REGIONE LIGURIA

COMUNE di GARLENDA

Provincia di Savona

OGGETTO: "Progetto in variante al vigente P.R.G. per realizzazione del nuovo museo multimediale della storia della 500, nuova sede amministrativa e foresteria"

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, DI PERICOLOSITA' SISMICA E COMPATIBILITA' CON IL PIANO DI BACINO

D.M. 17/01/2018 O.P.C.M. 3519/2006

Albenga, maggio 2024

COMMITTENTE: Fiat 500 Club Italia,
con sede in Garlenda 17033, Via Roma 90

PROGETTISTA: arch. GAGLIOLO Silvano

Dott. Geol. MACCIO' M. Roberto
Via Bellò,4-S.Fedele 17031 ALBENGA (SV)
Iscrizione O.R.G.L. n° 168
Tel./fax 0182-548404
e-mail: macciogeo@alice.it

Dott. geol. ARRIGHETTI Fabio
Iscrizione O.R.G.L. n°583

INDICE

1. PREMESSA.....pag.3

1.1 TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE.....pag.4

2. GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DEL SITO.....pag.4

3. PROVE GEOGNOSTICHE IN SITO pag.6

3.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI RAPPRESENTATIVI.....pag.6

3.2 PROVE SPT pag.8

4. INDAGINE SISMICA.....pag.9

4.1 INDAGINE SISMICA MASW.....pag.10

4.2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE pag.11

5. PROVE CON IL MARTELLO DI SCHMIDT pag.12

6. COMPATIBILITA' CON IL PIANO DI BACINO.....pag.13

6.1 AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE.....pag.14

7. SISMICITA' DEL SITO DI INTERVENTO pag.14

8. CARTA DELLE M.O.P.S.....pag.18

9. SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO.....pag.19

10. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE pag.20

11. VERIFICHE DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO.....pag.21

11.1 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO A 90° – VERIFICA STATICA pag.23

11.2 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO INCLINATO A 55° – VERIFICA STATICA pag.25

11.3 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO A 90° con OPERA DI SOSTEGNO – VERIFICA STATICA pag.28

12. INDICAZIONI OPERATIVE.....pag.31

ALLEGATI

Allegato n.1A	Vedute aeree lavori eseguiti (da Google Earth)
Allegato n.1B	Documentazione fotografica prove geognostiche in sito (Ottobre 2023)
Allegato n.2	Stratigrafie sondaggi geognostici a carotaggio continuo S1-S2
Allegato n.3	Stese sismiche MASW ed a rifrazione
Allegato n.4	Prove sclerometriche
Allegato n.5	Spettri di risposta sismica

TAV 1A	COROGRAFIA	C.T.R. scala 1:5.000
TAV 2A	STRALCI PIANO DI BACINO	scala 1:5.000
TAV 2B	BACINO IMBRIFERO	scala 1:5.000
TAV 2C	CARTA RISCHIO GEOMORFOLOGICO	scala 1:5.000
TAV 2D	MODIFICA RETICOLO IDROGRAFICO	scala 1:5.000
TAV 2E	STRALCI PAI (aggiorn. 2023)	scala 1:5.000
TAV 3A	CARTA GEOLOGICA	scala 1:10.000
TAV 3B	CARTA GEOMORFOLOGICA	scala 1:10.000
TAV 4	STRALCIO CARTA M.O.P.S.	scala 1:5.000
TAV 5	CARTA DI ANALISI	scala 1:250
TAV 6A	SEZIONE GEOLOGICA RAPPRESENTATIVA A-A	scala 1:200
TAV 6B	SEZIONE GEOLOGICA RAPPRESENTATIVA B-B	scala 1:100

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è redatta a supporto del progetto esecutivo della realizzazione del nuovo Museo multimediale della storia della 500 con sede amministrativa e foresteria, redatto dallo Studio Tecnico Associato C.G.S.

Si precisa che è stata ottenuta l'autorizzazione regionale datata 30-01-2024 in merito alla compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni geomorfologiche del territorio (Parere ex art.89 D.P.R.380/2001).

In riferimento al D.M. 17.01.2018 la Classe d'uso delle costruzioni in progetto è la **Classe II** (Costruzioni il cui uso preveda *normali affollamenti, edifici residenziali*) (NTC 2018 -2.4.2.).
Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla definizione del **modello geologico e geotecnico**.

L'indagine complessiva è stata condotta in riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 17.01.2018 "Decreto Ministeriale – Testo Unitario – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni",
- Circolare 7 del 21-01-2019 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni",
- O.P.C.M. 3519/2006 "Nuova Classificazione sismica del territorio della Regione Liguria",
- D.L.180/1998 convertito in L.267/1998 "Normativa di Piano di Bacino",
- D.G.R.1423/2013 "Terre e rocce da scavo"
- D.P.R.120/2017 "Regolamento e disciplina gestione delle terre e rocce da scavo"
- Delibera n.54/2019 ISPRA "Linee guida terre e rocce da scavo"
- Legge 156/2019 "Decreto sisma"

Sono stati perseguiti i seguenti obiettivi:

- caratterizzazione geologico-tecnica del substrato fondazionale degli edifici in progetto;
- determinazione delle condizioni idrogeologiche del sottosuolo del sito;

I risultati esposti di seguito si basano su:

- rilievo geologico dell'areale;
- risultati di n.2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel sedime del nuovo edificio in progetto (cfr allegato n.2 e TAV.5 per l'ubicazione);

- risultati di n.1 stesa sismica di tipo MASW e a rifrazione in sito (cfr. allegato n.3);
- analisi della cartografia del Piano di Bacino e del PAI;

Secondo il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico, assetto geomorfologico, la suddetta area è soggetta a regime normativo di modificabilità di tipo B (MO-B), **non è soggetta al vincolo idrogeologico.**

1.1 TIPOLOGIA DELL' INTERVENTO IN PROGETTO

La realizzazione del nuovo Museo della 500 si svilupperà su tre fasce sovrapposte di quota, in quella basale sono già stati realizzati n.2 fabbricati residenziali ed il piano interrato di un fabbricato mai terminato. Il nuovo progetto prevede il completamento di un fabbricato residenziale, del piano interrato a parcheggio e di un nuovo fabbricato da realizzarsi sulle due fasce soprastanti a quella già urbanizzata. Nella fascia basale è previsto solo un'opera di scavo subito a monte della strada comunale per realizzare un giardino e l'entrata nel parcheggio interrato di cui sono stati realizzati i muri di sostegno dei fronti di scavo (cfr. allegato n.1 A veduta aerea da google). Si illustrano le fasi dell'intervento che hanno modificato l'assetto geomorfologico dell'areale.

Nel 2010 (cfr. foto n.1 in allegato n.1A) è iniziata l'opera di scavo per preparare l'area a realizzare n.3 fabbricati residenziali; nel 2012 (cfr. foto n.2 in allegato n.1A) erano in fase di realizzazione n.2 fabbricati verso W; nel 2014 (cfr. foto n.3 in allegato n.1A) i lavori sono stati sospesi dopo aver realizzato la fondazione del 3° fabbricato ed i muri di sostegno sottostante la strada comunale. La foto n.4 testimonia la situazione attuale dell'area in progetto da cui si deduce che i lavori sono fermi da ca. 9 anni.

Per il dettaglio del progetto si rimanda agli elaborati progettuali.

La cronistoria dei lavori svolti nell'area è riportata in Allegato n.1A con relativa documentazione fotografica aerea.

2. GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DEL SITO DELL'INTERVENTO

Il sito intervento è ubicato alla base di un versante collinare che degrada verso la sponda sinistra dell'alveo del T.Lerrone, alle quote comprese tra 65m e 70m s.l.m.

L'areale è caratterizzato dalla presenza di estese fasce agricole terrazzate, sostenute da muri

in pietra e cemento di altezza media attorno ai 2m e recentemente è stato oggetto di numerosi interventi di edilizia residenziale con la realizzazione di un'urbanizzazione con edifici mono e plurifamiliari. Il sito intervento infatti è in parte interessato dalla presenza di due edifici costruiti e in parte è costituito da fasce agricole.

L'assetto stratigrafico del sito, individuato nel dettaglio tramite l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, è costituito da una coltre detritica pluvio-colluviale di spessore plurimetrico soprastante un substrato roccioso che non affiora nel sito intervento, ma a monte e nell'intorno; i sondaggi hanno individuato lo spessore delle coltri detritiche di copertura e la profondità della roccia compresa tra 6-9m dal p.c. che logicamente non era stata intercettata durante l'opera di scavo precedente per la realizzazione del piano interrato esistente.

Dal punto di vista geologico il substrato roccioso presente appartiene al **Membro di Caso della Formazione dei Calcari di Ubaga**, secondo la "scuola pavese", mentre più recentemente M.Marini (1989) attribuisce l'area al **Membro di Prai della serie di Albenga**.

I litotipo intercettato nei sondaggi, è rappresentato da calcari marnosi stratificati di colore grigiastro scuro, di media compattezza, con spessore strati centimetrici, ed intervallati a livelli marnoso-pelitici molto scistosi, che si sfaldano in elementi lamellari di spessore medio <1cm.

La giacitura della stratificazione nell'intorno del sito intervento, in particolare nei pressi del cimitero, presenta:

Immers. N 290°÷320°/inclinaz. 40°÷45°

che in rapporto all'andamento del pendio dell'intervento è a reggipoggio/traverpoggio, pertanto favorevole alla stabilità.

La coltre detritica presente ha una matrice limosa con abbondanti frammenti litoidi detrivanti dall'alterazione del litotipo pelitico e calcareo presente.

Lo spessore è plurimetrico, attorno ai 6m nella fascia più a valle e a 9m nella soprastante.

L'areale non è coinvolto in movimenti gravitativi di versante.

Secondo la cartografia geologica del vigente PRG, l'areale dell'intervento è in "classe d'uso non condizionata da fattori geologici".

Per quanto riguarda l'idrogeologia del sito, **è assente la falda acquifera superficiale**, data la litologia prevalentemente argillosa della copertura **mentre sono potenzialmente verificabili scorrimenti idrici all'interno della coltre detritica** e nei livelli fratturati del cappellaccio

roccioso, conseguenti ad eventi meteorici intensi, comunque di scarsa portata.
A tal proposito è stato installato nel foro del sondaggio S1 un tubo piezometrico a tubo aperto per la verifica della presenza di acqua nel sottosuolo a seguito di precipitazioni nel lasso di tempo antecedente alla progettazione esecutiva.
E' presente una falda acquifera profonda contenuta nel substrato roccioso come rilevato in un pozzo perforato nell'areale circostante attorno alla profondità di 40m.

3. PROVE GEOGNOSTICHE IN SITO

Nella precedente indagine geologica redatta a supporto dei fabbricati residenziali esistenti nell'area del presente progetto (ottobre 2008), erano state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche medie che non hanno superato la profondità di 1.5m per la presenza di blocchi e frammenti rocciosi.

In questa fase di indagine per verificare l'assetto geologico stratigrafico del sito si sono eseguiti n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo S1-S2 nel sito in oggetto (cfr. foto in Allegato n.1B documentazione fotografica prove in sito), per definire la stratigrafia di dettaglio e le caratteristiche geotecniche del terreno (cfr TAV.5 per l'ubicazione). Inoltre è stata eseguita un indagine sismica MASW ed a rifrazione al fine della determinazione della stratigrafia sismica del sito di studio e il calcolo della Vs equivalente finalizzata alla definizione della categoria sismica del sottosuolo secondo le NTC 2018.

3.1 SONDAGGI A ROTAZIONE ED A CAROTAGGIO CONTINUO

Nell'area di intervento sono stati realizzati n.2 sondaggi a carotaggio continuo. Per eseguire le indagini, è stata attrezzata, approntata e trasportata una macchina perforatrice marca CMV modello 420 MK.
La ditta esecutrice è la Terrach s.r.l. di Vado ligure.
I sondaggi eseguiti e le loro caratteristiche sono riassunti in B.

Tabella B: sondaggi eseguiti

Sondaggio	Perforazione	Profondità sondaggio	Piezometro
S1	carotaggio continuo	10 m	10 m
S2	carotaggio continuo	10 m	-

I sondaggi sono stati realizzati con l'utilizzo della macchina perforatrice CMV 420 F matricola 1293, dotata delle seguenti caratteristiche tecniche:

- sottocarro cingolato di larghezza pari a 1.40 m;
- testa di rotazione TR 420 B (4 velocità), coppia min/max kgm 429-63;
- movimento verticale rotary mediante cilindro idraulico e catene;
- spinta massima 1500 kg tiro massimo 2500 kg;
- pompa scarotatrice;
- argano idraulico 1500 Kg;
- pompa fango a vite Bellin con portata massima 120 l/min pressione max. 20 bar;
- motore diesel Deutz con quattro cilindri potenza 70 Hp;
- cofanatura di insonorizzazione (70 dbA a 5 metri);
- completa di amplificatore, sensori e trasduttori per registratore di parametri tipo Envi Geoprinter 60.

A corredo della sonda, durante la perforazione, sono state inoltre impiegate le seguenti attrezzature:

- Carotieri semplici Ø 101 mm della lunghezza di 1500 mm;
- Carotieri doppi tipo T6 e tipo T6S Ø 101 mm della lunghezza di 1500 mm;
- Corone carotiere semplice Ø 101 in widia;
- Corone carotiere doppio T6 Ø 101 diamantate impregnate;
- Aste di perforazione con filettatura API Reg Ø 76 mm;
- Tubi di rivestimento in ferro Ø 127 mm.

La perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti è stata eseguita con aste di perforazione Ø 76 mm e carotieri semplici Øest. 101 mm, dotati di corone in widia.

Per consentire la massima percentuale di recupero del campione, evitando fenomeni di dilavamento dell'eventuale frazione fine contenuta, l'impiego del carotiere nei terreni è stato effettuato con avanzamento a secco escludendo l'uso di fluido di circolazione.

La stabilità delle pareti del foro è stata assicurata mediante l'utilizzo di rivestimenti metallici provvisori del diametro esterno pari a 127 mm che hanno seguito le manovre di avanzamento del carotiere e che sono stati estratti e recuperati a fine perforazione.
Nel corso della posa del rivestimento è stato impiegato come fluido di perforazione acqua pulita.
Dopo l'estrusione il materiale recuperato dal carotiere è stato immediatamente trasferito in apposite cassette catalogatrici in PVC.
Durante la campagna di sondaggi sono stati incontrati anche materiali litoidi che sono stati perforati con l'utilizzo di carotiere doppio tipo T6 Øest. 101 mm dotato di corone diamantate impregnate, utilizzando come fluido di perforazione acqua pulita.
Per la dettagliata esposizione delle litostratigrafie si rimanda alle stratigrafie riportate in Allegato n.2.
Durante l'esecuzione dei sondaggi della campagna geognostica sono state eseguite prove SPT a diverse profondità nel sottosuolo al fine di definire i parametri geotecnici dei terreni attraversati.

Le perforazioni hanno raggiunto entrambe il substrato roccioso a litologia fine marnosa il cui grado di alterazione variabile attribuisce alla roccia una qualità da molto scadente ascrivibile alla classe V di Bieniawski a scadente di classe IV di Bieniawski nella porzione meno alterata.

Il valore RQD, ovvero l'indice di qualità dell'ammasso roccioso, derivante dalla sommatoria degli spezzoni di carota ≥10cm sulla lunghezza totale perforata **è risultata uguale a zero (molto scadente).**

3.2. PROVE SPT (Standard Penetration Test)

Durante i sondaggi sono state eseguite n. 5 prove SPT, 3 nel sondaggio S1 ed 2 nel sondaggio S2, condotte secondo la procedura standard e a fondo foro pulito, per caratterizzare geotecnicamente i livelli di terreno a differente litologia.
La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso con la battuta di un maglio del peso di 63,5 kg, a partire dal fondo foro di sondaggio, con la determinazione dell'indice N_{SPT} / 30 cm (Resistenza alla penetrazione).

Si fanno alcune considerazioni sulle prove eseguite.

- $N_{SPT} = N_2 + N_3$ ovvero è la somma dei colpi necessari per la penetrazione pari a 30 cm, esclusi i 15 cm iniziali = N_1;
- Le prove SPT sono state condotte con scarpa tagliente o campionatore Raymond, con campionamento del terreno analizzato.

I risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi S1 e S2 vengono riassunti nella sottostante tabella:

TABELLA C: *Risultati S.P.T. in sondaggio S1 e S2*

SONDAGGIO	S.P.T.	Profondità dal p.c. (m)	N colpi N1 – N2 – N3	Nspt N2 + N3	$(N1)_{60}$
S1	1	1.50÷1.95	5 – 7 – 7	**14**	**16**
	2	4.50÷4.95	12 – 13 – 16	**29**	**30**
	3	7.50÷7.95	11 – 13 - 17	**30**	**26**
S2	4	1.50÷1.95	60 – Rif.	**R**	**R**
	5	4.50÷4.95	8 – 10 - 8	**18**	**18**

Il valore $(N1)_{60}$ = Nspt x C_E x C_N x C_B x C_R x C_S

Dove:

C_E = correzione rendimento

C_N= correzione pressione litostatica

C_B= correzione diametro di perforazione

C_R= correzione lunghezza aste

C_S= correzione fustella

I valori ottenuti dalle SPT sono sovrastimati dalla presenza di frammenti rocciosi.

4. INDAGINE SISMICA

L'indagine geofisica è stata eseguita nella giornata del 31-10-2023 ed è consistita nella realizzazione di una prospezione sismica mediante il metodo M.A.S.W. ed a rifrazione, attraverso cui ricavare il profilo monodimensionale delle velocità delle Onde S nel sottosuolo e la conseguente stima del parametro VS,eq, secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018

"Norme Tecniche per le Costruzioni" (metodo masw) ed il modello stratigrafico secondo le velocità delle onde P in profondità (metodo a rifrazione) .
Sono stati utilizzati 16 geofoni orizzontali interdistanziati di 3 m, per una lunghezza totale dell'array di 48 m.

4.1. INDAGINE GEOFISICA MASW

E' stata eseguita ed interpretata n.1 stesa sismica di tipo MASW dalla ditta Indago s.r.l. (specialista in questa tipologia di indagini indirette) di Genova il cui report è contenuto nell'allegato n.3; la prova è stata eseguita lungo la fascia agricola in corrispondenza dell'intervento con piano interrato (cfr TAV.5 carta di analisi), in un tratto accessibile secondo lo stato dei luoghi attuale e con la lunghezza disponibile per la stesa sismica.
L'elaborazione dei dati sismici ottenuti dalle indagini sismiche MASW ha consentito di ricavare **il modello medio di distribuzione delle velocità delle Onde S ed il parametro VSeq relativo al tratto di sottosuolo del sito in esame.**
L'elaborazione dei risultati della stesa sismica MASW è sintetizzata nella tabella seguente, in cui sono stati suddivisi i valori delle velocità delle Onde S, ipotizzando i seguenti modelli di velocità:

Tabella D: Sismostrati desunti dalla prova MASW

Profondità dal p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
2	2	170
7	5	370
11	4	650
Inf.	Inf.	1100

Il valore relativo del parametro VSeq, è pari a:

Vseq = 540 m/sec

ricadendo secondo la normativa italiana D.M. 17/01/2018 (vigente alla data di esecuzione), in **classe B**.
Per il dettaglio riguardante i metodi di elaborazione e l'elaborazione stessa si rimanda agli allegati n.3.

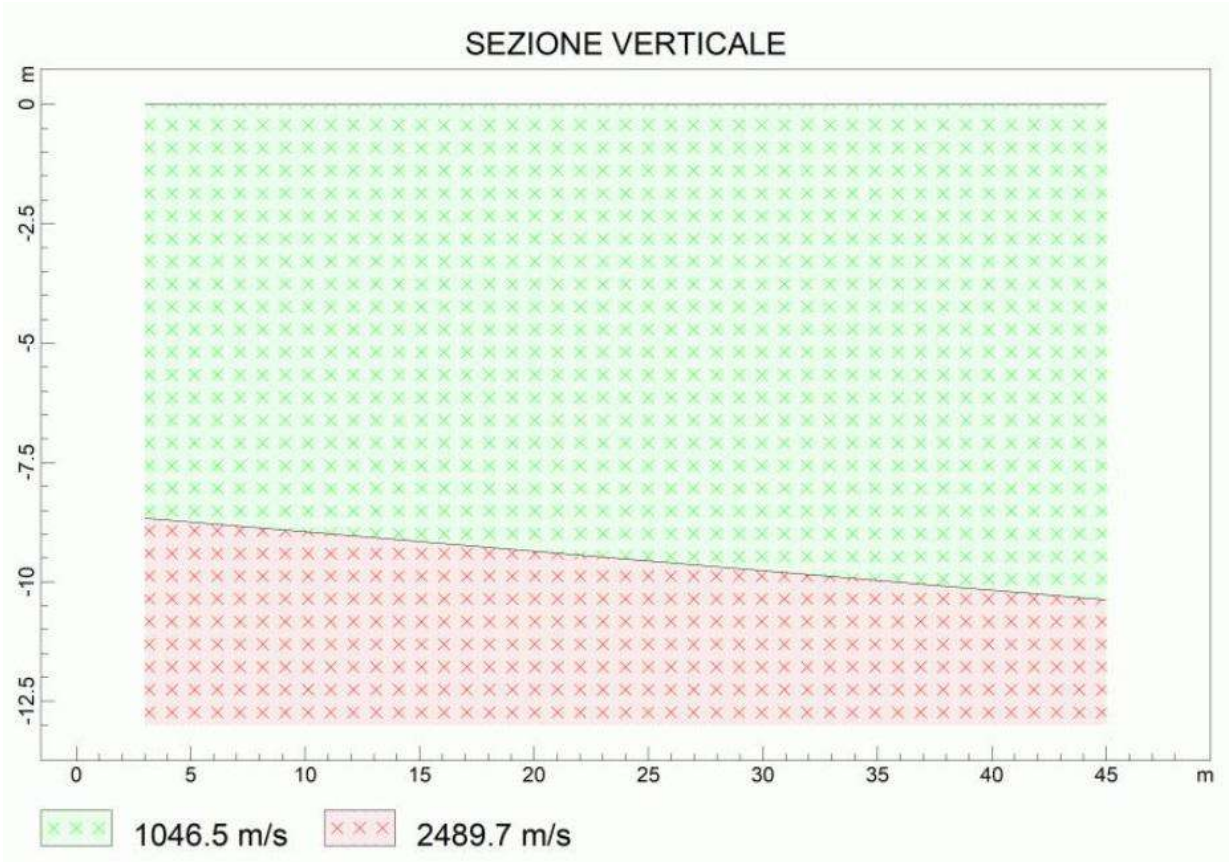
4.2. ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Utilizzando la stesa sismica di tipo MASW è stata eseguita anche un'analisi sismica a rifrazione dalla ditta Indago s.r.l. di Genova il cui report è contenuto nell' allegato 3.

