

# PARCO EOLICO MONTE GIAROLO

Il Committente:



Sede Legale:

via Aldo Moro n. 28  
25043, Breno (BS)  
P.IVA e C.F. 04324160987

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI  
PERICOLOSITA' SISMICA

Titolo:

AEROGENERATORI ZONA OVEST



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
12/2022	AC SS	Emissione	12/2022	AC SS	12/2022	AC SS

Formato A4

DICEMBRE 2022

Commessa

Tip. impianto

Fase Progetto

Disciplina

Tip. Doc

Titolo

N. Elab

REV

22100

EO

DE

GE

R

01

0002

A

CONSULENZA GEOLOGICA A CURA DI:

I Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Canavero  
Dott.ssa Geol. Sabrina Santini

Studio Associato  
di Geologia Tecnica



Sede: Piazza Armando Diaz 11/5, 17100 Savona (SV)  
tel 019.813843 - 019.2051420 e-mail: geolab@studiogeolab.it

File: Monte\_Giarolo\_AL01\_2022\_Geologica\_finale\_Aurogeneratori zona Ovest.doc

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI - Questo documento è di proprietà esclusiva del progettista ivi indicato sul quale si riserva ogni diritto. Pertanto questo documento non può essere copiato, riprodotto, comunicato o divulgato ad altri o usato in qualsiasi maniera, nemmeno per fini sperimentali, senza autorizzazione scritta dallo stesso progettista.

---

## INDICE

<b>0. SOMMARIO</b> .....	3
<b>1. OGGETTO DELL'INCARICO</b> .....	3
<b>2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:</b> .....	4
<b>3. INTERVENTO IN PROGETTO – PARCO EOLICO ZONA OVEST</b> .....	5
<b>4. QUADRO GEOLOGICO E SISMICO LOCALE - AEROGENERATORI</b> .....	7
<b>4.1 AEROGENERATORE AG01</b> .....	7
<b>4.2 AEROGENERATORE AG02</b> .....	14
<b>4.3 AEROGENERATORE AG03</b> .....	22
<b>4.4 AEROGENERATORE AG04</b> .....	30
<b>4.5 AEROGENERATORE AG06</b> .....	39
<b>4.6 AEROGENERATORE AG08</b> .....	48
<b>4.7 AEROGENERATORE AG09</b> .....	55
<b>4.8 AEROGENERATORE AG10</b> .....	63
<b>5. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO</b> .....	71
<b>6. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI</b> .....	71

## **0. SOMMARIO**

Gli Scriventi, Dott.ssa Geologo Sabrina Santini e Dott. Geologo Alessandro Canavero, domiciliati presso lo Studio Associato di Geologia Tecnica GEO.LAB, con sede a Savona in Piazza Diaz 11/5, ed iscritti all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria rispettivamente con i numeri 338 e 268, hanno realizzato la presente relazione geologica secondo il dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019, su incarico Loro conferito dalla 3R Energia S.r.l.: questo relativamente al progetto di realizzazione di un parco eolico del proponente 15 più Energia S.r.l. composto da 20 aerogeneratori di potenza ciascuno pari a 6,2MW da collocare sotto i crinali montani che da Monte Chiappo raggiungono Monte Bogleglio e da Monte Roncasso a Monte Giarolo, nei territori comunali di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone.

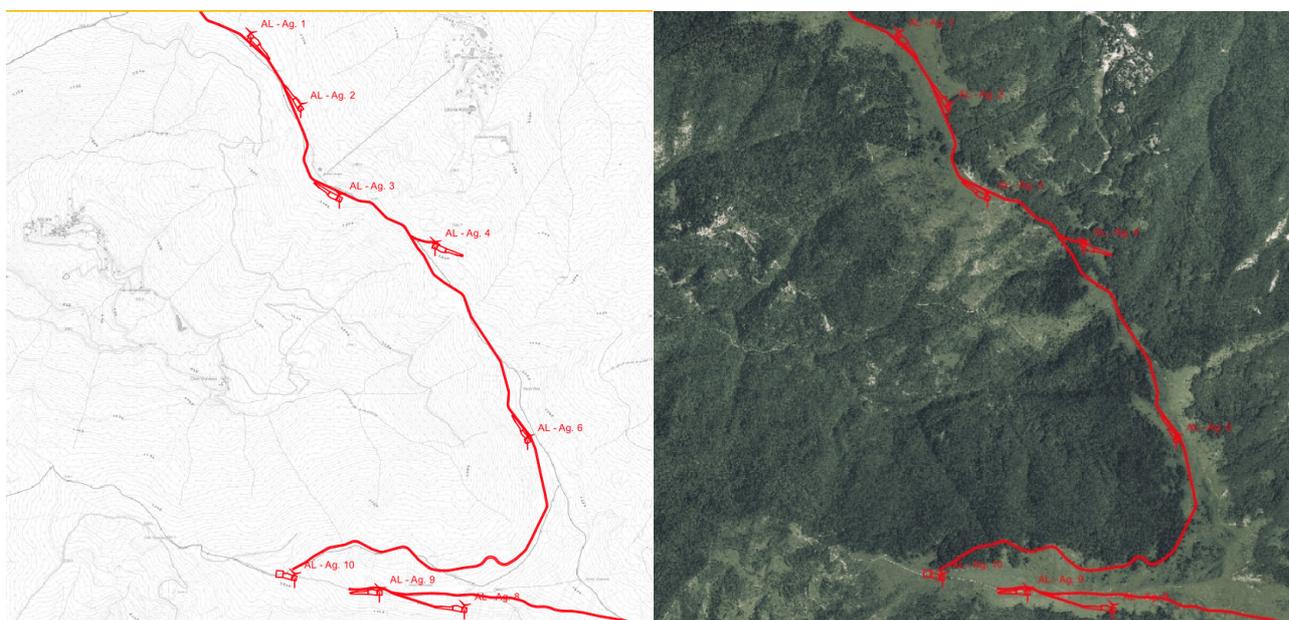
## **1. OGGETTO DELL'INCARICO**

Su incarico conferito dalla 3R Energia S.R.L., è stata condotta una campagna di rilevamento allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico il sedime dell'intervento di edificazione del Parco Eolico Monte Giarolo e di tutte le opere accessorie e connesse.

Lo studio è stato preceduto da una prima fase di raccolta bibliografica effettuata presso gli Uffici Regionali, Provinciali, Comunali, e tramite varie fonti ufficiali: IFFI, PAI, repertorio cartografico della Regione Piemonte, ARPAP, ISPRA, ecc., al fine di reperire il maggior numero di informazioni possibili sull'areale d'interesse e programmare il piano delle attività previste.

In sintesi, nell'ambito della stesura di questo elaborato, per quanto riguarda gli aspetti geologici, sono state eseguite le attività di rilevamento geomorfologico, geologico e sismico da cui sono emerse le principali caratteristiche del sito. Il presente lavoro è atto a definire le caratteristiche geologiche del sedime interessato dal nuovo progetto di costruzione del Parco Eolico Monte Giarolo. L'incarico consta nella stesura della relazione geologica e sismica propedeutica alla progettazione delle opere.

Il presente elaborato è stato specificatamente redatto per gli aerogeneratori Denominati AG01, AG02, AG03, AG04, AG06, AG08, AG09 e AG10 ubicati presso la zona ovest del parco eolico ubicata nei Comuni di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone.



**Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento**

## 2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:

La presente indagine geologica è stata redatta in conformità al dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019: di seguito, in particolare, si pone in evidenza quanto indicato dalla normativa in merito alle finalità e ai contenuti della relazione geologica.

<u>D.M. 17/01/2018</u>	<u>Circolare C.S. LL.PP n° 7/2019</u>
<p><b>Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</b> <b>Categorie di sottosuolo</b> Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, <math>V_s</math>. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità <math>V_s</math> per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.</p>	<p><b>Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</b> Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno. Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E) e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4). (omissis) ...</p>
	<p><b>Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA.</b> ... (omissis) <b>La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica ... (omissis)</b></p>
<p><b>Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI.</b> Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, <b>devono essere esposti in una specifica relazione geologica</b> di cui al § 6.2.1.</p>	
<p><b>Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO.</b> Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;</li> <li>2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;</li> <li>3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);</li> <li>4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive;</li> <li>5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni;</li> <li>6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.</li> </ol>	
<p><b>Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO</b> Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche</p>	<p><b>Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO</b> La relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base di specifiche indagini e prove. Tale relazione, che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, tiene conto dei seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetto litostrutturale e stratigrafico, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra vari corpi geologici);</li> <li>- caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti;</li> <li>- processi morfo evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento;</li> <li>- caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea;</li> <li>- risultati dello studio sismotettonico;</li> </ul>

**La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.**

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

- assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismodinodotti.

La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali: carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico-ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite corredate da una planimetria con la loro ubicazione.

Il piano delle indagini nell'area di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare.

I contenuti del presente elaborato sono volti all'approfondimento del modello del sottosuolo al fine di fornire indicazioni per la progettazione dell'intervento.

Alla luce degli elementi emersi dalle indagini e dai rilievi svolti, si ritiene di poter esporre quanto segue.

### **3. INTERVENTO IN PROGETTO – PARCO EOLICO ZONA OVEST**

Presso la zona ovest del Parco Eolico Monte Giarolo è prevista l'edificazione di 8 aerogeneratori dei 20 previsti a progetto e ripetitivamente quelli denominati AG01, AG02, AG03, AG04, AG06, AG08, AG09 e AG10 per la parte ovest su una diramazione secondaria della dorsale montuosa a sviluppo N/S, che dal Monte Bogleglio (Lombardia, metri 1500 s.l.m.) si sviluppa fino al Monte Carmo (Piemonte metri 1630 s.l.m.), che si diparte verso ovest dal Monte Chiappo (Lombardia, metri 1720 s.l.m.), in direzione del Monte Roncasso (Piemonte 1635 s.l.m.) su una dorsale montuosa a cuspidale, a sviluppo ovest-est-nordovest individuata dai monti Roncasso, Coserone (Piemonte, metri 1670 s.l.m.) e Giarolo (Piemonte, metri 1480 s.l.m.).

#### **PIAZZOLA DI MONTAGGIO**

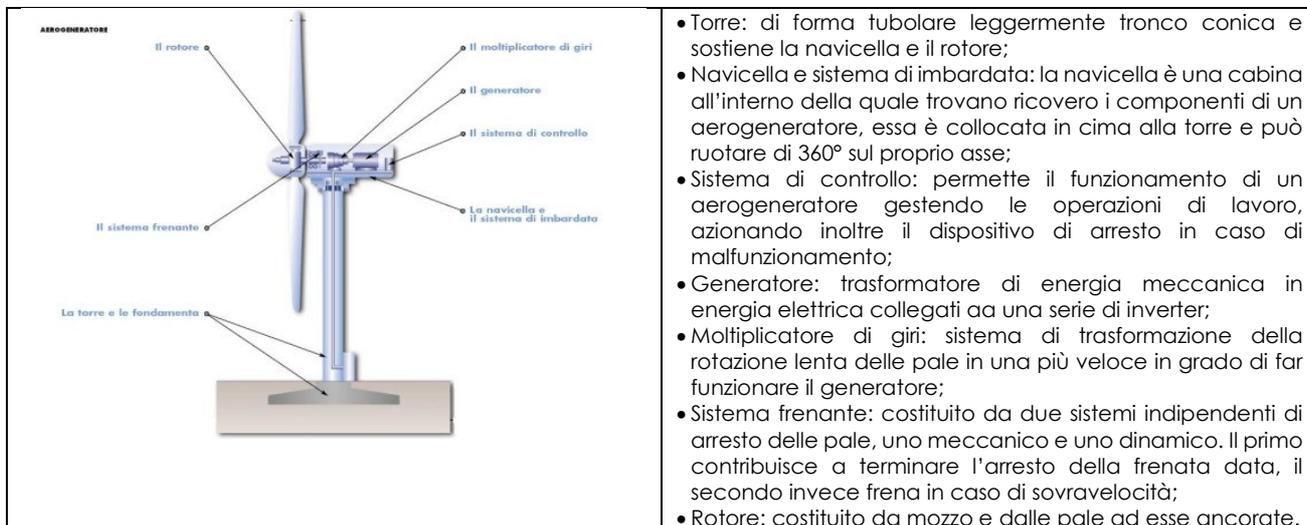
Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola dalla forma variabile, e avente una superficie totale di circa 2500 mq tuttavia, terminata la fase di cantiere, l'area effettiva permanente sarà pari a circa 1500 mq. I restanti mq verranno in parte ripristinati e in parte trasformati in strada di accesso al sito. Come possibile vedere nelle tavole specifiche la posizione delle piazzole sul territorio seguente a grandi linee l'orografia del terreno andandosi a incastrare all'interno delle forti pendenze che caratterizzano l'area. La piazzola di montaggio dell'aerogeneratore costituisce lo spazio di montaggio e successivamente manovra delle gru che permetteranno il montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori

#### **AEROGENERATORI**

Gli aerogeneratori che verranno utilizzati saranno di modello VESTAS V162 avente potenza nominata di 6,20 MW, altezza al mozzo del rotore pari a 162 m per una altezza complessiva di 209 metri. Il montaggio di dette strutture avverrà secondo schemi prestabiliti e collaudati da imprese specializzate. I mezzi principali utilizzati saranno le gru collocate nella piazzola riservata all'assemblaggio; nello specifico due saranno le gru necessarie, la prima, di dimensioni contenute,

utilizzata principalmente per la fase di scarico dei componenti dai mezzi di trasporto mentre la seconda verrà utilizzata per il loro sollevamento e montaggio. Questa seconda gru ha come vincolo operativo la necessità di essere collocata alla minore distanza possibile rispetto al centro del posizionamento del pilone principale.

La struttura degli aerogeneratori e i loro componenti principali sono di seguito descritti.



## STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le torri degli aerogeneratori verranno fissate al terreno attraverso un sistema fondale di tipo indiretto costituito da un plinto di fondazione di 25 metri di diametro per una altezza di circa 3.50 metri al quale saranno collegati pali di fondazione opportunamente immorsati nelle porzioni più sane ed inalterate del substrato roccioso. Sebbene per ogni aerogeneratore sia già stata effettuata una campagna geofisica preliminare, l'esatta lunghezza di tali fondazioni indirette verrà calcolata turbina per turbina a seguito di indagini a carotaggio con recupero di campione, indagini geotecniche e geomeccaniche di laboratorio e indagini geofisiche specifiche quali downhole e crosshole. Tali strutture di fondazione saranno opportunamente strumentate al fine di monitorarle in corso di edificazione e di funzionamento. La parte superiore delle fondazioni sarà di circa 20 cm sopra al piano campagna mentre il resto della fondazione verrà interrata ed il terreno sovrastante la stessa, rinverdito per una migliore mitigazione. Al pari dell'interramento della fondazione anche le scarpate generate dai fronti scavo per la loro realizzazione verranno adeguatamente stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica e inerbite allo scopo di ridurre l'effetto erosivo delle acque meteoriche che verranno comunque raccolte in canalette posate a terra e convogliate in impluvi naturali.

## STRADA DI COLLEGAMENTO

Con il termine di "strada di collegamento" si intendono tutte le vie che collegano le singole turbine tra di loro fino al collegamento con la sottostazione elettrica.

Per questa categoria le strade definite esistenti sono in realtà delle strade sterrate in parte classificate come "strade forestali" e in parte come "strade interpoderali", tuttavia vista l'esistenza di questi tracciati si è optato di mantenerne inalterato il sedime originario provvedendo alla realizzazione di piste di cantiere rinforzate e in grado di sopportare il carico del transito dei mezzi.

La larghezza della strada di collegamento sarà pari a circa 6/7 metri, avrà una lunghezza complessiva di circa 21 km, di cui 8 km su nuovo tracciato e una pendenza massima del 20%; la scelta di mantenere il tracciato della strada esistente, dove possibile, è stata effettuata al fine di contenere il volume delle opere di sbancamento e riporto ottimizzandone gli impatti sul territorio.

Così come per le piazzole, anche la viabilità di collegamento verrà realizzata con sottofondo in misto naturale ed ulteriore strato di misto stabilizzato, mentre la formazione dei rilevati avverrà anche mediante l'impiego di materiale proveniente dagli scavi (se a seguito di analisi verrà classificato come idoneo) per la realizzazione delle sezioni in trincea. Al di sotto di tale viabilità di collegamento tra le turbine sarà posto un cavo interrato che le collegherà tra di loro per poi convogliare l'energia prodotta alla rete Nazionale.

#### **4. QUADRO GEOLOGICO E SISMICO LOCALE - AEROGENERATORI**

##### **4.1 AEROGENERATORE AG01**

Il sito dell'aerogeneratore AG01 è ubicato a valle di una strada sterrata che conduce dal Monte Giarolo al Monte Gopa verso SE, ad una quota altimetrica di circa 1.417 m slm.

<b>Coordinate piane: EPSG 32632</b>			
<b>TURBINA</b>	<b>COORD. X</b>	<b>COORD. Y</b>	<b>COORD. Z</b>
<b>AG01</b>	510611	4952356	1417

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a NE, localmente debolmente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente obliterate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 01 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati.



**Figura 4.4.1: AG01- Estratto Carta Acclività ≤10% - Esposizione dei versanti NE**

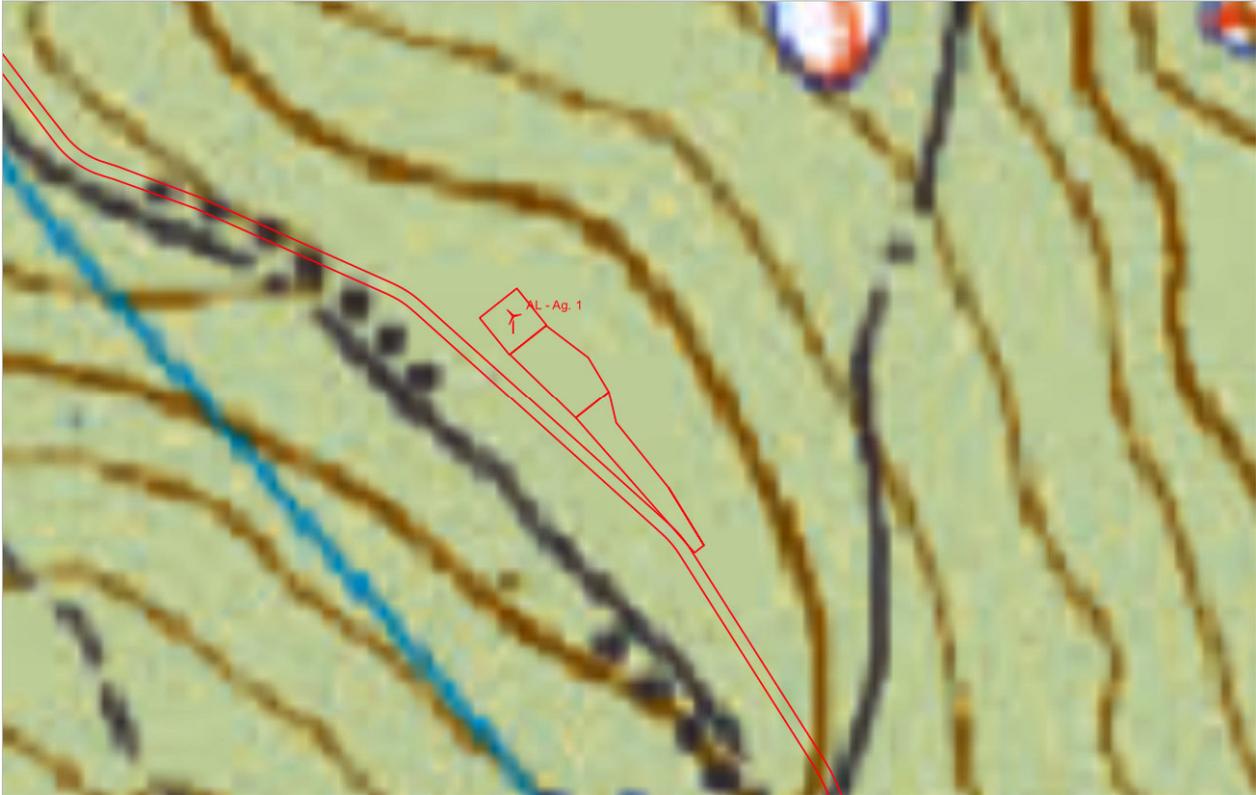


Figura 4.1.2: AG01- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola

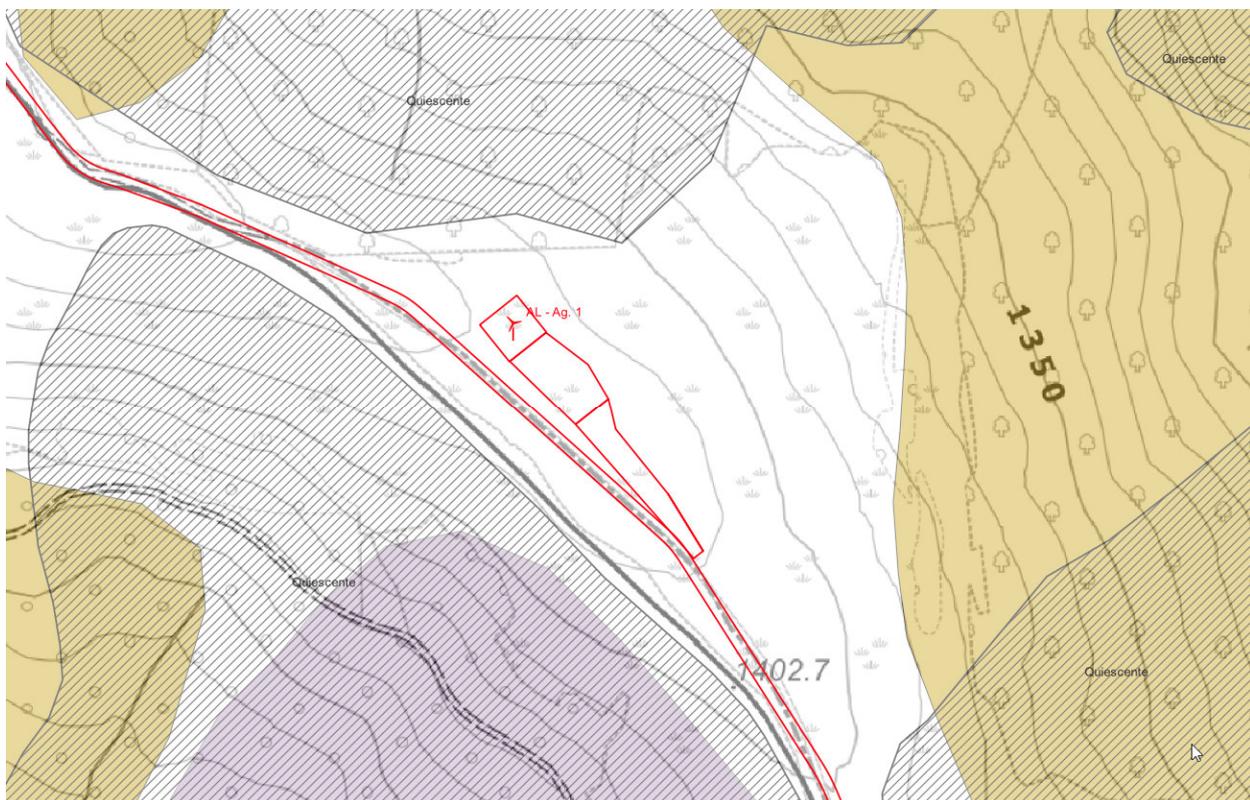


Figura 4.1.3: AG01- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. Sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

