RELAZIONE TECNICA

1. PREMESSA

La società TERSIA S.r.l. ha incaricato la scrivente di realizzare le indagini necessarie per la caratterizzazione geologica dell'area individuata nel territorio comunale di Erli per la realizzazione dell'ampliamento dell'impianto eolico esistente per la generazione di energia elettrica, aggiungendo n. 3 pale di identiche caratteristiche.

L'indagine è stata sviluppata in osservanza del dettato del D.M.11/03/88 (Norme tecniche...) e di quello della L.R. n. 4 del 22/01/99, essendo il terreno sottoposto a tutela del vincolo idrogeologico; essa ha avuto lo scopo di verificare nel dettaglio la compatibilità delle opere in progetto con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del terreno, oltre che di valutare le interferenze ed il rapporto con le caratteristiche progettuali degli interventi.

Sulla base degli interventi previsti e delle caratteristiche dei luoghi, nonchè in funzione delle risultanze provenienti dagli studi e le indagini effettuate a corredo dell'impianto esistente, l'indagine è stata così articolata:

- analisi di dettaglio delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito;
- esecuzione di n°2 prospezioni sismiche a rifrazione;
- rilievo geomeccanico di dettaglio dell'ammasso roccioso;
- identificazione delle problematiche geologico-tecniche connesse con la progettazione esecutiva e la realizzazione degli interventi previsti;
- redazione di elaborati grafici e di sezioni rappresentanti le condizioni dell'area e gli elementi emersi nel corso dell'indagine;
- analisi numerica dei dati emersi nel corso dell'indagine, al fine di identificare le caratteristiche ed i parametri geotecnici dei terreni
- indicazioni sulle tipologie fondazionali;
- redazione di rapporto tecnico con indicazioni operative e commento ai vari elaborati.

Si riporta nel seguito quanto complessivamente emerso.

2. ELEMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI.

La zona in cui verranno collocati gli aerogeneratori in questione rappresenta una porzione della dorsale posta sull'allineamento Monte Lingo-Bric Schenasso, qui orientata grosso modo WNW-ESE e che rappresenta un segmento dello spartiacque ligure-padano in Comune di Erli, provincia di Savona.

Essa è individuata nella sezione 245020, elemento 245023 della Carta Tecnica Regionale (cfr. allegata Corografia, scala 1/5.000) e rappresentata nell'immagine sottostante.



Il sito è posto in prossimità del crinale e adiacente a una strada comunale che collega lo stesso con il passo dello Scravaion (strada Provinciale); altimetricamente è compreso fra le quote 1035 e 1000 m circa sul livello del mare, mentre il baricentro dell'installazione ha coordinate 44°10'05.21''Nord e 8°06'18.56'' Est.

2.1 - Elementi geomorfologici.

L'area interessata dall'intervento si colloca in corrispondenza della fascia assiale della dorsale suddetta, caratterizzata da un crinale discretamente ampio, con pendenza limitata sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale tanto che, localmente, essa risulta a tratti sub pianeggiante.

I fianchi della dorsale si sviluppano asimmetricamente rispetto alla fascia assiale: quello destro (o meridionale), in funzione della presenza di litologie marcatamente resistenti all'erosione ed all'alterazione chimica, si sviluppa con pendenze elevate ed ospita la porzione sommitale di uno dei rami alti del

bacino del Torrente Neva; quello sinistro (o settentrionale) ha pendenze meno accentuate, in funzione della presenza di litologie più alterabili e più facilmente erodibili: Esso ospita l'alto bacino di uno dei rami più in quota del reticolo idrografico che concorre a formare il fiume Bormida di Millesimo.

Le coperture sciolte, nella zona di interesse, sono estremamente limitate e rappresentate per lo più dai prodotti della alterazione in posto e della detrizione del substrato, oltre che da un modestissimo orizzonte di terreno vegetale. La roccia in posto è affiorante o sub-affiorante e non si hanno, a grande scala, situazioni di franosità in atto o potenziali, per cui sono buone le complessive condizioni di stabilità.

2.2 - Elementi litologico-strutturali.

Il substrato roccioso è costituito da un lembo della formazione delle "dolomie di S.Pietro dei Monti", di età triassica media: si tratta del residuo di un appilamento di pieghe, in particolare del nucleo di una sinclinale, sovrascorso sulle sottostanti formazioni permiane che comunque non affiorano nella zona in esame.

Il litotipo mostra una blanda stratificazione, con immersione Sud e debole inclinazione, ma soprattutto, a seguito degli eventi tettonici che lo hanno interessato, mostra una fittissima fratturazione, con riduzione a facies di vera e propria dolomia autoclastica.

A seguito di ciò, nei livelli più esterni è marcatamente disarticolato, con evidenziazione di massi anche plurimetrici e con accentuati fenomeni di detrizione, a formare veri e propri accumuli di ghiaie sciolte.

Poco evidenti e radi sono i fenomeni di carsismo che di fatto non rappresentano un elemento significativo nel corpo dell'ammasso.

In copertura si ha un modestissimo livello di terreno vegetale, il cui spessori aumentano lungo il versante a valle della carraia; infatti la fascia assiale della dorsale è unicamente inerbita, mentre più a valle inizia una copertura vegetale anche di essenze cespugliose e di alto fusto.

