17697 (1) | -31 (1)  | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00 | 234190 (1) | 694009 (1) | -6 (1)  | -7952 (1)  | -5 (1)   | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50 | 231529 (1) | 673913 (1) | -1 (1)  | -1643 (1)  | 4 (1)    | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00 | 227784 (1) | 650959 (1) | 1 (1)   | 688 (1)    | 4 (1)    | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50 | 222954 (1) | 625145 (1) | 1 (1)   | 892 (1)    | 2 (1)    | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00 | 217039 (1) | 596473 (1) | 0 (1)   | 474 (1)    | 1 (1)    | 845 (1)     |
| 91  | 22,50 | 210040 (1) | 564943 (1) | 0 (1)   | 116 (1)    | 0 (1)    | 106 (1)     |
| 101 | 25,00 | 201957 (1) | 534121 (1) | 0 (0)   | 0 (1)      | 0 (0)    | 0 (1)       |

#### Palo n° 2

| n°  | Y     | Ne         | Nr         | Te      | Tr         | Me       | Mr          |
|-----|-------|------------|------------|---------|------------|----------|-------------|
|     | [m]   | [kg]       | [kg]       | [kg]    | [kg]       | [kgm]    | [kgm]       |
| 1   | 0,00  | 233262 (2) | 743200 (1) | 83 (1)  | 68764 (1)  | 0 (0)    | 0 (1)       |
| 11  | 2,50  | 235479 (2) | 737146 (1) | 2 (1)   | 7490 (1)   | -100 (1) | -118243 (1) |
| 21  | 5,00  | 236074 (2) | 725626 (1) | -18 (1) | -21472 (1) | -74 (1)  | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50  | 235586 (2) | 711247 (1) | -14 (1) | -17697 (1) | -31 (1)  | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00 | 234014 (2) | 694009 (1) | -6 (1)  | -7952 (1)  | -5 (1)   | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50 | 231358 (2) | 673913 (1) | -1 (1)  | -1643 (1)  | 4 (1)    | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00 | 227618 (2) | 650959 (1) | 1 (1)   | 688 (1)    | 4 (1)    | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50 | 222795 (2) | 625145 (1) | 1 (1)   | 892 (1)    | 2 (1)    | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00 | 216887 (2) | 596473 (1) | 0 (1)   | 474 (1)    | 1 (1)    | 845 (1)     |
| 91  | 22,50 | 209896 (2) | 564943 (1) | 0 (1)   | 116 (1)    | 0 (1)    | 106 (1)     |
| 101 | 25,00 | 201822 (2) | 534121 (1) | 0 (0)   | 0 (1)      | 0 (0)    | 0 (1)       |

#### Palo n° 3

| n°  | Y     | Ne         | Nr         | Te      | Tr         | Me       | Mr          |
|-----|-------|------------|------------|---------|------------|----------|-------------|
|     | [m]   | [kg]       | [kg]       | [kg]    | [kg]       | [kgm]    | [kgm]       |
| 1   | 0,00  | 233100 (2) | 743200 (1) | 84 (1)  | 68764 (1)  | 0 (0)    | 0 (1)       |
| 11  | 2,50  | 235318 (2) | 737146 (1) | 2 (1)   | 7490 (1)   | -101 (1) | -118243 (1) |
| 21  | 5,00  | 235916 (2) | 725626 (1) | -19 (1) | -21472 (1) | -75 (1)  | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50  | 235430 (2) | 711247 (1) | -14 (1) | -17697 (1) | -31 (1)  | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00 | 233862 (2) | 694009 (1) | -6 (1)  | -7952 (1)  | -5 (1)   | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50 | 231210 (2) | 673913 (1) | -1 (1)  | -1643 (1)  | 4 (1)    | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00 | 227476 (2) | 650959 (1) | 1 (1)   | 688 (1)    | 4 (1)    | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50 | 222658 (2) | 625145 (1) | 1 (1)   | 892 (1)    | 2 (1)    | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00 | 216757 (2) | 596473 (1) | 0 (1)   | 474 (1)    | 1 (1)    | 845 (1)     |
| 91  | 22,50 | 209773 (2) | 564943 (1) | 0 (1)   | 116 (1)    | 0 (1)    | 106 (1)     |
| 101 | 25,00 | 201705 (2) | 534121 (1) | 0 (0)   | 0 (1)      | 0 (0)    | 0 (1)       |

