



COMUNE DI CERIGNOLA  
PROVINCIA DI FOGGIA



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA**

D.Lgs. 387/2003

**PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE  
(PUA)**

**Valutazione di  
Impatto Ambientale (V.I.A.)**

D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (Art.27)

*"Norme in materia ambientale"*

PROGETTO

ALPHA 2

DITTA

SEANERGY srl

All. A08

Titolo dell'allegato:

**RELAZIONE GEOTECNICA**

PAGG. 13

**CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO**

GENERATORE - Altezza mozzo: fino a 140 m.  
Diametro rotore: fino a 170 m.  
Potenza unitaria: fino a 6 MW.

IMPIANTO - Numero generatori: 22  
Potenza complessiva: fino a 132 MW.

1	EMISSIONE	03/06/2020
REV	DESCRIZIONE	DATA

**Il proponente:**

SEANERGY s.r.l.  
P.zza Giovanni Paolo II, 8  
71017 Torremaggiore (FG)  
0882/393197  
seanergy@pec.it

**Il progettista:**

ATS Engineering s.r.l.  
P.zza Giovanni Paolo II, 8  
71017 Torremaggiore (FG)  
0882/393197  
atseng@pec.it

**Il tecnico:**

Ing. Eugenio Di Gianvito  
atsing@atsing.eu

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE .....	4
3. ELEMENTI DI GEOTECNICA.....	6
4. CONCLUSIONI .....	12



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	1

## 1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica viene redatta a corredo del progetto per la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica e delle relative opere di connessione e distribuzione, proposto dalla società *Seanergy srl*.

Il parco, denominato "*Alpha 2*", è ubicato in provincia di Foggia, nel territorio comunale di Cerignola ed è composto da **22** aerogeneratori.

Fanno parte del progetto anche le linee elettriche in cavo sotterraneo (cavidotti d'interconnessione per il trasporto dell'energia prodotta), le piazzole di montaggio, le strade di accesso alle piazzole e la sottostazione elettrica.

La seguente relazione geotecnica ha perseguito i seguenti scopi:

- individuazione dei litotipi costituenti la successione stratigrafica presente nell'area in esame, con particolare riferimento al loro assetto giaciturale;
- caratterizzazione meccanica della successione litologica costituente l'area fondale delle opere previste dal progetto.

Lo studio interessa un'area non limitata esclusivamente a quella progettuale e si è avvalso dell'utilizzo di dati ottenuti da precedenti esperienze di lavoro svolte nelle medesime zone e di dati ottenuti dalla bibliografia e dalla cartografia preesistente, allo scopo di definire un quadro geologico generale.

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dal D.M. LL.PP. dell'11 Marzo 1988 e successiva circolare LL.PP. n°30483/88.



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico " <i>Alpha 2</i> "	<i>ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf</i>	<i>1</i>	<i>2</i>

