DOTT. GEOL. GABRIELE CIVARDI
Geologia – Idrogeologia – Geofisica
Acustica ambientale
Sicurezza del lavoro

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE

Provincia di Savona

Oggetto:
Indagini geognostiche inerenti la realizzazione di una nuova torre eolica in località Cima della Biscia, Comune di Cairo Montenotte.

Contenuto:
RELAZIONE TECNICA DEFINITIVA

Committente:
F. E. R. A. Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.

Data
Genova, Dicembre 2012

N°lavoro
180/G

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

INDICE

1 – PREMESSA *1*

2 – ESAME DEL PROGETTO *2*

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO *3*

3.1 – Geologia **3**

3.2 – Geomorfologia **4**

3.3 – Idrogeologia **5**

4 - PROVE IN SITO *6*

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte **6**

5 - NOTE GEOTECNICHE *8*

5.1 - Coltre **8**

5.2 – Substrato roccioso **8**

5.3 – Dati geotecnici di sintesi **9**

5.3.1 - Coltre 9

5.3.2 – Cappellaccio di alterazione 9

5.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati) 9

6 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO *10*

6.1 – Classificazione sismica regionale **10**

7 - INDICAZIONI OPERATIVE *11*

7.1 – Scavi **11**

7.2 – Riempimenti **12**

8 – ASPETTI AMMINISTRATIVI *12*

8.1 – Vincolo idrogeologico **12**

8.2 – Piano stralcio di Bacino del Torrente Sansobbia **13**

9 – CONCLUSIONI *13*

ALLEGATI

- ✓ **TAVOLA A: Carta geologica in scala 1:10000**
- ✓ **TAVOLA B: Suscettività al dissesto Piano stralcio di Bacino Torrente Sansobbia**
- ✓ **TAVOLA C: Sezione geologica interpretativa in scala 1:200**
- ✓ **Tabulati prove sismiche**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

1 – PREMESSA

Con riferimento al progetto di realizzazione di una nuova torre eolica in loc. Cima della Biscia, Comune di Cairo Montenotte, lo scrivente tecnico è stato incaricato dalla società F.E.R.A. S.r.l. di eseguire le opportune indagini geognostiche, al fine di evidenziare eventuali problematiche di ordine geologico in senso lato.

Lo studio si prefigge quindi di evidenziare i principali parametri geotecnici del terreno nonché le possibili problematiche derivanti dalle sue caratteristiche stratigrafiche, con riferimento sia alle fasi di sbancamento sia alle varie fasi costruttive, fornendo i suggerimenti necessari per effettuare le scelte tecniche operative più idonee.

Le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in oggetto e di un suo intorno significativo sono state evidenziate attraverso osservazioni di campagna, sulla base della cartografia tecnica regionale e ancora attraverso la comparazione con situazioni note in zone limitrofe.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento è stato ritenuto necessario effettuare una campagna di indagini geofisiche, tramite l'esecuzione di una stesa di sismica.

E' prevista, in fase esecutiva, l'esecuzione di alcune indagini di dettaglio (sondaggi), che verranno concordate con i progettisti e la società che realizzerà l'intervento.

Le informazioni riportate nella carta geologica di sintesi sono tratte da osservazioni dirette e dalla cartografia tematica allegata al PRG del Comune di Cairo Montenotte

La seguente relazione sarà quindi così articolata:

- Esame del progetto;
- Inquadramento idro-geomorfologico;

- Caratterizzazione dei parametri geotecnici del terreno;
- Caratterizzazione sismica del terreno di fondazione;
- Indicazioni sulle modalità di esecuzione dell'opera in base ai risultati ottenuti dai punti precedenti;
- Aspetti amministrativi che riguardano l'area di intervento.

2 – ESAME DEL PROGETTO

Il progetto prevede la costruzione di una nuova torre eolica all'interno di un parco eolico già esistente e di proprietà della stessa società proponente. Il nuovo impianto prevede la messa in opera di un aerogeneratore tripala di potenza nominale pari a 800 KW.

La torre presenterà un'altezza pari a circa 60 m e la cabina di trasformazione inserita all'interno. La fondazione della torre eolica sarà di forma circolare ed avrà un diametro di circa 14 m.

L'aerogeneratore sarà collegato alla rete elettrica nazionale di trasporto tramite una cabina di consegna dell'energia elettrica già esistente. La linea elettrica sarà completamente interrata.

L'energia elettrica in bassa tensione necessaria alle operazioni di manutenzione del parco è fornita attraverso le strutture del parco prelevandola dal trasformatore per i servizi ausiliari.

