Enel Green Power	Divisione Generazione ed Energy Management Progetti Eolici & Geo **Progettazione Nuove Realizzazioni**	IDENTIFICAZIONE R.E36.86.00.025.01 FOGLIO 1 di 42

IMPIANTO EOLICO DI "MONTE PORALE"

COMUNI DI VOLTAGGIO (AL) E RONCO SCRIVIA (GE)

RELAZIONE GEOLOGICA

Documento elaborato da ISMES – Divisione Ambiente e Territorio di CESI S.p.A.

PUBBLICATO B1010824 (PAD - 1460975)

DISTRIBUZIONE

DESTINATARIO	NUMERO COPIE

REVISIONE	DESCRIZIONE
0	Emissione
1	Integrazioni



REVISIONE	SCOPO	DATA	REDAZIONE	COLLABORAZIONI	INCARICATO	CONTROLLO	VISTO	APPROVATO
01		31 MARZO 2011			ISMES			
					CESI SPA			
00		29 MAGGIO 2011			ISMES			
					CESI SPA			

PROGETTO:	VALIDO PER IMPIANTI	IDENTIFICAZIONE
Relazione Geologica	MONTE PORALE	TIPO: R ARGOMENTO: E 3 6 IMPIANTO: 8 6 SISTEMA: 0 0 PROGRESSIVO: 0 2 5 REV: 0 1

CLASSIFICAZIONE	Questo documento contiene informazioni di proprietà di Enel SpA e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Enel SpA.

Cliente Enel produzione S.p.A.

Oggetto IMPIANTO EOLICO DI "MONTE PORALE" - COMUNI DI VOLTAGGIO (AL) E RONCO SCRIVIA (GE)

Progetto definitivo delle opere civili

Relazione geologica

Ordine Accordo Quadro Multisocietario. Fornitura di servizi specialistici in campo ambientale, civile ed idraulico e diagnostica specialistica 2009-2011.
Attingimento 4000256342 del 29/06/2010

Note Rev. 02 – AG10SRC026 – Lettera di trasmissione B1011023

PUBBLICATO B1010824 (PAD - 1460968)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.



N. pagine 42 **N. pagine fuori testo** 1

Data 31/03/2011

Elaborato SCE - Ceroni Giovanni, SCE - Vendrame Paolo
B1010824 114952 AUT B1010824 115028 AUT

Verificato SCE - Stigliano Paolo Giuseppe
B1010824 4991 VER

Approvato SCE - Gatti Fabrizio (Project Manager)
B1010824 114965 APP

Mod. RISM v. 04

Indice

1 PREMESSA 3

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 4

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 5

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 8

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 14

6 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO 15

7 FONDAZIONI 26

8 CLASSIFICAZIONE SISMICA E RELATIVI PARAMETRI 27

8.1 Categorie del suolo 28
8.2 Condizioni topografiche 30

9 PRELIEVO DI CAMPIONI DA POZZETTI SUPERFICIALI 32

10 CONCLUSIONI 38

11 BIBLIOGRAFIA 40

12 ALLEGATO A – CARTA GEOLOGICA 42

© Copyright 2011 by CESI. All rights reserved - Activity code AG10SRC026

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	28/12/2007	A8008019	Prima emissione
1	29/05/2009	A9000078	Aggiornato il rapporto a fronte di rilievi geologici integrativi ed al nuovo layout dell'impianto
2	31/03/2011	B1010824	Aggiornato il rapporto relativamente a: inquadramento geomorfologico, classificazione sismica, prelievo di campioni da pozzetti superficiali.

1 PREMESSA

Il presente documento, redatto su incarico di Enel S.p.A., definisce, nell'ambito del progetto definitivo finalizzato alla realizzazione dell'impianto eolico di *Monte Porale*, le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche del substrato di fondazione, nonché delle aree interessate dagli interventi alla viabilità di accesso al sito.
L'attività consiste nell' installazione di 10 aerogeneratori di taglia 0.850 MW, di una torre anemometrica, nella realizzazione del cavidotti per il conferimento dell'energia prodotta alla stazione di trasformazione nonché nella sistemazione alla viabilità esistente per consentire l'accesso al sito. I lavori interesseranno il territorio nei comuni di Voltaggio (AL), Ronco Scrivia (GE) e, subordinatamente ad un esiguo tratto di viabilità di accesso all'impianto, Fraconalto (AL).
Quanto di seguito esposto si basa su indicazioni provenienti dai seguenti contributi:

- raccolta ed analisi bibliografica;
- studio fotointerpretativo dell'area;
- rilievo geologico eseguito nei giorni 5-6-7 settembre 2007
- rilievo geologico eseguito nei giorni 13-14-15 maggio 2009 mirato alla individuazione di affioramenti di cataclasiti contenenti minerali fibrosi.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dalle opere in progetto, è ubicata nei territori comunali di Voltaggio (AL), Ronco Scrivia (GE), Fraconalto (AL) ed è cartograficamente riferita a:

- Foglio: *n° 82 della Carta d'Italia 1:100.000 - Genova*;
- Tavoletta: *n° 82 I N.E. della Carta d'Italia 1:25.000 – Voltaggio;*

L'area di imposta dell'impianto (figura 1) in progetto interessa due principali crinali afferenti al rilievo del Monte Porale ed è collocata in posizione circa equidistante dai due concentrici di Ronco Scrivia sul versante ligure e Voltaggio su quello piemontese, posti entrambi a circa 4,5 km dal sito.

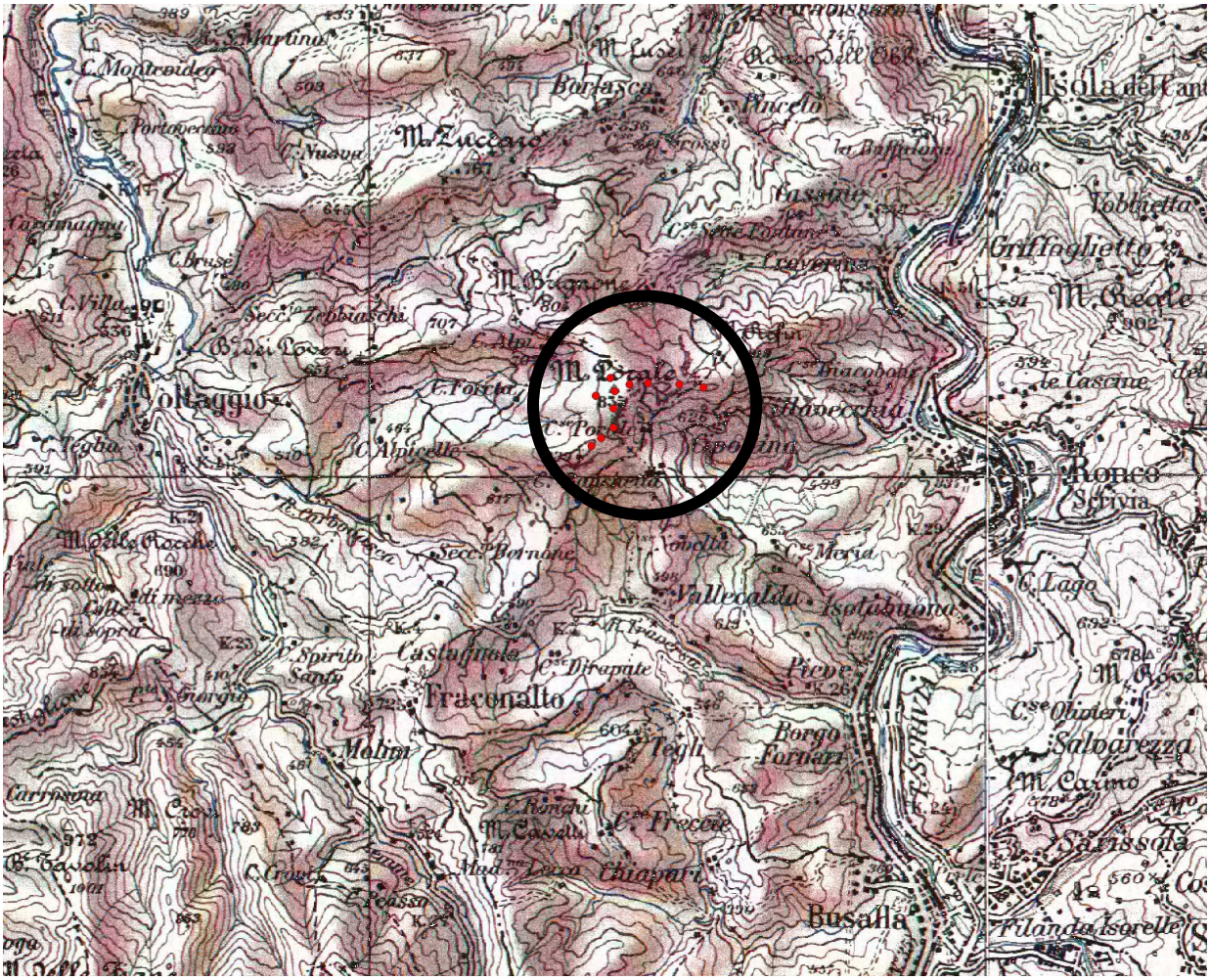


Figura 1 - Inquadramento geografico dell'area d'impianto - scala 1:100.000.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area individuata per la realizzazione dell'impianto eolico in studio interessa materiali costituenti la copertura tardo orogena cenozoica, trasgressiva sul basamento delle Alpi Liguri, qui rappresentate dalle unità tettoniche della Zona di Sestri Voltaggio.
Nello specifico la Zona di Sestri-Voltaggio, un tempo considerata il limite di demarcazione geologico tra Alpi ed Appennini, costituisce una porzione di territorio geologicamente complessa delle Alpi Liguri, appartenente al dominio Piemontese Ligure (oceanico) da cui si ritiene provengano le falde formate da successioni ofiolitifere mesozoiche pre-cenomaniane. Ai fini di maggior chiarezza espositiva viene di seguito proposta una breve sintesi della storia paleogeografica e strutturale delle Alpi Liguri.
In riferimento alla figura 2, le Alpi Liguri riconoscono diversi domini paleogeografici riferibili, procedendo dall'esterno (paleoeuropa) verso l'interno (oceano), alla Zona Delfinese, Zona Brianzonese, e Zona Piemontese-Ligure (oceanica).
In rapida sintesi, il Dominio Delfinese-Provenzale è costituito da un basamento pre-carbonifero superiore (affiorante nel massiccio dell'Argentera Mercantour) con storia pre-paleozoica chiusasi con l'orogenesi ercinica. Nel mesozoico il settore sud orientale di questo dominio è caratterizzato dall'esistenza di un'area emersa a SE e di un bacino allungato in senso NE-SO. Durante il Cretaceo superiore a seguito di una fase regressiva si verifica l'emersione post-maestrichtiana. Nel Cenozoico (eocene medio) riprende la fase trasgressiva con sedimentazione eocenica passante da facies di spiaggia a facies tidali di piattaforma terrigena, culminante con facies torbiditiche arenaceo-pelitiche (Flysch di Ventimiglia, i.e. Gres d'Annot). Olistostromi a tetto del Flysch di Ventimiglia suggellano la chiusura del bacino di sedimentazione, a loro volta sovrascorsi tettonicamente da unità tettoniche subbrianzonesi e dalla falda del Flysch ad Elmintoidi di San Remo. Strutturalmente il Dominio Delfinese-Provenzale costituisce la porzione più profonda delle Alpi Liguri la cui copertura è interessata da due aspetti caratteristici: uno scollamento generale a livello delle evaporiti del Trias superiore e la sovrapposizione di due fasi tettoniche principali: la fase provenzale (Cretaceo superiore-Paleocene) con asse di piegamento E-O; la fase alpina (Neogene) con asse all'incirca NO-SE.