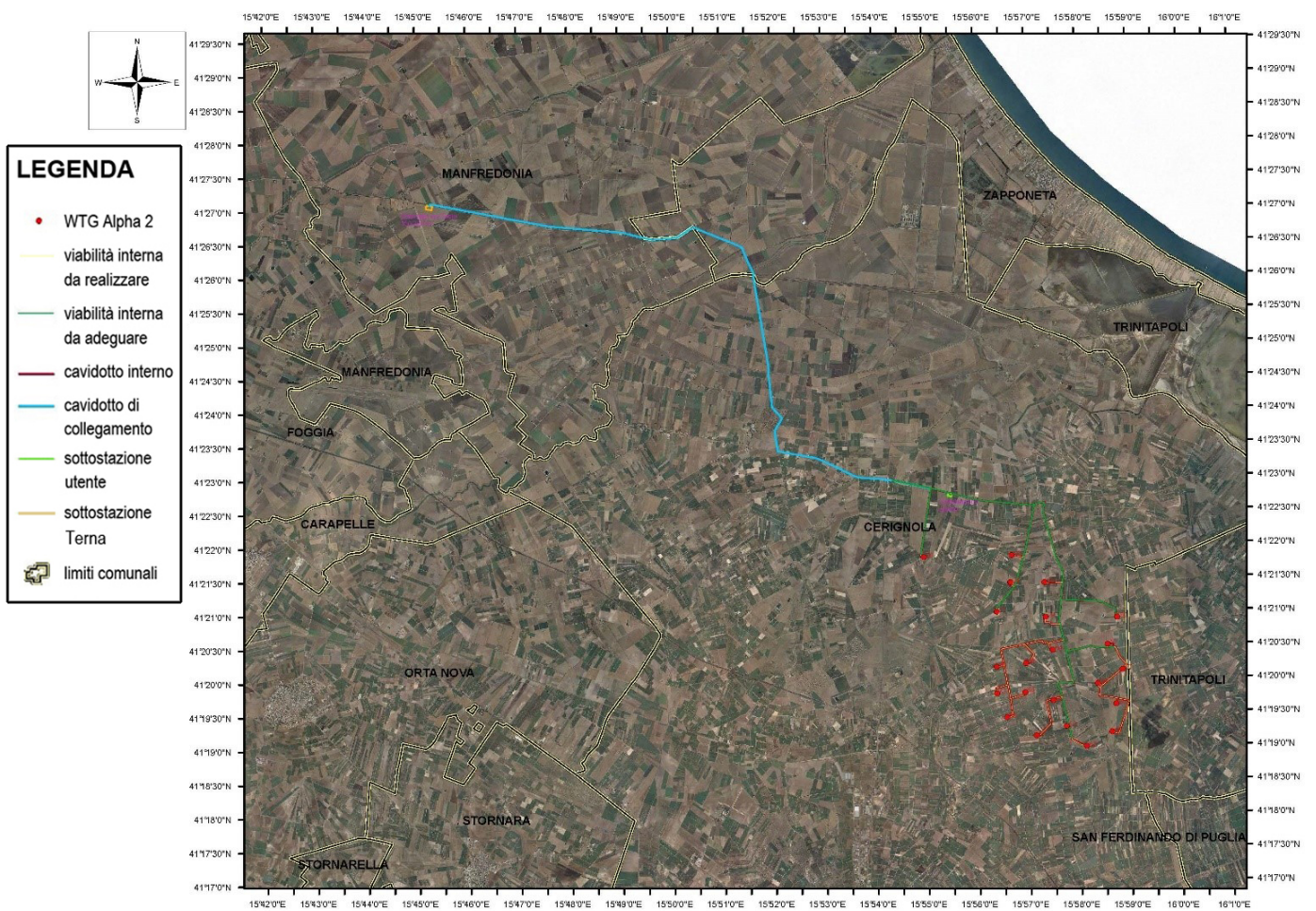


Figura 1: Ubicazione degli aerogeneratori su Ortofoto



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	3

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

L'area oggetto del presente studio, così come è meglio evidenziata nelle allegate planimetrie, è situata nell'agro di Cerignola, ed è compresa tra le Saline di Margherita di Savoia a Nord-Est, il casale Risicata a Sud e contrada Lupara ad Ovest. I terreni affioranti, ben evidenziati dalle indagini geologiche svolte, sono di natura prevalentemente sabbioso ed ascrivibili principalmente a formazioni di età pleistocenica.

**Qm2** - *Sabbie giallastre con fauna litorale* (Pleistocene).

Sabbie di colore giallastro, pulverulente, con abbondanti concrezioni calcaree e caratterizzate da una fauna a molluschi marini di facies litorale (Pecten, Chliamys).