L'elaborazione dei dati sismici ottenuti dall' analisi sismica a rifrazione ha consentito di ricavare **la stratigrafia sismica del sottosuolo.**
L'elaborazione dei risultati è sintetizzata nelle tabelle seguenti, in cui sono stati suddivisi i valori delle velocità delle Onde P, ipotizzando i seguenti modelli di velocità:

Tabella E: Sismostrati desunti dalla prova a rifrazione

N.strato	V_p (m/sec)
1	1046.5
2	2489.7



Per il dettaglio riguardante i metodi di elaborazione e l'elaborazione stessa si rimanda all'allegato n.3.

5. PROVE CON IL MARTELLO DI SCHMIDT

La procedura per l'esecuzione delle prove sclerometriche consiste nel misurare la risposta della roccia all'urto di un pistoncino in direzione perpendicolare alla superficie rocciosa, direttamente in sito, mediante l'utilizzo dello sclerometro (o"Martello di Schmidt").

I cinque valori maggiori dei rimbalzi ottenuti, mediati e corretti in funzione dell'orientazione dello sclerometro, conducono, attraverso la formula di Miller, alla stima del valore di resistenza alla compressione uniassiale JCS; analogo il risultato ottenibile da un apposito abaco.

Per una caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso si utilizzano i risultati di alcune prove sclerometriche eseguite sull' affioramento presente nell'intorno dell'intervento verso ovest, nei pressi del cimitero, che hanno interessato la litofacies rocciosa alterata (cappellaccio di alterazione substrato roccioso).

Gli indici di rimbalzo al martello di Schmidt ottenuti sulla superficie di discontinuità costituita dal piano di stratificazione e la corrispondente stima del valore della resistenza a compressione monoassiale, sono riassunti in Allegato n.4.
Il valore così ottenuto, **JCS = 49.7 MPa**, definisce una **roccia di bassa resistenza a compressione monoassiale** (cfr. Tabella seguente, intervallo 25÷50 MPa).

	JCS (MPa)	Resistenza della roccia alla compressione monoassiale
	< 25	molto bassa
⇒	**25-50**	**bassa**
	50-100	media
	100-250	alta
	>250	molto alta

Si tratta di **un ammasso roccioso di scadente qualità geomeccaniche, cavabile con bassa difficoltà** e con produzione di blocchi tabulari. Si precisa che le prove sono state eseguite sul litotipo meno alterato.

6. COMPATIBILITA' CON IL PIANO DI BACINO DEL CENTA

Si riportano gli stralci cartografici del Piano di Bacino in vigore dal 14/11/2002, aggiornato con D.P.C. n° 47/2003 e s.m.i.

L'ubicazione puntuale dell'area di intervento è specificata negli stralci cartografici riportati in TAV.2A-2C a cui si rimanda, e di seguito si sintetizzano le normative:

CARTA	**NORMATIVA INTERVENTO**
SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI	In Pg0 area a suscettività al dissesto molto bassa
RISCHIO GEOMORFOLOGICO	In Rg0 area a rischio geomorfologico lieve o trascurabile
FASCE DI INONDABILITA'	L'areale non ricade in fascia esondabile
INTERVENTI	Non sono previsti interventi nel sito in oggetto
RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE	Non ricade in area di tutela di corso d'acqua pubblico e/o demaniale*

* Il tracciato del corso d'acqua indicato nella cartografia del Reticolo Idrografico del Piano di Bacino (anno 2012) è errato ed è stato corretto, a seguito del recepimento dell'osservazione inoltrata dal Comune di Garlenda (cfr TAV.2D), sulla cartografia del Reticolo Idrografico Regionale (anno 2019), secondo lo stato dei luoghi attuale in cui il rio scorre per un tratto interrato lungo il confine ovest del lotto intervento (cfr. TAV.2B bacino imbrifero da stralcio Reticolo Regionale 2019).

Il suddetto corso d'acqua ha un bacino imbrifero di 0.11 km^2, è dunque classificabile come **corso d'acqua minore (III livello)**, possiede una fascia di rispetto ed una fascia di inedificabilità assoluta pari a 10 m dal limite demaniale (cfr TAV.2B bacino imbrifero).

All'interno di tale fascia non sono previsti interventi nel progetto di variante e pertanto esso **risulta compatibile con la normativa di Piano di Bacino e il R.R.3/2011 e s.m.i.**

6.1 AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Si ricorda che, ai sensi dell'art. 2 c. 1 della Delibera della C.I.P. dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 40/2024, a far data dall'8/04/2024, trovano applicazione le mappe di cui all'art. 6 della disciplina di Piano del PAI distrettuale che, dalla medesima data, sostituiscono quelle dei PAI vigenti, in particolare le mappe di cui all'art. 6 c. 1 della disciplina del PAI dissesti costituiscono il riferimento cartografico unico in materia di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica. Ai sensi dell'art. 4 della Delibera CIP 40/2024, nelle more dell'emanazione delle disposizioni regionali di attuazione in campo urbanistico, continuano a trovare applicazione le disposizioni dei PAI vigenti e le ulteriori disposizioni regionali.

A far data dall'1/01/2024 i Piani di Bacino Stralcio sono superati dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per quanto riguarda la disciplina dell'assetto idraulico. Le mappe della pericolosità di riferimento sono le mappe del PGRA. Tuttavia, ai sensi dell'art. 75 della L.R. 20/2023, fino alla emanazione del regolamento regionale ex art. 91 c. 1 ter 2 della L.R. 18/1999 trova applicazione la disciplina per l'assetto idraulico dei previgenti Piani Stralcio.

In TAV.2E sono state riportate le mappe ora in vigore sopracitate anche se non è individuata una propensione al dissesto (mappa PAI dissesti) e non ricade in pericolosità Fluviale.

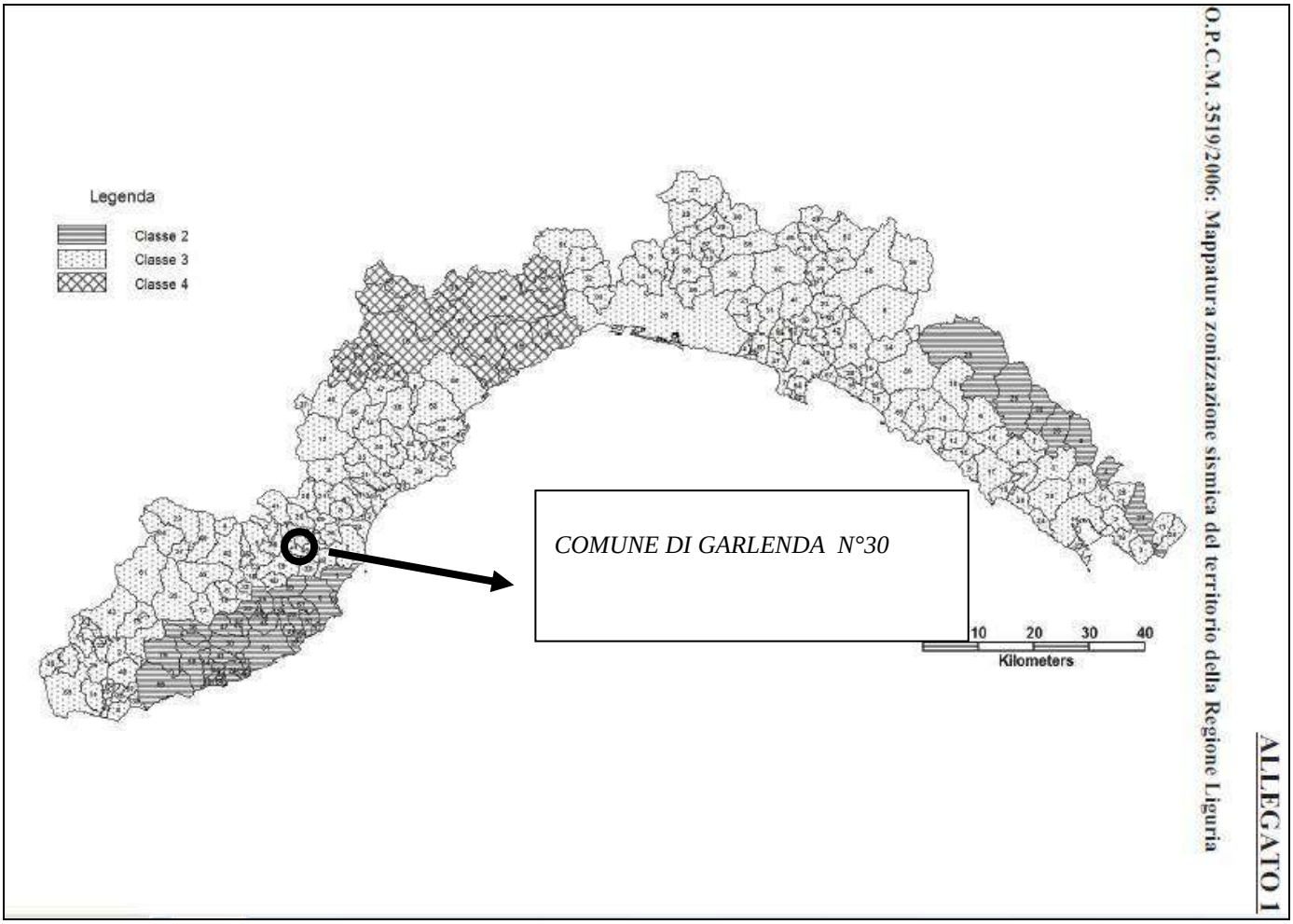
CARTA DI SINTESI	NORMATIVA INTERVENTO
MAPPA PAI DISSESTI – Pericolosita', Subsidenza	L'intervento non ricade in area con propensione al dissesto
PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera	L'intervento non ricade in area di pericolosità fluviale

7. SISMICITA' DEL SITO DELL'INTERVENTO

La Regione Liguria, con la Delibera di Giunta Regionale n° 530 del 16/05/2003, ed in ottemperanza al disposto di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, ha approvato la nuova classificazione sismica dei Comuni Liguri come specificato nell'Allegato n.1 della delibera.

Attualmente a seguito dell'ufficializzazione della mappa della pericolosità sismica pubblicata dall'INGV e approvata dalla stessa O.P.C.M. 3915/2006, è stata pubblicata la nuova

classificazione sismica del territorio della Regione Liguria con la D.G.R. n.1308 del 2008, aggiornata dalla D.G.R. 1362 del 19-11-2010, **e attualmente aggiornata e sostituita dalla D.G.R. 216 del 17-03-2017, entrata in vigore dal 19 luglio 2017.**



Il Comune di Garlenda è stato classificato, secondo la nuova classificazione, in Classe Sismica 3 con rispettivamente il n°30 nell'Allegato 1 della citata Delibera n. 216/2017;
i valori delle massime accelerazioni orizzontali nel periodo di riferimento vengono direttamente calcolati mediante l'Allegato delle N.T.C. 2018 e non più utilizzando i valori di ancoraggio delle zone sismiche definite nella suddetta classificazione regionale, come stabilito dalla precedente D.G.R. 1308/2008.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento"VR" espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno

pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);

- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento *PVR*, *a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*
- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
Una delle novità delle NTC è appunto la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti, ove viene fornita la terna di valori ag, Fo e T*C per nove distinti periodi di ritorno TR.

I coefficienti sismici orizzontale Kh e verticale Kv da utilizzare nella determinazione della forza inerziale dovuta al sisma di progetto, sono i seguenti:

$$Kh=\beta_s \times a_{max}/g;\ Kv=\pm 0.5 \times Kh$$

dove:

β_s= coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g= accelerazione di gravità

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio, secondo la seguente espressione:

$$a_{max}=S_S \times S_T \times a_g$$

dove:

S_S= coefficiente di amplificazione stratigrafica $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T= coefficiente di amplificazione topografica per fondazioni in prossimità di pendi.

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 (S_T = 1.0) T2 (S_T = 1.20) T3(S_T =1.20) T4(S_T = 1.40).

a_g= accelerazione orizzontale massima al sito

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R=-V_R/\ln(1-PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Si è determinato quindi la pericolosità sismica del sito oggetto di intervento, mediante l'ausilio del software della GEOSTRU, fornendo i seguenti dati:

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Sito in esame.

latitudine: 44,034689
longitudine: 8,10122

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 18459 Lat: 44,0102 Lon: 8,0662 Distanza: 3905,968
Sito 2 ID: 18460 Lat: 44,0134 Lon: 8,1355 Distanza: 3619,784
Sito 3 ID: 18238 Lat: 44,0633 Lon: 8,1311 Distanza: 3979,140
Sito 4 ID: 18237 Lat: 44,0601 Lon: 8,0617 Distanza: 4240,071

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [s]
S.L.O.	30.0	0.265	2.488	0.19
S.L.D.	50.0	0.363	2.597	0.207
S.L.V.	475.0	1.383	2.427	0.286
S.L.C.	975.0	1.883	2.464	0.301

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
S.L.O.	0.318	0.2	0.0065	0.0032
S.L.D.	0.4356	0.2	0.0089	0.0044
S.L.V.	1.6596	0.24	0.0406	0.0203
S.L.C.	2.2596	0.24	0.0553	0.0277

Si precisa che si è considerato come sottosuolo di riferimento del sito in oggetto una **categoria di suolo B**, secondo la prova sismica MASW eseguita in sito;

è stata considerata la correzione topografica T1 dato che il sito si trova alla base di un versante.

8. CARTA M.O.P.S.

In TAV.4 è riportato uno stralcio della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica" facente parte dello studio di microzonazione sismica di I° livello redatto dallo studio scrivente.

Tale carta ha la finalità di valutare la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la microzonazione sismica individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Il prodotto finale di sintesi della microzonazione sismica è costituito appunto dalla carta delle M.O.P.S. del territorio in cui sono indicate:

- zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia piatta o semi-pianeggiante);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio quali instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

L'areale intervento ricade in ZONA 6 - Alluvioni antiche ghiaioso-sabbiose-argillose, da poco ad addensate.

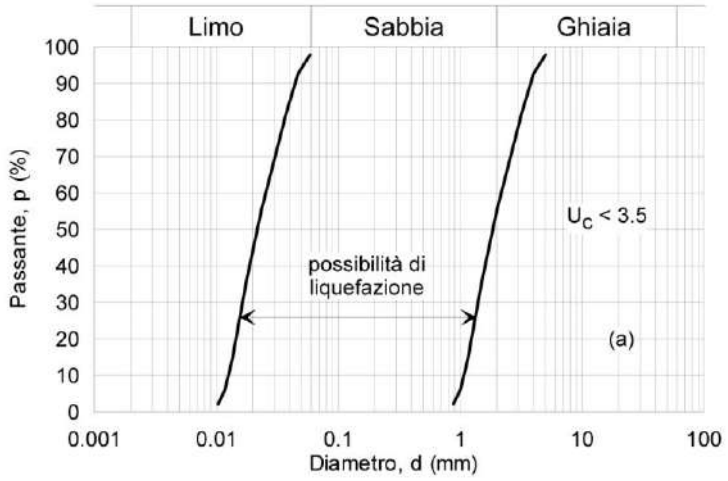
9. SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO

Il fenomeno della liquefazione di un terreno consiste nella riduzione della sua resistenza al taglio causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante un evento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative.

Fattori predisponenti la suscettività di liquefazione sono la presenza della falda acquifera in prossimità del piano di campagna, il terreno di fondazione con lenti/strati di sabbie sciolte o poco addensate sottofalda, basso contenuto di materiale fine ed il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo (M>5) e lunga durata.

La verifica a liquefazione può non essere eseguita se risulta essere soddisfatta una sola delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi non superiori a magnitudo M=5;
- accelerazioni massime attese al piano di campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano campagna, per p.c. sub-orizzontale e fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata N1(60)>30;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti per U_C<3.5 e per U_C>3.5:



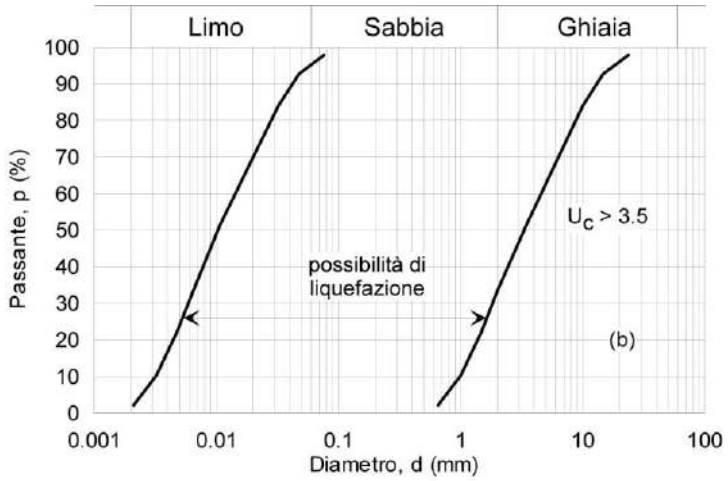


Figura 7.11.1 – *Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.*

Pertanto, non essendo presente una falda superiore ai 15m dal piano campagna (terza circostanza), e per la litologia del terreno prevalentemente argilloso è possibile escludere l'attivazione del fenomeno della liquefazione del terreno.

10. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Nella seguente Tabella F viene rappresentato un quadro sinottico dei parametri geotecnici dei diversi terreni costituenti il volume significativo delle fondazioni, derivante dai risultati delle prove geognostiche eseguite in sito e dalle note correlazioni con i valori N_{SPT} di riferimento.

I valori sono stati mediati tra quelli più cautelativi dei vari autori, precisando che i valori relativi alla coltre detritica sono risultati sovrastimati a causa della presenza di ghiaia/detriti rocciosi in corrispondenza delle prove SPT svolte.

Si riportano i valori medi caratteristici a supporto della progettazione esecutiva.

TABELLA F – Valori geotecnici dei terreni

(da correlazioni empiriche con valori Nspt – vari autori)

PARAMETRO GEOTECNICO	**Terreno agricolo superficiale sino a -1.0m da p.c.**	**Terreno argilloso-ghiaioso con detrito roccioso**	**Cappellaccio di alterazione substrato roccioso**
Angolo di attrito	Φ=30°	Φ=29°	Φ=33°
Peso di volume naturale	$Y_{nat.}$=1.85 t/m^3	$Y_{nat.}$=1.80 t/m^3	$Y_{nat.}$=2.5 t/m^3
Coesione non drenata	C_u=0.5 Kg/cm^2	C_u=0.3 Kg/cm^2	-
Coesione drenata	C'=0.2 Kg/cm^2	C'=0.08 Kg/cm^2	C'=1.0 Kg/cm^2
Densità relativa	D_r= 40 %	D_r= 50 %	-
Modulo di Winkler (direz. Z)*	$K_1(b_1)$=4 Kg/cm^3	$K_1(b_1)$=3 Kg/cm^3	$K_1(b_1)$=18 Kg/cm^3
Modulo di Poisson	υ=0.4	υ=0.35	υ=0.3

* valore indicativo poiché dipende anche dalla forma e dimensioni della fondazione e dai carichi della struttura, variabili non conosciute dallo scrivente.

Si rimanda alle tavole 6A e 6B per le sezioni geologiche rappresentative.

11. VERIFICHE DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Per verificare la stabilità dell'opera di scavo in progetto, **sono state eseguite delle verifiche di stabilità del fronte di scavo massimo previsto**, pari a 5.70m secondo la sezione A-A' in TAV.6A, **rispetto alla conformazione morfologica in fase di cantiere, senza opere di contenimento.**

Inoltre è stata considerata la stabilità del fronte di scavo relativo al settore di monte del locale foresteria che non avendo sufficiente disponibilità di spazio sarà da realizzare con preventiva berlinese in micropali immorsati nel substrato roccioso.

Le procedure di calcolo per l'analisi di stabilità globale del pendio, calcolate mediante l'impiego del **software SLOPE distribuito dalla soc. Geostru**, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza Fs alla traslazione e/o rotazione del volume compreso fra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta.

Le verifiche di sicurezza si intendono soddisfatte se la condizione (6.2.1) delle NTC risulta soddisfatta per tutti i possibili cinematismi di collasso. Bisogna quindi ricercare la condizione di minimo per il rapporto Rd/Ed. Le verifiche devono essere effettuate utilizzando la

combinazione dei coefficienti parziali di cui al § 6.8.2 delle NTC: (A2+M2+R2), in cui i coefficienti A2 sono moltiplicativi delle azioni e i coefficienti M2 ed R2 sono rispettivamente riduttivi dei parametri di resistenza e della resistenza globale del sistema.

È bene precisare che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile va applicato il coefficiente A2 riportato nella colonna GEO della Tabella 6.2.I delle NTC (γG1 = 1.0).

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_V = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i \right\} \times \dfrac{\sec\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di ***Bishop ordinario,*** gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

11.1 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO A 90° – VERIFICA STATICA

Si è considerata (lungo la traccia di un tratto della sezione A-A' dell'elaborato progettuale), la condizione di stabilità globale del fronte di scavo a valle della foresteria a seguito della realizzazione della nuova autorimessa interrata, con la pendenza del fronte a 90°, senza opera di sostegno del fronte di scavo.