#### Palo n° 4

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 54     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |  |        |

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 232992 (2) | 743200 (1) | 85 (1)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235211 (2) | 737146 (1) | 2 (1)      | 7490 (1)   | -103 (1)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 235811 (2) | 725626 (1) | -19 (1)    | -21472 (1) | -76 (1)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235328 (2) | 711247 (1) | -14 (1)    | -17697 (1) | -32 (1)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 233762 (2) | 694009 (1) | -6 (1)     | -7952 (1)  | -5 (1)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231113 (2) | 673913 (1) | -1 (1)     | -1643 (1)  | 4 (1)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227381 (2) | 650959 (1) | 1 (1)      | 688 (1)    | 4 (1)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222567 (2) | 625145 (1) | 1 (1)      | 892 (1)    | 2 (1)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 216670 (2) | 596473 (1) | 0 (1)      | 474 (1)    | 1 (1)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 209691 (2) | 564943 (1) | 0 (1)      | 116 (1)    | 0 (1)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201628 (2) | 534121 (1) | 0 (0)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

Palo n° 5

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 232954 (2) | 743200 (1) | 86 (1)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235174 (2) | 737146 (1) | 2 (1)      | 7490 (1)   | -104 (1)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 235774 (2) | 725626 (1) | -19 (1)    | -21472 (1) | -77 (1)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235291 (2) | 711247 (1) | -15 (1)    | -17697 (1) | -32 (1)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 233726 (2) | 694009 (1) | -6 (1)     | -7952 (1)  | -5 (1)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231078 (2) | 673913 (1) | -1 (1)     | -1643 (1)  | 4 (1)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227348 (2) | 650959 (1) | 1 (1)      | 688 (1)    | 4 (1)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222535 (2) | 625145 (1) | 1 (1)      | 892 (1)    | 2 (1)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 216640 (2) | 596473 (1) | 0 (1)      | 474 (1)    | 1 (1)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 209662 (2) | 564943 (1) | 0 (1)      | 116 (1)    | 0 (1)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201601 (2) | 534121 (1) | 0 (0)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

Palo n° 6

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 232986 (2) | 743200 (1) | 91 (7)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235205 (2) | 737146 (1) | 2 (7)      | 7490 (1)   | -110 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 235804 (2) | 725626 (1) | -20 (7)    | -21472 (1) | -82 (7)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235321 (2) | 711247 (1) | -15 (7)    | -17697 (1) | -34 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 233756 (2) | 694009 (1) | -7 (7)     | -7952 (1)  | -6 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231107 (2) | 673913 (1) | -1 (7)     | -1643 (1)  | 4 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227376 (2) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 4 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222562 (2) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 2 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 216665 (2) | 596473 (1) | 0 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 209686 (2) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201624 (2) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

Palo n° 7

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 233099 (2) | 743200 (1) | 109 (7)    | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235317 (2) | 737146 (1) | 3 (7)      | 7490 (1)   | -132 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 235915 (2) | 725626 (1) | -24 (7)    | -21472 (1) | -97 (7)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235430 (2) | 711247 (1) | -18 (7)    | -17697 (1) | -41 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 233862 (2) | 694009 (1) | -8 (7)     | -7952 (1)  | -7 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231210 (2) | 673913 (1) | -1 (7)     | -1643 (1)  | 5 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227475 (2) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 5 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222657 (2) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 3 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 216756 (2) | 596473 (1) | 0 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 209772 (2) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201705 (2) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |      | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|------|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV. | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 55     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00   |  |  |        |

