

COMUNE DI LAIGUEGLIA
- PROVINCIA DI SAVONA -

**PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO PER LA
REALIZZAZIONE DI N. 3 EDIFICI RESIDENZIALI IN AREE COMPRESE
TRA STRADA VICINALE COLLE MICHERI E STRADA VICINALE CUNI**

INDAGINE GEOLOGICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA ED ALLEGATI

Committente:

La Quiete S.a.s.

Savona, dicembre 2018

RELAZIONE TECNICA

1. PREMESSA

Su incarico della società LA QUIETE S.a.s., proprietaria di un terreno inserito nell'area di Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata in zona C2 di P.R.G. nel Comune di Laigueglia, è stata realizzata un'indagine geologica allo scopo di accertare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei luoghi, nonché di analizzare le eventuali problematiche di tipo geologico-tecnico connesse con il progetto per la realizzazione di n. 3 edifici residenziali in aree comprese tra strada vicinale Colle Micheri e la strada vicinale Cuni.

La richiesta viene presentata dopo aver effettuato da parte dei richiedenti alcune opere di consolidamento che hanno risolto le condizioni di pericolosità del sito, attestate dai risultati di un monitoraggio topografico e strutturale condotti per la durata di anni 4 e che hanno portato alla ripermimetrazione dell'area da PG4, area con dissesto molto elevato, a PG3b, area a dissesto elevato, come sancito dal conseguente parere n°4/2013 dell'Autorità di Bacino Regionale - Comitato Tecnico Di Bacino espresso nella seduta del 17/01/2013.

In quegli anni il sottoscritto aveva sviluppato estese indagini geologiche sull'area, al fine di identificare le caratteristiche di dettaglio del sito sotto il profilo geologico, idrogeologico e geotecnico. La presente indagine fa pertanto ampio riferimento alle risultanze della suddetta indagine, integrandola con nuovi elementi in relazione alle specifiche proposte progettuali.

Presa visione degli elaborati progettuali, redatti dallo Studio Tecnico Ing. Paolo Bagnasco, il sottoscritto si è recato nei luoghi in oggetto allo scopo di rilevare l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei terreni.

Per l'approvazione dell'intervento da parte degli enti autorizzativi è richiesta la relazione geologica; questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della normativa vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico per l'accertamento della fattibilità dell'opera così come definito dai dettami delle NTC 2018.

In considerazione delle dimensioni dell'intervento e delle condizioni geologiche al contorno, che evidenziano la presenza diffusa di roccia affiorante e subaffiorante, l'indagine è stata così sviluppata:

- analisi e rielaborazione delle risultanze di tutte le indagini sviluppate in precedenza sull'area;
- esame di superficie sotto il profilo geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- rilievo geomeccanico di dettaglio dell'ammasso roccioso;
- rielaborazione delle prospezioni sismiche in onde P realizzate sull'area nel 2004;
- esecuzione di una prova sismica MASW/REMI
- ricostruzione, il più dettagliatamente possibile per quanto consentito dai dati raccolti, della situazione stratigrafica, idrogeologica e geotecnica dei terreni;
- caratterizzazione sismica e stima della pericolosità sismica di base del sito;
- identificazione delle problematiche geologico-tecniche connesse con la progettazione dell'intervento;
- redazione di carte tematiche e di sezioni rappresentanti le condizioni dell'area e gli elementi emersi nel corso dell'indagine;
- redazione di rapporto tecnico illustrativo.

Il presente documento contiene i risultati essenziali dello studio svolto, commenta sinteticamente i contenuti dei diversi elaborati ed espone le problematiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche emerse.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'indagine fa riferimento ai seguenti disposti normativi:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M.14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1988) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture- Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) -Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali. – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) –Progettazione geotecnica- Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) –Progettazione geotecnica- Parte II : Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- L.R. n°4/99 della Regione Liguria
- D.G.R. n°216 del 17/03/2017 della Regione Liguria
- Piano di Bacino "Torrente La Liggia"
- PRG di Laigueglia "Norme di Attuazione"

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area in esame è localizzata alle spalle del centro urbano di Laigueglia, in prossimità del limite occidentale del territorio comunale; più in dettaglio la stessa è posta all'incirca a 300 m in direzione W dalla linea di costa, tra la strada vicinale Colla Micheri e la Via Monaco (cfr. corografia, scala 1:5.000 e foto aerea da Google Earth di seguito riportate), che rappresenta l'accesso primario al sito.



Carta Tecnica Regionale



Foto aerea

4. VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO

Con riferimento al Piano di Bacino del Rio La Liggia, Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico di cui all'art. 1, comma 1 del D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i., approvato con DPC n. 43 del 28/10/2002, ultima variante approvata DdDG n. 176 del 25/06/2018 in vigore dall'11/07/2018.

Si allegano gli stralci delle carte (susceptività al dissesto, dei rii ed interventi), che fanno parte degli elaborati grafici del Piano.

Sugli stralci è stata individuata l'area in esame e si rileva quanto segue:

Carta della suscettività al dissesto: l'area in esame rientra in area a Suscettività Alta Pg3B

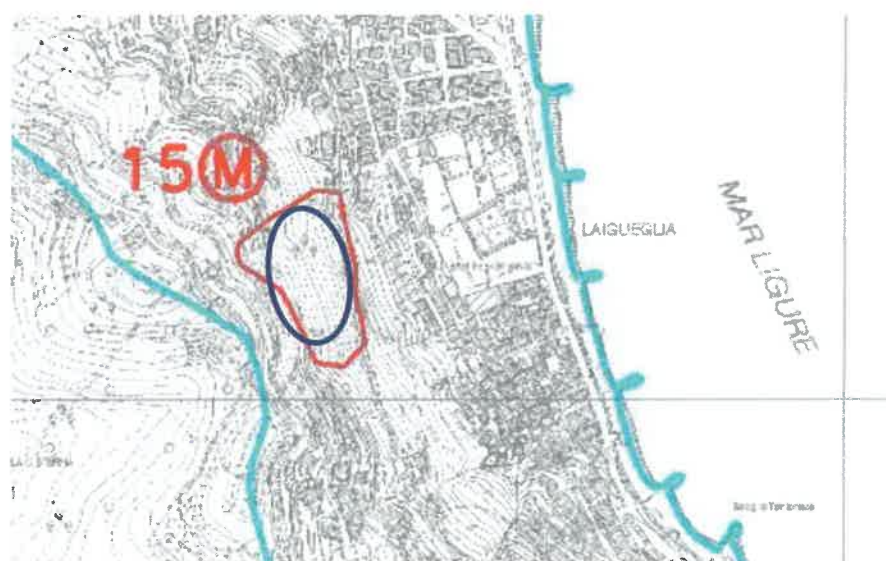


Carta del fasce di inondabilità: l'area non rientra in area inondabile;

Carta dei Rii: l'area non è caratterizzata dalla presenza di Rii;



Carta degli interventi: nell'area è previsto un intervento indicato come n.15, tipologia: monitoraggio e studio di regimazione delle acque superficiali, come da stralcio Piani di Interventi sotto riportato.



Laigueglia - Via Monaco

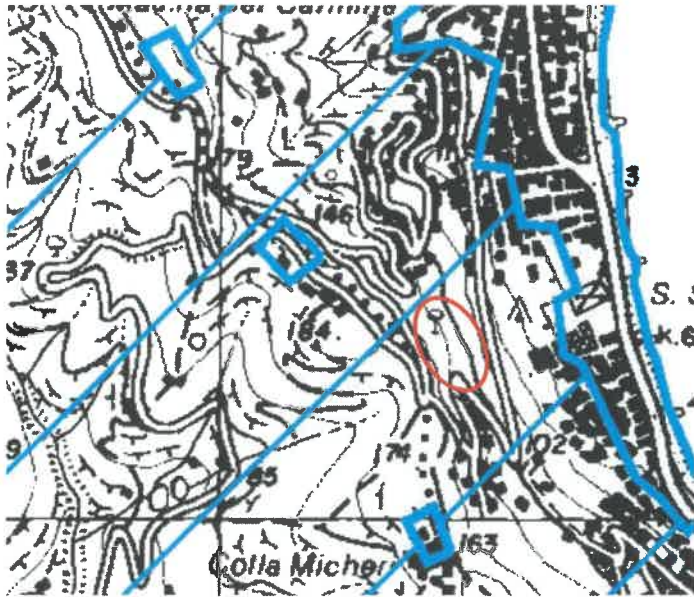
rif. CARTA INTERVENTI **N° 15**

Tipologia: Studio sulle relazioni fra i processi di erosione concentrata e diffusa valutando i fattori predisponenti e la dinamica dei processi di innesco del potenziale dissesto superficiale – individuazione e localizzazione opere di regimazione idraulica.

