

# "PARCO EOLICO FLORINAS (SS)"

Progetto per la realizzazione di un parco eolico con potenza pari a 48 MW  
sito nel Comune di Florinas (SS)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



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



TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA

SCALA

COMMESSA

SVIL-1000183613

CODIFICA DOCUMENTO

FLO-PD-REL-018-R00

4					
3					
2					
1					
0	PRIMA EMISSIONE	Dicembre 2023	FC	EG	MG
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

Questo disegno non può essere riprodotto, nè utilizzato altrove, nè ceduto a terzi in tutto o in parte senza il consenso scritto degli autori

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE.....</b>	<b>17</b>
8.1	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>20</b>

## 1        **PREMESSA**

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Florinas (SS)" composto da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 48 MW, ubicato nel comune di Florinas(SS) e proposto dalla società Edison Rinnovabili S.p.A., facente parte del Gruppo Edison, con sede legale in Milano via Foro Buonaparte 31, 20121.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 6,0 MW, con diametro rotore fino a 155 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto. Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade Sa Pedraia (FLO-01), Sadde Senida(FLO-02), Sa Punta de Sas Baddes (FLO-03 e FLO-04), Coladolzos (FLO-05 e FLO-06), Banzos (FLO-07), Peru Saddu (FLO-08).

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- un elettrodotto interrato con cavi a 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori;
- nuova stazione Elettrica Utente

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

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

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nella attuale fase di progettazione definitiva, si eseguiranno dei calcoli preliminari basati sullo studio geologico del dott. Carlo Cibella.

L'analisi dei terreni e il predimensionamento delle fondazioni (cfr. relazione di predimensionamento delle fondazioni FLO-PD-R05-00) suggeriscono l'adozione di una fondazione su pali per gli aerogeneratori FLO-02 ed FLO-03, e l'adozione con fondazioni dirette per gli aerogeneratori FLO-01, FLO-04, FLO-05, FLO-06, FLO-07, FLO-08.

Come risulta dal calcolo di pre-dimensionamento, la fondazione indiretta proposta sarà costituita da un plinto circolare, di diametro 20,00 m e spessore variabile su pali di adeguata lunghezza. 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 fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza di diametro 36 mm, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. Dietro ai lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 180 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione. Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra. Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

Come risulta dal calcolo di predimensionamento, la fondazione di tipo diretto è costituita da un plinto circolare avente diametro pari a 25m. Questo presenta una suola di forma troncoconica, con altezza pari a 0,80m al bordo esterno e pari a 2,55m in corrispondenza della parte centrale, ad un raggio di 3,00m. Al centro del plinto è presente un colletto cilindrico di raggio pari a 3,00m che si eleva sulla suola di ulteriori 0,60m per un'altezza complessiva pari a 3,15m.

Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

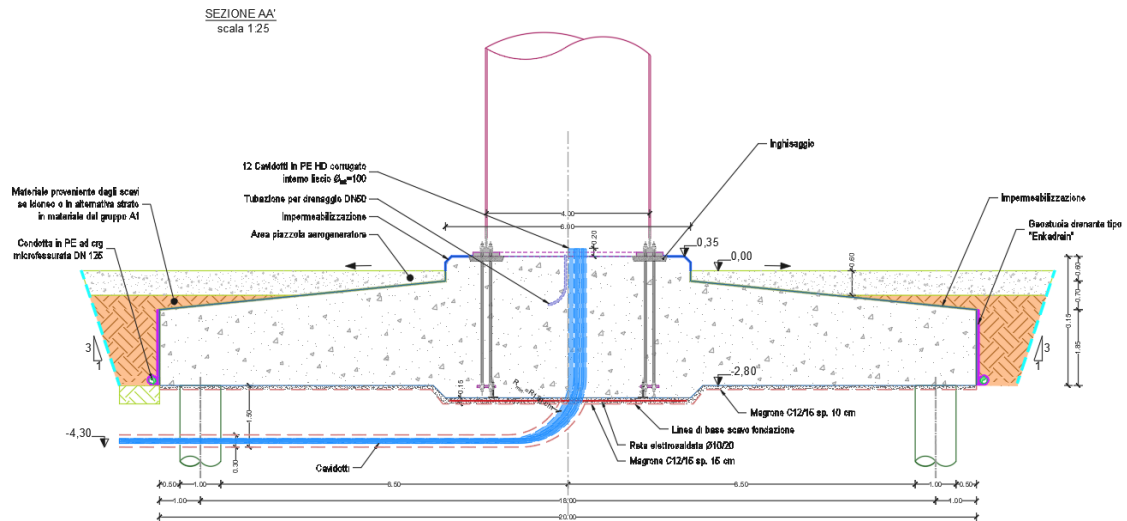


Figura 1 - Sezione del plinto su pali

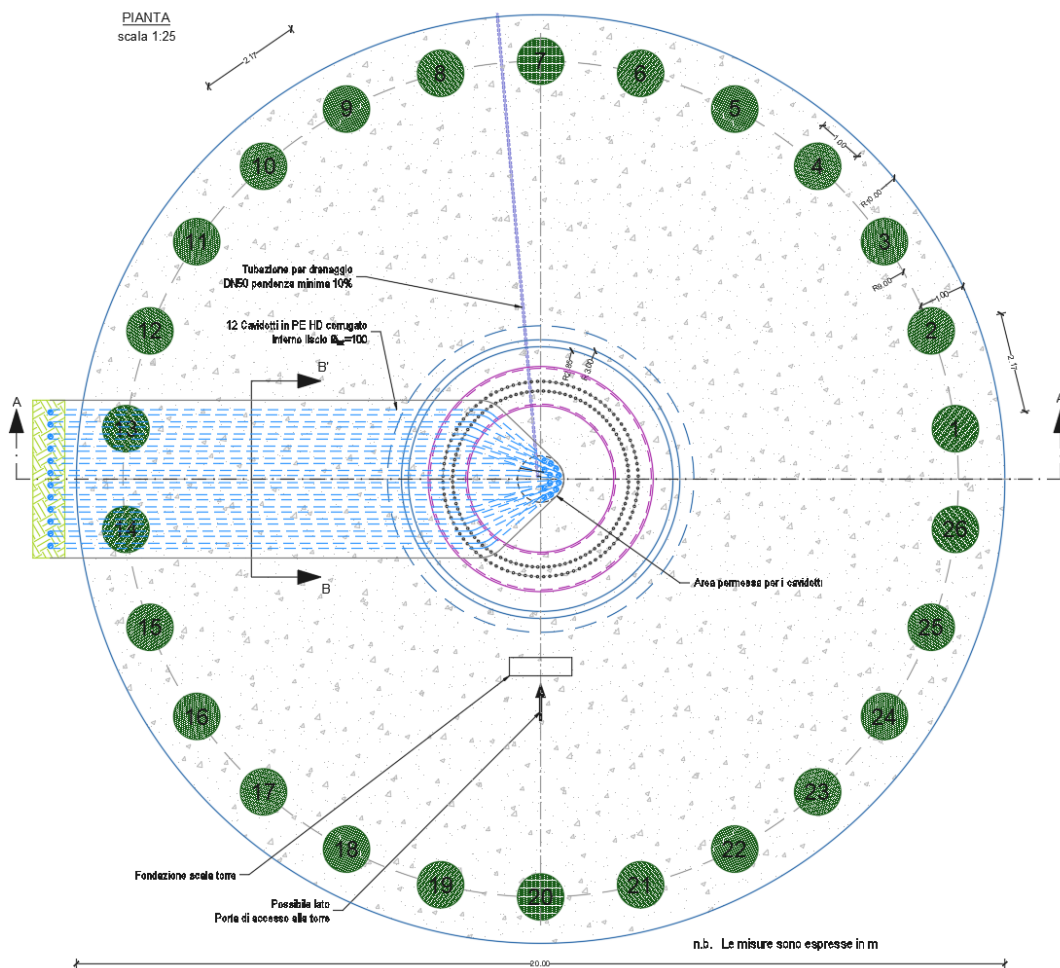


Figura 2 - Pianta del plinto di fondazione su pali

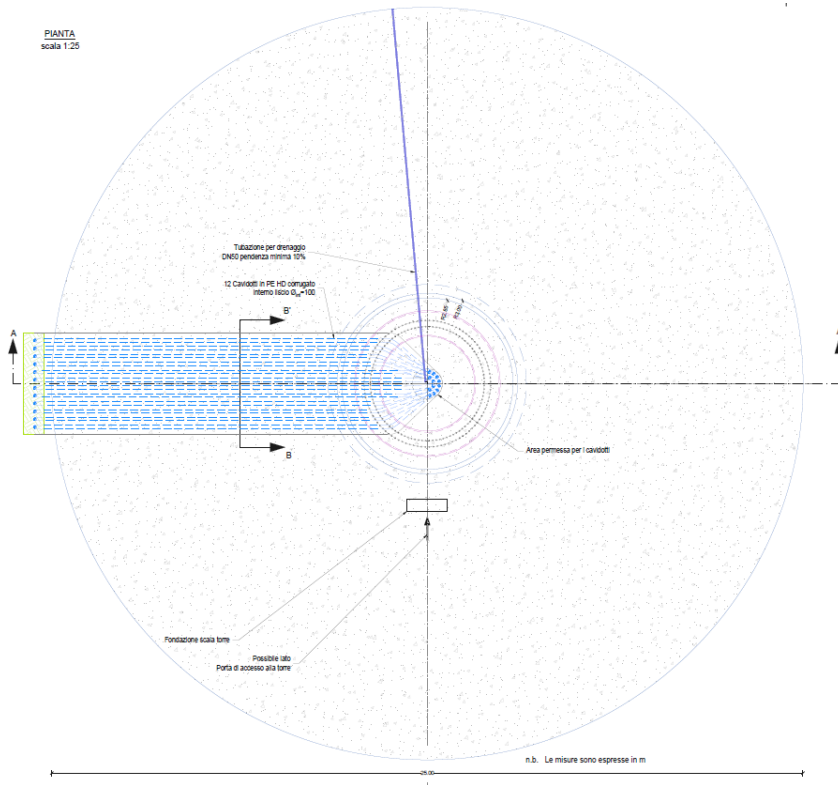


Figura 3 - Pianta del plinto diretto

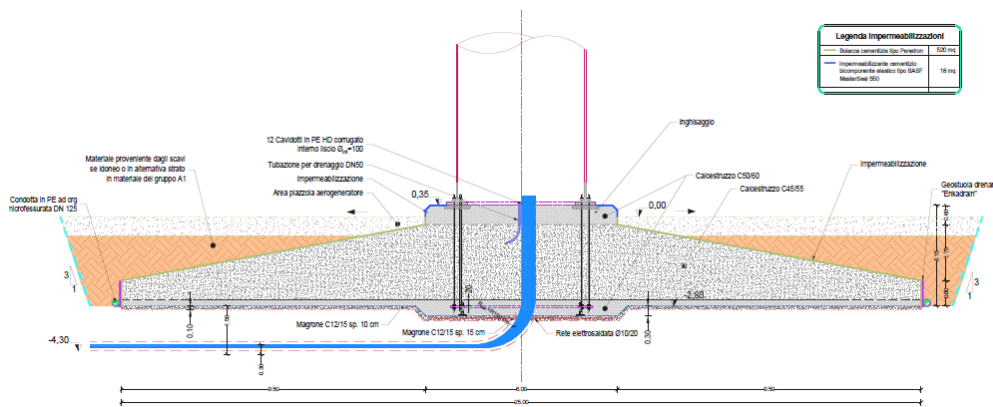


Figura 4 - Sezione del plinto diretto

### 3        **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la normativa tecnica nazionale in vigore: “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018.

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”.