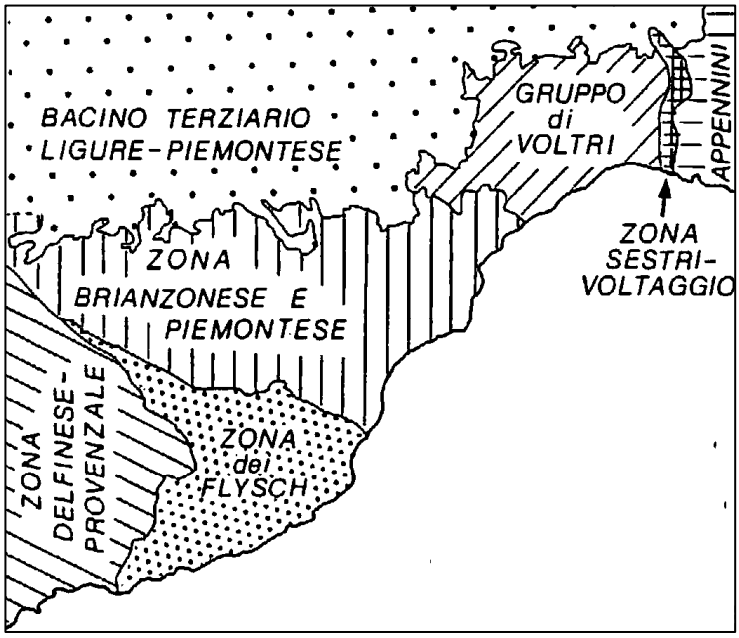


Figura 2 – Domini paleogeografici delle Alpi Liguri.

Il Dominio Brianzonese Ligure ed il Dominio Piemontese iniziano a differenziarsi nel Trias superiore. Il primo è paleogeograficamente distinto in tre settori (esterno, intermedio ed interno), mentre per entrambi stratigraficamente si distinguono un basamento cristallino da un tegumento permo-carbonifero e da una copertura meso-cenozoica. A differenza di quello brianzonese, i materiali appartenenti al Dominio Piemontese sono stati quasi completamente smembrati ed affiorano attualmente in unità tettoniche disperse, senza conservare la loro continuità stratigrafica.
Il Dominio Piemontese-Ligure (oceanico), basamento su cui poggia la copertura del Bacino Terziario Ligure Piemontese (ove trova sede l'impianto eolico in progetto), è il più interno tra i domini paleogeografici riassunti e chiude la serie dei domini delle Alpi Liguri. Da esso si ritiene provengano le falde formate da successioni ofiolitiche pre-cenomaniane e la maggior parte di quelle costituite da successioni flyschoidi cretaceo superiori-terziarie note in letteratura come Flysch ad Elmintoidi. I flysch

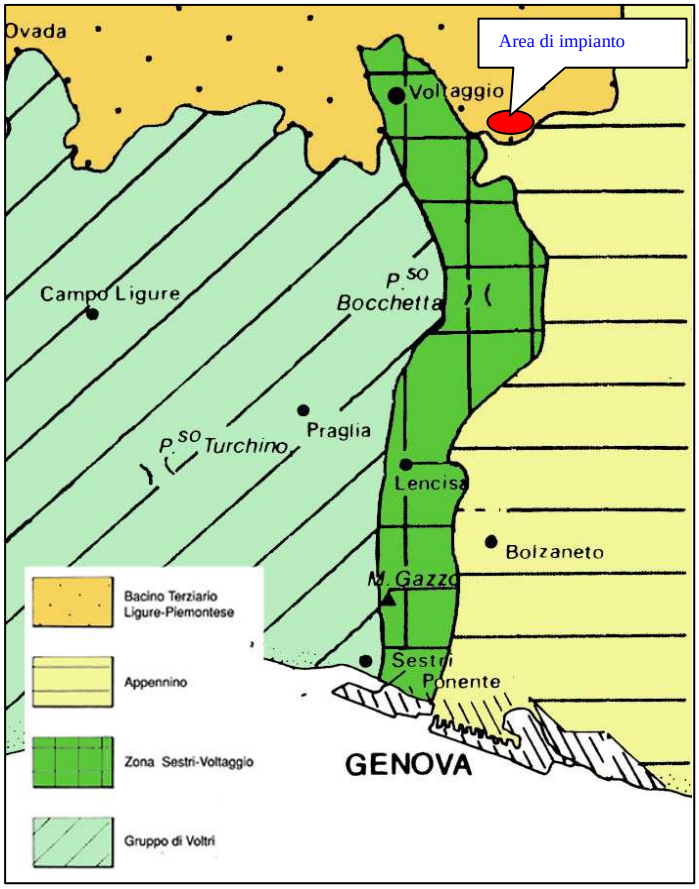


Figura 3 – Collocazione dell'area in esame nel contesto geologico regionale.

sono sempre privi dell'originario substrato stratigrafico e quindi non v'è certezza sulla loro originaria collocazione paleogeografica; solo per alcuni flysch, si ritiene che il loro substrato fosse costituito dalle stesse successioni ofiolitifere. In merito alle successioni ofiolitifere di basamento, procedendo da ovest verso est si riconoscono i seguenti gruppi di unità tettoniche:

- Unità di Montenotte – serpentiniti poco scistose, metagabbri con associazione di minerali metamorfici di alta pressione;
- Gruppo di Voltri – comprende diverse Unità riconducibili in prima approssimazione ad un'unica originaria serie stratigrafica a partire da serpentinoscisti contenenti lenti di eclogiti e gabbri eclogitici, una successione di basalti prasinitizzati, quarzoscisti manganesiferi, marmi e calcescisti;
- Unità Erro-Trobbio – costituita unicamente da peridotiti serpentinizzate;
- Unità Crevasco-Voltaggio – affiorante nella Zona Sestri-Voltaggio è considerata un lembo isolato dell'unità di Montenotte;
- Unità di M. Figogna – affiorante anch'essa nella Zona Sestri-Voltaggio. Inizia con serpentiniti cui succedono basalti ricoperti da scisti siliceo-argillosi rossi o verdastri, da calcareniti quarzifere gradate e da argilloscisti con livelli di calcari detritici.

Per quanto concerne le successioni flyschoidi, cretaceo superiori-terziarie, esse affiorano in posizione esterna dove costituiscono un gruppo di quattro unità tettoniche:

- Unità di S. Remo-M.Maccarello;
- Unità di Moglio-Testico;
- Unità di Borghetto;
- Unità di Colla Domenica-Leverone

In relazione al quadro geologico regionale sopraesposto, la collocazione del sito eolico in progetto è schematizzata in figura 3. Come accennato l'area è pertinente al complesso di sedimenti molassici terziari appartenenti al Bacino Terziario Ligure Piemontese (BTLP), costituito da una potente successione di rocce sedimentarie prevalentemente terrigene, di età oligomiocenica, rappresentanti la copertura del basamento di pertinenza sia alpina che appenninica. Più in particolare, i sedimenti nell'area in esame sono costituiti da sequenze di origine marina, trasgressive sul basamento costituito dai complessi della Zona Sestri Voltaggio.

I depositi di pertinenza al BTLP sono riferibili ad un'area emersa dall'Eocene medio a seguito della collisione tra la placca europea e la microplacca adria e formata da un impilamento di unità alloctone costituite da corpi rocciosi riferibili sia al margine paleoeuropeo che all'area oceanica piemontese-ligure (Basso Monferrato-Appennino settentrionale). Tali unità costituiscono un edificio strutturale che dall'Eocene superiore tende a sovrapporsi alla stessa microplacca adria in corrispondenza di una superficie di scorrimento immersa a sud.

Durante l'Oligocene inferiore viene a delinearsi lungo l'orogeno appenninico un bacino di sedimentazione che vede la deposizione dei sedimenti continentali e marini di mare basso della formazione di Molare (Oligocene) trasgressive sul basamento delle unità piemontesi-brianzonesi. La subduzione della microplacca adria comporta un generale collassamento, responsabile della veloce trasgressione dell'Oligocene superiore cui corrispondono le intercalazioni arenaceo-conglomeratiche che ne contraddistinguono la porzione basale.

Durante la fase terminale del Miocene inferiore si assiste ad un picco compressivo cui corrisponde una fase regressiva con generalizzato abbassamento del livello marino e deposizione di potenti successioni torbiditiche. Questa fase tettonica si protrae sino al Miocene medio (Serravalliano). Dal Tortoniano (parte basale del Miocene superiore) si impostano condizioni uniformi su tutto il BTLP con deposizione generalizzata di peliti cui succedono i depositi regressivi del Messiniano (terminazione del Miocene superiore).

Nell'area in esame i sedimenti riferibili al BTLP sono rappresentati dalle Brecce della Costa di Cravara e dalla Formazione di Molare. Le prime aprono la serie oligocenica con un deposito continentale datato eocene superiore, costituito da una breccia sedimentaria grossolana che si estende lungo il margine meridionale delle coperture oligo-mioceniche, poggiando direttamente sulle lherzoliti del gruppo di Voltri. Alle brecce succede la Formazione di Molare rappresentata da una potente coltre di depositi dapprima transizionali e poi trasgressivi sulle sottostanti brecce continentali. Aprono la serie alcuni corpi conglomeratici basali di origine prevalentemente fluviale a cui si alternano livelli fini arenacei. La granulometria tende a diminuire progressivamente verso l'alto, ma non mancano episodi di sedimentazione a più alta energia rappresentati da conglomerati intercalati tra i livelli arenacei superiori.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, il motivo dominante che caratterizza il settore alpino in cui è inserito il sito eolico è rappresentato da due principali dorsali montuose (figura 4). La prima, orientata in senso N-S, vede impegnato il settore di crinale che si estende dal Mt. Alpe (836 m) ad oltre il Mt. Porale (833 m) per una lunghezza di circa 850 m, correndo in parte lungo il confine regionale tra Piemonte e Liguria.