Rischio associato all'area di intervento: Rg3

Note: Area caratterizzata da franosità superficiale ed erosione diffusa (Rif scheda frana IFFI ID 009-00728-00 (scheda frana cod. 437-04) Aggiornamento D.G.P. n. 88/2013

Infine, il terreno rientra nelle aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici.



5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

5.1.1 Elementi Geomorfologici

L'area si colloca su una porzione del versante che, con esposizione E, costituisce parte del fianco orientale della dorsale che unisce località "Casa Oliveto" con la "Colla Micheri", il cui asse corre grosso modo parallelo alla linea di costa per piegare verso NW poco prima di Casa Oliveto, facendo registrare anche al versante tale rotazione. Il versante, che si sviluppa a partire dalla fascia assiale della dorsale e degrada verso la sottile piana costiera risulta caratterizzato da una discreta uniformità ed è marcatamente privo di particolari articolazioni morfologiche, quali vallecole e crinali secondari. Esso risulta inoltre contraddistinto da una notevole acclività con inclinazioni mediamente superiori a 32° , cui corrispondono pendenze medie del 60-70%, ma che talora, a scala locale, superano anche i 38° (e di conseguenza pendenze superiori al 75%).



Ad una scala più ampia rispetto a quella dell'area in esame, che risulta compresa grosso modo tra le quote 60 m e 140 m s.l.m., il versante risulta caratterizzato da un esteso manto di coperture sciolte di potenza assai modesta, con spessore medio valutabile nell'ordine di circa 1 m, con locali sacche a maggior spessore ma di limitate dimensioni areali.

La natura delle coltri è prevalentemente di tipo eluviale, con modesti apporti di tipo colluviale, mentre sotto il profilo granulometrico le stesse sono costituite da una matrice sabbioso-limosa con abbondanti inclusi lapidei derivanti dal disfacimento chimico-fisico dei termini più compatti del substrato roccioso.

Esse sfumano in profondità nel cappellaccio di alterazione del substrato roccioso, il quale evidenzia spessori dell'ordine di circa 2-3 m e fa un graduale passaggio al substrato roccioso sano.

In superficie si ha la presenza di un sottile livello di terreno vegetale, la cui estensione è di tipo discontinuo, sul quale ha attecchito la vegetazione spontanea tipica della macchia mediterranea; localmente è ancora presente una rada copertura arborea di conifere.

Localmente si rinvencono inoltre residui di terrazzamenti i cui sostegni originari, rappresentati da murature a secco, sono spesso disarticolati o crollati e rappresentati solo più da resti di pietrame.

Nell'intorno dell'area, in margine alla Via Monaco, si rinvencono alcuni edifici di tipo residenziale, il cui inserimento nel versante mediante sbancamenti e riporti di terreno ha comportato la messa in opera di muri di sostegno dei fronti di scavo e di contenimento dei materiali riportati per creare i terrazzamenti relativi alle sistemazioni esterne.

La marcata acclività del versante ha favorito in passato fenomeni di erosione superficiale dovuti al ruscellamento delle acque e l'innescarsi di modesti fenomeni di solifluzione, ma le opere dalla Committenza, concluse nel 2009, ha praticamente eliminato o fortemente ridotto tali azioni, attraverso la realizzazione di muri di sostegno e la captazione e la regimazione delle acque superficiali.

Va infine sottolineato che in tutta la zona esaminata non si evidenziano indizi di instabilità profonda in atto e/o potenziale a carico del versante.

5.1.2 Elementi Litologici

La roccia in posto è rappresentata dalla "Formazione di Testico" ed in particolare dal Membro di Pieve di Teco "B", rappresentato da una sedimentazione flyschoidale in facies torbiditica da marnosa a marnoso-siltosa ed argillitica a base calcareo-arenacea, in sequenza stratoidi medie, alternate ritmicamente con arenarie quarzoso-micacee.



Nella porzione superiore del versante dominante è la facies flyschoidale nelle sue sequenze ritmiche di dimensioni da centimetriche a decimetriche, mentre a valle domina la componente più marnosa, con intercalazioni di calcari marnosi.

La roccia, di colore grigio se in condizioni di integrità sfuma in colori da bruno a nocciola, dove l'alterazione è meno spinta, fino ad arrivare a termini giallastri ed ocrei dove il fattore di degradazione è più elevato.

Sempre per quanto riguarda gli assetti giaciture, la formazione, di età paleocenica, è stata oggetto di fenomenologie tettoniche manifestatesi con la formazione di piegamenti, faglie e superfici tettoniche. In conseguenza di tali dislocazioni, la roccia evidenzia una serie di famiglie di fratturazione, variabilmente disposte, di cui si dirà più estesamente nel seguito della presente.

Essa affiora con continuità in corrispondenza delle scarpate artificiali presenti lungo il margine di monte della Via Monaco, laddove la stessa non è stata rivestita dai muri di contenimento, in corrispondenza del tornante della Via Monaco, all'intorno di quota 120 m s.l.m., e nella porzione terminale della stradella interna all'area che si diparte dal suddetto tornante.

Dove la roccia non affiora, come già detto, sono presenti coperture di origine essenzialmente eluviale a granulometria eterogenea, di modesto spessore.

5.1.3 Elementi Idrogeologici

I deflussi superficiali sono essenzialmente legati dalle caratteristiche geomorfologiche dell'area: la pronunciata acclività del versante, unitamente alla sua uniformità trasversale innescano fenomeni di ruscellamento diffuso su quasi tutta l'area, con effetti di dilavamento e di erosione superficiale solo in parte attenuati dalla copertura vegetale e dai terrazzamenti relitti. Sono tuttavia presenti due solchi di ruscellamento concentrato, che interrompono tale fenomeno; il primo è localizzato grosso modo al centro dell'area, ed è stato interessato da lavori di regimentazione, attraverso la realizzazione di un canale in cls articolato a gradini, con funzione di rallentamento della velocità dell'acqua e del suo potere erosivo.

Il secondo a settentrione della stessa, all'esterno dell'area di interesse risulta anch'esso interessato da opere di regimentazione, in particolare in prossimità dell'intersezione con la Via Monaco; essi sono caratterizzati da regime occasionale, con deflussi evidenti solo in occasione di marcate precipitazioni meteoriche con tempi di corrivazione molto ristretti. La direzionalità dei deflussi è normale al pendio e la loro incisione nei confronti di questo è limitata alle coltri superficiali con possibili infiltrazioni lungo i giunti di fessurazione del cappellaccio di alterazione del substrato.

Due ulteriori linee di deflusso preferenziale sono rappresentate dalla strada di penetrazione a quota 120 m s.l.m., ma soprattutto dalla Via Monaco. Le strade tagliano trasversalmente il versante e intercettano i ruscellamenti provenienti da monte e li convogliano nei solchi di ruscellamento concentrato esistenti.

Mentre la carrareccia ha una modesta funzione, la Via Monaco agisce da vero e proprio canale di gronda; nello scorso decennio essa è stata interessata da lavori di regimentazione delle acque, con cunette, tubazioni, pozzetti e tombini che permettono un corretto smaltimento delle acque superficiali, recapitate negli impluvi naturali.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, essa può essere considerata limitata e si manifesta in occasione di fenomeni di precipitazioni meteoriche, all'interno delle modeste coperture detritiche presenti e all'interno degli orizzonti più fratturati e alterati del substrato roccioso.

Dal punto di vista della permeabilità, le coperture superficiali sono mediamente permeabili per porosità, mentre la formazione rocciosa, da considerarsi impermeabile se in condizioni di integrità, risulta permeabile per fratturazione almeno negli orizzonti più superficiali, dove le già citate discontinuità possono costituire vie preferenziali per l'infiltrazione dell'acqua. Non si escludono infine deboli diffusioni idriche in profondità per ridotti fenomeni di carsismo locale.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DI DETTAGLIO DELL'AREA.