**Qm** - *Sabbie quarzose fini e calcareniti, a luoghi in terrazzi* (Pleisto-cene).

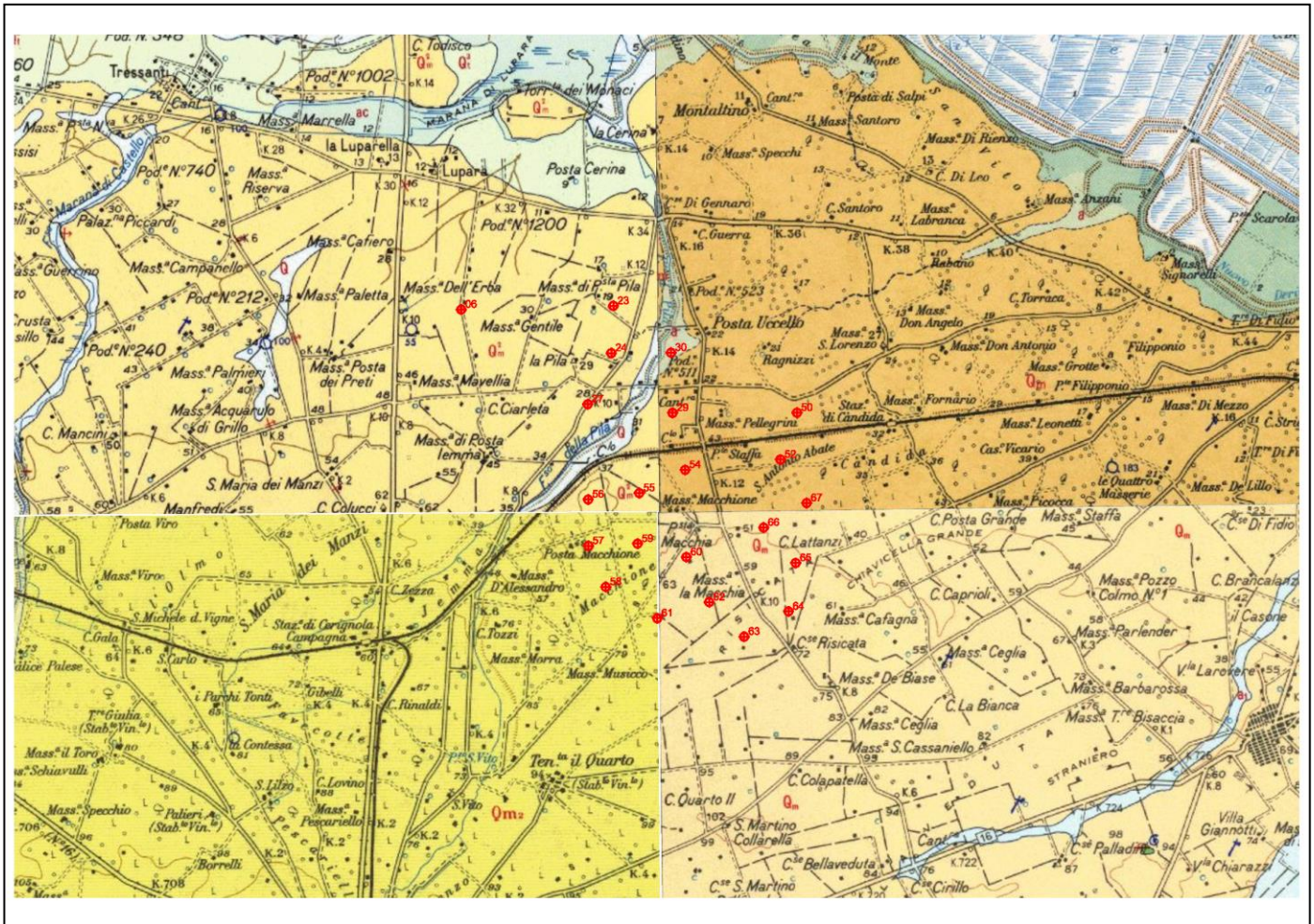
Spessore variabile da alcuni metri a poche decine di metri.