L'intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 1500 m^3 da effettuarsi in parte in coltre ed in parte in roccia. Per la piazzola gli sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 8.5 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 150 m, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,5 m e larghezza di circa 1 m.

Le terre e rocce derivanti dagli scavi verranno completamente riutilizzate in loco per l'esecuzione dei riporti previsti dal progetto e che riguardano la realizzazione della piazzola della torre eolicha ed il rinterro delle fondazioni.
In ottemperanza di quanto previsto dal D. Lgs. 3 aprile 2006, n° 152, "Norme in materia ambientale, corretto ed integrato dal D. Lgs. 16 gennaio 2008, n° 4 e della Delibera Regionale del 18 luglio 2008, n° 8 59 "Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", sarà cura della società committente predisporre la documentazione richiesta per il riutilizzo dei materiali di risulta in sito, prima dell'inizio dei lavori.

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO

3.1 – Geologia

La serie stratigrafica che caratterizza il settore geografico oggetto di studio presenta un substrato Oligocenico costituito dalla Formazione di Molare.
Questa è formata da un conglomerato poligenico costituito da elementi per lo più arrotondati od a spigoli smussati di diametro molto vario ma non superiore a 10 cm anche se, talora, compaiono livelli con elementi di diametro superiore al metro.
Sono presenti arenarie grossolane e sabbie grigiastre, grigio – brune o rossiccie spesso a matrice marnosa, frequenti soprattutto nella parte superiore della formazione e, localmente si intercalano nella parte inferiore calcari dolomitici di scogliera.
Le Marne sabbiose grigio – verdastre formano giunti sottili intercalati non di frequente ai banchi conglomeratici ed arenacei.
I conglomerati o non sono stratificati o costituiscono banchi massicci quasi sempre lenticolari, talvolta gradati.

La Formazione di Molare ha una potenza variabile in relazione alle irregolarità del substrato ed è stratigraficamente sottostante alla Formazione di Ronchetta con la quale è in parziale eteropia.
I sopraluoghi effettuati hanno permesso di osservare che il substrato roccioso così definito risulta ricoperto da una coltre di natura detritico-colluviale di spessore massimo di circa 1.5 metri, classificabile geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

3.2 – Geomorfologia

L'area di intervento è individuata, sulla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 sul foglio Monte Greppino (229024). Più precisamente il sito in oggetto si trova nei pressi di Cima della Biscia (832.4 m s.l.m.).
Le zone nei pressi dei rilievi appaiono sub pianeggianti, mentre i versanti sono caratterizzati da notevoli pendenze. Il versante verso sud è caratterizzato da una acclività media del 35%, mentre quello nord presenta una acclività del 40n %.
Il settore non appare urbanizzato.
Le acque superficiali vengono regimate dai numerosi impluvi naturali, che trovano origine lungo i pendii.
La notevole pendenza dei versanti, unitamente alla presenza di numerosi rii naturali ha permesso di modellare i versanti, dando origine ad una morfologia marcata da erosioni torrentizie ad andamento all'incirca rettilineo ed a breve sviluppo lineare. Le pendenze delle varie aste torrentizie risultano molto acclivi con scarso deflusso a carattere stagionale.

3.3 – Idrogeologia

Come detto l’area è caratterizzata dalla presenza di numerosi Rii, le cui sorgenti si individuano lungo i versanti del crinale oggetto di studio.
Lungo il versante nord la regimazione delle acque superficiali è regolata da numerosi impluvi, tributari in sponda sinistra del Rio della Biscia. Mentre lungo il versante sud, le acque vengono convogliate verso il Rio Rivè, emissario del Rio Ferrè.
Per quanto riguarda i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo va detto che questi sono essenzialmente legati alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa.
Nell’area in esame si ipotizza l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra la coltre detritica (costituita da depositi detritico-colluviali perlopiù grossolani) ed il substrato roccioso. Infatti, mentre la coltre è da considerarsi sostanzialmente permeabile per porosità, le serpentiniti sono pressoché impermeabili o moderatamente permeabili per fessurazione, in relazione al grado di fratturazione della roccia.

4 - PROVE IN SITO

Tenendo conto delle conoscenze geologiche in possesso dello scrivente e della bibliografia esistente riferita all'area esaminata è stato ritenuto sufficiente effettuare una stesa di sismica. La stesa è state svolta nell'area in cui verrà realizzata la nuova torre eolica.
Lo scopo delle prove era quello di definire la stratigrafia dell'area interessata dall'intervento.