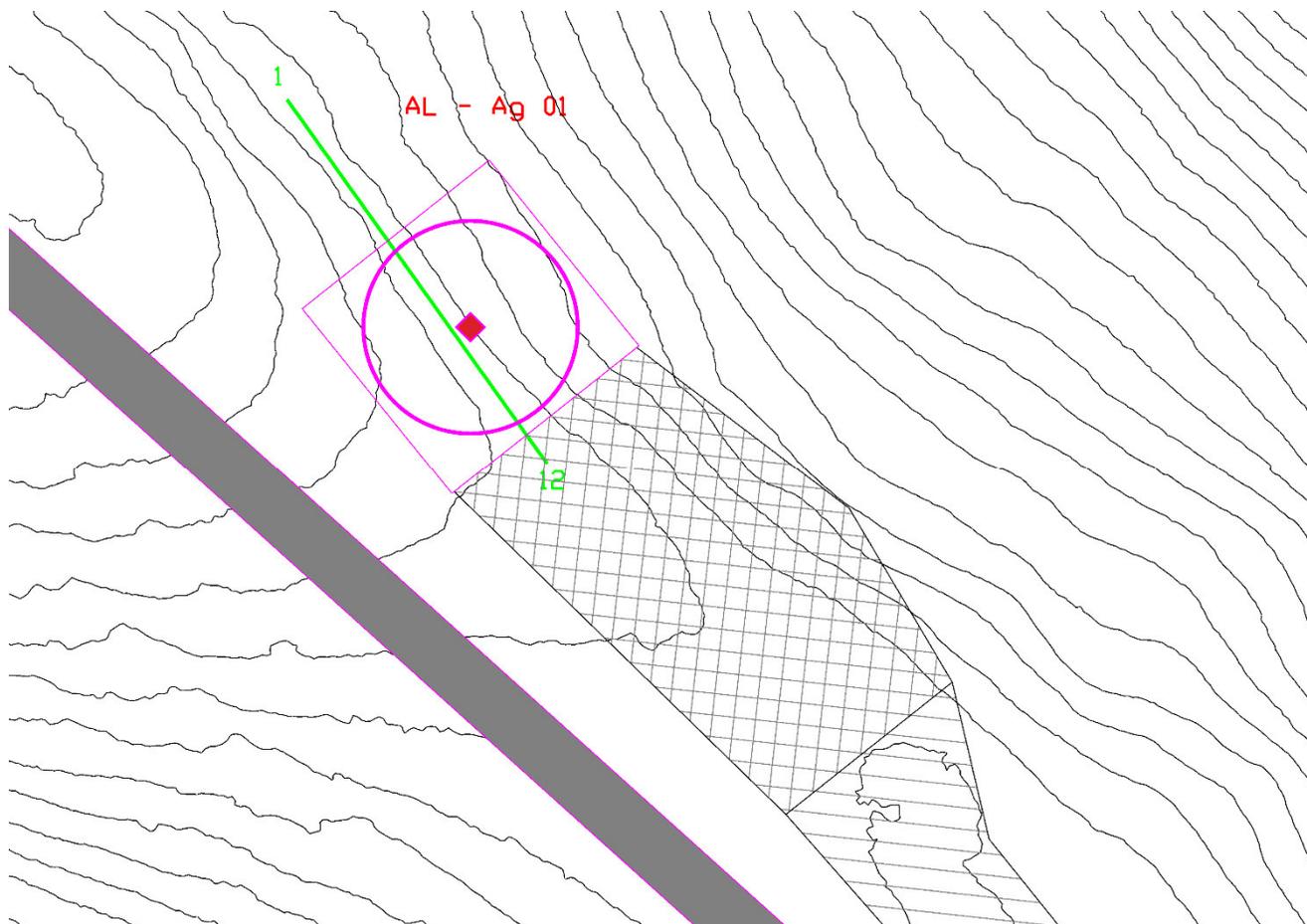
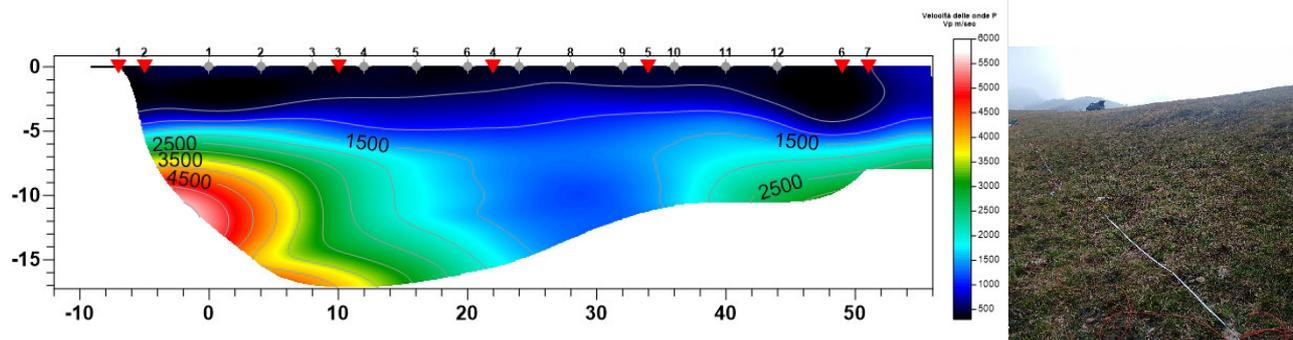


Figura 4.1.4: AG01- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere.



Figura 4.1.5: AG01- Sito di installazione, Ortoreference con CTR

**STESA SISMICA A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA AG01 - 1**



**Figura 4.1.6: AG01- Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG01-01**

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso NW, mentre l'ultimo verso SE. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

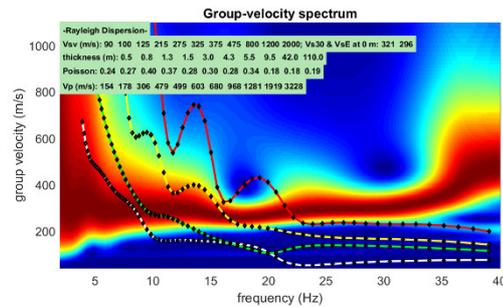
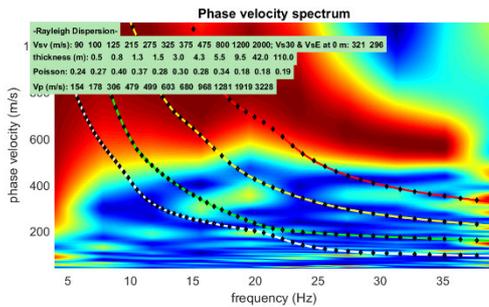
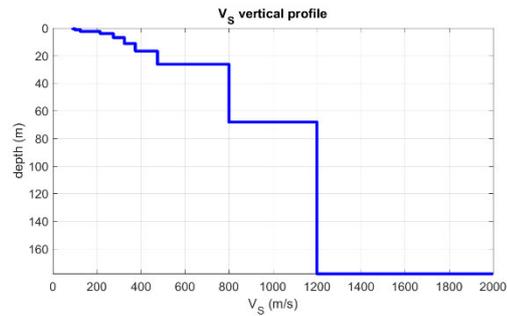
Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) anch'esso avente spessori plurimetrici. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo a grande profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG01 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.5	90
0.8	100
1.3	125
1.5	215
3	275
4.3	325
5.5	375
9.5	475
42	800
110	1200
Semi-spazio	2000

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente di 321 e 296 m/s).



**Figura 4.1.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 321 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 296 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 321 m/s e la relativa Vs, eq di 296 m/s ed una altezza H< di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo E.**

**CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.**

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **ag, F0 e TxC** e i valori dei coefficienti **kh, kv, amax e Beta.**

**Sito in esame.**

latitudine: 44,7254486 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50  
 longitudine: 9,1350498 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	2287,46
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	5519,65
<b>Sito 3</b>	15368	44,757660	9,196713	6045,19
<b>Sito 4</b>	15367	44,755120	9,126468	3367,85

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,505	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,069	2,485	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,175	2,467	0,290

#### Coefficienti Sismici

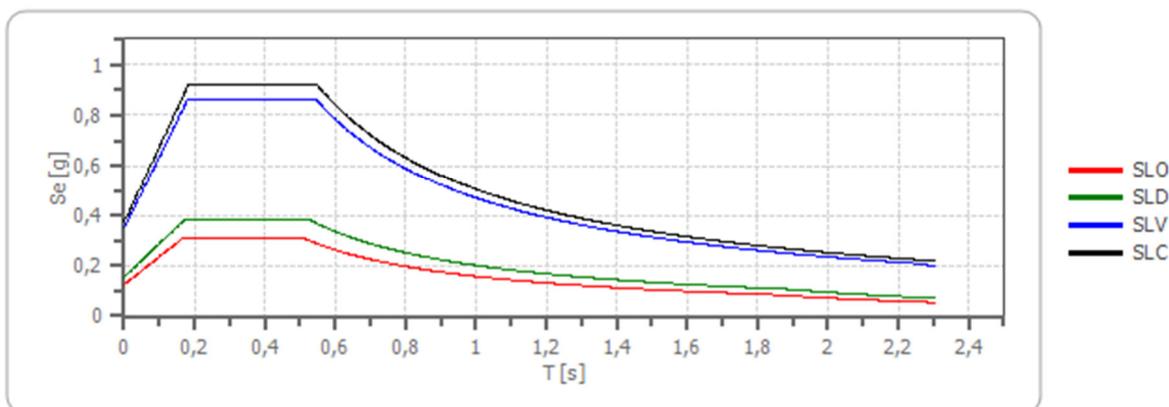
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,025	0,031	0,084	0,090
kv	0,012	0,016	0,042	0,045
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,221	1,523	3,438	3,662
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



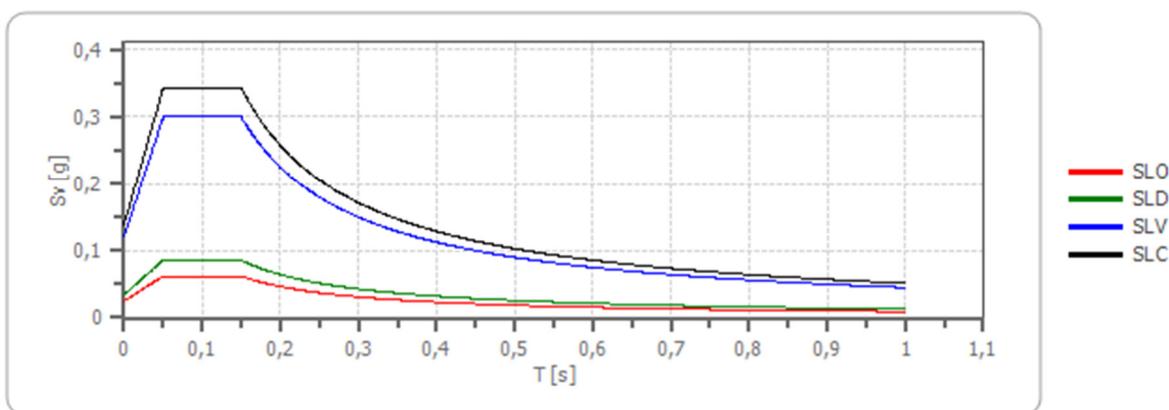
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,822	0,125	0,312
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,000	0,174	0,522	1,877	0,155	0,386
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,000	0,181	0,544	2,242	0,351	0,865
SLC	2,0	0,175	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	2,128	1,000	0,183	0,548	2,302	0,373	0,921

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1	1,940	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,175	2,467	0,290	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

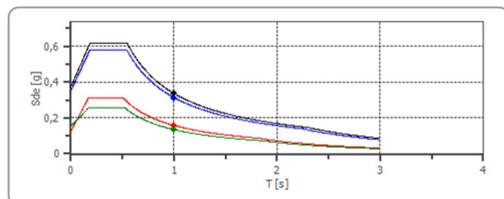
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

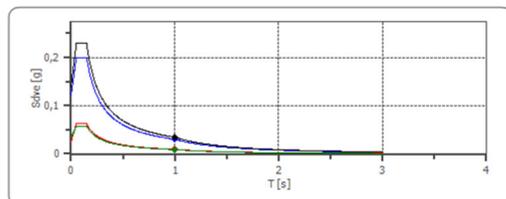
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,158	0,134	0,314	0,337
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,822	0,125	0,312
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,500	0,174	0,522	1,877	0,155	0,257
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,057
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,500	0,181	0,544	2,242	0,351	0,576
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,175	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	2,128	1,500	0,183	0,548	2,302	0,373	0,614
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,175	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

#### 4.2 AEROGENERATORE AG02

Il sito dell'aerogeneratore AG02 è ubicato a valle di una strada sterrata che conduce dal Monte Giarolo al Monte Gropa verso SE, ad una quota altimetrica di circa 1.400 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG02</b>	510900	4951934	1400

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a NE, localmente debolmente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente oblitrate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 02 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati-

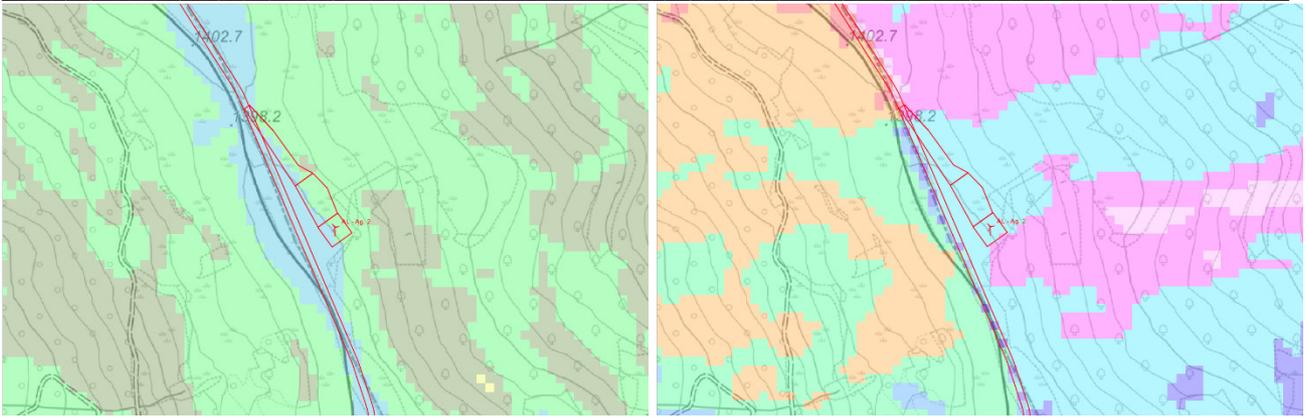


Figura 4.2.1: AG02- Estratto Carta Acclività  $\leq 10\%$  - Esposizione dei versanti NE

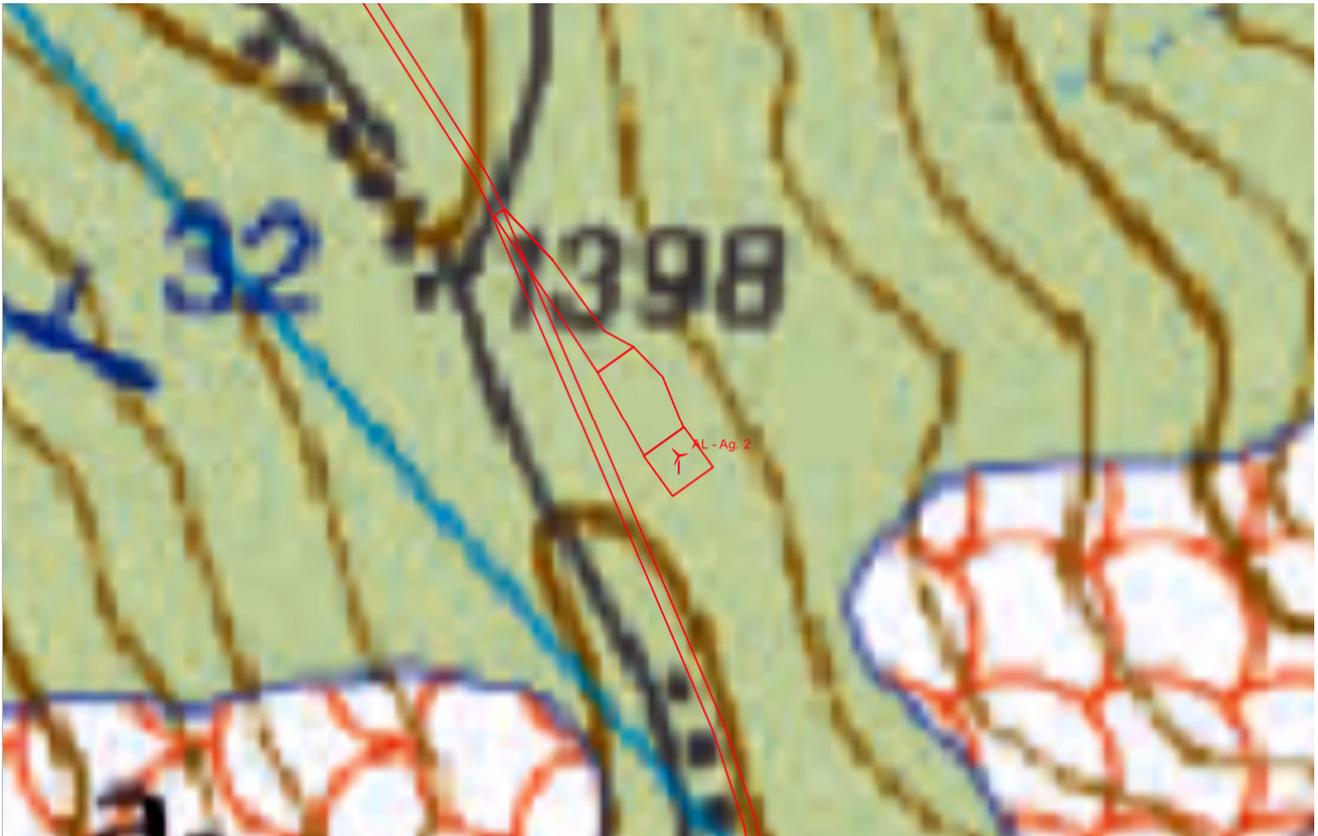
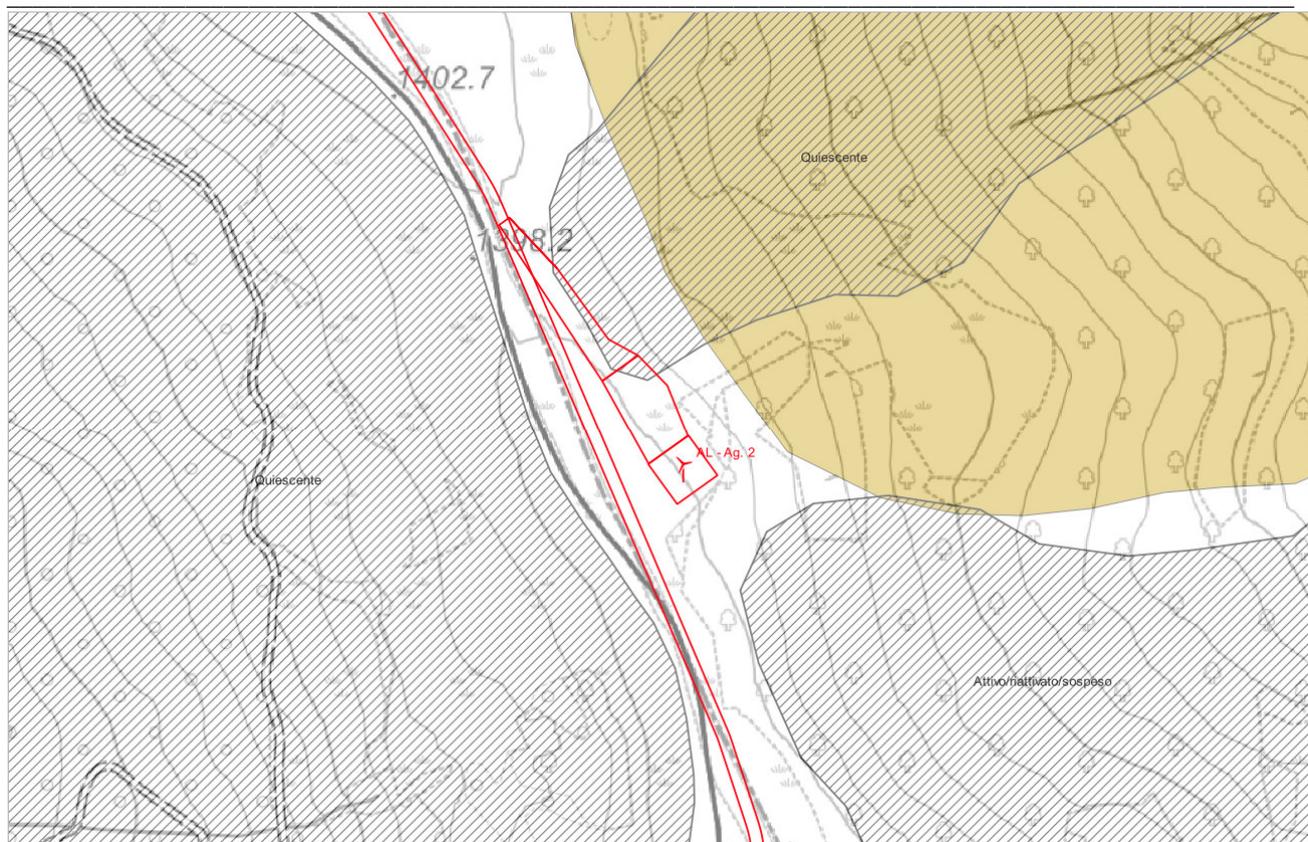


Figura 4.2.2: AG02- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola



**Figura 4.2.3: AG02- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)**

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. A valle della piazzola/area di cantiere è evidente una rottura multipla del pendio presumibilmente riconducibile al coronamento del dissesto quiescente censito presso SIFRAP. Sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

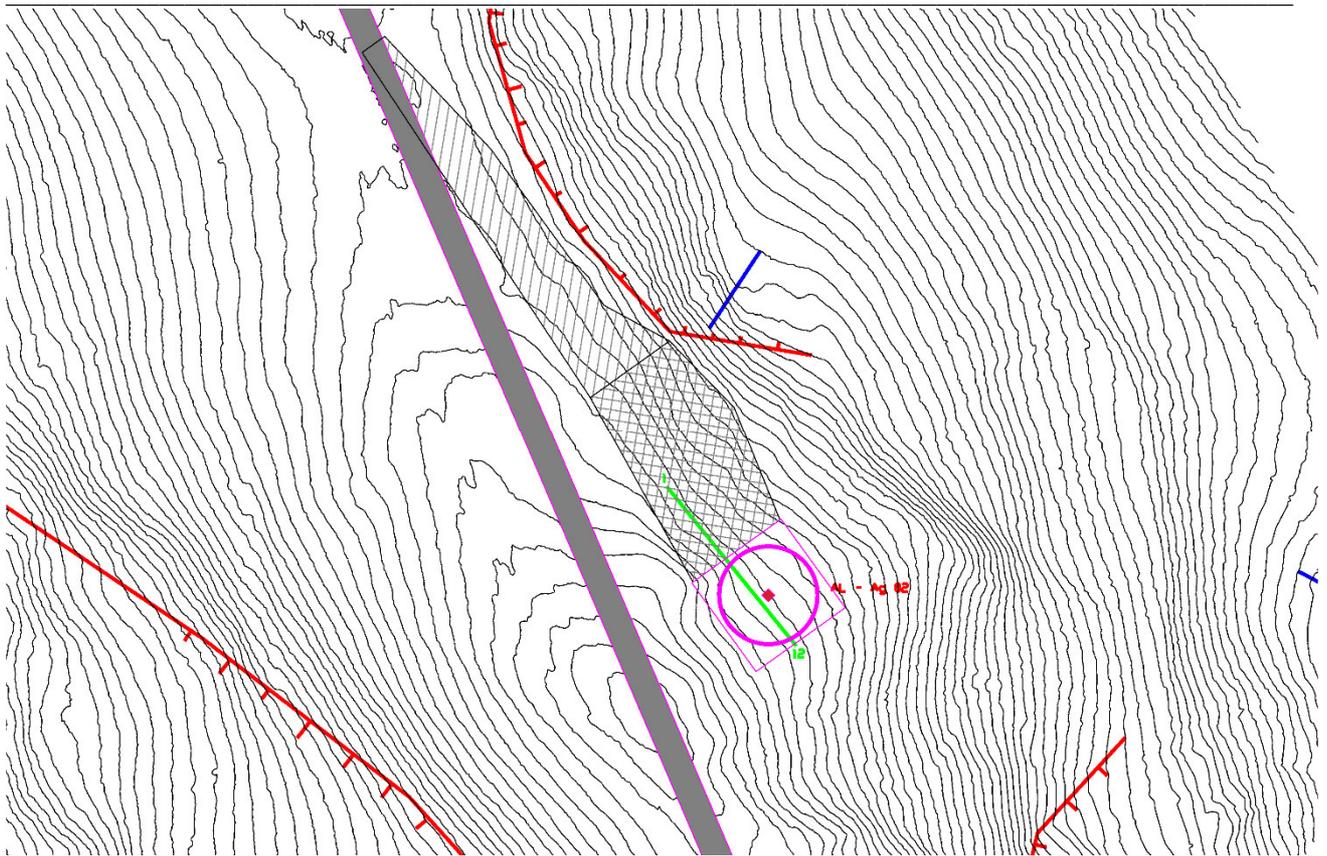


Figura 4.2.4: AG02- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio.