Tali depositi, sono costituiti da sabbie, sabbie calcarifere e da calcareniti con frequente stratificazione incrociata. Alla base è sempre presente un livello ad Ostrea. Si tratta di depositi tipicamente litorali.

Nei Fogli « Barletta » e «Trinitapoli» una netta distinzione in terrazzi non è stata possibile, perché le scarpate che separano un deposito dall'altro non sono dappertutto visibili.



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	4



Olocene	<p><b>Q</b> - alluvioni recenti ed attuali                      Depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi nelle valli dei corsi d'acqua; raramente argillosi. Molto permeabili.</p> <p><b>Q<sup>3t</sup></b> Alluvioni terrazzate                      Sedimenti sabbioso-argillosi terrazzati. Permeabili.</p>
Pleistocene	<p><b>Qc 1</b> - Conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni                      Formazione ciottolosa poco compatta. Molto permeabile.</p> <p><b>Qm 2</b> - Sabbie straterellate con molluschi litorali                      Sabbie fini di natura marina. Molto permeabili.</p> <p><b>Qm</b> Sabbie quarzose e calcareniti                      Sabbie in trasgressione sul conglomerato di Irsina a luoghi in terrazzi, costituiti da depositi tipicamente litorali a stratificazione incrociata.                      Permeabili.</p>
Calabriano Pliocene	<p><b>Pqs</b> - Sabbie giallastre                      Sabbie giallastre e sabbie argillose con livelli arenacei giallastri e lenti ciottolosi. Permeabili.</p>

Figura 2: Ubicazione degli aerogeneratori su carta Geologica.

### 3. ELEMENTI DI GEOTECNICA

Informazioni di tipo geotecnico relative ai parametri meccanici del sottosuolo, sono state dedotte a partire da indagini sismiche.

Al fine di caratterizzare il sottosuolo delle aree interessate dai lavori è stato utilizzato il metodo sismico, in primo luogo per rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica – rifrattori – ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso terroso o roccioso con differente grado di densità e compattezza; in secondo luogo per ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica ( $V_{S30}$ ).

Viene riportata di seguito la planimetria con la localizzazione delle prove effettuate in situ.