Sono state effettuate numerosissime simulazioni condotte in condizioni statiche (la più cautelativa), ovvero utilizzando la riduzione dei parametri geotecnici dei terreni tramite coefficienti NTC 2018, sino a determinare la situazione che si ritiene più sfavorevole in termini di sicurezza, generata da superfici di possibile scivolamento circolari passanti lungo il fronte in oggetto.

Si è così delineata una situazione di **instabilità del fronte di scavo** (alcune superfici circolari sul fronte presentano un Fs<1, con **valore minimo Fs=0.86 passante per la coltre detritica.**

Di seguito sono esposti i risultati delle verifiche di stabilità svolte con l'analisi della superficie critica con Fs minore:

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-1.67 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2.66 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6.68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	6.92 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	8		29	18		coltre detritica	
2	100		33	25		roccia	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

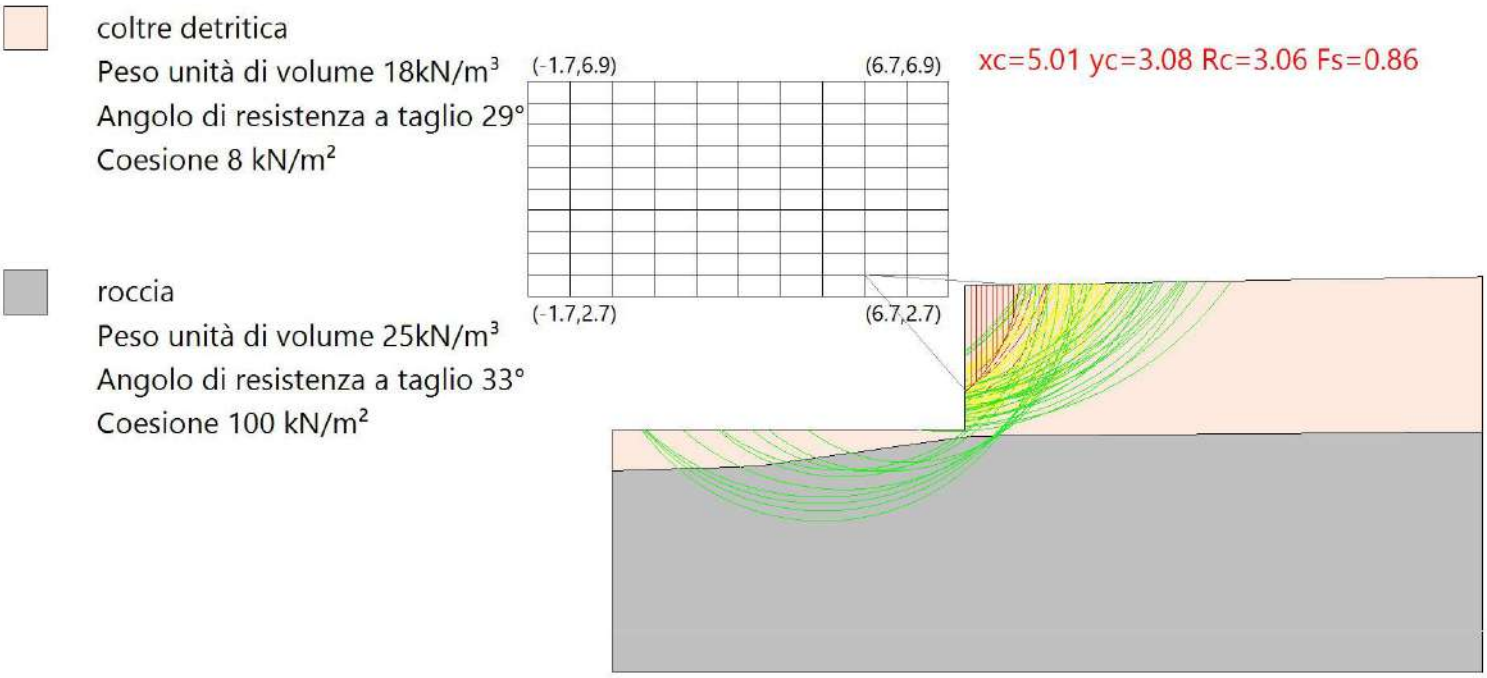
Fs minimo individuato	**0.86**
Ascissa centro superficie	5.01 m
Ordinata centro superficie	3.08 m
Raggio superficie	3.06 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 5.006 yc = 3.082 Rc = 3.064 Fs=0.864

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.1	42.4	0.1	3.88	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	3.1	2.4
2	0.1	45.0	0.1	3.69	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	2.9	2.3
3	0.1	47.9	0.2	3.49	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	2.7	2.3
4	0.1	50.9	0.2	3.26	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	2.4	2.2
5	0.1	54.1	0.2	3.01	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	2.1	2.2
6	0.1	57.6	0.2	2.72	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	1.7	2.1
7	0.1	61.5	0.2	2.38	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	1.2	2.1
8	0.1	65.9	0.3	1.99	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	0.5	2.0
9	0.1	71.4	0.3	1.49	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	-0.8	1.8
10	0.1	80.4	0.6	0.75	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	-5.5	1.7



11.2 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO INCLINATO A 55° – VERIFICA STATICA

A seguito della disponibilità di spazio a tergo dello scavo, si è considerata (lungo la traccia di un tratto della sezione A-A' dell'elaborato progettuale), la condizione di stabilità globale del fronte di scavo a valle della foresteria a seguito della realizzazione della nuova autorimessa interrata, con la pendenza del fronte a 55° per raggiungere condizioni di sicurezza, senza opera di sostegno del fronte di scavo.

Sono state effettuate numerosissime simulazioni condotte in condizioni statiche (la più cautelativa), ovvero utilizzando la riduzione dei parametri geotecnici dei terreni tramite coefficienti NTC 2018, sino a determinare la situazione che si ritiene più sfavorevole in termini di sicurezza, generata da superfici di possibile scivolamento circolari passanti lungo il fronte in oggetto.

Si è così delineata una situazione di **stabilità del fronte di scavo** (tutte le superfici circolari sul fronte presentano un Fs>1, con **valore minimo Fs=1.24 passante per la coltre detritica.**

Di seguito sono esposti i risultati delle verifiche di stabilità svolte con l'analisi della superficie critica con Fs minore:

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0.85 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2.43 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.5 m
Ordinata vertice destro superiore ys	6.7 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	8		29	18		coltre detritica	
2	100		33	25		roccia	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

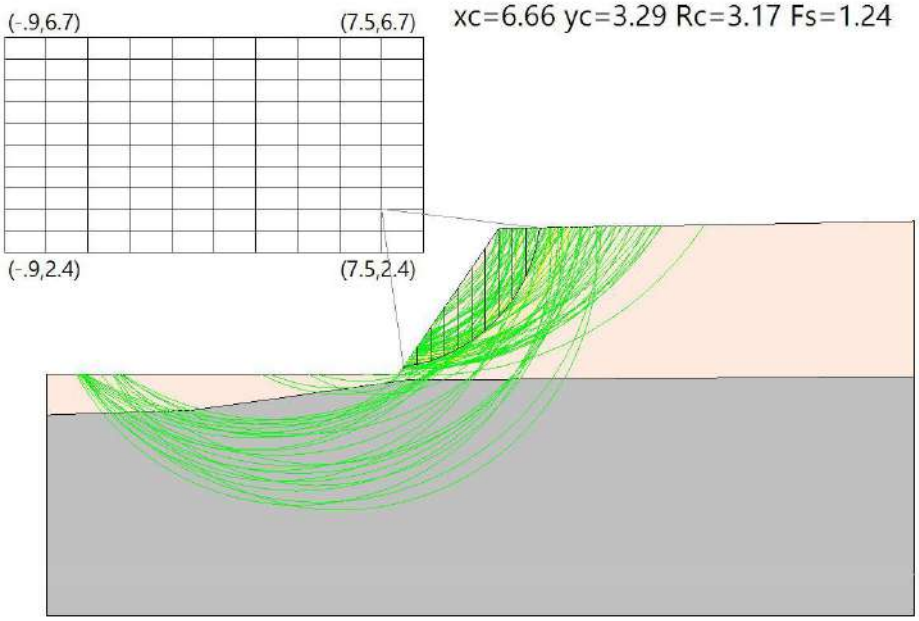
Fs minimo individuato	**1.24**
Ascissa centro superficie	6.66 m
Ordinata centro superficie	3.29 m
Raggio superficie	3.17 m

xc = 6.664 yc = 3.286 Rc = 3.171 Fs=1.236

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.27	10.4	0.3	0.85	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	0.6	1.5
2	0.27	15.5	0.3	2.47	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	2.0	2.0
3	0.27	20.6	0.3	3.96	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	3.3	2.4
4	0.27	26.0	0.3	5.31	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	4.5	2.9
5	0.27	31.6	0.3	6.51	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	5.6	3.3
6	0.27	37.5	0.3	7.52	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	6.6	3.8
7	0.27	44.0	0.4	8.31	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	7.5	4.2
8	0.27	51.4	0.4	7.82	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	7.1	4.3
9	0.27	60.2	0.5	5.92	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	4.7	4.1
10	0.27	74.2	1.0	2.99	0.0	0.0	6.4	23.9	0.0	-2.6	3.8

coltre detritica
Peso unità di volume 18kN/m³
Angolo di resistenza a taglio 29°
Coesione 8 kN/m²

roccia
Peso unità di volume 25kN/m³
Angolo di resistenza a taglio 33°
Coesione 100 kN/m²



11.3 STABILITÀ GLOBALE – SCAVO A 90° con OPERA DI SOSTEGNO – VERIFICA STATICA

Si è considerata (lungo la traccia di un tratto della sezione A-A' dell'elaborato progettuale), la condizione di stabilità globale del fronte di scavo a monte dell'edificio foresteria che essendo prossimo ad un muro di fascia, non dispone di sufficiente spazio per realizzare uno scavo con fronte inclinato; pertanto, dovendo operare con la pendenza del fronte a 90°, è necessaria una preventiva opera di sostegno costituita da una berlinese in micropali.

Sono state effettuate numerosissime simulazioni condotte in condizioni statiche (la più cautelativa), ovvero utilizzando la riduzione dei parametri geotecnici dei terreni tramite coefficienti NTC 2018, sino a determinare la situazione che si ritiene più sfavorevole in termini di sicurezza, generata da superfici di possibile scivolamento circolari passanti lungo il pendio in oggetto.

Si è così delineata una situazione di **stabilità globale del fronte di scavo** (tutte le superfici circolari sul fronte presentano un Fs>1, con **valore minimo Fs=1.26 passante per la coltre detritica.**

Di seguito sono esposti i risultati delle verifiche di stabilità svolte con l'analisi della superficie critica con Fs minore:

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	18.48 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	6.63 m
Ascissa vertice destro superiore xs	29.2 m
Ordinata vertice destro superiore ys	13.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	8		29	18		coltre detritica	
2	100		33	25		roccia	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m³)
1	34.37	4.97	0	0	3.6	0.4	0.5	25

Pali...

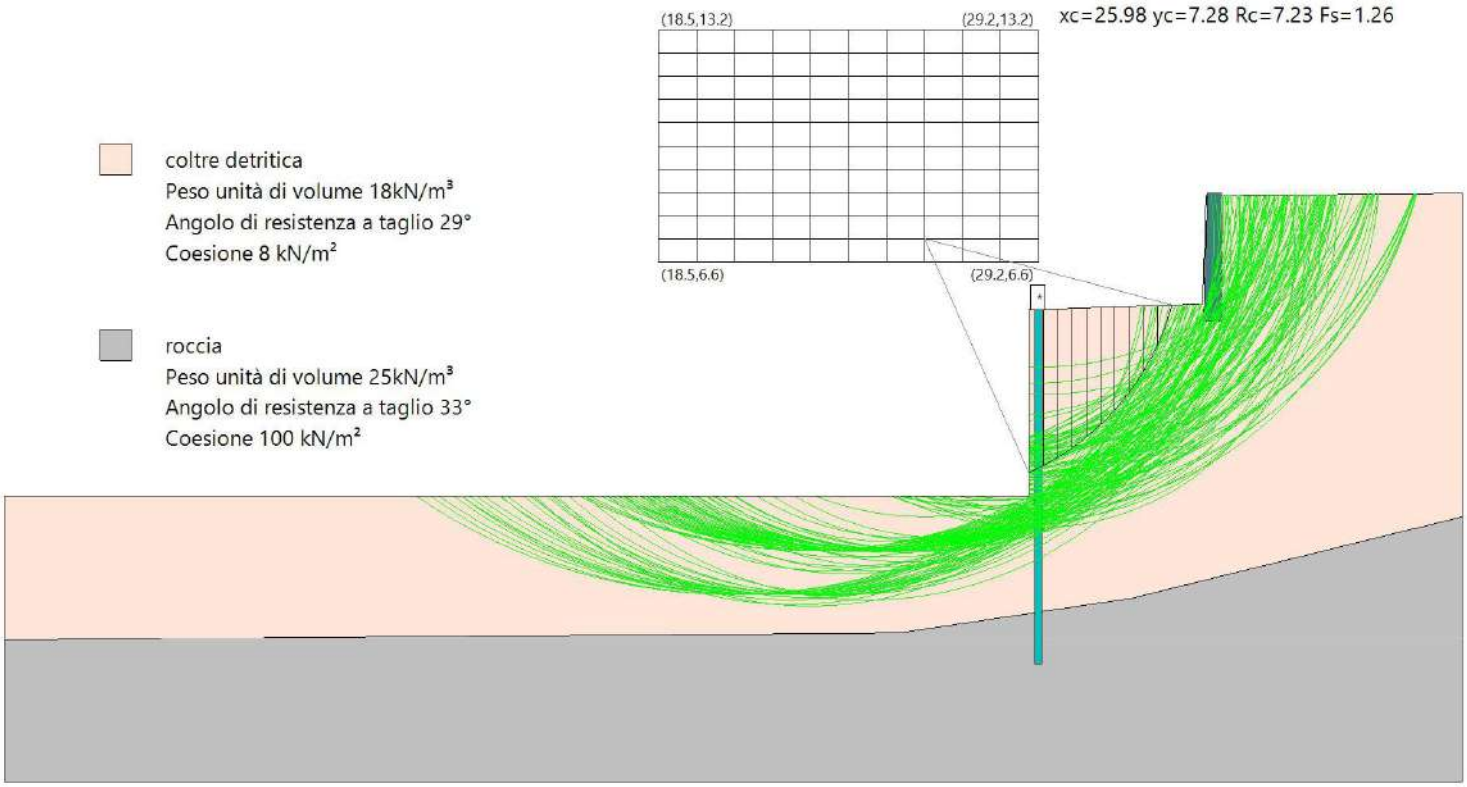
N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	29.09551	5.280279	0.2	10	90	1	1000	--	Tensione tangenziale

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	**1.26**
Ascissa centro superficie	25.98 m
Ordinata centro superficie	7.28 m
Raggio superficie	7.23 m

xc = 25.984 yc = 7.285 Rc = 7.23 Fs=1.259

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.4	30.8	0.5	32.56	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	29.3	14.4
2	0.4	29.6	0.5	31.13	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	27.9	13.9
3	0.4	33.3	0.5	29.45	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	26.5	13.4
4	0.4	37.2	0.5	27.5	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	24.8	12.8
5	0.4	41.3	0.5	25.22	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	22.8	12.2
6	0.4	45.7	0.6	22.56	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	20.5	11.5
7	0.4	50.5	0.6	19.42	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	17.6	10.7
8	0.4	55.9	0.7	15.64	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	13.7	9.6
9	0.4	62.1	0.9	10.92	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	7.9	8.2
10	0.4	70.3	1.2	4.53	0.0	0.0	8.0	29.0	0.0	-2.7	5.8



I calcoli effettuati hanno analizzato le condizioni di stabilità del fronte di scavo e del pendio secondo le NTC 2018 in condizioni statiche (con utilizzo coefficienti di riduzione, condizione più cautelativa), con le combinazioni imposte dalla normativa

(A2-M2-R2); i risultati con fronte di scavo inclinato di 55°(fronte a valle foresteria) e con l'ausilio dell'opera di sostegno costituita dalla berlinese (fronte a monte foresteria) hanno individuato valori di Fs maggiori a Fs=1.0, ovvero è stata verificata la condizione Ed ≤ Rd (Ed=azioni Rd= resistenza del terreno), **solo nelle conformazioni di scavo suddette.**

12. INDICAZIONI OPERATIVE

Sulla base dei risultati dell'indagine geologica si forniscono alcune indicazioni operative geologiche a supporto della progettazione esecutiva:

- **FONDAZIONI**

Dalla stratigrafia del sottosuolo dedotta dalle prove in sito, le fondazioni dei nuovi fabbricati in progetto si baseranno sul terreno argilloso compatto con % di pietrisco eterometrico, che ricopre il substrato roccioso presente alla profondità media di ca. 9m dal piano campagna attuale delle fasce agricole.

Si rimanda allo strutturista la scelta della tipologia, la profondità e il dimensionamento fondazionale secondo le NTC 2018.

- **OPERA DI SCAVO (N.T.C.2018 par. 6.8.6)**

L'opera di scavo interesserà la coltre detritica argillosa e comporterà la realizzazione di un fronte di scavo a valle della foresteria di H max= 5.7 m, mentre quello a monte della foresteria di H max= 5.3 m. (cfr. TAV.6A sezione geologica). Sono state eseguite le relative verifiche di stabilità dei fronti suddetti i cui risultati hanno indicato che per operare in sicurezza si dovrà adottare la modalità del fronte inclinato a 55° per quello a valle della foresteria e un'opera preventiva di sostegno in micropali per quello a monte, in funzione del limitato spazio a disposizione.

Pertanto si forniscono alcune indicazioni operative:

- Il fronte di scavo a valle della foresteria, in riferimento ai risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità, dovrà avere una pendenza massima con angolo $\alpha=55^0$ e l'opera di scavo dovrà essere eseguita a campioni laterali la cui ampiezza sarà di competenza della D.L., con l'immediata costruzione del tratto di muro di sostegno. Nel caso si decida di procedere non adottando l'inclinazione massima dello scavo suddetta, sarà necessaria

una preventiva opera di sostegno del fronte (paratia in micropali) per la sicurezza nella fase di cantiere.

- Il fronte di scavo a monte della foresteria, sempre in relazione ai risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità ed al limitato spazio disponibile verso il confine con il muro di fascia soprastante, dovrà essere eseguito adottando una preventiva opera di sostegno del fronte (paratia in micropali) immorsata nel substrato roccioso presente a ca.9m di profondità, secondo i risultati del sondaggio S1 (cfr. TAV.6A-6B); è di competenza dello strutturista le verifiche geotecniche delle dimensioni della paratia, secondo le NTC 2018.
- Deve essere evitato il deposito di terreno e materiale soprastante il ciglio degli scavi e il passaggio di automezzi, tali da comportare sovraccarichi anche provvisori;
- Deve essere evitato il ristagno d'acqua di ruscellamento meteorico alla base dei fronti di scavo che possa provocare il rammollimento del terreno con conseguenti crolli/scivolamenti di materiale.

Per ulteriori specifiche si rimanda alle prescrizioni del Piano di Sicurezza secondo il D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

- **REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE**

La realizzazione dei fabbricati **comportano un aumento della superficie impermeabile esistente.**

L'acqua dei pluviali dovrà essere convogliata in idonea condotta e convogliata nella rete acque bianche esistente (cfr. progetto).

- **UTILIZZO DELLE TERRE DA SCAVO**

Lo scavo per la realizzazione delle fondazioni dei fabbricati in progetto produrrà un volume di terra che il progettista dovrà quantificare.

Si riporta lo stato della normativa in vigore allo stato attuale; **se il terreno sarà completamente riutilizzato in sito** non dovrà svolgersi la relativa pratica, secondo l'art. 185, comma c) del D.M.152/2006, modificato dal D.Lgs n°205 del 3 dicembre 2010 che all'art.13, lettera C che riporta: **"il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato", non**

rientra nel campo dei rifiuti.

Nel caso in cui il terreno di scavo venga riutilizzato in altro sito, **dovrà essere fatta la pratica delle "terre e rocce da scavo**" imposta dalla normativa costituita dalla D.Lgs 152/2006 e succ. D.Lgs n°4/2008 e come stabilito dal **D.P.R.n.120/2017**, **che ha variato la procedura precedente.**

In rapporto ai terreni presenti nel sito di intervento si può certificare che lo scavo non interesserà litologie potenzialmente contaminanti per la presenza delle "Pietre Verdi"; cosi come delimitato sulla carta del repertorio cartografico Regione Liguria denominata "Pietre Verdi" del 2013.

In alternativa il terreno di scavo potrà essere conferito in discarica di inerti a seguito di dichiarazione al Comune.

Si ricorda al progettista, ed alla Committenza in qualità di produttore, che la pratica per poter gestire le terre e rocce da scavo come "sottoprodotti" da riutilizzare in altro sito **deve essere inoltrata alla autorità competenti (Comune e Arpal) prima dell'inizio dell'attività di scavo nel sito di produzione,** ottenuta l'autorizzazione a costruire; **a scavo avvenuto senza il supporto della pratica sopraccitata, le "terre e rocce da scavo" dovranno essere gestiti come rifiuti inerti.**

- **RISCHIO SISMICO**

La situazione stratigrafica sismica del sito dell'intervento verificata con l'esecuzione della stesa sismica masw a rifrazione, consiglia di fare riferimento al **suolo di categoria B e classe sismica 3** secondo la D.G.R. 216/2017 (cfr. paragrafo 7).