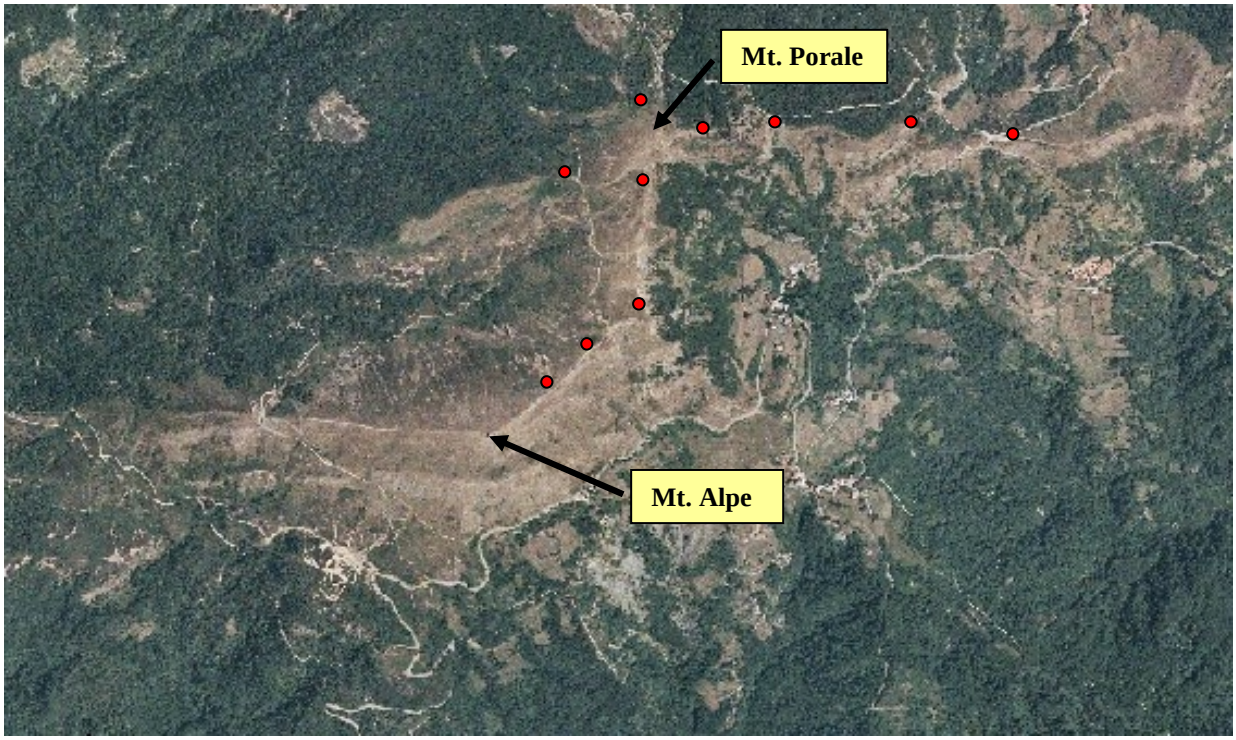


Figura 4 – Crinali lungo i quali si sviluppa l'impianto.

La seconda, orientata in senso E-O, vede impegnato il tratto di crinale per circa 1200 m ed interseca la precedente dorsale all'altezza del Mt. Porale.
Relativamente al versante piemontese, l'anfiteatro morfologico definito dalla Costa del Bagascio e dalla Costa dell'Alpe, passando per il Mt. Porale, racchiude la testata valliva del Rio delle Rive, afferente di destra del Rio Carbonasca che confluisce in ultimo nel Torrente Lemme, principale asse drenante della zona. Sul versante ligure, il crinale sede degli aerogeneratori segna lo spartiacque tra due testate vallive drenate a nord dal Rio San Rocco ed a sud dal Rio Ladde entrambi affluenti di destra del Torrente Scrivia.
Il Mt. Alpe ed il Mt. Porale costituiscono i due rilievi principali nell'area in studio. Sostanzialmente i crinali impegnati dall'impianto in progetto sono caratterizzati da un andamento movimentato con il succedersi di alti e bassi topografici legati presumibilmente a fenomeni di erosione selettiva. L'assetto giacturale generale, debolmente immergente verso N/N-NO, determina una evidente asimmetria morfologica dei versanti con minori inclinazioni lungo i quadranti settentrionali. Viceversa i versanti meridionali possono raggiungere, nella parte alta, acclività importanti, nell'ordine dei 40°-60°; i profili di figg. 5 e 6 pongono in evidenza tale differenza.

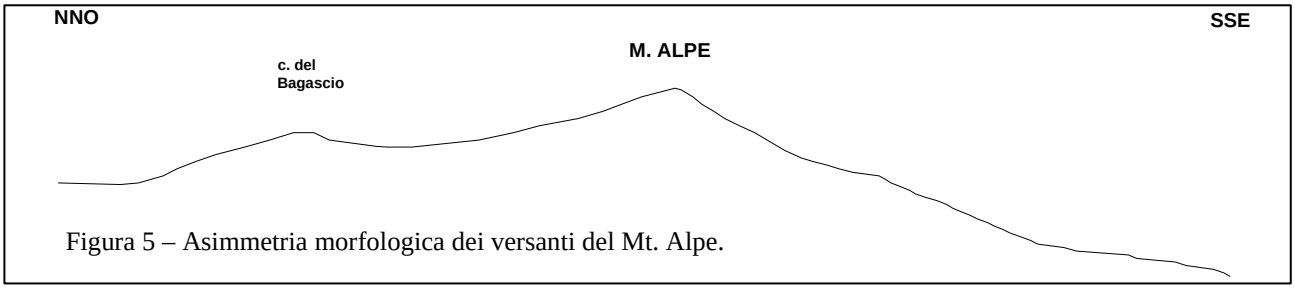


Figura 5 – Asimmetria morfologica dei versanti del Mt. Alpe.

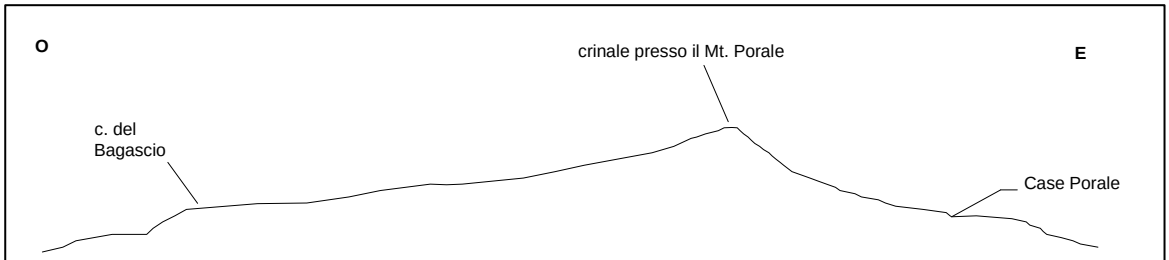


Figura 6 – Asimmetria morfologica dei versanti del Mt. Porale.

In merito alla pericolosità legata a processi gravitativi, si è fatto riferimento alla "Variante al PTC della Provincia di Genova in attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po: Variante Bacini Padani (VBP) - T2 – Carta dei Dissesti 7/22, Rev.01 giugno 2008" e alle verifiche di compatibilità del P.A.I. eseguite dai rispettivi comuni di Voltaggio e Fraconalto. In accordo a tale documentazione, lungo i crinali sede dell'impianto in progetto, non sono segnalate manifestazioni di instabilità legate a processi gravitativi. Allontanandosi dal crinale e spostandosi verso fondovalle, data la composizione del substrato, costituito dai conglomerati della Formazione di Molare, è possibile il distacco localizzato di elementi dello stesso, di dimensioni dalla ghiaia fino ai blocchi anche di dimensioni metriche (versante sud est di Monte Alpe prospiciente la località Sotto Racche, comunque non interessato dalle opere in progetto), laddove lo stesso substrato presenta condizioni di debole cementazione, elevata alterazione e condizioni di accentuata acclività. Tale combinazione di elementi, unita all'azione degli agenti meteorologici ed alla gravità, rappresenta l'agente morfogenetico principalmente responsabile della maggiore acclività dei quadranti meridionali.
Altre forme di manifestazioni gravitative sono segnalate alla base dei versanti, laddove i depositi di copertura raggiungono un certo spessore, creando condizioni favorevoli alla loro mobilizzazione, soprattutto laddove gli stessi presentano abbondanza di costituenti siltosi ed argillosi.

Nella carta geologica di allegato A viene sintetizzato il quadro della perimetrazione delle aree interessate da condizioni di pericolosità da dissesto idrogeologico, così come evinto dalle verifiche di compatibilità P.A.I. emesse dai comuni di Voltaggio e Fraconalto [5] [6] e dalla "Variante al PTC della Provincia di Genova in attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po: Variante Bacini Padani (VBP) - T2 – Carta dei Dissesti 7/22, Rev.01 giugno 2008" [23]. In riferimento a tali lavori, nel territorio piemontese in esame, ascrivibile interamente alla classe di pericolosità IIIa (*Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, fortemente acclivi, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia*)), vengono riconosciuti movimenti gravitativi riferiti a frane attive per

crollo (FA1), una frana quiescente per colamento lento (FQ5), una frana quiescente ed una attiva per movimento gravitativo composito (FQ10 – FA10). Anche nel ramo di impianto ligure, la carta della zonazione consultata [23] riconosce sia zone di tipo Fa (aree interessate da frane attive), sia zone di tipo Fq (aree interessate da frane quiescenti).
Di seguito viene esplicitata la legenda della perimetrazione delle aree in dissesto riferita alla carta geologica presentata in allegato A, riferita ai documenti [5] [6] [23]:

Comuni di Voltaggio e Fraconalto:

- *FA1: processo gravitativo attivo di crollo;*
- *FA10: processo gravitativo attivo per movimento gravitativo composito;*
- *FQ10: processo gravitativo quiescente per movimento gravitativo composito;*
- *FQ5: processo gravitativo quiescente per colamento lento;*

Comune di Ronco Scrivia (solo parzialmente Fraconalto):

- *ZONA Fa: aree interessate da frane attive (pericolosità molto elevata);*
- *ZONA Fq: aree interessate da frane quiescenti (pericolosità elevata);*

Come visibile in allegato A i rami di impianto sia in area piemontese che in area ligure non interferiscono con le aree di pericolosità da frana riconosciute, ed anche lo studio in essere conferma tale condizione. Ciononostante vengono segnalate alcune criticità di seguito esposte da affrontare in sede di progetto.
La postazione V5 (foto 1) dispone di uno spazio limitato con versanti acclivi sia ad E che ad O ed è collocata nelle vicinanze, di un movimento gravitativo quiescente composito (FQ10). La postazione risulta comunque esterna al perimetro del movimento rilevato. La copertura impedisce la visione delle condizioni litotecniche del substrato che dovranno essere accertate con indagini integrative e la stabilità verificata.



Foto 1 – Postazione aerogeneratore V5.



Foto 2 – Postazione aerogeneratore R2.

Una criticità viene segnalata nelle vicinanze della postazione R2 (foto 2) che si trova nelle vicinanze della testata del ripido impluvio che raggiunge il crinale, impluvio che manifesta condizioni di erosione accelerata, con sponde assai scoscese in condizioni di dubbia stabilità. E' necessario che la postazione si mantenga a distanza di sicurezza dalla testata da determinarsi in seguito alle indagini integrative.