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	6

### Ubicazione indagini geognostiche

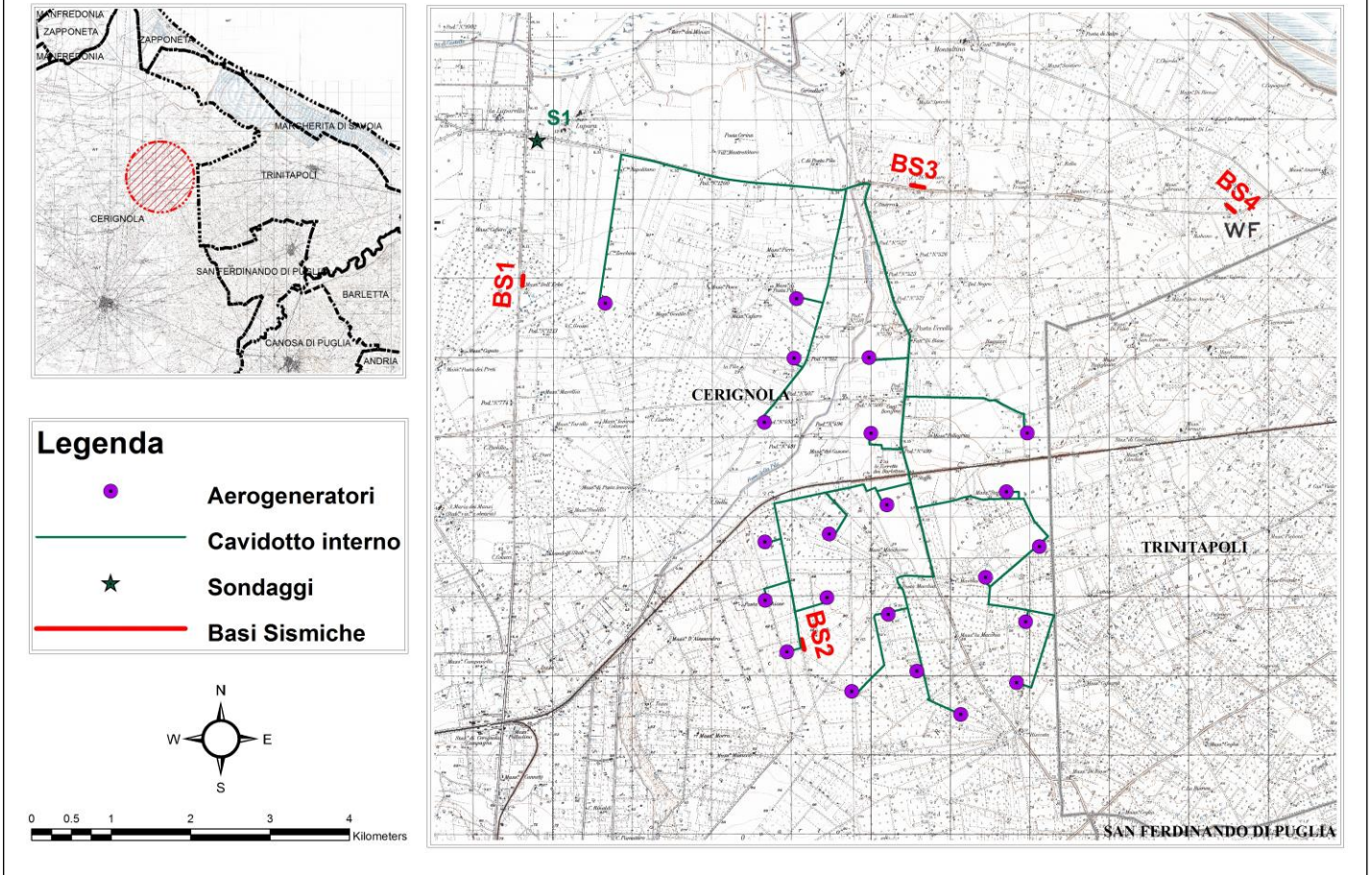


Figura 3: Planimetria su stralcio I.G.M. con ubicazione delle prove effettuate in situ



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	7



✓ **MASW - Interpretazione dei risultati di sito**

Sulla base dell'indagine sismica eseguita e applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

è stato possibile calcolare il parametro Vs30, a cui è poi stata associata la relativa categoria di suolo di fondazione secondo quanto indicato nella Nuova Normativa Sismica, come di seguito sintetizzato in tabella.

**Di seguito si riportano le risultanze delle basi sismiche eseguite:**

- ✓ BS01 in onde P ed S (mediante MASW.): si individuano tre sismo strati.

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	375	168	0,00÷3,70	Terreno vegetale frammisto a dep. sabbioso poco addensato
2	676	315	3,70÷9,80	Deposito da poco a mediamente addensato
3	1450	635	9,80÷16,00	Deposito sabbioso addensato con livelli argillosi

- ✓ BS02 in onde P ed S (mediante MASW.): si individuano tre sismo strati.

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	365	167	0,00÷2,30	Terreno vegetale frammisto a dep. sabbioso poco addensato
2	794	375	2,30÷6,70	Deposito da poco a mediamente addensato
3	1235	544	6,70÷15,00	Deposito sabbioso addensato con livelli argillosi

- ✓ BS03 in onde P ed S (mediante MASW.): si individuano tre sismo strati.

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	337	150	0,00÷1,50	Terreno vegetale frammisto a dep. sabbioso poco addensato
2	724	348	1,50÷4,00	Deposito da poco a mediamente addensato
3	1421	698	4,00÷12,00	Deposito sabbioso addensato con livelli sabbiosi cementati



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	8

- ✓ BS04 in onde P ed S (mediante MASW.): si individuano tre sismo strati.