Figura 4.2.5: AG02- Sito di installazione, Ortofoto/CTR

**STESA SISMICA A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA AG02 -01**

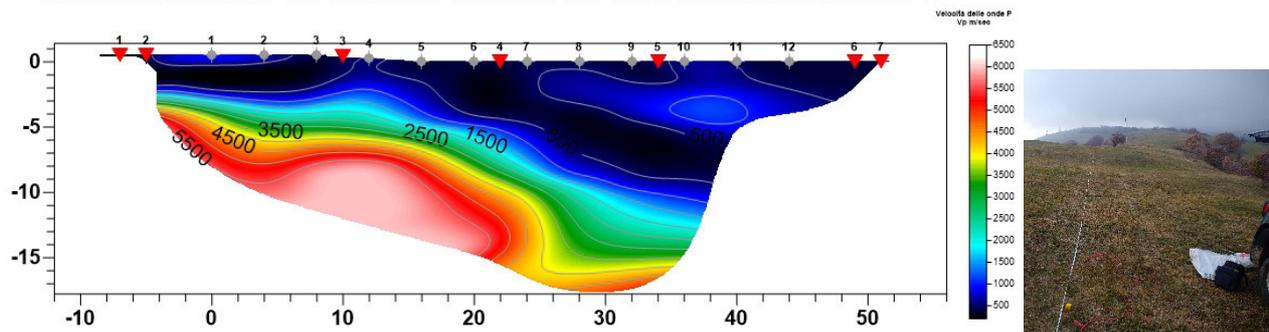


Figura 4.2.6: AG02- Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG02-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso NW, mentre l'ultimo verso SE. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) anch'esso avente spessori plurimetrici. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo a grande profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

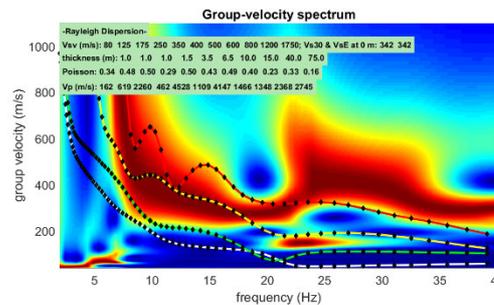
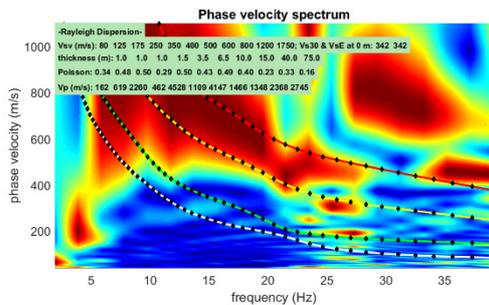
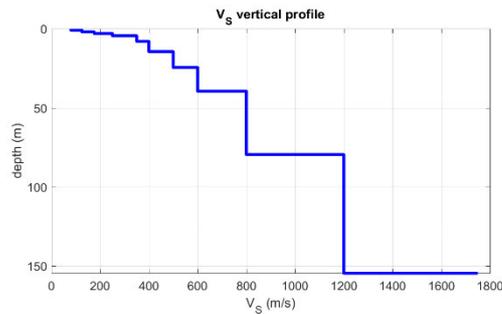
Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG02 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
1.0	80
1.0	125
1.0	175
1.5	250
3.5	350
6.5	400
10.0	500
15.0	600
40.0	800
75.0	1200
Semi-spazio	1750

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c.: 342 m/s).

www.winmasw.com



**Figura 4.2.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 342 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 342 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 342 m/s e la relativa Vs, eq di 342 m/s ed una altezza H> di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo C.**

**CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.**

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **ag, F0 e TxC** e i valori dei coefficienti **kh, kv, amax e Beta.**

**Sito in esame.**

latitudine: 44,7216568 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50  
 longitudine: 9,1386776 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1952,67
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	5109,74
<b>Sito 3</b>	15368	44,757660	9,196713	6085,95
<b>Sito 4</b>	15367	44,755120	9,126468	3843,95

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,505	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,069	2,485	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,290

#### Coefficienti Sismici

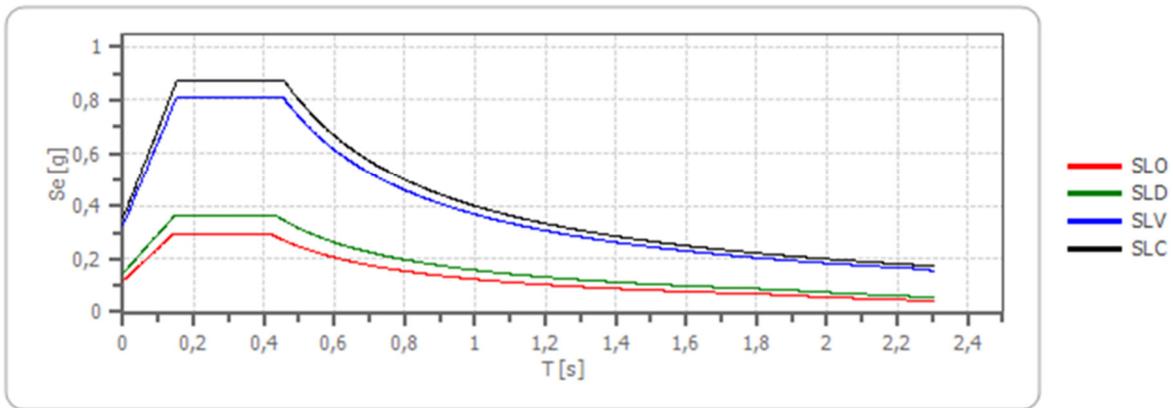
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,023	0,029	0,079	0,085
kv	0,012	0,015	0,039	0,042
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,145	1,428	3,218	3,470
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



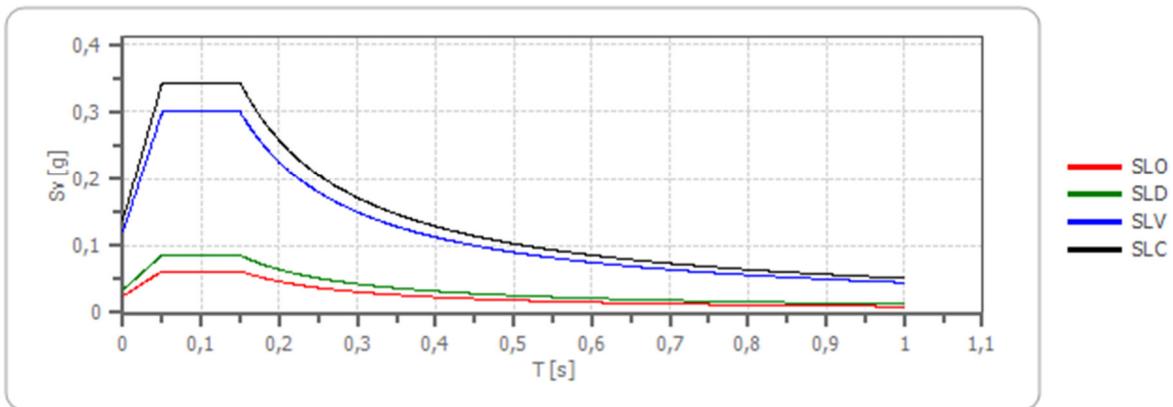
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,822	0,117	0,293
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,000	0,145	0,436	1,877	0,146	0,362
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,000	0,152	0,455	2,242	0,328	0,809
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	2,016	1,000	0,153	0,458	2,302	0,354	0,873

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1	1,620	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

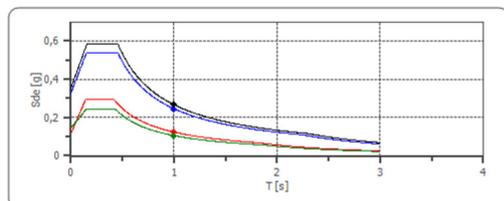
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

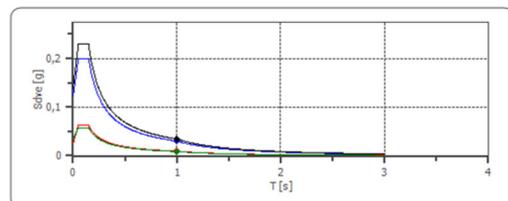
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,123	0,105	0,245	0,267
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,822	0,117	0,293
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,500	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,500	0,145	0,436	1,877	0,146	0,241
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,500	1,620	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,057
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,500	0,152	0,455	2,242	0,328	0,539
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	2,016	1,500	0,153	0,458	2,302	0,354	0,582
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

#### 4.3 AEROGENERATORE AG03

Il sito dell'aerogeneratore AG03 è ubicato in prossimità dell'arrivo della seggiovia al Monte Gropa verso SE, ad una quota altimetrica di circa 1.425 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG03</b>	511130	4951404	1425

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a SW, localmente debolmente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente obliterate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 03 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati-

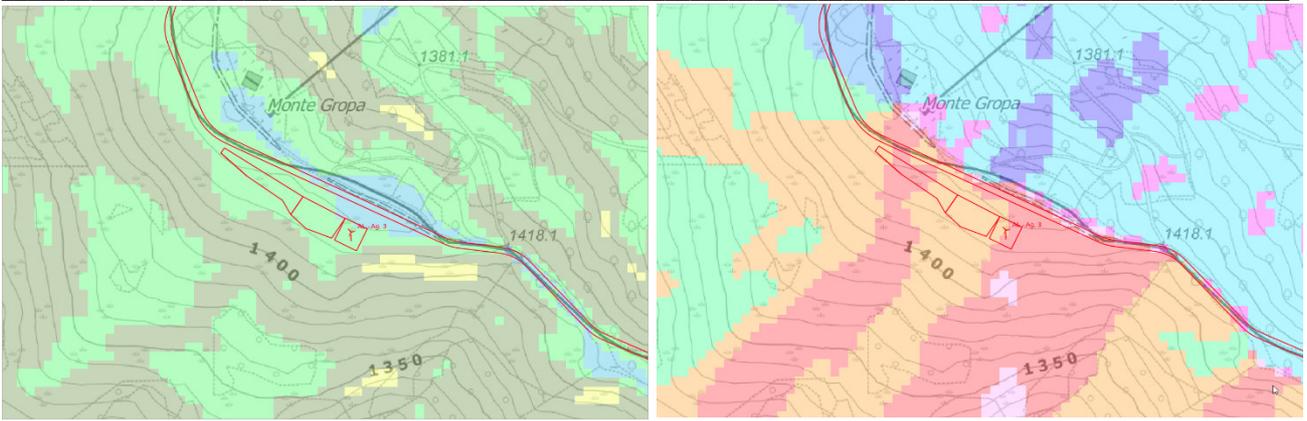


Figura 4.3.1: AG03- Estratto Carta Acclività 10 - 20% - Esposizione dei versanti SW

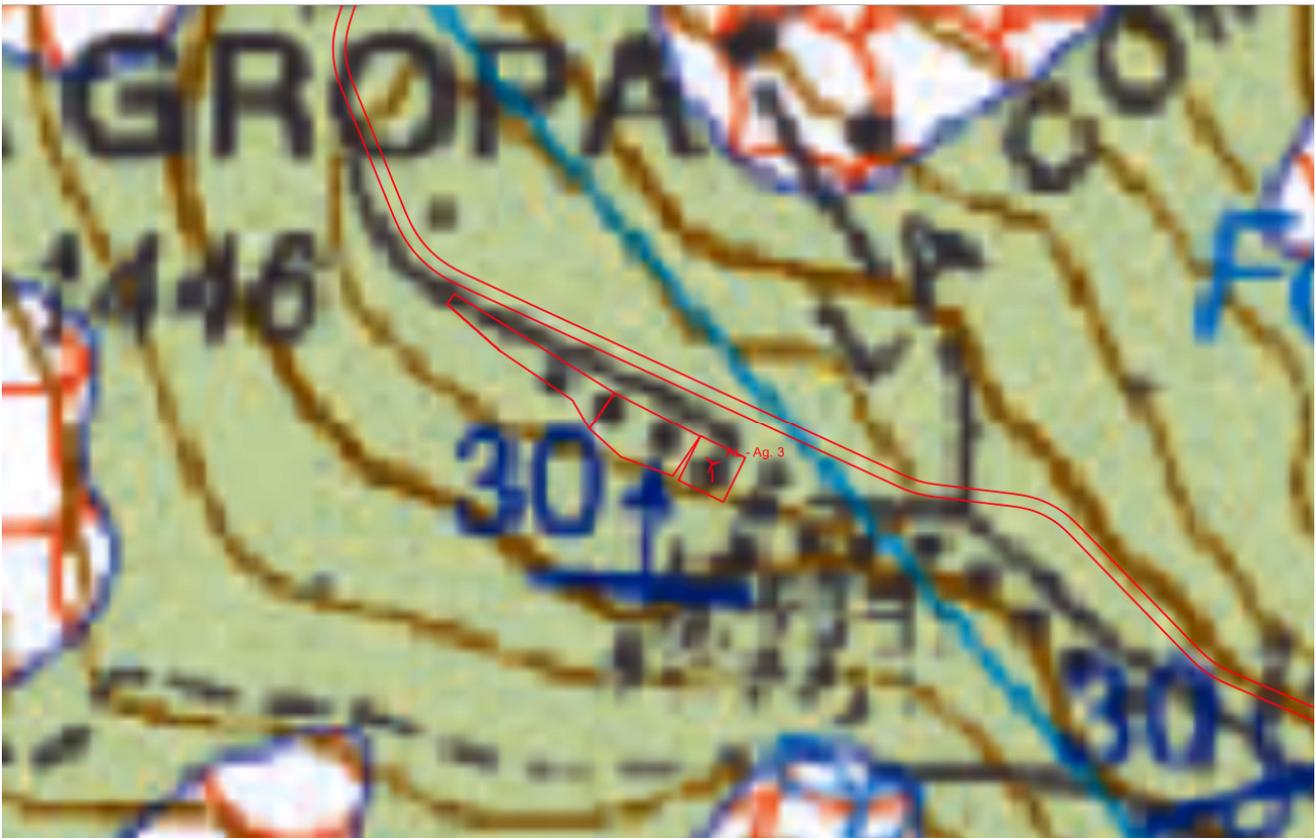
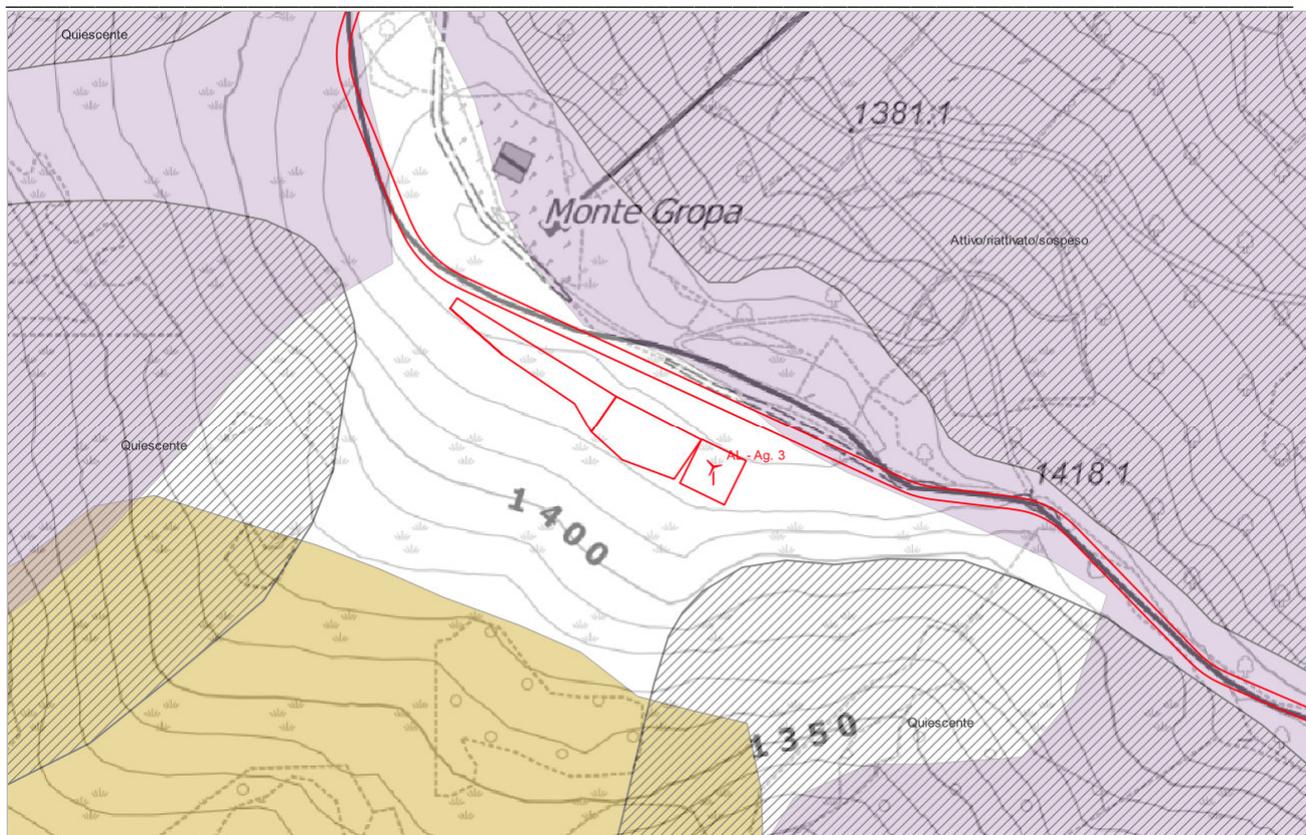


Figura 4.3.2: AG03- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola



**Figura 4.3.3: AG03- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)**

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. A valle dell'aerogeneratore, in direzione SE è evidente una rottura del pendio presumibilmente riconducibile al coronamento del dissesto quiescente censito presso SIFRAP, così come sul versante opposto, esposto a N è presente il coronamento del dissesto codice 1FBCA monitorato dalla Regione Piemonte. Sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

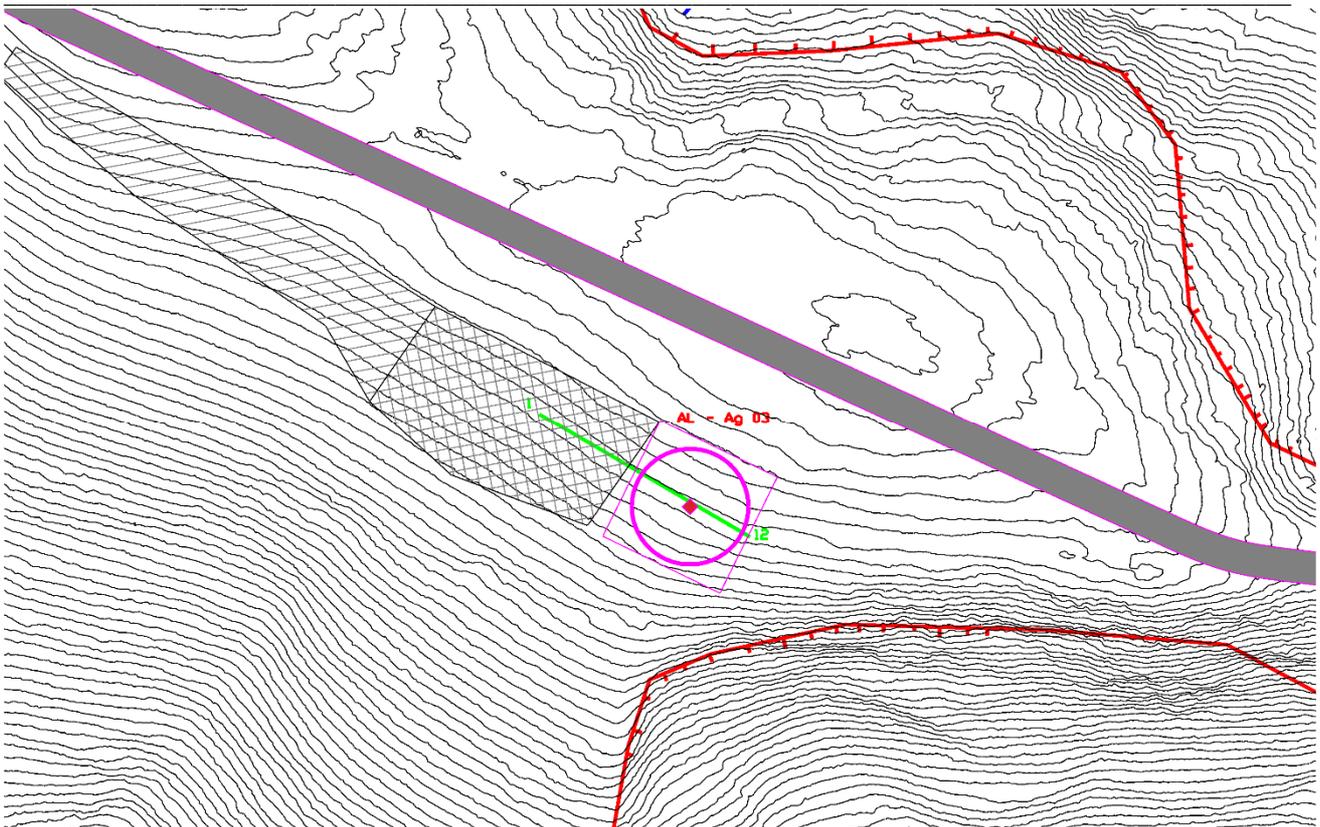


Figura 4.3.4: AG03- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio.