Il valore massimo dell'accelerazione orizzontale nel periodo di riferimento calcolato mediante l'Allegato delle N.T.C. 2018 (SLV, T_R=475 anni), risulta:

$$\mathbf{a_{max} = S_S * S_T * a_g = 0.17\ g}$$

TABELLA I – Dati sismici

Categoria suolo	**B**
Classe sismica comunale	**3**
Accelerazione orizzontale max	**Ag=0.17g**

Con l'adempimento delle indicazioni operative l'intervento in progetto non inciderà sulla stabilità del tratto di versante **e si certifica che i lavori sono compatibili secondo la Normativa del Piano di Bacino ed il rispetto dell'assetto geomorfologico ed idraulico dell'areale interessato e che non esistono fattori geologici ostativi al rilascio dell'autorizzazione edilizia.**

Geol. Macciò Roberto

(O.R.G.L. n.168)



ALLEGATO 1A - VEDUTE AEREE LAVORI ESEGUITI (da Google Earth)



Foto 1. Veduta aerea anno 2010: inizio opera di scavo per la preparazione dell'area.



Foto 2. Veduta aerea anno 2012: fase di realizzazione fabbricati.

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)

Areale oggetto di variante al PRG



Foto 3. Veduta aerea anno 2014: termine dei lavori.

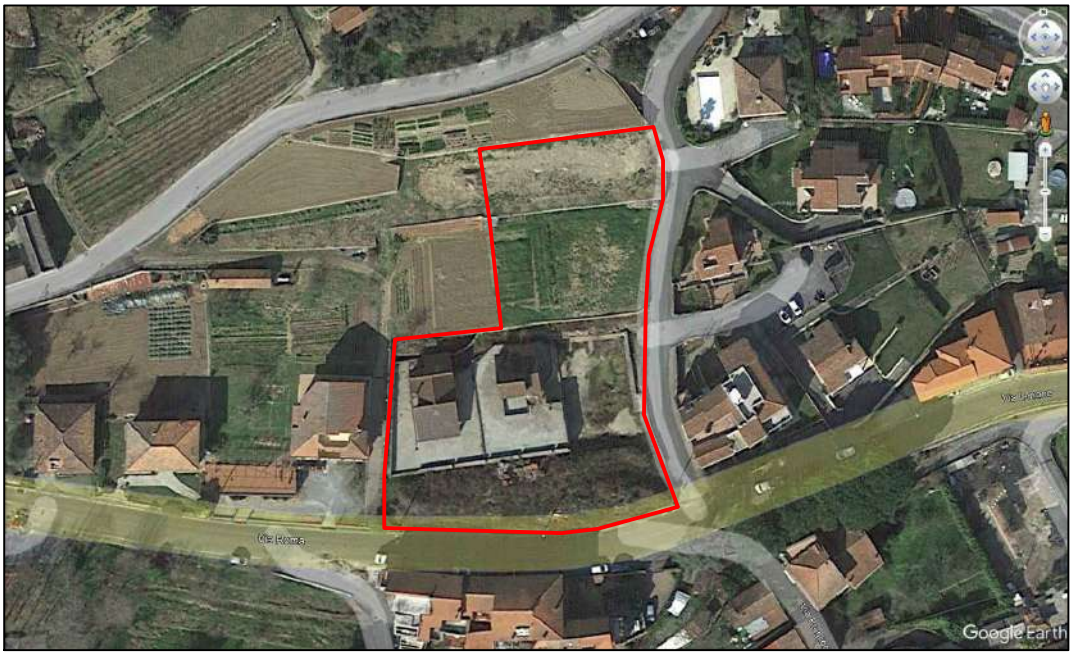


Foto 4. Veduta aerea anno 2022: situazione attuale dell'area in progetto.

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)

ALLEGATO 1B - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
PROVE GEOGNOSTICHE IN SITO (Ottobre 2023)



Foto 1. Esecuzione sondaggio geognostico S1.



Foto 2. Esecuzione sondaggio geognostico S2.

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)



Foto 3. Installazione del tubo piezometrico diam.2" in foro sondaggio S1.



Foto 4. Installazione tubo piezometrico in foro sondaggio S1 con fungo di protezione.

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)



Foto 5. Esecuzione prova sismica masw e prova a rifrazione.



Foto 6. Fronte di scavo subverticale e stabile per realizzazione piano interrato di h=2.5m



Foto 7. Particolare della precedente con terreno a matrice argillosa con pietrisco eterometrico.



Foto 8. Fronte di scavo subverticale in terreno a matrice argillosa con pietrisco con allungamento max 25cm.

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)

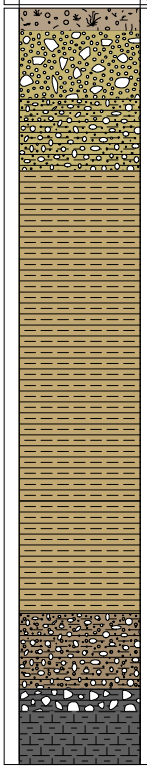
ALLEGATO 2

STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI S1-S2
E FOTO MATERIALE DI CAROTAGGIO
(Terrach s.r.l.)

Committente: FIAT 500 CLUB Garlenda	Sondaggio: S1
Riferimento: Indagini geognostiche Garlenda via Scarboncini	Data: 17/10/2023
Coordinate:	Quota:
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

STRATIGRAFIA - S1

SCALA 1 :100



Rv	metri batt.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	S.P.T. m	S.P.T.	S.P.T. N	Campioni	prove in foro	Prel. % 0 --- 100	metri	RQD % 0 --- 100	Cass.	Pz
	1	0,30	0,30	Terreno vegetale, sabbia medio-fine marrone giallastra con vegetali e ghiaia								1			
		1,20	0,90	Sabbia fine debolmente limosa marrone chiara, con ghiaia asciutta		1,5	5-7-7	14							
	2	2,15	0,95	Limo argilloso marrone giallastro con ghiaia medio-fine	1.8							2			
	3			Argilla limosa marrone giallastra con lenti grigio-azzurre fino a 5.00 m marrone da 5.00 m in poi, consistente, con lenti sabbiose fini sparse ossidate colore giallo ocra e localmente ghiaia medio-fine da subangolare a subarrotondata.	6.0							3		1	
	4				5.8							4			
					5.5	4,5	12-13-16	29							
	5				3.0							5			
	6				5.5							6			
				Limo sabbioso ed argilloso marrone con lenti giallo ocra, con clasti subangolari medio-fini marnosi grigiastri ossidati con patine giallastre	5.5										
	7				3.0							7			
					4.8	7,5	11-13-17	30							
	8	8,00	5,85	Clasti marnoso-calcarei grigiastri a forma lamellare in matrice limoso-argillosa grigia.	5.2							8		2	
	9	9,00	1,00	Marna calcarea grigio scura a grana fine con vene di calcite biancastra.Da 9,30 a 9,50 in piccole scagliette centimetriche.	2.9							9			
		9,30	0,30	Fratture ravvicinate di origine meccanica lungo i piani distratificazione con inclinazioni											
	10	10,00	0,70	medie comprese tra 0° e 10°.								10			

DATA INIZIO: 16/10/23 DATA FINE : 17/10/23

MACCHINA PERFORATRICE: CMV 420

UTENSILI PERFORAZIONE:

- carotiere semplice ø 101 mm da 0.00 a m 9.00
- carotiere doppio T6 ø 101 mm con corona diamantata da 9.00 m a 10.00 m

RIVESTIMENTO:

- tubi in ferro ø 127 mm da 0.00 a 9.00

INSTALLAZIONI:

- piezometro a tubo aperto ø 2" a 10.00 m, tratto fessurato da 1.00 a 10.00 m protetto con un pozzetto esterno

Committente: FIAT 500 CLUB Garlenda	Sondaggio: S1
Riferimento: Indagini geognostiche Garlenda via Scarboncini	Data: 17/10/2023



S1 cassetta n.1 da 0.00 a 5.00 m



S1 cassetta n.2 da 5.00 a 10.00 m

Committente: FIAT 500 CLUB Garlenda	Sondaggio: S2
Riferimento: Indagini geognostiche Garlenda via Scarboncini	Data: 20/10/2023
Coordinate:	Quota:
Perforazione: A rotazione a carotaggio continuo	

STRATIGRAFIA - S2

SCALA 1 :100

Rv	LITOLOGIA	metri batt.	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	S.P.T. m	S.P.T.	S.P.T. N	Campioni	prove in foro	Prel. % 0 --- 100	metri	RQD % 0 --- 100	Cass.	Pz
			0,50	0,50	Terreno vegetale, sabbia medio-fine marrone giallastra con vegetali e ghiaia											
		1	1,00	0,50	Sabbia limosa grigiastra con ghiaia medio-fine subangolare		1,5	50/8cm	Rif				1			
			1,55	0,55	Sabbia fine da debolmente limosa a limosa marrone giallastra con localmente ghiaia medio-fine, asciutta											
		2	1,85	0,30	Piccolo blocco calcareo marnoso grigio								2		1	
			2,75	0,90	Ghiaia eterometrica da subangolare a subarrotondata aleterata con ossidazioni rossastre in matrice limoso-argillosa marrone più abbondante nei livelli da 2,15 a 2,40 m e da 2,60 a 2,75 m.	2.6 4.1 3.5 4.6 3.0										
		3											3			
		4											4			
							4,5	8-10-8	18							
		5	5,00	2,25	Argilla limosa marrone con lenti giallastre, consistente, con frustoli carboniosi nerastri e localmente ghiaia fine, debolmente umida.								5			
		6	5,90	0,90	Limo sabbioso marrone con ghiaia meio-fine da subangolare a subarrotondata								6			
		7	7,50	1,60	Limo argilloso grigio con clasti medio-fini marnosi grigiastri e di caclite biancastri. Scagliette litoidi a forma lamellare da 6,50 a 6,55.								7		2	
		8			Clasti eterometrici marnoso-calcarei grgii in matrice limoso-argillosa grigio scura								8			
		9	9,00	1,50									9			
		10	10,00	1,00	Marna calcarea grigio scura a grana fine in scagliette centimetriche con vene di calcite biancastra.								10			

DATA INIZIO: 18/10/23 DATA FINE : 20/10/23
MACCHINA PERFORATRICE: CMV 420
UTENSILI PERFORAZIONE:
- carotiere semplice ø 101 mm da 0.00 a m 9.00
- carotiere doppio T6 ø 101 mm con corona diamantata da 9.00 m a 10.00 m

RIVESTIMENTO:
- tubi in ferro ø 127 mm da 0.00 a 9.00

INSTALLAZIONI:
- nessuna

Committente: FIAT 500 CLUB Garlenda	Sondaggio: S2
Riferimento: Indagini geognostiche Garlenda via Scarboncini	Data: 20/10/2023



S2 cassetta n.1 da 0.00 a 5.00 m



S2 cassetta n.2 da 5.00 a 10.00 m

ALLEGATO 3

STESE SISMICHE MASW ED A RIFRAZIONE

(Indago s.r.l.)

COMUNE DI GARLENDA

Provincia di SAVONA

Realizzazione nuovo MUSEO 500

INDAGINE SISMICA

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. ROBERTO MACCIO'

Indago S.r.l.
Sede legale: Via Casaregis 26-17, 16129 Genova
P.Iva: 01945550992 – Reg. Impr e C.F.:
GE01945550992 – R.E.A. n. 447184
✉: indagosrl@libero.it

indago srl
servizi e prospezioni del sottosuolo

PREMESSA

Con la presente, per incarico del Dott. Geol. Roberto Macciò Arrighetti, si riportano le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia M.A.S.W. e un profilo a rifrazione eseguita dalla società Indago srl di Genova in Comune di Andora (SV) lungo il sedime di realizzazione del nuovo Museo 500 in Comune di Garlenda.



Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z) e la stratigrafia.

In: allegato 1 – Elaborati prova M.A.S.W. allegato 2 – Elaborati prova a rifrazione

indagine geofisica m.a.s.w.: DESCRIZIONE DEL METODO

L'interesse verso i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde superficiali è cresciuto notevolmente negli ultimi anni, data la necessità di identificare le caratteristiche dei terreni in condizioni dinamiche insieme al profilo verticale della velocità delle onde di taglio V_S facendo ricorso a tecniche poco costose e non invasive. La Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, DM 14/01/2008 ed aggiornamento 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni") riprendendo l'Eurocodice 8, definisce la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro V_{Seq} per la progettazione in zona sismica. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio fino al raggiungimento del substrato rigido o nei primi 30 metri di sottosuolo, può essere calcolato facilmente una volta noti gli spessori degli strati presenti e la velocità di propagazione delle onde S all'interno di ogni strato.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica come M.A.S.W. e Re.Mi. che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari, definendo per ogni strato i parametri rappresentativi.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame. Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;

2. Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;

3. Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità.

E' importante distinguere fra loro i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie in base al tipo di sorgente con la quale viene prodotta la perturbazione sismica da osservare.A tale proposito si parla di **metodi attivi** (M.A.S.W.) e **metodi passivi** (Re.Mi.). Con la prima denominazione si indicano quei metodi nei quali il terreno è energizzato con una sorgente artificiale appositamente creata per registrarne la perturbazione. I metodi di indagine passivi, al contrario, non usano alcuna sorgente di energizzazione ma registrano un segnale di maggiore durata generato da qualsiasi tipo di attività, antropica e non. In sostanza i microtremori generati dall'ambiente e in superficie, presenti soprattutto in contesti urbani, sostituiscono la sorgente puntuale rendendo possibili misure in siti particolarmente rumorosi. La metodologia M.A.S.W. prevede l'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica.

Il Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica che viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. La strumentazione necessaria è la stessa del metodo MASW e della più nota sismica a rifrazione; per registrare i microtremori si usa infatti un normale sismografo con uno stendimento di 12 o più geofoni verticali.

I vantaggi permessi da questi metodi sono molteplici:

1. è molto veloce e semplice da organizzare;

2. è molto economico rispetto ai metodi più invasivi;

3. raggiunge una buona profondità e risoluzione di indagine, ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.: DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando un sistema sismico digitale multicanale (SoilSpy Rosina) disposto sul terreno secondo un array lineare da 16 geofoni con spaziatura pari a 3 m.

SoilSpy Rosina è costituito da un cavo di trasmissione digitale dei dati lungo il quale sono disposti i moduli di amplificazione/digitalizzazione da collegare ai sensori (comunemente geofoni). Il principale vantaggio di questo strumento è che il segnale non si degrada lungo il cavo, il rapporto segnale/rumore è superiore a qualsiasi corrispondente analogico, non ci sono fenomeni di cross-talk e vi è sincronizzazione reale delle tracce.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione delle prove M.A.S.W. eseguite in situ:

- ✓ Unità di acquisizione sismografo SoilSpy "Rosina" a 25 bit distribuito da Micromed S.p.A.;
- ✓ 16 Geofoni verticali con f_0= 4.5 Hz e puntale per accoppiamento su terreni teneri;
- ✓ Alimentazione diretta da PC/Palmare;
- ✓ Spaziatura di 3 m tra i moduli;
- ✓ Tempo di registrazione: 4 sec
- ✓ Frequenza di campionamento: 512 Hz
- ✓ Massa battente: mazza 10 kg
- ✓ Uscita dati in formato SEG-2 e TRC compatibile con il software Grilla distribuito da Micromed S.p.A.

ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2 e TRC, sono stati trasferiti su PC e per mezzo di una apposita interfaccia USB per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (**Grilla** della Micromed S.p.A.).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

E' possibile la modellazione diretta di curve di dispersione della velocità di fase di onde di Rayleigh e onde di Love anche nei modi superiori per la modellazione delle Vs .

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Il software **Grilla** contiene un modulo per il calcolo degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie (tecniche ReMi™, MASW,SPAC, ESAC ecc.) e la modellazione di curve di dispersione teoriche nel modo fondamentale e superiori, permette di creare virtualmente infiniti spettri di velocità a partire dalle registrazioni in continua effettuate da SoilSpy Rosina consentendo di distinguere diversi modi anche nell'indagine sismica passiva, operazione essenziale per una corretta interpretazione dei dati.

CALCOLO DELLA V_S EQUIVALENTE

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vsequivalente si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Agg. Norme tecniche per le costruzioni"):

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Prova M.A.S.W. 1 (Allegato 1)

La prova ha evidenziato tra substrato rigido con Vs superiore a 800 m/s a partire da circa 11 m di profondità dal p.c . I piano di fondazione delle opere risulta a circa 5,5 m di profondità dal p.c. di indagine

La prova ha evidenziato una **Vseq = 540 m/s**

In riferimento al modello semplificato proposto dal D.M. 17.01.2018 ("Agg. Norme tecniche per le costruzioni") l'andamento delle Vs/profondità appare compatibile con una categoria di suolo di fondazione di tipo B (si veda la tabella seguente).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

N.B. Le indagini commissionate sono mirate alla definizione dell'andamento Vs/profondità.
La definizione della categoria di suolo di fondazione così come la scelta di adottare o meno il modello semplificato contenuto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni resta in ogni caso a carico del committente e/o del professionista/progettista incaricato.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE: DESCRIZIONE DEL METODO

Lo scopo dell'indagine sismica è quello di indagare i tipi litologici del sottosuolo differenziandoli in base al parametro "velocità delle onde elastiche"; in particolare la sismica a rifrazione rappresenta, nell'ambito delle prospezioni geofisiche volte alla caratterizzazione fisico-meccanica e geometrica di strati litologici, la metodologia più speditiva ed affidabile, se eseguita secondo delle procedure tecniche rigorose e dopo un'attenta analisi di fattibilità.

Dalla misura delle velocità delle onde sismiche generate meccanicamente che attraversano il mezzo da indagare, è possibile dedurne le caratteristiche fisico-meccaniche. Le onde, infatti, rifrangendosi sulle superfici di confine dei mezzi fisici, caratterizzati da una differenza di velocità tra sismostrato (ovvero una porzione litologica riferita a valori di velocità sismiche costanti) superiore (V_0) e sismostrato ad esso sottostante (V_1), producono dei raggi rifratti, oltre che riflessi, i quali viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello stato più veloce) rifrangendo continuamente energia elastica verso l'alto, pertanto verso lo strato più lento.

Una delle condizioni essenziali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde aumenti con la profondità, ovvero $V_0 < V_1 < V_2$.

Operativamente ciò che viene eseguito in campagna è una disposizione "distante in linea" di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati seguendo una ripetitività geometrica (equidistanti) lungo l'allineamento che si desidera ispezionare.

La produzione meccanica delle onde sismiche viene definita energizzazione sismica e può avvenire attraverso martello percussore, massa battente o attraverso una vera e propria esplosione; ogni punto di energizzazione viene definito shot (dall'inglese scoppio). Se la sorgente di energia risulta costituita da una massa battente, l'energia sviluppata sarà sufficiente ad indagare il terreno sino ad una profondità pari a circa 10-15 metri, per profondità superiori sarà necessario l'uso di esplosivi o sistemi pneumatici.

Il numero di tali energizzazioni e dei geofoni da utilizzare, nonché i punti di produzione dell'energia elastica dipenderanno dalle finalità diagnostiche sia in termini di profondità di investigazione sia in termini di definizione finale dei risultati. Nella maggior parte dei casi il numero di scoppi non supera le nove unità, mentre quello dei geofoni è condizionato dai canali della strumentazione utilizzata (comunemente variabile da 12 a 99 unità); le energizzazioni in ogni caso dovranno essere disposte secondo geometrie coniugate, ovvero di uguale quantità e situate in modo simmetrico rispetto alla copertura geofonica.

Come detto in precedenza lo scopo principale dell'indagine risulta essere la ricostruzione sismostratigrafica lungo l'allineamento geofonico di investigazione, secondo i tempi di primo arrivo delle onde P, o onde di profondità (o di volume, o di compressione) e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (interspazio geofonico e offset, ovvero la distanza dallo shot ai geofoni estremi), dimensionando gli spessori dei sismostrati attraversati dalla radiazione elastica.

L’esecuzione di un profilo sismico a rifrazione consiste nel disporre nel terreno, lungo un allineamento rettilineo una serie di sensori (geofoni) tra loro equidistanti (a distanza funzionale dalla lunghezza della stesa e dalla profondità dei terreni da indagare) e di utilizzarli per tracciare le tracce sismiche generate mediante il dispositivo d’energizzazione.

Le tracce digitali raccolte in campagna possono essere analizzate ed interpretate attraverso diversi metodi, nel seguito verrà preso in considerazione in particolare il metodo delle intercette (o convenzionale), usato per strati (orizzonti fisici) paralleli e sub-orizzontali, come nel caso in esame; un parametro necessario per l’applicazione del metodo anzidetto è che la velocità dei rifrattori aumenti con la profondità.

L’elaborazione dei risultati verrà eseguita attraverso la lettura dei tempi d’arrivo e l’interpretazione dei diagrammi curve tempo - distanze, denominate dromocrone, tra i punti di energizzazione e la serie dei geofoni disposti lungo la stesa. Tali tempi risultano funzione della velocità delle onde attraversanti gli strati di terreno, a diversa densità, e dalla profondità degli strati stessi, raggiunti dalle onde elastiche.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE: DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Nell'area di indagine, per l'esecuzione della prospezione simica a rifrazione è stato utilizzato un array sismico digitale a 16 canali distribuito da Micromed S.p.A., le cui caratteristiche tecniche vengono riportate nel seguito.

- 16 canali con geofoni da 4,5 Hz:
- Energizzazione attraverso massa battente da 10 kg su una piastra di battuta con starter meccanico;
- Filtraggio ed amplificazione del segnale;
- Possibilità di sommatoria del segnale;
- Possibilità di acquisizione, registrazione ed elaborazione in andata (dromocrona diretta) e ritorno (dromocrona inversa).

La traccia simica è stata acquisita utilizzando 16 canali lungo un profilo avente una lunghezza totale dello stendimento pari a 48 metri, con una interdistanza geofonica (Dx) di 3 metri; tale parametro è stato scelto sulla base delle ipotetiche caratteristiche litologiche del sottosuolo, sull'intensità e/o sul tipo di energizzante utilizzato, sulla profondità massima che si vuole investigare, in base alle possibilità logistiche, ecc.

Per l'esecuzione della stesa, sono state realizzate energizzazioni sui due estremi dello stendimento, ricavando i tempi di arrivo delle onde dei 16 canali presi in considerazione.