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade Sa Pedraia (FLO-01), Sadde Senida(FLO-02), Sa Punta de Sas Baddes (FLO-03 e FLO-04), Coladolzos (FLO-05 e FLO-06), Banzos (FLO-07), Peru Saddu (FLO-08).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

IGM 25 K:

193\_IV\_NE Florinas

CTRN 10K WGS84:

- 459120
- 459160
- 460090
- 460130

CATASTALI

Comune di Florinas

- 10, 19, 20, 21

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
FLO-01	4498033,91	472104,71	Florinas: Foglio 21, p.lla: 3
FLO-02	4496841,24	472503,70	Florinas: Foglio 21, p.lla: 57
FLO-03	4496315,64	472205,42	Florinas: Foglio 20, p.lla: 52
FLO-04	4496061,13	471714,62	Florinas: Foglio 20, p.lle: 38
FLO-05	4496433,93	471340,49	Florinas: Foglio 19, p.lla: 52
FLO-06	4496838,36	471016,28	Florinas: Foglio 19, p.lla: 39
FLO-07	4497406,35	471005,13	Florinas: Foglio 19, p.lla: 7
FLO-08	4498659,87	469898,71	Florinas: Foglio 10, p.lla: 77

Tabella 1 - Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84

Gli aerogeneratori che saranno installati verranno scelti tra diversi fornitori ed in grado di sviluppare ciascuno 6,00 MW di potenza massima, con le seguenti specifiche tecniche orientative:

- diametro del rotore fino a 155 m;
- altezza massima fino a 200 m.



