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

COMUNE DI QUILIANO

Provincia di Savona

Oggetto:
Relazione geologica inerente la costruzione di un impianto eolico in Comune di Quiliano (SV).

Contenuto:
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

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

Data
Genova, Gennaio 2012

N°lavoro
98C/G

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - 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*

4 - PROVE IN SITO *5*

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte **5**

5 - NOTE GEOTECNICHE *7*

5.1 - Coltre **7**

5.2 – Substrato roccioso **7**

5.3 – Dati geotecnici di sintesi **8**
5.3.1 - Coltre 8
5.3.2 – Cappellaccio di alterazione 8
5.3.3 – Substrato roccioso 8

5.4 – Caratterizzazione sismica del suolo **9**

6 - INDICAZIONI OPERATIVE *9*

6.1 – Scavi **10**

6.2 - Edificazione **10**

6.3 – Realizzazione del nuovo tratto stradale **11**

6.4 – Riempimenti **11**

7 – ASPETTI AMMINISTRATIVI *12*

7.1 – Vincolo idrogeologico **12**

7.2 – Piano di Bacino del Torrente Segno **12**

8 – CONCLUSIONI *13*

ALLEGATI

- ✓ **TAVOLA A: Carta geologica**
- ✓ **TAVOLA B: Stralcio della carta della suscettività al dissesto dei versanti**
- ✓ **Sezioni geologiche interpretative**
- ✓ **Risultati campagna di indagini geofisiche**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

1 – PREMESSA

La società F. E. R. A. S.r.l. ha intenzione di porre in opera un impianto eolico costituito da sei torri eoliche all'interno del territorio comunale di Quiliano. I sei aerogeneratori verranno collocati lungo il crinale che parte da Monte Piano Mora e passa per Cima delle Rocche Bianche, per poi giungere alla Loc. Francesi.

A tale riguardo lo scrivente tecnico è stato incaricato di eseguire le opportune indagini, al fine di evidenziare eventuali problematiche di ordine geologico e geotecnica, oltre che indicare i principali parametri che caratterizzano il substrato dell'area dove verrà realizzato il nuovo impianto.

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 5 stese di sismica a rifrazione e 7 stese Masw. Si valuterà in accordo con i progettisti l'eventualità di svolgere altri tipi di prove (sondaggi a carotaggio continuo) durante la fase esecutiva.

Dall'esame dei risultati, non si ritiene necessario eseguire ulteriori indagini geotecniche, rimandando alla fase esecutiva l'eventuale messa in opera delle suddette prove.

La presente relazione tecnica rappresenta un ampliamento di un'altra campagna di indagini svolte per un impianto composto da sole quattro torri eoliche.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

2 – ESAME DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico tramite la costruzione di sei torri eoliche. Il nuovo impianto prevede la messa in opera di aerogeneratori tripala di potenza nominale pari a 2000 KW.

Il parco eolico sarà collegato alla rete elettrica nazionale tramite un cavidotto MT che raggiungerà la sottostazione presente in loc. Bossarino in Comune di Vado Ligure, dove avverrà l'elevazione MT/AT e la successiva immissione in rete dell'energia prodotta. La linea elettrica che unirà le singole torri alla sottostazione sarà completamente interrata.

Per quanto riguarda la via di accesso alle torri, sarà realizzato un adeguamento di un percorso sterrato già esistente, oltre alla realizzazione di un nuovo breve tratto di strada per il raggiungimento delle sei torri.

L'intervento prevede sbancamenti per un totale pari a circa 9000 m^3 in banco. Per ogni piazzola gli sbancamenti saranno caratterizzati da una forma in pianta pressoché circolare. Gli scavi avranno un fronte massimo di altezza pari a circa 7 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 4.2 Km, comprensivi dei tratti interni al Parco, caratterizzato da uno scavo a sezione obbligata di profondità media pari a 1.5 m e larghezza di circa 0.6 m, da eseguirsi lungo la strada esistente di accesso all'area.

Le terre e rocce derivanti dagli scavi verranno in parte riutilizzate in loco per l'esecuzione dei riporti previsti dal progetto e che riguardano la realizzazione delle piazzole delle torri eoliche, il rinterro delle fondazioni e l'adeguamento della strada di accesso.

3 - INQUADRAMENTO IDRO - GEO - MORFOLOGICO

L'area di intervento è individuata, sulla Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10000 sul foglio Quiliano (229090). Più precisamente il sito in oggetto si trova lungo la linea di crinale che congiunge la Cima delle rocche Bianche (550 m s.l.m.) alla Rocca dei Corvi (763 m s.l.m.), nel Comune di Vado Ligure.
La zona sommitale dei rilievi appare sub pianeggiante, mentre i versanti sono caratterizzati da notevoli pendenze. Il versante verso sud è caratterizzato da una acclività media del 25%, mentre quello nord presenta una acclività del 20%.
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.
La roccia costituente il substrato dell'area in esame appartiene alla formazione degli Scisti di Gorra.
Si tratta di metasedimenti fini appartenenti alle formazioni sedimentarie permo – carbonifere, di origine in gran parte vulcanica ed in parte sedimentaria continentale.
In particolare gli Scisti di Gorra sono costituiti da rocce chiare, fini, di diversa origine: sedimenti composti da quarzo, miche e cloritoide, con tormalina e rutilo spesso abbondanti derivanti da energica alterazione chimica di depositi continentali; prodotti di rimaneggiamento di vulcaniti acide; piroclastiti. Gli spessori sono spesso variabili, ma sempre dell'ordine di alcune centinaia di metri.