Considerazioni e conclusioni molto simili valgono per la postazione R3 (foto 3), anche se le condizioni di stabilità delle sponde d'impluvio sono migliori. Anche per questa postazione è consigliato che si



Foto 3 – Postazione aerogeneratore R3.

mantenga a distanza di sicurezza dalla testata d'impluvio, da determinarsi in seguito alle indagini integrative.

Un'interferenza è dovuta alla viabilità di accesso che, nel tratto che risale il versante meridionale del Mt. Alpe, si espone al settore di versante interessato da fenomeni di crollo mentre, nel tratto successivo, lungo l'asse vallivo compreso tra il Mt. Alpe e la C.sta del Bagascio, attraversa il corpo franoso quiescente del colamento lento FQ5 (foto 4 e 5). Considerando che la viabilità in progetto sostanzialmente adegua un tracciato già esistente al transito occasionale di mezzi di cantiere, che la stessa viabilità dovrà prevedere interventi di drenaggio e considerando inoltre l'attuale condizione di quiescenza del dissesto attraversato (con eventuali riattivazioni legate a condizioni meteorologiche sfavorevoli), si può ritenere che l'adeguamento previsto non comporti modifiche permanenti peggiorative. L'opera di drenaggio stradale e lo smaltimento delle acque verso impluvi naturali può contribuire a ridurre il quantitativo d'acqua disponibile alla eventuale mobilizzazione di almeno parte del corpo franoso.
In ultima analisi si può considerare che l'impronta dell'impianto eolico in progetto interessa tratti di crinali stabili all'esame geologico di superficie. La variabilità di condizioni geomorfologiche (competenza del substrato e variazioni di pendenza) evidenziata nel rilievo renderà necessario il ricorso ad indagini geognostiche di tipo diretto e valutazioni con prove di laboratorio. Questo al fine di accertare le condizioni di stabilità, caratterizzare l'effettiva competenza del substrato di posa dell'aerogeneratore e guidare la scelta all'idonea tipologia di fondazione da adottare.



Foto 4 – Vista verso ovest del corpo franoso quiescente del colamento lento FQ5, a destra la Costa del Bagascio e al centro, in secondo piano, la Costa dell'Alpe.



Foto 5 – Vista verso nord del corpo franoso quiescente del colamento lento FQ5, a destra la dorsale Mt. Porale – Bric del Puà – Mot. Alpe, al centro la Costa del Bagascio.

In fine si evidenzia che gli aerogeneratori (V1-V2-V3-V4) posti lungo la dorsale che collega il Monte Alpe e il Monte Porale sono posti nelle vicinanze della linea di cresta orientale del crinale (20-40 m di distanza).
Data la vicinanza tra le postazioni e il crinale che, lungo il versante orientale, è interessato da fenomeni di crollo che interessano il substrato conglomeratico, occorrerà che le indagini geognostiche previste, unitamente alle verifiche di stabilità, accertino l'assenza di criticità non rilevabili con l'osservazione superficiale, sia per le postazioni eoliche che per la viabilità connessa.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di tre complessi idrogeologici principali. Il primo e più rappresentato, è riferito al corpo sedimentario dei conglomerati e delle brecce che affiorano lungo i crinali su cui è prevista l'installazione degli aerogeneratori, mentre lungo i pendii sottostanti i gli stessi conglomerati possono presentare una copertura vegetale da sottile ad assente. La permeabilità generale è bassa, concentrata principalmente lungo i piani di frattura che interessano l'ammasso.
Il secondo complesso comprende i complessi argillitici preterziari, subordinati arealmente ai precedenti, ed affioranti lungo i quadranti meridionali dell'area analizzata, cioè a sud dei conglomerati della *Formazione di Molare*. La conducibilità idraulica è fortemente dipendente dalle condizioni di stress tettonico subito, con valori di permeabilità primaria generalmente bassa, molto bassa che, in corrispondenza di zone intensamente fratturate, può elevarsi a valori da medi ad elevati.
Infine il terzo complesso, meno diffuso rispetto ai precedenti, è attribuibile ai depositi di copertura eluvio-colluviale distribuiti in genere al piede dei versanti, in corrispondenza del cambio di pendenza vallivo, o coinvolti in episodi gravitativi lungo i versanti stessi. La conducibilità idraulica di detti depositi presenta un campo di escursione strettamente connesso alle caratteristiche granulometriche degli stessi e particolarmente dipendente dal contenuto della frazione argillosa, con variabilità comprese tra valori medio bassi e valori medio alti.

6 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

La valutazione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito è stata condotta attraverso una prima fase propedeutica di consultazione bibliografica delle fonti disponibili, reperite in rete e messe a disposizione dai comuni di Voltaggio, Ronco Scrivia e Fraconalto [5] [6] [7], ed una seconda fase di fotointerpretazione e rilievo geologico in sito. In particolare è stata rilevata un'area di circa 3 km^2 limitata a N dalla testata valliva del Rio Moglione, a S alla base del complesso del Mt. Alpe, a O dalla C.ta dell'Alpe e ad E dalla località Tanadorso. Risultato del rilievo è la carta geologica restituita alla scala 1:5.000, presentata in allegato A e di seguito commentata.

Conglomerati. Sono rappresentati dal complesso conglomeratico eo-oligocenico della *Formazione di Molare*. Presentano marcate differenze in termini granulometrici a livello sia di scheletro che di matrice con un ampio spettro granulometrico, che per lo scheletro va dalla ghiaia fine al blocco di dimensioni plurimetriche. La tessitura è *matrix supported* con matrice anch'essa granulometricamente molto variabile (foto 6), dal limo argilloso alla sabbia grossolana.



Foto 6 - Conglomerati eterometrici ben cementati, affioranti lungo il versante meridionale del Mt. Alpe.

Marcate variazioni sono apprezzabili anche nel tenore della cementazione. Dall'insieme delle combinazioni citate deriva una apprezzabile differenza di risposta all'erosione (foto 7) che determina la presenza anche di condizioni morfologiche acclivi, segnate da bruschi cambi di pendenza.



Foto 7 – Brusche variazioni nella composizione della matrice del conglomerato lungo il versante meridionale del Mt. Alpe.

Risalendo stratigraficamente la formazione, la granulometria tende a diminuire e compaiono bancate arenacee di potenza anche metrica (foto 8), ben cementate, con giacitura 15°-35°/310-340 che riflette l'assetto giaciturale monoclinale dell'area rilevata. Lungo il passo presso la C.ta dell'Alpe (foto 9), i conglomerati presentano una elevata percentuale in matrice, in facies pelitico-marnosa, che attribuisce alla formazione una scarsa competenza.

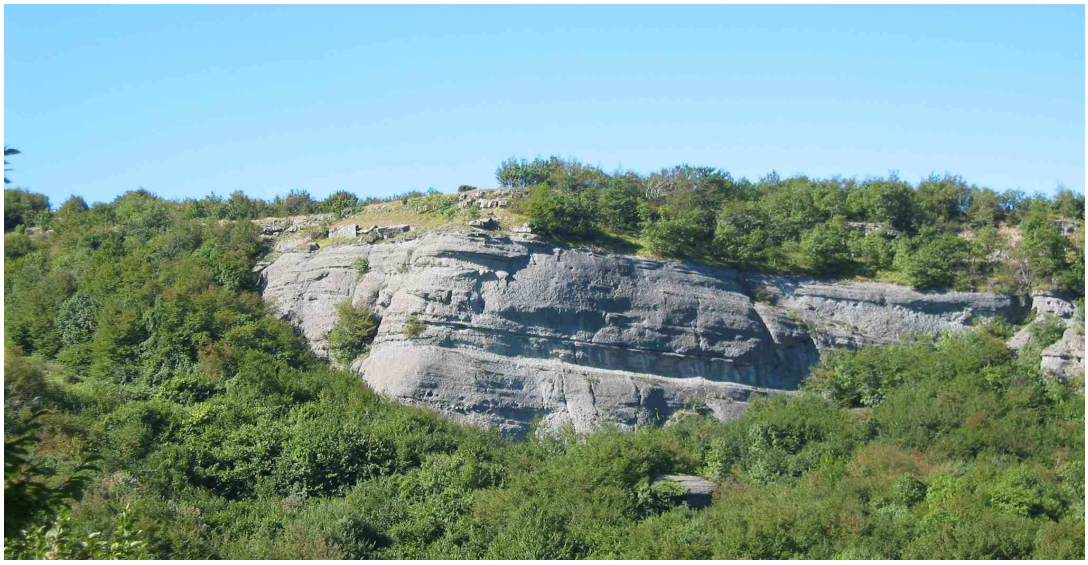


Foto 8 – Bancate arenacee che delimitano la costa di Tanadorso.

Le facies più grossolane del deposito conglomeratico nell'area rilevata sono concentrate in prossimità del contatto con le sottostanti formazioni argillitiche preterziarie e sono ben visibili dalla strada che

borda il lato meridionale ed orientale del Mt. Alpe dove localmente i conglomerati assumono l'aspetto di grosse brecce.



Foto 9 - Conglomerati scarsamente competenti, in abbondante matrice pelitico-marnosa, affioranti lungo il passo presso la C.sta dell'Alpe.

I conglomerati affiorano prevalentemente lungo i versanti meridionali dove le forti acclività non consentono la formazione di depositi di copertura significativi (foto 10).



Foto 10 – Affioramenti di conglomerati che bordano il versante meridionale del Mt. Alpe.

In foto 11 è visibile la postazione dell'aerogeneratore V1. La minor acclività consente la formazione di depositi di copertura che raggiungono comunque spessori modesti.



Foto 11 – Versante N del Mt. Alpe con postazione V1 al centro del fotogramma.

La foto 13 presenta una vista d'insieme dal crinale del Mt. Alpe sino al Mt. Porale occupato dalle postazioni V2-V3-V4-V5-V6 che, da sinistra verso destra, completano l'insieme delle macchine posizionate nel territorio piemontese. La formazione conglomeratica è sostanzialmente invisibile, coperta da una coltre detritica di spessore difficilmente valutabile.
E' visibile nella porzione valliva centrale l'accumulo imputabile al colamento lento quiescente FQ5 (foto 12). I crinali sede degli aerogeneratori presentano morfologie blande prive di evidenze legate ad instabilità in atto.



Foto 12 – Colamento lento tra la C.sta del Bagascio ed il Mt. Alpe.



Foto 13 - vista d'insieme dal crinale del Mt. Porale occupato dalle postazioni V2-V3-V4-V5-V6, visto dal versante N del Mt. Alpe.

I conglomerati costituiscono il substrato di posa anche del ramo di impianto ligure rappresentato dalla postazioni R1, R2, R3 ed R4. Sostanzialmente questo tratto di crinale (foto 14) presenta caratteristiche simili ai precedenti, delimitato a S da un versante particolarmente acclive ed a N da pendenze più dolci.