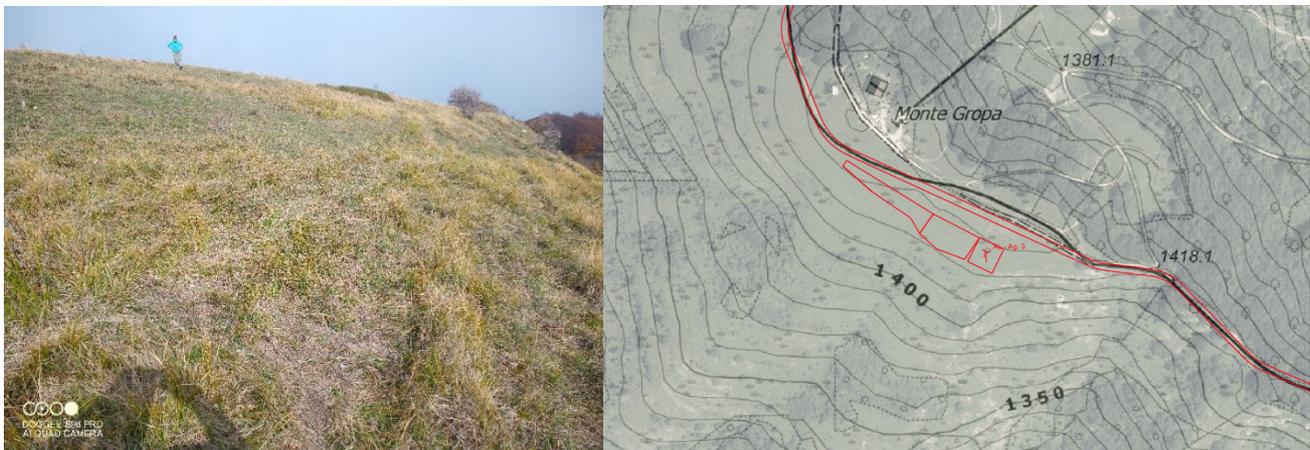


Figura 4.3.5: AG03- Sito di installazione, Ortofoto/CTR

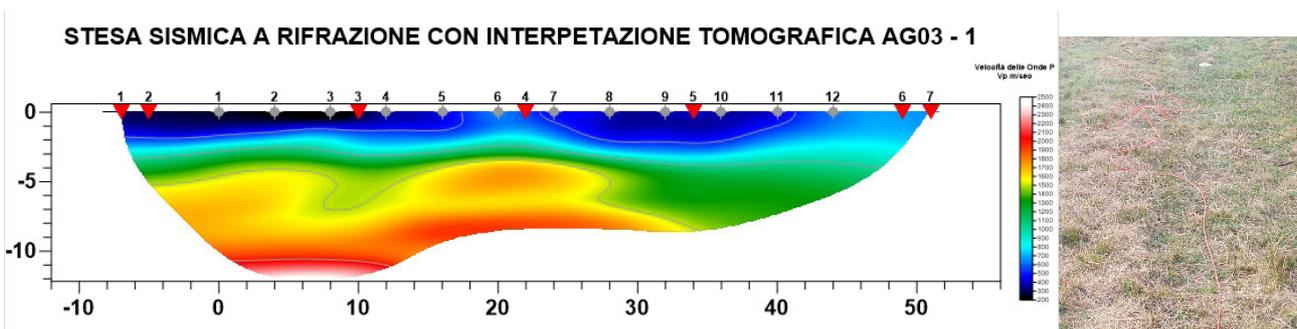


Figura 4.3.6: AG03- Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG01-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso NW, mentre l'ultimo verso SE. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) anch'esso avente spessori plurimetrici. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo a grande profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG03 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.4	75
0.5	100
0.8	150
1.5	175
3.5	285
3.5	315
5	400
10	500
42.5	800
105.5	1150
Semi-spazio	1850

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente 349 e 315 m/s).

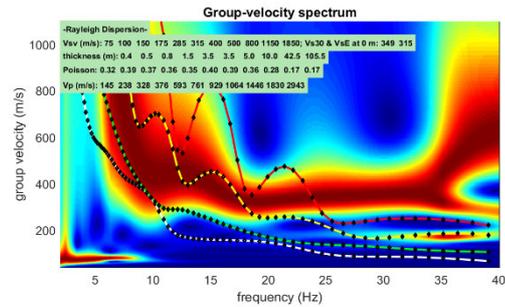
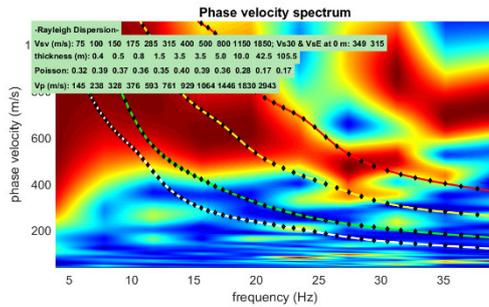
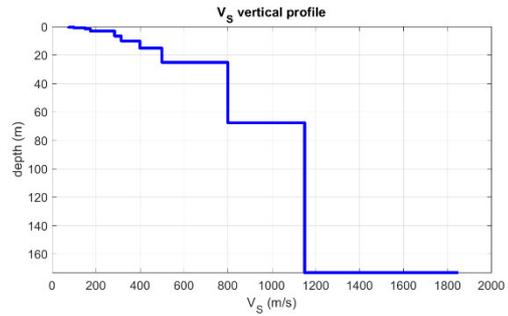


Figura 4.3.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 349 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 315 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 349 m/s e la relativa Vs, eq di 315 m/s ed una altezza H< di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo E**.

#### CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici:  **$a_g$ ,  $F_0$  e  $TxC$**  e i valori dei coefficienti  **$kh$ ,  $kv$ ,  $a_{max}$  e  $Beta$** .

#### Sito in esame.

latitudine: 44,7168808 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

longitudine: 9,1415701 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1584,47
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	4751,34
<b>Sito 3</b>	15368	44,757660	9,196713	6287,37
<b>Sito 4</b>	15367	44,755120	9,126468	4416,10

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,505	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,069	2,485	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,290

#### Coefficienti Sismici

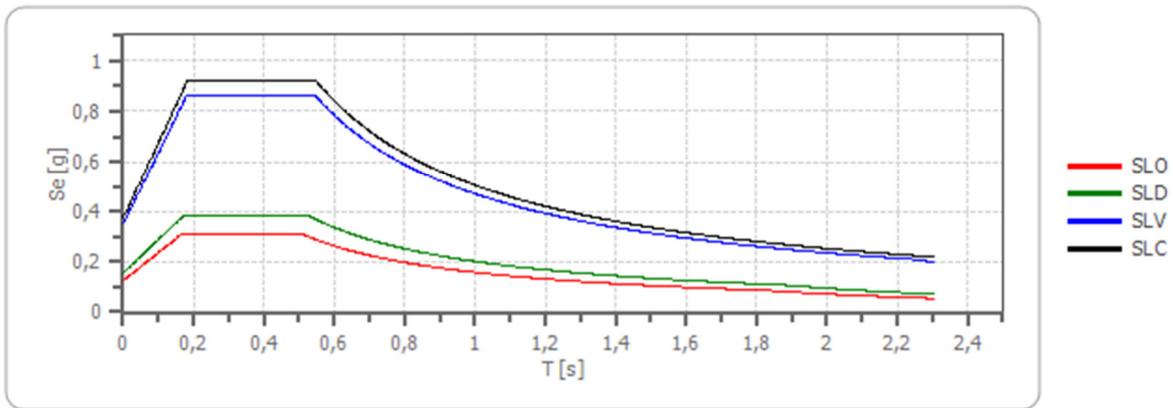
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,025	0,031	0,084	0,090
kv	0,012	0,016	0,042	0,045
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,222	1,524	3,439	3,663
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



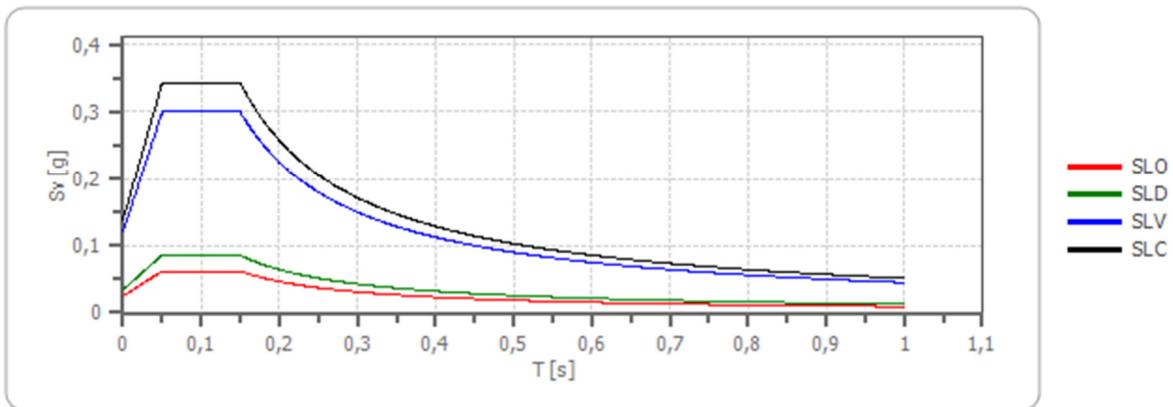
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,822	0,125	0,312
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,000	0,174	0,522	1,877	0,155	0,386
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,000	0,181	0,544	2,242	0,351	0,865
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	2,128	1,000	0,183	0,548	2,302	0,373	0,921

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,505	0,256	1	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1	1,940	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

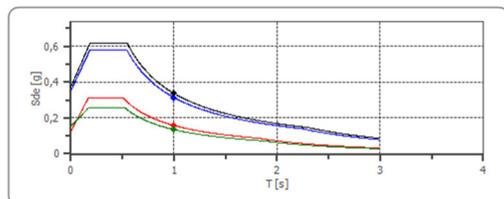
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

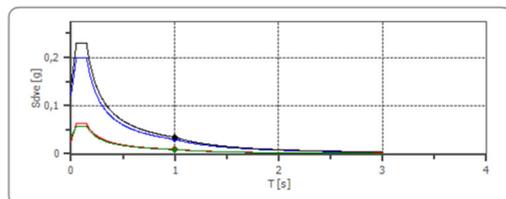
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,158	0,134	0,314	0,337
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,822	0,125	0,312
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,500	0,174	0,522	1,877	0,155	0,257
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,057
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,500	0,181	0,544	2,242	0,351	0,576
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,822	0,125	0,312
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,056	2,505	0,256	1,600	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062

#### 4.4 AEROGENERATORE AG04

Il sito dell'aerogeneratore AG04 è ubicato a valle del crinale che dal Monte Gropa conduce al Monte Pana, ad una quota altimetrica di circa 1.385 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG04</b>	511685	4951125	1385

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a S, localmente mediamente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente oblitrate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 04 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati.

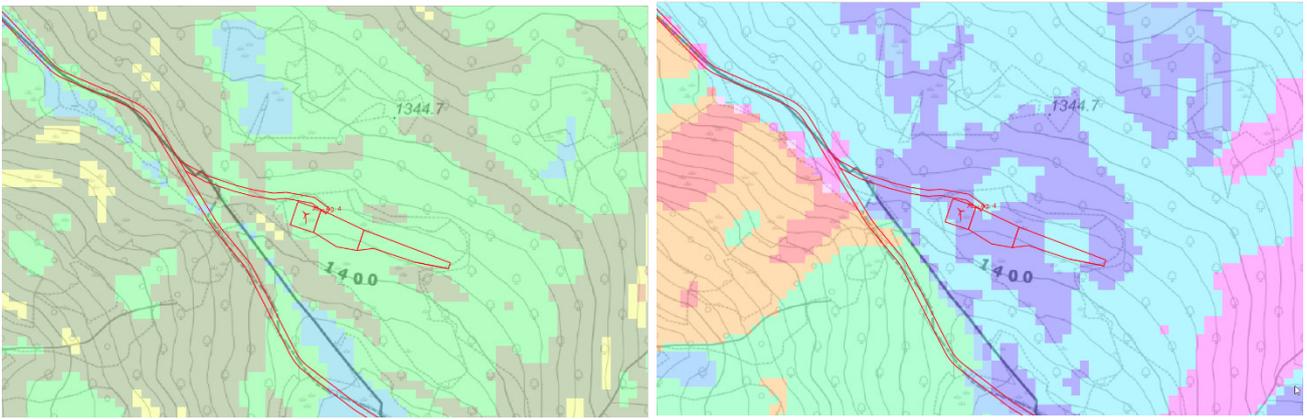


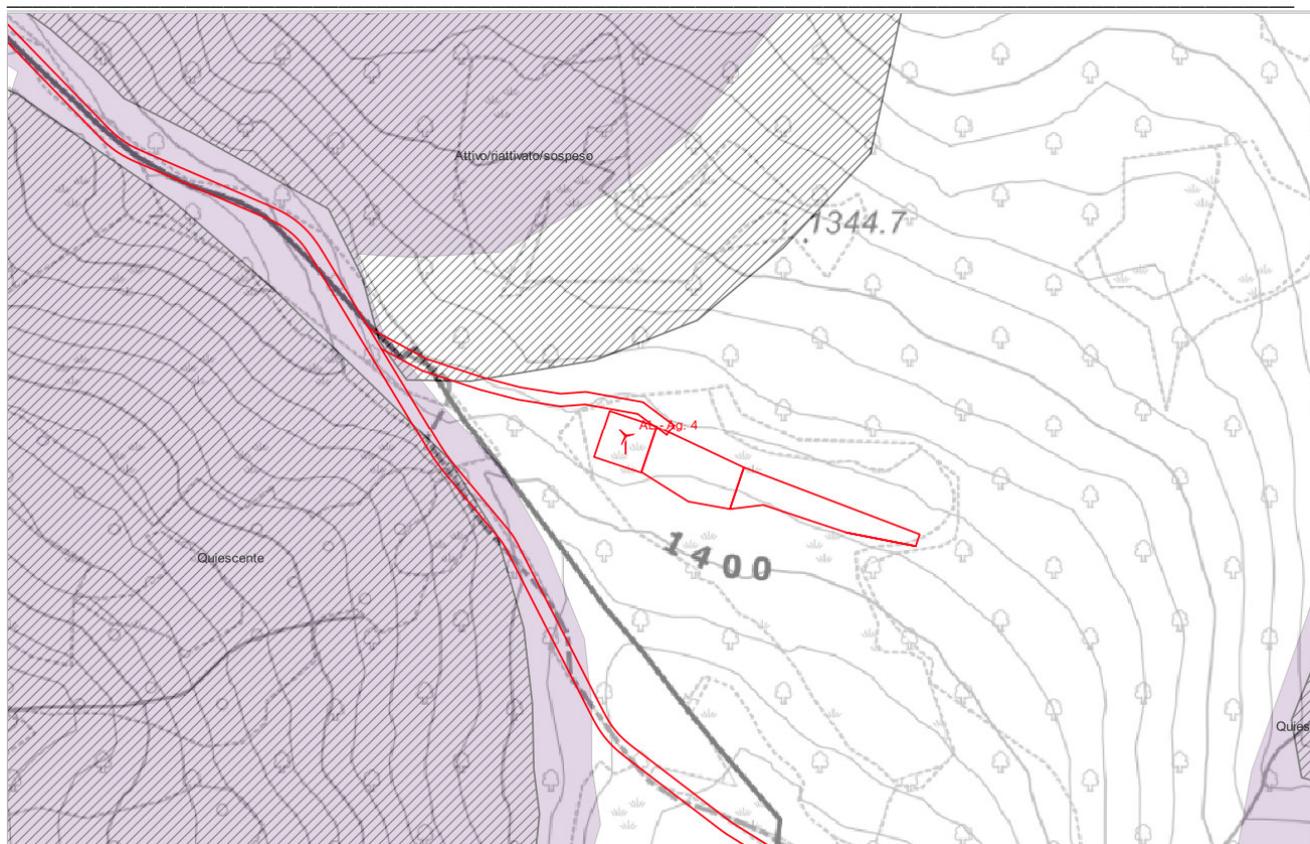
Figura 4.4.1: AG04- Estratto Carta Acclività 10 - 20% - Esposizione dei versanti N



Figura 4.4.2: AG04- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola



Figura 4.4.3: AG04- Affioramenti circostanti AG04 – Formazione del Monte Antola



**Figura 4.4.4: AG04- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)**

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. A valle dell'aerogeneratore, in direzione NW è presente il coronamento del dissesto codice 1FBCA monitorato dalla Regione Piemonte, così come sul versante opposto, esposto a.SE è evidente una rottura del pendio presumibilmente riconducibile al coronamento del dissesto quiescente censito presso SIFRAP.

Solo in porzioni limitrofe al sito di intervento sono stati rilevati affioramenti rocciosi, sempre in scadenti condizioni di conservazione, dove l'alterazione dovuta agli atmosferici ha parzialmente disarticolato l'ammasso roccioso.

In prossimità del sito di installazione è visibile un doppio impluvio, probabilmente impostato su linee di fragilità tettonica; sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

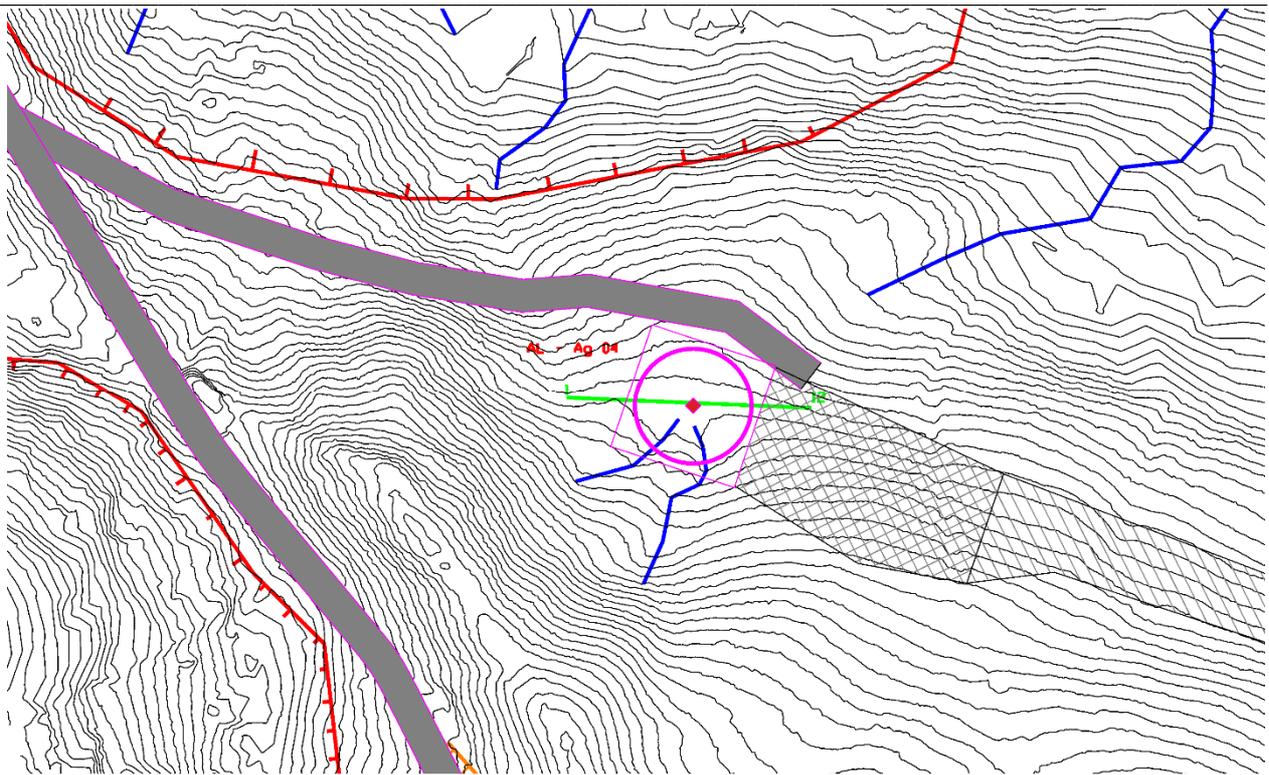


Figura 4.4.5: AG0-4 In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio, in arancione le zone interessate da affioramenti rocciosi.



Figura 4.4.6: AG04- Sito di installazione, Ortofoto/CTR

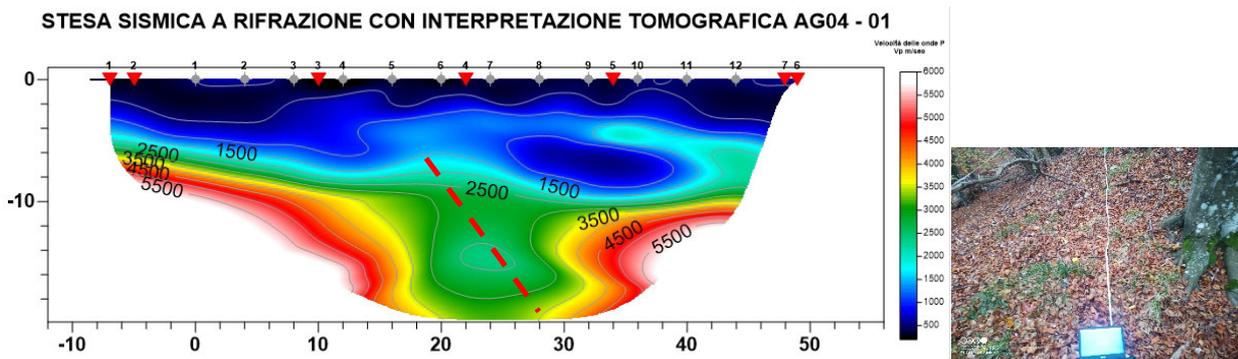


Figura 4.4.7: AG04 - Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG04-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso E, mentre l'ultimo verso W. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

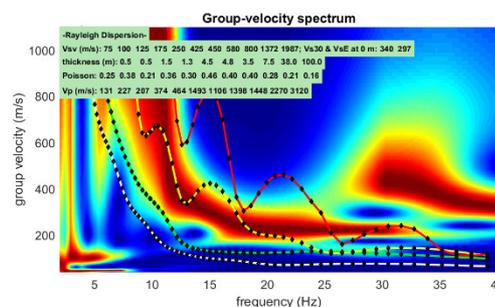
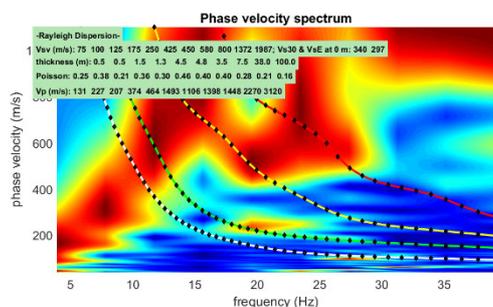
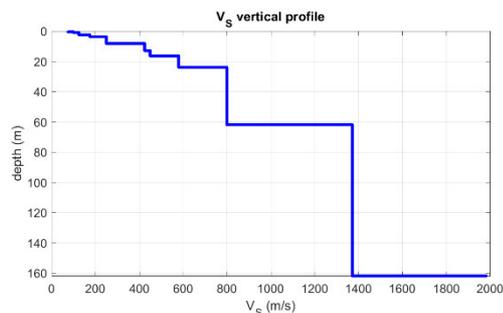
Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) e localmente plurimetrico. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo in profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG04 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.5	75
0.5	100
1.5	125
1.3	175
4.5	250
4.8	425
3.5	450
7.5	580
38	800
100	1372
Semi-spazio	1987

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente 340 e 297 m/s).