2.3 - Elementi idrogeologici.

L'idrogeologia della zona appare abbastanza semplice:

- sulla fascia assiale della dorsale parte delle acque di pioggia migrano a valle prevalentemente per ruscellamento diffuso; localmente si hanno modesti

solchi di deflusso, comunque, stante la posizione del sito, le portate sono modeste;

- le stesse acque possono anche concorrere a creare locali sacche di impregnazione, laddove le coperture sciolte assumono spessori significativi;
- parte ancora, in relazione alla fratturazione del substrato ed alla sua disarticolazione nei livelli più esterni, penetrano in profondità ed acquisiscono regimi si deflusso del tutto indipendenti dalla morfologia esterna; è presumibile che possano dar luogo ad una falda profonda al contatto con i litotipi impermeabili su cui poggia l'ammasso di dolomie (quarziti o verrucano); la presenza di tale falda, tuttavia, non interferisce affatto con le condizioni di superficie o sub-superficiali del sito.

3. INDAGINI DI DETTAGLIO.

Per caratterizzare l'assetto stratigrafico, geotecnico e geomeccanico di dettaglio dell'area, i dati provenienti dal rilevamento geologico di superficie sono stati integrati attraverso:

- Esecuzione di indagini geofisiche.
- Rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso.

3.1 - Indagini geofisiche

Al fine di avere indicazioni circa la stratigrafia delle zone direttamente interessate dall'intervento, in analogia con quanto sviluppato nelle indagini precedenti e relativamente all'installazione degli aerogeneratori attualmente funzionanti, nelle posizioni indicate sulle allegate Planimetria con ubicazione indagini geofisiche, scala 1:1.000 e la Planimetria di progetto, scala 1:1.000, sono state realizzati due stendimenti sismici a rifrazione.

Tomografie sismiche a rifrazione

Per valutare lo spessore e l'andamento dei materiali di presenti nel sito di indagine, sono state eseguite due prospezioni sismiche a rifrazione.

Le caratteristiche delle stese sono riportate nella seguente tabella:

Stesa	Lunghezza complessiva (m)	Spaziatura Intergeofonica (m)	Stazioni di energizzazione
SS1	60	5	7
SS2	60	5	7

Nel metodo sismico a rifrazione viene registrata la propagazione di onde elastiche, generate artificialmente all'interfaccia atmosfera – terreno e rifratte lungo superfici di discontinuità sepolte.

In superficie vengono disposti trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, in grado di rilevare la perturbazione prodotta propagatasi nel terreno.

I geofoni sono collegati, attraverso un cavo multipolare, ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, generato artificialmente, nei tragitti compresi tra il punto sorgente ed ogni singolo geofono.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono, può avere seguito un percorso "diretto" (tragitto più breve tra sorgente e ricevitore), oppure avere subito una o più rifrazioni in corrispondenza di superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento.

La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza della registrazione) è definita in sito in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo e delle finalità dell'indagine.

Il metodo sismico a rifrazione da superficie permette di caratterizzare i terreni presenti al di sotto dello stendimento di geofoni fino ad una profondità pari, in condizioni ideali, a circa 1/3 dello sviluppo lineare dello stesso.

I tempi di percorso diretto e rifratto tra i punti in cui viene energizzato il terreno ed i singoli geofoni, costituiscono le dromocrone e sono riportati su diagrammi nei quali sono leggibili, in ascissa, le posizioni dei singoli geofoni (proiettate sul piano orizzontale) e in ordinata i tempi in secondi.

Dalle dromocrone possono essere ricavate analiticamente le velocità reali di propagazione dei fronti d'onda degli impulsi sismici alle varie profondità. Tali velocità sono proporzionali al grado di addensamento dei terreni entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

I valori delle velocità così ottenuti, unitamente ai tempi – intercetta e pendenza delle dromocrone, sono utilizzati per il calcolo dello spessore dei

singoli livelli rifrangenti, fino alla massima profondità consentita dalla geometria dei rispettivi sviluppi.

Note le velocità sismiche delle onde di compressione entro i singoli livelli rifrangenti e la variazione dei loro spessori al di sotto dello sviluppo della stesa, può essere ricostruita la sezione sismostratigrafica.

Sono state effettuate energizzazioni all'interno ed all'esterno dello stendimento secondo gli usuali schemi di acquisizione.

Quest'ultima è stata effettuata mediante un sismografo GEODE Geometrics a 24 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia; i canali utilizzati sono 12 e 24. I segnali di ciascun canale sono stati digitalizzati tramite un convertitore A/D a 16 bit in 2.048 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 512 millesimi di secondo, visualizzati a video in tempo reale e quindi memorizzati su supporto magnetico mediante il programma di acquisizione Geometrics SGOS.

Le energizzazioni del terreno, per la generazione delle onde di compressione, sono state effettuate mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 5 kg) su piastra di acciaio.

La lettura di tutti i tempi relativi ai primi arrivi é stata effettuata con routine automatica e controllo manuale da tastiera utilizzando il programma SeisOpt Picker v 1.5.

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati, rispettivamente, gruppi di geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza naturale di 14 Hz.