Foto 14 – Crinale da postazione R4 a Mt. Porale (sfondo).

Argilliti. E' la litologia meno presente, se si eccettuano le cataclasiti, distribuita lungo la fascia meridionale nel territorio analizzato ed appartenente alla Formazione preterziaria *delle Argilliti di Mignanego (Unità di M. Figogna e dei Flyschs di Busalla – Zona Sestri Voltaggio)*. E' rappresentata da argilliti di colorazione variabile dal giallo ocraceo al grigio-azzurro sino al bruno nerastro. Sono caratterizzate da una accentuata fissilità per scistosità che tende a suddividerle in lamine sottili e dalla presenza di intercalazioni arenacee grigio scure. Dalle caratteristiche litotecniche scadenti, affiorano per erosione lungo le sponde degli impluvi dei rii che incidono il versante meridionale del complesso del Mt Alpe e della C.sta di Tanadorso (Rio Burlaschino, del Rio di Vaie, del Rio delle Ladde). Spesso subaffiorano, mascherate da coltri detritiche di copertura eluvio-colluviali. Tale litologia non viene interessata dall'opera in progetto.

Cataclasiti. A seguito degli ulteriori rilievi geologici, effettuati nel mese di maggio del 2009 e mirati all'individuazione di affioramenti di pietre verdi contenti minerali fibrosi, sono stati localizzati, nell'area di interesse, due affioramenti di limitate dimensioni di materiali riferibili a cataclasiti di pietre verdi.
I due affioramenti sono ubicati rispettivamente alla base e a metà del versante sud ovest del Mt. Alpe e interessano esclusivamente il tratto iniziale della viabilità dell'impianto per una lunghezza complessiva di circa 80 metri (vedi allegato A e figura 7).

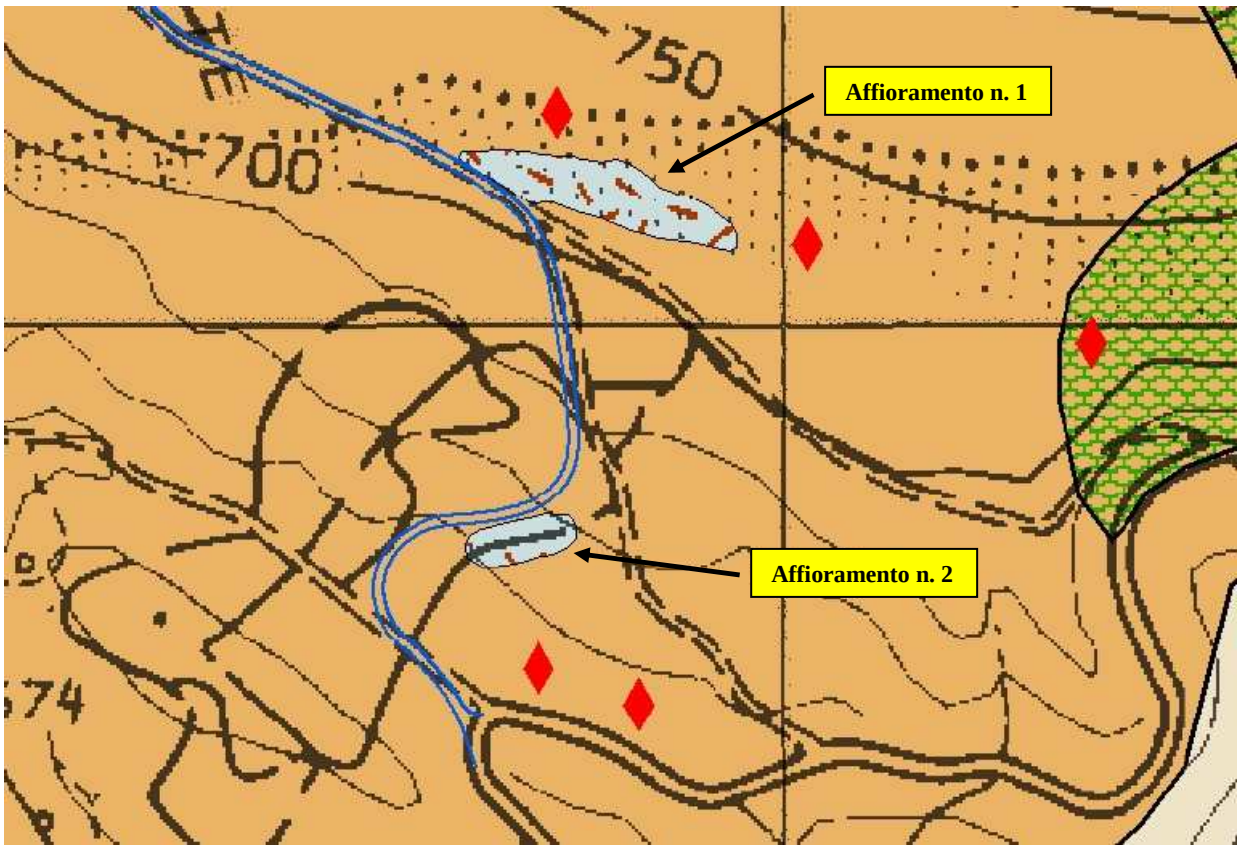


Figura 7 – Estratto, fuori scala, dell'Allegato A - carta geologica; sono evidenziati i due affioramenti di cataclasite individuati con il rilievo geologico eseguito nel mese di maggio 2009.

Entrambi gli affioramenti sono costituti da materiali riferibili a serpentiniti cataclastiche contenute entro il conglomerato oligocenico della *Formazione di Molare*.

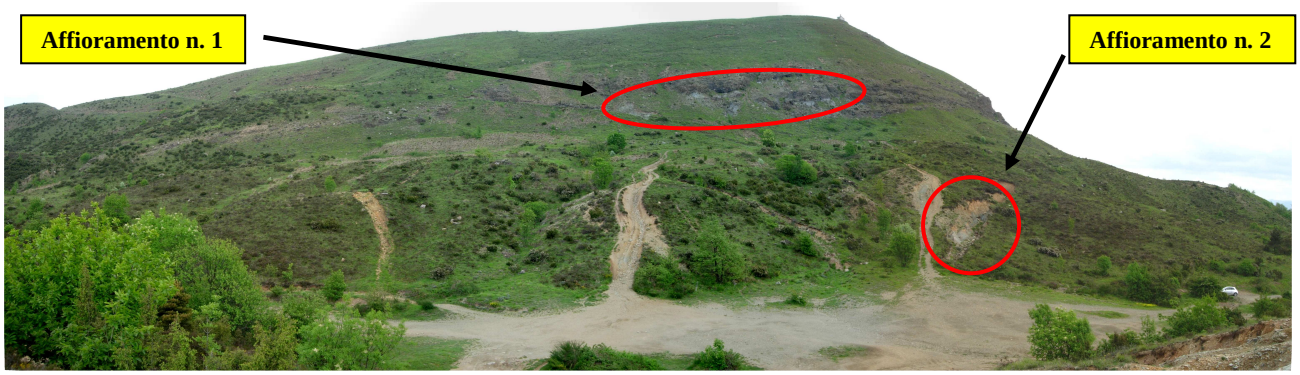


Foto 15 – Versante meridionale del Mt. Alpe, sono indicati le zone di affioramento delle cataclasiti.

Come si può osservare dalle foto 15 e 16 l'affioramento n.1, ubicato immediatamente al di sopra della mulattiera che sale verso la Costa dell'Alpe, si sviluppa complessivamente per circa 100-120 metri in direzione est-ovest e per circa 20-25 metri in altezza e interseca la mulattiera sopra citata per circa 25-30 metri.

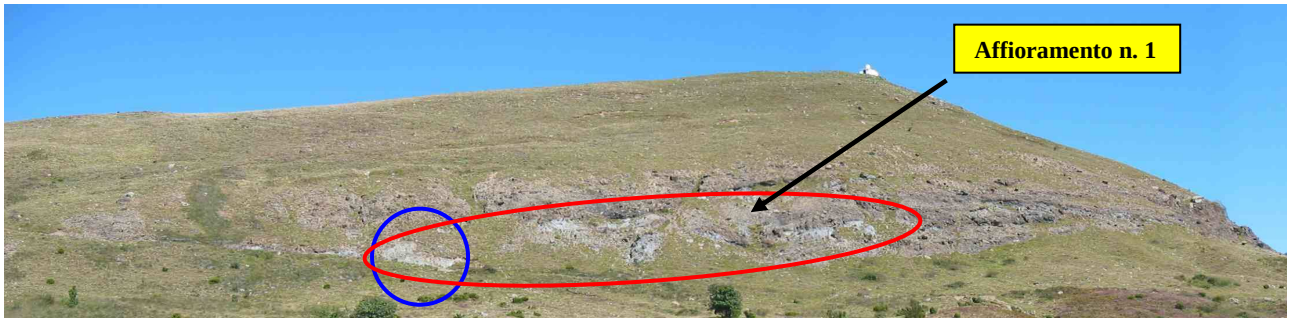


Foto 16 – Vista dell'affioramento 1 delle cataclasiti; in colore blu è evidenziato il tratto di affioramento che interseca la mulattiera che sale verso la Costa dell'Alpe.

In corrispondenza della mulattiera l'affioramento di cataclasite, di cui si può osservare una vista in foto 17, è costituito da elementi di pietre verdi in facies cataclastica, di probabile natura serpentinitica, incluse nel conglomerato della *Formazione di Molare*. Il materiale, di colore grigio verdastro, contiene un minerale di colore biancastro in fibre da sub millimetriche a centimetriche. Le fibre di maggiori dimensioni sono sia di tipo *slip* (foto 18 e 19), con direzione di crescita parallela ai piani di frattura, sia di tipo *cross* (foto 20) e con direzione circa perpendicolare ai piani di frattura.



Foto 17 – Affioramento n. 1 di cataclasite; in primo piano è visibile il tratto dell'affioramento intersecante la mulattiera che sale verso la Costa dell'Alpe.

Le poche discontinuità misurabili presentano giacitura di immersione 60°/120-130.