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	340	149	0,00÷1,80	Terreno vegetale frammisto a dep. sabbioso poco addensato
2	750	363	1,80÷4,00	Deposito da poco a mediamente addensato
3	1489	731	4,00÷12,00	Deposito sabbioso addensato con livelli sabbiosi cementati

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, in base alle indagini sismiche locali il sito risulta :

PROFILO MASW	VELOCITA' DI PROPAGAZIONE (Vs30)	CATEGORIA DI SUOLO
MASW 01	431m/s	B
MASW 02	463m/s	B
MASW 03	596m/s	B
MASW 04	589m/s	B

Suolo di classe “B”, definito come (punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008): “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 VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori 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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30}$ 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ 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 $V_{s,30} > 800$ m/s)
Categorie aggiuntive	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ KPa), che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico “Alpha 2”	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	9

Inoltre dalla indagini idrogeologiche e dall'indagine geognostica, la falda non è presente a quota interessante il piano di posa delle fondazioni.

E' possibile indicare, grazie alle prove effettuate, i seguenti parametri per le varie litologie utili ai fini delle indicazioni sull'interazione terreno-struttura e sulla stabilità dell'area oggetto dell'intervento.

- **Terreno vegetale frammisto a deposito sabbioso poco addensato (da 2.3 m a 3.0 m)**

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
$\gamma$ peso volume	1,4 t/m <sup>3</sup>
c coesione	1- 2 t/m <sup>2</sup>
$\phi$ angolo di resistenza al taglio	14°- 15°
Mes*	354 MPa

- **Deposito da poco a mediamente addensato (da 3.0 m a 6.5 m)**

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
$\gamma$ peso volume	1,8 t/m <sup>3</sup>
c coesione	4-5 t/m <sup>2</sup>
$\phi$ angolo di resistenza al taglio	21°- 22°
Mes*	736 MPa

- **Deposito sabbioso addensato con livelli argillosi (da 6.5 m a 20 m)**

La tabella seguente sintetizza i valori da assegnare ai principali parametri geotecnici:

Parametro geotecnico	Valore assunto
$\gamma$ peso volume	1,9 t/m <sup>3</sup>
c coesione	7-8 t/m <sup>2</sup>
$\phi$ angolo di resistenza al taglio	24°
Mes*	1389 MPa

dove:

$\gamma$  = peso volume

c = coesione

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

Mes\* = modulo di elasticità dinamico di Young, mediato dalle prove sismiche



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	10

(quote dal p.c. riferite in m)

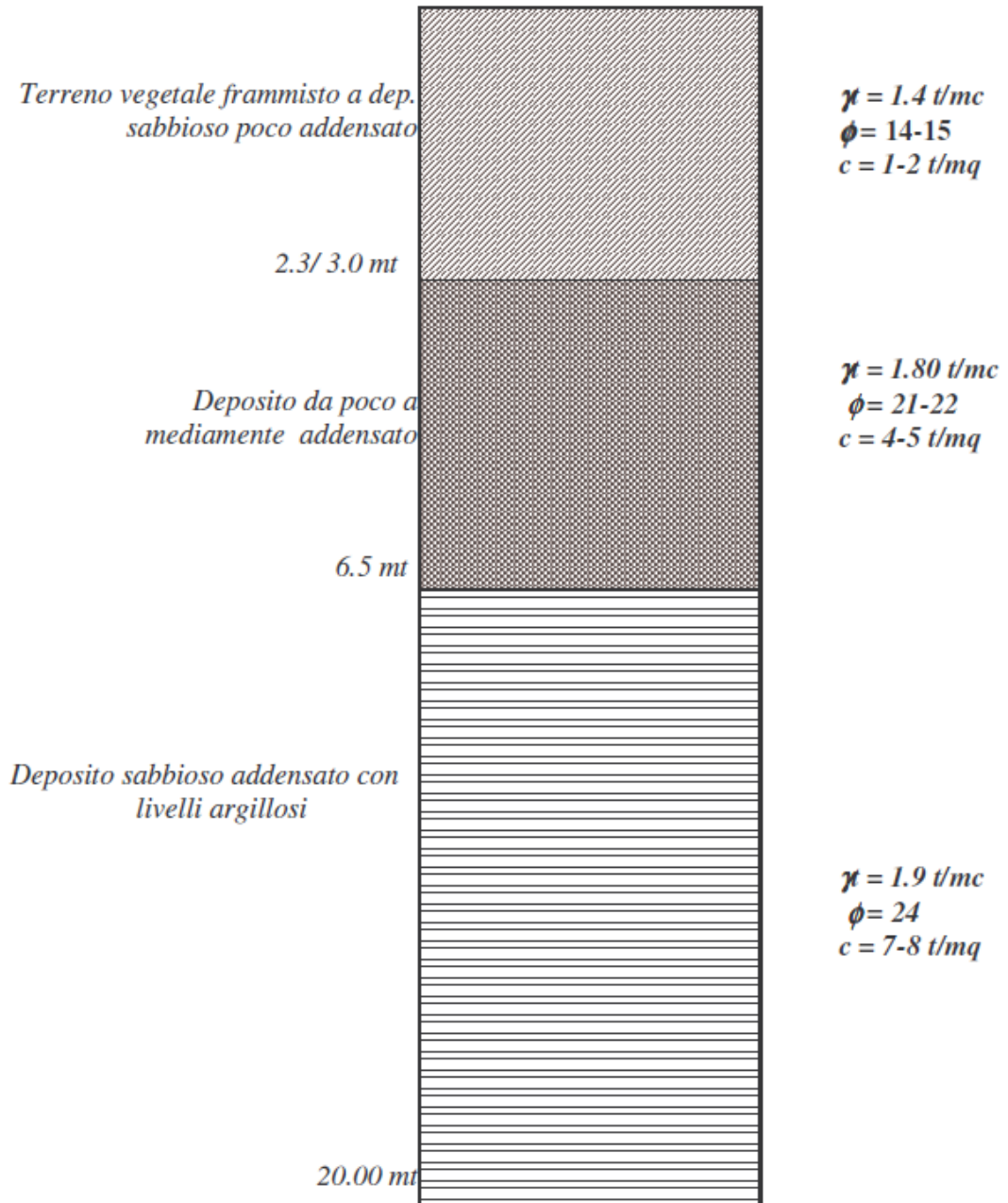


Figura 4: Schema geo-stratigrafico di riferimento



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	11

## 4. CONCLUSIONI

Sulla base della parametrizzazione meccanica sopra esposta, per quanto riguarda il tipo di fondazione delle torri degli aerogeneratori, considerata la natura dei terreni di fondazione ed i parametri geomeccanici previsti, con particolare riferimento alla deformabilità degli stessi, per evitare pericolosi cedimenti differenziali, si ritiene necessario adottare la soluzione di fondazioni su pali.

In questa prima fase si prevedono **n° 54 pali** di diametro  $\varnothing 100$  cm posti su due file, rispettivamente i primi 36 pali posti su un raggio di 16,5 m, i restati 18 pali posti su un raggio pari a 12 m. La congiungente degli assi di due generici pali contigui con il centro del plinto forma un angolo di  $10^\circ$  per la fila più esterna e  $20^\circ$  per quella più interna. Il plinto su cui atterreranno i pali, avrà un diametro esterno di 36 m ed un diametro interno medio di 14,8 m (**Figura 5**).

La tipologia di fondazione da adottare sarà comunque definita con maggiore accuratezza in fase esecutiva.

Una caratterizzazione precisa ed accurata deriverà, in fase successiva, da eseguire in corrispondenza dei singoli siti su cui è prevista la costruzione delle torri.