Tali valori hanno permesso di ottenere le dromocrone (ovvero i segmenti relativi ai tempi diretti e rifratti), si tratta di diagrammi nei quali in ascissa è presente la distanza in m ed in ordinata i tempi di percorrenza in millisecondi; i dati sono stati elaborati attraverso il metodo delle intercette con programma INTERSISM.

Le velocità Va1, Va2 Va3 ecc. relative alla struttura sotterranea risultano uguali alla derivata inversa dei segmenti rettilinei sul grafico distanza-tempo, pertanto basterà ricavare i coefficienti angolari delle rette ovvero le tangenti degli angoli di inclinazione delle rette stesse con l'ordinata.

$V1 = 1/\text{tang}\ \alpha$; $V2 = 1/\text{tang}\ \beta$; $V3 = 1/\text{tang}\ \gamma$ ecc.

Semplificando l'operazione consiste nel misurare l'inclinazione delle linee dirette e rifratte e quindi calcolare la velocità dei sismostrati attraversati dalla radiazione sismica. Il rapporto tra il tempo Δt (Ta1-Ta2; Ta3-Ta2) registrato al geofono corrispondente al punto di ginocchio delle rette e la distanza ΔX (Sa2-Sa1; Sa3-Sa2) misurata dallo stesso geofono al punto di energizzazione definisce l'inclinazione (o coefficiente angolare).

Le velocità dei singoli strati vengono espresse in metri/secondo ed identificate con i simboli Va1, Va2 e Va3, ecc. lo spessore degli strati è espresso in metri così come la loro distanza dal piano di campagna, ovvero la profondità; le lettera A ed R indicano i due punti terminali dello stendimento sismico.

La procedura eseguita per l'elaborazione dei dati porta alcune limitazioni, riportate nel seguito. La velocità di ogni strato deve mantenersi pressoché costante. Ogni strato deve avere velocità inferiore rispetto al sottostante, ovvero non deve avvenire il fenomeno dell'inversione di velocità. La linea di delimitazione degli strati deve essere rettilinea per quanto non necessariamente orizzontale.

La nomenclatura per descrivere il grafico distanza-tempo è la seguente:

- il primo arrivo dei dati, misurato dalla posizione A viene definito dalla spezzata a 2 segmenti, nel caso di 2 strati come quello in esame.
- Le derivate inverse di queste linee vengono chiamate velocità apparenti e sono indicate con i simboli Va1, Va2.
- La seconda linea, prolungate verso sinistra, intersecano l'asse a valori definiti Tia2.

Analogamente le velocità apparenti misurate dalla posizione (R) vengono denominate Vr1, Vr2 ed i tempi di intersezione Tir2.

Generalmente il numero di segnali rettilinei è pari a quello degli strati: nel caso di 2 strati, come quello in esame, vi saranno 2 velocità apparenti e due tempi di intersezione, sia in andata sia in ritorno.

Dai tempi intercetti vengono calcolati gli spessori minimi in prossimità dei punti di energizzazione per poi passare al calcolo degli spessori sismostratigrafici reali.

Avendo eseguito le medesime operazioni anche per il ritorno si è potuto identificare il valore degli spessori per le diverse velocità iesime calcolate. Sarà quindi possibile riportare su un grafico distanza-profondità i valori ottenuti e tracciare secondo una semplice interpolazione gli orizzonti fisici intercettati per i diversi sismostrati attraversati dalla radiazione sismica generata.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE: DESCRIZIONE DEI RISULTATI

Dall'elaborazione dei risultati della stesa sismica a rifrazione, sulla base dei diagrammi tempi-distanze delle dromocrone coniugate, sono stati individuati 2 rifrattori che definiscono la seguente stratigrafia:

- primo strato, con spessore di circa 8,5 m andata e 10,5 m al ritorno e velocità delle onde P (Vp) di circa 1050 m/sec, con caratteristiche compatibili a quelle di terreni di copertura addensati;
- secondo strato con profondità dal piano campagna tra circa 8,5 e 10,5 m e velocità delle onde sismiche di circa 2490 m/sec, con caratteristiche compatibili a quelle di terreni molto addensati (substratoroccioso)

La profondità di indagine raggiunta è di circa 15 m

Genova, li 10/11/2023

GARLENDA MASW, GARLENDA Museo

Inizio registrazione: 31/10/2023 16:14:37 Fine registrazione: 31/10/2023 16:15:19

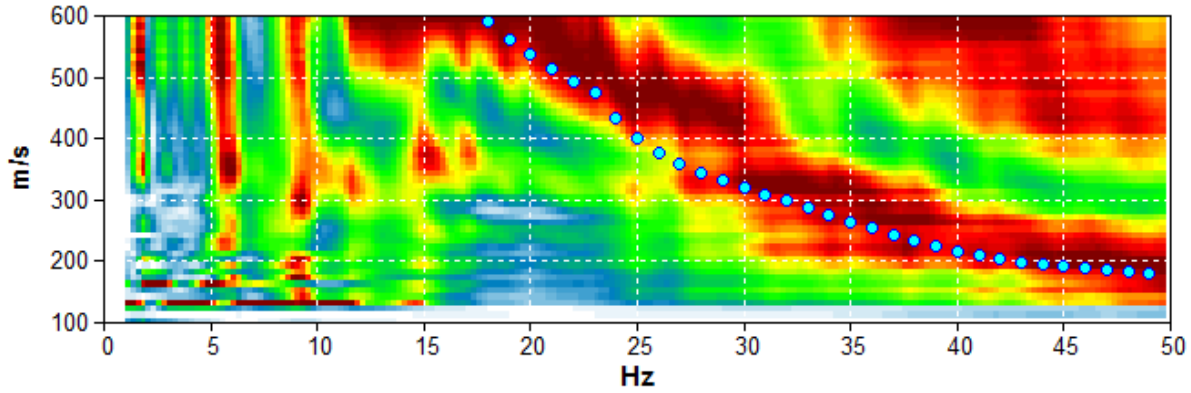
Durata registrazione: 0h00'12".

Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 TR01 ; TR02 TR02 ; TR03 TR03 ; TR04 TR04 ; TR05 TR05 ; TR06 TR06 ; TR07 TR07 ; TR08 TR08 ; TR09 TR09 ; TR10 TR10 ; TR11 TR11 ; TR12 TR12 ; TR13 TR13 ; TR14 TR14 ; TR15 TR15 ; TR16 TR16

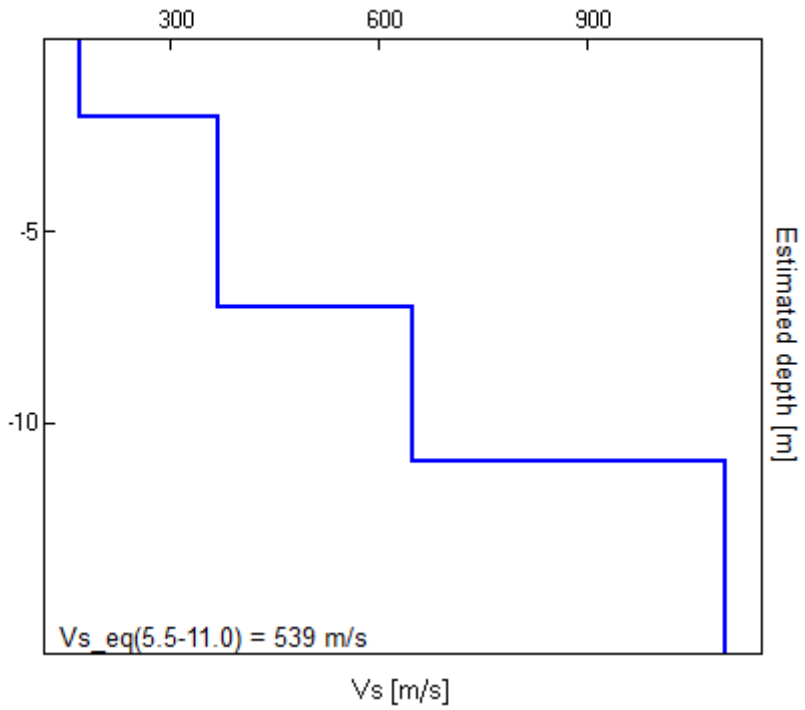
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	170	0.42
7.00	5.00	370	0.42
11.00	4.00	650	0.42
inf.	inf.	1100	0.33

Vs_eq(5.5-11.0) = 539 m/s


300
600
900
-5
-10
Estimated depth [m]
Vs_eq(5.5-11.0) = 539 m/s
Vs [m/s]

ALLEGATO 2 RIFRAZIONE

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Comune di Garlenda (SV)

Committente: Studio Geologico Macciò

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	macciò garlenda_1.dat
48.00	0.00	macciò garlenda_2.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 48 [ms]
1	3.00	0.00	5.80	29.20
2	6.00	0.00	9.70	27.30
3	9.00	0.00	14.60	25.30
4	12.00	0.00	16.60	25.30
5	15.00	0.00	17.50	22.40
6	18.00	0.00	18.50	22.40
7	21.00	0.00	19.50	21.40
8	24.00	0.00	20.50	20.50
9	27.00	0.00	21.40	19.50
10	30.00	0.00	22.40	18.50
11	33.00	0.00	22.40	17.50
12	36.00	0.00	25.30	16.60
13	39.00	0.00	25.30	14.60
14	42.00	0.00	27.30	9.70
15	45.00	0.00	29.20	5.80

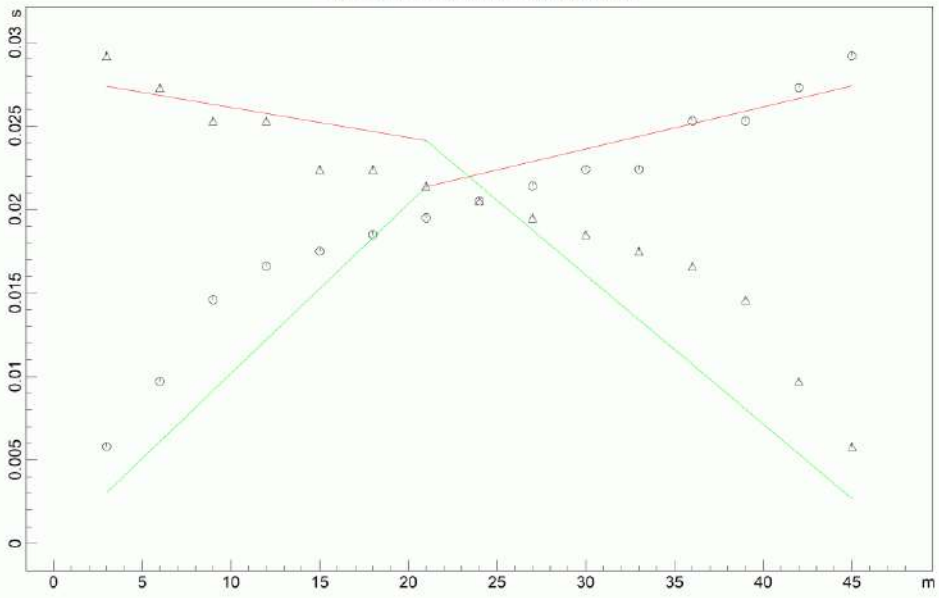
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	8.7
2	8.8
3	8.9
4	9.0
5	9.2
6	9.3
7	9.4
8	9.5
9	9.6
10	9.8
11	9.9
12	10.0
13	10.1
14	10.3
15	10.4

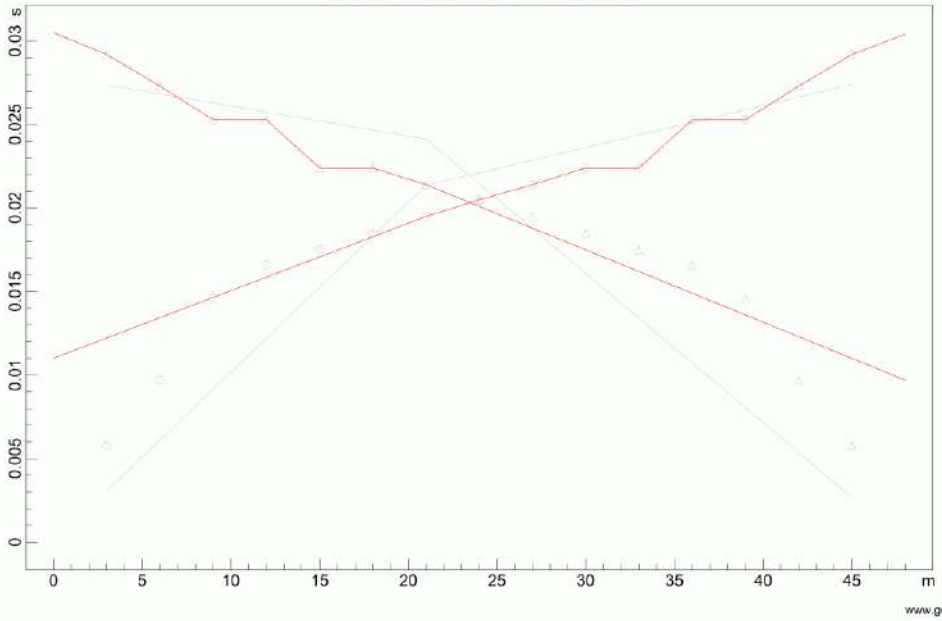
DROMOCRONE

Comune di Garlenda (SV)
Indagine Sismica a Rifrazione
Committente: Studio Geologico Macciò

DROMOCRONE ORIGINALI



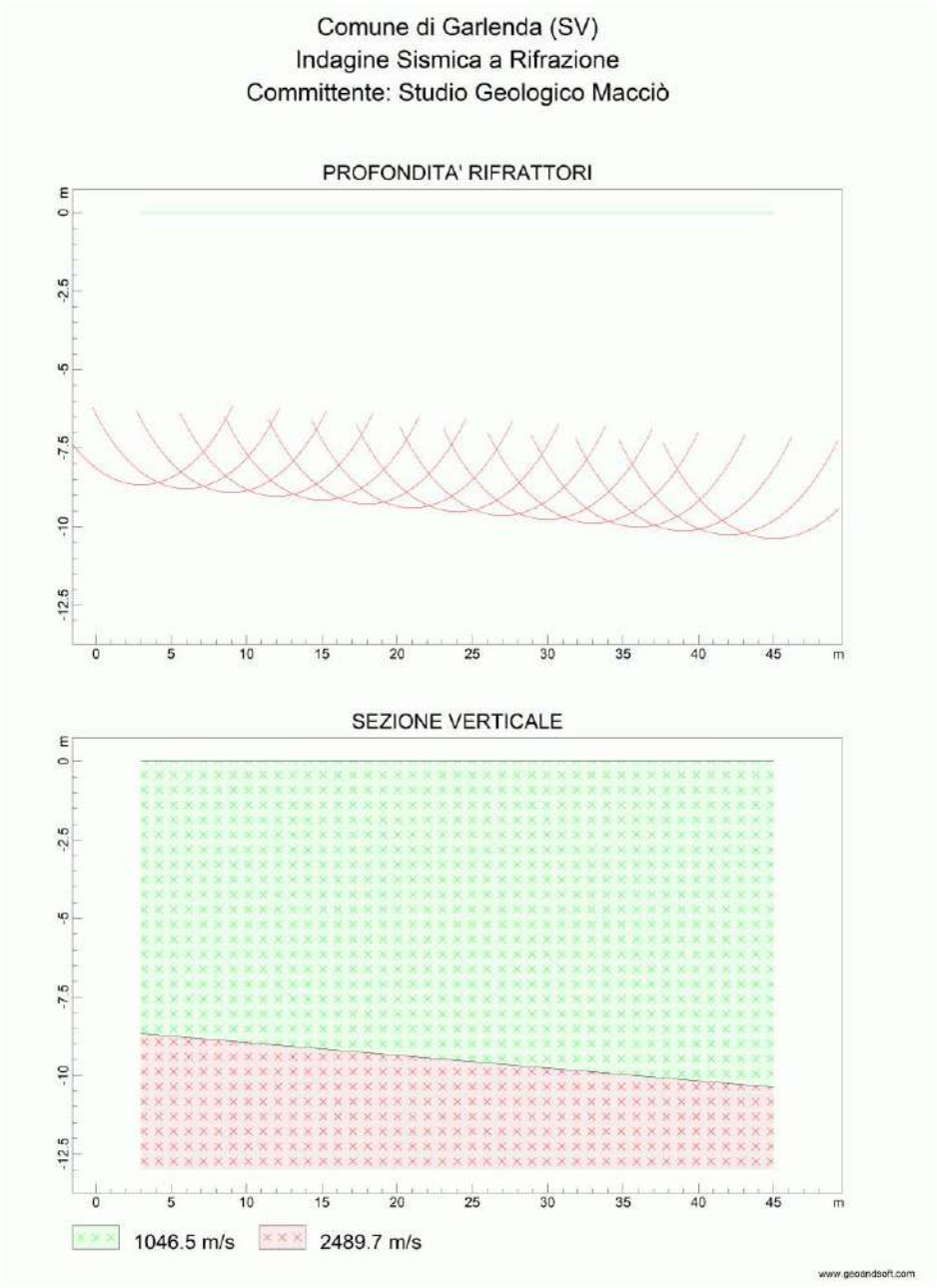
DROMOCRONE TRASLATE



VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	1046.5
2	2489.7

PROFONDITA' RIFRATTORI - SEZIONE INTERPRETATIVA



Allegato n.4

Committente :	Fiat 500 Club Italia
Località :	Villafranca - Comune di Garlenda (SV)
Oggetto :	realizzazione nuovo museo 500

PROVA SCLEROMETRICA

Martello di Schmidt (mod. 45-D561 Controls)

Stazione S1

Litologia : calcari marnosi

Discontinuità : Stratificazione S0 - Imm./incl.: 320°/45°

JCS JCS=10^[(Mc*0.00088*γ) + 1.01]

ricavato dalla formula di Miller: log JCS=0.00088*Mc*γ + 1.01

essendo :

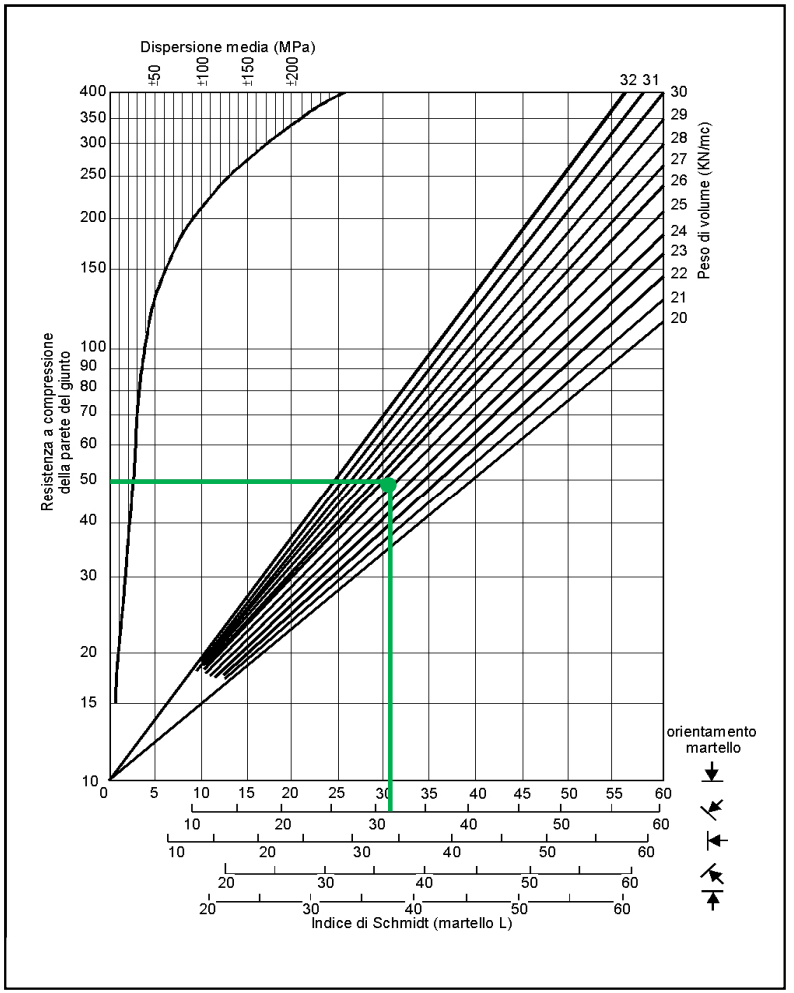
JCS = stima della resistenza uniassiale (MPa)

Mc = media corretta rimbalzi, funzione dell'orientazione del martello di Schmidt

γ = peso di volume assegnato = 25 (kN/mc)

M = media dei 5 rimbalzi più elevati

Set giunti	Orient. martello		Indici di rimbalzo (Martello di Schmidt)										M	Mc	**JCS**
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(5>)		(MPa)
S0	↙		**34**	**34**	**32**	**30**	**30**	30	30	28	28	24	32,0	31,2	**49,7**

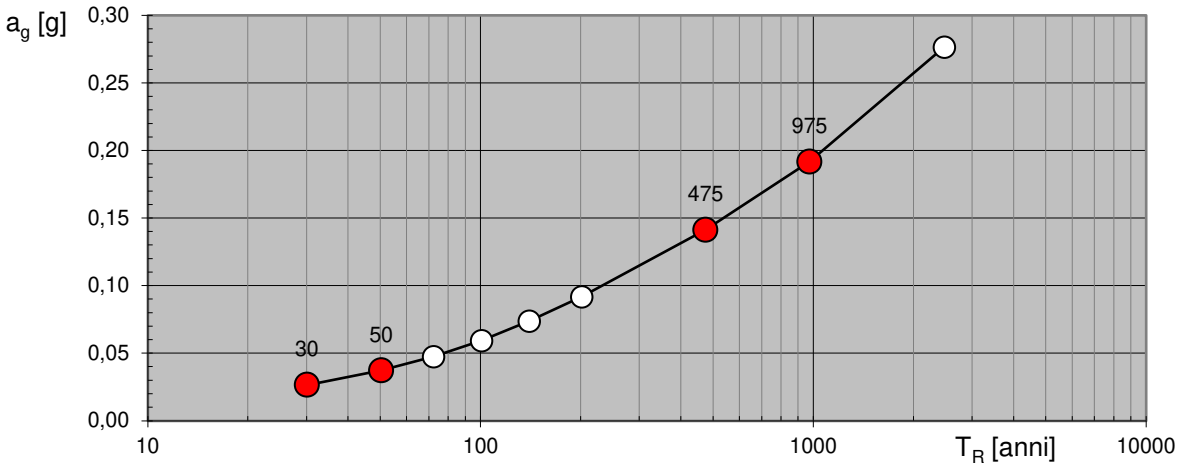


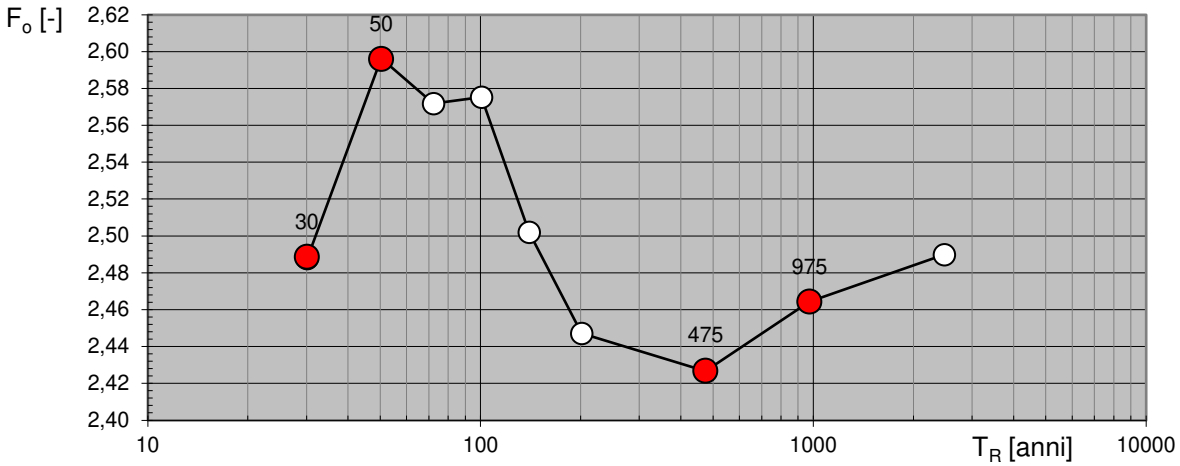
Analogo risultato si può ricavare utilizzando il grafico in figura accanto, riferendo direttamente alla linea indicante l'inclinazione del martello la media non corretta dei 5 rimbalzi più elevati, e leggendo sulle ordinate il valore in corrispondenza del peso di volume assegnato.