**Figura 4.4.8: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 329 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 329 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 340 m/s e la relativa Vs, eq di 297 m/s ed una altezza H< di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo E.**

**CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.**

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **ag, F0 e TxC** e i valori dei coefficienti **kh, kv, a\_max e Beta.**

**Sito in esame.**

latitudine: 44,7143593 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50  
longitudine: 9,1485710 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1779,41
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	4153,95
<b>Sito 3</b>	15368	44,757660	9,196713	6135,21
<b>Sito 4</b>	15367	44,755120	9,126468	4856,85

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,506	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,069	2,485	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,290

#### Coefficienti Sismici

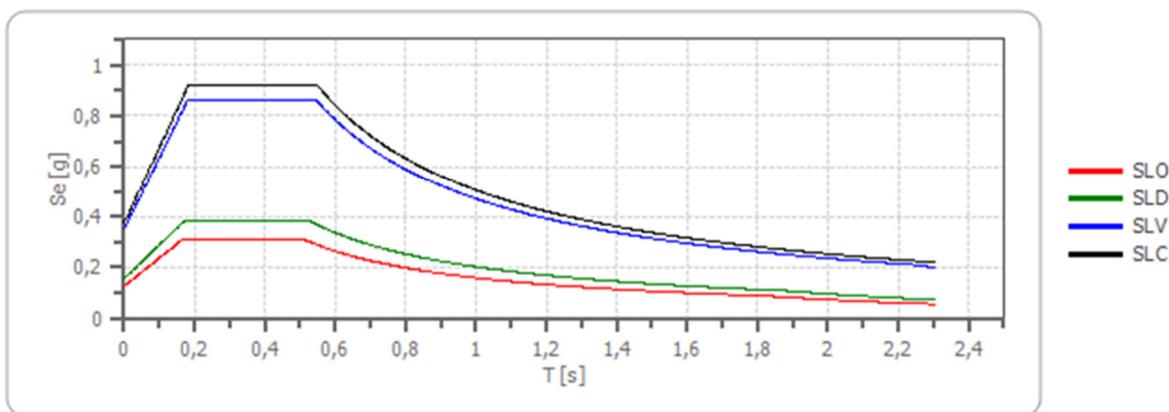
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,025	0,031	0,084	0,090
kv	0,012	0,016	0,042	0,045
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,223	1,525	3,440	3,663
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



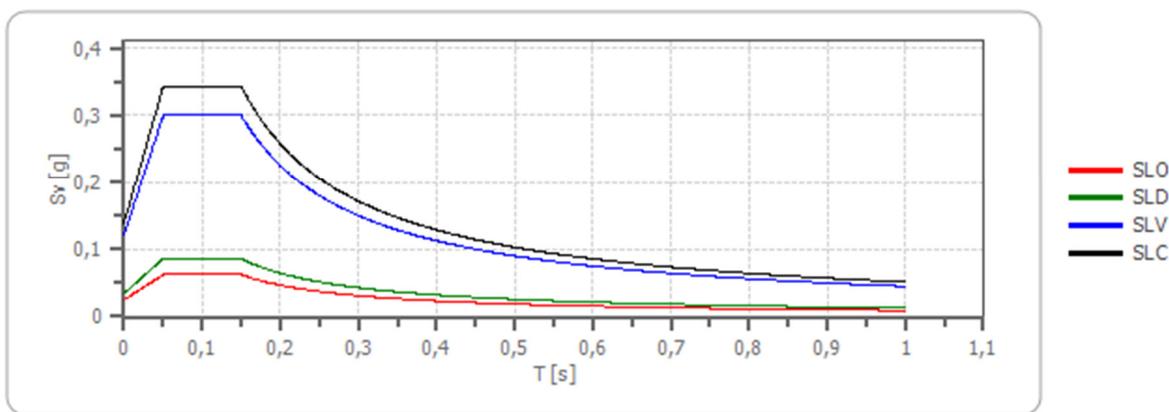
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,506	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,823	0,125	0,313
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,000	0,174	0,522	1,878	0,156	0,386
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,000	0,181	0,544	2,242	0,351	0,865
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	2,128	1,000	0,183	0,548	2,302	0,374	0,922

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,506	0,256	1	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
SLD	2,0	0,069	2,485	0,269	1	1,940	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1	1,890	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

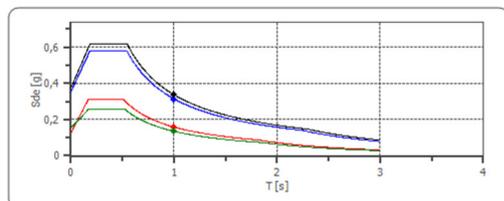
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

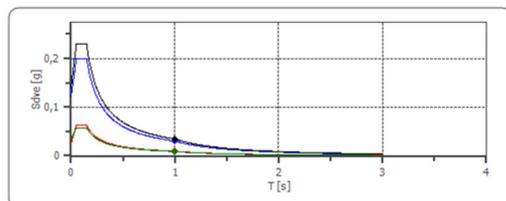
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,158	0,135	0,314	0,337
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,506	0,256	1,600	1,980	1,400	2,240	1,000	0,169	0,506	1,823	0,125	0,313
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,506	0,256	1,600	1,980	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	2,240	1,500	0,174	0,522	1,878	0,156	0,258
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,069	2,485	0,269	1,600	1,940	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,057
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	2,184	1,500	0,181	0,544	2,242	0,351	0,577
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,560	1,890	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	2,128	1,500	0,183	0,548	2,302	0,374	0,614
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,520	1,890	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

#### 4.5 AEROGENERATORE AG06

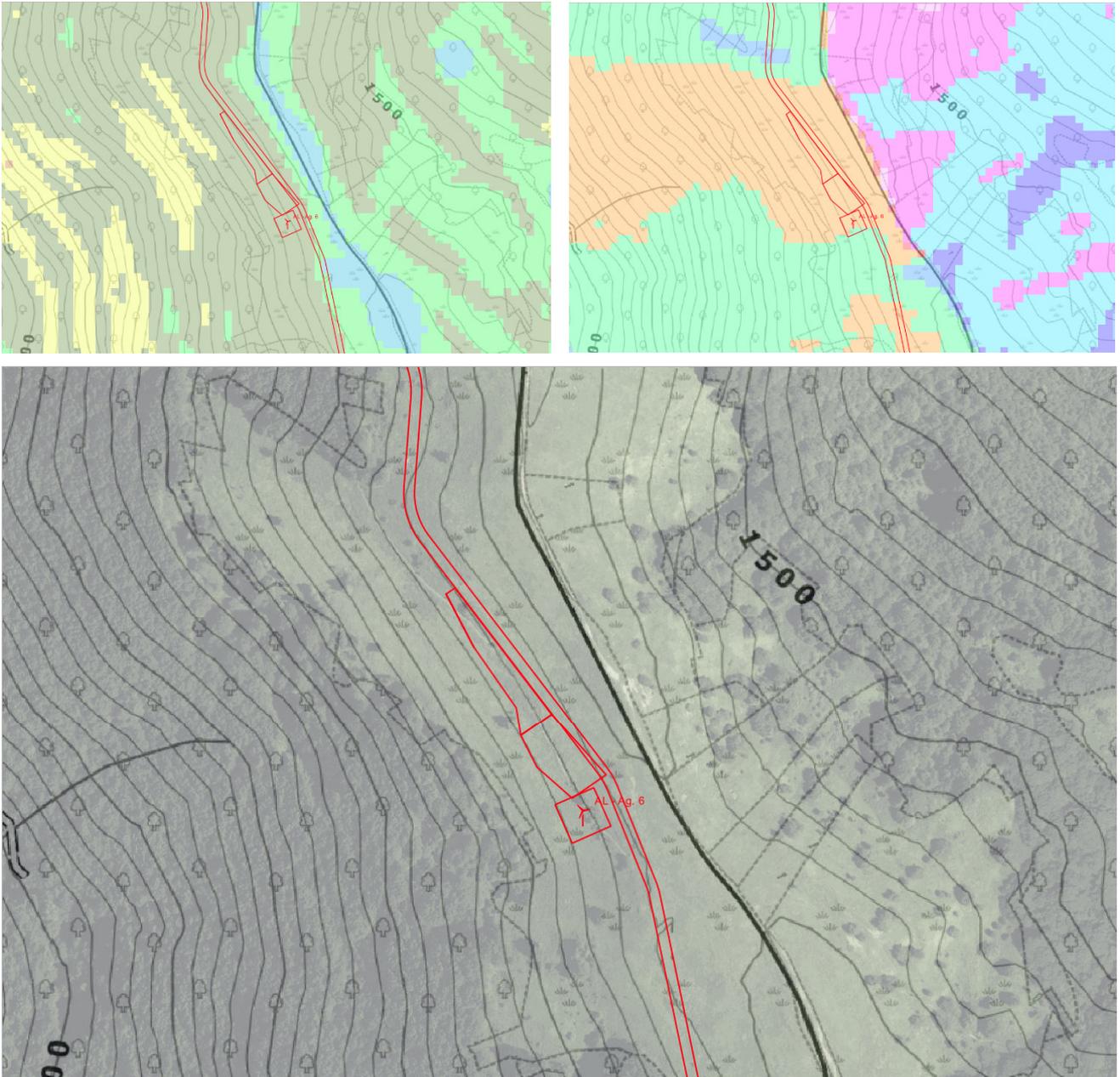
Il sito dell'aerogeneratore AG06 è ubicato a valle del crinale che dal Monte Gropa conduce al Monte Pana, ad una quota altimetrica di circa 1.487 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG06</b>	512224	4949987	1487

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto tra NE e SE localmente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente oblitrate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 06 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati ad eccezione di un parziale inserimento nella la cartografia DBGeo 100 che perimetra

aree instabili, intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale.



**Figura 4.5.1: AG06- Estratto Carta Acclività 20 - 35% - Esposizione dei versanti tra NE e SE**

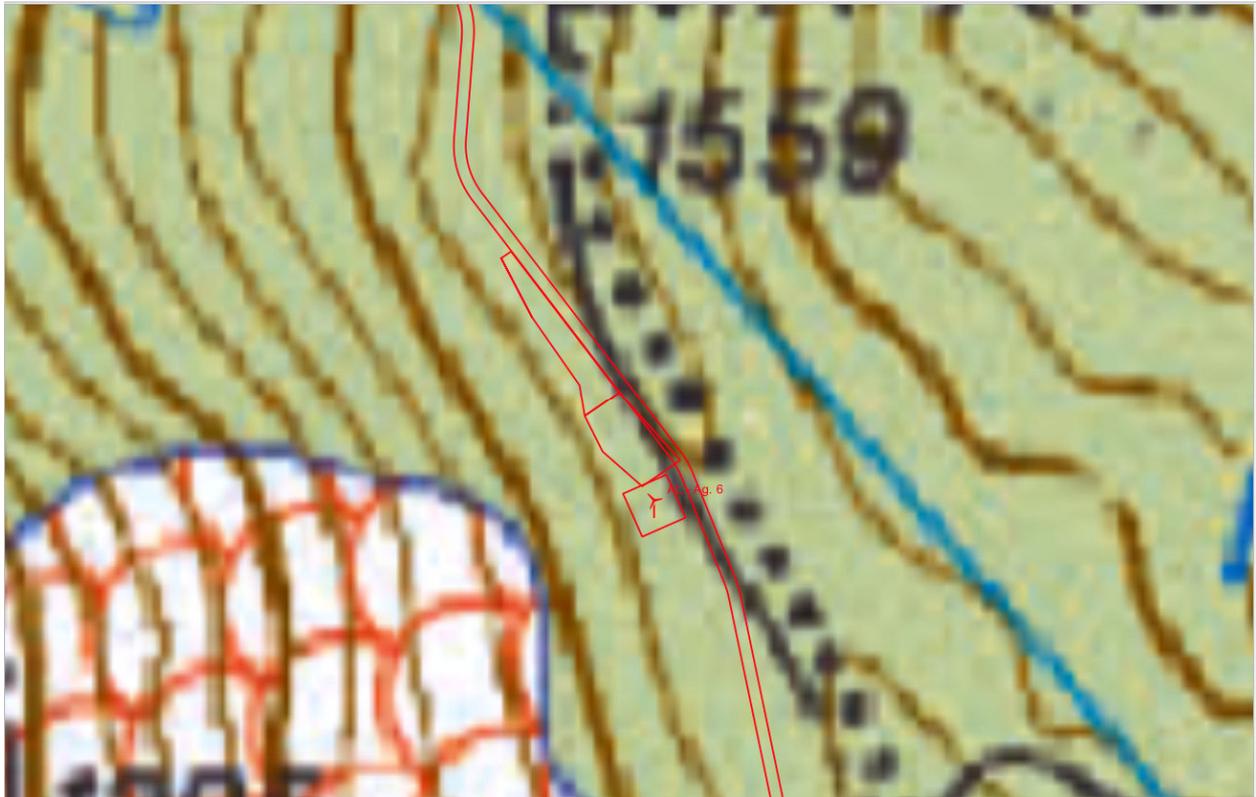


Figura 4.5.2: AG06- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola

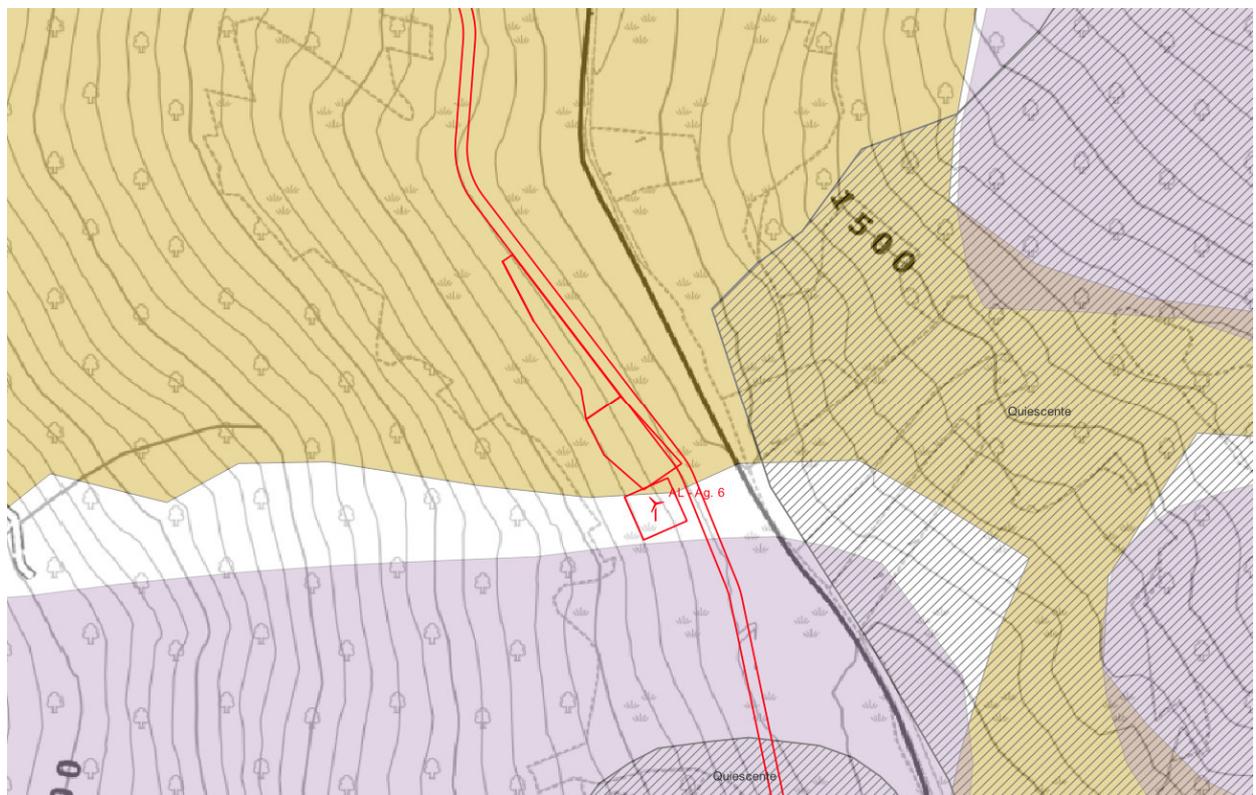
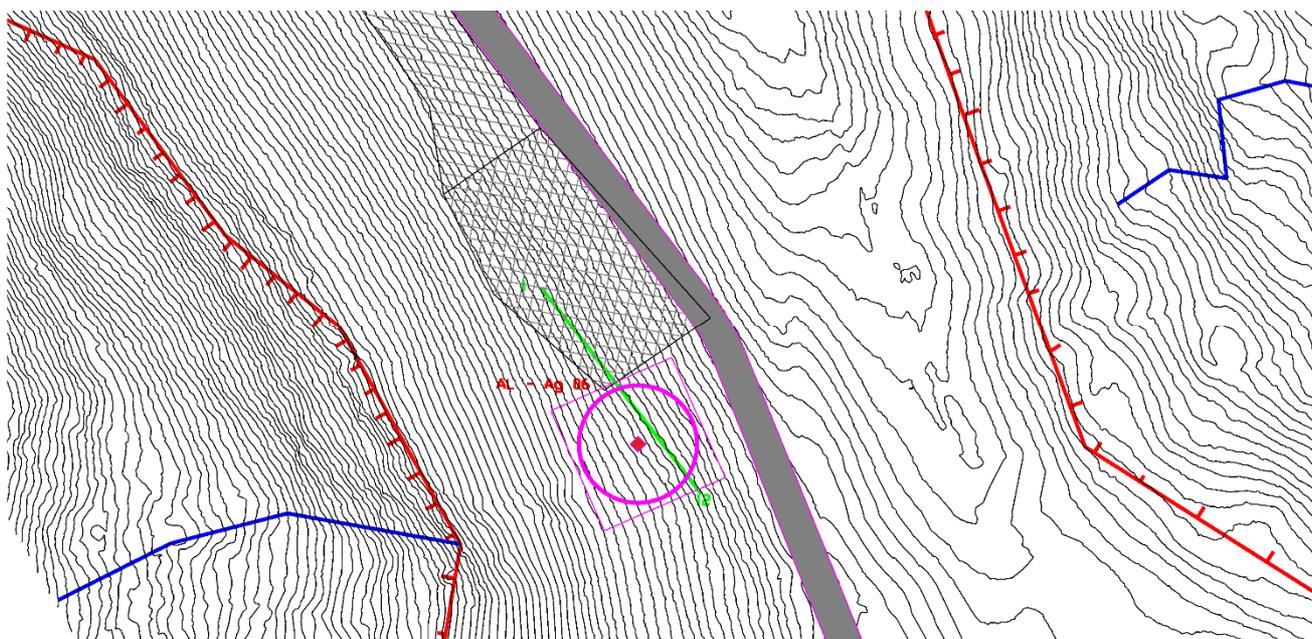


Figura 4.5.3: AG06- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. A valle dell'aerogeneratore, in direzione W è presente il coronamento di una probabile paleofrana non cartografata in nessuna cartografia ufficiale, così come sul versante opposto, esposto a SE è evidente una rottura del pendio presumibilmente riconducibile al coronamento del dissesto quiescente censito presso SIFRAP.



**Figura 4.5.4: AG06- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio.**



Figura 4.5.5: AG06- Sito di installazione Ortofoto/CTR

### STESA SISMICA A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA AG06 - 1

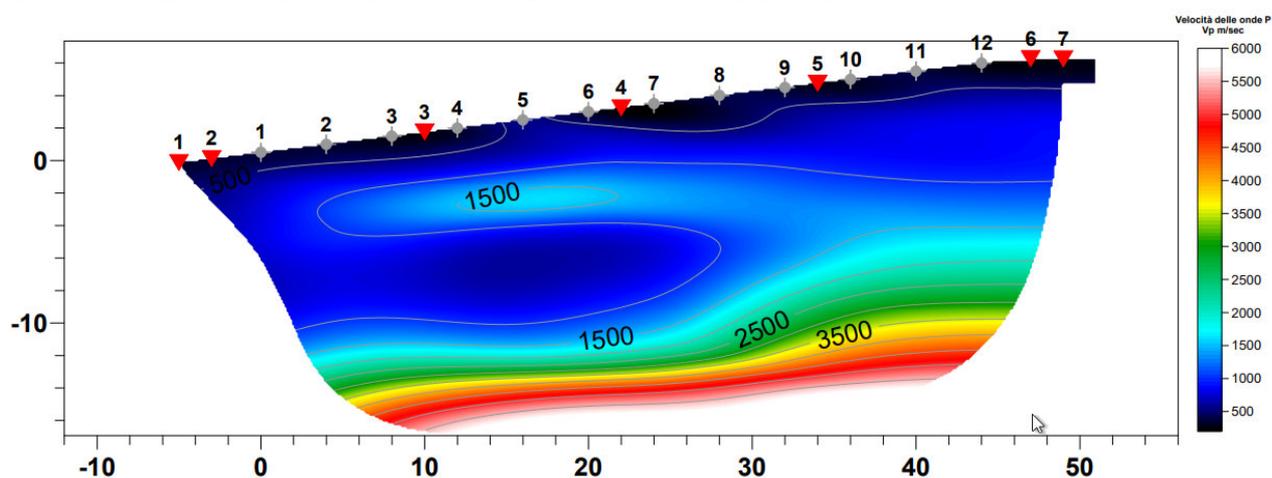


Figura 4.5.6: AG06 - Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG06-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso E, mentre l'ultimo verso W. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso

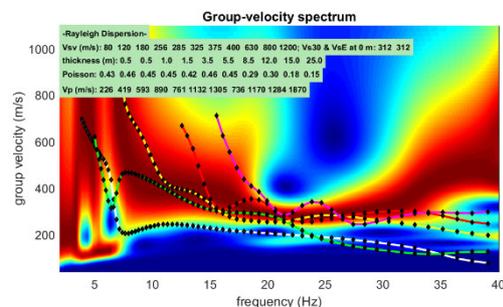
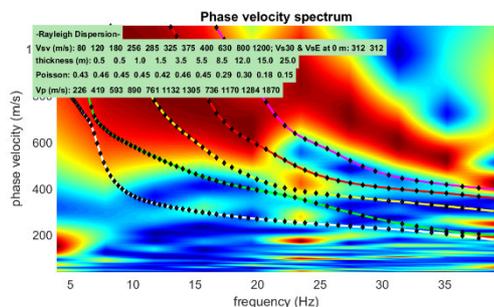
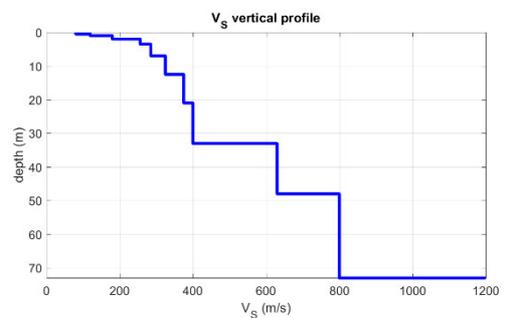
roccioso molto alterato) e localmente plurimetrico. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo in profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG04 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.5	80
0.5	120
1.0	180
1.5	255
3.5	285
5.5	325
8.5	375
12.0	400
15.0	630
25.0	800
Semi-spazio	1200

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente 312 e 312 m/s).



**Figura 4.5.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30,

risultato pari a 312 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una  $V_{s,eq}$  di 312 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una  $V_{s30}$  di 312 m/s e la relativa  $V_{s, eq}$  di 312 m/s ed una altezza  $H >$  di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo C**.

#### **CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.**

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici:  **$\alpha_g$ ,  $F_0$  e  $T_xC$**  e i valori dei coefficienti **kh, kv,  $\alpha_{max}$  e Beta**.