**Palo n° 8**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 233264 (2) | 743200 (1) | 116 (7)    | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235480 (2) | 737146 (1) | 3 (7)      | 7490 (1)   | -140 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 236076 (2) | 725626 (1) | -25 (7)    | -21472 (1) | -103 (7)    | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235587 (2) | 711247 (1) | -20 (7)    | -17697 (1) | -43 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 234015 (2) | 694009 (1) | -8 (7)     | -7952 (1)  | -7 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231359 (2) | 673913 (1) | -2 (7)     | -1643 (1)  | 5 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227619 (2) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 5 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222796 (2) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 3 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 216888 (2) | 596473 (1) | 1 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 209897 (2) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201822 (2) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 9**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 233463 (1) | 743200 (1) | 118 (7)    | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 235678 (1) | 737146 (1) | 3 (7)      | 7490 (1)   | -142 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 236270 (1) | 725626 (1) | -26 (7)    | -21472 (1) | -105 (7)    | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 235778 (1) | 711247 (1) | -20 (7)    | -17697 (1) | -44 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 234201 (1) | 694009 (1) | -9 (7)     | -7952 (1)  | -7 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 231539 (1) | 673913 (1) | -2 (7)     | -1643 (1)  | 5 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 227794 (1) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 6 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 222963 (1) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 3 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 217048 (1) | 596473 (1) | 1 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 210049 (1) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 201965 (1) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 10**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 234252 (1) | 743200 (1) | 116 (7)    | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 236460 (1) | 737146 (1) | 3 (7)      | 7490 (1)   | -140 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 237040 (1) | 725626 (1) | -25 (7)    | -21472 (1) | -103 (7)    | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 236532 (1) | 711247 (1) | -20 (7)    | -17697 (1) | -43 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 234938 (1) | 694009 (1) | -8 (7)     | -7952 (1)  | -7 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 232255 (1) | 673913 (1) | -2 (7)     | -1643 (1)  | 5 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 228485 (1) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 5 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 223627 (1) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 3 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 217682 (1) | 596473 (1) | 1 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 210649 (1) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 202529 (1) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 11**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 234945 (1) | 743200 (1) | 109 (7)    | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 237146 (1) | 737146 (1) | 3 (7)      | 7490 (1)   | -132 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 237715 (1) | 725626 (1) | -24 (7)    | -21472 (1) | -97 (7)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 237195 (1) | 711247 (1) | -18 (7)    | -17697 (1) | -41 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 235584 (1) | 694009 (1) | -8 (7)     | -7952 (1)  | -7 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 232883 (1) | 673913 (1) | -1 (7)     | -1643 (1)  | 5 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 229092 (1) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 5 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 224210 (1) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 3 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 218238 (1) | 596473 (1) | 0 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 211176 (1) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 203024 (1) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO - MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 56     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |  |        |

**Palo n° 12**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 235397 (1) | 743200 (1) | 91 (7)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 237593 (1) | 737146 (1) | 2 (7)      | 7490 (1)   | -110 (7)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 238156 (1) | 725626 (1) | -20 (7)    | -21472 (1) | -82 (7)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 237626 (1) | 711247 (1) | -15 (7)    | -17697 (1) | -34 (7)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 236005 (1) | 694009 (1) | -7 (7)     | -7952 (1)  | -6 (7)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 233292 (1) | 673913 (1) | -1 (7)     | -1643 (1)  | 4 (7)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 229487 (1) | 650959 (1) | 1 (7)      | 688 (1)    | 4 (7)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 224590 (1) | 625145 (1) | 1 (7)      | 892 (1)    | 2 (7)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 218601 (1) | 596473 (1) | 0 (7)      | 474 (1)    | 1 (7)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 211520 (1) | 564943 (1) | 0 (7)      | 116 (1)    | 0 (7)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 203347 (1) | 534121 (1) | 0 (7)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 13**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 235541 (1) | 743200 (1) | 86 (1)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 237736 (1) | 737146 (1) | 2 (1)      | 7490 (1)   | -104 (1)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 238296 (1) | 725626 (1) | -19 (1)    | -21472 (1) | -77 (1)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 237764 (1) | 711247 (1) | -15 (1)    | -17697 (1) | -32 (1)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 236140 (1) | 694009 (1) | -6 (1)     | -7952 (1)  | -5 (1)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 233423 (1) | 673913 (1) | -1 (1)     | -1643 (1)  | 4 (1)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 229613 (1) | 650959 (1) | 1 (1)      | 688 (1)    | 4 (1)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 224711 (1) | 625145 (1) | 1 (1)      | 892 (1)    | 2 (1)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 218717 (1) | 596473 (1) | 0 (1)      | 474 (1)    | 1 (1)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 211630 (1) | 564943 (1) | 0 (1)      | 116 (1)    | 0 (1)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 203450 (1) | 534121 (1) | 0 (0)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 14**