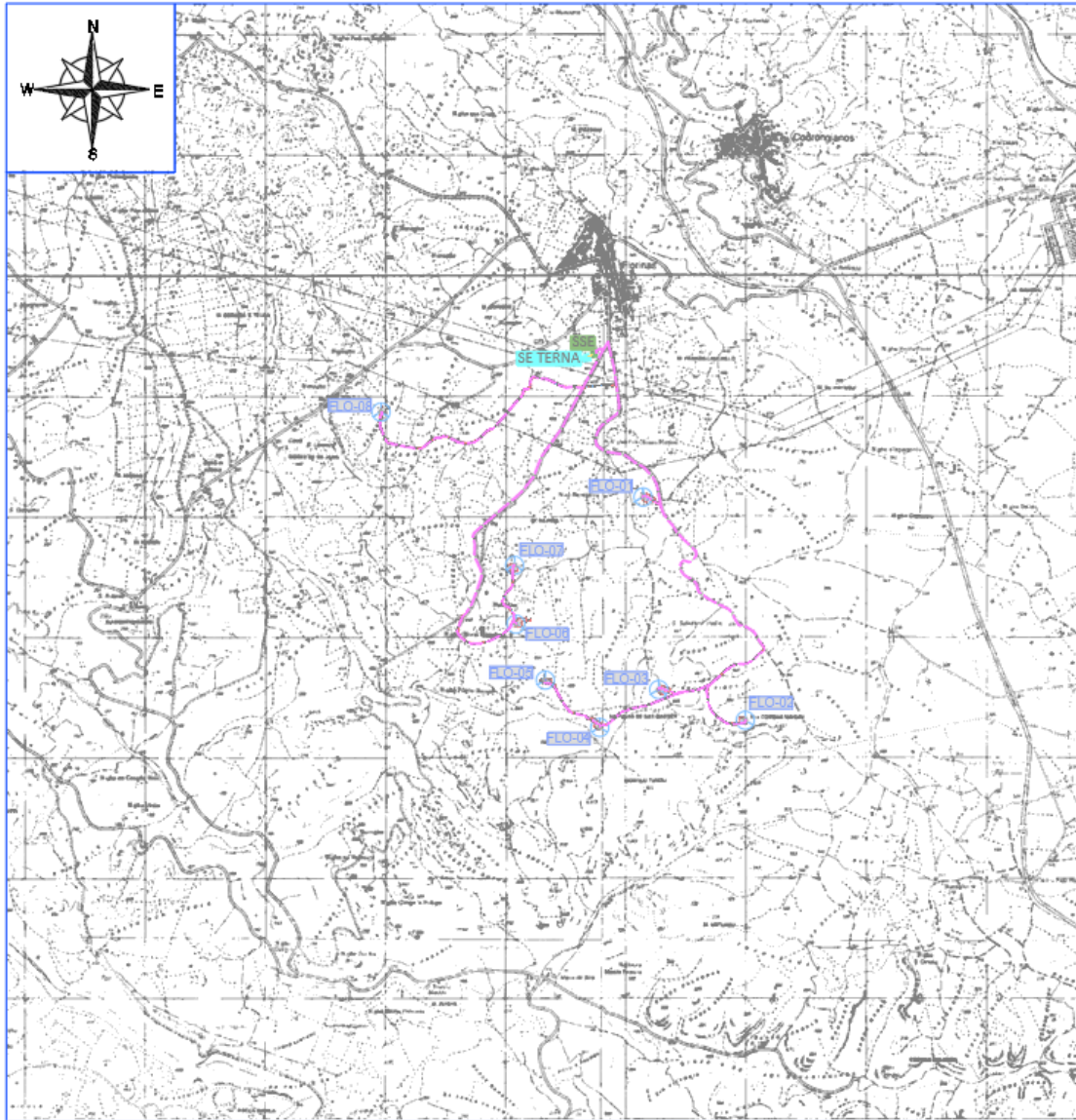


Figura 5 - Layout dell'impianto su IGM 1:25000

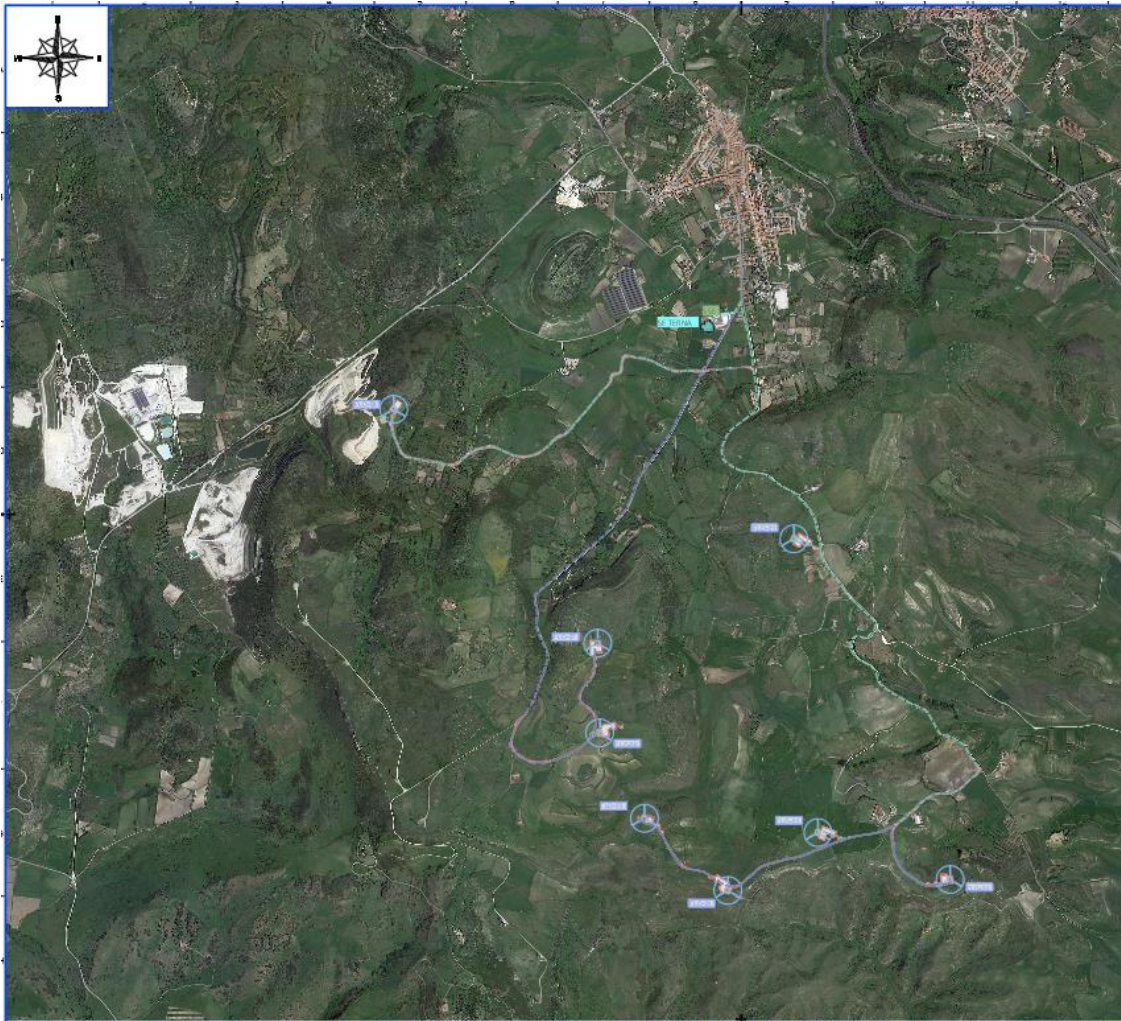


Figura 6 - Layout dell'impianto su Ortofoto 1:10000

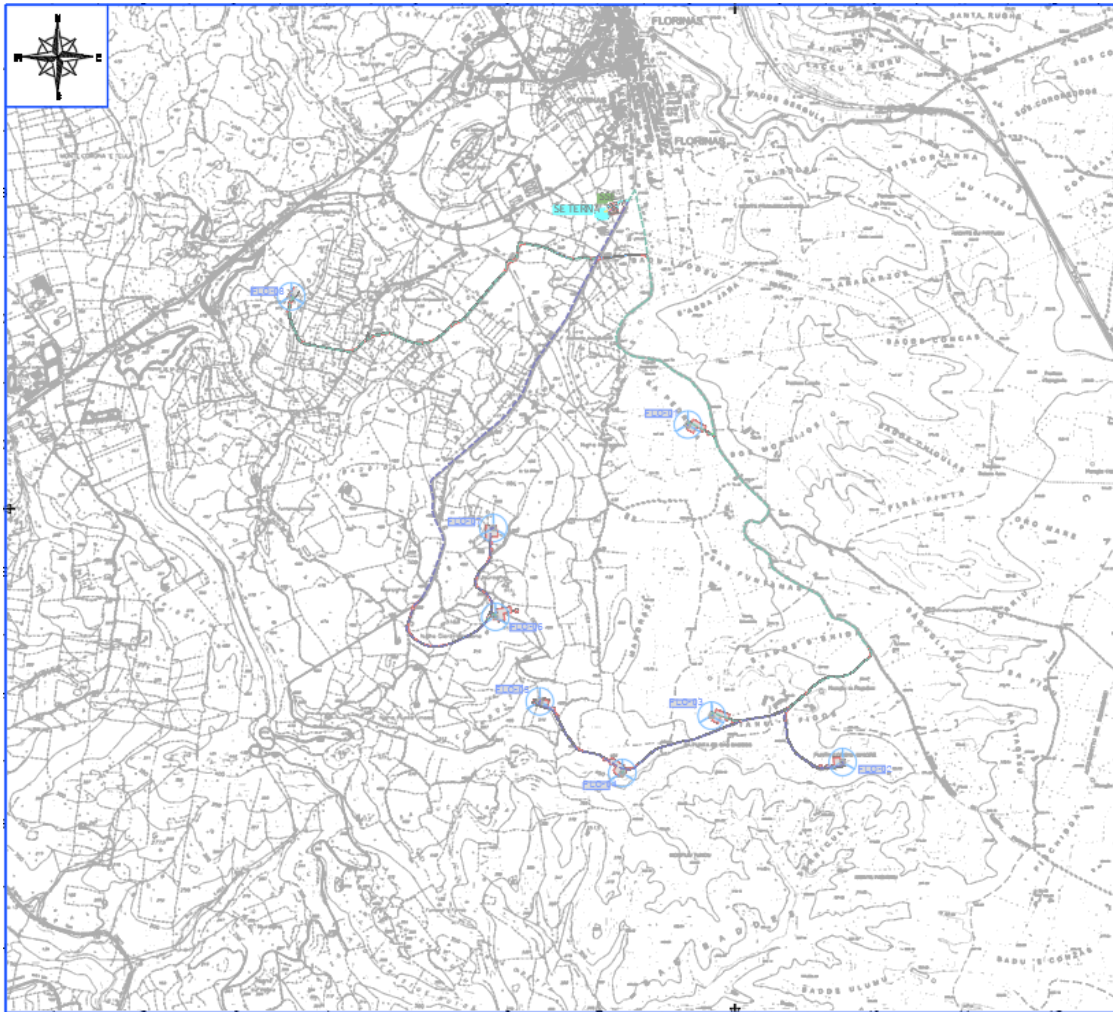


Figura 7 - Layout dell'impianto su CTR 1:10000

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Si riporta l'estratto dalla relazione geologica allegata al progetto redatta dal Dott. Cibella.