I sopraluoghi effettuati hanno permesso di osservare che il substrato roccioso così definito risulta affiorante o subaffiorante. Le coltri individuate sono di natura detritico-colluviale di spessore massimo di circa 1 m, classificabili geotecnicamente come una ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine.

Le analisi svolte hanno permesso di accertare le condizioni di equilibrio geomorfologico diffuse e puntuali: per la zona in esame non sono stati riscontrati significativi fenomeni di instabilità.

Si può quindi affermare come l'area oggetto d'intervento sia sostanzialmente stabile e non mostri evidenze di dissesti potenziali o in atto.

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 destra del Torrente Quiliano. Mentre lungo il versante sud le acque vengono convogliate verso Torrente Segno.

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, i metasedimenti 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 5 stese di sismica a rifrazione e 7 prove MASW. Come detto le prove sono state svolte presso le aree in cui verranno realizzati gli aerogeneratori e presso i settori in cui si realizzerà il nuovo tratto viario.
Lo scopo delle prove era quello di definire la stratigrafia dei vari settori e la definizione del parametro V_{s30} dei vari terreni incontrati. Il dettaglio delle prove svolte viene riportato in allegato.

4.1 – Campagna di indagini geofisiche svolte

Durante lo svolgimento di una prima campagna di indagini, sono state realizzate 5 stese a rifrazione (nuovo tratto stradale e Torri 3,4,5 e 6), anche al fine di parametrizzare il modello iniziale per la successiva fase di elaborazione dei dati (MASW); tali prove hanno previsto l'utilizzo di 24 canali, con spaziatura geofonica di 1.5 m in modo da ottenere la migliore copertura possibile dell'area in oggetto. Sono stati eseguiti 7 tiri, al fine di valutare anche possibili variazioni laterali di velocità dei terreni indagati. La sorgente di energizzazione utilizzata e' stata una mazza da 8 kg, battente su di una piastra d'alluminio.

Successivamente è stata effettuata la prova MASW impiegando una stesa variabile tra i 33 ed i 44 canali, acquisita in *roll-along* con spaziatura geofonica di 1.5 metro ed utilizzando come sorgente di *ground-roll (prevalentemente onde di Rayleigh)* la mazza da 8 kg impiegata altresì per la stesa a rifrazione.
In una seconda fase sono state realizzate due stese di sismica (Torri 1 e 2) 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 analisi del terreno tipo MASW e 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.
Le prove MASW hanno previsto l’esecuzione di stese di lunghezza pari a 20 metri e lo svolgimento di 7 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 le stese che interessavano le piazzole sono state svolte in modo tale che passassero attraverso il centro della fondazione della torre, mentre la stesa fatta per il nuovo tratto stradale è stata svolta longitudinalmente al nuovo tracciato previsto.
La lunghezza delle stese e quindi la profondità di investigazione è stata scelta sito per sito in base alle osservazioni dirette, che hanno permesso di individuare o meno la roccia affiorante: in ogni caso si è sempre raggiunta la roccia sana, in modo da caratterizzare coltre, cappellaccio e substrato.

I risultati:

Le prove hanno permesso di individuare uno spessore massimo per la coltre pari ai circa 4 m, al di sotto di questa si individua un cappellaccio di alterazione che in certi casi ha raggiunto una potenza pari a 4.5 m.

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 sia del substrato roccioso sia della coltre stessa.

5.1 - Coltre

Si tratta di un deposito di natura eluvio-colluviale parzialmente rimaneggiato caratterizzato da una potenza mai superiore a 4 m. Le osservazioni effettuate in sito hanno indicato un terreno prevalentemente sabbioso-ghiaioso, con bassa percentuale di frazione fine di tipo limoso-argilloso.

5.2 – Substrato roccioso

Si tratta, come già descritto all'interno della relazione geologica, di rocce appartenenti alla formazione degli Scisti di Gorra.
I valori dei principali parametri geotecnici della roccia (peso di volume, angolo di attrito e coesione) sono stati valutati in base all'esperienza personale, in accordo con i numerosi dati reperibili in letteratura, e vengono riportati nel seguente § 4.3.3.