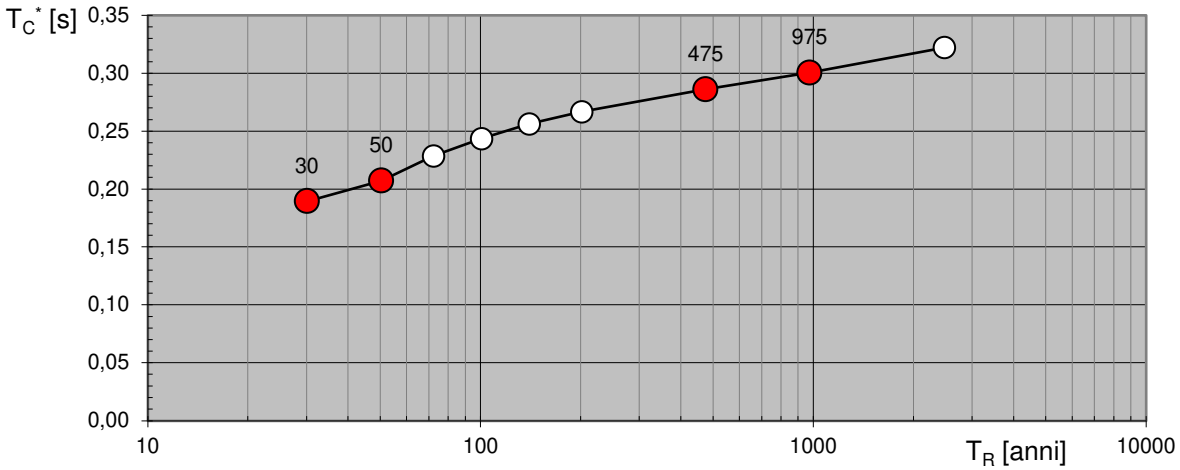
ALLEGATO 5

SPETTRI DI RISPOSTA SISMICA
(Elaborazioni con software "Spettri NTC ver. 1.0.3."
da Consiglio Superiore Lavori Pubblici)

Valori di progetto dei parametri a_g, F_o, T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R

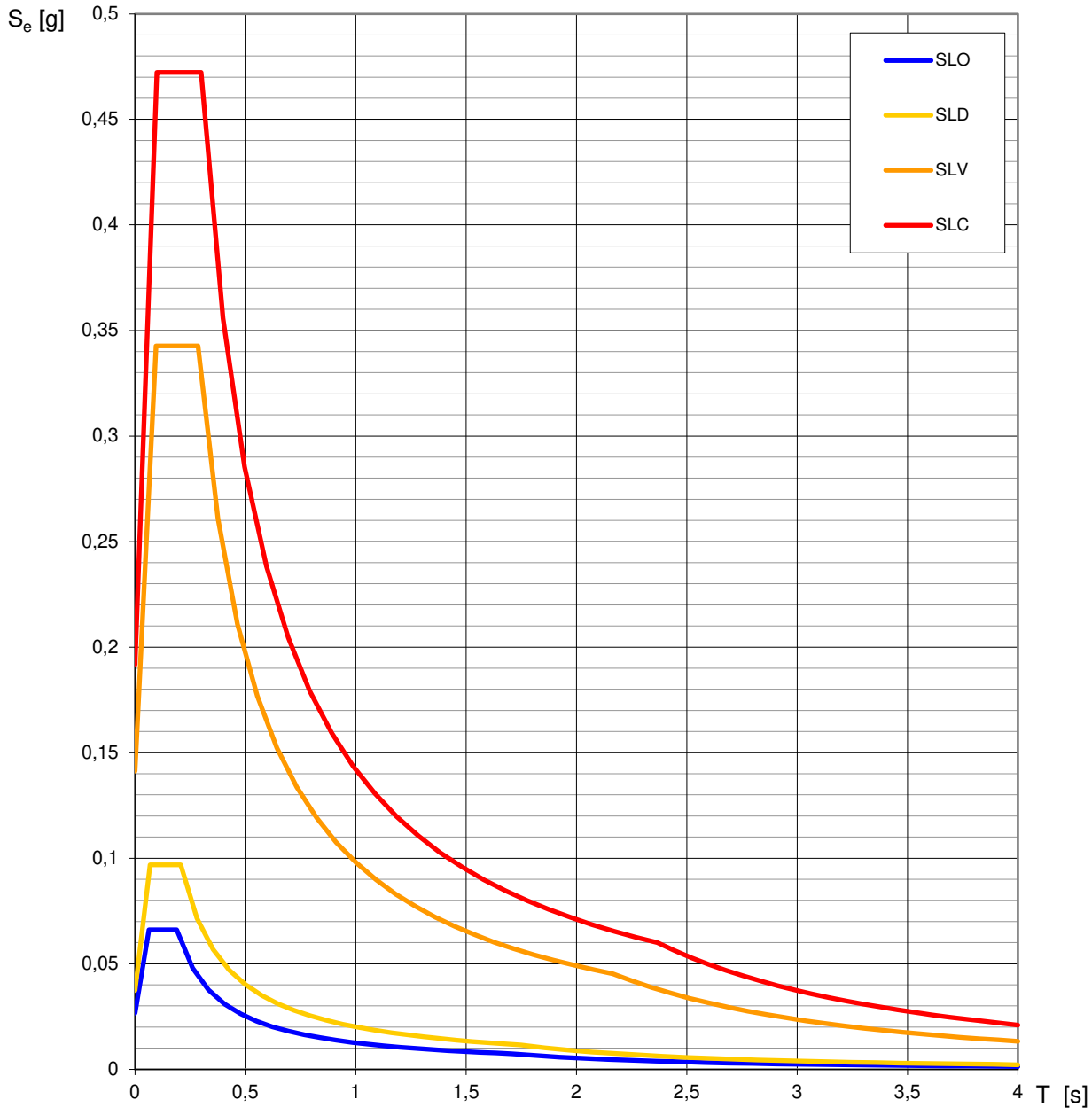






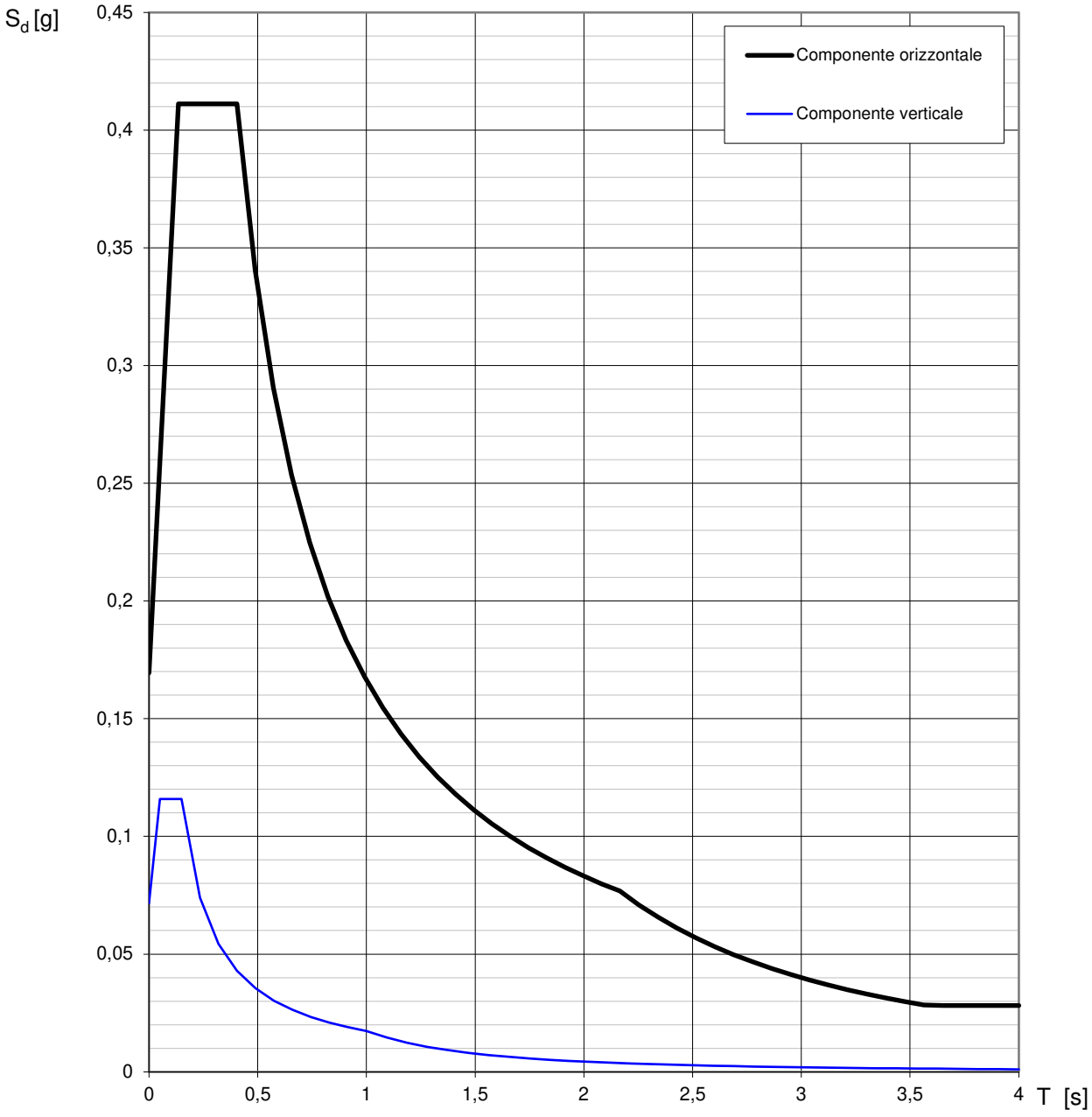
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,141 g
F_o	2,427
T_C^*	0,286 s
S_S	1,200
C_C	1,413
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,135 s
T_C	0,404 s
T_D	2,165 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_S \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55;\ \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_C \cdot T_C^*$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$

$T_B \leq T < T_C$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$

$T_C \leq T < T_D$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$

$T_D \leq T$ $\quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,169
T_B ←	0,135	0,411
T_C ←	0,404	0,411
	0,488	0,341
	0,572	0,291
	0,656	0,254
	0,740	0,225
	0,823	0,202
	0,907	0,183
	0,991	0,168
	1,075	0,155
	1,159	0,143
	1,243	0,134
	1,326	0,125
	1,410	0,118
	1,494	0,111
	1,578	0,105
	1,662	0,100
	1,746	0,095
	1,830	0,091
	1,913	0,087
	1,997	0,083
	2,081	0,080
T_D ←	2,165	0,077
	2,252	0,071
	2,340	0,066
	2,427	0,061
	2,514	0,057
	2,602	0,053
	2,689	0,050
	2,777	0,047
	2,864	0,044
	2,951	0,041
	3,039	0,039
	3,126	0,037
	3,214	0,035
	3,301	0,033
	3,388	0,031
	3,476	0,030
	3,563	0,028
	3,650	0,028
	3,738	0,028
	3,825	0,028
	3,913	0,028
	4,000	0,028

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0,072 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,231
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$$\eta = 1/q$$ (NTC-08 §. 3.2.3.5)

$$F_v = 1{,}35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0{,}5}$$ (NTC-08 Eq. 3.2.11)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \le T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \le T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \le T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \le T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

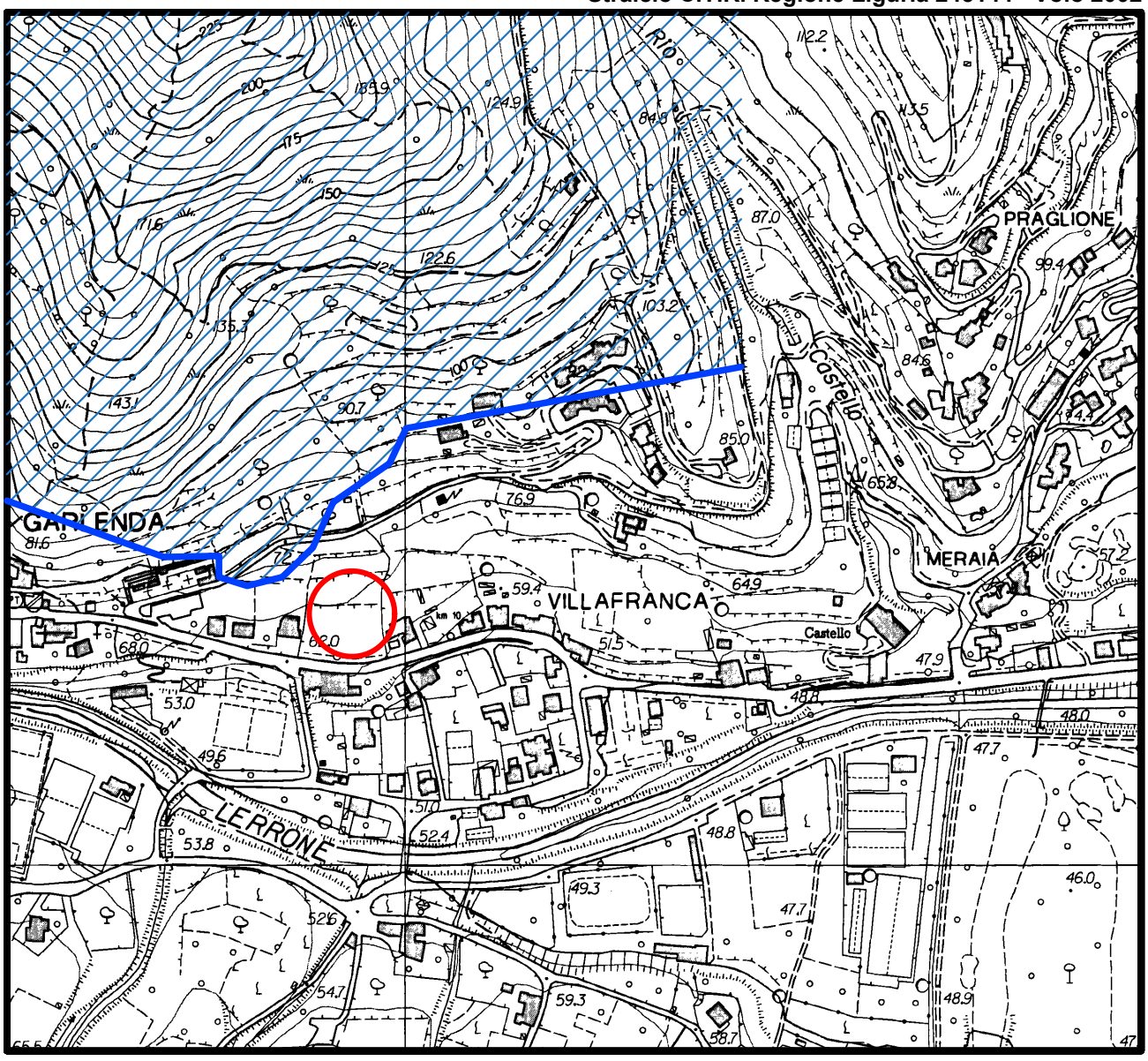
	T [s]	Se [g]
	0,000	0,072
T_B ←	0,050	0,116
T_C ←	0,150	0,116
	0,235	0,074
	0,320	0,054
	0,405	0,043
	0,490	0,035
	0,575	0,030
	0,660	0,026
	0,745	0,023
	0,830	0,021
	0,915	0,019
T_D ←	1,000	0,017
	1,094	0,015
	1,188	0,012
	1,281	0,011
	1,375	0,009
	1,469	0,008
	1,563	0,007
	1,656	0,006
	1,750	0,006
	1,844	0,005
	1,938	0,005
	2,031	0,004
	2,125	0,004
	2,219	0,004
	2,313	0,003
	2,406	0,003
	2,500	0,003
	2,594	0,003
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV.1 - COROGRAFIA - Scala 1:5.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia

Stralcio C.T.R. Regione Liguria 245144 - Volo 2002



Ubicazione sito d'intervento

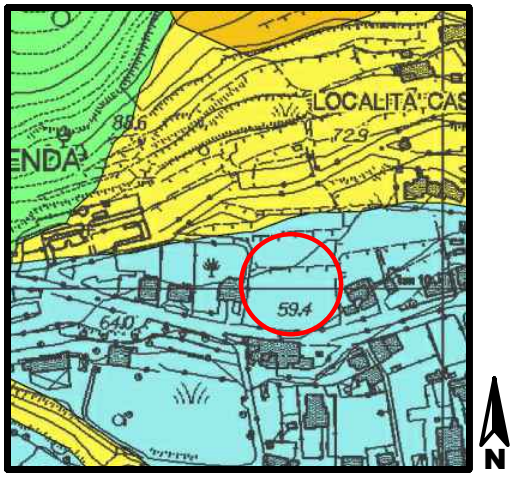
N

Areale sottoposto alla tutela del vincolo idrogeologico per il R.D. 3267/1923 (da carta IGM 1:25.000).