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte

E' stata realizzata una stesa di sismica utilizzando il Tromino, tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, ma utilizzabile anche per la realizzazione di stese di sismica attiva.
Lo strumento (10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V.
Le indagini svolte hanno permesso di realizzare un'analisi del terreno tipo MASW e due di tipo H/V.
I dati misurati dal Tromino, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 512 Hz per la MASW, mentre a 128 Hz per la H/V.
La prova MASW ha previsto l'esecuzione di una stesa di lunghezza pari a 24 metri e lo svolgimento di 8 tiri, con spaziatura di 3 m in modo da ottenere la migliore copertura possibile dell'area in oggetto.

La scelta del sito:
L'ubicazione delle prove è stata stabilita in base alle esigenze progettuali e ai limiti imposti dalle caratteristiche del sito in oggetto.

In particolare la stesa è stata svolta in modo tale che passasse attraverso il centro della fondazione dell'aerogeneratore, in modo da definire la stratigrafia del versante e che si potessero dimensionare le opere previste dall'intervento a progetto.
La lunghezza della stesa e quindi la profondità di investigazione è stata scelta in base alle osservazioni dirette, che hanno permesso raggiungere la roccia sana, in modo da caratterizzare coltre e substrato.

I risultati:
L'elaborazione dei dati acquisiti dalla prova ha permesso di ricavare la stratigrafia, lo spessore degli strati individuati, la frequenza di risonanza della coltre e del substrato e la velocità delle onde S, attraverso ogni singolo strato del terreno. Il dettaglio dei risultati viene riportato in allegato.
Considerando che generalmente la prova di tipo MASW fornisce buoni risultati per i primi strati di terreno, mentre la prova H/V è più precisa per profondità maggiori, l'utilizzo delle due tecniche ha permesso di caratterizzare in maniera adeguata i terreni su cui andranno a poggiarsi i nuovi manufatti.
Ecco una sintesi dei risultati ottenuti:

- **Coltre**:
  - Spessore: circa 1.5 metri
  - Velocità onde S: 120 m/s
  - Frequenza di risonanza: 15 HZ.

E' stata poi definita la V_{s30} del sito: 330 m/s

5 - NOTE GEOTECNICHE

Le considerazioni riportate nel presente paragrafo riguardano l'area dell'intervento a progetto. Lo studio è stato svolto al fine di evidenziare i principali parametri geotecnici del substrato roccioso e della coltre, facendo riferimento a dati di letteratura relativi a litotipi della medesima natura, integrati da precedenti studi svolti dallo scrivente in aree limitrofe. Le sezioni geologiche allegate sono ovviamente interpretative e si basano su supposizioni che derivano dallo studio della cartografia tecnica e dalle osservazioni effettuate direttamente in sito.

5.1 - Coltre

Si tratta di un deposito di natura eluvio-colluviale parzialmente rimaneggiato, soprattutto nella parte più superficiale, caratterizzato da una potenza mai superiore a 1.5 m. Le osservazioni effettuate in sito hanno indicato un terreno prevalentemente ghiaioso, con bassa percentuale di frazione fine di tipo limoso.

5.2 – Substrato roccioso

Si tratta, come descritto in precedenza, dai conglomerati della Formazione di Molare.
Per quanto concerne le caratteristiche geomeccaniche del substrato litoide, si è fatto riferimento ai dati relativi a tale litotipo esistenti in bibliografia e specialmente alle conoscenze acquisite in aree contigue o mostranti caratteri simili.

5.3 – Dati geotecnici di sintesi

Basandosi pertanto su esperienze precedenti e su dati di letteratura (per coltre e substrato), ai vari livelli individuati sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

5.3.1 - Coltre

Granulometria: sabbia ghiaiosa con scarsa frazione fine non coesiva (classe SW del sistema USCS)

Stato di addensamento: sciolto

Densità relativa (Dr): 45%

Peso di volume (γ): 1,6 t/m^3

Angolo di attrito efficace (ϕ'): 32°

Coesione: 0 Kg/cm^2

5.3.2 – Cappellaccio di alterazione

Peso di volume (γ): 2,2 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 40°

Coesione: 0,8 Kg/cm^2

5.3.3 – Substrato roccioso (conglomerati)