#### **Sito in esame.**

latitudine: 44,7048035 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

longitudine: 9,1547241 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T4

#### **Siti di riferimento.**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1944,31
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	3616,69
<b>Sito 3</b>	15812	44,657800	9,203784	6508,61
<b>Sito 4</b>	15811	44,655260	9,133657	5755,30

#### **Tipo di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii**

#### **Parametri sismici**

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente  $c_u$ : 2

	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub> [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	120	0,056	2,510	0,256
Danno (SLD)	201	0,070	2,489	0,269
Salvaguardia della vita (SLV)	1898	0,161	2,466	0,289
Prevenzione dal collasso (SLC)	2475	0,176	2,468	0,291

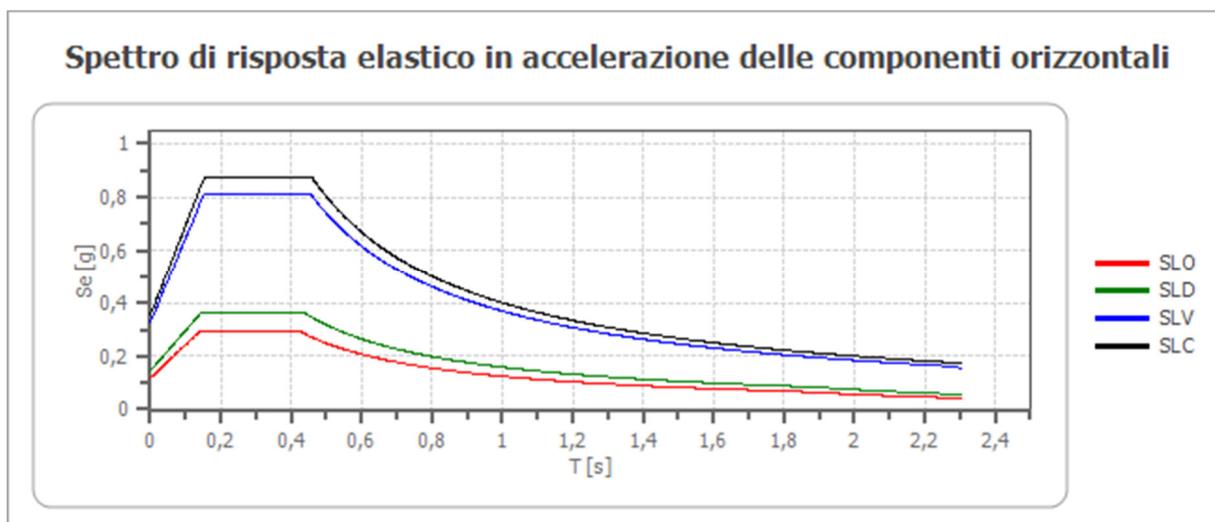
### Coefficienti Sismici

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,024	0,029	0,079	0,085
kv	0,012	0,015	0,039	0,043
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,153	1,436	3,223	3,474
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000



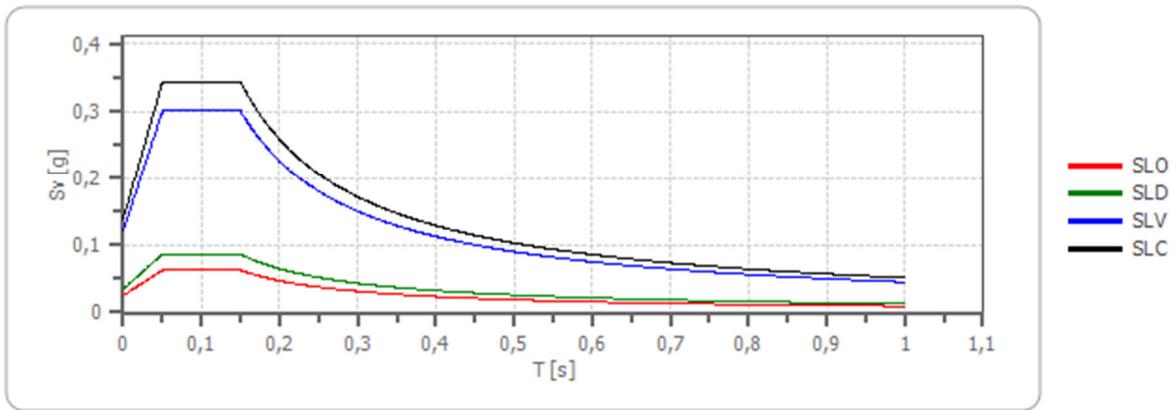
	cu	ag [g]	F <sub>0</sub> [-]	Tc* [s]	S <sub>s</sub> [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,824	0,118	0,295
SLD	2,0	0,070	2,489	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,000	0,145	0,436	1,879	0,146	0,364
SLV	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	2,044	1,000	0,152	0,456	2,243	0,329	0,811
SLC	2,0	0,176	2,468	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,000	0,153	0,459	2,303	0,354	0,874

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
<b>SLO</b>	2,0	0,056	2,510	0,256	1	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
<b>SLD</b>	2,0	0,070	2,489	0,269	1	1,620	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,087
<b>SLV</b>	2,0	0,161	2,466	0,289	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,301
<b>SLC</b>	2,0	0,176	2,468	0,291	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,344

### Spettro di progetto

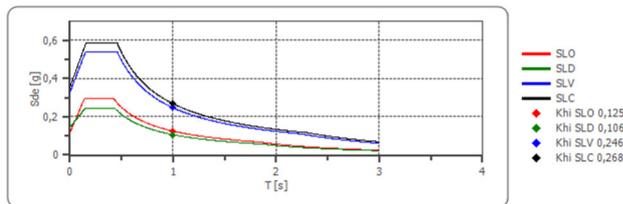
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

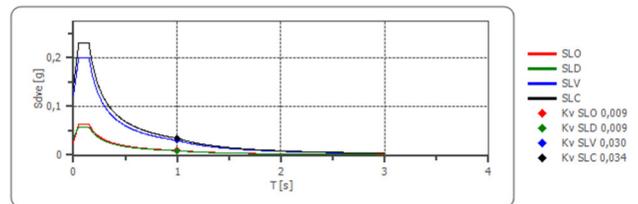
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>khi = Sde(T) Orizzontale [g]</b>	0,125	0,106	0,246	0,268
<b>kv = Sdve(T) Verticale [g]</b>	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,824	0,118	0,295
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,070	2,489	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,500	0,145	0,436	1,879	0,146	0,243
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,070	2,489	0,269	1,500	1,620	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,058
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	2,044	1,500	0,152	0,456	2,243	0,329	0,540
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,468	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,500	0,153	0,459	2,303	0,354	0,583

<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,468	0,291	1,440	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229
--------------------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

#### 4.6 AEROGENERATORE AG08

Il sito dell'aerogeneratore AG08 è ubicato in corrispondenza della strada sterrata che dal Monte Roncasso conduce al Monte Coserone, ad una quota altimetrica di circa 1.495 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG08</b>	511856	4948992	1495

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a S, localmente mediamente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente oblitrate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 08 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati.



**Figura 4.6.1: AG08- Estratto Carta Acclività 20 - 35% - Esposizione dei versanti S**



Figura 4.6.2: AG08- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola

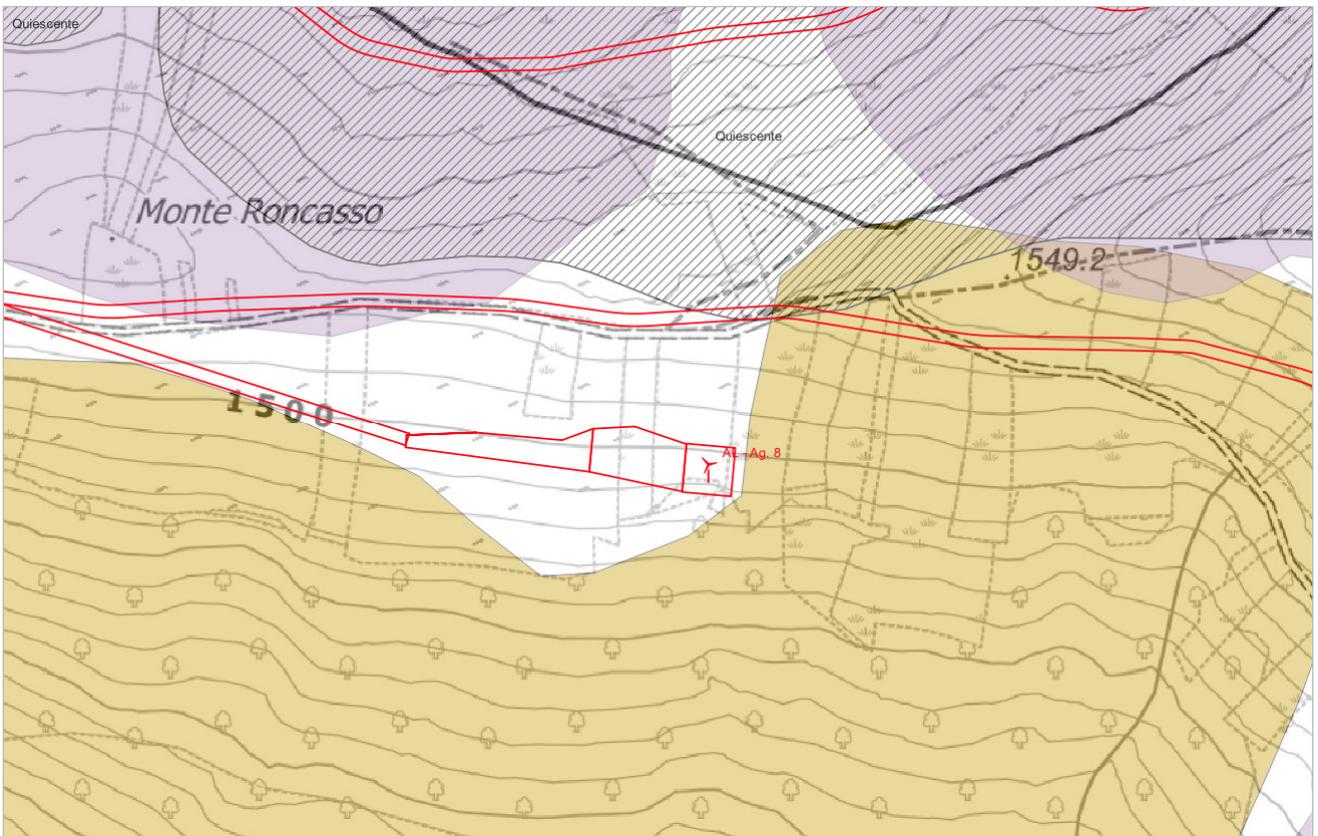


Figura 4.6.3: AG08 - Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. Sul versante opposto a quello di installazione dell'aerogeneratore, in direzione N è presente il coronamento di una frana attiva (inclusa in una più vasta frana quiescente censita entro SIFRAP) all'interno della quale sono presenti venute idriche di modesta entità.

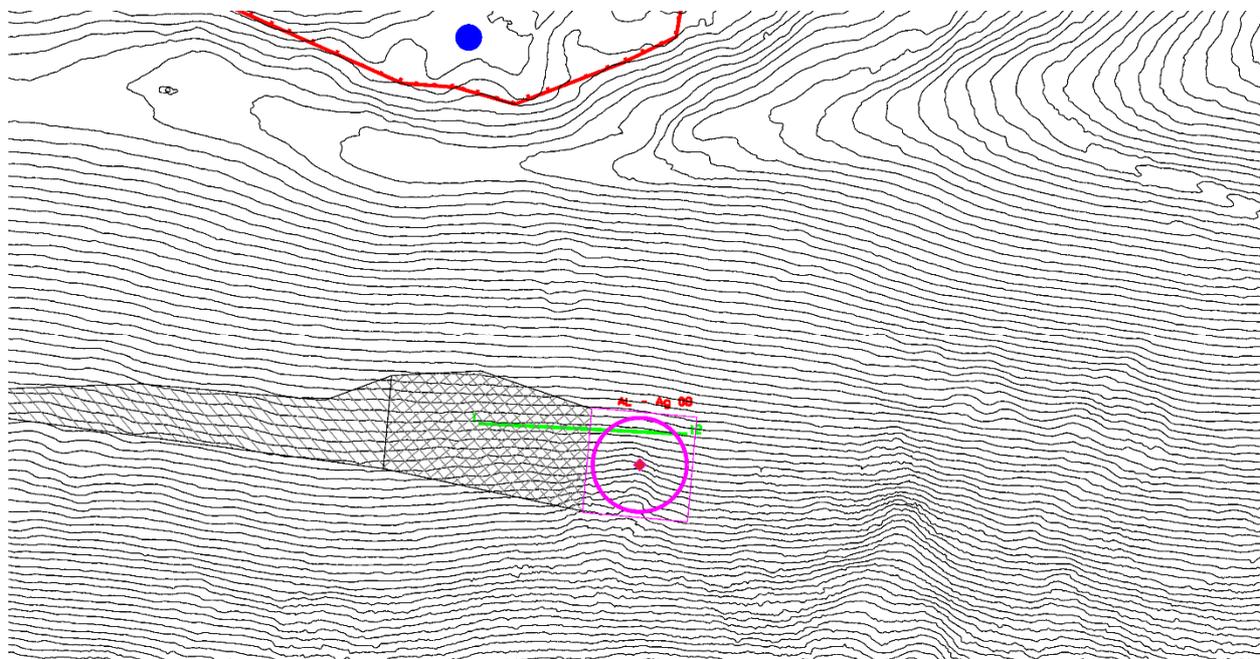
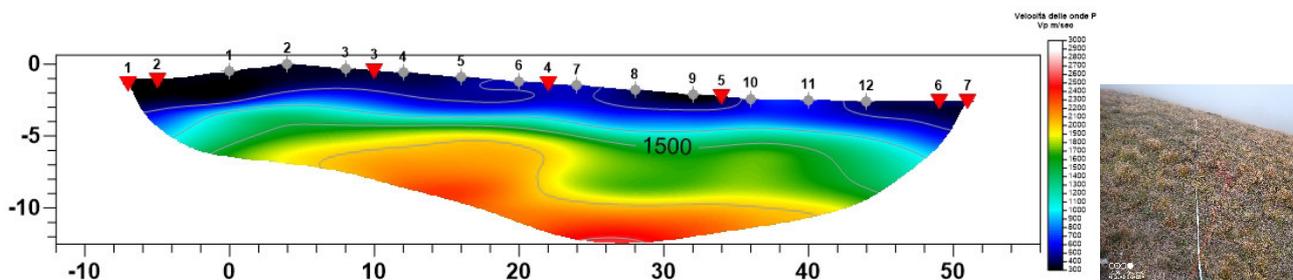


Figura 4.6.4: AG08- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio, il cerchio blu indica una zona dove sono riscontrabili venute idriche.



Figura 4.6.5: AG08- Sito di installazione, Ortofotocarta/CTR

**STESA SISMICA A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA AG08 - 01**



**Figura 4.6.6: AG08 - Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG08-01**

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso E, mentre l'ultimo verso W. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze metrica a localmente plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) talvolta sub affiorante. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo in profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG08 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.5	75
0.5	100
1	125
1.5	225
3.5	285
3.5	325
6.8	375
7.3	500
10	600
75	800
Semi-spazio	1200

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente 329 e 329 m/s).

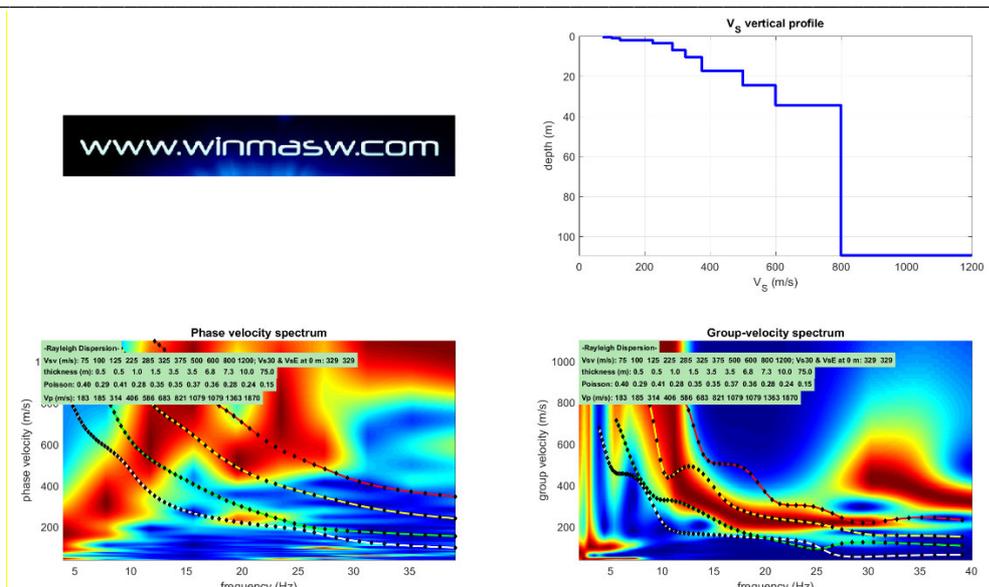


Figura 4.6.7 Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 329 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 329 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 329 m/s e la relativa Vs, eq di 329 m/s ed una altezza H> di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo C**.

#### CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **ag**, **F0** e **TxC** e i valori dei coefficienti **kh**, **kv**, **a<sub>max</sub>** e **Beta**.

#### Sito in esame.

latitudine: 44,6951561 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

longitudine: 9,1506796 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T4

**Siti di riferimento.**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1969,97
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	4163,72
<b>Sito 3</b>	15812	44,657800	9,203784	5906,38
<b>Sito 4</b>	15811	44,655260	9,133657	4636,00

**Tipo di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii**

**Parametri sismici**

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,510	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,070	2,488	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,289
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,291

**Coefficienti Sismici**

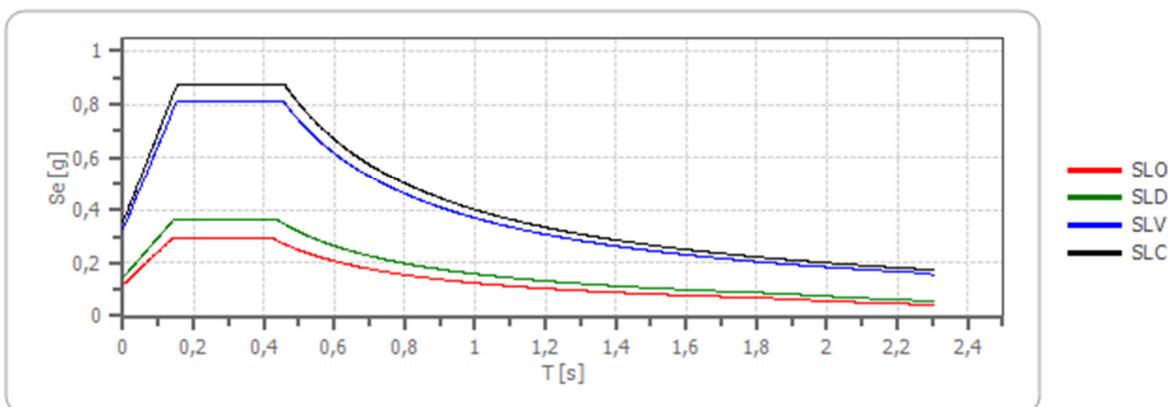
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,024	0,029	0,079	0,085
kv	0,012	0,015	0,039	0,043
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,152	1,436	3,223	3,474
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



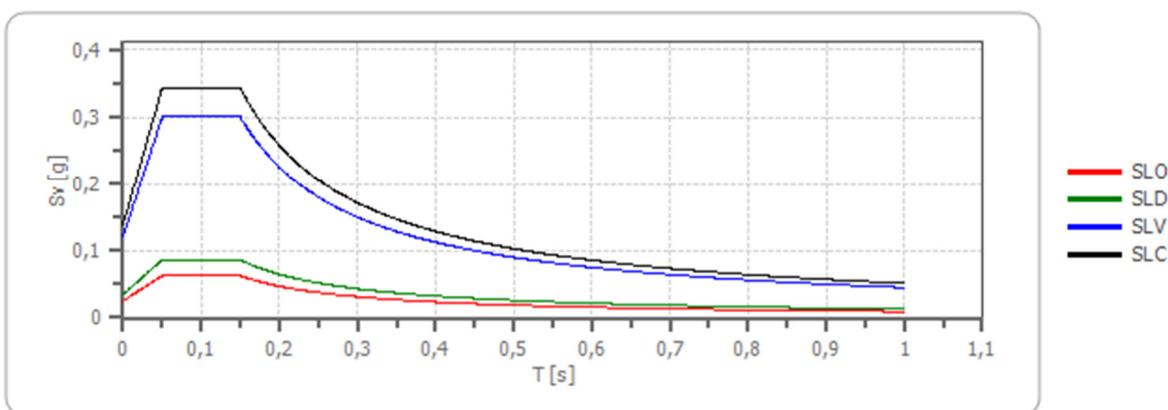
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,824	0,118	0,295
SLD	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,000	0,145	0,436	1,879	0,146	0,364
SLV	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	2,044	1,000	0,152	0,456	2,243	0,329	0,810
SLC	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,000	0,153	0,459	2,303	0,354	0,874

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,510	0,256	1	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
SLD	2,0	0,070	2,488	0,269	1	1,620	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,087
SLV	2,0	0,161	2,466	0,289	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,291	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

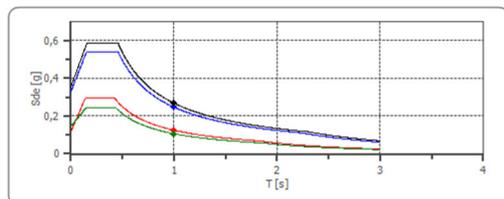
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

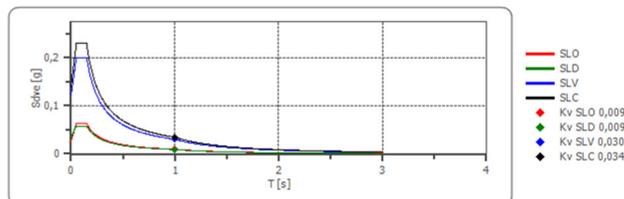
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>khi = Sde(T) Orizzontale [g]</b>	0,125	0,106	0,246	0,268
<b>kv = Sdve(T) Verticale [g]</b>	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,824	0,118	0,295
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,510	0,256	1,500	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,500	0,145	0,436	1,879	0,146	0,243
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,058
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	2,044	1,500	0,152	0,456	2,243	0,329	0,540
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,289	1,460	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,500	0,153	0,459	2,303	0,354	0,583
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

#### 4.7 AEROGENERATORE AG09

Il sito dell'aerogeneratore AG09 è ubicato in corrispondenza della strada sterrata che dal Colle Trappola conduce al Monte Roncasso, ad una quota altimetrica di circa 1.510 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG09</b>	511362	4949092	1510

Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a S, localmente mediamente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente oblitrate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 09 non risulti direttamente interessato da dissesti cartografati.