*“L'area interessata, situata a Sud dell'abitato di Florinas (SS), a livello regionale si colloca all'interno di un Rift terziario impostato su un substrato composto da rocce vulcaniche e sedimentarie dell'Oligocene-Miocene, ricoperto da depositi continentali e marini di età compresa tra il Burdigaliano superiore ed il Tortoniano-Messiniano.*

*Il Rift a sua volta è composto da due bacini, il bacino di Porto Torres e il Bacino di Logudoro. Nell'area interessata affiorano terreni, insieme ad altre formazioni che dal punto di vista geostrutturale, appartengono al “Bacino del Logudoro”, una delle tante depressioni tettoniche che si formarono in successione andando a costituire la cosiddetta Fossa Sarda, estesa dal Golfo di Cagliari al Golfo dell'Asinara. Si tratta di una zona che ha subito uno sprofondamento nell'ambito dei fenomeni geodinamici legati alla rotazione in senso antiorario del blocco sardo-corso e alla conseguente apertura del Bacino Balearico, avvenuta tra l'Oligocene ed il Miocene Bacino del Logudoro (da Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia e Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200 000). I complessi geologici che si possono rinvenire in prossimità dell'area interessata dal progetto sono, a partire dal più antico al più recente:*

- *rocce vulcaniche a chimismo calco-alcantino costituite prevalentemente da ignimbriti, andesiti e piroclastiti;*
- *depositi sedimentari di ambiente marino;*
- *depositi sedimentari continentali;*

*La formazione di questa sequenza è dovuta al fatto che a partire dal Burdigaliano si verifica una intensa attività vulcanica cui seguì un periodo di ingressione marina entro il bacino che in via di sprofondando, il quale diede luogo al cosiddetto “Secondo Ciclo Sedimentario Miocenico”. Si formarono depositi di natura carbonatica e marnosa la cui sedimentazione avvenne fino al Serravalliano, terminando con una fase regressiva del mare che diede luogo a depositi di sabbie e arenarie. Una ulteriore ingressione marina, definita come “Terzo Ciclo Sedimentario Miocenico”, avvenne ancora a causa di fenomeni di sprofondamento del Bacino del Logudoro, con formazione di depositi sedimentari carbonatici, a partire dal Tortoniano per terminare nel Messiniano.*

*Nel seguito vengono descritte in dettaglio le formazioni riportate nella carta geologica, dalla più recente alla più antica:*

**Coperture recenti** (Attuale) costituite da depositi alluvionali, detrito di falda, accumuli antropici e di miniera.

**Depositi colluviali** (Olocene – Attuale): materiali originatisi dal disfacimento delle rocce sui versanti e trasporto e sedimentazione al piede degli stessi a causa dell'azione delle acque piovane e della gravità. Il loro grado di addensamento è variabile a seconda dei luoghi e del tipo di roccia dalla quale derivano. Li si trova in affioramento su una fascia meridiana dell'area rilevata, nelle zone a quota più bassa, in zona

*S'Attoa, nell'ampia valle di Ena e Muros che si estende verso SE allargandosi in corrispondenza degli impianti di lavorazione delle sabbie di cava e, più a ovest, ai piedi del versante di Su Tittione. Lo spessore del deposito è variabile ma comunque si stima contenuto entro 10 m circa.*

**Formazione dei Calcari di Monte Santo** (Miocene medio), si tratta di rocce compatte, di colore chiaro, con elevato contenuto di carbonato di calcio a causa della abbondante componente fossilifera (bioclastica) la cui sedimentazione avvenne in ambiente di piattaforma di sedimentazione interna, analogo alle barriere coralline attuali. Contengono rare intercalazioni silico – clastiche. Si sono formati in seguito al terzo ciclo di ingressione del mare miocenico nel Bacino del Logudoro. Affiorano sulla maggior parte della zona rilevata, a partire dalle località Coladolzòs e Nuraghe Punta Unossi, a sud, fino alla località Sos Baddios e Monte Sa Pria, verso Nord, dove si individua il contatto con le sabbie. Ancora più a nord affiorano, dislocati da una faglia diretta, il località Pedru Soddu e Frassos. Lo spessore massimo di questa formazione nella zona è stato rilevato nella cava di sabbia di Monte Mamas, dove si osserva un fronte alto circa 25 m.

**Formazione delle Sabbie di Florinas** (Miocene medio), sabbie a granulometria medio fine, di colore bianco, composte prevalentemente da quarzo, cui si uniscono caolino e feldspato. Derivano dallo smantellamento di rilievi granitici. Si sono depositate in ambiente fluvio marino in seguito alla regressione del mare miocenico. Nella cava di Monte Mamas sono state scavate fino alla profondità di circa 100 m anche se non si conosce la profondità del contatto con la formazione sottostante. Sono disposte in forma di grandi lenti che durante la loro formazione hanno seguito la morfologia del substrato preesistente. Al contatto con i calcari di tetto le si trovano cementate a causa della percolazione di acque ricche in carbonato di calcio mentre in profondità divengono via via sempre meno compatte. Oltre che nella zona di M. Mamas affiorano estesamente lungo la Strada Provinciale che conduce a Florinas, dove si trovano delle cave dismesse e in località di Badde Puttu.

**Formazione delle Marne di Borutta** (Miocene medio), si presentano come una regolare alternanza di livelli decimetrici di siltiti grigie di natura calcareo-argillosa, con livelli di calcareniti più o meno cementate e marne, solitamente ricchi in fossili.

La potenza di questa formazione è stimata in circa 50 m, presentano una regolare stratificazione e risultano essere, nel complesso, più facilmente erodibili rispetto ai calcari soprastanti, dando luogo a forme arrotondate del rilievo.