Con riferimento alla Planimetria di Analisi Geologica, in scala 1:500, allegata in calce alla presente, si descrivono nel presente capitolo:

- le opere di presidio idrogeologico realizzate dai proprietari dell'area tra il 2004 e il 2009;
- le caratteristiche geologiche di dettaglio dell'area.

Le problematiche di tipo idrogeologico emerse nel 2004, precedentemente ai lavori che hanno reso possibile la sua ripermimetrazione, erano sostanzialmente riconducibili a due tipologie principali:

- quella legata alle condizioni di stabilità a piccola scala, relativamente alle scarpate artificiali in margine alla Via Monaco e alla stradella più in quota, in quanto a livello di stabilità globale il versante, nel suo complesso, risulta stabile;
- quella condizionata dai deflussi superficiali, che avvengono per ruscellamento diffuso nella stragrande maggioranza dell'area e in un solco di ruscellamento concentrato che si sviluppa in posizione centrale rispetto all'area stessa, gli stessi innescano fenomeni di dilavamento, erosione e detrizione lungo il versante.

Queste problematiche hanno reso necessario intervenire nel settore di versante considerato con i seguenti criteri:

- intercettare e regimare le acque di ruscellamento superficiale provenienti dalla porzione di monte del versante, mediante la raccolta delle stesse in corrispondenza della stradella;
- collettare le acque così raccolte nel solco di ruscellamento concentrato presente nella porzione centrale dell'area, mediante cunette;
- regimare i deflussi lungo il solco di ruscellamento concentrato, realizzando un canale in cls a salti successivi, in modo da ridurre la velocità delle acque e di conseguenza la capacità erosiva delle acque;
- realizzare due muri di sostegno in c.a., intirantati mediante tiranti ancorati nel substrato roccioso, con rivestimento in pietra, in corrispondenza delle scarpate di monte della Via Monaco e della stradella;
- raccogliere, in corrispondenza della Via Monaco, le acque provenienti dal solco di ruscellamento concentrato e dalla porzione superiore della strada, collettandole mediante tubazione nel rio presente a settentrione dove sono già state realizzate opere di regimazione idraulica.

Il Comune ha realizzato direttamente o indirettamente ulteriori opere di presidio, consistenti in:

- muri di sottoscarpa alla Via Monaco, sia nel tratto di valle, sia in quello a monte;
- messa in opera di un rivestimento corticale in corrispondenza della scarpata rocciosa posta sul tornante da cui si diparte la stradella di accesso alla proprietà dei committenti;
- sistemazioni idraulica del solco di deflusso, nel suo attraversamento della Via Monaco, con pozzetto di caduta all'imbocco e riprofilatura del fondo;
- regimazione delle acque lungo la Via Monaco.

Come già esposto anche in precedenza, le opere realizzate hanno portato alla ripermimetrazione dell'area a seguito anche di un monitoraggio topografico e strumentale, con la messa in opera di celle di carico su alcuni tiranti sia sul muro di monte che su quello di valle dell'area.

Vengono qui di seguito riprodotte alcune riprese fotografiche effettuate sull'area, per facilitare la comprensione di quanto descritto.



Muro di monte della stradella



Particolare canalizzazione a gradini



Affioramento roccioso al termine della stradella



Rivestimento corticale scarpata rocciosa



Consolidamento sottoscarpa strada comunale



Attraversamento del rio in Via Monaco



Muro di contenimento lungo il tratto di valle della Via Monaco



Panoramica del versante



Particolare del versante, della stradella e del muro a monte

Le caratteristiche specifiche del settore di versante di interesse risultano alquanto semplificate; esse sono state rappresentate sulla Planimetria di Analisi Geologica, in scala 1:500, allegata in calce alla presente, cui si rimanda.

Preme in questa sede evidenziare la diffusa presenza di un sottile manto di coperture eluviali, che si estendono quasi senza soluzione di continuità, ad eccezione dei due tagli stradali effettuati che hanno portato alla luce il substrato roccioso, peraltro obliterato dalla presenza dei muri di contenimento.

L'osservazione del versante e la rappresentazione del rilievo topografico a curve di livello evidenziano la assenza di particolari articolazioni morfologiche del versante, che si traduce in una sostanziale uniformità sia in senso normale, sia in senso trasversale, con un pendio pressochè caratterizzato da una pendenza più o meno continua, interrotta unicamente dai già citati interventi antropici per la realizzazione delle strade e dalla presenza di qualche residuo terrazzamento nella porzione centrale.

Il ruscellamento diffuso che interessa il versante risulta fortemente attenuato dalle opere di regimazione realizzate, ed in particolare dalla cunetta di raccolta delle acque, posto sulla testa del muro di monte della stradella, che colletta le acque nel canale a gradini che, in corrispondenza della Via Monaco, attraverso un pozzetto di caduta, attraverso una tubazione colletta le acque nel solco posto a settentrione dell'area.

La aliquota delle acque meteoriche cadenti sul settore compreso tra le due strade, i cui deflussi avvengono ancora per ruscellamento diffuso, viene intercettato dal corredo drenante del muro di contenimento lungo la Via Monaco e dalle cunette e le griglie di intercettazione di cui è dotata la sede stradale.

7. INDAGINI DI DETTAGLIO.

La posizione delle indagini sviluppate sull'area nel 2004 e nel 2018 è stata rappresentata sulle allegate Planimetria di Analisi Geologica e Planimetria di Progetto, in scala 1:500, cui si fa riferimento anche per quanto concerne il posizionamento delle sezioni geologiche.

7.1 Prospezioni sismiche a rifrazione (2004).

Nell'area in esame sono state effettuate n°2 prospezioni sismiche a rifrazione a stesa reciproca, denominate S.S.1 e S.S.2.

Metodologia d'indagine

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie.

Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori (geofoni) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel volume solido sottostante a seguito della generazione di un'onda elastica ad un istante noto; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multic canale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files.

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (\pm mV) sull'asse verticale.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (nel presente metodo le riflessioni, sebbene spesso ben riconoscibili, non vengono considerate).

Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto percorso sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia.

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

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

Le velocità sismiche sono proporzionali al grado di addensamento dei materiali entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