Figura 4.7.1: AG09- Estratto Carta Acclività 20 - 35% - Esposizione dei versanti S

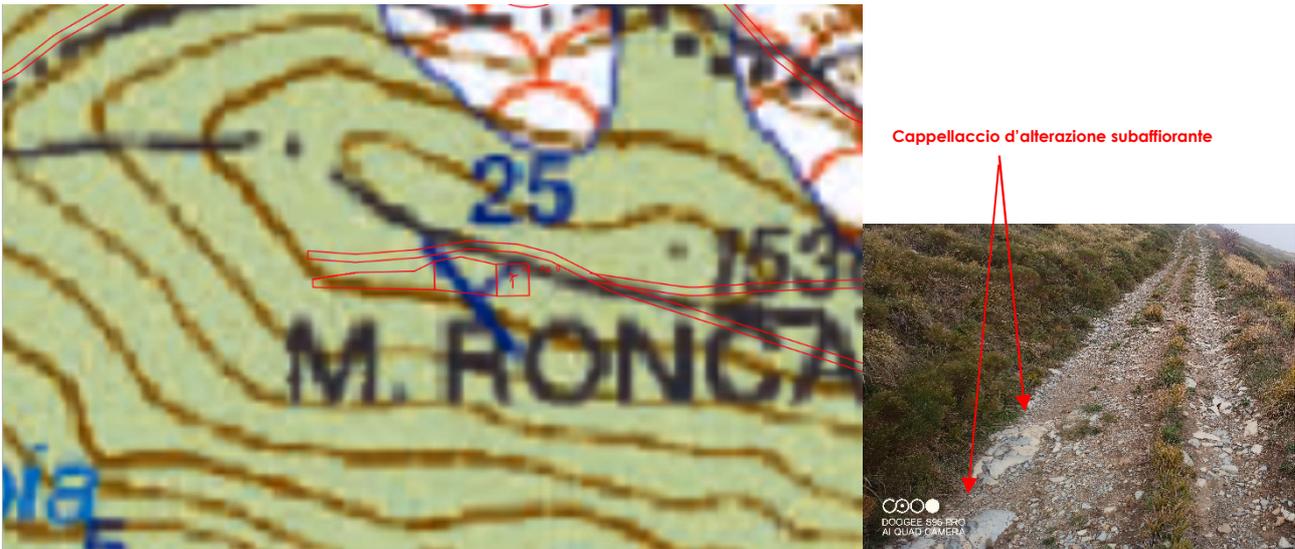
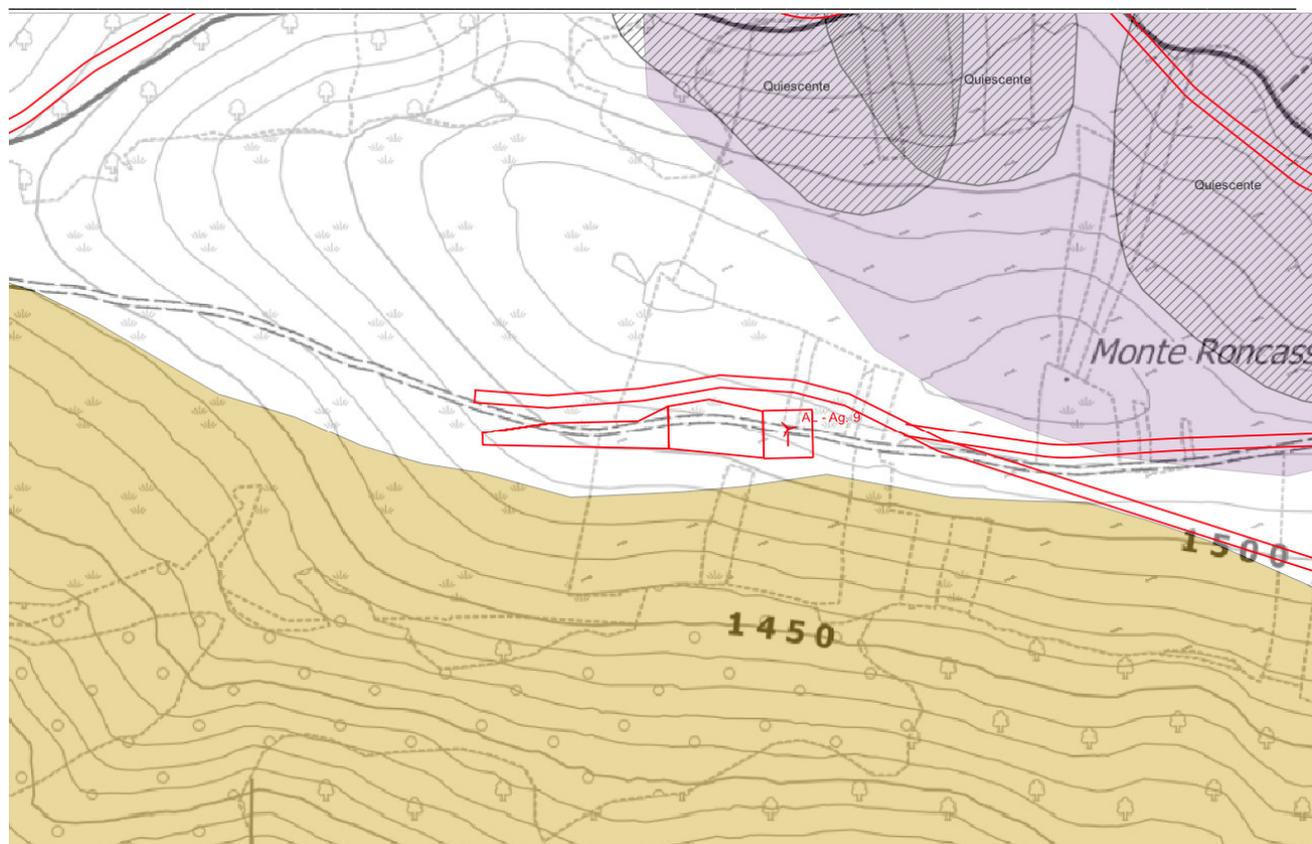


Figura 4.7.2: AG09- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola



**Figura 4.7.3: AG09- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)**

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una coltre metrica localmente plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione localmente subaffiorante che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. Sul versante opposto a quello di installazione dell'aerogeneratore, in direzione N è presente una rottura di pendio riconducibile al coronamento di una vasta area interessata da frane quiescenti cartografate entro SIFRAP. Sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

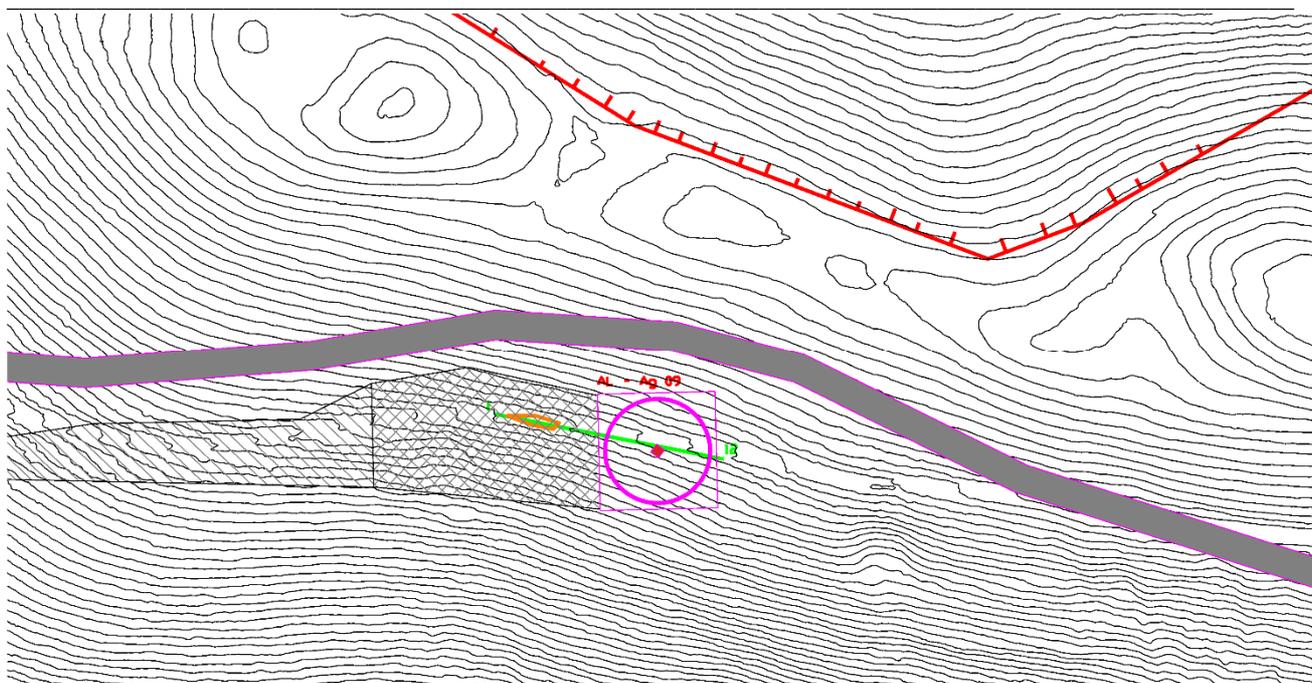


Figura 4.7.4: AG09- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica, in grigio la strada di collegamento e in tratteggiato/rigato le piazzole ed aree di cantiere, in rosso, cigli di arretramento/rotture del pendio, in arancio il cappellaccio d'alterazione subaffiorante.



Figura 4.7.5: AG09- Sito di installazione, Ortofoto CTR

### STESA SISMICA A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA AG09 - 01

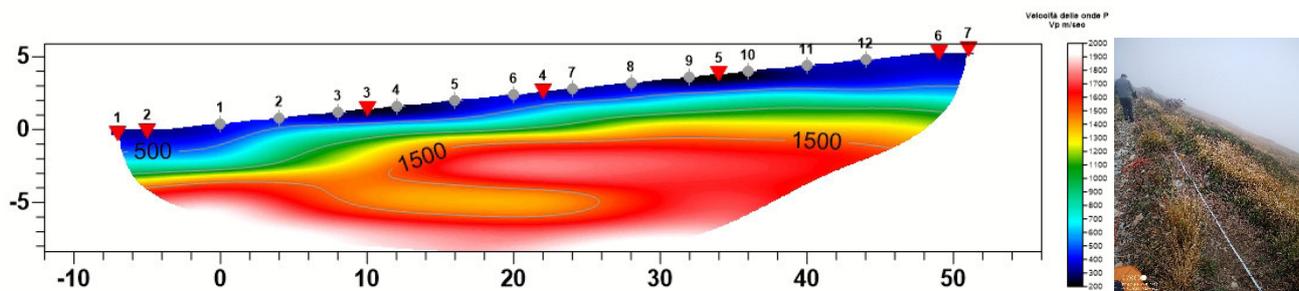


Figura 4.7.6: AG.09 - Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG09-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso W, mentre l'ultimo verso E.

L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze metrica a localmente plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) talvolta sub affiorante. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo in profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG09 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
0.3	80
0.5	125
2	175
1.5	200
5	240
6.5	375
6	450
7	525
5	800
50	1200
Semi-spazio	1800

Modello medio individuato ( $V_{s30}$  e  $V_{seq}$  del modello medio dal p.c. rispettivamente 325 e 316 m/s).

www.winmasw.com

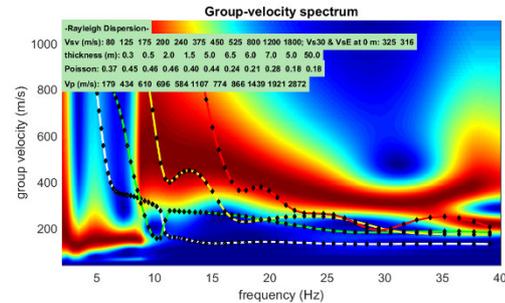
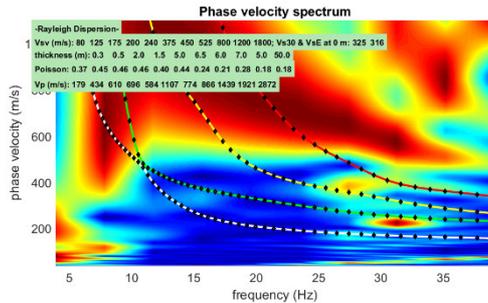
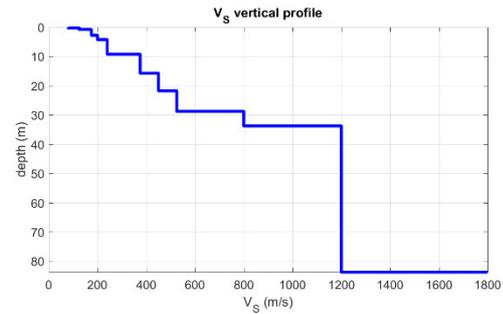


Figura 4.7.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vs<sub>eq</sub>, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 325 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 316 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- $h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 325 m/s e la relativa Vs, eq di 316 m/s ed una altezza H> di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo C**.

#### CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **a<sub>g</sub>**, **F<sub>0</sub>** e **TxC** e i valori dei coefficienti **kh**, **kv**, **a<sub>max</sub>** e **Beta**.

#### Sito in esame.

latitudine: 44,6960640 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50  
longitudine: 9,1444473 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1519,28
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	4601,13
<b>Sito 3</b>	15812	44,657800	9,203784	6333,68
<b>Sito 4</b>	15811	44,655260	9,133657	4616,82

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,509	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,070	2,488	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,291

#### Coefficienti Sismici

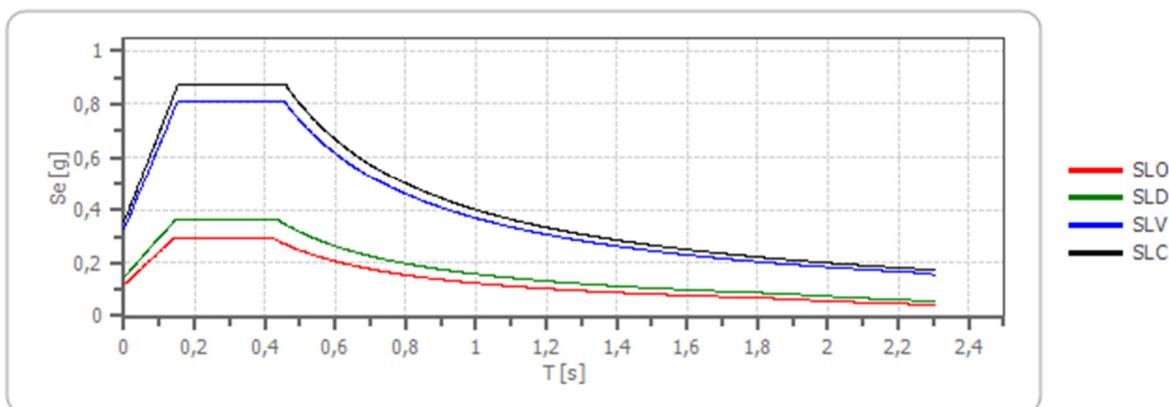
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,023	0,029	0,079	0,085
kv	0,012	0,015	0,039	0,042
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,150	1,433	3,221	3,473
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



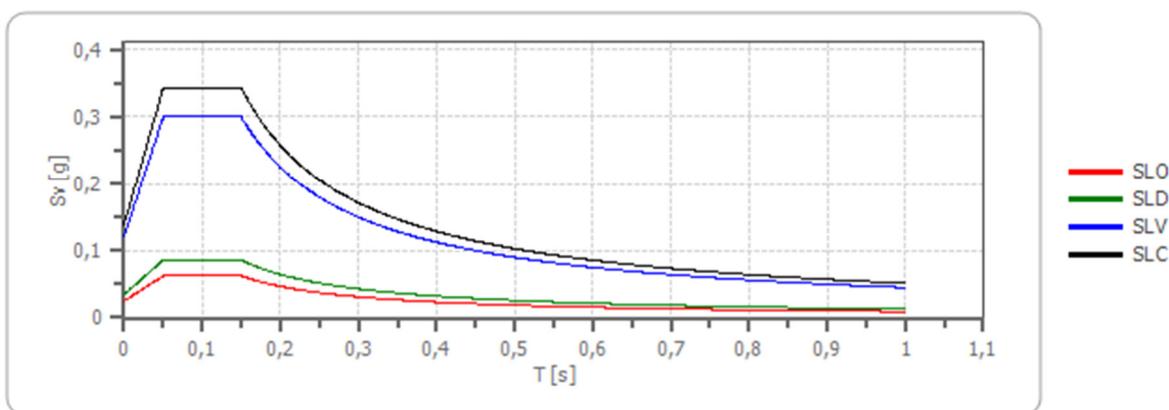
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,509	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,823	0,117	0,294
SLD	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,000	0,145	0,436	1,878	0,146	0,364
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,000	0,152	0,456	2,243	0,328	0,810
SLC	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,000	0,153	0,459	2,303	0,354	0,874

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,509	0,256	1	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
SLD	2,0	0,070	2,488	0,269	1	1,620	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,291	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

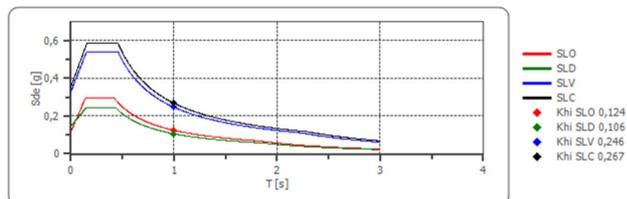
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

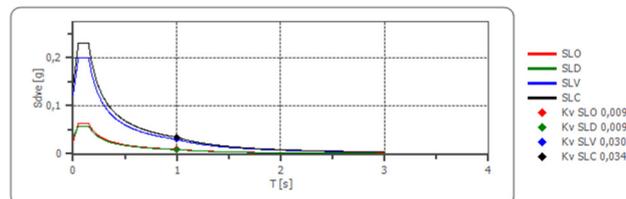
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>khi = Sde(T) Orizzontale [g]</b>	0,124	0,106	0,246	0,267
<b>k<sub>v</sub> = Sdve(T) Verticale [g]</b>	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,509	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,823	0,117	0,294
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,509	0,256	1,500	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,063
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,500	0,145	0,436	1,878	0,146	0,242
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,070	2,488	0,269	1,500	1,620	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,058
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,500	0,152	0,456	2,243	0,328	0,540
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	2,016	1,500	0,153	0,459	2,303	0,354	0,582
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,467	0,291	1,440	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

#### 4.8 AEROGENERATORE AG10

Il sito dell'aerogeneratore AG10 è ubicato presso la strada sterrata che dal Colle Trappola conduce al Monte Coserone, ad una quota altimetrica di circa 1.425 m slm.

Coordinate piane: EPSG 32632			
TURBINA	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG10</b>	510865	4949179	1425

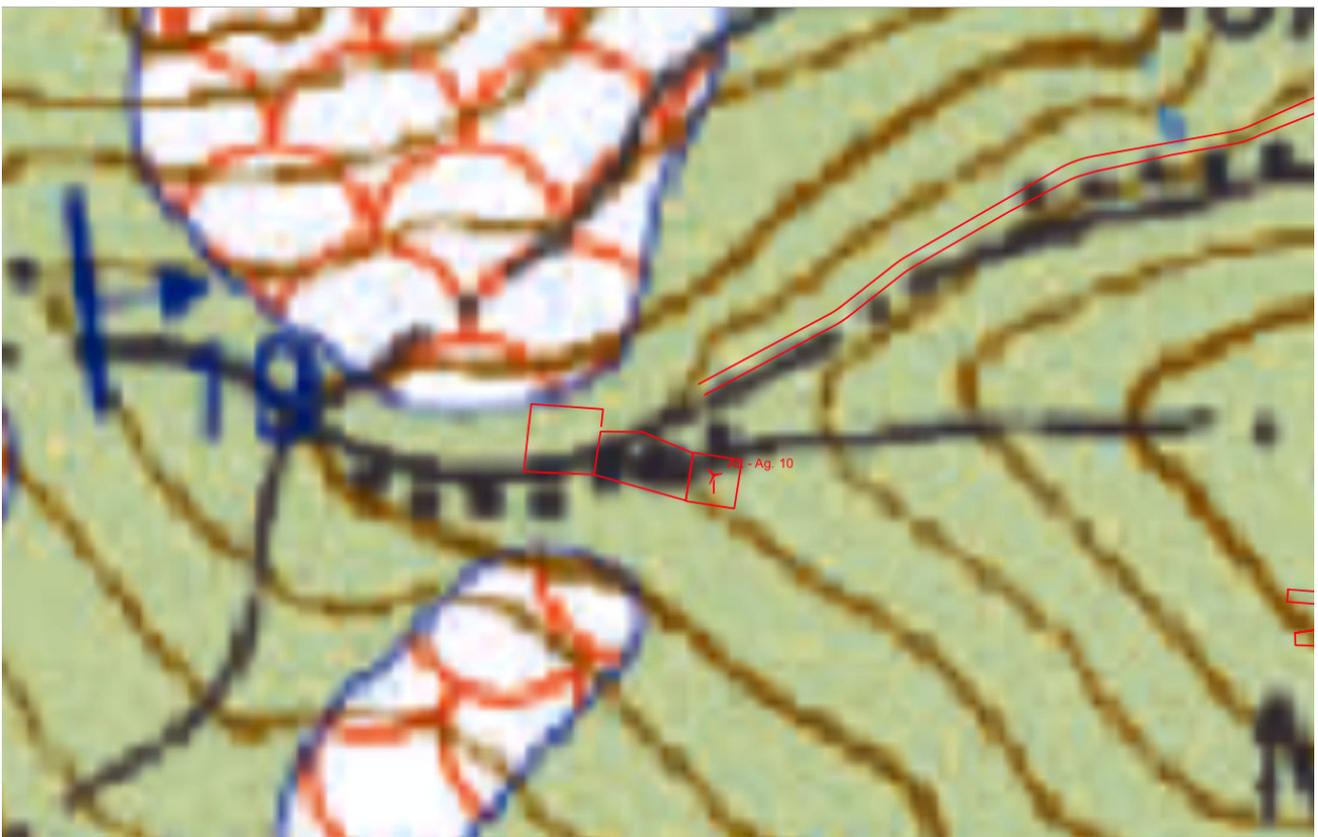
Il sito dell'aerogeneratore e della piazzola di esercizio risultano inserite in un versante esposto a SW, localmente debolmente acclive, mentre dal punto di vista geologico osservabile dalla cartografia geologica CARG ricadono nella litologie ascrivibili alla Formazione del Monte Antola che risultano essenzialmente costituite da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose, seppur localmente obliterate da una spessa coltre detritica.

La cartografia dei dissesti di versante, derivante da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo100 evidenzia come il sito interessato dall'aerogeneratore 10 non risulta interessato da dissesti cartografati, tranne un parziale inserimento nella la cartografia DBGeo 100 che perimetra aree instabili, intese come settori

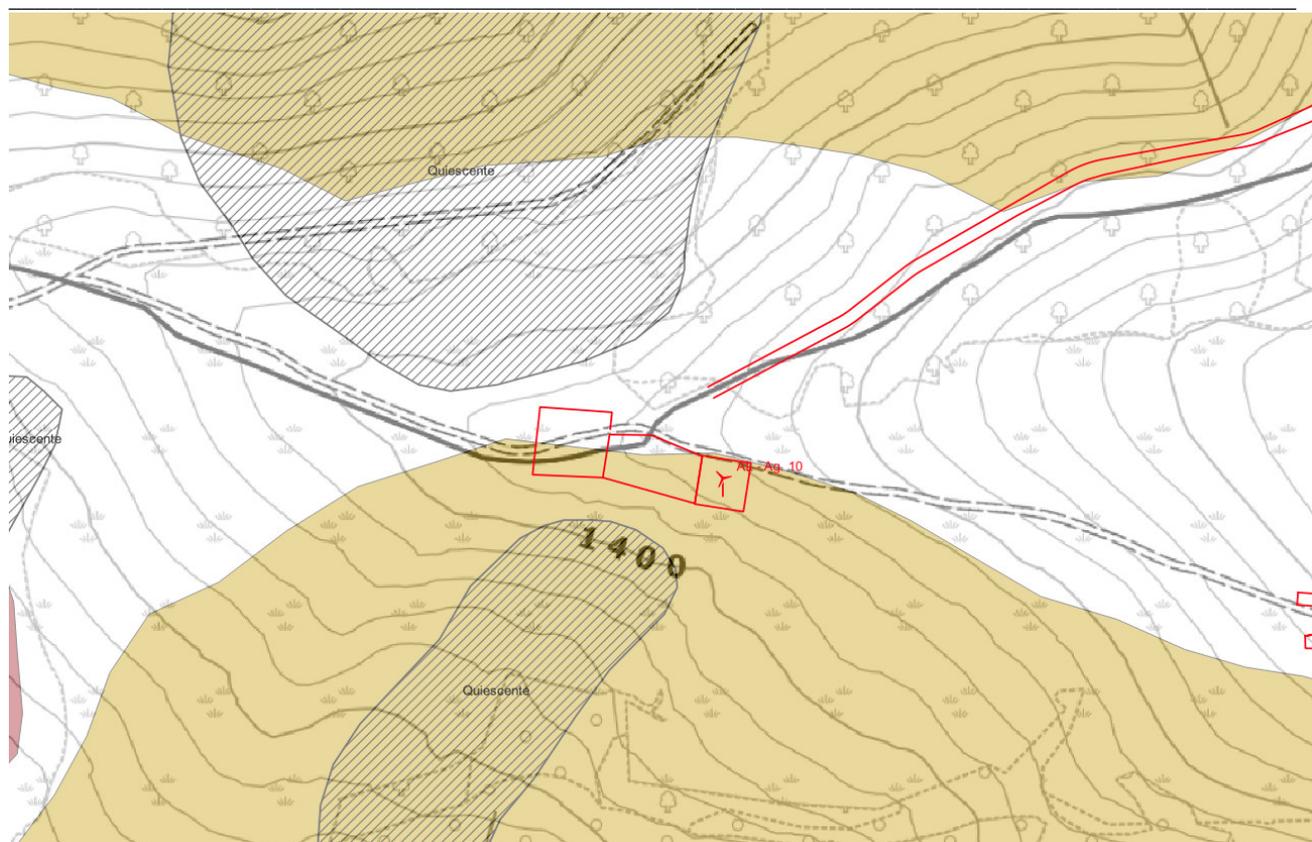
di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale.