| n°  | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1   | 0,00     | 235397 (1) | 743200 (1) | 85 (1)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11  | 2,50     | 237594 (1) | 737146 (1) | 2 (1)      | 7490 (1)   | -103 (1)    | -118243 (1) |
| 21  | 5,00     | 238156 (1) | 725626 (1) | -19 (1)    | -21472 (1) | -76 (1)     | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50     | 237627 (1) | 711247 (1) | -14 (1)    | -17697 (1) | -32 (1)     | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00    | 236006 (1) | 694009 (1) | -6 (1)     | -7952 (1)  | -5 (1)      | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50    | 233293 (1) | 673913 (1) | -1 (1)     | -1643 (1)  | 4 (1)       | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00    | 229488 (1) | 650959 (1) | 1 (1)      | 688 (1)    | 4 (1)       | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50    | 224591 (1) | 625145 (1) | 1 (1)      | 892 (1)    | 2 (1)       | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00    | 218602 (1) | 596473 (1) | 0 (1)      | 474 (1)    | 1 (1)       | 845 (1)     |
| 91  | 22,50    | 211521 (1) | 564943 (1) | 0 (1)      | 116 (1)    | 0 (1)       | 106 (1)     |
| 101 | 25,00    | 203348 (1) | 534121 (1) | 0 (0)      | 0 (1)      | 0 (0)       | 0 (1)       |

**Palo n° 15**

| n° | Y<br>[m] | Ne<br>[kg] | Nr<br>[kg] | Te<br>[kg] | Tr<br>[kg] | Me<br>[kgm] | Mr<br>[kgm] |
|----|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1  | 0,00     | 234951 (1) | 743200 (1) | 84 (1)     | 68764 (1)  | 0 (0)       | 0 (1)       |
| 11 | 2,50     | 237151 (1) | 737146 (1) | 2 (1)      | 7490 (1)   | -101 (1)    | -118243 (1) |
| 21 | 5,00     | 237721 (1) | 725626 (1) | -19 (1)    | -21472 (1) | -75 (1)     | -93513 (1)  |
| 31 | 7,50     | 237200 (1) | 711247 (1) | -14 (1)    | -17697 (1) | -31 (1)     | -40881 (1)  |
| 41 | 10,00    | 235589 (1) | 694009 (1) | -6 (1)     | -7952 (1)  | -5 (1)      | -7841 (1)   |
| 51 | 12,50    | 232888 (1) | 673913 (1) | -1 (1)     | -1643 (1)  | 4 (1)       | 3996 (1)    |
| 61 | 15,00    | 229096 (1) | 650959 (1) | 1 (1)      | 688 (1)    | 4 (1)       | 4837 (1)    |
| 71 | 17,50    | 224215 (1) | 625145 (1) | 1 (1)      | 892 (1)    | 2 (1)       | 2636 (1)    |
| 81 | 20,00    | 218243 (1) | 596473 (1) | 0 (1)      | 474 (1)    | 1 (1)       | 845 (1)     |
| 91 | 22,50    | 211181 (1) | 564943 (1) | 0 (1)      | 116 (1)    | 0 (1)       | 106 (1)     |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 57     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |  |        |

| n°  | Y     | Ne         | Nr         | Te    | Tr    | Me    | Mr    |
|-----|-------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|
|     | [m]   | [kg]       | [kg]       | [kg]  | [kg]  | [kgm] | [kgm] |
| 101 | 25,00 | 203028 (1) | 534121 (1) | 0 (0) | 0 (1) | 0 (0) | 0 (1) |