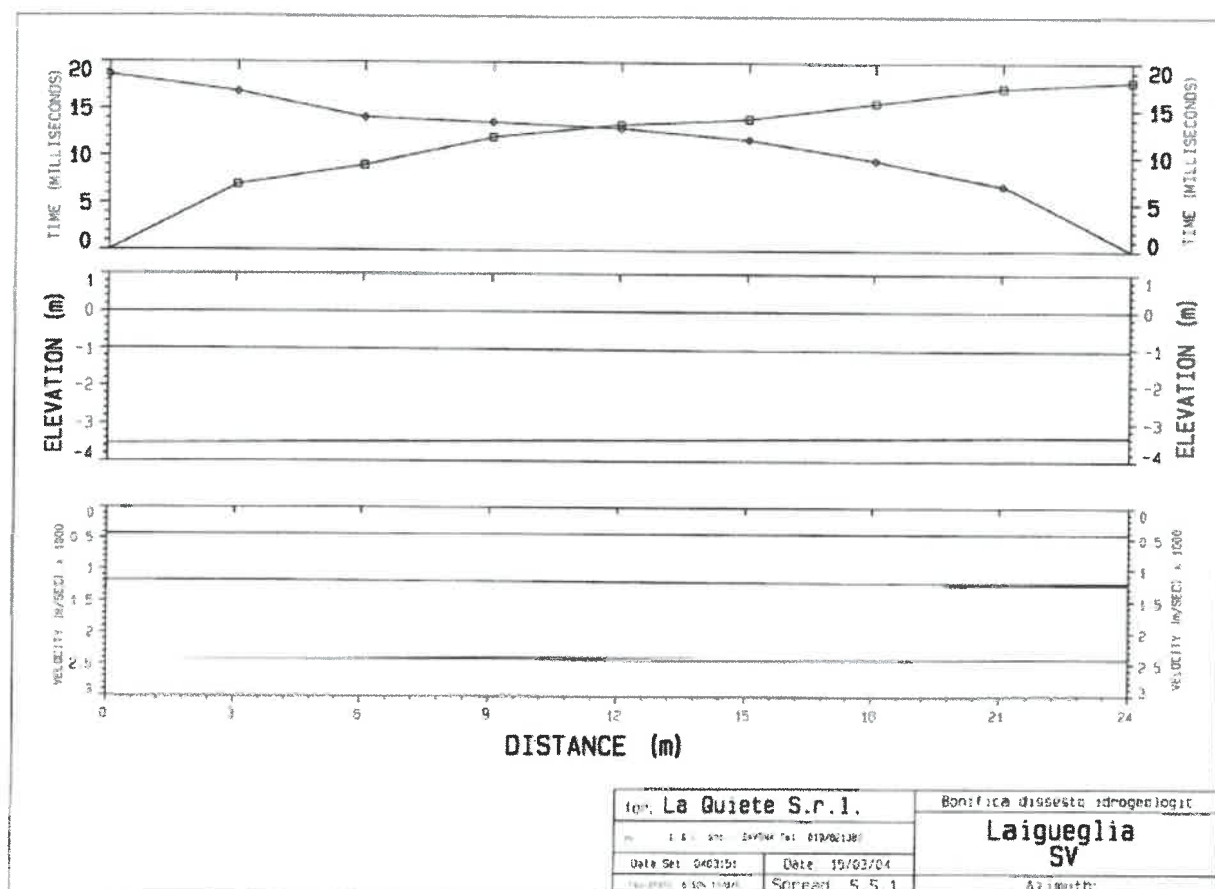
La finalità specifica delle prospezioni sismiche è rappresentata essenzialmente dal conseguimento di informazioni relative agli spessori ed alla natura degli orizzonti di terreno presenti al di sotto dello sviluppo delle prospezioni: ai valori delle velocità delle onde sismiche è infatti possibile associare un significato nei riguardi di compattezza dei materiali contestualmente alle caratteristiche geolitologiche esistenti nell'area in esame.

La sequenza degli strati sismici viene attribuita anche sulla base degli esiti dei rilevamenti di superficie.

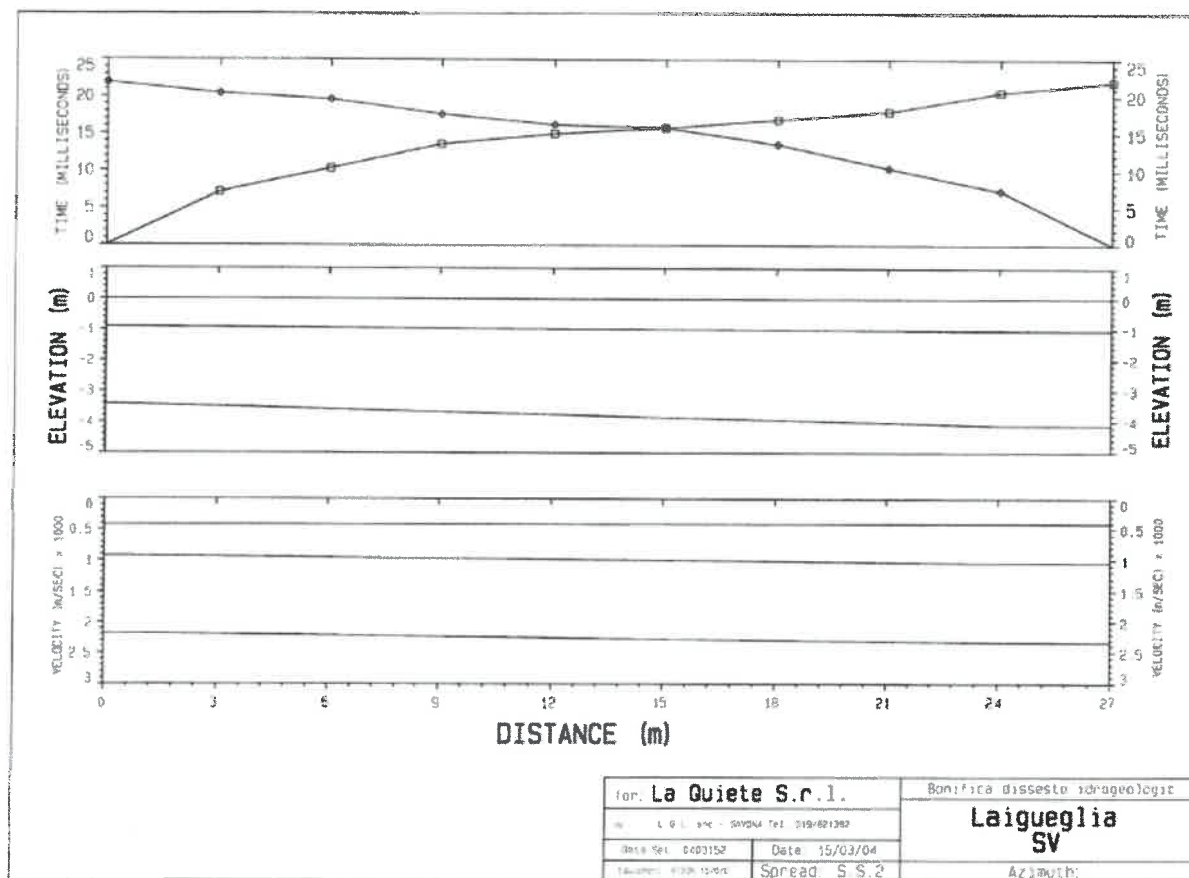
Le prospezioni sono state effettuate mediante sismografo BISON mod. 1570/C, mentre per le energizzazioni si è proceduto mediante percussione di massa battente su piastra di acciaio.

I dati acquisiti sono stati elaborati al computer ed hanno fornito i grafici delle dromocrone, i tabulati di calcolo ed i profili allegati qui di seguito.

Stendimento sismico S.S.1



Stendimento sismico S.S.2



I risultati delle indagini eseguite, consentono di estrapolare una stratigrafia di massima dell'area indagata che viene di seguito schematizzata.

- * il livello superficiale è costituito da materiali a basso grado di addensamento, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche di circa 400-450 m/sec e spessori medi dell'ordine di 0,9 - 1.0 m. Detti materiali sono costituiti da materiali sciolti ascrivibili alle coltri di copertura;
- * il rifrattore sottostante è costituito da materiali che evidenziano un addensamento decisamente più elevato, con velocità sismiche comprese in un range tra 980 e 1250 m/sec, rappresentato da materiale litoide che costituisce il substrato roccioso alterato e disarticolato, con spessori medi dell'ordine di circa 2.5 m;
- * il livello più profondo, caratterizzato da velocità sismiche comprese tra 2.200 e 2.450 m/sec, è costituito dal substrato roccioso in discrete condizioni geomeccaniche, reperibile mediamente ad una profondità di circa 3,5-4,0 m dal p.c..

7.2 Indagine MASW/REMI (2018).

Descrizione del metodo

Il metodo d'indagine sismica passiva si basa sulle particolari leggi fisico-matematiche, che governano la propagazione delle onde sismiche superficiali, in mezzi stratificati (monodimensionali o 1-D). Ciò che tale metodo analizza è la dispersione delle onde di superficie che vengono prodotte da sorgenti di cui non si sa la provenienza, ad esempio il traffico urbano, attività varie ecc... In tali condizioni, sia le onde di Love sia le onde di Rayleigh, hanno carattere dispersivo: si ha una forte dipendenza della velocità di propagazione (V_R per le onde di Rayleigh e V_L per le onde di Love) dalla frequenza del moto sismico. In

ipotesi di mezzo stratificato, le caratteristiche della “curva di dispersione” $V_R = V_R(f)$ sono strettamente collegate alle caratteristiche stratigrafiche dell'area indagata: la struttura della curva di dispersione dipende quasi esclusivamente dal profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s = V_s(z)$.