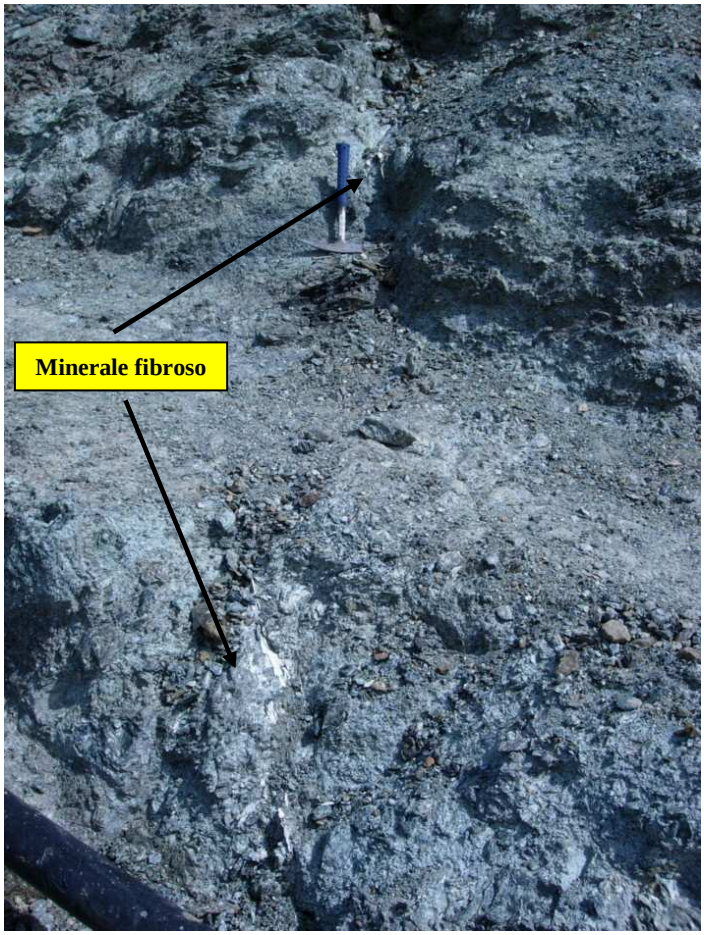


Foto 18 – Affioramento n. 1 di cataclasite; particolare dell'affioramento presente lungo la mulattiera che sale verso la Costa dell'Alpe, fibre di tipo *slip*.



Foto 19 – Affioramento n. 1 di cataclasite; particolare della foto 18 con in primo piano minerale di colore biancastro in fibre, di tipo *slip*, centimetriche.



Foto 20 – Affioramento n. 1 di cataclasite; fibre centimetriche di colore biancastro di tipo *cross*.

L'affioramento n.2, è ubicato a circa 70 metri a nord del tornante posto in corrispondenza dello sterrato utilizzato come pista da cross. Questo affioramento si sviluppa entro una breve incisione che sale dallo sterrato sopra citato verso la mulattiera che porta alla Costa dell'Alpe (vedere figura 7 e foto 15). Si sviluppa complessivamente per circa 40-50 metri in direzione sud ovest-nord est (foto 21 e 22).



Foto 21 – Affioramento n. 2 di cataclasite; vista verso nord est dell'incisione ove affiora la cataclasite.



Foto 22 – Affioramento n. 2 di cataclasite; vista verso sud est dell'incisione ove affiora la cataclasite.

In questo caso l'affioramento, che risulta coperto da una modesta copertura detritica, è costituito da una cataclasite di originarie pietre verdi di probabile origine serpentinitica, di colore grigio verde chiaro. Analogamente a quanto osservato per l'affioramento n.1 è presente un minerale biancastro in fibre prevalentemente centimentriche sia di tipo *slip* (foto 23) che di tipo *cross* (foto 24).

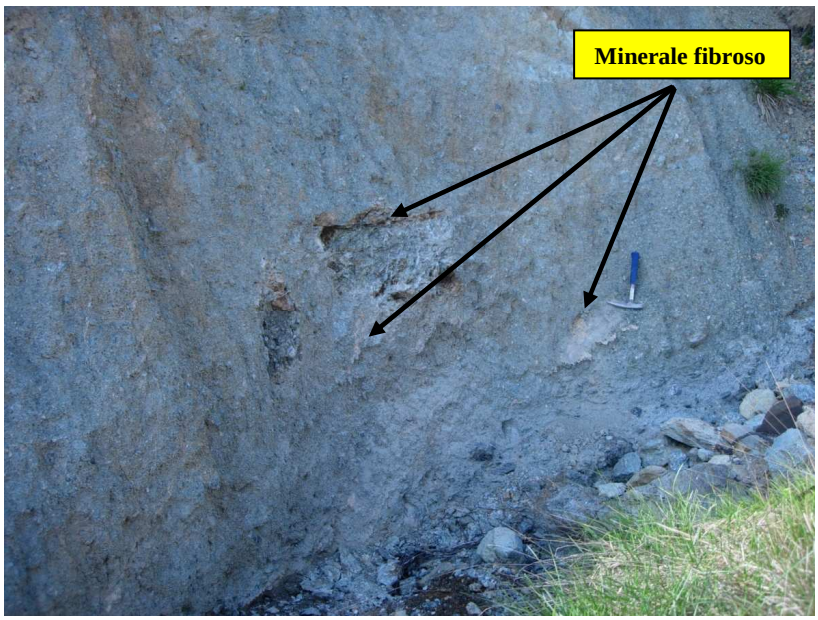


Foto 23 – Affioramento n. 2 di cataclasite; sono evidenti i piani di laminazione su i quali si è sviluppato del minerale di colore biancastro in fibre centimetriche.

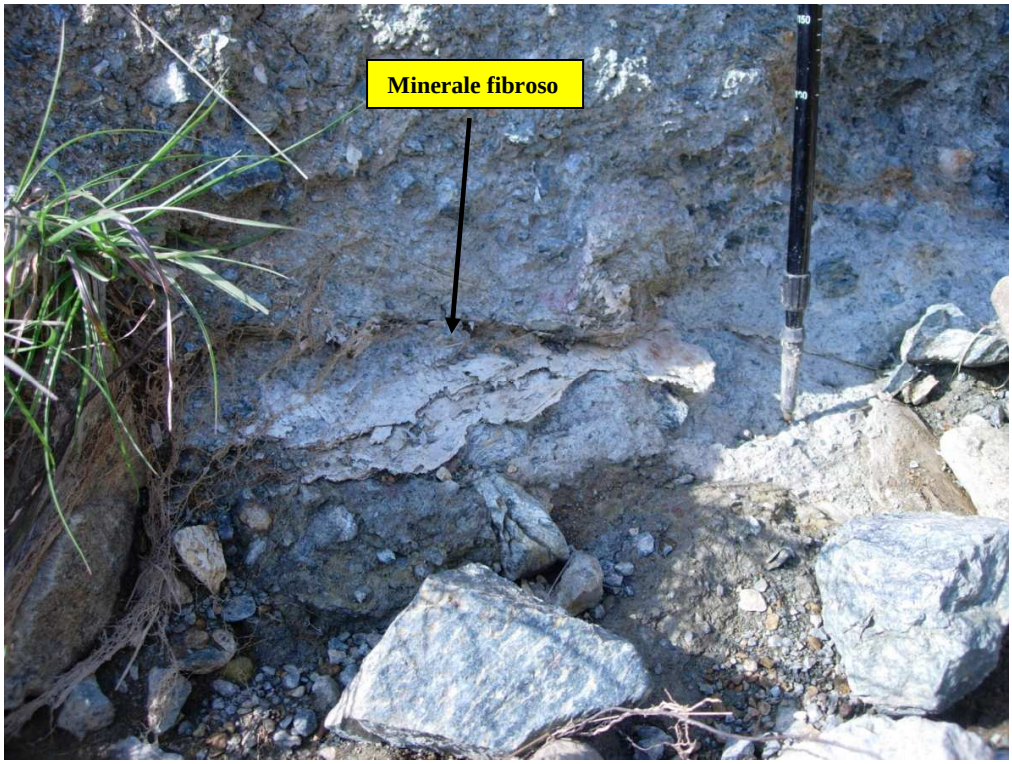


Foto 24 – Affioramento n. 2 di cataclasite; piani di laminazione sub-orizzontali e ondulati con minerale di colore biancastro in fibre centimetriche, di tipo *cross*.

Il materiale si presenta prevalentemente intensamente cataclasato, specie nella parte corticale dell'affioramento, ed i rari piani di immersione misurabili risultano avere una giacitura 65°-70°/180-200.

7 FONDAZIONI

La scelta del tipo di fondazioni da adottare è strettamente legata alle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo del sito e all'entità dei carichi che le strutture di progetto trasmetteranno al sottosuolo di imposta.
Dal rilievo eseguito si evince che i depositi di copertura, relativamente alle posizioni di crinale siano di spessore modesto e che, di conseguenza, le fondazioni interesseranno direttamente il substrato di conglomerati della *Formazione di Molare*.
La valutazione delle caratteristiche litotecniche del materiale viene fatta su base bibliografica, con riferimento ai documenti [5] [6] attribuendo al substrato i seguenti valori:

- γ (peso di volume) = 20-25 kN/m³;
- c (coesione) = 100-300 kPa;
- ϕ (angolo di attrito) = 25-35°.

Sulla base delle considerazioni esposte si ritiene pertanto idonea la scelta di fondazioni di tipo diretto, scelta ovviamente da valutare analiticamente in fase di progettazione esecutiva mediante indagini geotecniche e prove di laboratorio per la misura diretta delle caratteristiche litotecniche dell'ammasso roccioso di fondazione.
In funzione dei risultati derivanti dalle indagini geognostiche previste, qualora il quadro ipotizzato presenti differenze in termini di caratteristiche meccaniche del substrato, potranno essere adottate scelte fondazionali di tipo indiretto. Nello specifico, come segnalato al punto 4, particolare attenzione dovrà essere prestata alle postazioni V5, R2, R3 e R4 in ragione delle caratteristiche geomorfologiche dei luoghi e data la vicinanza delle opere stesse al perimetro di aree interessate da fenomeni di dissesto.

8 CLASSIFICAZIONE SISMICA E RELATIVI PARAMETRI

Relativamente alla caratterizzazione sismica del sito, si è fatto riferimento alla sezione 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" che sostituisce l'OPCM 3274/2003 e l'OPCM 3519/2006. In luogo della classificazione dell'intero comune per quanto riguarda la pericolosità sismica di base, il DM 14 gennaio 2008 prevede l'impiego dei valori di accelerazione sismica di base considerando una griglia con un lato di circa 5 km. In base a tale griglia e con le metodiche riportate nell'OPCM 3519/2006, le Regioni possono individuare delle sottozone caratterizzate da valori ag intermedi, comunque non inferiori a 0,025g.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica cui sono soggette le opere in progetto, si è adottato l'approccio dinamico contemplato dal DM 14 gennaio 2008 (NTC – 08) che prevede sia l'applicazione dell'azione sismica sulle strutture, sia la degradazione della resistenza del terreno durante eventi sismici.
L'opera in progetto è ubicata alle seguenti coordinate geografiche (Datum ED50):

- Latitudine: 44.6145° N Longitudine: 8.9537° E

Sulla base di quanto riportato nella Tab. 1 del DM 14 gennaio 2008, attraverso la media ponderata dei valori dei vertici della griglia di riferimento di 5 km che contiene l'opera in progetto, si ricavano i parametri che definiscono l'effetto sismico del sito in cui ricade l'intervento:

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [–]	T_C^* [s]
30	0.026	2.472	0.198
50	0.034	2.508	0.213
72	0.039	2.530	0.233
101	0.047	2.467	0.251
140	0.054	2.482	0.256
201	0.063	2.479	0.267
475	0.092	2.441	0.275
975	0.122	2.455	0.280
2475	0.170	2.458	0.286

Tab. 1 - Valori dei parametri ag, Fo, T*C per i periodi di ritorno TR di riferimento.