Si trovano al piede delle zone di altipiano impostate sulla formazione dei Calcari di Monte Santo nei due settori occidentale e orientale della zona rilevata. In quest'ultimo si presentano talvolta dislocate per faglia, come ad esempio nelle località di Frassos e Badde Puttu e in località Mandras.

**Formazione di Mores** (Miocene medio), unità di ambiente marino di piattaforma formata da due litofacies, una carbonatica costituita da biocalcareni biancastre, stratificate, fossilifere, con livelli di sabbie quarzose con trovanti provenienti dal basamento granitico.

**Lave di Pala Mantedda** (Oligocene sup. – Miocene inf.), sono costituite da un'alternanza di colate e duomi a chimismo andesitico-dacitico a formare il rilievo di Pala Mantedda a sud di Florinas. Le colate presentano un colore grigio-rossastro con porzioni autoclastiche nella parte basale e laminazioni di flusso in quella centrale.

In particolare gli aerogeneratori denominati FLO-01, FLO-04, FLO-05, FLO-06, FLO-07, FLO-08 ricadono sui terreni calcarei della Formazione di Montesanto, quelli denominati FLO-02 ed FLO-03 sui terreni marnosi della Formazione di Borutta.

Per maggiori dettagli si rimanda alla carta geologica ed idrogeologica allegata (Tav. 1), di cui alla pagina successiva si presenta uno stralcio ed alla sezione stratigrafica allegata nella pagina successiva.

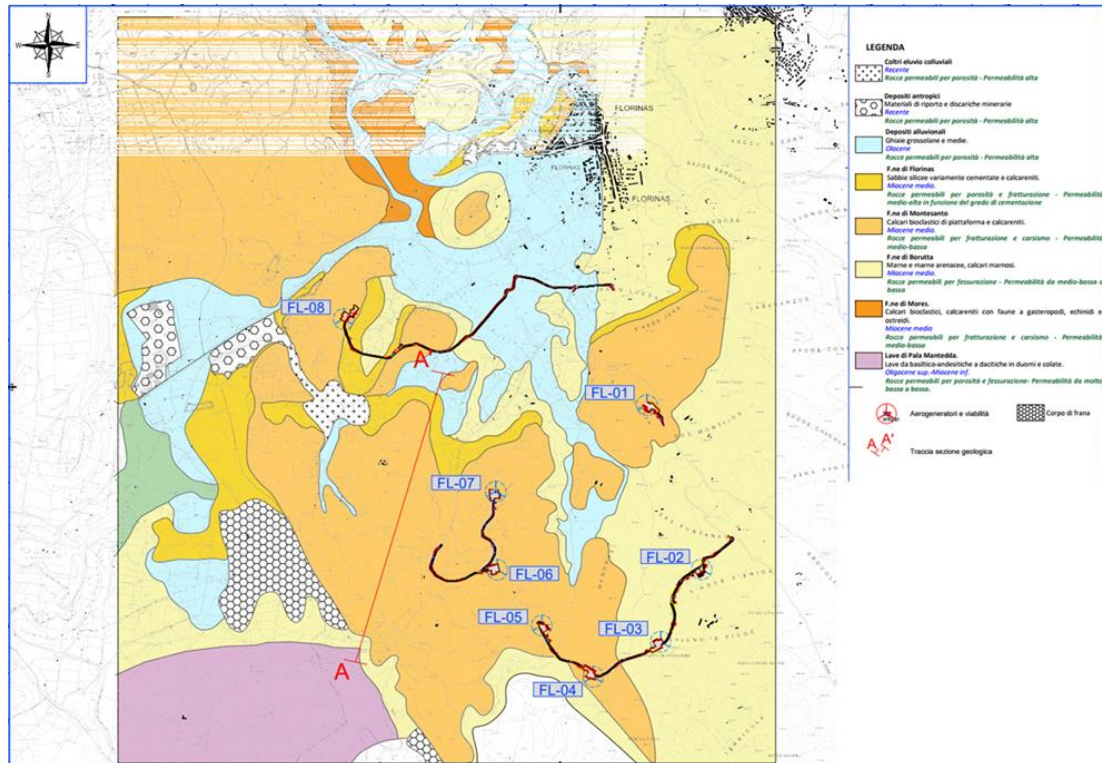


Figura 8

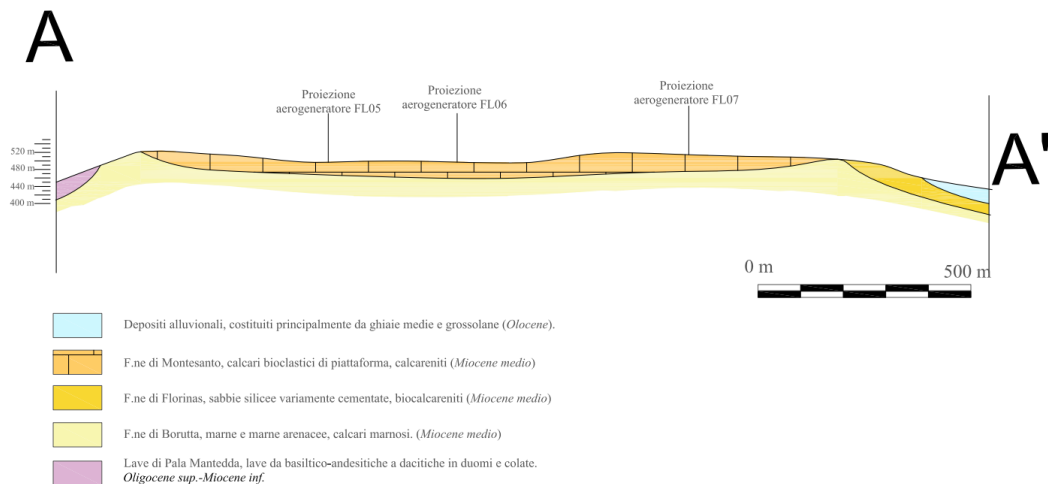


Figura 9

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Si riporta l'estratto dalla relazione geologica allegata al progetto redatta dal Dott. Cibella.