TAV.2A STRALCI DA PIANO DI BACINO Scala 1:5000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia

Bacino: CENTA



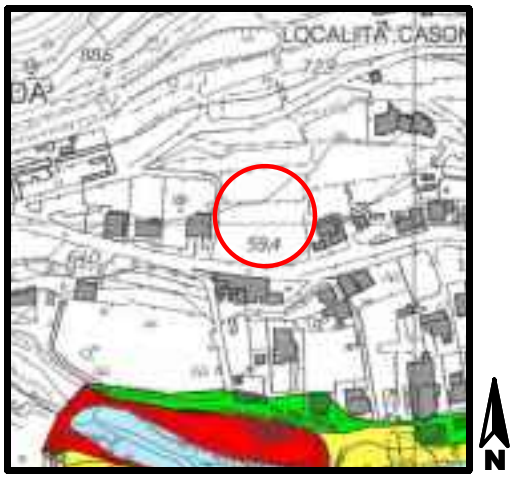
L'intervento ricade in area **Pg0**

Carta della scuscettività al dissesto dei versanti

(stralcio alla Scala 1:10.000 - Aggiornamento 2018)

LEGENDA

- Pg4 - (Aree a suscettività MOLTO ALTA - aree in frana attiva)
- Pg3a - (Aree a suscettività ALTA - frane quiescenti)
- Pg3b - (Aree a suscettività ALTA - aree non di frana quiescente)
- Pg2 - (Aree a suscettività MEDIA)
- Pg1 - (Aree a suscettività BASSA)
- Pg0 - (Aree a suscettività MOLTO BASSA)
- A - (Aree speciali di tipo A - Cave attive, Miniere attive)
- A - (Aree speciali di tipo A - Discariche in esercizio)
- B1 - (Aree speciali di tipo B1 - Cave inattive, Miniere abbandonate)
- B2 - (Aree speciali di tipo B2 - Discariche dismesse e Riporti antropici)



L'intervento **non ricade** in fascia di esondabilità

TAV. 9 - Carta delle Fasce di Inondabilità

(stralcio dalla Scala 1:5.000 - Aggiornamento 2019)

LEGENDA

- **Fascia A** - Area inondabile con Trit = 50 anni
- **Fascia B** - Area inondabile con Trit = 200 anni
- **Fascia C** - Area inondabile con Trit = 500 anni
- **Alveo attuale**



Il sito **non ricade** in **fascia di rispetto perchè il tracciato del corso d'acqua è errato.**

TAV. 13 - Carta del Reticolo Idrografico Principale

(stralcio alla Scala 1:5.000 - Aggiornamento 2012)

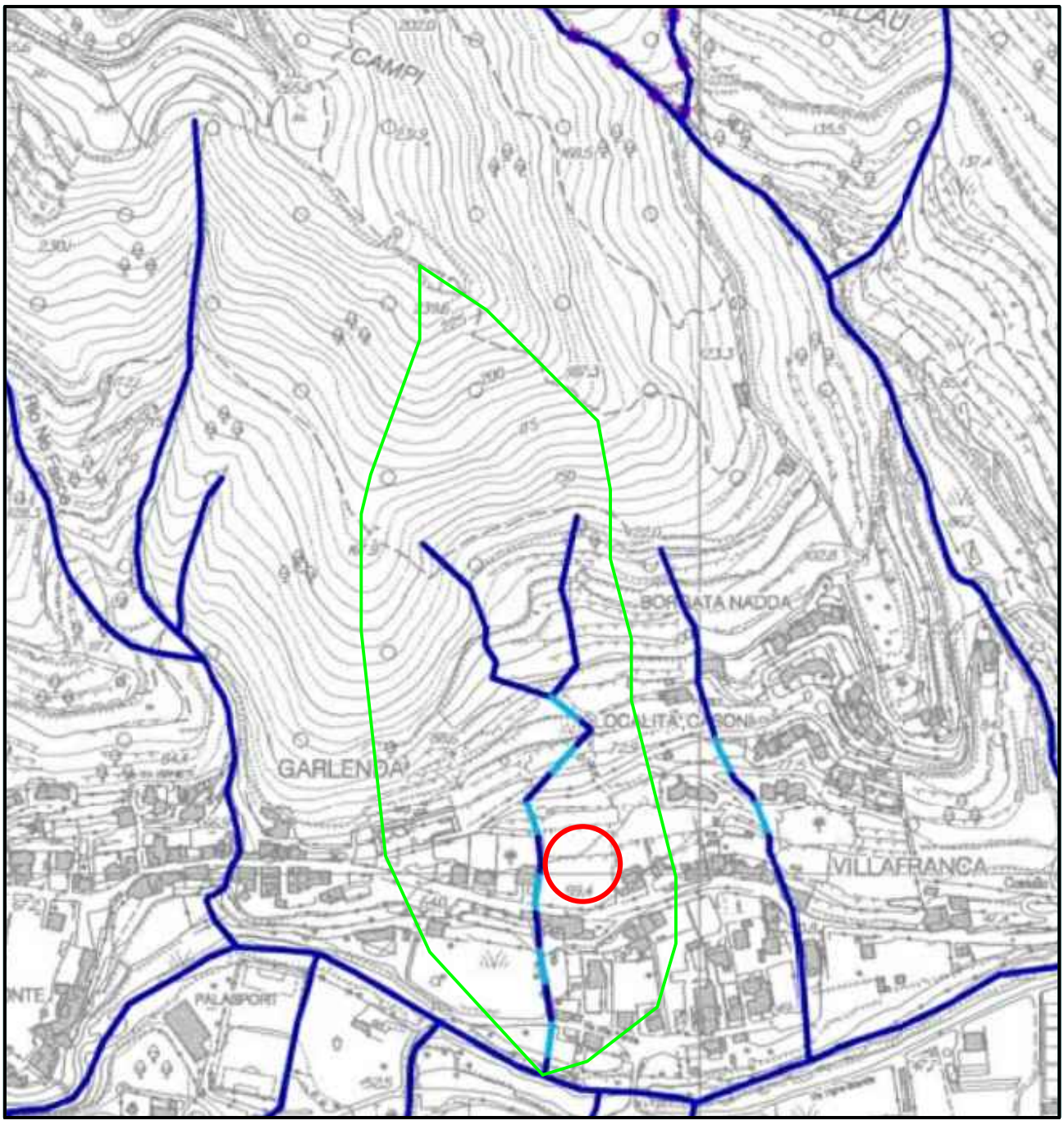
LEGENDA

- Corso d'acqua iscritto all'elenco delle acque pubbliche
- Corso d'acqua demaniale
- Ubicazione sito intervento

TAV.2B - BACINO IMBRIFERO - Scala 1:5.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia

Stralcio Reticolo Idrografico Regionale (2019)



Ubicazione sito d'intervento

Corso d'acqua in oggetto

N

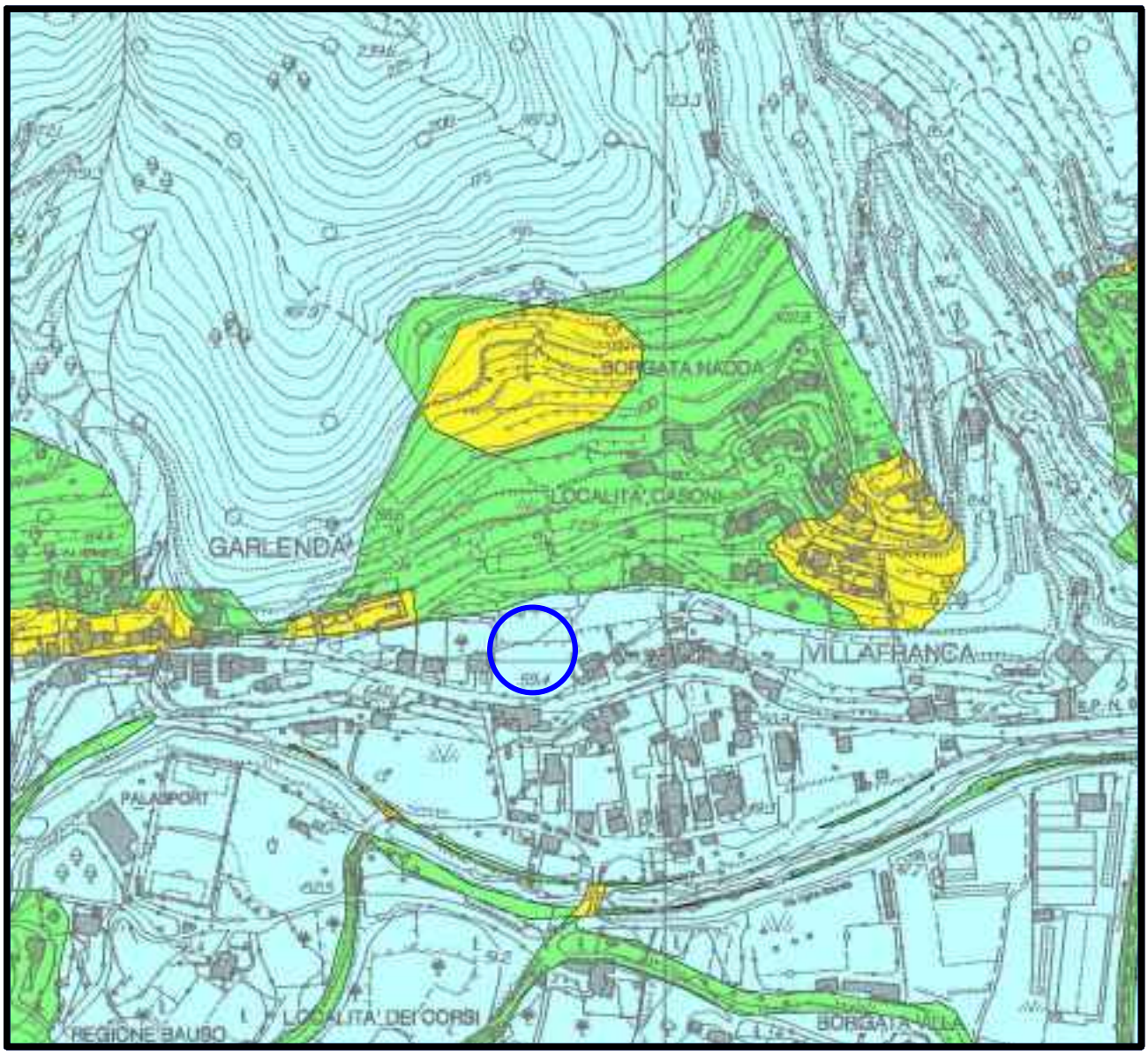
Bacino imbrifero sotteso al rio in oggetto (S=0.11 kmq = corso d'acqua minore - III°Livello secondo **D.G.P. 176/2018 art.6 punto 2**)

Normativa Piano di Bacino (D.G.P. 176/2018 art.6 punto 2, art.8 punto 2)
Rio minore - III° Livello (0.1<S<0.25 kmq)
Inedificabilità assoluta: 10m
Fascia di rispetto: 10m (gli interventi ricadenti in questa fascia necessitano di deroga presso la Regione)

TAV.2C - CARTA RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Scala 1:5.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



Da Piano di Bacino Centa- stralcio alla scala 1:10000 - aggiornamento 2018

LEGENDA

N

Ubicazione sito d'intervento

- Rg4 - Aree a rischio molto elevato
- Rg3 - Aree a rischio elevato
- Rg2 - Aree a rischio medio
- Rg1 - Aree a rischio moderato
- Rg0 - Aree a rischio lieve o trascurabile
- Alveo
- Limite dell'ambito di bacino

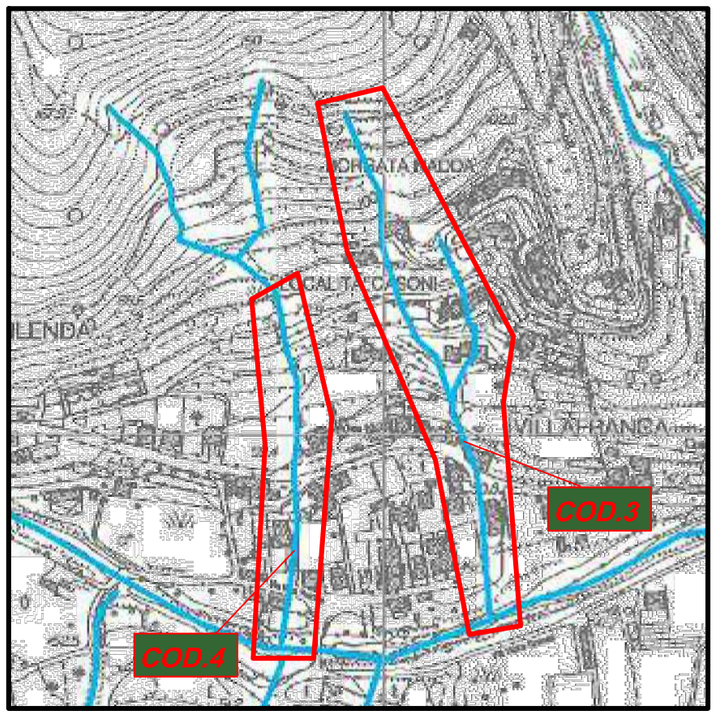
TAV. 2D

SCHEDE MODIFICA RETICOLO

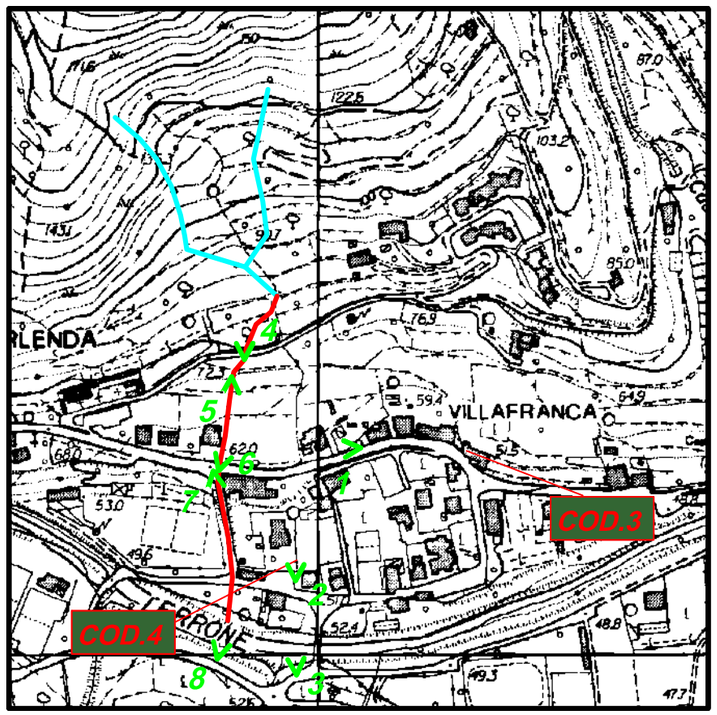
(2013)

SCHEDA B (COD.3-4) - OSSERVAZIONI SUL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE (D.G.R.1449/201

Reticolo idrografico regionale
(scala 1:5.000)



C.T.R. Squadro 245140
(scala 1:5.000)



Planimetria catastale (da sito internet de
(scala 1:5.000) Comune di Garlenda)



Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4A S. Fedele - Albenga (SV)

Documentazione fotografica (1/2)



Foto n.1 Tombinatura di drenaggio che smaltisce nell'antica bealera che alimentava il frantoio oleario del Castello di Garlenda che si immette nel Rio Nadda tombinato.



Foto n.2 Giardino privato senza tombinatura sottostante ove è riportato il corso d'acqua del reticolo.



Foto n.3 Assenza di sbocco nel T.Lerrone del corso d'acqua riportato sul reticolo regionale.

SCHEDA B (COD.3-4) - OSSERVAZIONI SUL RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE

(D.G.R.1449/2012)

Documentazione fotografica (2/2)



Foto n.4 Inizio tombinatura del corso d'acqua dalla strada cimitero-Nadda.



Foto n.5 Strada sopra tombinatura del rio subito a valle della strada comunale.



Foto n.6 Tombinatura del rio sotto piazzale privato.



Foto n.7 Tombinatura sotto strada del percorso del rio.

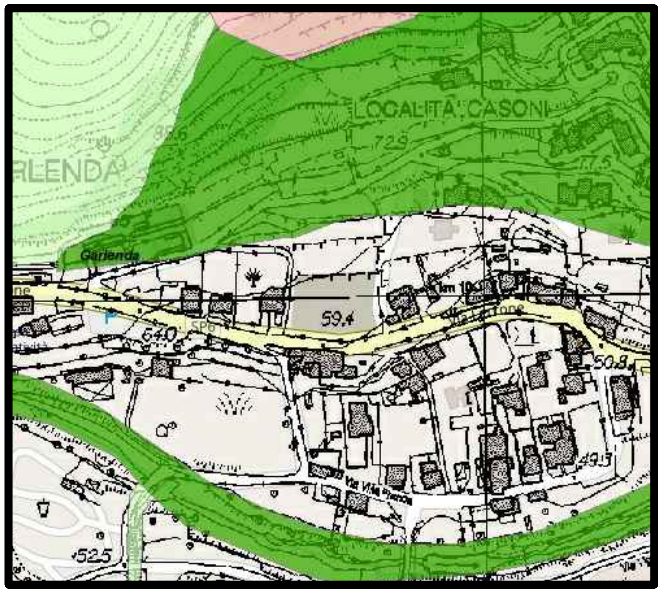


Foto n.8 Sbocco del rio nel T.Lerrone

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4A S. Fedele - Albenga (SV)

TAV.2E CARTA STRALCI DA PAI (Aggiorn.2023)

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500 **Scala 1:5000**
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



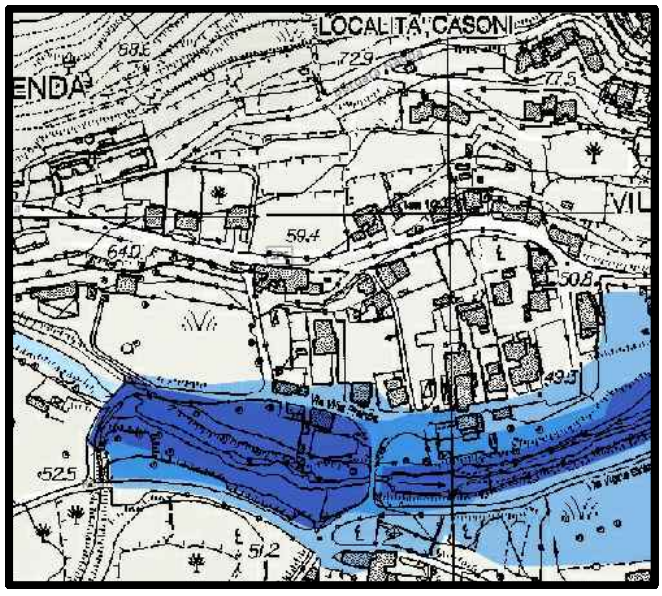
Mappe PAI dissesti - pericolosità, subsidenza
(Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale)

Mappa pericolosità LIGURIA

UoM Liguria

Aree speciali
- Area speciale - tipo A
- Area speciale - tipo B1
- Area speciale - tipo B2

pericolosità Liguria
- P1 - moderata propensione al dissesto
- P2b - media propensione al dissesto
- P3a - pericolosità elevata tipo a
- P3b - pericolosità elevata tipo b
- P4 - pericolosità molto elevata



PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera
(Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale)

PGRA Pericolosità

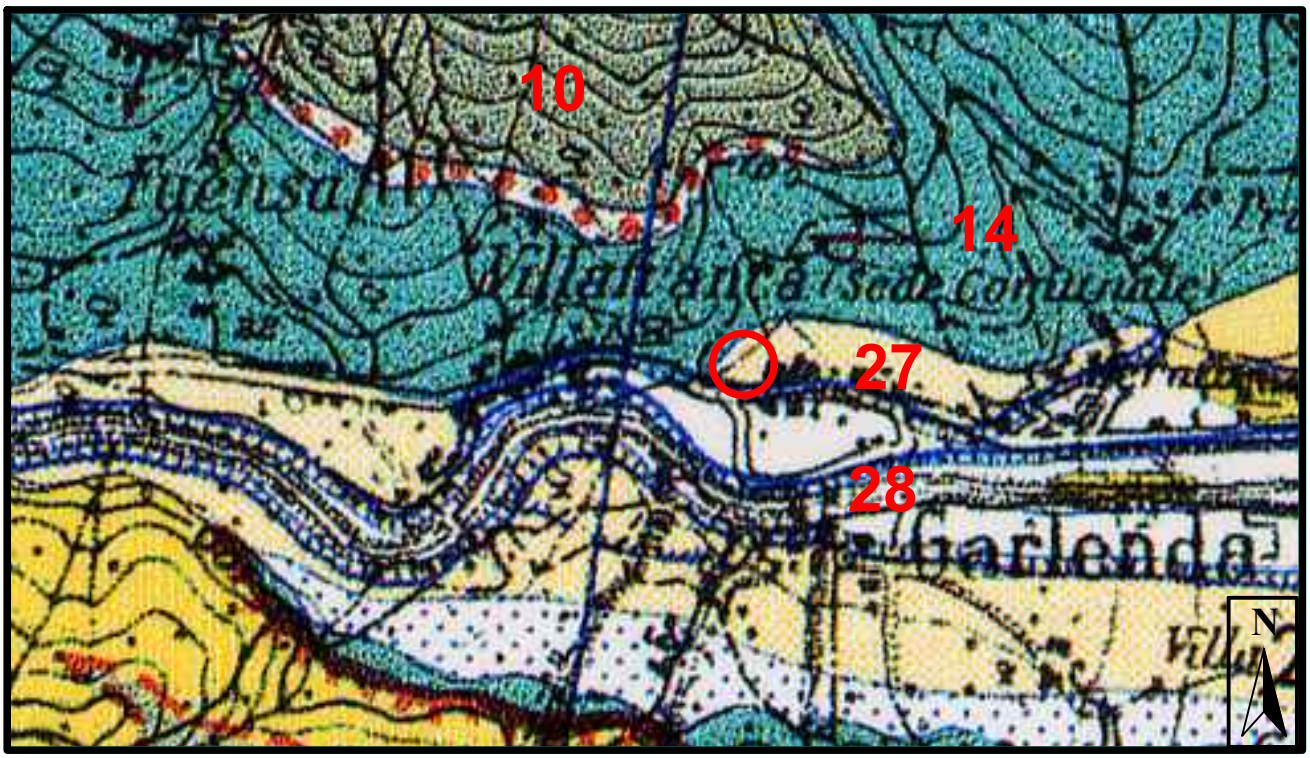
Pericolosità Dominio Costiero
- P2
- P3

Pericolosità Dominio Fluviale
- P1
- P2
- P3

Ubicazione sito intervento

TAV.3A - CARTA GEOLOGICA - Scala 1:10.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



Tratta dalla "Carta Geologica" Boni e Vanossi 1972.