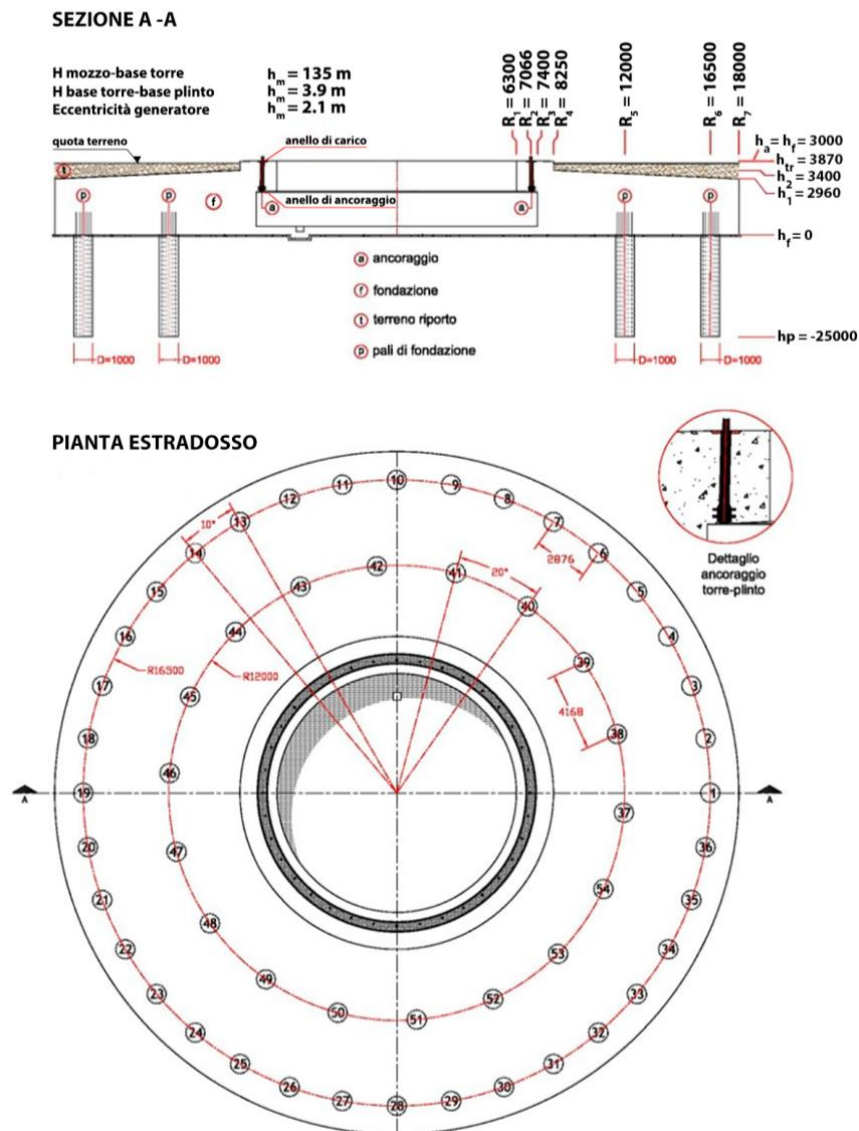


Figura 5: Schema tipico fondazione su pali

Per la costruzione delle strade si prevede la bonifica di sottofondo mediante asportazione del suolo alterato superficiale, sostituendolo con materiale arido di cava, eventualmente avvolto in tessuto non tessuto, a profondità variabile da zona a zona, che dovrà essere accertata, in fase esecutiva, sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini specifiche e puntuali.

Per i cavidotti interrati particolare attenzione dovrà essere rivolta alla scelta del percorso, con particolare riguardo alla sistemazione del deflusso delle acque superficiali, evitando, dove possibile, quei tracciati dove sono palesemente visibili movimenti di massa attivi e/o quiescenti.



Progetto	File	Rev.	Pag.
Impianto eolico "Alpha 2"	ALPHA 2 – A08 - Relazione Geotecnica.pdf	1	13