L'interpretazione dei dati è stata condotta con il supporto della tecnica di modellizzazione mediante il programma di tomografia sismica SeisOpt 2D v.3.5 che consente di interpretare il sottosuolo attraverso un potente algoritmo di inversione della velocità, denominato RIOTS (Refraction Inversion OpTimization System), capace di fornire una sezione tomografica del sottosuolo in funzione della velocità sismica di propagazione.

Analisi dei dati

La sequenza degli strati sismici, definiti da intervalli di velocità, è stata tarata e ricondotta alle tipologie di materiali e formazioni presenti nell'area in esame.

Questi sono rappresentati da:

- Livello A: coltre eluvio-colluviale, caratterizzata da Vp inferiori a 800 m/s;

- Livello B: cappellaccio di alterazione del substrato roccioso, 800< Vp>1500 m/s, facente passaggio alla roccia sana, Vp > 2000 m/s fino a 3500-4000 m/s.

Stesa sismica SS1

La tomografia sismica derivante dalla stesa SS1 presenta la seguente stratificazione:

Il livello A, costituito dalla coltre eluvio-colluviale, presenta un andamento piuttosto regolare, con variazioni di spessore compresi tra 1-2 m.

Più in profondità si riscontra il livello B. Esso è rappresentato dal cappellaccio di alterazione passante alla roccia sana, con Vp compresi tra 800 m/s. Il passaggio alla roccia più compatta, caratterizzata da Vp>2000 m/s si sviluppa a profondità comprese tra 7 e 10 m di profondità.

Stesa sismica SS2

La tomografia sismica derivante dalla stesa SS2 mostra la seguente stratificazione

Essa presenta il livello A, costituito dalla coltre eluvio-colluviale, lungo tutta la stesa, caratterizzato da una discreta omogeneità in senso longitudinale e verticale; infatti si hanno spessori in genere non superiori a 1-2 m.

Più in profondità, si riscontra il livello B, rappresentato dal cappellaccio di alterazione passante alla roccia sana, che mostra discrete differenziazioni, passando da spessori estremamente limitati, dell'ordine di 2-3 m, nell'intorno dei geofoni g6,g7,g8 e nella porzione terminale della stesa, nell'intorno di g12; tra queste due zone lo spessore del cappellaccio di alterazione aumenta fino a raggiungere profondità massima di circa 10 m, con velocità che da 800 m/s arrivano fino a 2200 m/s. La roccia più compatta raggiunge valori anche superiori a 4000 m/s.

3.2 Rilievo geostrutturale

Allo scopo di individuare e definire le caratteristiche strutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso, in prossimità della zona è stata eseguita un'analisi geostrutturale di dettaglio dell'ammasso roccioso.

Il rilievo è stato eseguito adottando, come metodologia di lavoro, le indicazioni riportate in ISRM 1978 "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses".

Le singole superfici di discontinuità, strati o fratture, sono state caratterizzate attraverso i seguenti parametri: orientazione, spaziatura, forma, scabrezza, apertura, riempimento e presenza d'acqua.

I dati raccolti sul terreno e relativi all'orientamento e alla distribuzione spaziale delle discontinuità sono stati elaborati al computer con l'utilizzo del programma "cluster", edito dalla Geo Soft di Torino, e rappresentati .sul diagramma della proiezione stereografica su reticolo equatoriale di Schmidt.

La resistenza a compressione delle superfici di discontinuità (JCS) è stata determinata in funzione dell'espressione proposta da Barton e Choubey (1977) a partire dalle misure del rimbalzo del martello di Schmidt effettuate in situ.

Per derivare JCS dai valori dei rimbalzi "r" ottenuti sulle superfici delle differenti famiglie individuate, previa correzione degli stessi in funzione dell'orientazione del martello rispetto alla superficie testata, si è applicata la relazione:

$\log(\sigma c) = 0.00088\ r\ \gamma + 1.01$, dove γ è il peso di volume della roccia, assunto pari a 2.60 ton/mc.

Per la determinazione dei coefficienti di rugosità delle superfici di discontinuità (JRC), si è rilevata la scabrezza dei giunti con il pettine di Barton e confrontato il risultato con i profili tipo indicati dalla ISRM 1978.

Si commenta nel seguito quanto complessivamente emerso dai rilievi geostrutturali, proponendo quindi tabelle riassuntive dei dati relativi alle caratteristiche geomeccaniche di ogni famiglia di discontinuità individuata.

Orientazione delle discontinuità.

L'elaborazione delle misure di giacitura registrate in situ (immersione ed inclinazione) è stata eseguita attraverso la proiezione stereografica di Schmidt.

La proiezione dei poli dei piani su un reticolo equatoriale equal-area e la successiva analisi statistica dei cluster, ha permesso di individuare, all'interno dell'ammasso roccioso, quattro famiglie di discontinuità principali.

La più importante e ricorrente rappresenta probabilmente la stratificazione del litotipo, sovente mascherata, alla scala del rilevamento, sia da complicazioni tettonico-strutturali che inducono la milonitizzazione del materiale, sia da fenomeni di dolomitizzazione che obliterano le strutture sedimentarie originarie della formazione rocciosa ed assimilano la

stratificazione a superfici di frattura. Indipendentemente dalla sua genesi questa famiglia si configura comunque come una discontinuità e verrà sempre indicata nel seguito, per semplicità ed analogia con le altre, come un set di fratturazione. Tale famiglia è orientata a traverpoggio rispetto alla scarpata, con inclinazione dell'ordine di circa 45°. Le altre tre famiglie, rappresentano giunti di frattura, di minore persistenza rispetto alla famiglia precedente, con andamento maggiormente disperso.