*“L'area in studio ricade all'interno del territorio del Comune di Florinas ubicato nella Sardegna nord-occidentale nella Provincia di Sassari ad una quota compresa tra i 400 e i 512 m s.l.m. Il territorio è prevalentemente costituito da estesi altipiani dalla sommità orizzontale o sub orizzontale delimitati da pendii con vario grado di acclività, impostati sulla successione dei Calcari di Monte Santo e dei Calcari di Mores e delle formazioni sottostanti. Separano gli altipiani valli fluviali dal fondo piatto o a conca. Completano l'aspetto geomorfologico dell'area la presenza di molte aree adibite a prelievo di materiali di cava (sabbie), alcune in esercizio altre dismesse.*

*L'azione morfodinamica è principalmente rappresentata dal modellamento ad opera delle acque piovane, di ruscellamento e incanalate, che esplicano la loro azione erosiva in modo selettivo in funzione delle litologie incontrate. L'analisi di queste dinamiche permette di porre l'attenzione sulle porzioni di territorio potenzialmente instabili. I bordi degli altipiani si presentano talvolta come alte pareti verticali laddove le marne sono state erose in maniera più intensa, lungo le quali si possono verificare frane da crollo di blocchi rocciosi che danno luogo ad un lento arretramento delle pareti con il conseguente smantellamento degli altipiani. Si tratta di fenomeni i cui effetti si manifestano in tempi geologici, ovvero molto lunghi. Gli aerogeneratori dell'impianto in progetto sono ubicati sugli altipiani calcarei, sufficientemente distanti da zone di bordo potenzialmente instabili.*

*Le forme presenti nella zona sono riconducibili essenzialmente a cause strutturali, determinate dalla giacitura dei litotipi, e all'erosione superficiale ad opera delle acque piovane che, come detto, operano in maniera differente a seconda del litotipo incontrato. In quelli più erodibili si generano forme dolci e arrotondate, in quelli maggiormente cementati si generano forme aspre dai contorni netti. Le superfici che si osservano sulla Formazione dei Calcari di Monte Santo sono, ad esempio, fortemente influenzate dalle caratteristiche strutturali del substrato roccioso.*

*Gli impluvi presentano un diverso grado di approfondimento man mano che ci si sposta dalla sommità degli altipiani verso le zone perimetrali presentandosi come vallecole strette, appena accennate, con profilo a V, passando a vallecole con fondo a conca in corrispondenza dei versanti impostati sulle Marne di Borutta. Alla base dei versanti nella formazione dei Calcari di Mores le valli si presentano strette con fondo piatto. Le superfici sulle quali è più intensa l'azione modellante delle acque piovane sono coincidenti con gli affioramenti di sabbie e marne.*

*L'idrografia dell'area in esame è poco sviluppata, ed è inserita all'interno di un'area vasta che è sottesa al bacino idrografico Cochinas-Mannu-Temo.*

*I corsi d'acqua che attraversano l'area interessata non costituiscono dei veri e propri fiumi ma, in presenza di piogge cospicue il Rio Pedra Lada, con andamento nord ovest-sud est, può presentare portate importanti. Sono presenti, inoltre, alcuni solchi di ruscellamento di modeste dimensioni che convogliano le acque soltanto in occasione di abbondanti precipitazioni meteoriche.*

*Per quanto concerne l'area in cui andrà realizzata l'opera in esame nel presente elaborato tecnico, si possono riscontrare numerose linee di impluvio, ruscelli capaci di portare acqua solamente in presenza di piogge abbondanti in seguito al ristretto areale di raccolta delle piogge e all'influenza delle litologie impermeabili affioranti se non scarsamente permeabili per fratturazione.*

*La cartografia del PAI non è stata allegata alla presente relazione in quanto l'area NON è interessata da dissesti né da vincoli geomorfologici e idraulici, pertanto risulta essere assolutamente stabile. La stabilità dei siti di progetto è garantita, infatti, dalle buone caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo, dalla giacitura degli strati e dall'assenza di agenti morfogenetici attivi tali da turbare l'attuale habitus geomorfologico.*

*Nella carta geomorfologica, Tav. 2, sono state cartografate due aree interessate da fenomeni gravitativi in atto che però non influenzano in alcun modo, considerata la notevole distanza, i siti di progetto.”*



## 7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Si riporta l'estratto dalla relazione geologica allegata al progetto redatta dal Dott. Cibella.

*“I terreni affioranti nell'area in studio sono stati suddivisi in classi con caratteristiche idro-geologiche differenti:*

- *Terreni permeabili per porosità,*
- *Terreni permeabili per porosità e fratturazione.*
- *Terreni impermeabili*

*I depositi colluviali, cui si associano detriti di versante e suoli, sono terreni di formazione recente, con composizione terrigena e clastica e diverso grado di addensamento. La loro permeabilità è del tipo primario, per porosità, e si può considerare elevata, dell'ordine di  $1 \times 10^{-2}$  cm/sec.*

*Le sabbie (Formazione di Florinas) hanno un grado di addensamento e di cementazione variabile, in funzione di questi fattori la permeabilità, per porosità e fratturazione, può essere considerata medio alta, compresa tra  $1 \times 10^{-2}$  e  $1 \times 10^{-3}$  cm/sec.*

*Le formazioni carbonatiche (F.ni di Mores, di Montesanto), sono stati inclusi nella stessa classe in quanto la loro permeabilità va considerata di tipo indiretto, per fratturazione e carsismo. L'attività geodinamica ha prodotto fenomeni di compressione e dislocazione in masse rocciose generalmente compatte, dal comportamento fragile, generando sistemi di fratture con ampia spaziatura. L'acqua si infiltra in senso verticale nelle discontinuità e può trovare delle vie di scorrimento anche secondo la giacitura dei piani di strato. La permeabilità varia da media laddove le fratture possono essere più ampie e ravvicinate a bassa laddove le sequenze di strati rocciosi sono integre e non si verifica infiltrazione, il coefficiente K varia tra  $1 \times 10^{-2}$  e  $1 \times 10^{-4}$  cm/sec.*