5.3 – Dati geotecnici di sintesi

Basandosi su esperienze precedenti dello scrivente in terreni di aree limitrofe o dalle caratteristiche analoghe, oltreché sui dati di bibliografia e dalle prove svolte in sito, ai vari livelli individuati sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

5.3.1 - Coltre

Granulometria: ghiaia sabbiosa con scarsa frazione fine (classe SW del sistema USCS)
Stato di addensamento: sciolto
Densità relativa (Dr): 25%
Peso di volume (γ): 1,6 t/m^3
Peso di volume saturo (γ): 1,9 t/m^3
Angolo di attrito efficace (ϕ'): 30°
Coesione: 0 Kg/cm^2

5.3.2 – Cappellaccio di alterazione

Peso di volume (γ): 2,2 t/m^3
Peso di volume saturo (γ): 2,3 t/m^3
Angolo di attrito (ϕ): 40°
Coesione: 0.5 Kg/cm^2

5.3.3 – Substrato roccioso

Peso di volume (γ): 2,5 t/m^3
Angolo di attrito (ϕ): 44°
Coesione: 0.8 Kg/cm^2

5.4 – Caratterizzazione sismica del suolo

Sulla base del 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, si è proceduto alla classificazione del suolo di fondazione sul quale insisteranno le nuove opere.
L'area in cui verrà realizzato l'impianto eolico è classificata in base alla classificazione sismica nazionale in **zona 3**.
In valori di V_{s30} come già indicato sono stati desunti tramite le prove geofisiche svolte in sito e possono essere così riassunti per ogni aerogeneratore:

V_{s30} AG1: 280 m/s

V_{s30} AG2: 300 m/s

V_{s30} AG3: 430 m/s

V_{s30} AG4: 320 m/s

V_{s30} AG5: 500 m/s

V_{s30} AG6: 400 m/s

V_{s30} strada: 430 m/s

6 - INDICAZIONI OPERATIVE

Il progetto prevede, come già accennato, scavi di sbancamento pari a circa 9000 m^3 da eseguire in banco. Gli scavi previsti hanno come fine la preparazione del sedime per la posa in opera delle fondazioni, l'adeguamento della strada esistente e la realizzazione di un nuovo tratto stradale. L'altezza massima a progetto dei fronti di scavo risulta pari a circa 7 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.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

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

6.1 – Scavi

1. Gli scavi per il cavidotto, qualora venissero effettuati nei pressi di strutture esistenti, andranno effettuati avendo cura di non influenzare negativamente la staticità degli eventuali manufatti.
2. 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.
3. 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.
4. Tutte le opere di sostegno dovranno essere dotate di efficienti sistemi di drenaggio.
5. Tutta l'area dovrà essere sottoposta a una efficiente regimazione per garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche e di falda.

6.2 - Edificazione

Date le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito e tenendo conto delle peculiarità del progetto si elencano le seguenti indicazioni operative:

1. Le fondazioni degli aerogeneratori dovranno essere dotati di un efficiente sistema di drenaggio, costituito da un setto drenante rivestito da tessuto non tessuto, con tubi microforati di smaltimento opportunamente posizionati. Le acque così raccolte dovranno essere convogliate presso gli impluvi naturali esistenti, evitando scarichi liberi sul terreno o ristagni che

potrebbero determinare situazioni di ruscellamento diffuso o concentrato e portare a situazioni di instabilità morfologica.

2. Tenuto conto della profondità a cui è possibile reperire il substrato, si suggerisce di appoggiare tutte le fondazioni degli aerogeneratori direttamente su quest'ultimo.

6.3 – Realizzazione del nuovo tratto stradale

Per la realizzazione dei nuovi tratti stradali e l'adeguamento di quelli esistenti, si forniscono le seguenti indicazioni:

1. L'andamento delle strade dovrà assumere un'inclinazione verso monte, in modo da raccogliere le acque meteoriche e di ruscellamento nelle apposite cunette di raccolta;
2. Per permettere un ottimale regimazione delle acque meteoriche e di falda verrà realizzata una cunetta lungo il bordo lato monte della carreggiata. Le acque così raccolte verranno convogliate verso gli impluvi naturali esistenti.
3. Lungo tutti i tratti stradali dovrà essere predisposta una efficiente regimazione per garantire un rapido smaltimento delle acque meteoriche e di falda.

6.4 – Riempimenti

I riempimenti previsti verranno eseguiti con terreno ricavato dagli sbancamenti 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.

7 – ASPETTI AMMINISTRATIVI

7.1 – 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.

7.2 – Piano di Bacino del Torrente Segno

Nel Piano stralcio di Bacino del Torrente Segno, l'area in cui verranno realizzate le torri eoliche ricade in una zona a suscettività al dissesto da bassa a molto bassa.

Si riporta in allegato uno stralcio della carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino del Torrente Segno.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com

8 – 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.

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, Gennaio 2012

Il tecnico
Dott. Geol. Gabriele Civardi

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Corso Perrone 15 16152 – GENOVA
TEL 010.0019357 - CELL 3491720806 – PI 01488490994 - E-Mail gabriele.civardi@gmail.com