**Figura 4.8.1: AG10- Estratto Carta Acclività 10 - 20% - Esposizione dei versanti SW**



**Figura 4.8.2: AG10- Estratto CARG – Formazione del Monte Antola**



**Figura 4.8.3: AG10- Estratto Cartografie dei dissesti da PAI, PRG, SIFRAP e DBGeo 100 (rigato SIFRAP, violetto DBGeo 100 frane quiescenti, marrone DBGeo 100 aree instabili intese come settori di versante vulnerabili per fenomeni franosi da fluidificazione della coltre superficiale. Si tratta di fenomeni franosi che si innescano durante eventi di pioggia di forte intensità per saturazione e successiva fluidificazione dei materiali sciolti costituenti i terreni superficiali. Sono frane generalmente di modeste dimensioni e limitato spessore, caratterizzate da estrema rapidità che si verificano, durante il medesimo evento, con grande diffusione areale)**

Il rilevamento condotto direttamente in sito e le indagini sismiche eseguite hanno evidenziato come il sito sia interessato da una spessa coltre plurimetrica sovrapposta ad un cappellaccio d'alterazione anch'esso di potenza plurimetrica che sfuma gradualmente nell'ammasso roccioso. Sebbene inserito entro le perimetrazioni DBGeo 100 relativo alle aree instabili/settori di versante vulnerabili, non risultano evidenti segni di dissesto. Immediatamente a valle del sito (ove è presente anche un impluvio di neoformazione) di installazione e sul versante opposto in direzione S e N sono presenti ampie rotture di pendio riconducibili al coronamento di zone interessate da frane quiescenti cartografate entro SIFRAP. Sebbene all'epoca del rilevamento non siano state evidenti zone di impregnazione e ristagno idrico, sono localmente zone preferenziali di ruscellamento concentrato delle acque meteoriche.

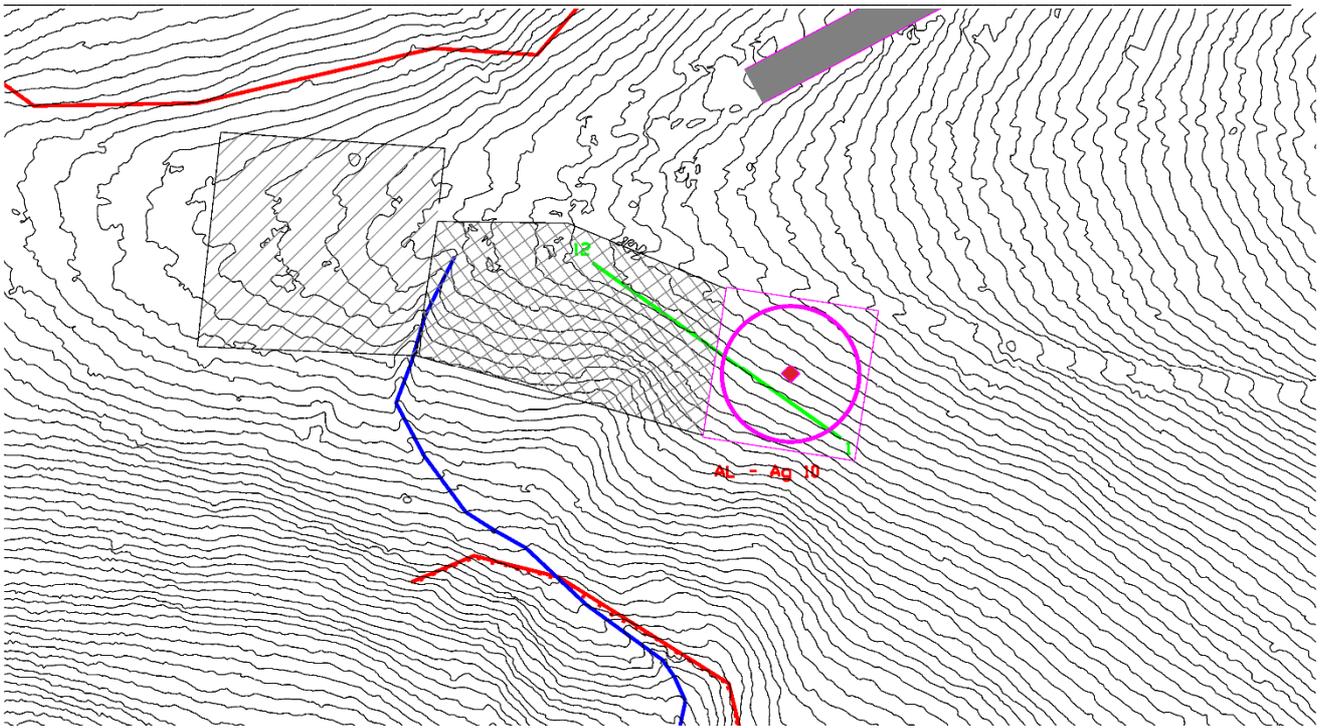


Figura 4.8.4: AG10- In viola l'ingombro delle strutture, in verde la traccia dell'indagine sismica e in blu le zone di concentrazione delle acque superficiali.



Figura 4.8.5: AG10- Sito di installazione, Ortofoto/CTR

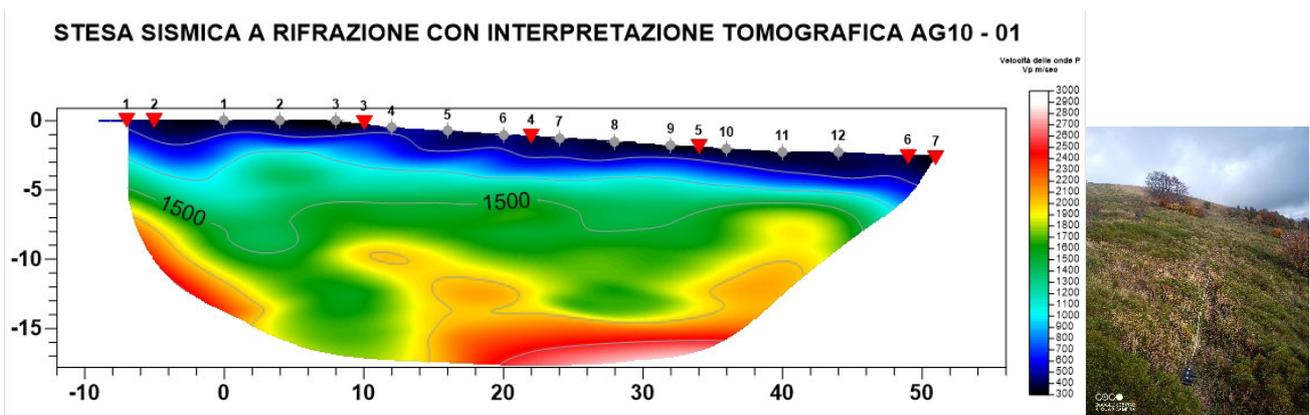


Figura 4.8.6: AG10 - Interpretazione tomografica stesa sismica a rifrazione AG10-01

Il profilo sismico 001 è stato eseguito sul sedime della struttura in progetto. Lo stendimento di 12 geofoni con interasse di 4 metri è orientato con il geofono 1 verso ESE, mentre l'ultimo verso WNW. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s ed una durata di acquisizione su ogni singola battuta 2048 ms e l'elaborazione effettuata tramite software tomografico dedicato ha portato alla soluzione grafica di seguito riportata.

Dall'analisi delle risultanze ottenute si evince che il sito in esame è una zona interessata da coltri detritiche con potenze plurimetriche che giacciono su un cappellaccio d'alterazione (ammasso roccioso molto alterato) anch'esso avente spessori plurimetrici. L'ammasso roccioso con buone caratteristiche fisico meccaniche è evidente solo in profondità: non si esclude la presenza di falda subsuperficiale.

Il profilo sismico MASW è stato eseguito in sovrapposizione alla stesa sismica AG10 - 01. L'acquisizione è stata eseguita con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms.

Lungo l'allineamento distanza intergeofonica è stata predisposta di 2,00 ml per una lunghezza complessiva di 46,00 ml con l'utilizzo di 24 canali per l'acquisizione ed è stata realizzata una battuta, in andata, sullo stesso allineamento in offset di 5,00 metri. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nel seguente report di elaborazione.

Spessore (m)	VS (m/s)
1	75
0.8	110
1	150
1.5	215
3	275
3.5	315
5	375
12	500
45	600
75	800
Semi-spazio	1750

Modello medio individuato (Vs30 e Vseq del modello medio dal p.c. rispettivamente 310 e 310 m/s).

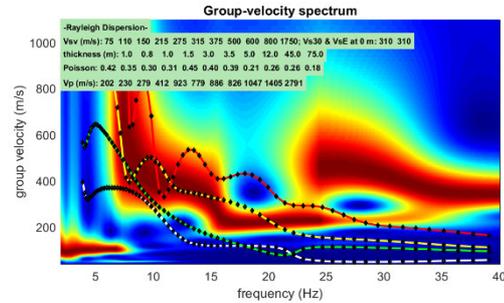
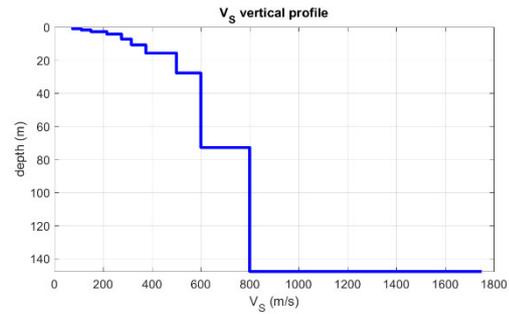
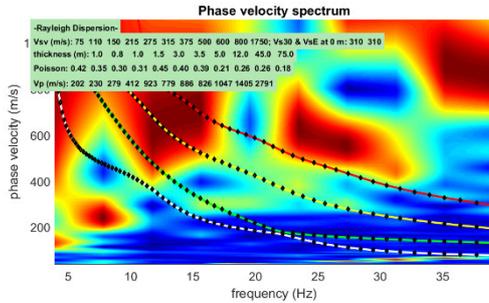


Figura 4.8.7: Risultati della modellazione con profilo delle onde Vs, determinazione del Vs30 e del Vseq, ottenute dall'elaborazione congiunta degli spettri di velocità di fase e di velocità di gruppo – MASW.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vs30, risultato pari a 310 m/s (considerando come riferimento il piano campagna) ed una Vs,eq di 310 m/s definita nelle NTC come;

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Dove

- h<sub>i</sub> spessore dell'i-esimo strato;
- V<sub>S,i</sub> velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (considerando come riferimento il piano campagna) con una Vs30 di 310 m/s e la relativa Vs, eq di 310 m/s ed una altezza H> di 30,00 metri, che permette di attribuire al sito **una categoria di suolo di tipo C.**

#### CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI.

Il calcolo dei parametri sismici per l'area di sedime, per la quale si ritiene che possa essere utilizzata una categoria di suolo di tipo A, è evidenziato nelle seguenti tabelle, dalle quali possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: **a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub> e TxC** e i valori dei coefficienti **kh, kv, a<sub>max</sub> e Beta**.

#### Sito in esame.

latitudine: 44,6968575 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50  
longitudine: 9,1381769 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: 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 5/11/2001, n. 6792, "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. CU = 2.0;

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T4

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
<b>Sito 1</b>	15589	44,705180	9,130128	1123,14
<b>Sito 2</b>	15590	44,707730	9,200303	5056,77
<b>Sito 3</b>	15812	44,657800	9,203784	6765,31
<b>Sito 4</b>	15811	44,655260	9,133657	4639,03

#### Tipologia di elaborazione: Fondazioni e stabilità dei pendii

#### Parametri sismici

Vita nominale: 100 [anni]

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo [-]	Tc* [s]
<b>Operatività (SLO)</b>	120	0,056	2,507	0,256
<b>Danno (SLD)</b>	201	0,069	2,487	0,269
<b>Salvaguardia della vita (SLV)</b>	1898	0,161	2,466	0,288
<b>Prevenzione dal collasso (SLC)</b>	2475	0,176	2,467	0,290

#### Coefficienti Sismici

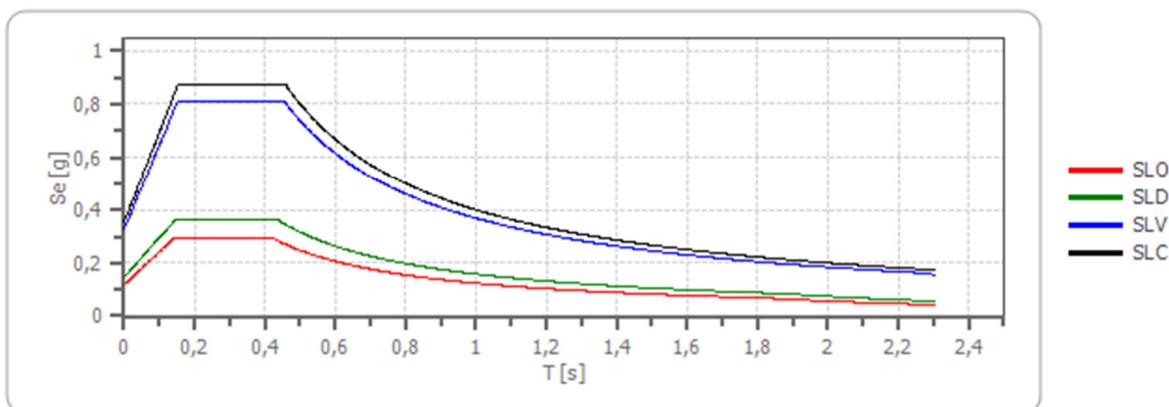
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,023	0,029	0,079	0,085
kv	0,012	0,015	0,039	0,042
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	1,148	1,431	3,220	3,471
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



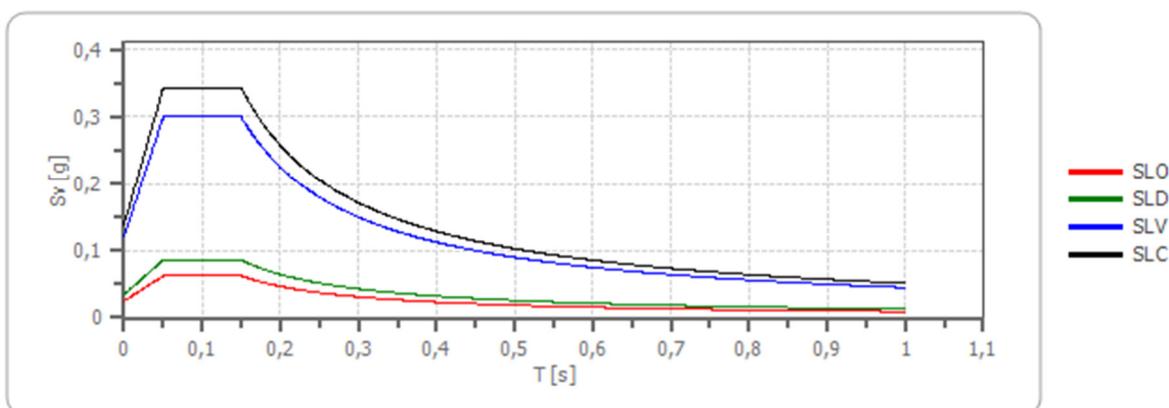
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,507	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,823	0,117	0,294
SLD	2,0	0,069	2,487	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,000	0,145	0,436	1,878	0,146	0,363
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,000	0,152	0,456	2,243	0,328	0,810
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	2,016	1,000	0,153	0,459	2,302	0,354	0,873

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,056	2,507	0,256	1	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
SLD	2,0	0,069	2,487	0,269	1	1,620	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,035	0,086
SLV	2,0	0,161	2,466	0,288	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,122	0,300
SLC	2,0	0,176	2,467	0,290	1	1,580	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,139	0,343

### Spettro di progetto

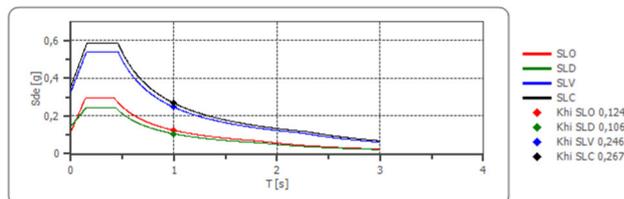
Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

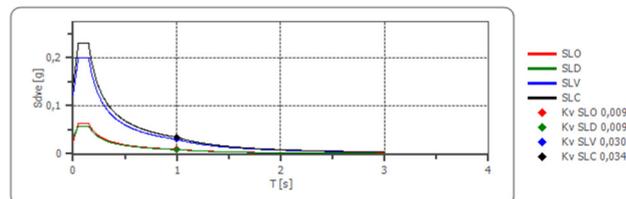
Periodo fondamentale  $T$ : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,124	0,106	0,246	0,267
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,009	0,009	0,030	0,034

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
<b>SLO orizzontale</b>	2,0	0,056	2,507	0,256	1,500	1,650	1,400	2,100	1,000	0,141	0,422	1,823	0,117	0,294
<b>SLO verticale</b>	2,0	0,056	2,507	0,256	1,500	1,650	1,400	1,400	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,062
<b>SLD orizzontale</b>	2,0	0,069	2,487	0,269	1,500	1,620	1,400	2,100	1,500	0,145	0,436	1,878	0,146	0,242
<b>SLD verticale</b>	2,0	0,069	2,487	0,269	1,500	1,620	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,035	0,057
<b>SLV orizzontale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	2,044	1,500	0,152	0,456	2,243	0,328	0,540
<b>SLV verticale</b>	2,0	0,161	2,466	0,288	1,460	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,122	0,200
<b>SLC orizzontale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	2,016	1,500	0,153	0,459	2,302	0,354	0,582
<b>SLC verticale</b>	2,0	0,176	2,467	0,290	1,440	1,580	1,400	1,400	1,500	0,050	0,150	1,000	0,139	0,229

## 5. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

L'intervento prevede l'edificazione di una serie di otto aerogeneratori nella zona Ovest del futuro Parco Eolico Monte Giarolo previa escavazione e sbancamento di porzioni di versante interessate da potenti coperture superficiali a granulometria medio fine sovrapposte all'ammasso roccioso posto solo a grande profondità con edificazione di plinti circolari di 25 metri di diametro e fondazioni profonde immerse in profondità entro l'ammasso roccioso sano ed inalterato. I materiali di scavo, oltre a quanto strettamente necessario ai previsti rimodellamenti saranno correttamente smaltiti presso centri autorizzati e/o riutilizzato presso siti compatibili previo sviluppo di apposita pratica di riutilizzo di terre e rocce da scavo con adeguate analisi chimico-fisiche.

## 6. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI

Si elenca di seguito tutto quanto può essere un utile riferimento decisionale per il progettista:

- **Rischio idrogeologico:**
  - Rischio frana attuale: potenziale
  - Rischio frana potenziale: presene
  - Rischio di esondazione attuale: assente
  - Rischio di esondazione potenziale: assente
  - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante attuale: presente
  - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante potenziale: presente
  - Rischio di crollo massi attuale: presente come piccoli distacchi
  - Rischio di crollo massi potenziale: presente come piccoli distacchi.

- **Rischio sismico: medio, con un sisma "storico" con Mw > a 6.7.**
- Rischio liquefazione attuale: da valutare a seguito di indagine geognostica
- Rischio liquefazione potenziale: da valutare a seguito di indagine geognostica
- **Rischio cavità: assente.**

#### **PRESCRIZIONI**

L'intervento in progetto è un intervento di nuova edificazione degli aerogeneratori afferenti Il Parco Eolico Monte Giarolo, per l'esecuzione del quale si forniscono qui le seguenti prescrizioni operative minime e che dovranno essere soggette a revisione in fase esecutiva:

- tutte le opere in progetto dovranno rispettare le distanze dai corsi d'acqua come previsto dalla normativa vigente con particolare riferimento al R. D. 523/1904 e relativa normativa regionale e di bacino;
- in sito dovrà essere sviluppata una corretta rete di regimazione delle acque meteoriche tale da permettere la laminazione dei deflussi e la parziale infiltrazione nel piazzale. Mentre lungo le superficie di neoformazione l'infiltrazione dovrà essere totalmente impedita al fine di mantenere inalterate le capacità tecnico-meccaniche dell'ammasso roccioso;
- non si potranno effettuare accumuli di materiale senza appositi contenimenti;
- le fondazioni dei nuovi manufatti dovranno essere opportunamente dimensionate in modo tale da risultare compatibili con la situazione geologica rilevata in sito; sarà in ogni caso possibile valutare, oltre alla tipologia delle fondazioni profonde, interventi di bonifica dei terreni mediante consolidamento e/o sostituzione;
- preliminarmente ad ogni operazione prevista si dovranno eseguire delle attività di ispezione e controllo del sito e delle porzioni limitrofe allo stesso al fine di evidenziare e risolvere qualsiasi criticità;
- le operazioni scavo e sbancamento del versante dovranno essere svolte in modo tale da minimizzare gli eventuali distacchi di elementi lapidei alterati o terreno di ricoprimento, così come le pareti definitive di rimodellamento dovranno avere una conformazione tale da garantire la stabilità nel tempo;
- le verifiche preliminari dovranno essere condotte sulle scarpate di neoformazione in configurazione di progetto e dovranno essere tali da permettere una scelta di una situazione stabile e conservativa dei fattori di sicurezza cautelativi;
- i distacchi di elementi lapidei e porzioni di coltre dalle superficie definitive di rimodellamento del versante, intrinseci nell'esposizione delle stesse agli atmosferici, potranno essere contenuti tramite opportune opere di contenimento (reti o altro) oppure essere evitati tramite un opportuno programma di manutenzione comprendente consolidamenti locali e disaggi da effettuarsi con cadenza temporale prefissata e ravvicinata. Tale programma di manutenzione, seppur scadenzato diversamente, dovrà essere previsto anche in caso di posa di opere di contenimento;
- le strutture di fondazione dovranno essere dotate di monitoraggio tale da verificare le previsioni progettuali e gli standard di esercizio;

- per tutte quelle opere da eseguirsi in rilevato sarà necessario provvedere ad una bonifica del sottofondo ed a costituire rilevati strutturati atti a sopportare le sollecitazioni indotte dalle strutture;
- per tutte le opere lineari e non lineari che localmente interferiranno con zone di dissesto segnalate in cartografia ed evidenti sul terreno, è necessario provvedere con soluzioni progettuali idonee; particolarmente tali soluzioni dovranno ridurre l'azione ipogea di eventuali deflussi di circolazione.

Si evidenzia, infine, che tutte le verifiche dovranno essere effettuate a seguito di idonea campagna geotecnica considerando un efficace sistema di drenaggio delle acque superficiali su tutto il fronte, condizione necessaria per il mantenimento dei fattori di sicurezza calcolati.

Savona, li dicembre 2022

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)