Ad esempio, nel caso di un aumento di velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità, la curva di dispersione assume un andamento caratteristico, evidenziando bassi valori di velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in corrispondenza di alte frequenze mentre mostrano alti valori di velocità in corrispondenza di basse frequenze. La totalità dei metodi d'indagine sismologica basati sull'analisi delle onde superficiali, sia essi passivi sia attivi, prevedono specifiche tecniche d'acquisizione dei segnali sismici, identificazione delle onde superficiali, stima della curva di dispersione ed inversione o modeling di questa ultima, al fine di ottenere il Profilo V_s .

L'analisi sperimentale dei microtremori ha, infatti, evidenziato che il rumore sismico presente nell'ambiente possiede, in genere, caratteristiche spettrali particolarmente adatte all'esplorazione del primo sottosuolo (significativa densità di energia nella banda 3 – 25 Hz).

Per una dettagliata ed esaustiva descrizione delle tecniche di misura e delle metodologie d'analisi del noise sismico si rimanda a:

- Nakamura Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface. QR Raylw Tech. Res.Inst., 30, 25-33.
- Nazarian S. e Stokoe K. H. 1984. In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves in Proceedings of the world Conference on Earthquake Engineering, Vol. 8, San Francisco, 21-28.
- Louie J. N. 2001 “shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays” Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 2 347-364 pp.
- Okada 2004, Saito M. 1979 “Computation of reflectivity and surface wave dispersion curves for layered media” Butsuri-Tanko 32, n° 5 15-26pp

Acquisizione ed elaborazione del “Noise” sismico



La strumentazione utilizzata è costituita da:

- sismometro GEODE 24 canali 18 bit di dinamica + 3 IFP
- 12 geofoni di frequenza caratteristica pari a 4.5 Hz
- 1 cavo geofonico

L'acquisizione viene eseguita tramite uno stendimento di geofoni di tipo lineare; le tracce sismiche sono state acquisite lungo un profilo con interdistanza geofonica pari a 5 m per una lunghezza totale dello stendimento di 55 m.

Il segnale sismico è stato acquisito con passo di campionamento di 2 ms e con numero di campioni di 16384, tali parametri hanno consentito di registrare segnali sismici di lunghezza pari a 32768 ms. Sono state registrate 18 “finestre” di rumore sismico.

Le principali fasi di “processing” possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Pre-processing dei records di noise sismico (analisi delle caratteristiche medie del “noise”, per verificarne la qualità sia in termini di stazionarietà spazio-temporale e sia in termini di coerenza spettrale) che consente di individuare il range di frequenze ottimale (2.5 – 25 Hz) da utilizzare nelle fasi successive di elaborazione.
- Trasformazione dei records di noise sismico secondo due passaggi successivi. In primo luogo è stata operata la trasformazione dal dominio T-X (tempo – distanza) al dominio tau-p (tempo intercetta - “slowness” o reciproco della velocità apparente) e successivamente dal dominio tau-p al dominio f-p (frequenza - $1/V$) p-f Image (un’elaborazione statistica di tutti i records di tipo p-f ed una procedura di normalizzazione hanno consentito di ottenere il diagramma indicato come p-f image).
- picking della curva di dispersione, (è associato ad un certo numero di punti uno o più rapporti $1/V$ per alcune frequenze).

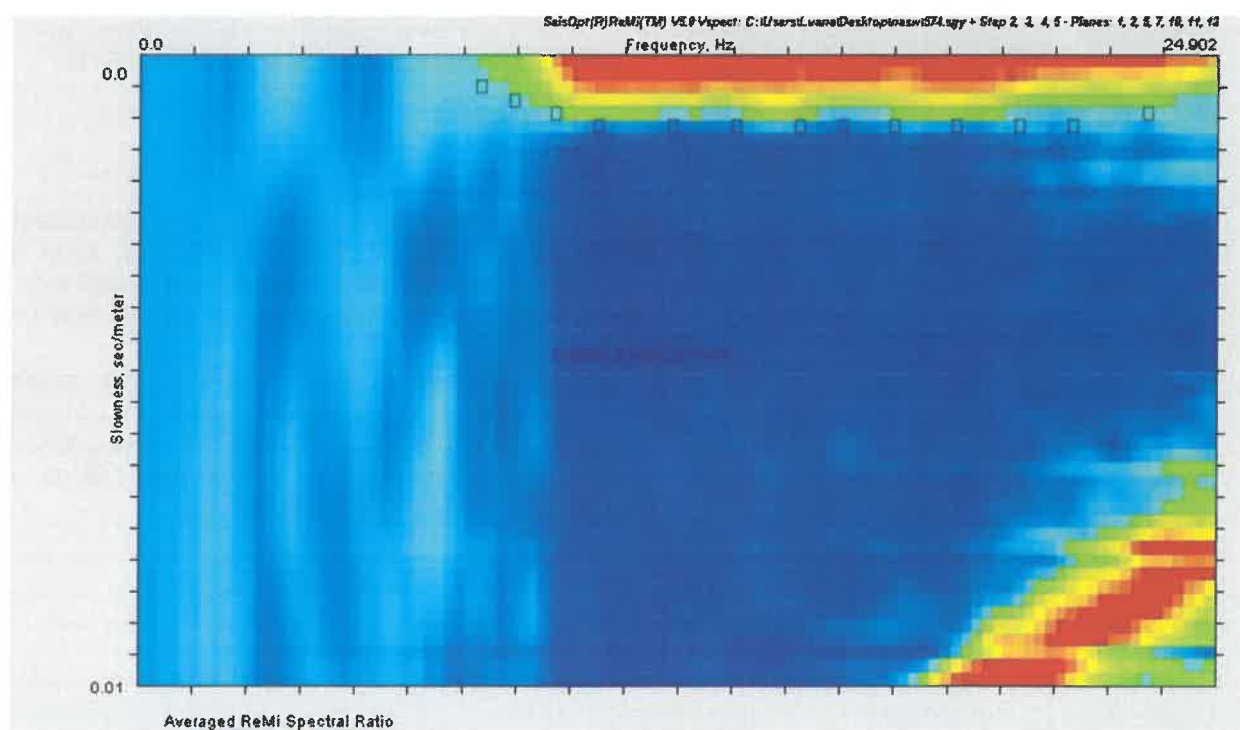
Nell’immagine “ $1/V$ -frequency” (p-f) (spettro di potenza normalizzato in funzione della frequenza f e del parametro p), sono messi in evidenza gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase, che una potenza significativa ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle associabili ad altri tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