Il tempo di ritorno da impiegare per la scelta dei valori dei parametri ag, Fo e T_C^* dipende dalla vita di riferimento dell'opera. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale e dalle classi d'uso. La vita nominale di un'opera V_N è intesa come il periodo (anni) nel quale l'opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2 (Tabella 2.4.I delle NTC 08).

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva.	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di	≥ 100

	grandi dimensioni o di importanza strategica.	

Tab. 2 - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (Tabella 2.4.I delle NTC 08).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso (C_U) così definite in Tab. 3:

Classe	Uso dell'opera
Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in *Classe d'uso III* o in *Classe d'uso IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in *Classe d'uso IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 6792/2001, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 3 - Classi d'uso per diversi tipi di opere (Tabella 2.4.2 delle NTC 08).

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1	1,5	2

Tab. 4 - Valore di CU per classe d'uso (Tabella 2.4.II delle NTC 08).

La vita di riferimento V_R si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

8.1 Categorie del suolo

Le NTC 08 riportano che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, ma, che in assenza di queste, si può

fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento come riportato in Tab. 5 (Tab. 3.2.II delle NTC 08).

CLASSE	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs_{30} 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 Vs_{30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $_{NSPT,30}$ >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 $Vs_{,30}$ 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 Vs_{30} 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 Vs >800 m/s).

Tab. 5 - Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II delle NTC 08).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo1, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente Vs30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per Vs30 s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad (m/s)$$

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.
Nei casi in cui la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) N_{SPT},30 nei terreni prevalentemente a grana grossa, e della resistenza non drenata equivalente c_u,30 nei terreni prevalentemente a grana fina.
La resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{SPT},30 e la resistenza non drenata equivalente c_u,30 sono definite dalle seguenti espressioni:

1 Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}} \text{ (kPa)}$$

Le NTC 08, inoltre, individuano altre due categorie di sottosuolo, denominate S1 ed S2 e descritte in Tab. 6 (Tab. 3.2.II delle NTC 08).

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10< cu30 <20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 6 - Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tabella 3.2.III delle NTC 08).

Per tali ulteriori categorie è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.
Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare $N_{SPT,30}$ limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità;
- determinare $c_{u,30}$ limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri $N_{SPT,30}$ e $c_{u,30}$;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate.

- Sulla di quanto esposto nei paragrafi precedenti, in via preliminare e in attesa dei risultati delle future indagini, si assume, cautelativamente, che mediamente il substrato del sito in progetto sia ascrivibile alla categoria **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* $Vs_{,30}$ *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)]*.

8.2 Condizioni topografiche

Secondo le NTC 08, per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, invece, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 7 (Tab. 3.2.IV delle NTC 08):

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

Tab. 7 - Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV delle NTC 08).

Le categorie topografiche riportate in Tab. 7 si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per quanto riguarda le caratteristiche morfologiche dell'area in esame, in corrispondenza delle opere in progetto si è in presenza di un assetto di Categoria T4.

9 PRELIEVO DI CAMPIONI DA POZZETTI SUPERFICIALI

Come indicato nel capitolo 6, a seguito degli ulteriori rilievi geologici, effettuati nel mese di maggio del 2009 e mirati all'individuazione di affioramenti di pietre verdi contenti minerali fibrosi, sono stati localizzati, nell'area di interesse, due affioramenti di limitate dimensioni di materiali riferibili a cataclasiti di pietre verdi. I due affioramenti sono ubicati rispettivamente alla base e a metà del versante sud ovest del Mt. Alpe e interessano esclusivamente il tratto iniziale della viabilità dell'impianto per una lunghezza complessiva di circa 80 metri.
Successivamente a tale rinvenimento si è deciso di campionare sia gli affioramenti sopra descritti che altre zone dell'area interessate sia dalla viabilità dell'impianto che da alcune piazzole degli aerogeneratori. Sono stati eseguiti n. 12 pozzetti superficiali e prelevati altrettanti campioni da sottoporre a determinazioni per la rilevazione del contenuto di amianto liberabile delle rocce e di amianto totale nei terreni.
L'ubicazione dei punti di prelievo è riportata in Allegato A, nelle successive foto da 25 a 35 sono riportate le immagini dei luoghi ove sono stati eseguiti i prelievi stessi.



Foto 25 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 1, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A .



Foto 26 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 2, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 27 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 3, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 28 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 4, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 29 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 5, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 30 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 6, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A .



Foto 31 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 1 e n. 8, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 32 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 9, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 33 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 10, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 34 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 11, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.



Foto 35 – Panoramica area prelievo Pozzetto n. 12, l'esatta ubicazione è indicata nell'Allegato A.

10 CONCLUSIONI

L'area prescelta per la collocazione dei nuovi 10 aerogeneratori ricade all'interno dei territori comunali di Voltaggio, Ronco Scrivia e, per una piccola parte relativa alla viabilità di accesso, Fraconalto. Le attività in progetto prevedono in particolare l'installazione delle nuove 10 torri di taglia 850 KW, l'adeguamento della viabilità esistente e la posa di nuovi cavidotti per l'allacciamento alla stazione elettrica di consegna dell'elettricità prodotta.
Dal punto di vista litostratigrafico, le fondazioni poseranno su di un substrato costituito dai conglomerati della *Formazione di Molare* dalle caratteristiche fisico-meccaniche variabili, a seconda della pezzatura dello scheletro, della granulometria e grado di cementazione della matrice e dalle condizioni di alterazione. L'ammasso roccioso presenta un generale trend granulometrico in diminuzione verso l'alto stratigrafico, passante da brecce conglomeratiche massive alla base (al contatto con le argilliti preterziarie), ad arenarie grigie ben cementate e stratificate verso l'alto della formazione. La giacitura presenta un assetto monoclinale generalmente orientato 15°-35°/310-340 che determina una maggiore acclività dei versanti meridionali.
Lungo i crinali sede dell'impianto in progetto, non sono segnalate particolari manifestazioni di instabilità legate a processi gravitativi. Concordemente a quanto segnalato dalla documentazione della "Variante al PTC della Provincia di Genova in attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po: Variante Bacini Padani (VBP)" ed alle verifiche di compatibilità del medesimo eseguite dai rispettivi comuni di Voltaggio e Fraconalto, allontanandosi dai crinali si segnalano fenomeni di crollo per distacco di elementi del substrato lungo le porzioni di versante più acclivi, e processi gravitativi quiescenti di natura composita o legati a colamenti lenti in corrispondenza del cambio di pendenza fondovallivo.
Pertanto, limitatamente alle posizioni di crinale, sulla base del rilievo geologico eseguito è possibile considerare l'area prescelta come geomorfologicamente adeguata all'impianto in essere, fermo restando la necessità di confermare tale valutazione in fase di progettazione esecutiva, alla luce di indagini geognostiche dirette e verifiche di stabilità.
Il rilievo geologico eseguito nel mese di maggio 2009 ha posto in evidenza la presenza di due affioramenti, di modeste dimensioni, ascrivibili a litologie serpentinitiche cataclastiche contenute entro il conglomerato oligocenico della *Formazione di Molare*. In particolare è stata evidenziata la presenza di minerali fibrosi di colore biancastro in fibre da millimetriche a centimetriche che si concentrano prevalentemente lungo le rare superfici di discontinuità rilevate. I due affioramenti sono ubicati rispettivamente alla base e a mezza costa del versante sud ovest del Mt. Alpe e interessano una porzione percentualmente marginale del futuro impianto, presenti lungo il tratto iniziale della viabilità, per una lunghezza complessiva di circa 80-100 metri. Nonostante la distribuzione areale rilevata sia sostanzialmente limitata, la presenza di materiali fibrosi induce ad assumere tutte le precauzioni del caso a tutela del personale operante in fase di realizzazione e adeguamento del tratto iniziale della viabilità prevista. Pertanto dovranno essere intraprese, in fase di realizzazione nonché di esercizio della strada, tutte le azioni tali da evitare la liberazione nell'aria di fibre respirabili.
Al fine di aver un quadro il più significativo possibile sulla presenza di minerali fibrosi entro le sopra menzionate serpentiniti cataclastiche e nei terreni di copertura sono stati eseguiti n. 12 pozzetti superficiali e prelevati altrettanti campioni da sottoporre a determinazioni per la rilevazione del contenuto di amianto liberabile delle rocce e di amianto totale nei terreni.
Dal punto di vista idrogeologico, il complesso più rappresentato è riferito al corpo sedimentario dei conglomerati e delle brecce conglomeratiche con permeabilità generale bassa, concentrata principalmente lungo i piani di frattura che interessano l'ammasso.
L'adeguamento della viabilità, non modifica sostanzialmente lo stato di fatto. La realizzazione di cunette drenanti verso gli impluvi naturali più vicini riduce le possibili interferenze di tali interventi. La messa in opera dei cavidotti al di sotto delle tracce viabili, riduce ulteriormente il rischio di definire dei percorsi di drenaggio preferenziali. Tali iniziative, unitamente alle caratteristiche morfo-strutturali dell'area, rendono sostanzialmente irrilevanti le interferenze delle opere in progetto, in merito al bilancio sia idrologico che idrogeologico.

In relazione alla presenza di limitati spessori di copertura e date le caratteristiche litotecniche del substrato, risulta idonea la scelta di fondazioni di tipo diretto. Tale considerazione dovrà trovare conferma nelle indagini in sito e conseguenti prove geotecnico-geomeccaniche di laboratorio.
In funzione dei risultati derivanti dalle indagini geognostiche previste, qualora il quadro ipotizzato presenti differenze in termini di caratteristiche meccaniche del substrato, potranno essere adottate scelte fondazionali di tipo indiretto. Nello specifico, come segnalato al punto 4, particolare attenzione dovrà essere prestata alle postazioni V5, R2, R3 e R4 in ragione delle caratteristiche geomorfologiche dei luoghi e data la vicinanza delle opere stesse al perimetro di aree interessate da fenomeni di dissesto.
Si segnala infine che gli aerogeneratori (V1-V2-V3-V4) posti lungo la dorsale che collega il Monte Alpe e il Monte Porale sono posti nelle vicinanze della linea di cresta orientale del crinale (20-40 m di distanza). Data la vicinanza tra le postazioni e il crinale che, lungo il versante orientale, è interessato da fenomeni di crollo che interessano il substrato conglomeratico, occorrerà che le indagini geognostiche previste, unitamente alle verifiche di stabilità, accertino l'assenza di criticità non rilevabili con l'osservazione superficiale; questo per quanto concerne sia le postazioni eoliche che la viabilità connessa.

Sulla base delle considerazioni esposte nel presente studio, si può quindi affermare che non esistono preclusioni di natura geologica all'esecuzione dell'opera prevista in progetto.

11 BIBLIOGRAFIA

[1] Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 – *Foglio 82 – Genova,* Servizio Geologico d'Italia.