#### Palo n° 16

| n°  | Y     | Ne         | Nr         | Te      | Tr         | Me       | Mr          |
|-----|-------|------------|------------|---------|------------|----------|-------------|
|     | [m]   | [kg]       | [kg]       | [kg]    | [kg]       | [kgm]    | [kgm]       |
| 1   | 0,00  | 234258 (1) | 743200 (1) | 83 (1)  | 68764 (1)  | 0 (0)    | 0 (1)       |
| 11  | 2,50  | 236465 (1) | 737146 (1) | 2 (1)   | 7490 (1)   | -100 (1) | -118243 (1) |
| 21  | 5,00  | 237045 (1) | 725626 (1) | -18 (1) | -21472 (1) | -74 (1)  | -93513 (1)  |
| 31  | 7,50  | 236538 (1) | 711247 (1) | -14 (1) | -17697 (1) | -31 (1)  | -40881 (1)  |
| 41  | 10,00 | 234943 (1) | 694009 (1) | -6 (1)  | -7952 (1)  | -5 (1)   | -7841 (1)   |
| 51  | 12,50 | 232260 (1) | 673913 (1) | -1 (1)  | -1643 (1)  | 4 (1)    | 3996 (1)    |
| 61  | 15,00 | 228490 (1) | 650959 (1) | 1 (1)   | 688 (1)    | 4 (1)    | 4837 (1)    |
| 71  | 17,50 | 223632 (1) | 625145 (1) | 1 (1)   | 892 (1)    | 2 (1)    | 2636 (1)    |
| 81  | 20,00 | 217687 (1) | 596473 (1) | 0 (1)   | 474 (1)    | 1 (1)    | 845 (1)     |
| 91  | 22,50 | 210654 (1) | 564943 (1) | 0 (1)   | 116 (1)    | 0 (1)    | 106 (1)     |
| 101 | 25,00 | 202533 (1) | 534121 (1) | 0 (0)   | 0 (1)      | 0 (0)    | 0 (1)       |

#### Verifiche geotecniche

#### Carico limite

#### Pali

#### Simbologia adottata

|                 |   |
|-----------------|---|
| n°              | Indice palo   |
| Oggetto         | Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)  |
| N               | Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kg]   |
| Pd              | Portanza di progetto, espresso in [kg]  |
| FS <sub>v</sub> | Fattore di sicurezza (Pd/N). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo. |
| T               | Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kg]   |
| Td              | Portanza trasversale di progetto, espresso in [kg]  |
| FS <sub>o</sub> | Fattore di sicurezza (Vd/V). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo. |

| n° | Oggetto   | N      | Pd     | FS <sub>v</sub> | T    | Td    | FS <sub>o</sub> |
|----|-----------|--------|--------|-----------------|------|-------|-----------------|
|    |           | [kg]   | [kg]   |                 | [kg] | [kg]  |                 |
| 1  | Piastra 1 | 196531 | 221281 | 1.126 (4)       | 77   | 42977 | 555.508 (4)     |
| 2  | Piastra 1 | 196367 | 221281 | 1.127 (5)       | 78   | 42977 | 553.689 (4)     |
| 3  | Piastra 1 | 196226 | 221281 | 1.128 (5)       | 78   | 42977 | 548.845 (4)     |
| 4  | Piastra 1 | 196133 | 221281 | 1.128 (5)       | 79   | 42977 | 542.338 (4)     |
| 5  | Piastra 1 | 196100 | 221281 | 1.128 (5)       | 80   | 42977 | 535.707 (4)     |
| 6  | Piastra 1 | 196127 | 221281 | 1.128 (5)       | 83   | 42977 | 516.575 (5)     |
| 7  | Piastra 1 | 196225 | 221281 | 1.128 (5)       | 89   | 42977 | 483.913 (5)     |
| 8  | Piastra 1 | 196367 | 221281 | 1.127 (5)       | 92   | 42977 | 465.267 (5)     |
| 9  | Piastra 1 | 196540 | 221281 | 1.126 (4)       | 94   | 42977 | 459.215 (5)     |
| 10 | Piastra 1 | 197225 | 221281 | 1.122 (4)       | 92   | 42977 | 465.260 (5)     |
| 11 | Piastra 1 | 197825 | 221281 | 1.119 (4)       | 89   | 42977 | 483.918 (5)     |
| 12 | Piastra 1 | 198216 | 221281 | 1.116 (4)       | 83   | 42977 | 516.574 (5)     |
| 13 | Piastra 1 | 198342 | 221281 | 1.116 (4)       | 80   | 42977 | 535.697 (4)     |
| 14 | Piastra 1 | 198217 | 221281 | 1.116 (4)       | 79   | 42977 | 542.333 (4)     |
| 15 | Piastra 1 | 197830 | 221281 | 1.119 (4)       | 78   | 42977 | 548.850 (4)     |
| 16 | Piastra 1 | 197229 | 221281 | 1.122 (4)       | 78   | 42977 | 553.714 (4)     |