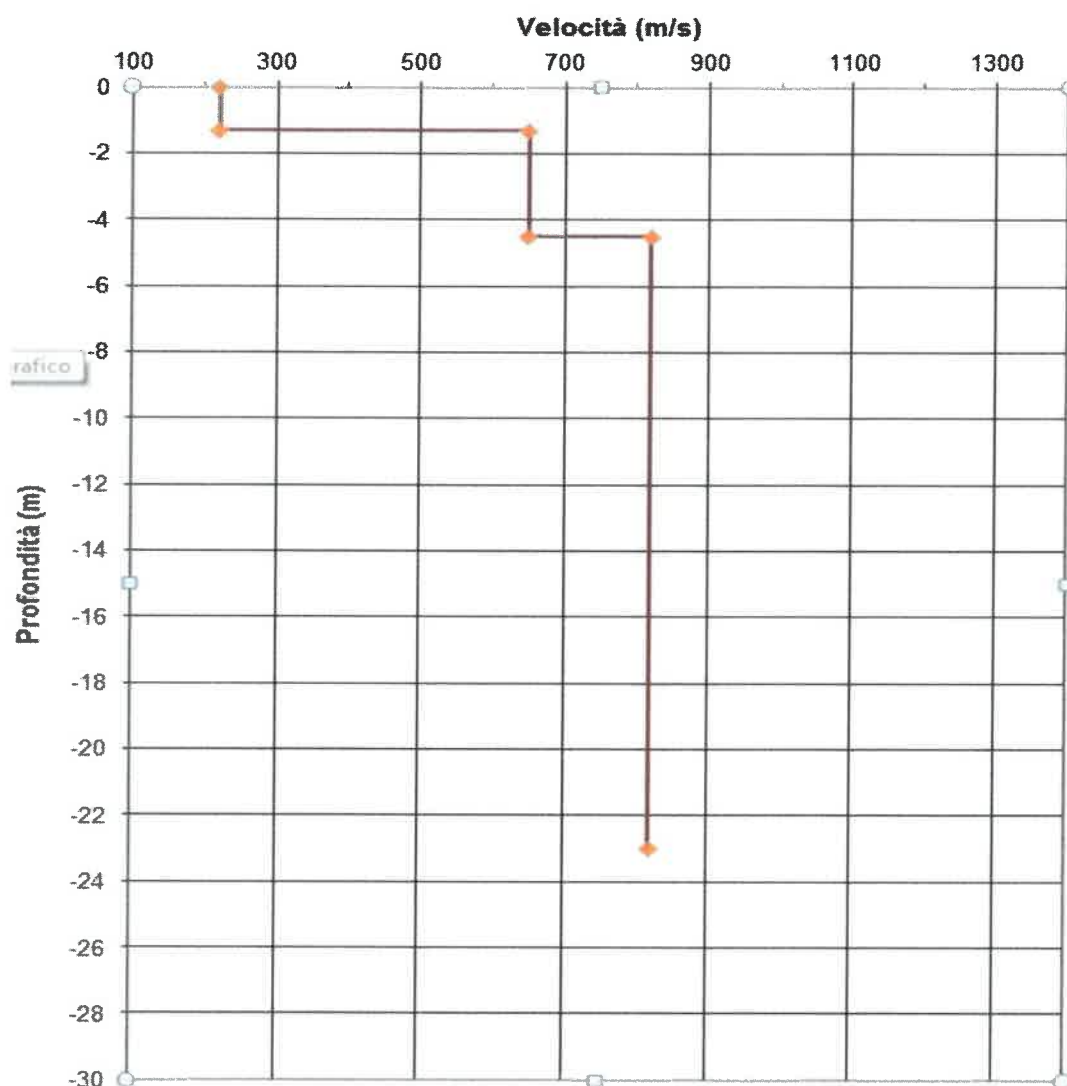
La curva di dispersione $VR = VR(f)$ è stata utilizzata per stimare il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio, adottando una metodologia di modeling diretto (Saito 1984), che consente di ottenere, attraverso approssimazioni successive (“trial and error”), una funzione $V_s = V_s(z)$, tale da minimizzare il misfit tra la curva di dispersione teorica e curva di dispersione osservata.

Risultati

Vengono di seguito riportati:

- rappresentazione in scala cromatica dello spettro di potenza “p-f Image” utilizzato per fare il “picking” della curva di dispersione sperimentale;
- diagramma velocità-profondità delle onde V_s registrate.





PROFILO NASW		
Punto	Profondità (m)	Vs (m/s)
1	0	220
2	-1,3	220
3	-1,3	650
4	-4,5	650
5	-4,5	820
6	-23	820

Le risultanze della prova possono essere interpretate in chiave stratigrafica:

Profondità	Descrizione
Da p.c. a 1,30 m	Terreno di riporto
Da 1,30 m a 4,5 m	Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
Da 4,5 m a 23 m (fine indagine)	Substrato roccioso

Calcolo Vs equivalente

La V_s equivalente è la velocità media di propagazione delle onde di taglio nel terreno compreso tra il piano campagna e il substrato roccioso ($V_s > 800$ m/s) e viene calcolata a partire dalla velocità delle onde di taglio con la seguente formula:

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, N il numero di strati e H la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

In questo caso la $V_{s,eq}$ è risultata pari a 809 m/s

Tale velocità si riferisce, secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17/01/2018), ad un **suolo di tipo A (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi)**

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

7.3 Rilievo geomeccanico.

La presenza di numerosi affioramenti del substrato roccioso all'interno e all'intorno dell'area in esame, come rappresentato sulle allegate planimetrie, scala 1:500, allegate alla presente, hanno permesso di studiare l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso attraverso alcune misure geomeccaniche.

Adottando la metodologia indicata da ISRM 1978 sono stati misurati per ogni discontinuità riscontrata sul terreno l'orientazione spaziale, quindi l'azimut del vettore immersione rispetto al N e l'inclinazione del piano rispetto all'orizzontale, e ne è stata analizzata la distribuzione statistica con proiezione stereografica su reticolo di Schmidt tramite il software DIPS della RocScience Inc., determinando la distribuzione e le rispettive caratteristiche dei principali raggruppamenti di discontinuità nell'ipotesi che i dati siano rappresentati da una distribuzione di tipo normale, secondo quanto asserito anche nelle note "Rock engineering – course notes by Hoek (2001), laddove si sottolinea come la distribuzione statistica dei parametri geomeccanici sia ben approssimata da una distribuzione normale, a meno di non avere a disposizione una rilevante mole di dati da cui derivare un tipo diverso di rappresentazione.

I rilievi geomeccanici sono stati completati con il rilevamento dei parametri quali spaziatura, apertura, riempimento, persistenza e integrati con misurazioni sclerometriche, attraverso l'utilizzo del martello di Schmidt, per la determinazione della resistenza a compressione delle discontinuità e della matrice rocciosa sana.

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

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

$\log(\sigma_c) = 0.00088 r \gamma + 1.01$. Dove γ è il peso di volume della roccia, assunto pari a 2.70 ton/mc.

L'utilizzo del "pettine di Barton" ha consentito, poi, di verificare i profili di scabrezza dei singoli giunti esaminati, quindi di esprimere quantitativamente l'entità delle asperità sulla parete del giunto, attraverso il confronto con i profili standard proposti dalla ISRM (1978).

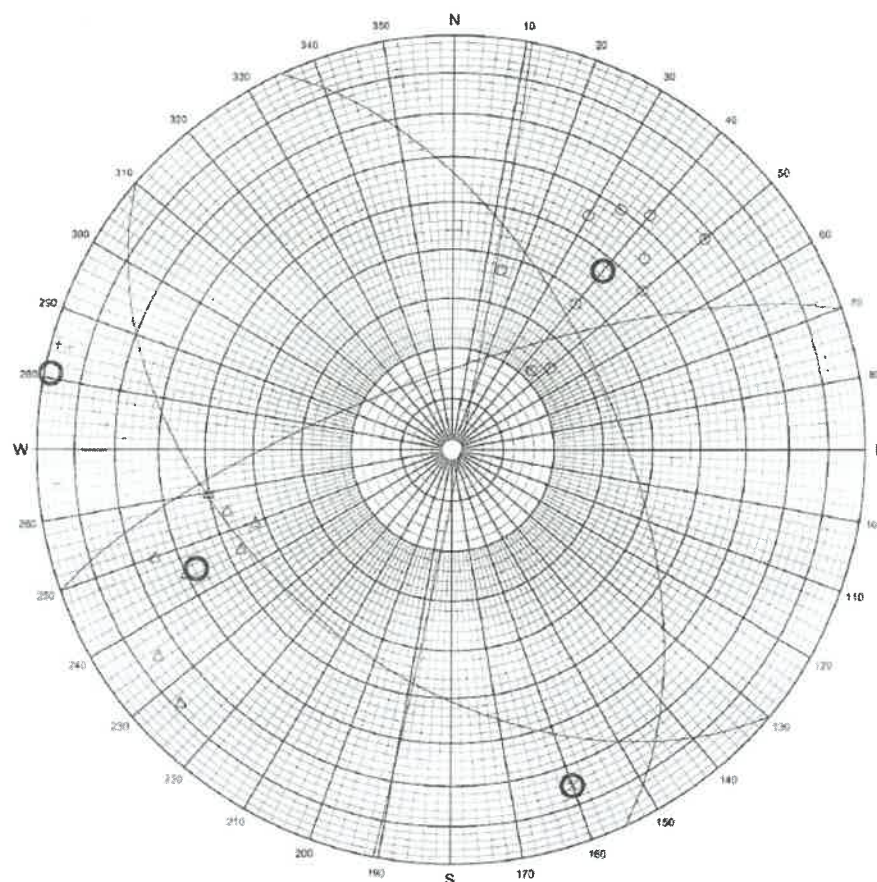
Avendo riscontrato una buona omogeneità nelle giaciture rilevate in sito, si può concludere che non si possa ipotizzare la presenza di più domini strutturali relativi a distribuzione e caratteristiche delle discontinuità. In tal senso, perciò, si è ritenuto corretto procedere con una classificazione geomeccanica globale dell'area.