*Le marne e le calcareniti (F.ne di Borutta) presentano una permeabilità da bassa a medio-bassa con un coefficiente K variabile tra  $1 \times 10^{-6}$  e  $1 \times 10^{-7}$  cm/sec; pertanto, sono da ritenersi praticamente impermeabili e costituiscono il livello confinante dell'acquifero che si sviluppa entro la massa calcarea soprastante. Ciò dà luogo alla formazione di numerose sorgenti al contatto fra le due formazioni quando le acque di percolazione, che attraversano i calcari secondo percorsi approssimativamente verticali, cambiano direzione scorrendo sulla superficie dello strato marnoso fino a raggiungere la superficie topografica. Sulla base delle conoscenze dirette e dei dati reperibili in letteratura nell'area interessata dagli aerogeneratori la falda risulta essere del tipo semi libero e riscontrabile ad una profondità comprese tra i -20 e i -50 metri dal p.c., pertanto la stessa non interferirebbe con fondazioni dirette, mentre potrebbe interferire con eventuali fondazioni profonde.*

## 8 ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

Nella classificazione sismica del territorio nazionale, secondo quanto decretato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il territorio del Comune di Florinas, così come tutta la Regione Sardegna, viene classificato come "Zona 4", a cui corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale di picco "ag"  $\leq 0.05g$ .

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17/01/2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal Gennaio 2018, con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Il territorio comunale di Florinas, come già accennato, è incluso nell'elenco delle zone sismiche 4, con un valore di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) minore o uguale a 0.05. E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

Negli ultimi decenni non sono stati pochi i terremoti di energia non esattamente trascurabile localizzati in Sardegna oppure a poche decine di chilometri dalle sue coste con epicentro in mare. Il 18 giugno 1970, ad esempio, un terremoto di magnitudo Mw 4.8 localizzato nel Mare di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste Liguri e in Costa Azzurra. Sette anni più tardi, il 28 agosto 1977, è la volta di un terremoto di magnitudo Mw 5.4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte. Anche se la distanza è considerevole, la scossa viene avvertita in modo molto sensibile in tutta la Sardegna meridionale e provoca panico a Cagliari. Più di recente, il 26 aprile 2000, due forti scosse (la maggiore di magnitudo Mw 4.8) localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nordorientale, in particolare a Olbia e Posada e il 24 Marzo 2006 a Capo Teulada con

magnitudo 4.03.

Sono noti anche che, tra i terremoti storicamente più antichi, quello del 4 giugno 1616 determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli e successivamente il 17 Agosto 1771, sempre nella stessa area di 4.3°. Risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado della scala Mercalli) e al 1960 (V grado della scala Mercalli, con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Allora, i terremoti venivano registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica, e gli effetti venivano misurati soltanto con la scala Mercalli in quanto non esistevano strumentazioni per poter misurare la magnitudo. È opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato, nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 800 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei (es. calcari e calcareniti) gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bed rock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quando la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

**In particolare, l'esame della risposta sismica locale consente di affermare che nell'area interessata dal progetto, di cui al presente studio, si può escludere "la presenza di aree soggette a fenomeni di liquefazione".**

## 8.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La normativa sismica (N.T.C. 2018 di cui al D.M. 17/01/18 e ss.mm.ii.) raggruppa i diversi terreni nei cinque tipi riportati nella seguente tabella 3.2.II.

Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

*Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Tabella 2

Come già affermato i terreni presenti nell'area interessata dagli aerogeneratori FLO-01, FLO-04, FLO-05, FLO-06, FLO-07, FLO-08 sono di natura calcarea, appartenenti alla Formazione di Montesanto, mentre quelli denominati FLO-02 ed FLO-03 ricadono sui terreni marnosi della Formazione di Borutta, il cui spessore è superiore a 30 metri.

Data la successione stratigrafica, il sottosuolo si può fare rientrare nella categoria **B**, pertanto è composto da *“Depositi di terreni a grana grossa addensati o terreni a grana fine consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{seq}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

Il coefficiente topografico è il T1.

In generale l'area interessata non presenta pericolosità sismiche.

## 9 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

A seguito delle indagini eseguite nella presente fase progettuale, l'area interessata dal Parco Eolico, dal punto di vista dei terreni di fondazione, ricade all'interno di due unità litologiche lapidee il cui grado di compattezza varia molto in base al grado di cementazione ed alterazione.

I due tipi litologici sono:

**Formazione dei Calcari di Monte Santo**, si tratta di rocce compatte, di colore chiaro, con elevato contenuto di carbonato di calcio a causa della abbondante componente fossilifera (bioclastica) la cui sedimentazione avvenne in ambiente di piattaforma di sedimentazione interna, analogo alle barriere coralline attuali. Contengono rare intercalazioni silico-clastiche. Lo spessore massimo di questa formazione nella zona è di circa 30 m.

**Formazione delle Marne di Borutta**, siltiti grigie di natura calcareo-argillosa, con livelli di calcareniti più o meno cementate e marne. L'unità marnoso-arenacea (F.ne di Borutta) è costituita da strati calcareo-marnosi appartenenti alla classe delle rocce tenere alternati a strati marnoso-arenacei che presentano parametri dei terreni sciolti. I calcari della F.ne Montesanto mostrano sempre una certa variabilità ma sempre con valori di resistenza alla compressione propri delle rocce tenere o semidure.

I parametri geotecnici desunti da risultati reperibili in letteratura sono i seguenti:

- Calcari compatti

Il peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) è pari 21.5-22.5 KN/m<sup>3</sup>,  $c'=150-250$  KPa, l'angolo di attrito in condizioni drenate  $\varphi' = 38-42^\circ$ ; la resistenza a compressione  $\sigma=20-30$  MPa;

In corrispondenza di questa litologia sono ubicati gli Aerogeneratori denominati:

FLO-01, FLO-04, FLO-05, FLO-06, FLO-07, FLO-08

- Calcari marnosi

Il peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) è pari 20.0-21.0 KN/m<sup>3</sup>,  $c'=50-200$  KPa, l'angolo di attrito in condizioni drenate  $\psi' = 30-35^\circ$ ; la resistenza a compressione  $\sigma=8-12$  MPa.

In corrispondenza di questa litologia sono ubicati gli Aerogeneratori denominati:

FLO-02 ed FLO-03.