I set principali di discontinuità individuati all'interno dell'ammasso dall'analisi dei cluster sono i seguenti:

Discontinuità F1 (stratificazione): 84°/44°

Discontinuità F2: 10°/72°

Discontinuità F3: 169°/50°

Discontinuità F4: 249°/72°

La sostanziale caratteristica che accomuna le famiglie di discontinuità F2 e F4 è l'angolo di inclinazione, sempre molto elevato e prossimo alla verticale, in contrasto con la terza famiglia di discontinuità F3, che invece denota sempre angoli di inclinazione dell'ordine di circa 50 gradi.

Spaziatura.

L'esame della spaziatura sul fronte esaminato e nelle aree limitrofe, ha rivelato valori ricorrenti per le singole famiglie distinte, con massima frequenza, per tutti i set di discontinuità, nell'intervallo 2-5 cm (43%) e nell'intervallo 10-50 cm (39%). Solo il 6% delle discontinuità ha una spaziatura compresa tra 0.50-2.00 mt, oltre a valori dispersi.

Apertura e riempimento.

L'apertura dei giunti di frattura è tendenzialmente trascurabile se non del tutto assente. Soltanto nelle porzioni sommitali del fronte o in corrispondenza di lineazioni tettoniche particolarmente evidenti, i giunti risultano allentati, beanti, oppure riempiti da detrito fine prodotto dal dilavamento superficiale del materiale roccioso e del terreno sommitale, sul ciglio della parete. Su alcune superfici sono presenti talora patine di ossidazione di colore ocraceo.

Forma e scabrezza.

Per definire qualitativamente tali parametri, che riguardano le caratteristiche geometriche delle pareti dei singoli giunti, sono state utilizzate definizioni codificate, scelte sulla base di quanto osservato direttamente sul terreno. La valutazione quantitativa della scabrezza, altrimenti definita rugosità, è stata invece effettuata attraverso l'utilizzo del pettine di Barton, per la definizione dell'indice JRC, proprio di ciascuna famiglia, illustrato nelle tabelle che seguono.

Più del 70 % dei giunti analizzati presenta una forma piana, mentre i giunti segmentati e ondulati rappresentano rispettivamente il 14% e il 12%.

Le superfici dei giunti, alla scala standard di un decimetro, sono lisce nel 66% dei casi, rugose nel 18% dei casi ed in subordine, segmentate ed ondulate.

Delle tre famiglie di discontinuità individuate, soltanto la F1 è ben caratterizzata, costantemente di forma piana e liscia, mentre le altre presentano una maggiore variabilità di profili geometrici.

Acqua.

Nel contesto esaminato non sono state riscontrate percolazioni idriche attive dalle discontinuità dell'ammasso roccioso, stante anche la posizione morfologica sostanzialmente prossima al crinale. Si esclude pertanto che l'ammasso roccioso possa essere interessato da filtrazione e percolazione idrica. Sicuramente l'infiltrazione superficiale è possibile in occasione di eventi meteorici dai cigli superiori della parete esaminata, dove le fratture sono spesso beanti e dove, pertanto, possono generarsi sovrappressioni interstiziali, con effetto destabilizzante sulle porzioni rocciose isolate dai sistemi di discontinuità.

Pure il dilavamento superficiale ad opera delle acque di pioggia è deleterio nelle condizioni esaminate, perché provoca l'erosione della roccia e lo scollamento di piccoli frammenti e blocchetti lapidei, in detrizione verso il piede della parete.

4. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE DISCONTINUITÀ DELL'AMMASSO ROCCIOSO.

Famiglia F1

Immersione e inclinazione	84°/44°
Spaziatura	2-20 cm
Persistenza	>4 metri (molto alta).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano (JRC = 0 – 2)
Resistenza pareti giunto	Rimbalzo medio corretto rc = 50.7 JCS = 148.2 MPa
Apertura	Da serrata a millimetrica.
Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

Famiglia F2

Immersione e inclinazione	10°/72°
Spaziatura	5-60 cm
Persistenza	>4 metri (molto alta, dove evidente).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano, localmente ondulato e rugoso. (JRC = 4 – 6)
Resistenza pareti giunto	Rimbalzo medio corretto rc = 42.8 JCS = 97.6 MPa
Apertura	Da serrata a millimetrica
Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

Famiglia F3

Immersione e inclinazione	169°/50°
Spaziatura	2-60 cm
Persistenza	< 1 mt (molto bassa).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano, localmente segmentato. (JRC = 4 – 6)
Resistenza pareti giunto	Rimbalzo medio corretto rc = 40.2 JCS = 85.4 MPa
Apertura	Da serrata a millimetrica.
Riempimento	Assente.
Acqua	Asciutto.