[2] Note Illustrative della Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 – *Foglio 82 – Genova,* Servizio Geologico d'Italia.

[3] Cortesogno L., Haccard D. - 1984 - C*arta geologica della zona Sestri-Voltaggio* - Firenze SELCA.

[4] Vanossi M. (1986) – *Geologia delle Alpi Liguri* – Memorie Società Geologica Italiana, Roma.

[5] Comune di Voltaggio, 2004 – Indagine geologica per verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica del P.A.I. – *Relazione Geologico Tecnica*.

[6] Comune di Fraconalto, 2004 - Indagine geologica per verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica del P.A.I. – *Relazione Geologico Tecnica.*

[7] Comune di Ronco Scrivia, 2004 – Verifiche di compatibilità delle previsioni del P.R.G. in salvaguardia del comune di Ronco Scrivia – *Carta geomorfologica – Carta della zonazione.*

[8] Hora Z.D. – 1997 – *Ultramafic-hosted chrysotile asbestos.* British Columbia Ministry of Employment and Investment, Paper 1998-1, 24 k-1 to 24 k-4.

[9] Compagnoni R. & Groppo C. – 2007 – *I minerali fibrosi nelle meta-ofioliti piemontesi, con particolare riferimento alle vene a tremolite.* Atti Conv. "Anfiboli fibrosi: nuove problematiche relative al rischio ambientale e sanitario" – Roma, 27-28 Aprile 2007, pp. 98-101.

[10] Vanossi M. (1991) – *Guide geologiche regionali della Società Geologica Italiana 2: Alpi Liguri.* BE-MA editrice.

[11] Perello P. & Venturini G. – 2006 – *Scavo in gallerie in ammassi rocciosi contenenti minerali asbestiformi.* Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, n.78 – aprile 2006, pp. 58-62.

[12] Bologna L., Cazzola C., Clerici C., Lauria E. & Wojtowicz M. – 2005 – *Methodological approach to the analysis of asbestos in rocks.* Atti "International Conference on Asbestos Monitoring And Analytical Methods" – AMAM 2005 – Venezia, 5-7 Dicembre 2005, pp. 32-34.

[13] Wruke C.T. – 1986 – *Serpentine and carbonate hosted asbestos deposits.* In "Mineral Deposit Models" Cox D.P. & Singer D.A. Ed.s, U.S. Geol. Survey Bull., 1693, pp. 39-46.

[14] Compagnoni R. & Groppo C. – 2006 – *Gli amianti in Val Susa e le rocce che li contengono.* Rend. Soc. Geol. It., 3 (2006), Nuova Serie, 21-28, 11 ff., 3 tab.

[15] Vanossi M., Cortesogno L., Galbiati B., Messiga B., Piccardo G. & Vannucci R. – 1984 – *Geologia delle Alpi Liguri: Dati, Problemi, Ipotesi.* Memorie Soc. Geol. It., 28 (1984), 5-75, 11 ff., 6 tabb., 5 tavv..

[16] Amato L., Ferrarotti M., Piccini C. & Carraio E. – 2005 – *Valutazione dei rischi ambientali derivanti dalla presenza di amianto allo stato naturale nell'area dell'Alta Val Lemme* – Provincia di Alessandria – Direzione Ambiente Territorio. "International Conference on Asbestos Monitoring And Analytical Methods" – AMAM 2005 – Venezia, 5-7 Dicembre 2005.

[17] Bologna L., Cazzola C., Clerici C., Lauria E., Salerno A. & Wojtowicz M. – 2005 – *Problems concerned with the natural presence of asbestos.* Atti "International Conference on Asbestos Monitoring And Analytical Methods" – AMAM 2005 – Venezia, 5-7 Dicembre 2005, pp. 75-77.

[18] Cortesogno L., Gaggero L., Marescotti P. & Robbaino A. – 2005 – *Naturally occuring asbestos minerals from metaophiolites: rationales for custom-designed analytical constraints.* Atti "International Conference on Asbestos Monitoring And Analytical Methods" – AMAM 2005 – Venezia, 5-7 Dicembre 2005, pp. 83-85.

[19] Cortesogno L., Haccard D. - 1984 – *Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio.* Memorie Soc. Geol. It., 28 (1984), 115-150, 5 ff., 2 tavv..

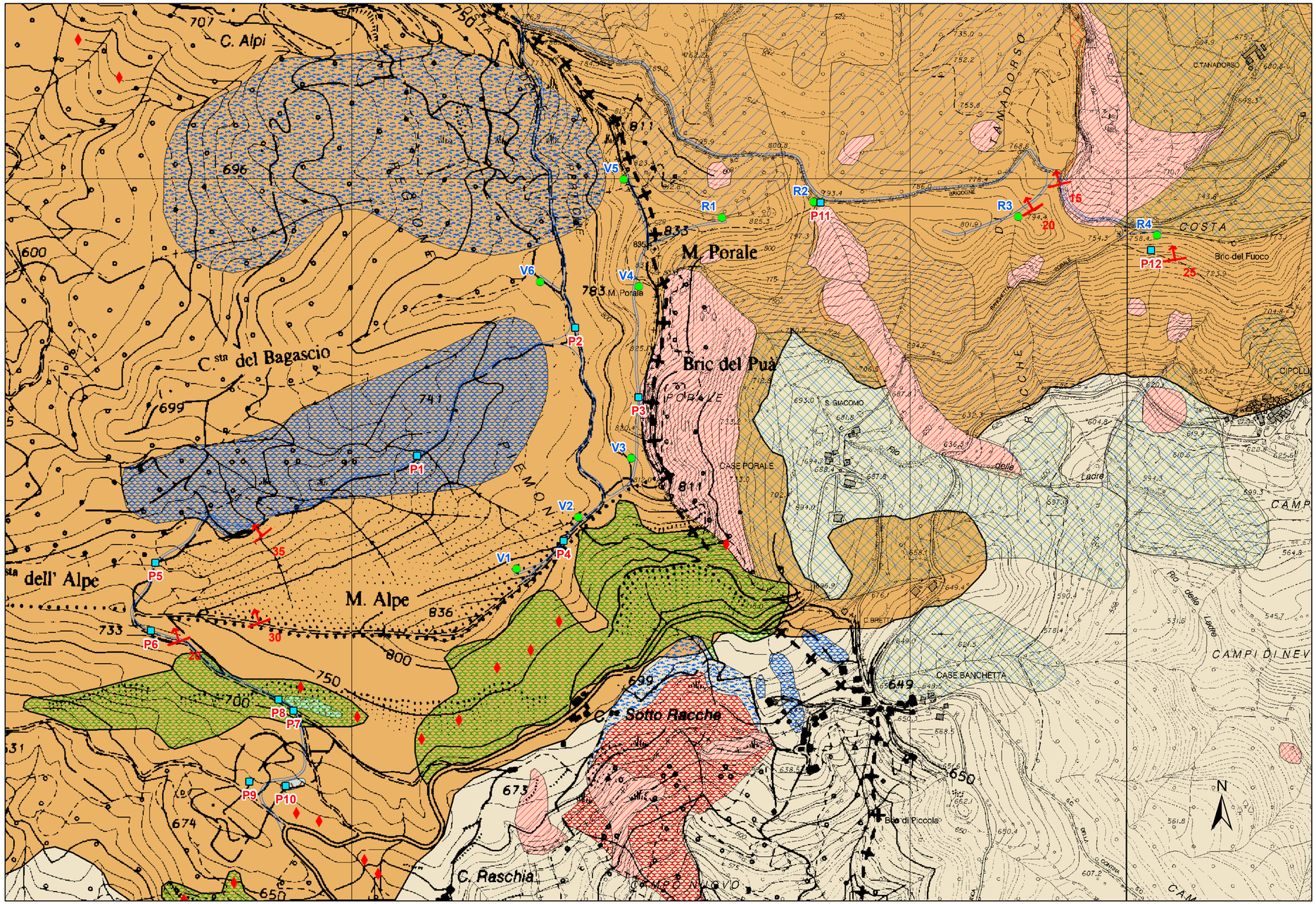
[20] Capponi G., Gosso G., Scambelluri M., Siletto G.B. & Talone S. – 1994 – *Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri) e note illustrative.* Bollettino Soc. Geol. It., 113 (1994), 383-394, 2 ff., 1 tav. f.t..

[21] Boerio V. – 2009 – *La Gronda di Genova - Studio relativo alla presenza di amianto naturale.* Dibattito pubblico, 12 marzo 2009.

[22] AA.VV – 2008 – *Amianto naturale in Piemonte – Cronistoria delle concessioni e dei permessi di ricerca mineraria.* Regione Piemonte – Arpa Piemonte.

[23] Autorità di Bacino del Fiume Po – Regione Liguria e Provincia di Genova – 2008 – Variante al PTC della Provincia di Genova in attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del fiume Po: Variante Bacini Padani (VBP) - *T2 – Carta dei Dissesti 7/22*, Rev.01 giugno 2008.

12 ALLEGATO A – CARTA GEOLOGICA



LEGENDA

- pozzetti superficiali
- conglomerati della Formazione di Molare
- cataclasite
- argilliti della Formazione delle Argilliti di Mignanego
- giacitura

PERIMETRAZIONE DELLE AREE IN DISSESTO

FA1	processo gravitativo attivo di crollo
FA10	processo gravitativo attivo per movimento gravitativo composito
FQ10	processo gravitativo quiescente per movimento gravitativo composito
FQ5	processo gravitativo quiescente per colamento lento
	superfici soggette ad intensa disgregazione

FONTE: VERIFICHE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA DEL P.A.I. DEI COMUNI DI VOLTAGGIO E FRACONALTO

Fa	Aree interessate da frane attive (pericolosità molto elevata)
Fq	Aree interessate da frane quiescenti (pericolosità elevata)

FONTE: VARIANTE AL PTC DELLA PROVINCIA DI GENOVA IN ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DEL FIUME PO: VARIANTE BACINI PADANI (VBP) T2 - CARTA DEI DISSESTI 7/22

- Aerogeneratori
- Viabilità
- Pozzetti superficiali

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LOMBARDIA
Dott. Geol. GIOVANNI CERONI
sez. A 1154

REV.	DATA						
2	MARZO 2011	AGGIORNAMENTO AREE IN DISSESTO UBICAZIONE POZZETTI SUPERFICIALI					
1	MAGGIO 2009	ESEGUITI RILIEVI GEOLOGICI INTEGRATIVI					
0	OTTOBRE 2007	PRIMA EMISSIONE					

PRODOTTO DA: ISMES CESI — E' un marchio

CESI - Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta S.p.A.
Via R. Rubattino, 54 Milano - Italia
Tel. +39 022125.1 Fax +39 0221255440
website: www.cesi.it

IMPIANTO EOLICO DI "MONTE PORALE"
COMUNE DI VOLTAGGIO (AL) E RONCO SCRIVIA (GE)
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA
CARTA GEOLOGICA

DISEGNO ALLEGATO AL DOC.:	SCALA:	ALLEGATO:
B1010824	1:5.000	A