Ubicazione sito d'intervento

28 Alluvioni non terrazzate ghiaioso-limoso-sabbioso

27 **Fluviale recente ligure. Alluvioni costituenti i terrazzi inferiori, ghiaioso-sabbiose, poco alterate in superfici**

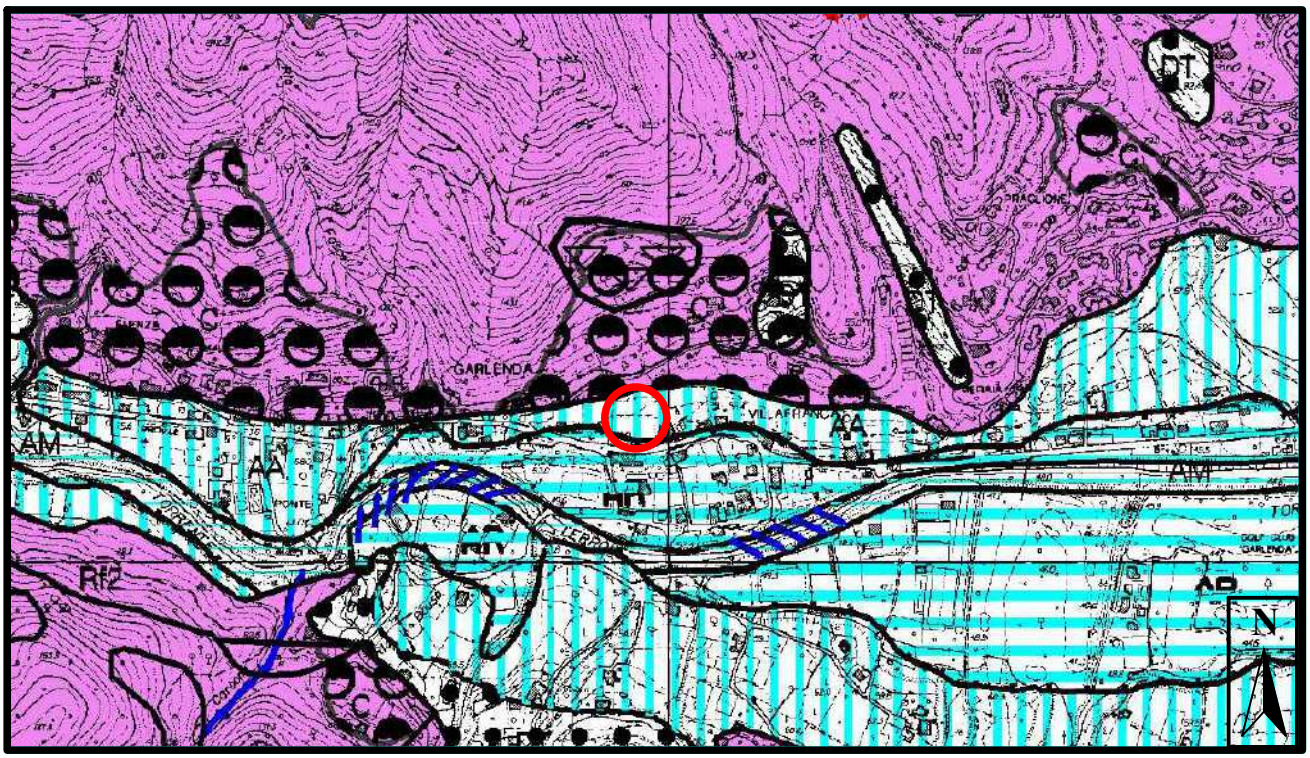
10 Quarziti di M.te Bignone - Membro di Costa di Oreto: ortoquarziti grigio chiare con sottili strati pelitici

14 Calcari di Ubaga - Membro di Caso: alternanze di calcari marnosi grigio-azzurri e marne da calcaree a argillose grigie

TAV.3B - CARTA GEOMORFOLOGICA

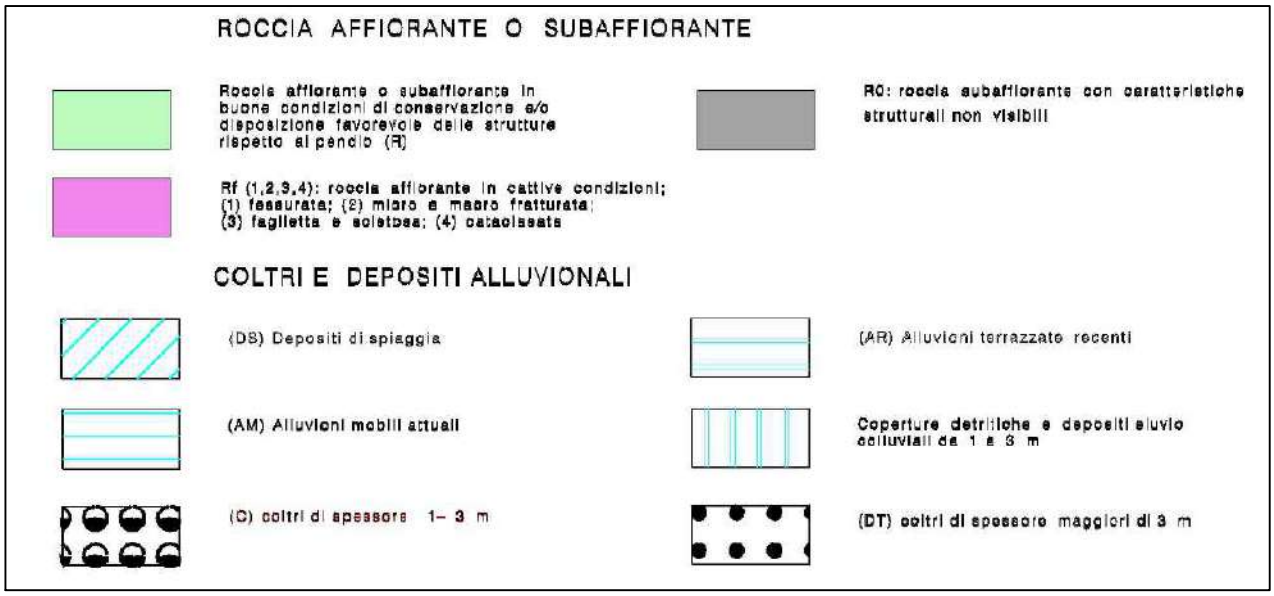
Scala 1:10.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



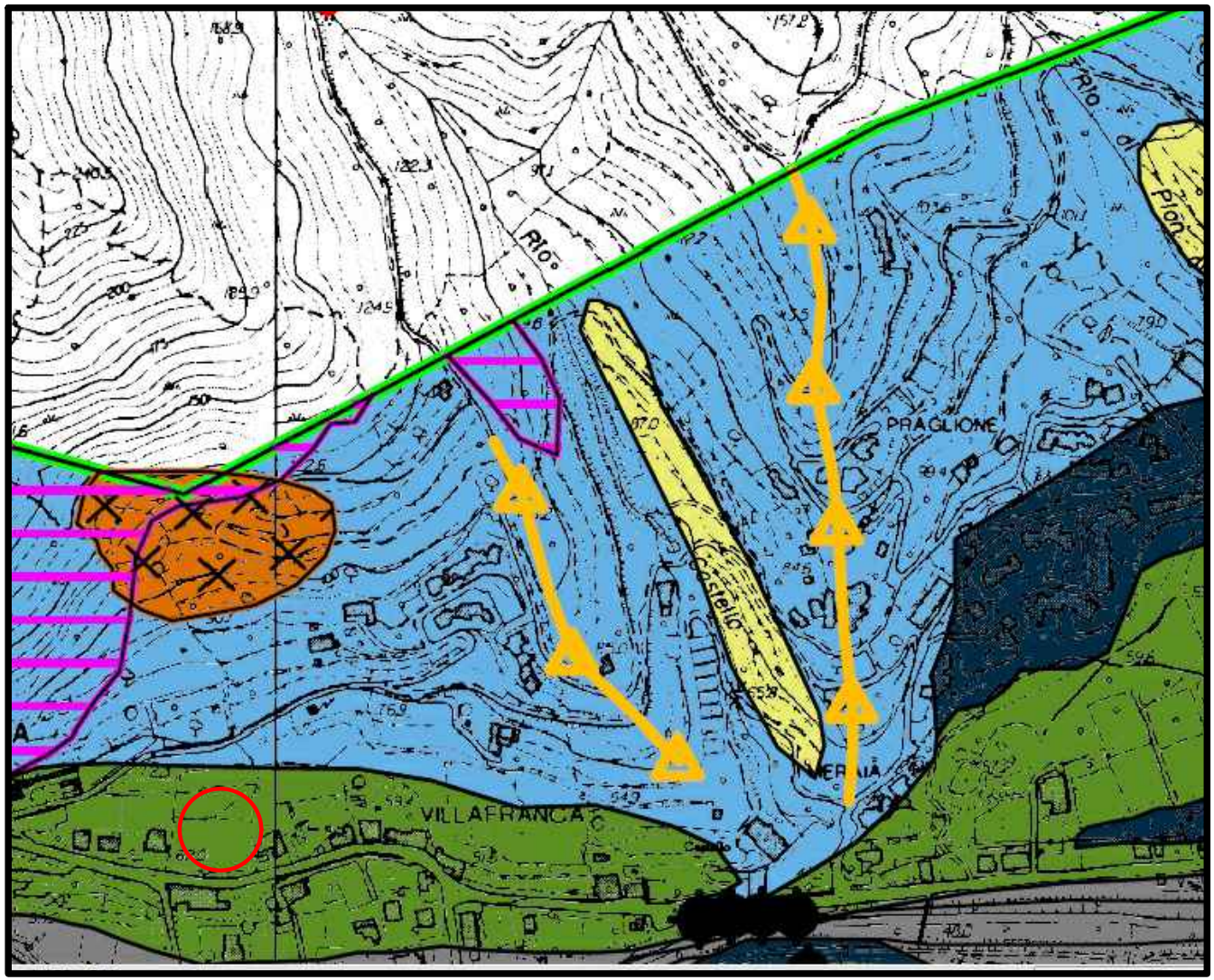
Tratta dalla "Carta Geomorfologica" del Piano di Bacino - Centa.

Ubicazione sito d'intervento



TAV.4 - STRALCIO CARTA MOPS (da studio microzonazione sismica comunale, 2012) - Scala 1:5.000

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



Ubicazione intervento in oggetto

ZONA 6 -Alluvioni antiche ghiaioso-sabbiose-argillose, da poco ad addensate

0 5 10 15 — 3-7.5m — S

ZONA 1 - Substrato lapideo stratificato con 11<Jv<20

0 5 10 15 — S

ZONA 7 - Detrito di versante a granulometria mista

0 5 10 15 — 3-8m — S

ZONA 3 - Substrato coesivo sovraconsolidato

0 5 10 15 — NS

Amplificazione topografica

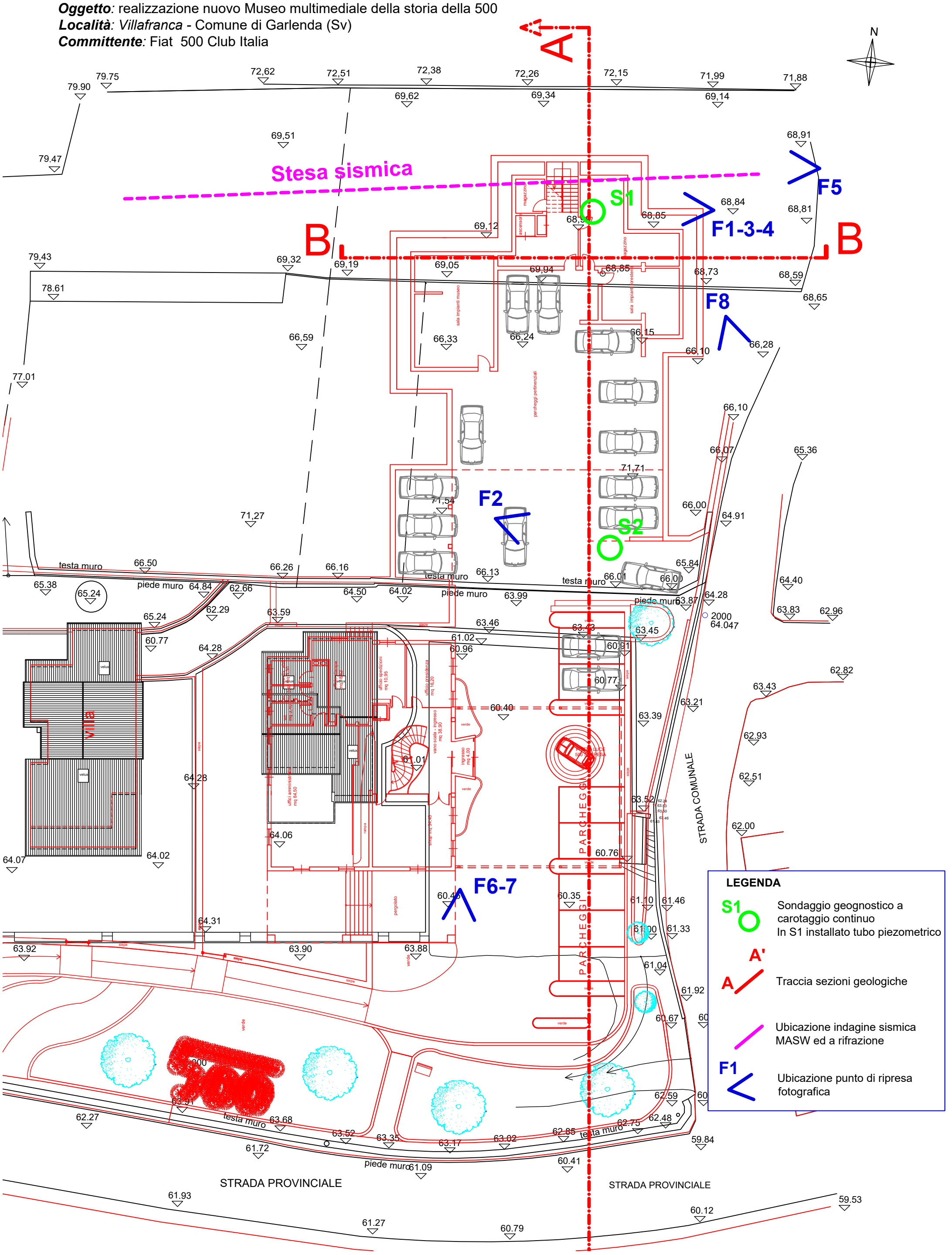
Aree con pendenza >15°

Cresta

Studio di Geologia Macciò M. Roberto - Via Bellò 4/A S.Fedele - 17031 Albenga (SV)

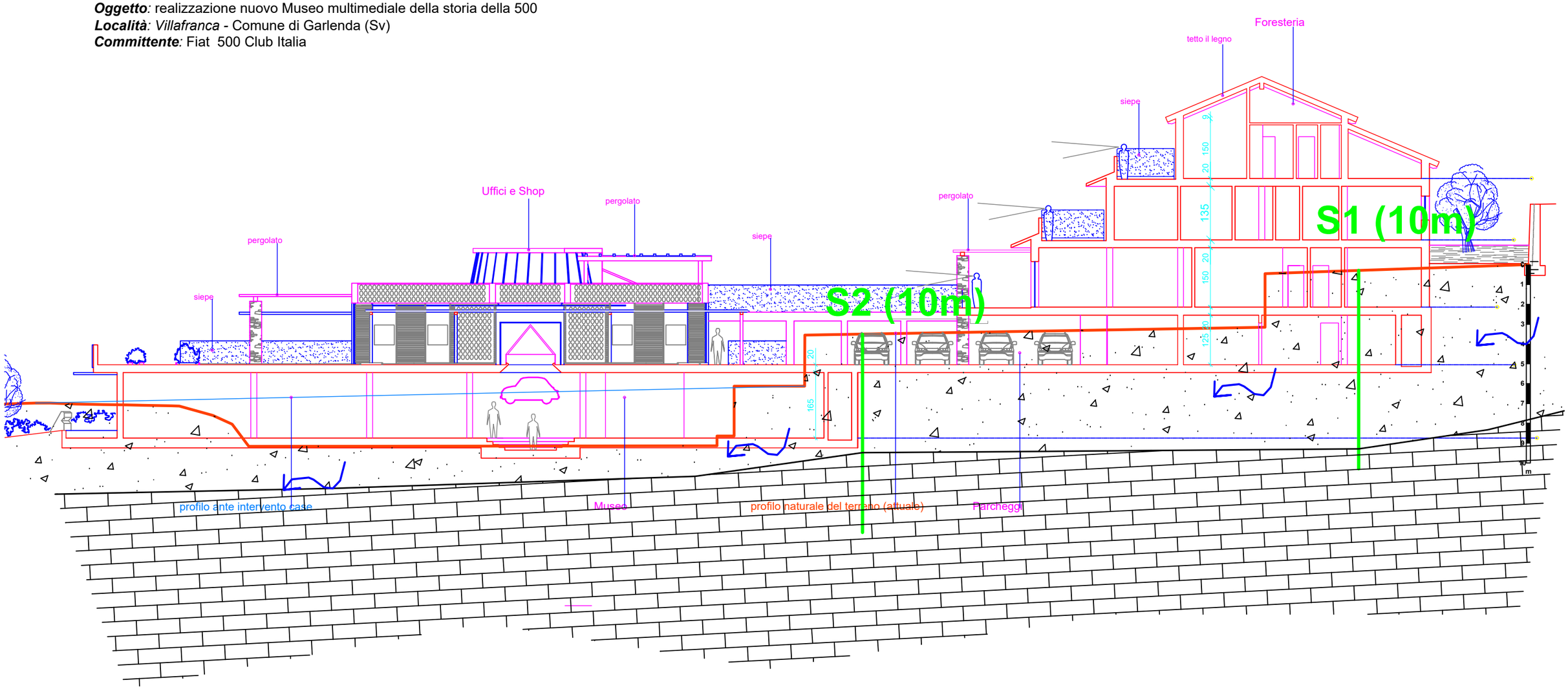
TAV.5 CARTA DI ANALISI - Scala 1:250

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



TAV.6A SEZIONE GEOLOGICA - Scala 1:200

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia



Scorrimenti idrici nella coltre detritica a seguito di eventi meteorici intensi

Terreno argilloso compatto con % di pietrisco eterometrico comprensivo di un livello superficiale di 1/1.5 m di terreno agricolo e di riporto utile alla realizzazione delle fasce.

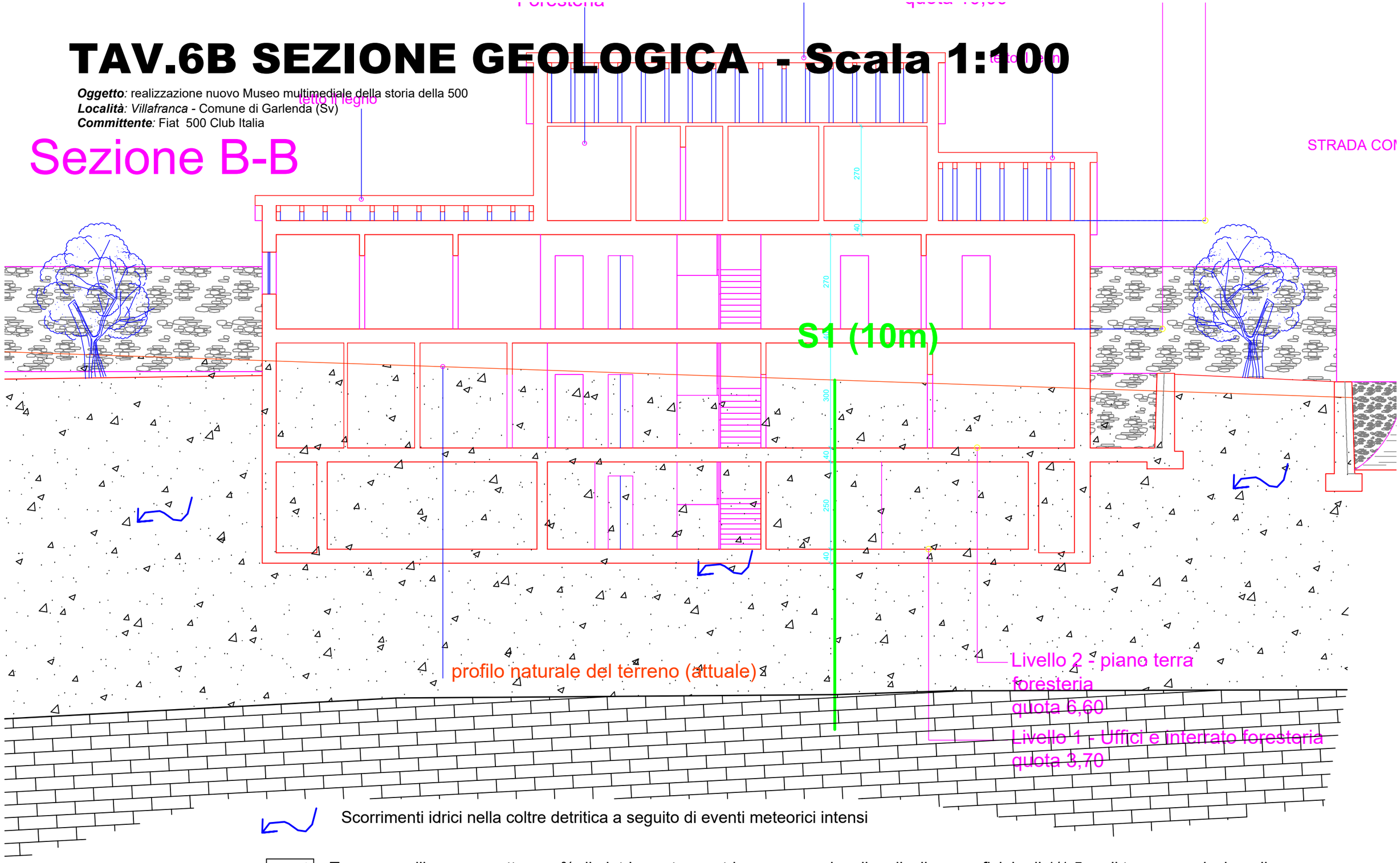
Cappellaccio di alterazione substrato roccioso (Membro di Caso): alternanze di calcari marnosi e marne calcaree argillose, con intercalazioni di calcari arenacei molto duri.

Studio di Geologia MACCIO' M. Roberto Via Bellò 4/A -San Fedele 17031 Albenga (SV)

TAV.6B SEZIONE GEOLOGICA - Scala 1:100

***Oggetto**:* realizzazione nuovo Museo multimediale della storia della 500
***Località**: Villafranca* - Comune di Garlenda (Sv)
***Committente**:* Fiat 500 Club Italia

Sezione B-B



Scorrimenti idrici nella coltre detritica a seguito di eventi meteorici intensi

Terreno argilloso compatto con % di pietrisco eterometrico comprensivo di un livello superficiale di 1/1.5 m di terreno agricolo e di riporto utile alla realizzazione delle fasce.

Cappellaccio di alterazione substrato roccioso (Membro di Caso): alternanze di calcari marnosi e marne calcaree argillose, con intercalazioni di calcari arenacei molto duri.

Studio di Geologia MACCIO' M. Roberto Via Bellò 4/A -San Fedele 17031 Albenga (SV)