Famiglia F4

Immersione e inclinazione	249°/72°
Spaziatura	5-60 cm
Persistenza	< 1 mt (molto bassa).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano, localmente segmentato. (JRC = 4 – 6)
Resistenza pareti giunto	Rimbalzo medio corretto rc = 38.7 JCS = 78.6 MPa
Apertura	Da serrata a millimetrica.
Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

5. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (BIENIAWSKI 1989).

Per completare la caratterizzazione geomeccanica, è stata infine applicata la classificazione geomeccanica di Bieniawski (1989).

Resistenza uniassiale della matrice rocciosa sana (determinata con martello di Schmidt) σc = 158 MPa.

Rating: 12

RQD = <25%

Rating: 3

Spaziatura discontinuità: 6-20 cm (ricorrente)

Rating: 5

Condizione discontinuità: superfici lisce

Rating: 10

Acqua: umido - secco

Rating: 10-15

BMR: 40-45, classe III media qualità.

6. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Gli elementi emersi nel corso dell'indagine, ed in particolare le risultanze delle prospezioni sismiche unite ai dati provenienti dal rilevamento di superficie, hanno permesso di ricostruire le caratteristiche specifiche per ciascuna zona in cui verranno posizionati gli aerogeneratori; per ogni torre si è pertanto proceduto ad elaborare due sezioni geologiche interpretative in scala 1:200, che appaiono allegate alla presente (cfr. , Planimetria di progetto, scala 1:1.000 e Sezioni geologiche interpretative Torre 1: B-B, E-E-, scala 1:200, Torre 2: A-A, C-C, scala 1:200 e Torre 3: D-D, F-F, scala 1:200).

Nelle sezioni sono state rappresentate le condizioni stratigrafiche medie rappresentative della situazione geologica; sulle stesse si sono rappresentate anche le opere in progetto.

Si osserva che il terreno di fondazione degli aerogeneratori sarà costituito dal substrato roccioso, reperibile in tutti e tre i siti a modesta profondità dal p.c.

Sotto il profilo stratigrafico la situazione è così schematizzabile:

- al di sotto del sottile livello di terreno vegetale, che presenta uno spessore di qualche decimetro, si ha un livello di coltre eluvio-colluviale che mostra spessori limitati e generalmente dell'ordine di circa 1.0 m;
- il livello sottostante è costituito dal cappellaccio di alterazione del substrato roccioso, che risulta fortemente alterato, intensamente fratturato e talora completamente disarticolato fino a profondità di circa 7.0-9.0 m dal p.c.;
- più in profondità il substrato appare ancora interessato da un elevato grado di fratturazione, ma complessivamente più "integro".

Sotto il profilo geotecnico e geomeccanico la sintesi di tutti i dati geologici, geostrutturali e geomeccanici esposti ai paragrafi precedenti, nonchè l'analisi dei dati provenienti dalle indagini finalizzate alla progettazione esecutiva dei due aerogeneratori già in esercizio porta a ritenere che il modello di riferimento per l'ammasso roccioso analizzato, alla scala delle problematiche considerate, debba essere quello del continuo equivalente; infatti le quattro famiglie di discontinuità principali descritte governano il comportamento dell'ammasso, che si rompe secondo superfici predefinite, originando blocchi di dimensioni centimetriche.

Adottando il criterio di Mohr-Coulomb, valido per modelli di comportamento continuo ed isotropo quale è la situazione esaminata, i valori dei parametri di resistenza dell'ammasso, espressi in termini di coesione ed angolo di attrito, sono ricavabili attraverso le correlazioni con l'indice BMR proposte da Bieniawski, dalle quali si ottiene:

* angolo di attrito: **38°**
* coesione: **100 kPa**

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso è stimabile in circa 1/10 rispetto a quella della roccia intatta, pari cioè a circa **σc = 15 MPa,** mentre per quanto concerne la densità della roccia, la stessa è valutabile in **γ = 26-27 kN/m^3**:infine il modulo di deformazione è dell'ordine di **1500-3500 MPa**

Per quanto concerne la caratterizzazione del livello più esterno e disarticolato del substrato roccioso, in via cautelativa lo stesso può essere assimilato ad una ghiaia addensata per il quale l'ampia letteratura esistente fornisce valori medi dell'ordine di:

- peso di volume naturale: **23 kN/m^3**
- angolo di attrito: **40°**
- coesione drenata: **15 kPa**

7. SISMICITÀ DELL'AREA E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'area in esame è classificata in Zona Sismica 3 sulla base della D.G.R. n°1362/2010.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definito mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite attraverso un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Sulla base delle risultanze delle prospezioni sismiche, che individuano rifrattori con Vp superiori a 1.800 m/sec a profondità limitate, si ritiene che il terreno di fondazione rientri pertanto nella categoria A tra quelle previste alla

tabella 3.2 II delle NTC 2008, caratterizzato nei primi 30 m di profondità al di sotto del piano di posa delle fondazioni da valori Vs30 superiori a 800 m/s.

La stima della pericolosità sismica è stata effettuata attraverso il software on line Geostru PS Parametri Sismici; ci si è basati sui seguenti dati di sito e di progetto:

Coordinate baricentriche dell'installazione:

latitudine 44°10'05.21''Nord

longitudine 8°06'18.56'' Est

latitudine: 44.168317

longitudine: 8.104141

Le caratteristiche geologiche e morfologiche sono state così identificate:

categoria sottosuolo: A

categoria topografica: T3

Vita nominale: 50 anni

Le caratteristiche dell'opera sono le seguenti:

Classe d'uso: 4

Coefficiente d'uso: 2

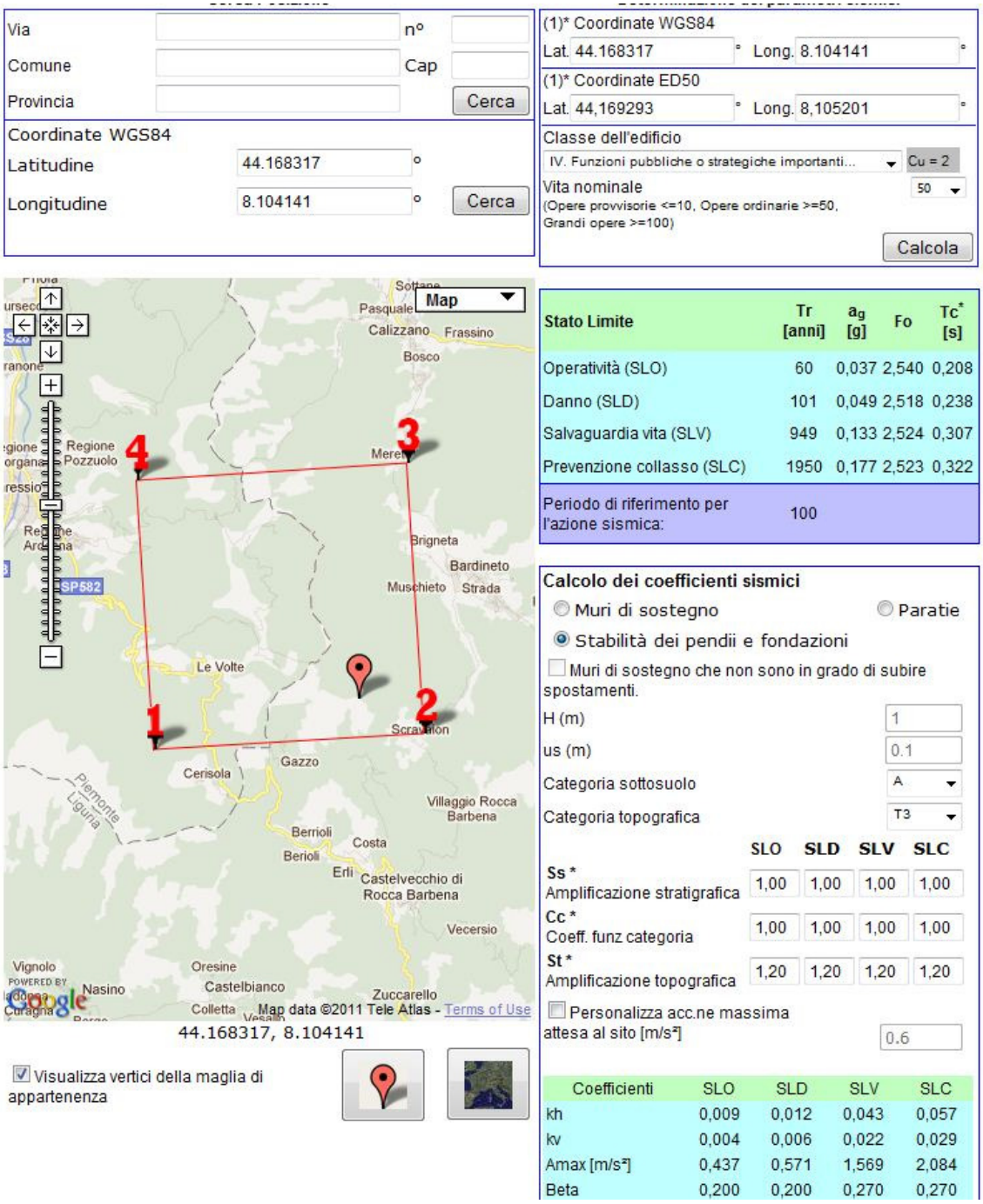
Periodo di riferimento: 100 anni

Le coordinate dei siti di riferimento del Ministero sono le seguenti:

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17793	Lat: 44,1599Lon: 8,0527	Distanza: 4312,416
Sito 2	ID: 17794	Lat: 44,1631Lon: 8,1223	Distanza: 1530,129
Sito 3	ID: 17572	Lat: 44,2130Lon: 8,1179	Distanza: 4964,747
Sito 4	ID: 17571	Lat: 44,2098Lon: 8,0484	Distanza: 6390,562

I coefficienti sismici che appaiono nella tabella sono quelli da adottare nelle verifiche di stabilità per i pendii e nella verifica delle fondazioni



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0,037	2,540	0,208
Danno (SLD)	101	0,049	2,518	0,238
Salvaguardia vita (SLV)	949	0,133	2,524	0,307
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0,177	2,523	0,322
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno — Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T3

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc * Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St * Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,043	0,057
kv	0,004	0,006	0,022	0,029
Amax [m/s²]	0,437	0,571	1,569	2,084
Beta	0,200	0,200	0,270	0,270

dove:
Tr = tempo di ritorno
ag = accelerazione orizzontale massima al sito
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica
Cc = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo
St = coefficiente di amplificazione topografica
Kh = coefficiente sismico orizzontale
Kv = coefficiente sismico verticale
Amax = accelerazione massima
Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

8. FRONTI DI SCAVO

L'inserimento delle torri nel versante comporta una fase costruttiva che determina la realizzazione di un fronte di scavo temporaneo con scarpata inclinata circa 45° e differenza massima di quota tra il ciglio e la base pari a circa 5 m, che interessa pressochè totalmente il cappellaccio di alterazione del substrato roccioso. Le caratteristiche di resistenza al taglio del suddetto livello, come è stato esposto in precedenza, sono tali da garantire la stabilità dei fronti di scavo temporanei.

La sistemazione finale prevede la riprofilatura del versante mediante il ricoprimento delle strutture di fondazione e la rinaturalizzazione complessiva della scarpata.

La ricostruzione del versante avverrà mediante riporto di terra vegetale e successivamente seminato in modo da poter ripristinare integralmente il manto erboso esistente.

9. FONDAZIONI AEROGENERATORE

Dopo la predisposizione del cantiere e gli sbancamenti necessari si procederà alla realizzazione delle strutture: si prevede un plinto di fondazione sul quale montare la torre eolica.

Lasciando alla fase di progettazione esecutiva strutturale la verifica ed il dimensionamento delle fondazioni degli aerogeneratori, analogamente alla soluzione fondazionale adottata per l'impianto già realizzato, le fondazioni saranno di tipo "a pozzo", con profondità di almeno 5-6 m; il pozzo, verrà scavato mediante una coronella di micropali armati con tubo in acciaio spinti ad almeno 10-12m di profondità dal p.c.

Tale soluzione permette la realizzazione di un plinto di dimensioni ridotte, in quanto immorsato nel substrato roccioso con un "monoblocco" in c.a. e con palificazioni profonde; ne consegue quindi con una riduzione delle superfici interessate dai movimenti di terreno e un minor impatto ambientale.

Le fondazioni dovranno essere calcolate in sede di progettazione esecutiva degli interventi, sulla base dei parametri geotecnici forniti nella presente relazione e sulla base dei dati specifici (carichi, momenti, ecc..) della macchina che verrà installata.

10. STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LE TORRI.

Il progetto prevede una strada di collegamento tra la Torre 1 e la Torre 2; in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area, caratterizzata da pendenza limitata, la realizzazione della stessa non prevede movimenti di terreno. È stata comunque ricostruita la sezione geologica interpretativa, in scala 1:500, lungo il profilo della stessa.

Al fine di salvaguardare la prateria alpina di rilevante importanza paesaggistica, verrà posizionata una rete polimerica ad alta densità direttamente sopra il vecchio tracciato della strada interpoderale ora ricoperta dalla prateria. Con tale accorgimento sarà possibile transitare con i mezzi pesanti evitando il contatto diretto dei pneumatici con l'erba evitando danni all'apparato radicale delle pianticelle che potranno così svilupparsi nuovamente non appena rimossa la rete.

11. STRADA DI ACCESSO.

La strada di accesso alla zona in cui verranno posizionati gli aerogeneratori si diparte dalla Strada Provinciale n°52, nei pressi della Casa Cantoniera posta in prossimità del Colle dello Scravaion; risalendo fino al Bric Schenasso, si sviluppa con un primo tratto asfaltato, mentre nel tratto più in quota diventa sterrata.

La strada ha una lunghezza di circa 3.0 km; la larghezza ed i raggi di curvatura risultano sufficienti al passaggio dei mezzi di trasporto degli impianti per tutto il suo sviluppo, in quanto essa era già stata oggetto di studio e analisi nella realizzazione del precedente progetto, la cui esecuzione ha comportato la risoluzione di tutte le problematiche relative al transito dei mezzi idonei al trasporto delle parti delle torri. Sono sufficienti solo alcune manutenzioni da eseguirsi mediante il riporto di stabilizzato di cava rullato in alcuni punti dove si riscontrano fenomeni di erosione o disfacimento del fondo strada dovuti a dilavamento.

12. CAVIDOTTO.

Il collegamento alla rete di distribuzione elettrica avverrà mediante un cavidotto completamente interrato che si svilupperà dalle tre torri, seguendo la

viabilità esistente, fino a raggiungere la cabina elettrica a servizio dei tre aereo generatori.

Quest'ultima verrà realizzata nel fabbricato esistente al termine della strada comunale; detta soluzione non comporta quindi alcuna problematica sotto il profilo geologico ed idrogeologico.

Il cavidotto sarà completamente interrato al di sotto della sede stradale già esistente, quindi senza necessità di alterare anche solo temporaneamente l'assetto naturale delle aree circostanti. Un tratto di cavidotto, al fine di diminuirne la lunghezza complessiva, si discosterà dalla strada di accesso e seguirà la strada bianca comunale attualmente in disuso.

Per la realizzazione del cavidotto interrato è previsto uno scavo a sezione obbligata pari a 0.50 m. di larghezza per una altezza di m. 0.70 .

L'opera si configura di fatto come una trincea continua che segue l'andamento stradale, quindi disposta trasversalmente alle linee di pendenza del versante.

Va da sé che, stanti le condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche della zona presa in esame, l'opera può intercettare quantitativi idrici provenienti da monte, nei confronti dei quali sono tuttavia previsti idonei accorgimenti tecnici atti a garantire la funzionalità e la durata nel tempo del cavidotto e a salvaguardia degli equilibri idrogeologici esistenti.

È innanzitutto necessario "attrezzare" lo scavo in modo da consentire il corretto smaltimento delle acque di circolazione sottosuperficiale intercettate e richiamate dallo stesso, contro fenomeni di accumulo anomali e conseguenti percolazioni concentrate a valle delle strade interessate, che possono metterne in crisi la stabilità.

È stato pertanto previsto:

- ogni 100 m circa, installazione di pozzetti di ispezione con tubo di raccolta delle acque provenienti dal cavidotto , che verranno scaricate possibilmente in scoli naturali già esistenti ai margini della strada;
- il rinterro dello scavo con materiale arido grossolano, riutilizzando lo sterro prodotto dello scavo, eventualmente vagliato, messo in posto con costipatura e rullatura.

13. FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO E COMPATIBILITÀ CON LA TUTELA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Sulla scorta di quanto precedentemente esposto, si rileva:

- che l'intervento è compatibile con la natura dei luoghi;
- che i deflussi superficiali e sotterranei non risulteranno alterati dagli interventi realizzati;
- che l'intervento non influisce sulla stabilità del versante e piu' in generale sull'assetto idrogeologico dell'area.

In base a quanto precedentemente esposto, si certifica che l'intervento in progetto rispetta le condizioni poste a tutela dell'assetto idraulico, idrogeologico e delle falde acquifere e pertanto compatibile e non in contrasto con la presenza sul terreno del vincolo idrogeologico.

14. COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI BACINO DEL FIUME CENTA

A completamento della presente si è provveduto ad analizzare eventuali interferenze o vincoli tra la realizzazione dell'intervento con gli strumenti di pianificazione del rischio idrogeologico in vigore.
Con riferimento al Piano di Bacino del F. Centa, Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico di cui all'art. 1, comma 1 del D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i., si osserva che le aree interessate dagli interventi, sia le torri eoliche, sia le opere accessorie, ricadono nel bacino del T. Neva.
Si allegano alla presente gli stralci delle seguenti carte che fanno parte degli elaborati grafici del Piano:

- Carta della suscettività al dissesto, scala 1/10.000.
- Carta del reticolo idrografico, scala 1/10.000.
- Carta degli interventi, scala 1/10.000.

Sugli stralci è stata individuata l'area oggetto dell'intervento; si rileva quanto segue:

Torri eoliche

In merito alla suscettività al dissesto dei versanti, l'intervento ricade in un'area classificata a suscettività BASSA, di tipo PG1.

Circa il reticolo idrografico si osserva che l'intervento ricade a distanze superiori a 40 m dai corsi d'acqua più prossimi ed individuati come demaniali.

Circa quanto appare sulla Carta degli interventi, questi ultimi sono tutti al di fuori del territorio interessato.

Situandosi in alto versante l'area ricade al di fuori delle aree inondabili.

Cavidotto

In merito alla suscettività al dissesto dei versanti, l'intervento ricade in aree classificate a suscettività bassa, di tipo PG1 e media, di tipo PG2; fa eccezione un modesto tratto di circa 50 m, nel quale lo stesso ricade in un'area classificata PG3b.

Circa il reticolo idrografico si osserva che l'intervento ricade a distanze superiori a 40 m dai corsi d'acqua più prossimi ed individuati come demaniali.

Circa quanto appare sulla Carta degli interventi, questi ultimi sono tutti al di fuori del territorio interessato.

Situandosi in alto versante l'area ricade al di fuori delle aree inondabili.

Per quanto sopra esposto, si certifica che le opere in progetto:

- non pregiudicano e non alterano la stabilità del versante;
- non sono ricomprese nell'alveo attuale, nè nella fascia di riassetto fluviale;
- non pregiudicano la possibilità di attuare le previsioni di piano e la sistemazione idrogeologica definitiva del bacino;
- sono compatibili con i contenuti del Piano di bacino e le Norme di attuazione dei piani stessi.

Savona, agosto 2011

ALLEGATI

- Corografia, scala 1:5.000
- Planimetria di stato attuale con ubicazione indagini geofisiche, scala 1:1.000
- Planimetria di progetto, scala 1:1.000
- Sezioni geologiche interpretative Torre 1: B-B, E-E-, scala 1:200
- Sezioni geologiche interpretative Torre 2: A-A, C-C, scala 1:200
- Sezioni geologiche interpretative Torre 3: D-D, F-F, scala 1:200
- Sezione geologica interpretativa strada di collegamento, scala 1:500
- Risultanze prospezioni sismiche
- Rilievo geomeccanico
- Planimetria cavidotto, scala 1:4.000
- Stralcio carta di suscettività al dissesto, scala 1:10.000
- Stralcio carta del reticolo idrografico, scala 1:10.000
- Stralcio carta degli interventi, scala 1:10.000