#### Dettagli calcolo portanza verticale

#### Simbologia adottata

|          |   |
|----------|---|
| n°       | Indice palo   |
| Oggetto  | Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)    |
| Nc, Nq   | Coeff. di capacità portante                                   |
| N'c, N'q | Coeff. di capacità portante corretti                          |
| Zc       | Profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]    |
| Pp, PI   | Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg] |
| A        | Attrito negativo, espresso in [kg]                            |

| n° | Oggetto | Nc | N'c | Nq | N'q | Pp | PI |
|----|---------|----|-----|----|-----|----|----|
|----|---------|----|-----|----|-----|----|----|

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   |  | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA |  | 58     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |  |        |

|    |           |        |        |        |        | [kg]             | [kg]             |
|----|-----------|--------|--------|--------|--------|------------------|------------------|
| 1  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 2  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 3  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 4  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 5  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 6  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 7  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 8  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 9  | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 10 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 11 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 12 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 13 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 14 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 15 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |
| 16 | Piastra 1 | 40.673 | 40.673 | 21.724 | 21.724 | 532337<br>532337 | 212407<br>212407 |

### Cedimenti

#### Pali

Simbologia adottata

Ip                      Indice palo  
w                      Cedimento verticale, espressa in [cm]  
Ic                      Indice della combinazione

| Ip | w<br>[cm] | Ic |
|----|-----------|----|
| 1  | 0,3022    | 7  |
| 2  | 0,3016    | 8  |
| 3  | 0,3011    | 8  |
| 4  | 0,3008    | 8  |
| 5  | 0,3007    | 8  |
| 6  | 0,3008    | 8  |
| 7  | 0,3011    | 8  |
| 8  | 0,3016    | 8  |
| 9  | 0,3022    | 7  |
| 10 | 0,3031    | 7  |
| 11 | 0,3039    | 7  |
| 12 | 0,3045    | 7  |
| 13 | 0,3046    | 7  |
| 14 | 0,3045    | 7  |
| 15 | 0,3039    | 7  |
| 16 | 0,3031    | 7  |

| CODICE COMMITTENTE |       |           |        |     | OGGETTO DELL'ELABORATO   | PAGINA |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----|--|--------|
| IMP.               | DISC. | TIPO DOC. | PROGR. | REV | POTENZIAMENTO PARCO EOLICO MINEO – MILITELLO - VIZZINI<br>RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA | 59     |
| MMV                | ENG   | REL       | 0036   | 00  |  |        |

## 12 CONCLUSIONI

Il progetto definitivo di cui è stato effettuato lo studio strutturale e geotecnico consiste nello smantellamento dei n°59 aerogeneratori esistenti ed attualmente in esercizio del parco eolico ubicato nei Comuni di Militello in Val di Catania, Vizzini e Mineo, tutti in Provincia di Catania e nella successiva realizzazione di un impianto eolico composto da n°29 aerogeneratori, ciascuno dei quali di potenza massima pari a 4,2 MW, per una potenza complessiva di 121,8 MW.

Alla luce dello studio geologico che è stato condotto e delle risultanze delle prove di laboratorio e delle prove condotte in sito, è stato possibile costruire un modello geotecnico del terreno. Sulla base di tale modello sono state realizzate le verifiche geotecniche delle fondazioni di un aerogeneratore (utilizzando come modello un aerogeneratore tipo Vestas V136). Il risultato delle verifiche ha condotto a fondazioni indirette costituite da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro  $\Phi$ 1000 e lunghezza pari a 25,00 m. La piastra di fondazione dovrà avere forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto. Quanto sopra descritto garantisce la fattibilità geotecnico-strutturale dell'impianto.