Nella figura alla pagina seguente si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli delle discontinuità rilevate in tutta l'area, nonché le ciclografiche ed i poli corrispondenti ai piani medi misurati, oltre ai fronti rappresentativi delle condizioni di immersione ed inclinazione media della scarpata.

7.3.1 Risultati del rilievo geomeccanico

Orientazione delle discontinuità.

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



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

La più importante e ricorrente è rappresentata dalla stratificazione, mentre le altre famiglie sono riconducibili a diversi set di fratturazione.

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

N. Fam.	Immers. [°]	Inclinaz. [°]
1	220.0	47.0
2	65.0	58.0
3	101.0	88.0
4	340.0	75.0

Tali valori sono da ritenere rappresentativi delle discontinuità anche se, all'interno dell'ammasso roccioso, sono evidenti segni di eventi tettonici sia plastici che fragili che creano una modesta dispersione delle giaciture.

Spaziatura e persistenza.

L'esame della spaziatura nell'area interessata dall'intervento, ha rivelato valori ricorrenti per le singole famiglie distinte: la stratificazione presenta una spaziatura compresa tra 2 e 10 cm, mentre le 3 famiglie di fratture sono caratterizzate da spaziatura compresa tra 10 e 50 cm. Inoltre tutte le famiglie di discontinuità sono pervasive in tutto l'ammasso roccioso, anche se i sets di frattura a volte si fermano sulle superfici di stratificazione.

Apertura e riempimento.

L'apertura dei giunti di frattura e della stratificazione è tendenzialmente trascurabile se non del tutto assente.

Forma e scabrezza.

Tali parametri sono stati definiti qualitativamente, utilizzando definizioni codificate riguardanti le caratteristiche geometriche delle superfici dei giunti:

- la stratificazione presenta generalmente superfici ondulate e lisce, raramente segmentate dall'intersezione con le altre famiglie;
- la famiglia F2 è caratterizzata da superfici ondulate o piane, tendenzialmente rugose.
- le famiglie F3 e F4 presentano superfici ondulate lisce, a volte piane.

Acqua.

Nel contesto esaminato non sono state riscontrate percolazioni idriche attive dalle discontinuità dell'ammasso roccioso. L'elevata fratturazione dell'ammasso roccioso, comunque non esclude la possibilità di filtrazione e percolazione idrica in occasione di piogge intense e/o prolungate, nonché di dilavamento superficiale.

JCS

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

$$\log(\sigma_c) = 0.00088 \, r \, \gamma + 1.01,$$

dove γ è il peso di volume della roccia, assunto pari a 2.60 ton/mc.

JRC

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

Parametri di resistenza delle discontinuità

In funzione delle caratteristiche geologico-strutturali Si è infine proceduto ad identificare le caratteristiche di resistenza lungo le discontinuità, derivate mediante la formulazione empirica proposta da Barton, data dall'espressione:

$$\varphi_{\text{picco}} = \text{JRC} \log_{10} (\text{JCS}/\sigma_n) + \varphi_r$$

L'angolo di attrito di base è stato ricavato da tabelle di dati sperimentali riportate in bibliografia. In particolare si è assunto φ_b uguale a 33° (Coulson 1972).

L'angolo di attrito di picco è stato così valutato pari a 48°, con una coesione pari a 20 kPa.

Per la determinazione dei valori di angolo di attrito residuo si è invece utilizzata la relazione proposta da Barton e Choubey (1977): $\varphi_r = (\varphi_b - 20) + 20 (r/R)$. Tale relazione ha permesso di ottenere, per le discontinuità, una resistenza di attrito residua pari a 35°.

7.3.2 Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

In esito ai rilievi geostrutturali compiuti sugli affioramenti rocciosi viene applicata, in prima istanza, la classificazione geomeccanica "Rock Mass Rating" – RMR di Bieniawski (1989) per ricavare gli indici di qualità dell'ammasso roccioso.

Parametro	Valore	Punteggio
σ_c (resistenza a compressione monoassiale)	25-50 MPa (da bibliografia e prove laboratorio)	4
R.Q.D.	25-50 %	8
Spaziatura giunti (cm)	0.1-0.2 m	8
Condizione dei giunti	Superfici ondulate	12
Condizione idraulica	Acqua interstiziale	10
RMRb		42

Ammasso roccioso di III classe (41 - 60) - qualità media

Dal valore RMRb ottenuto in condizioni anidre, cioè considerando l'ammasso completamente asciutto, si ricava, dalla nota correlazione, **GSI - Geological Strenght Index** $GSI = RMRb \text{ (Bieniawski, 1989)} - 5 \text{ (Hoek, 1995)} = 37$

8. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO

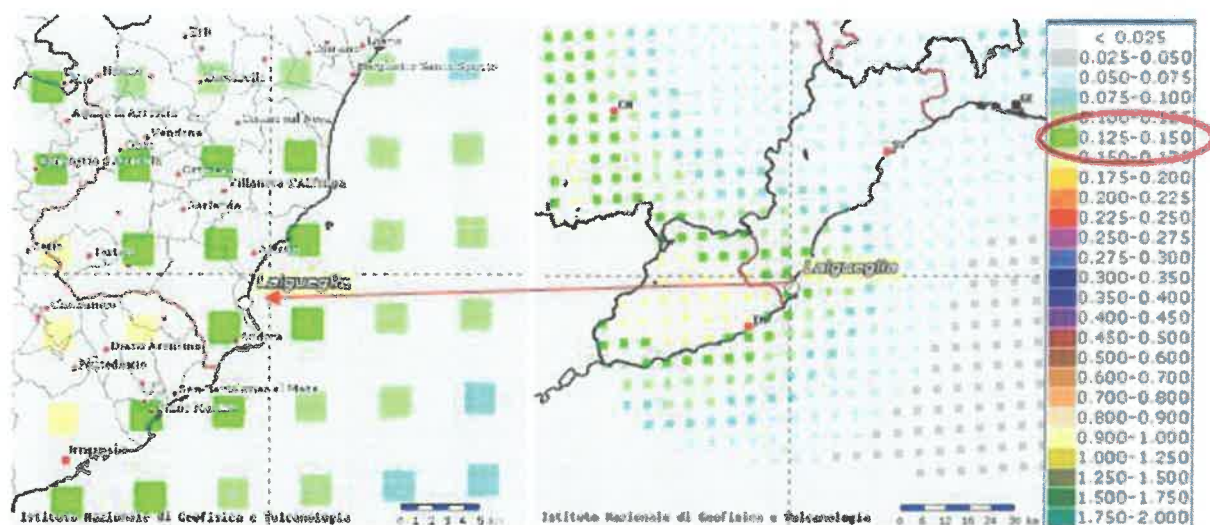
8.1 Caratterizzazione sismica specifica del sito

L'area in esame è classificata in Zona Sismica 2 sulla base della D.G.R. n° 216/2017.

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano per il territorio di Laigueglia un grado medio-alto di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro prevalente nel settore del Mar Ligure occidentale (Prov. Imperia), in misura minore nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e, in misura minore, nelle Langhe e nel Monferrato. Nell'immagine satellitare riportata sono indicate, con fasce di colore arancione, le zone sismogenetiche riconosciute dell'Italia Nord-Occidentale.