Peso di volume (γ): 2,5 t/m^3

Angolo di attrito (ϕ): 45°

Coesione: 0,8 Kg/cm^2

6 – MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

6.1 – Classificazione sismica regionale

Basandosi sul D. M. 16 Gennaio 1996 " Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", in particolare all' Ord. P. C. M. del 20 Marzo 2003 n° 3274, allegato 2 e successive modifiche ed integrazioni e sulla "Nuova classificazione sismica della Regione Liguria", si è proceduto alla classificazione del suolo di fondazione sul quale poggeranno i nuovi manufatti. L'area in cui verranno realizzate le opere è classificata in base alla nuova classificazione sismica regionale in **zona 4**.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Categoria	Descrizione	V_s 30	N_{Spt}	Cu
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	V_s 30 >800 m/s	/	/
B	Depositi di sabbia o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti	360 < V_s 30 < 800 m/s	N_{Spt} > 50	Cu>250 kPa
C	**Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza**	**180 < V_s 30 < 360 m/s**	**15 < N_{Spt} < 50**	**70 < Cu < 250 kPa**
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	V_s 30 < 180 m/s	N_{Spt} < 15	Cu < 70 kPa
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali di spessore tra 5 e 20 m	Come C o D	/	/

S1	Depositi con almeno uno strato di argilla spesso almeno 10 m di bassa consistenza	V_s 30 < 100 m/s	/	10< Cu < 20 kPa
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione	/	/	/

Nonostante la presenza di roccia affiorante le analisi sismiche effettuate hanno permesso di classificare il terreno di fondazione su cui poggeranno i nuovi manufatti in **categoria C**.

7 - INDICAZIONI OPERATIVE

Il progetto prevede, come già accennato, scavi di sbancamento pari a circa 1500 m^3 da eseguire in parte in roccia ed in parte in coltre. Gli scavi previsti hanno come fine la preparazione del sedime per la posa in opera delle fondazioni.

L'altezza massima a progetto dei fronti di scavo risulta pari a circa 8.5 m.

Il tutto si ritiene rientri nelle normali procedure esecutive dell'edilizia e per la sicurezza del lavoro, sia in merito agli scavi di preparazione dell'area, sia in merito alla scelta e all'esecuzione delle fondazioni del nuovo manufatto.

Viste le principali caratteristiche geologico-geotecniche individuate nell'area sottoposta ad indagine si indicano le seguenti modalità operative per la realizzazione dell'opera.

7.1 – Scavi

1. I fronti di scavo non protetti da opere provvisionali, non dovranno mai rimanere aperti a lungo, dovranno essere eseguiti per campioni di

lunghezza non eccessiva e sagomati secondo angoli compatibili con le caratteristiche di resistenza indicate nei precedenti capitoli.

2. E' consigliabile non aprire campioni di fronte troppo lunghi ed è bene fare in modo che siano comunque proporzionati alle risorse della squadra operativa e dell'impresa.
3. Tutte le opere di sostegno dovranno essere dotate di efficienti sistemi di drenaggio.
4. Tutta l'area dovrà essere sottoposta a una efficiente regimazione per garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche e di falda.

7.2 – Riempimenti

Gli eventuali riempimenti previsti dovranno essere eseguiti con terreno appartenente almeno alla classe ***A3 della classificazione AASHO*** e dovranno essere realizzati per strati non superiori a ***50 cm*** di spessore e adeguatamente compattati previa bagnatura. Il materiale impiegato deve essere assolutamente inerte e privo quindi di materiale terroso, torboso e coesivo.

8 – ASPETTI AMMINISTRATIVI

8.1 – Vincolo idrogeologico

Dal punto di vista amministrativo la zona risulta soggetta a vincolo idrogeologico e pertanto alla L.R. 4/99. Si può tuttavia affermare, in rapporto ai fattori che regolano tale vincolo (regimazione delle acque, stabilità dei versanti e coperture vegetali) che l'intervento proposto risulta sostanzialmente ininfluente.

8.2 – Piano stralcio di Bacino del Torrente Sansobbia

Nel Piano stralcio di Bacino del Torrente Sansobbia, l'area in cui verrà realizzata la torre eolica ricade in una zona a suscettività al dissesto media.
Si riporta in allegato uno stralcio della carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino del Torrente Sansobbia.

9 – CONCLUSIONI

Tenuto conto del contesto geomorfologico in cui si inseriscono i nuovi manufatti, tenuto altresì conto delle caratteristiche geotecniche del terreno sopra citato e delle sostanziali condizioni di stabilità dell'area interessata, si conferma la fattibilità dell'intervento a progetto tenuto debito conto delle prescrizioni sopra elencate.

Si rassegna la presente relazione la quale assolve quanto prescritto dal D.M. n°47 11.03.88 "norme tecniche riguardanti le indagi ni sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate...omissis....", nonché dalla legge regionale n° 4/99.

Il presente documento non comprende valutazioni su possibili conseguenze dannose alle strutture ed ai manufatti circostanti legate ai processi più strettamente operativi che fanno capo all'impresa e al direttore dei lavori eventualmente delegato dal committente.

Genova, Dicembre 2012

Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi