PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CALICE LIGURE

IMPIANTO EOLICO "BRIC CHIOGGIA"

DA REALIZZARSI IN COMUNE DI CALICE LIGURE (SV) LOCALITA' BRIC CHIOGGIA E PIAN DEI CORSI

RELAZIONE GEOLOGICA

Indagini specialistiche a corredo del Progetto Definitivo nell'ambito del procedimento autorizzativo ai sensi art.12 D.Lgs. 387/03

Relatore:
dott. Geol. Francesco Cipolla
Sede - Via di Scurreria, 2 int. A
16123 Genova GE

Proponente:
Elettrostudio Energia SpA
Via Lavaredo, 44/52
30174 Venezia-Mestre Italy

Progettazione:
Sinergo S.p.A.
Via Ca' Bembo, 152
30030 Maerne di Martellago (VE) - Italy

Settembre 2011

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

INDICE

1. PREMESSA

1.1 Quadro degli interventi

2. REGIMI NORMATIVI DI VALENZA GEOLOGICA

2.1 Aerogeneratori
2.2 Cabina di consegna
2.3 Cavidotto

3. ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

4. MODELLAZIONE GEOLOGICO-STRATIGRAFICA

5. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI (valori nominali e valori medi)

5.1 Area di imposta aerogeneratori
5.2 Area di imposta cabina di consegna

6. ANALISI IN TERMINI DI AZIONI SISMICHE

6.1 Pericolosità sismica di base
6.2 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

7. CONCLUSIONI

Indice delle Figure

Figura 1: ubicazione degli aerogeneratori proposti
Figura 2: ubicazione della cabina di consegna
Figura 3: stralcio Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Sezioni 228120 e 228160
Figura 4: stralcio Carta del Reticolo Idrografico Principale (Piano 180/98 – Pora) Sezioni 228120 e 228160
Figura 5: modifiche e integrazioni al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto FOGLIO 228 – II - Mallare
Figura 6: estratto della Carta delle Aree sottoposte a vincolo idrogeologico ex R.D. 3267/1923 (*http://geoportale.provincia.savona.it*)
Figura 7: estratto della Carta delle Aree Vincolate DM 24/4/85 [Galassini G.U. 19/6/85 n° 4350] oggi comprese nel D.L. n. 42/2004 (*http://geoportale.provincia.savona.it*)
Figura 8: ubicazione cabina di consegna sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora)
Figura 9a: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 1/5
Figura 9b: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 2/5
Figura 9c: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 3/5
Figura 9d: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 4/5
Figura 9e: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 5/5
Figura 10: substrato metaignimbritico affiorante lungo il versante Est di Bric Chioggia

Indice degli allegati

Allegato 1: stratigrafia sondaggio meccanico tipo (Pian dei Corsi, campagna geognostica 2003)
Allegato 2: profilo sismico tipo (Pian dei Corsi, campagna geognostica 2003)

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

1. PREMESSA

Facendo seguito all'incarico conferito al sottoscritto in qualità di geologo nonché Direttore Tecnico di SGA-Genova s.r.l. da parte della Società Elettrostudio Energia S.p.A., è stata impostata e sviluppata un'analisi geologica a corredo del Progetto Definitivo per la realizzazione di Impianto eolico nel territorio del Comune di Calice Ligure, nell'ambito del procedimento autorizzativo ai sensi art. 12 del D.Lgs. 387/2003.

Gli approfondimenti di natura geologica si basano sulle risultanze di una campagna di rilevamento opportunamente eseguita e sull'utilizzo dell'ampio spettro di dati geognostici e geotecnici relativi alle aree attigue a quelle di intervento acquisiti dallo scrivente nel corso di ulteriori recenti studi di livello esecutivo.
La base informativa disponibile ha permesso di fornire adeguati e probanti elementi di supporto interpretativo in ordine alle tematiche geomorfologiche, geologiche, tettonico-strutturali, geotecniche e sismiche, in grado di indirizzare le scelte di carattere ingegneristico proprie del livello di progettazione in questione.

1.1 Quadro degli interventi

Il progetto proposto si compone di una serie di opere primarie e secondarie, sia di tipo puntuale che lineare per le quali esistono livelli di interferenza con l'attuale assetto geologico l.s. di diverso peso.
In particolare la presente relazione prende in considerazione:

- ✓ n. 2 aerogeneratori (denominati T1 e T2) comprensivi delle opere accessorie (piazzole di servizio ed adeguamento viabilità di accesso esistente);
- ✓ n. 1 cabina di consegna.
- ✓ cavidotto di servizio;

La messa in posto dei due aerogeneratori rappresenta l'opera di maggior rilevanza sia in termini di preparazione d'area delle piazzole di servizio, sia in ottica strettamente geotecnica (fondazioni).

La cabina di consegna sarà costituita da una costruzione con ingombro base di circa 10 m x 4 m e sarà ubicata in prossimità di una piazzola esistente posta lungo la S.P. n. 23 Calice Ligure-Carbuta-Melogno, che dalla Chiesa di San Rocco sale verso la Madonna delle Grazie.

Per quanto riguarda invece il cavidotto sarà totalmente interrato e si svilupperà sempre lungo viabilità esistente. In particolare lungo piste sterrate esistenti e lungo la strada provinciale.
La messa in opera del cavidotto determinerà interferenze minimali e/o trascurabili sull'assetto geologico delle aree attraversate. Questo in considerazione delle dimensioni degli scavi previsti (valori standard medi circa 1 m di altezza x 0.6 m di larghezza) e del loro carattere di *non permanenza* con immediata chiusura e ripristino delle condizioni pregresse.

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

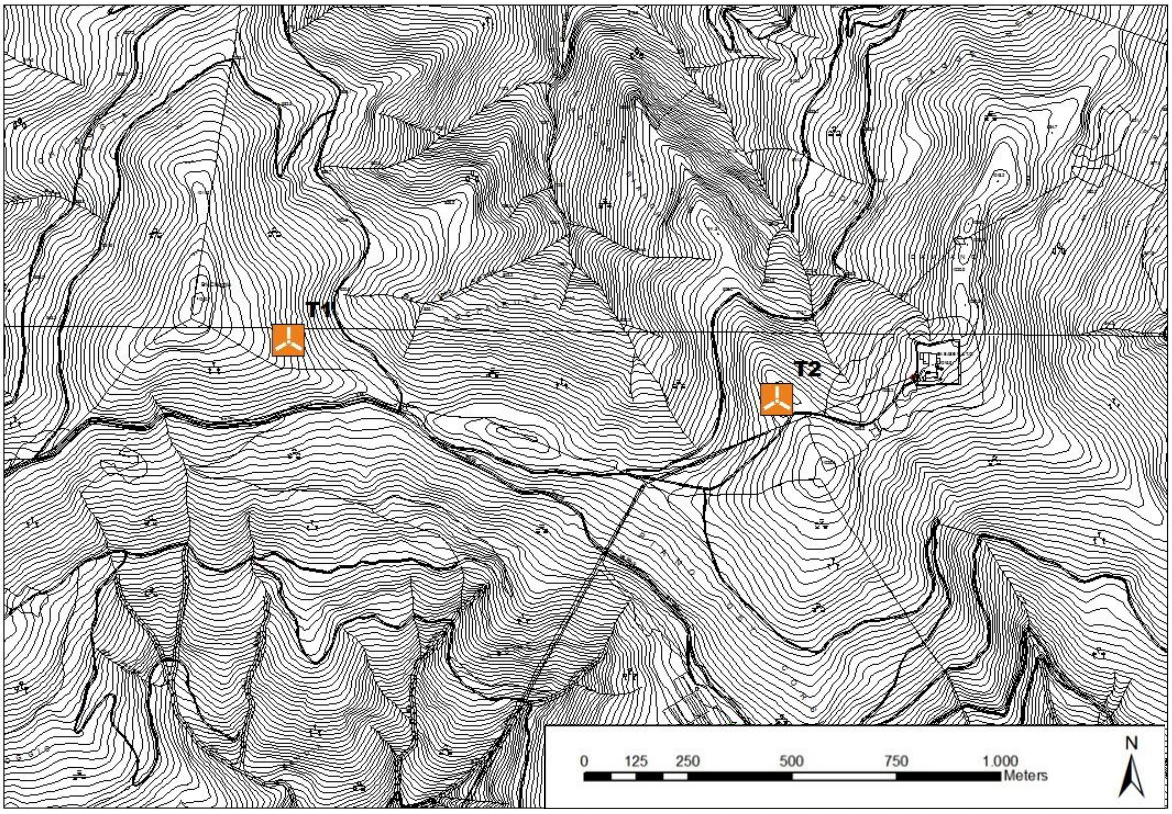
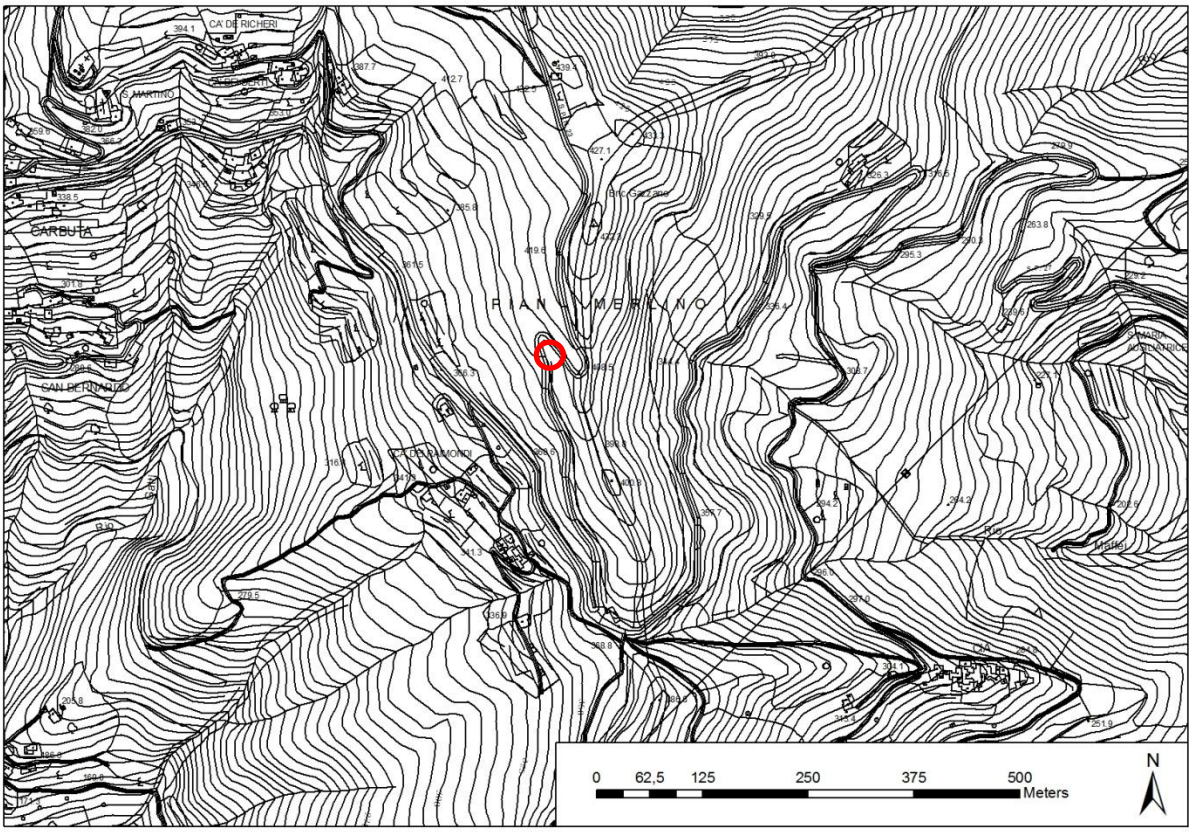




Figura 1: ubicazione degli aerogeneratori proposti

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it



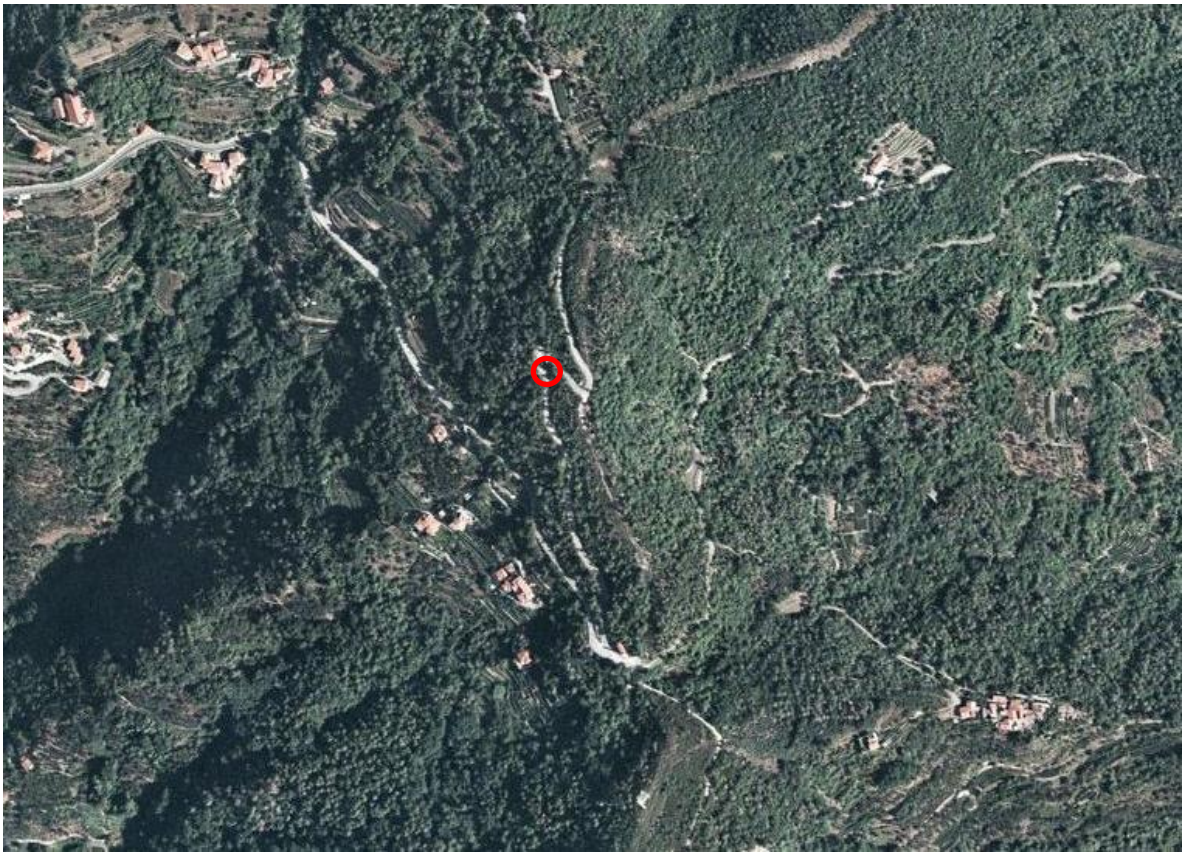


Figura 2: ubicazione della cabina di consegna

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

2. REGIMI NORMATIVI DI VALENZA GEOLOGICA

In ordine ai regimi normativi di valenza geologica vigenti sulle aree interessate dall'intervento in progetto, in questa sede si richiamano diversi livelli vincolistici presenti. L'analisi viene suddivisa per le diverse opere proposte.

2.1 Aerogeneratori ed opere accessorie

- Pianificazione di Bacino (versante tirrenico)

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie sono ubicate in prossimità del margine settentrionale dell'ambito di Bacino Pora (approvato con D.C.P. n. 31 del 27/05/2004, D.G.P. n. 52 del 15/02/2005, D.G.P. n. 114 del 31/05/2005, D.G.P. n. 156 del 26/07/2005, D.G.P. n. 84/2006 del 27/04/2006, DGP n.90 del 29/04/2008, D.G.P. n. 70 del 05/10/2009) CTR di riferimento 228120 e 228160.
Si rammenta in tal senso come tale strumento di pianificazione di bacino sia sovraordinato agli altri strumenti di area vasta.
Dall'osservazione delle cartografie di riferimento si osserva che:

- ✓ in relazione alla Carta della Suscettività al dissesto le aree di pertinenza interessate dal progetto (sebbene principalmente ubicate oltre lo spartiacque tirrenico/padano) ricadono in Classe di suscettività bassa (Pg1) [cfr. Figura 3];
- ✓ in relazione alla Carta del reticolo idrografico e della rete idrografica significativa non si rilevano interferenze con corsi d'acqua significativi [cfr. Figura 4].

- Pianificazione di bacino (versante padano)

L'attuale quadro programmatico attinente l'assetto e le criticità idrogeologiche per quanto attiene il versante padano fa riferimento al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po' (ex Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter).
L'analisi delle aree interessate dall'intervento proposto desunta dall'osservazione della cartografia tematica dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto, disponibile alla scala 1:25000 (Foglio 228 - II – Mallare) evidenzia l'assenza di elementi di dissesto e di criticità idrogeologiche [cfr. Figura 5].

- Vincolo Idrogeologico (ex L.R. n. 4/99)

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie interessano terreni che ricadono in aree sottoposte a vincolo idrogeologico ex R.D. 3267/1923 [cfr. Figura 6].

- DM 24/4/85 (Galassini) oggi comprese nel DL. 42/2004

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie risultano ricomprese in queste aree vincolate [cfr. Figura 7].

- Aree percorse dal fuoco

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie **non** ricadono fra quelle percorse dal fuoco così come riportate nel sito http://www.cartografia.regione.liguria.it per il periodo 1996-2010.

- Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie **non** sono ricomprese all'interno di tali aree protette.

- Aree protette regionali

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie **non** sono ricomprese all'interno di tali aree protette.

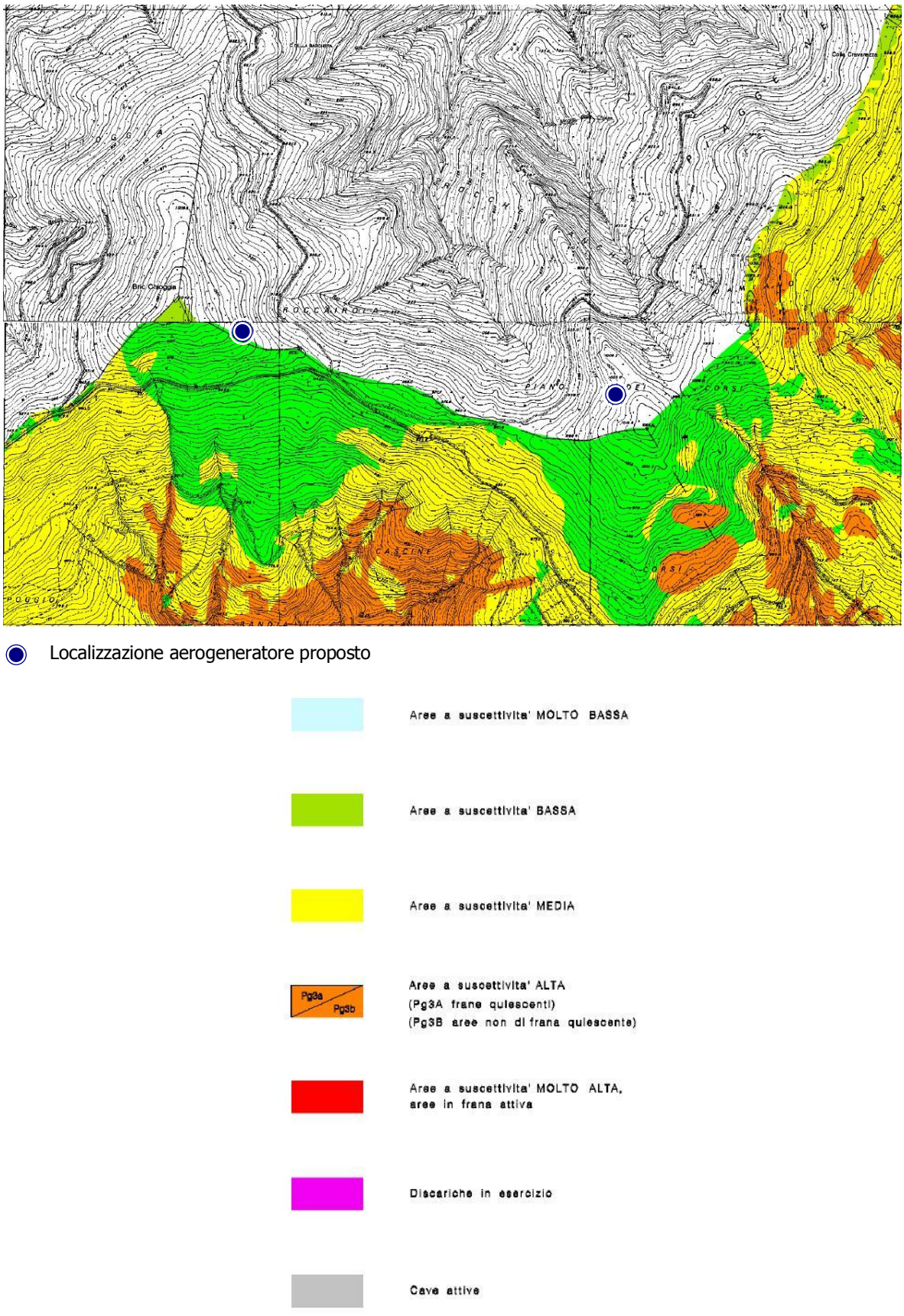
- Aree SIC terrestri ai sensi DGR 1716 del 23/12/2005

Le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori e delle opere ad essi accessorie **non** sono ricomprese all'interno di tali aree.

- D.C.R. 3/2009

Infine le aree di interesse per la messa in opera dei nuovi aerogeneratori **non** risultano ricompreso fra le aree mappate come "*non idonee*" ai sensi della citata D.C.R.

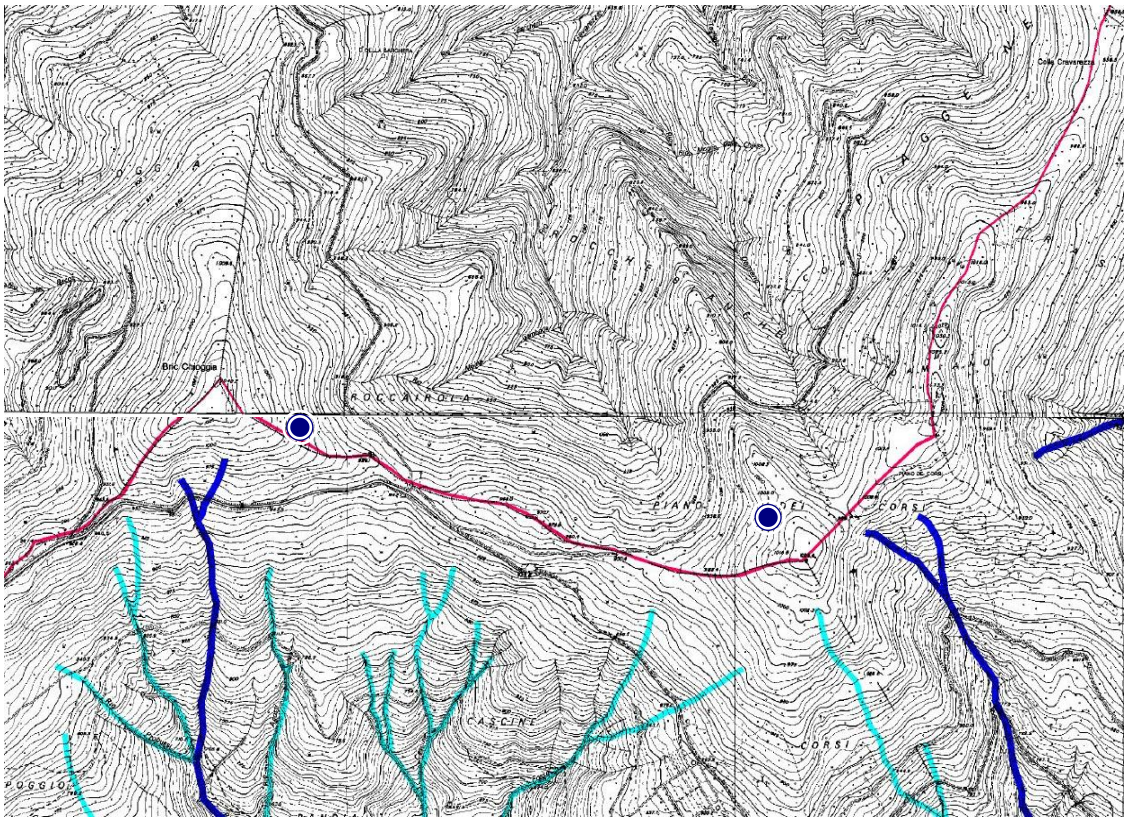
Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it



◉ Localizzazione aerogeneratore proposto

Figura 3: stralcio Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Sezioni 228120 e 228160

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it



◉ Localizzazione aerogeneratore proposto

Corso d'acqua iscritto nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Savona (fonte: D.R. 11/07/1941 e D.P.R. 30/06/1954)

122 Numerazione edenominazione corso d'acqua come da elenco del D.R. 11/07/1941 e del D.P.R. 30/06/1954

Il valore di ufficialita' puo' essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954

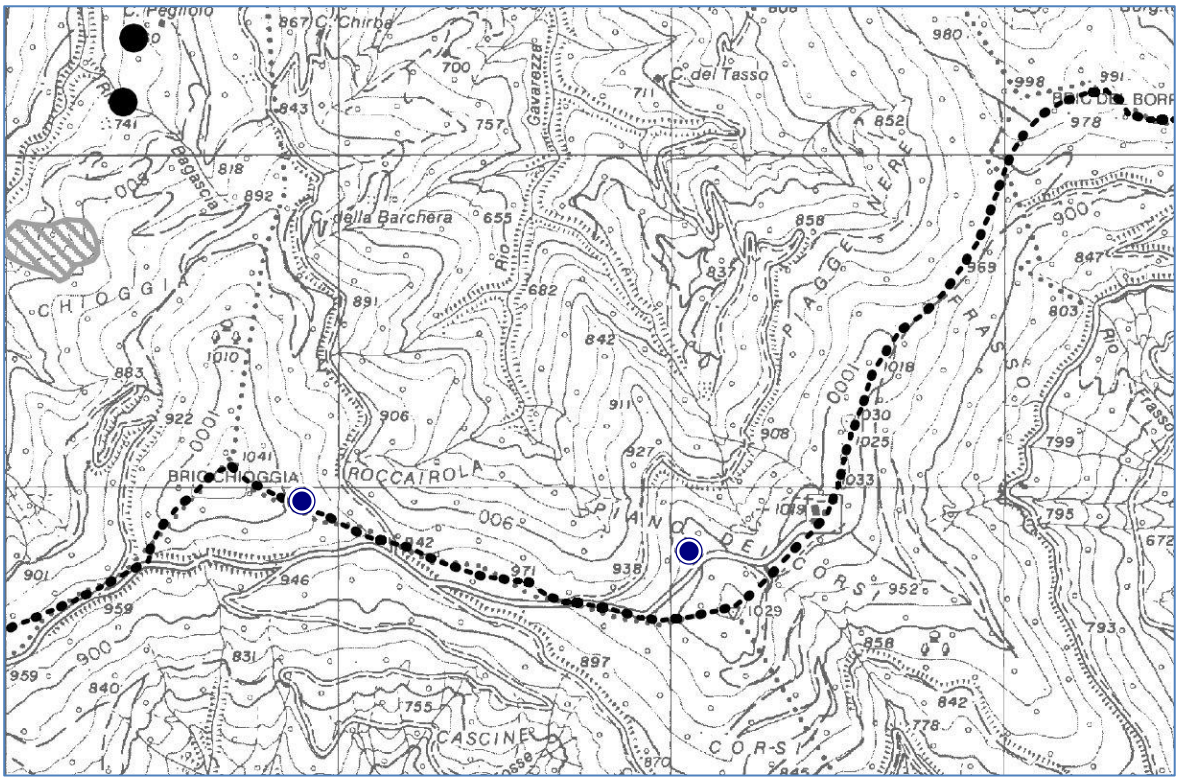
Corsi d'acqua demaniali e/o aventi significativa rilevanza idraulica (fonte: Regione Liguria – Cartografia Catastale 1:5000)

Perimetro dei laghi

Limite di bacino

Figura 4: stralcio Carta del Reticolo Idrografico Principale (Piano 180/98 – Pora) Sezioni 228120 e 228160

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it



◉ Localizzazione aerogeneratore proposto

LEGENDA

Delimitazione delle aree in dissesto

FRANE			
	A. Delimitazione PAI	B. Modifiche e integrazioni	C. Aree a rischio idrogeologico molto elevato
Area di frana attiva (Fa)			
Area di frana quiescente (Fq)			
Area di frana stabilizzata (Fs)			
Area di frana attiva non perimetrata (Fa)			
Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)			
Area di frana stabilizzata non perimetrata (Fs)			

Figura 5: modifiche e integrazioni al Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto FOGLIO 228 – II - Mallare

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

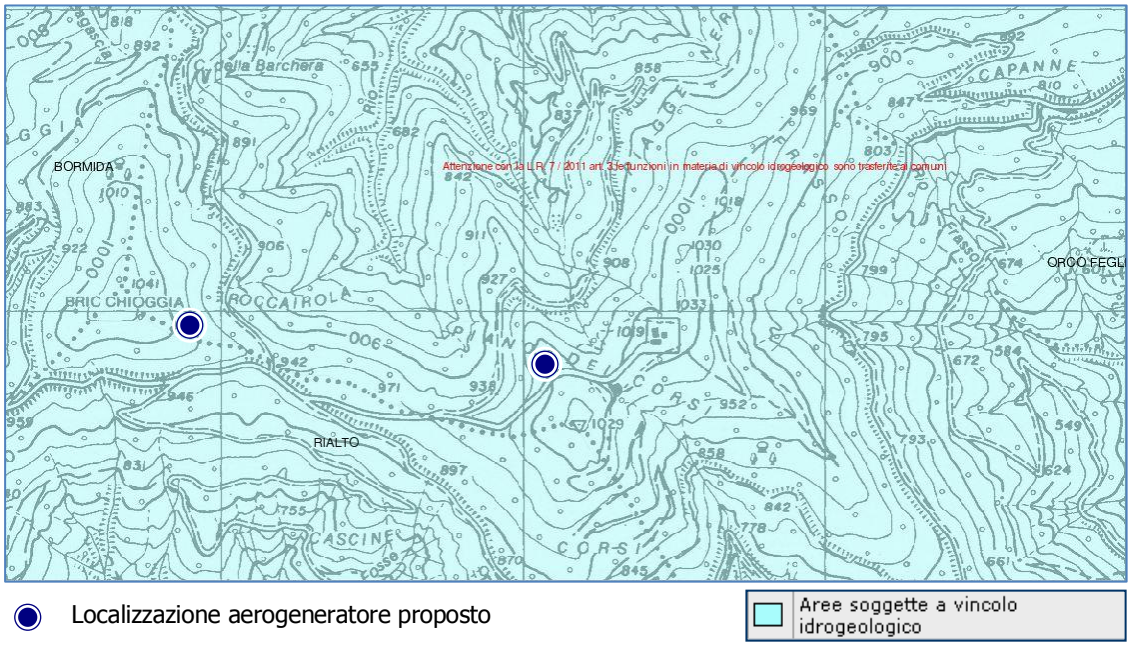


Figura 6: estratto della Carta delle Aree sottoposte a vincolo idrogeologico ex R.D. 3267/1923 (*http://geoportale.provincia.savona.it*)

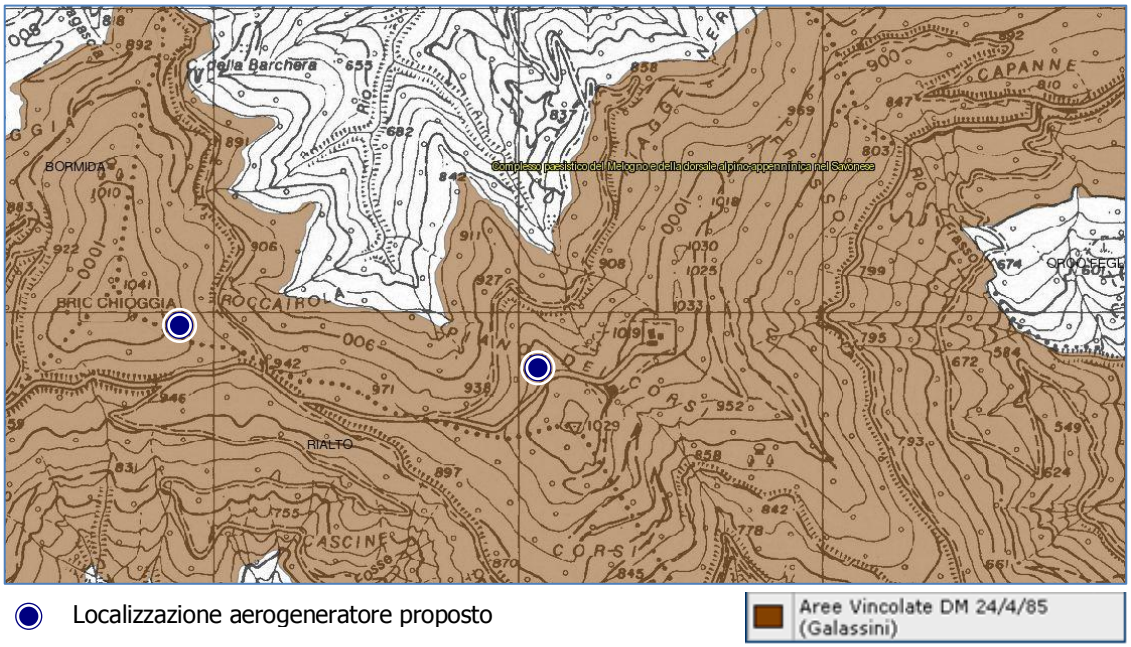


Figura 7: estratto della Carta delle Aree Vincolate DM 24/4/85 [Galassini G.U. 19/6/85 n° 4350] oggi comprese nel D.L. n. 42/2004 (*http://geoportale.provincia.savona.it*)

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

2.2 Cabina di consegna

- Pianificazione di Bacino Pora (180/98)
  - ✓ in relazione alla Carta della Suscettività al dissesto le aree di imposta della cabina di consegna ricadono in Classe di suscettività bassa (Pg1) e Classe di suscettività media (Pg2) [cfr. Figura 8];
  - ✓ in relazione alla Carta del reticolo idrografico e della rete idrografica significativa non si rilevano interferenze con corsi d'acqua significativi.
- Vincolo Idrogeologico
  Le aree di imposta della cabina di consegna ricadono fra quelle sottoposte a vincolo idrogeologico.
- DM 24/4/85 (Galassini) oggi comprese nel DL. 42/2004
  Le aree di imposta della cabina di consegna risultano ricomprese in queste aree vincolate.
- Aree percorse dal fuoco
  Le aree di imposta della cabina di consegna **non** ricadono fra quelle percorse dal fuoco così come riportate nel sito http://www.cartografia.regione.liguria.it per il periodo 1996-2010.
- Piano Provinciale delle Aree Protette approvate con DCP n. 5 del 23/02/2003
  Le aree di imposta della cabina di consegna **non** sono ricomprese tra tali aree protette.
- Aree protette regionali
  Le aree di imposta della cabina di consegna **non** sono ricomprese tra tali aree protette.
- Aree SIC terrestri ai sensi DGR 1716 del 23/12/2005
  Le aree di imposta della cabina di consegna **non** sono ricomprese tra tali aree.

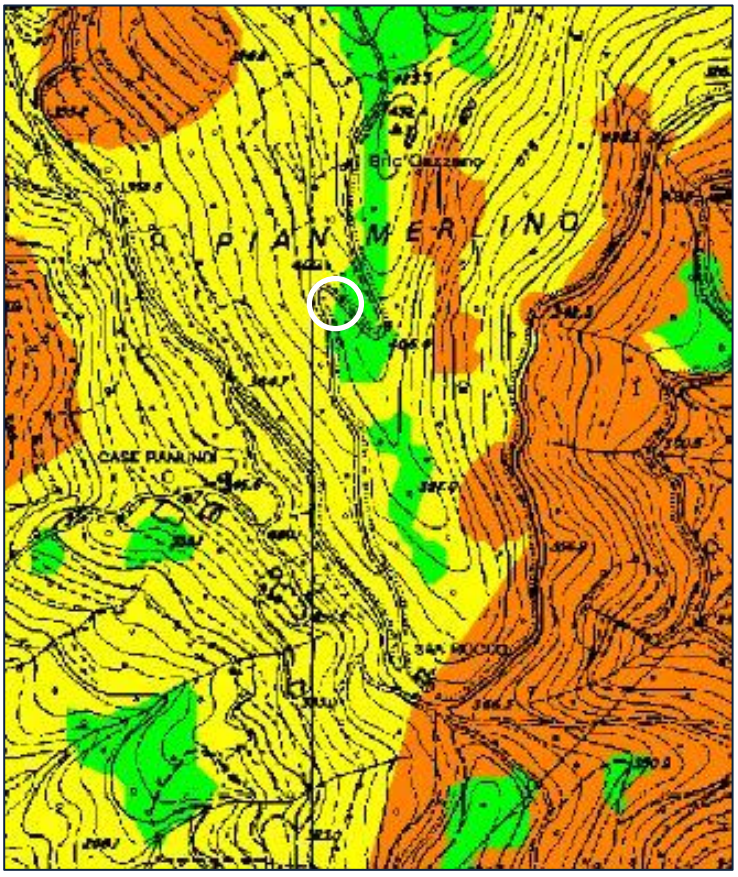


Figura 8: ubicazione cabina di consegna su Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora)

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

2.3 Cavidotto

Il cavidotto risulta totalmente interrato lungo viabilità esistente. Gli sbancamenti necessari alla posa dei cavi sono minimali e sono previsti totalmente lungo viabilità esistente.
Di seguito si riporta lo schema del tracciato previsto (da Sud verso Nord) in rapporto alla zonizzazione della Carta della Suscettività al dissesto della Pianificazione di Bacino vigente [cfr. Figure 9a, 9b, 9c, 9d, 9e].
L'analisi evidenzia come l'intero tracciato si sviluppi in terreni ricadenti in Classe di suscettività bassa (Pg1) e Classe di suscettività media (Pg2) ad esclusione di due limitate tratte in Classe Pg3b.

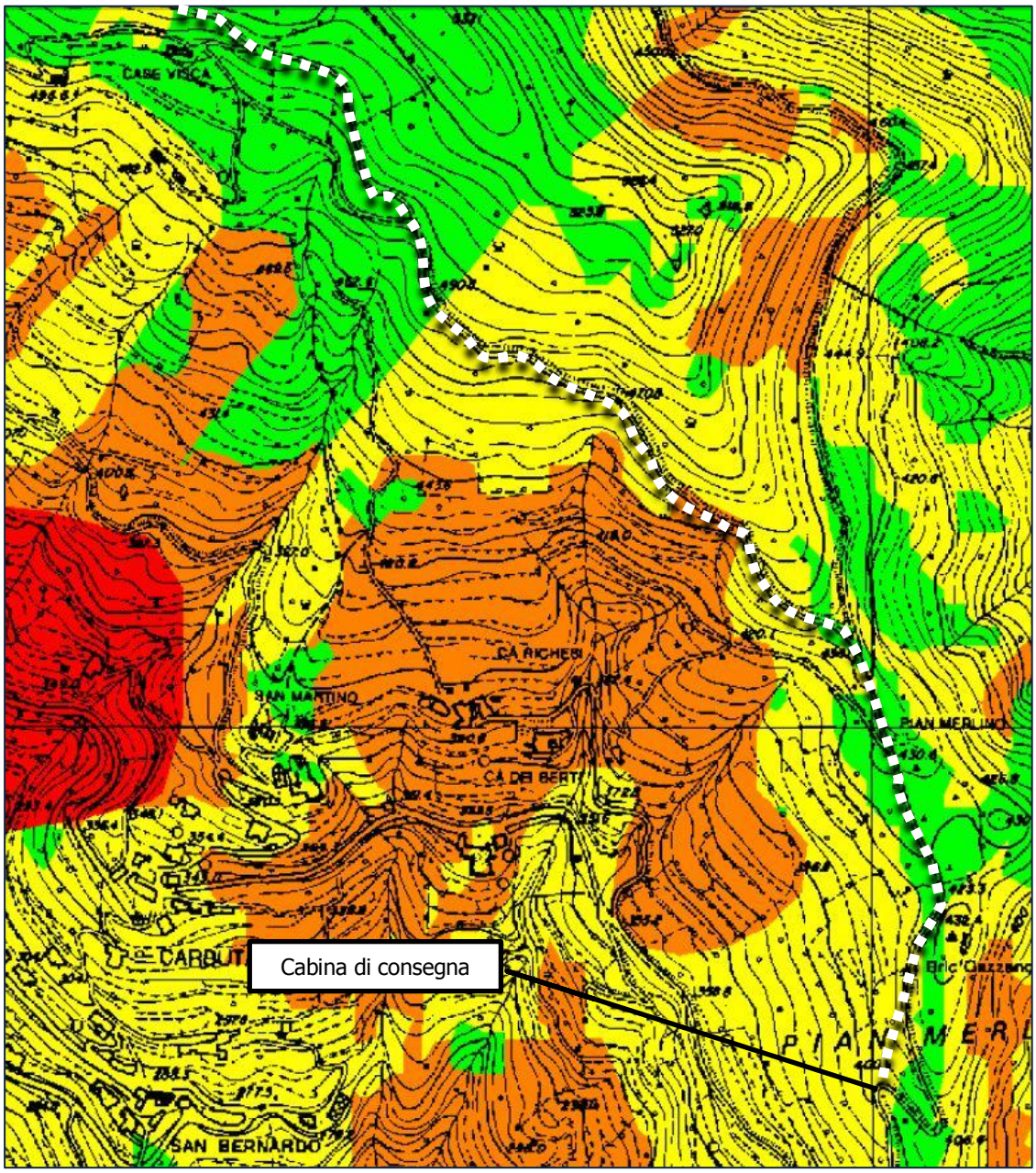


Figura 9a: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 1/5

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

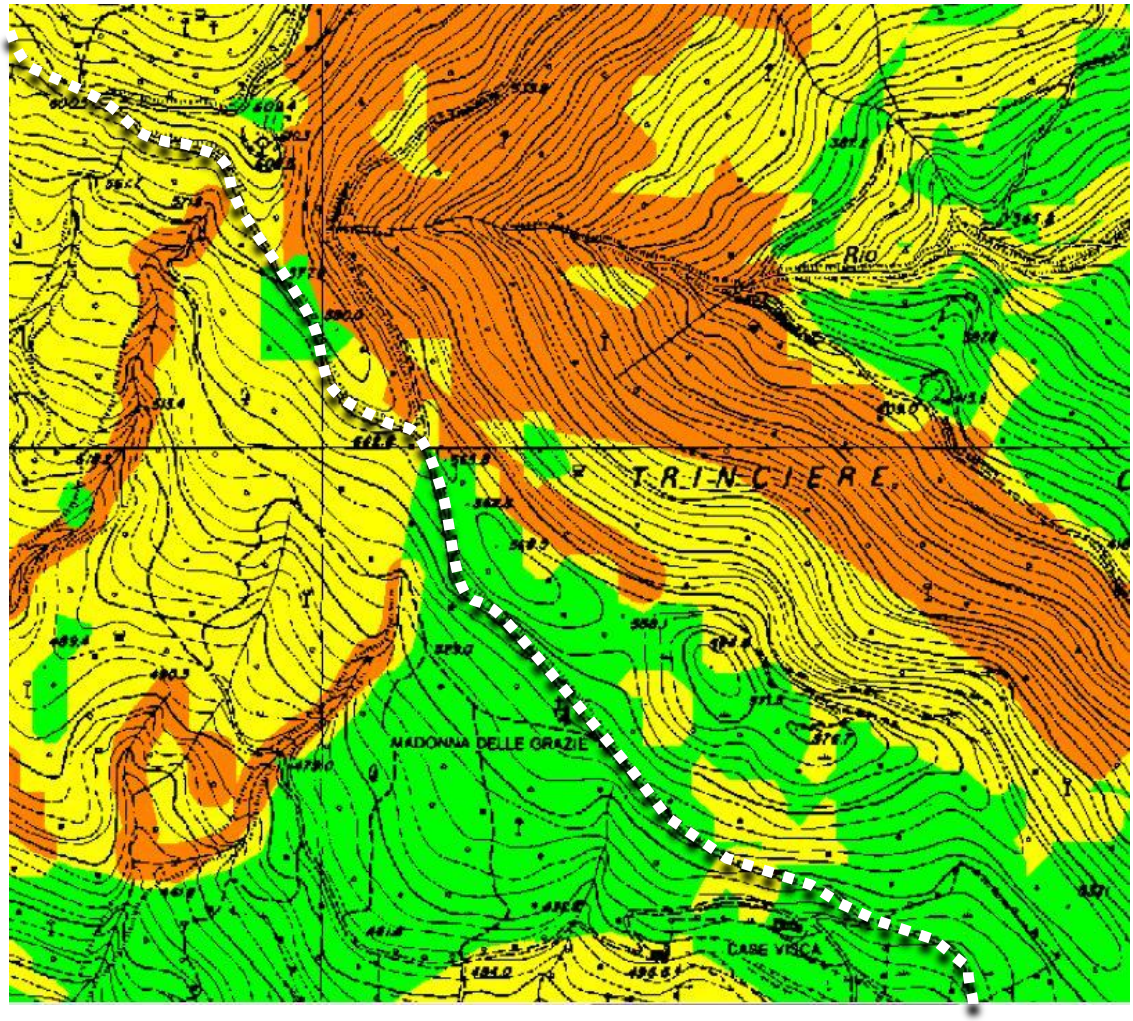


Figura 9b: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 2/5

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

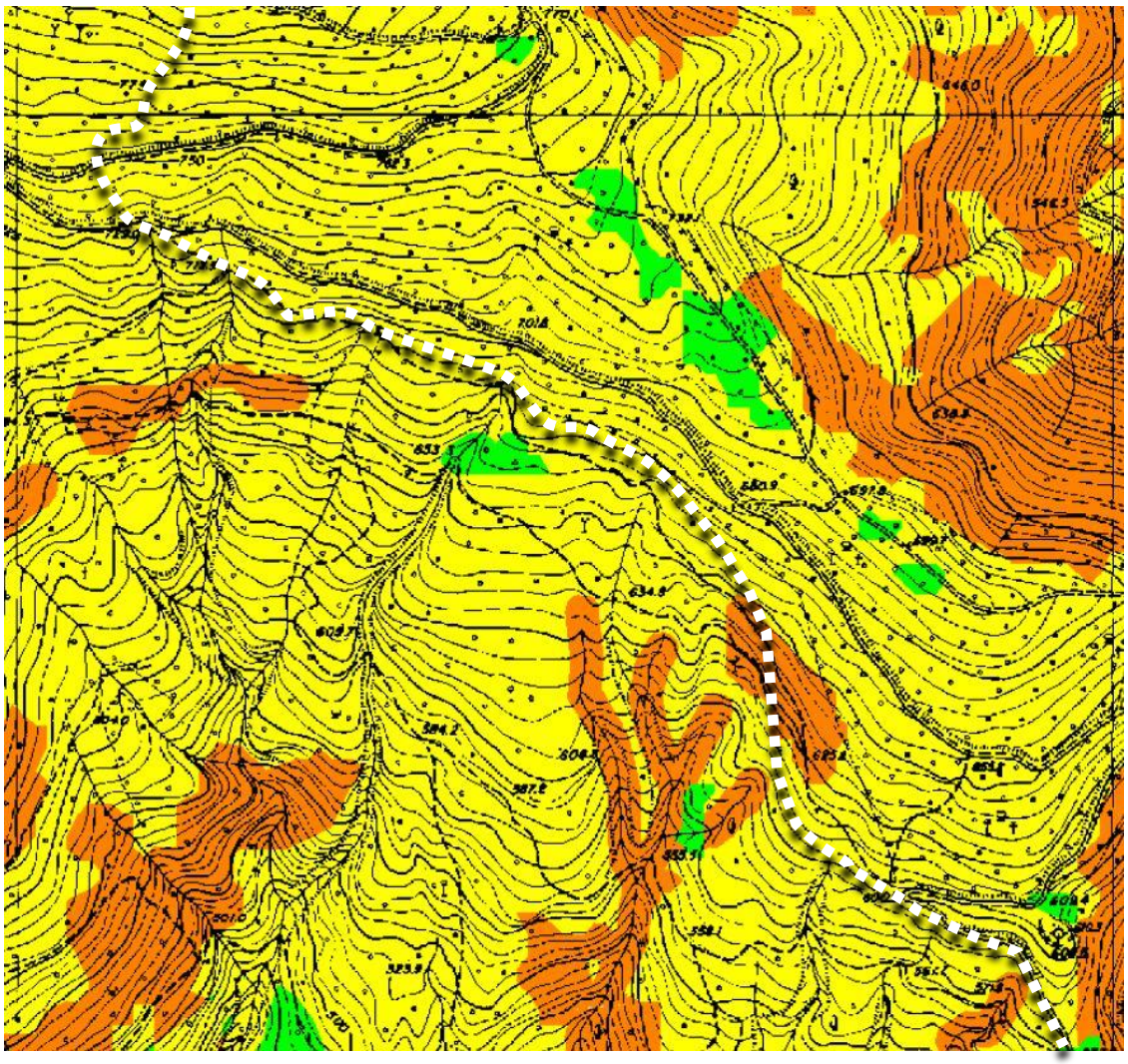


Figura 9c: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 3/5

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

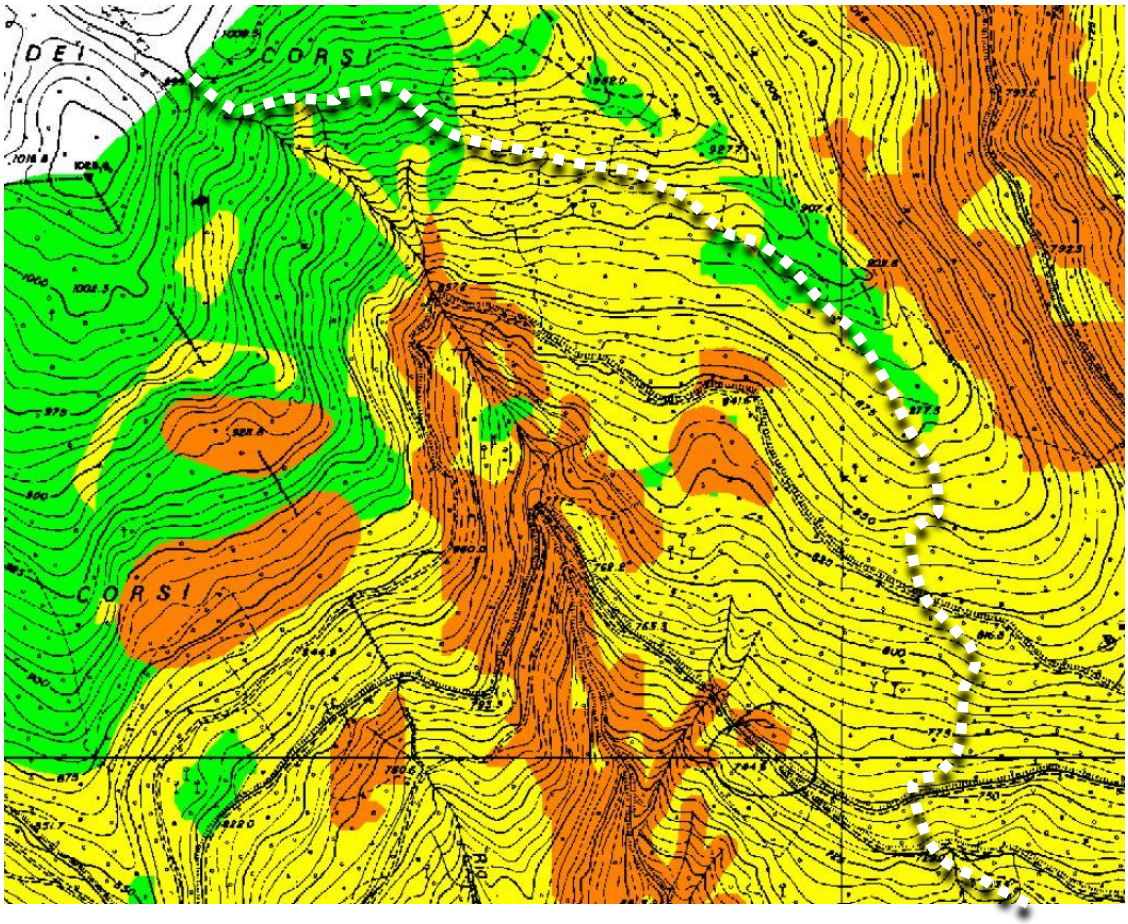


Figura 9d: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 4/5

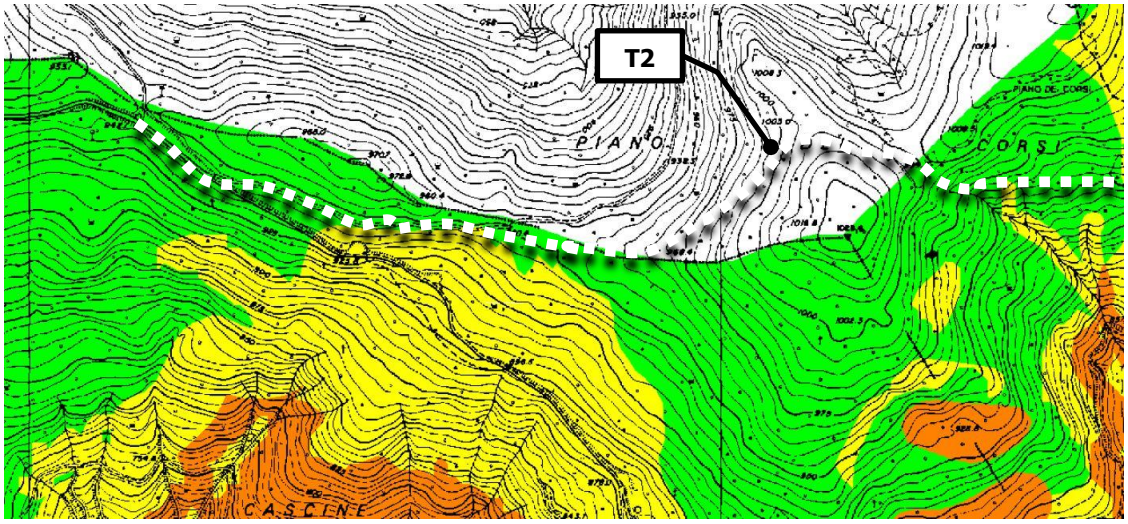


Figura 9e: sviluppo del tracciato del cavidotto sulla Carta di suscettività al dissesto dei versanti (Piano 180/98 – Pora) Tratta 5/5

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

3. ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

L'intero assetto geologico e stratigrafico delle aree interessate dall'intervento deve essere ricondotto alla presenza del cosiddetto Tegumento Permo-Carbonifero cioè a quell'insieme di terreni che si interpongono tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica e che costituisce la porzione di gran lunga più estesa degli attuali affioramenti di pertinenza brianzonese ligure.
Si tratta di terreni di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Permiano superiore di origine in gran parte vulcanica ed in parte sedimentaria continentale.
L'intero ciclo vulcanico, a carattere calcalcalino, è stato interpretato come dovuto a fusioni principalmente di settori di crosta continentale conseguenti ad importanti ispessimenti crostali realizzati durante l'evento ercinico.

Le rocce presenti nelle zone di imposta delle turbine proposte sono associabili a quei terreni che usualmente sono classificati appartenere alla Formazione vulcanica nota come Porfiroidi del Melogno.
Si tratta della principale manifestazione dell'intero ciclo vulcanico che caratterizza la messa in posto del Tegumento. L'episodio, associato ad una tettonica fragile tardiva della fase asturiana, porta ad imponenti effusioni (valutato in $5x10^3$ Km^3 nel solo settore brianzonese ligure) a carattere eminentemente ignimbritico e composizione da riolitica a riodacitica con subordinati prodotti lavici da riodacitici a dacitici. Molti Autori hanno distinto nella stratigrafia di queste vulcaniti varie *litozone* relativamente omogenee e che si succedono con sufficiente regolarità nell'intero areale brianzonese ligure: queste litozone possono corrispondere a successive fasi evolutive dell'attività vulcanica.

In particolare le rocce presenti nell'area di intervento appartengono alla Litozona C. Questa attribuzione è supportata dall'analisi petrografica di dettaglio effettuata dallo scrivente su campioni di carote prelevate da sondaggi a carotaggio continuo eseguiti lungo la dorsale su cui insiste l'ex Base Nato a poche centinaia di metri dai siti di interesse per il presente progetto. Nello specifico si tratta di metaignimbriti, ovvero di termini metariolitici calcalcalini che si presentano talvolta in ammassi con tessiture a fiamma, localmente preponderanti; più spesso risultano privi di tessiture primarie riconoscibili.



Questi litotipi, in generale molto scistosi, derivano probabilmente da prodotti piroclastici ed in qualche caso presentano indizi di rimaneggiamento sedimentario.
Da un punto di vista strettamente comportamentale, ovvero geomeccanico i litotipi presenti sono caratterizzati da una costante scistosità e sono solitamente associati a fenomeni di fratturazione che tendono a disarticolare completamente l'ammasso roccioso predisponendolo quindi a fenomeni anche molto spinti di alterazione.
Il rilevamento di campagna ha evidenziato come lungo la dorsale di spartiacque disposta circa Est-Ovest fra Bric Chioggia (postazione T1) e Pian dei Corsi (postazione T2) si riscontra una omogeneità sia di tipo litologico che in relazione all'assetto giaciturale. L'ammasso si presenta in termini massivi con una scistosità costante, ma con limitati livelli di alterazione superficiale. Tale scistosità presenta immersioni tendenzialmente meridionali ed inclinazioni variabili tra 30 e 45 gradi.
Il substrato roccioso risulta praticamente sempre affiorante mentre il cappellaccio di alterazione (fascia di alterazione sommitale) risulta assai limitato se non assente. Laddove presente è caratterizzato da un passaggio sfumato verso i termini più competenti dell'ammasso stesso.
Da rilevamenti di superficie si è potuto constatare come le coperture eluvio-colluviali significative siano praticamente assenti.

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it



Figura 10: substrato metaignimbritico affiorante lungo il versante Est di Bric Chioggia

La zona interessata dalla cabina di consegna presenta ugualmente un substrato roccioso sub affiorante, ma caratterizzato da termini assai più scistosi riconducibili a metasedimenti costituiti da micascisti, e scisti quarzosi a forte anisotropia planare originati da sedimenti fini arenaceo-pelitici e nei quali quindi i livelli di progressiva alterazione sembrano più significativi.

Dal punto di vista geomorfologico le zone di imposta delle nuove turbine sono ubicate in prossimità dello spartiacque, ovvero lungo quella fascia sommitale del crinale orientato circa Est-Ovest e che divide il settore di pertinenza tirrenica dal bacino padano.

I due versanti opposti (quello tirrenico e quello padano) che scendono dalla quota massima presentano pendenze medie costanti comprese tra i 25° ed i 30°. Localmente sono presenti inflessioni delle isoipse (es. dirupi, balze, ovvero concavità e convessità) con incrementi anche significativi delle pendenze che assumono però un significato geomorfologico solo di tipo puntuale ed interessano prevalentemente i livelli sommitali del pendio.
La generale simmetria morfologica rispetto al piano verticale passante per il crinale stesso e la mancanza di evidenti e significative anomalie geometriche a scala di versante, testimoniano del livello di regolarizzazione raggiunto secondo un profilo controllato dal disegno strutturale.
Nei tratti medi e bassi del versante si può invece parlare del raggiungimento di un *equilibrio dinamico* del pendio il cui modello evolutivo va ricondotto alla lenta alterazione dall'alto verso il basso del limitato cappellaccio di alterazione e quindi alla formazione di un *eluvio* progressivamente sottoposto alle azioni gravitative ed alle azioni esterne di modellamento (acque superficiali).

In generale a livello areale (ovvero a scala del versante) non si rilevano indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi.

Il versante in questione è interessato da una fitta vegetazione a bosco ceduo con netta prevalenza di essenze di faggio.

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche la circolazione idrica del sottosuolo è condizionata dalla natura dei terreni presenti nel sito.
Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente *impermeabili* e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce *semimpermeabili per fratturazione*.
In effetti laddove il substrato roccioso risulta effettivamente più competente e le superfici delle discontinuità pulite e poco alterate le acque hanno possibilità di mobilizzazione.
In generale comunque, considerando la spiccata predisposizione al degrado ed all'alterazione di queste rocce, è ragionevole supporre che anche l'eventuale circolazione idrica lungo frattura sia da considerarsi, comunque, fenomeno tendenzialmente limitato. I materiali di alterazione a matrice fine tendono infatti a tamponare tale circolazione ed impedire lo sviluppo di un vero reticolo sotterraneo.
Inoltre la posizione prevista per i due siti di imposta, praticamente lungo la linea di cresta, esclude la possibilità di interferenza significativa con una vera e propria falda acquifera.

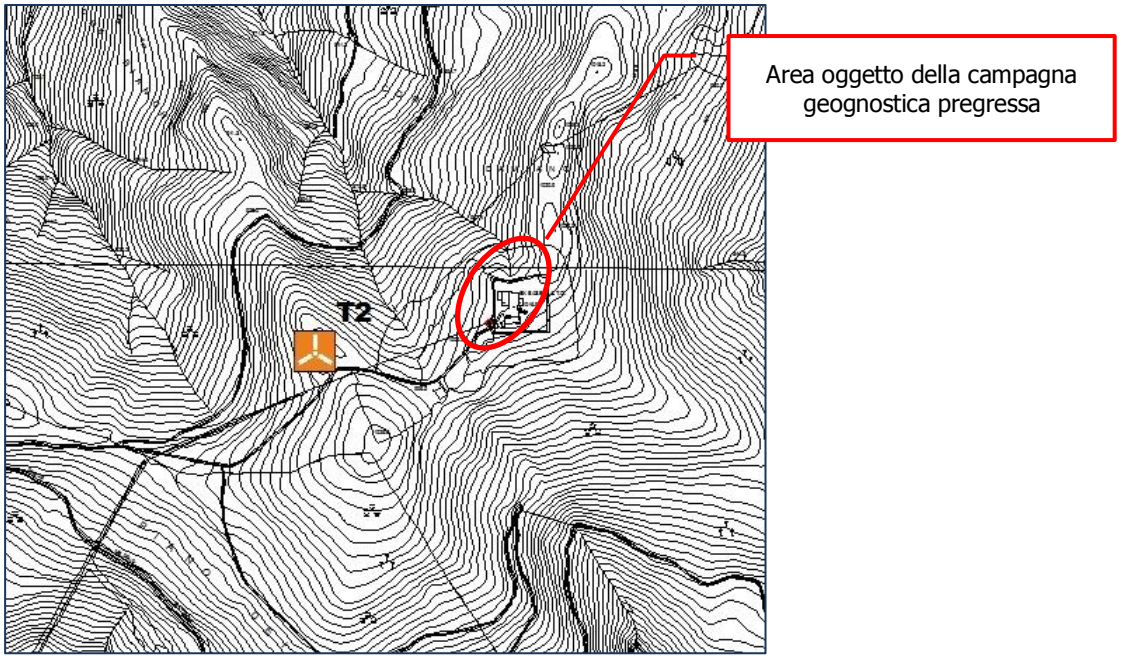
Per quanto riguarda la copertura detritica eluviale a componente medio-fine, questa, ancorché assai limitata se non assente, risulta dotata di bassa permeabilità per porosità.
Sostanzialmente, quindi, nel terreno detritico di copertura il flusso idrico risulta inapprezzabile.
Le ridotte circolazioni idriche presenti nel terreno di copertura sono riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati discontinui spesso isolati e comunque in stretta connessione con gli apporti meteorici.

In ordine alla circolazione delle acque superficiali questa è caratterizzata da un limitato deflusso superficiale non incanalato.
Siamo infatti in quella porzione alta di versante caratterizzata dal cosiddetto *reticolo di ordine zero*, nel quale non si rilevano elementi di morfologia fluviale organizzati che assumono significato invece a quote inferiori.
In questa zona il ruscellamento superficiale è da mettere in relazione ai fenomeni intensi di carattere pluviometrico ed è condizionato dalla copertura vegetale presente.

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

4. MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Il Modello geologico-stratigrafico proposto deriva sia dal rilevamento di campagna eseguito, sia dai risultati delle indagini geognostiche dirette (sondaggi a carotaggio continuo) ed indirette (profili sismici a rifrazione) eseguite lungo questa dorsale di Pian dei Corsi [sviluppate nel corso del progetto esecutivo per la messa in opera degli aerogeneratori posti in prossimità della ex base americana, ovvero in un'area contigua a quella di interesse per il presente progetto].
Nello specifico fra la fine del 2003 e l'inizio del 2004 furono effettuate sia una campagna di prospezioni sismiche a rifrazione che una campagna geognostica caratterizzata dall'esecuzione di sondaggi diretti a carotaggio continuo.



Gli elementi conoscitivi di base così acquisiti sono stati arricchiti anche dai risultati di prove in situ (SPT in foro nei tratti di copertura superficiale e cap-rock alterato) e prove di laboratorio. In particolare queste ultime sono consistite in:

- prove di compressione monoassiale (strumentate e non) su campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;
- prove LPT (Load Point Test) su campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;
- granulometria, proprietà indici e Limiti di Atterberg, prove di taglio diretto, prove triassiali UU su campioni semi-indisturbati relativi alla coltre detritica.

In considerazione della significativa omogeneità litotecnica che contraddistingue questa porzione di dorsale tirrenico-padana di Pian dei Corsi e tenendo conto della contiguità spaziale tra le nuove aree interessate dal presente progetto e quelle oggetto di studi pregressi, risulta del tutto ragionevole operare la caratterizzazione geotecnica a supporto del progetto definitivo, utilizzando i risultati emersi dalla citata campagna geognostica del 2003-2004.
A tal fine e per maggiore esaustività si allegano in allegato un sondaggio diretto tipo ed un profilo sismico interpretato tipo [cfr. Allegato 1 ed Allegato 2].

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

In particolare, per le zone di imposta dei due nuovi aerogeneratori proposti, il modello geologico stratigrafico può essere schematizzato come segue.

Riferimento Orizzonte	Spessore medio stimato	Descrizione
1	0-2 m	Materiali sciolti classificabili come *ghiaia limosa con sabbia, sabbia argillosa con ghiaia*, in cui la frazione fine rappresenta un'aliquota importante che influenza il comportamento meccanico. Possibili inclusi lapidei verso il cap-rock [Vp media di riferimento ≈ 400 m/s]
2	2-6	Cappellaccio molto alterato e/o fratturato, ovvero substrato roccioso a scadenti caratteristiche meccaniche [Vp media di riferimento ≈ 1000 m/s]
3	Intero volume significativo	Substrato roccioso metaignimbritico, più o meno alterato e/o fratturato [Vp media di riferimento ≈ 2300 m/s]
Le condizioni idriche sono connesse a circolazioni d'acqua che interessano il substrato roccioso. Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente *impermeabili* e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce *semimpermeabili per fratturazione*.		

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

5. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI (valori nominali e valori medi)

In accordo con le "Norme tecniche per le Costruzioni" – D.M. 14.01.2008 (NTC 08) si precisa che le valutazioni dei parametri geotecnici riportati nella presente relazione geologica fanno riferimento a parametri nominali ovvero medi.
Inoltre si sottolinea che nella successiva fase esecutiva del progetto, al fine di supportare adeguatamente i calcoli strutturali tarando opportunamente i parametri elaborati nel corso del presente livello progettuale, si dovrà eseguire una specifica campagna geognostica.
Tale campagna geognostica dovrà prevedere sondaggi diretti a carotaggio continuo, in particolare sulle verticali delle turbine proposte spinti fino a profondità di almeno 30 m dal p.c. oltre ad analisi, prove in situ e di laboratorio che verranno definite opportunamente in fase di progettazione della campagna geognostica stessa.
Parallelamente si dovrà prevedere l'esecuzione di una campagna geofisica in grado di definire nel dettaglio i parametri di Vs utili alla definizione delle Categorie di sottosuolo ai sensi del D.M. 14.01.2008 nell'ambito della valutazione della risposta sismica di sito. Tale campagna sarà strutturata attraverso l'esecuzione di prove Down hole in foro di sondaggio e/o esecuzione di prove di microtremore (Metodo Nakamura). Si dovranno ricercare eventuali frequenze di risonanza funzionali ad indirizzare scelte tipologiche strutturali (presenza o meno di contrasti d'impedenza in profondità tali da causare marcati effetti di amplificazione del moto sismico in superficie).

5.1 Area di imposta aerogeneratori

Con riferimento al substrato roccioso caratterizzato da termini metaignimbritici le analisi svolte ed i dati disponibili consentono di produrre una caratterizzazione propria della roccia (materiale roccioso) ed una dell'ammasso.

Resistenza della roccia
I risultati dei valori di compressione uniassiale σ_C derivati dalle prove effettuate su campioni di carote prelevate nei sondaggi permettono di constatare come, in generale, i valori *diametrali* siano assai più bassi di quelli *assiali*. Ciò è da addebitare alla struttura stessa della roccia in cui la scistosità e le foliazioni (talvolta associate a patine di alterazione) sono tendenzialmente disposte in modo assiale rispetto all'asse longitudinale e quindi costituiscono elemento di debolezza prevalentemente lungo tali direzioni. Peraltro già l'analisi petrografia su questi litotipi evidenzia come le isorientazioni dovute alla *fase deformativa alpina S2* risultino dominanti rispetto alle altre *fasi* e come determinino i maggiori livelli di debolezza meccanica.
Ciò detto si può ragionevolmente ritenere che i valori di σ_C di tipo assiale meglio rappresentino le reali condizioni di sollecitazione sul terreno indotte dalle strutture di progetto in ordine alle problematiche di tipo fondazionale.
Tali valori variano da 7.35 MPa a 66.36 MPa.
Il monitoraggio (andamento sforzo-deformazione) eseguito su prove di compressione uniassiale ha consentito di determinare il modulo di deformazione tangente E_t calcolato ad un livello di tensione pari al 50% della resistenza ultima a compressione uniassiale. In particolare, facendo riferimento alle curve assiali σ-ε disponibili per campioni prelevati a profondità comprese tra i 10 ed i 12 metri, si sono ottenuti valori di E_t compresi tra 12.5 GPa e circa 18 GPa.

Resistenza dell'ammasso
Per quanto riguarda le caratteristiche dell'ammasso (*ipotesi di mezzo continuo equivalente*) sono state fatte valutazioni con metodi empirici che sono correntemente utilizzati per redigere classificazioni tecniche dell'ammasso roccioso. In particolare la valutazione della qualità dell'ammasso roccioso è stata ottenuta facendo riferimento alla classificazione di Bieniawski (1979) ed è stata applicata valutando le diverse casistiche emerse dall'analisi dei sondaggi geognostici diretti disponibili.
In generale il valore di RMR ottenuto dalla classificazione è, per la porzione di ammasso presente fino ad una profondità di circa 8-9 metri, relativo ad una classe di qualità "*scadente*"

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

(Classe IV) per cui sono stimati valori di resistenza, nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb, pari a:

- $c \cong 100 \div 200$ KPa
- $\phi \cong 15 \div 25°$

Analogamente per le porzioni di ammasso presenti al di sotto degli 8-9 metri dal p.c. e fino ad almeno 13-14 metri (limite dell'area investigata attraverso indagini dirette) il valore di RMR ottenuto dalla classificazione Bieniawski è invece relativo ad una classe di qualità "*discreto*" (Classe III) per cui sono stimati valori di resistenza, nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb, pari a:

- $c \cong 200 \div 300$ KPa
- $\phi \cong 25° \div 35°$

Un ulteriore approccio utilizzato per parametrizzare l'ammasso roccioso è stato quello di stimarne la *qualità* utilizzando le velocità delle onde sismiche V_p ricavate dai profili sismici disponibili e da correlazioni empiriche.
In questo modo si sono valutati l'indice di qualità Q (classificazione di Barton) ed, indirettamente, il valore di RMR (Rock Mass Rating, classificazione di Bieniawski).

Alla luce dei risultati della stesa sismica (nell'ipotesi di un mezzo a tre strati in cui, come già indicato in precedenza, il secondo ed il terzo strato rappresentino il comportamento medio dei livelli rocciosi presenti caratterizzati da diversi gradi di disarticolazione e degradazione) si è utilizzato il solo valore medio indicativo delle velocità delle onde p: $Vp \cong 2300$ m/s.

Utilizzando la :

$Q = 10^{V_p - 3500/1000}$ (Grimstaad and Barton,1993)

Con Vp = 2300 m/s $\rightarrow$ Q ≈ 0.0631

$RMR = 15 \log Q + 50$ (Barton,1995) $\rightarrow$ RMR $\cong$ 32 (livello intermedio della Classe IV, *roccia scadente*)

Un'altra valutazione della resistenza al taglio dell'ammasso roccioso è stata ottenuta facendo riferimento al criterio di rottura di Hoek-Brown (2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma'_{ci}\left(m\frac{\sigma'_3}{\sigma'_{ci}} + s\right)$$

con

σ'_1 tensione effettiva massima principale a rottura
σ'_3 tensione effettiva minima principale a rottura
σ'_{ci} sforzo di compressione uniassiale del materiale intatto
m ed s costanti del materiale

Nell'ambito dell'approccio metodologico sono stati stimati i parametri della classificazione di Hoek-Brown, inserendo dati di input riconducibili ad una roccia con struttura laminata e con condizioni di superfici di giunto di tipo "*poor*".

In base all'inviluppo di rottura ottenuto con il criterio di Hoek-Brown (inviluppo non lineare), sono stati ricavati i valori *istantanei* di c e ϕ per un campo di valori della tensione normale ridotto e limitato (parametri Mohor-Coulomb dell'inviluppo lineare che meglio si adatta all'inviluppo non lineare di Hoek-Brown).

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

I risultati di tale modellazione sono sintetizzati nella successiva tabella.

σ_n (MPa)	**0.10**	**0.20**	**0.30**	**0.40**
c_i (MPa)	0.034	0.057	0.078	0.097
ϕ_i (°)	41.5	35.8	32.5	30.1

Riguardo la deformabilità dell'ammasso roccioso una stima di larga massima è stata ottenuta correlando $E_{ammasso}$ ai valori di $E_{materiale}$ (valore riferito a prove eseguite su campioni della stessa tipologia prelevate nel corso dei sondaggi ed all'indice RQD).
In particolare si fa osservare che per valori di RQD inferiori al 60-70% generalmente il rapporto $E_{ammasso}/E_{materiale}$ risulta pari a 0.1-0.15. Nel caso specifico è perciò ipotizzabile che $E_{ammasso}$ sia pari a circa 2 GPa.

Terreni di copertura
I terreni di copertura rappresentano un livello sostanzialmente esiguo. Localmente sono presenti limitate coltri di materiale eluviale derivanti dalla progressiva alterazione del *top* del substrato roccioso e, scendendo lungo il pendio, limitate coperture eluvio-colluviali.
I dati oggi disponibili consentono di operare una prima caratterizzazione geotecnica di tali terreni che assume una sua significativa rilevanza in funzione delle opere di scavo e riporto previste dal progetto stesso.
Questi terreni sono classificabili come variabili tra una *ghiaia limosa con sabbia ed una sabbia argillosa con ghiaia*, dove la frazione fine costituisce comunque un'aliquota importante, che ne influenza il comportamento meccanico.
La componente del terreno fine (passante al 200) varia fra il 26.6% ed il 36.4% ed è classificabile come un limo inorganico di media compressibilità.
In relazione ai valori dell'indice di plasticità IP il terreno è classificabile come *poco plastico*.
Riguardo la resistenza del terreno in esame, si specifica che i parametri di resistenza al taglio non drenati sono stati acquisiti da prova Triassiali tipo UU, mentre, i parametri drenati derivano da prove di taglio diretto.

Alla luce di quanto sopra e tenendo conto delle usuali correlazioni presenti in letteratura si evidenzia che per i materiali sciolti di copertura presenti lungo i versanti interessati dal progetto sono stimabili i seguenti parametri di resistenza:

- Cu = 45-50 kPa
- φ'_p = 32°÷35°;
- c'_p = 0 kPa.

5.2 Area di imposta cabina di consegna

Il substrato che interessa la futura zona di imposta della cabina di consegna può essere ricondotto a litotipi scistosi sia in facies quarzo-micacea sia quarzo-micacea-feldspatico-porfiritica: si tratta di metasedimenti a forte anisotropia planare e nei quali assume rilevanza l'eventuale presenza di livelli di progressiva alterazione.
Questi litotipi sono comunque caratterizzati da una tendenza ad un progressivo miglioramento delle proprie caratteristiche meccaniche all'aumentare della profondità.

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Per questi materiali, sulla base di una vastissima casistica disponibile, sia sperimentale che bibliografica, si propone la seguente caratterizzazione geotecnica:

Coltre detritica	Peso di volume	20-22 kN/m^3
	φ'_p	30°
	c'_p	3.0 kPa
	Cu	100 kPa
Scisti molto alterati	Peso di volume	20-22kN/m^3
	φ'_p	25°
	c'_p	3.0 kPa
	Cu	100 kPa
Scisti moderatamente alterati	Peso di volume	24 kN/m^3
	Angolo di attrito a.r.	19°
	Coesione a.r.	135 kPa
	Resistenza lungo giunto	25°

A tale proposito va detto che lo scisto molto alterato presenta caratteristiche intermedie tra un suolo consistente ed una roccia tenera. Conseguentemente si attribuiscono a tale materiale i medesimi parametri della coltre con una riduzione del φ' in considerazione della diffusa presenza di livelli minerali micacei e/o talcosi.

Per quanto riguarda poi i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso questi derivano dall'utilizzo degli usuali metodi empirici che consentono di stimarne le caratteristiche sulla base di classificazioni tecniche dell'ammasso.
In particolare la valutazione della qualità dell'ammasso roccioso (nell'*ipotesi di mezzo continuo equivalente*) è stata ottenuta facendo riferimento alla classificazione di Bieniawski applicata agli affioramenti rilevati sia nella zona dell'intervento che in affioramenti limitrofi.
La classificazione, come noto, tiene conto di cinque parametri principali per definire il Rock Mass Rating (RMR).
Il valore di RMR di base viene tradotto in termini di resistenza nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb utilizzando le note relazioni

$$c = 0{,}005\ RMR_{base} \quad [MPa]$$
$$\varphi = 5 + 0.5\ RMR_{base} \quad [°]$$

Sostituendo il valore determinato di RMR_b pari a 27 si ottengono rispettivamente

$c = 0{,}135$ MPa
$\varphi = 19°$

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

6. ANALISI IN TERMINI DI AZIONI SISMICHE

In base ai contenuti della D.G.R.L. n. 1362 del 19.11.2010, il Comune di Calice Ligure è classificato appartenente alla Zona sismica 3.
La stima della pericolosità sismica del sito di interesse è stata analizzata secondo le procedure indicate nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" – D.M. 14.01.2008 (NTC 08) e riguarda il sedime di posizionamento delle due turbine proposte (T1 e T2) e della cabina di consegna.

Pericolosità sismica di base

Le *azioni sismiche di progetto* sono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la *probabilità* è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PV_R.

In base alle NTC08 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:
- a_g (accelerazione orizzontale massima al sito);
- Fo (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale);
- T*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Le analisi sono state effettuate per diversi Stati Limite secondo lo schema sotto riportato, considerando per ciascuno stato limite valori di T_R (Tempi di ritorno) calcolati rispetto al valore di V_R.

Da un punto di vista delle caratteristiche prestazionali dell'opera in progetto, in questa fase, le analisi sono state condotte facendo riferimento ad una *classe* di tipo II, tipo di costruzione 2^ categoria con *vita nominale* di 50 anni, con un coefficiente d'uso Cu pari ad 1 [periodo di riferimento per l'analisi sismica $V_R=V_N*C_U$, ovvero 50*1=50 anni].

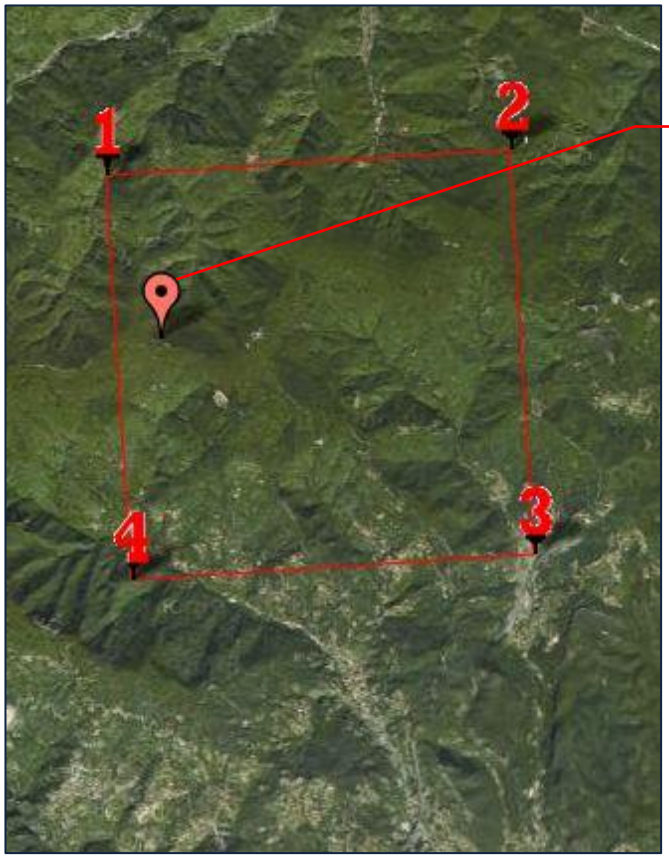
Stato limite		**PV_R**
Stati Limite di esercizio (SLE)	Operatività (SLO):	81%
	Danno (SLD):	63%
Stati Limite di Esercizio (SLU)	Salvaguardia della vita (SLV):	10%
	Prevenzione dal collasso (SLC):	5%

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Aerogeneratore T1

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17352	Lat: 44,269150	Lon: 8,252735	Distanza: 2373,7
Sito 2	ID: 17353	Lat: 44,272190	Lon: 8,322438	Distanza: 5469,9
Sito 3	ID: 17575	Lat: 44,222290	Lon: 8,326684	Distanza: 5941,7
Sito 4	ID: 17574	Lat: 44,219230	Lon: 8,257135	Distanza: 3316,5



Sito in esame.
latitudine: 44,248854 [°]
longitudine: 8,261972 [°]
Classe dell'opera: 2
Vita nominale dell'opera: 50

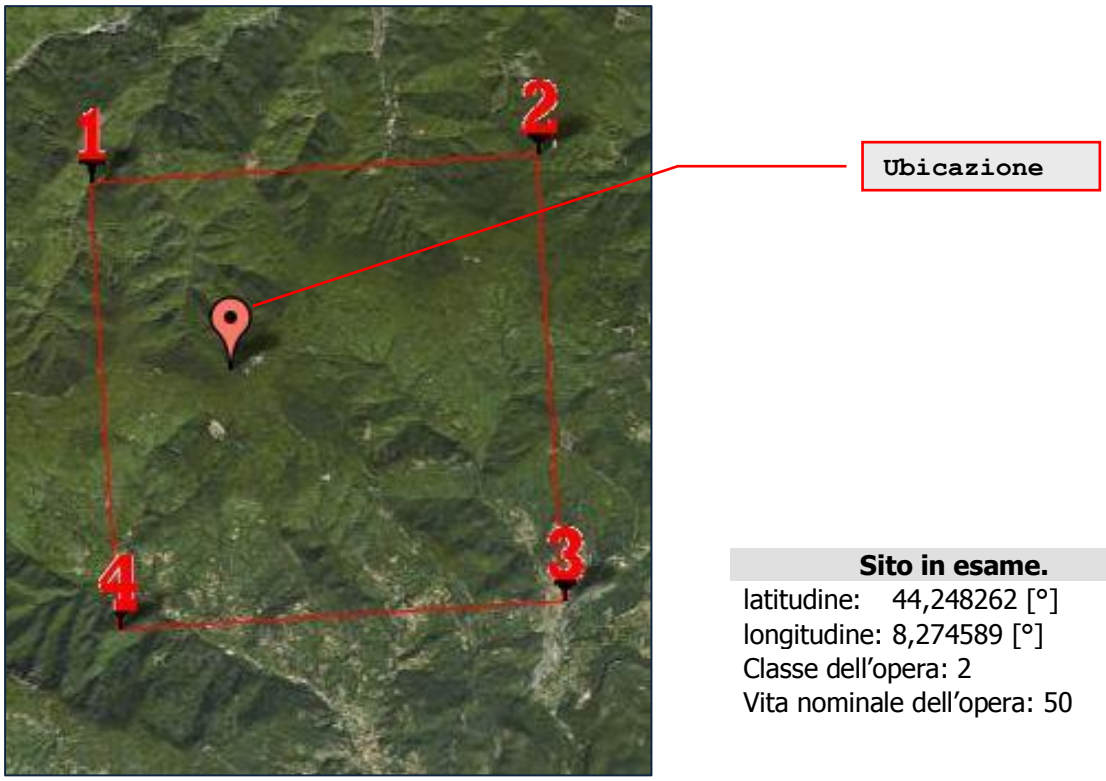
Stato limite	Tr [anni]	a_g(g)	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO):	30	0,020 g	2.623	0.156
Danno (SLD):	50	0.027 g	2.548	0.198
Salvaguardia della vita (SLV):	475	0.071 g	2.580	0.298
Prevenzione dal collasso (SLC):	975	0,094 g	2,588	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	50 anni			

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Aerogeneratore T2

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17352	Lat: 44,269150	Lon: 8,252735	Distanza: 2902,3
Sito 2	ID: 17353	Lat: 44,272190	Lon: 8,322438	Distanza: 4647,5
Sito 3	ID: 17575	Lat: 44,222290	Lon: 8,326684	Distanza: 5056,3
Sito 4	ID: 17574	Lat: 44,219230	Lon: 8,257135	Distanza: 3515,0



Sito in esame.
latitudine: 44,248262 [°]
longitudine: 8,274589 [°]
Classe dell'opera: 2
Vita nominale dell'opera: 50

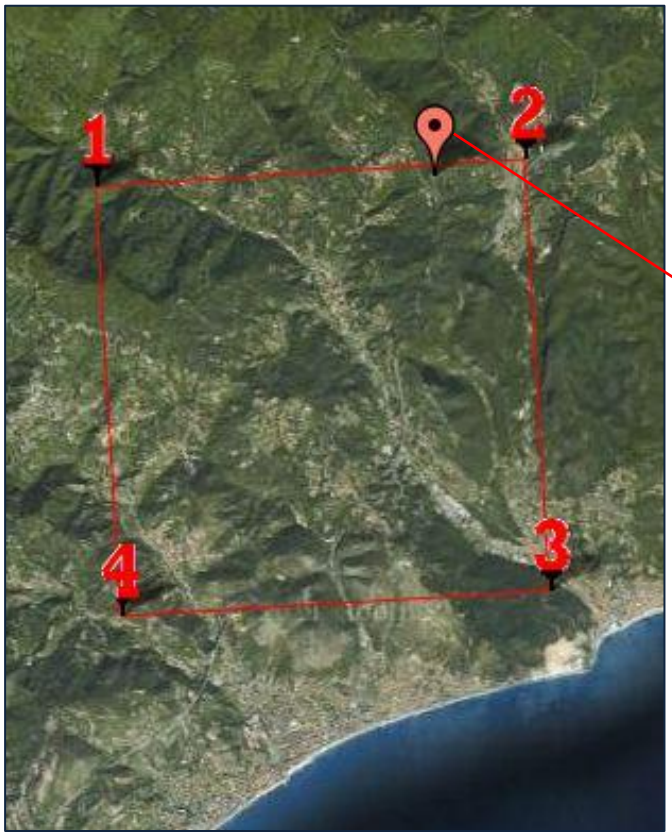
Stato limite	Tr [anni]	a_g(g)	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO):	30	0,020 g	2.621	0.156
Danno (SLD):	50	0.027 g	2.548	0.198
Salvaguardia della vita (SLV):	475	0.071 g	2.580	0.298
Prevenzione dal collasso (SLC):	975	0,094 g	2,588	0.317
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	50 anni			

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Cabina di consegna

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17574	Lat: 44,219230	Lon: 8,257135	Distanza: 4350,5
Sito 2	ID: 17575	Lat: 44,222290	Lon: 8,326684	Distanza: 1214,4
Sito 3	ID: 17797	Lat: 44,172390	Lon: 8,330857	Distanza: 5538,0
Sito 4	ID: 17796	Lat: 44,169330	Lon: 8,261319	Distanza: 6943,8



Sito in esame.
latitudine: 44,220265 [°]
longitudine: 8,311709 [°]
Classe dell'opera: 2
Vita nominale dell'opera: 50

Stato limite	Tr [anni]	a_g(g)	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO):	30	0,020 g	2.620	0.155
Danno (SLD):	50	0.028 g	2.545	0.197
Salvaguardia della vita (SLV):	475	0.076 g	2.558	0.295
Prevenzione dal collasso (SLC):	975	0,103 g	2,563	0.312
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	50 anni			

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

Risposta sismica locale

La risposta sismica locale è stata valutata con un approccio di tipo semplificato che si basa sulle categorie di suolo e topografiche di riferimento.

In relazione ai risultati raggiunti nel presente studio e sulla base del modello geologico-stratigrafico elaborato si ritiene che ad oggi ai diversi siti esaminati sia possibile attribuire una Categoria di sottosuolo di riferimento di tipo A o di tipo E ai sensi della normativa antisismica [ex *Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo*, D.M. 14 gennaio 2008],.
Ciò in ragione delle caratteristiche intrinseche del substrato roccioso che solo l'esecuzione di una campagna geofisica puntuale (così come prefigurata nei precedenti capitoli) potrà specificare. E' infatti necessario calcolare i valori delle Vs, tenendo conto che, in casi simili, il substrato roccioso litologico potrebbe non corrispondere rigorosamente con il substrato sismico e che, dunque, il massimo contrasto di impedenza sismica potrebbe, proprio in presenza di ammassi rocciosi assai fratturati, alterati e disarticolati, risultare più profondo rispetto al piano campagna.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

Per valutare l'amplificazione sismica locale correlabile alle condizioni topografiche, tenuto conto che l'area d'intervento interessa situazioni di pendio con acclività media superiori ai 15°, si è considerata una categoria Topografica T2 ai sensi della normativa antisismica [ex Tabella 3.2.IV - *Categorie Topografiche*, D.M. 14 gennaio 2008].

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Dr. Geol. Francesco Cipolla
SGA-Genova s.r.l. *Geological Researches*
Sede operativa: Via Scurreria 2 int A 16123 Genova
Tel/Fax: 010 2470798 E-mail: francesco.cipolla@sgagenova.it

7. CONCLUSIONI

Lo studio geologico eseguito ha preso in considerazione l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi interessati dal progetto ed è stato sviluppato quale elemento tecnico a corredo del Progetto Definitivo nell'ambito del procedimento autorizzativo ai sensi art.12 D.Lgs. 387/03.

A livello areale (ovvero a scala del versante) non si sono rilevato indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi interferenti con le aree di sedime interessate dalle opere a progetto.

L'indagine ha permesso di verificare come il substrato roccioso sia, in prossimità delle zone di imposta delle turbine proposte, costantemente affiorante.
Anche l'area su cui dovrà essere realizzata la cabina di consegna, lungo la SP n. 23, è caratterizzata da un substrato roccioso subaffiorante.

Le condizioni geologiche vigenti non evidenziano criticità geologiche che possano determinare condizioni ostative all'esecuzione delle opere previste.

Da un punto di vista geotecnico, gli elementi acquisiti durante lo studio, opportunamente integrati con le risultanze di importanti campagne geognostiche e di laboratorio eseguite dallo scrivente su terreni omologhi posti lungo la medesima dorsale di Pian dei Corsi in stretta vicinanza con le nuove aree di interesse, hanno garantito un adeguato supporto nella definizione delle scelte strutturali/fondazionali più opportune e proprie di questo livello di progettazione.
Durante la fase di progettazione esecutiva e, comunque prima dell'inizio dei lavori, si dovrà eseguire opportuna campagna geognostica, così come prefigurata, nella presente relazione.
In particolare dovranno essere acquisiti elementi di dettaglio atti alla taratura del modello geologico-stratigrafico elaborato, alla definizione della parametrizzazione geotecnica esecutiva, alla categorizzazione dei suoli in ottica sismica ai sensi di quanto disposto dal D.M. 14.01.2008.

Gli interventi previsti risultano compatibili con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate in situ e, se realizzati secondo le buone regole dell'arte, nel rispetto degli indirizzi generali sopra esposti, non determinano peggioramento delle condizioni di stabilità complessiva dell'area di intervento, né perturbano il regime delle acque sotterranee.

Inoltre con riferimento al Piano di Bacino Stralcio ed alle Norme di Piano vigenti sul rischio idrogeologico, il sottoscritto, con riferimento alle zone interessate dall'intervento, certifica:

- la compatibilità delle indagini effettuate con le norme geologiche previste dallo strumento urbanistico comunale vigente;
- la non interferenza delle opere a progetto con le condizioni di stabilità (suscettività al dissesto) dell'area circostante l'intervento.

Genova, settembre 2011

dr. geol. Francesco Cipolla

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CALICE LIGURE

IMPIANTO EOLICO "BRIC CHIOGGIA"

DA REALIZZARSI IN COMUNE DI CALICE LIGURE (SV) LOCALITA' BRIC CHIOGGIA E PIAN DEI CORSI

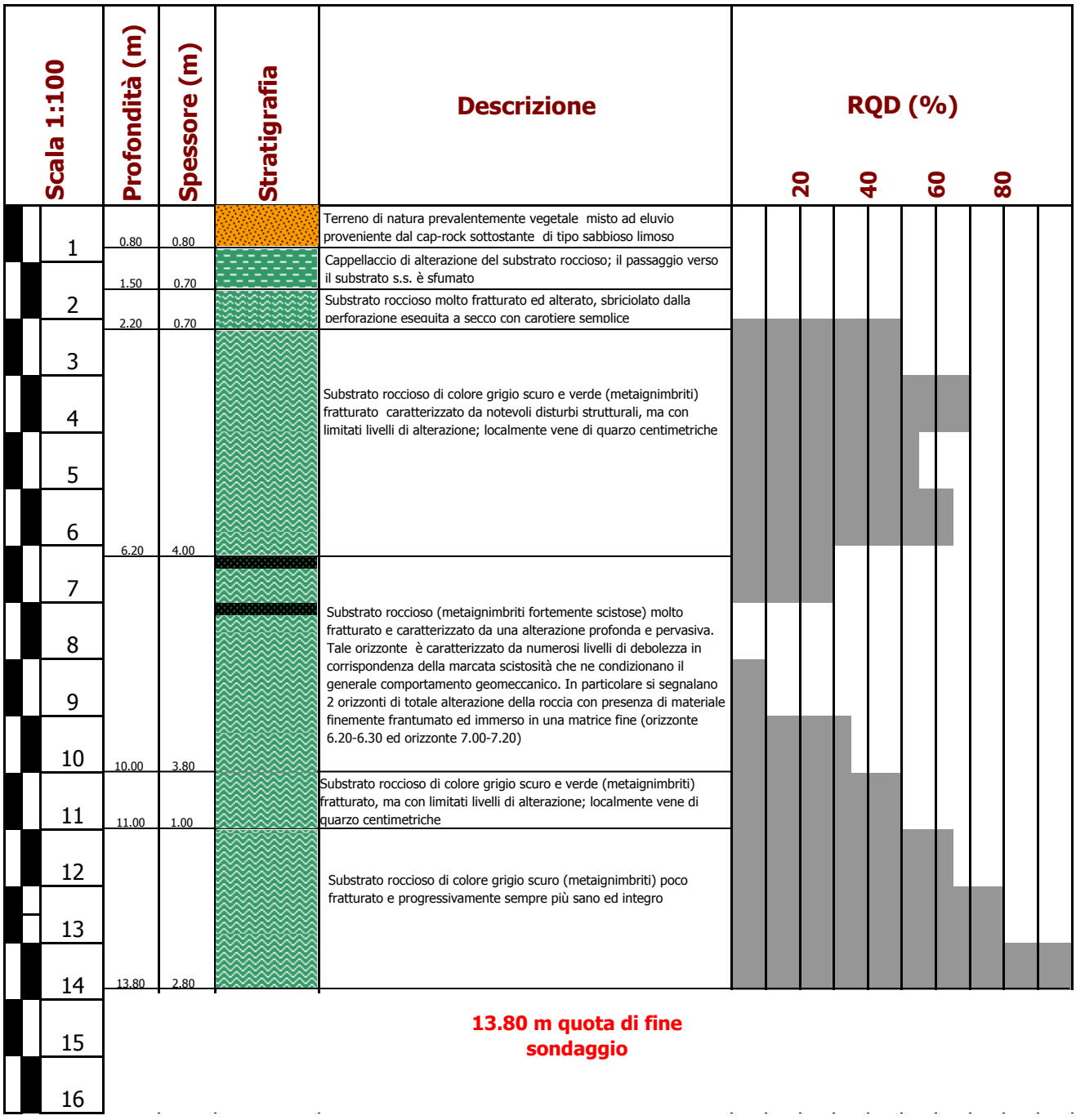
RELAZIONE GEOLOGICA

Indagini specialistiche a corredo del Progetto Definitivo nell'ambito del procedimento autorizzativo ai sensi art.12 D.Lgs. 387/03

Allegato 1

Stratigrafia sondaggio meccanico tipo (Pian dei Corsi, campagna geognostica 2003)

Sondaggio: **S2**
Località cantiere: Pian dei Corsi Comune: Calice Ligure (SV)
Quota: circa 1.011 m slm
Data inizio lavori: 18.12.2003 Data fine lavori:19.12.2003
Comittente: Comune di Calice Ligure
Ditta esecutrice: BORGHI DRILL srl
Coordinatore sondaggi: dr. Francesco Cipolla



13.80 m quota di fine sondaggio

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI CALICE LIGURE

IMPIANTO EOLICO "BRIC CHIOGGIA"

DA REALIZZARSI IN COMUNE DI CALICE LIGURE (SV) LOCALITA' BRIC CHIOGGIA E PIAN DEI CORSI

RELAZIONE GEOLOGICA

Indagini specialistiche a corredo del Progetto Definitivo nell'ambito del procedimento autorizzativo ai sensi art.12 D.Lgs. 387/03

Allegato 2

Profilo sismico tipo (Pian dei Corsi, campagna geognostica 2003)

PROFILO 2 - Sezione interpretata