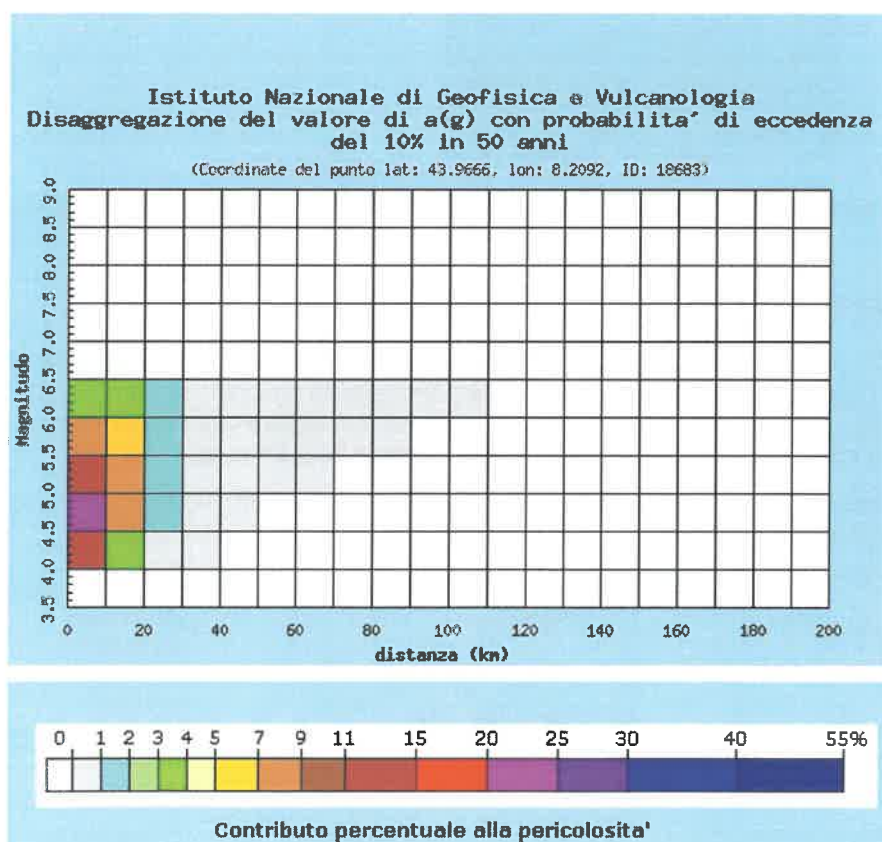
Nella carta probabilistica di pericolosità sismica, redatta dall'INGV Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (2006), adottata nell'Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, che evidenzia per tutto il territorio italiano i valori attesi di accelerazione; come si osserva nell'immagine qui di seguito riprodotta, il territorio di Laigueglia ricade in un'area con range compreso tra 0.125 e 0.150 PGA/ag.



La probabilità che si risenta, per il Comune di Laigueglia, di un terremoto, viene descritta mediante il grafico di Disaggregazione, ovvero il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza per ciascun terremoto alla pericolosità del sito, per ciascun valore di a_g selezionato, in questo caso 0.15g.

Di seguito vengono riportati i dati di **DISAGGREGAZIONE** (o *deaggregazione*) della *pericolosità sismica* (Mc Guire, 1995; Bazzurro e Cornell, 1999) che consentono di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più comune della *disaggregazione* è quella *bidimensionale* in Magnitudo (M) e distanza (R) che permette di definire il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (*terremoto di scenario*) ossia l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.



Il significato del grafico sopra riportato è spiegato nella tabella successiva in cui vengono definiti per km di distanza i terremoti che possono verificarsi e con quale magnitudo.

Distanza (R) km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.9656, lon: 8.2092, ID: 18683)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	12.600	23.900	14.200	7.430	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.130	8.660	8.270	6.400	3.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.233	1.070	1.620	1.810	1.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.002	0.133	0.429	0.667	0.610	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.004	0.102	0.252	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.013	0.090	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Analogamente alla disaggregazione in M-R, è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una legge di attenuazione dati M ed R.

Di seguito vengono riportati i PARAMETRI DEL TERREMOTO DI SCENARIO, ossia i valori medi della coppia Magnitudo (M) - Distanza (R) e relativa deviazione standard (ϵ) della sorgente che maggiormente contribuisce alla pericolosità sismica del Comune di Laigueglia ottenuti a seguito della disaggregazione della pericolosità.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.120	9.600	0.394

Il valore medio dei dati riportati fornisce un sisma di Magnitudo 5,12 ad una distanza di 9,6 km dal sito.

8.2 Pericolosità sismica specifica del sito

Con riferimento al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare n°617 del 02/02/2009 del Ministero delle Infrastrutture "Istruzioni per l'applicazione delle N.T.C.", si è caratterizzata la pericolosità sismica specifica del sito, in quanto l'accelerazione massima attesa per il sito in esame può essere valutata con riferimento alla condizione topografica e stratigrafica attraverso la relazione $A_{max} = S_s \times S_T \times a_g$

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

Coordinate WGS84: Lat 43.971902 - Lng 8.156249
 Coordinate ED50: Lat 43.972882 - Lng 8.157304
 Categoria sottosuolo: A Categoria topografica: T2
 Classe: 2 Vita nominale: 50
 Coefficiente d'uso: 1 Periodo di riferimento: 50 anni

Le coordinate dei siti di riferimento del Ministero e la distanza del sito dai nodi della maglia sono i seguenti:

Sito 1	ID: 18682	Lat: 43,9635	Lon: 8,1398	Distanza: 1744,248
Sito 2	ID: 18683	Lat: 43,9666	Lon: 8,2092	Distanza: 4209,084
Sito 3	ID: 18461	Lat: 44,0165	Lon: 8,2048	Distanza: 6162,473
Sito 4	ID: 18460	Lat: 44,0134	Lon: 8,1355	Distanza: 4832,115

I coefficienti sismici che appaiono nella tabella sono quelli da adottare nelle verifiche geotecniche.

Stati limite

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	Tr = tempo di ritorno ag = accelerazione orizzontale massima al sito Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Operatività (SLO)	30	0.025	2.500	0.181	
Danno (SLD)	50	0.036	2.572	0.205	
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.139	2.421	0.284	
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.189	2.458	0.298	
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50				

Coefficienti sismici

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz. categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Cc = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

St = coefficiente di amplificazione topografica

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC	Kh = coefficiente sismico orizzontale Kv = coefficiente sismico verticale Amax = accelerazione massima Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
kh	0.006	0.009	0.045	0.061	
kv	0.003	0.004	0.023	0.031	
Amax [m/s ²]	0.294	0.421	1.635	2.227	
Beta	0.200	0.200	0.270	0.270	

8.3 Considerazioni sulla liquefacibilità del terreno

Sulla base delle indagini effettuate e dei dati raccolti nel presente studio, ed in particolare la presenza del substrato roccioso affiorante e/o subaffiorante esclude la possibilità che si verifichino effetti di liquefazione del terreno in quanto sussiste una delle 5 circostanze per le quali le NTC 2018 escludono la possibile liquefazione dei terreni

9. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.

I dati provenienti dal rilevamento di superficie, unitamente alle risultanze delle indagini di dettaglio sviluppate sull'area di intervento hanno permesso di definire le caratteristiche litostratigrafiche dell'area, ed in particolare le condizioni medie del terreno in esame.

È stato pertanto possibile redigere alcune sezioni geologiche interpretative (cfr. sezioni geologiche interpretative A, C e E in scala 1:200), scelte sia in funzione della rappresentatività delle condizioni della porzione di versante in esame, sia per le caratteristiche dell'intervento ivi previsto.

Le sezioni, la cui posizione è stata rappresentata sulle allegate planimetrie, appaiono allegate in calce alla presente; con riferimento alle stesse, si illustra qui di seguito la situazione stratigrafica emersa:

- un primo livello, di spessore dell'ordine di 1.0 m, costituito dalle coltri sciolte di copertura a granulometria medio-grossolana con abbondante matrice fine, limoso argillosa;
- un secondo livello, di spessore 2.0-2.5 m, rappresentato dal substrato roccioso alterato e fratturato
- un terzo livello, costituito dal substrato roccioso a basso grado di alterazione, seppure ancora discretamente fratturato.

Per quanto concerne la falda idrica, come già esposto in precedenza, se ne esclude la presenza, ma una modestissima circolazione idrica può essere presente nei livelli più esterni del substrato roccioso solo in occasione ed a seguito di precipitazioni meteoriche particolarmente consistenti.

10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.

I parametri geotecnici medi del limitato spessore di materiali sciolti di copertura sono stati stimati sulla base di quanto osservato negli spaccati naturali, sulle scarpate, sulla base della loro composizione granulometrica e in base ai dati di letteratura; per il substrato roccioso, sulla base delle risultanze del rilievo geomeccanico si sono sviluppate alcune elaborazioni in merito ai criteri di resistenza dell'ammasso roccioso, che verranno esposti nel presente capitolo.

Coltri eluviali, livello sciolto di copertura

Sulla base delle risultanze delle indagini, escludendo il livello di terreno vegetale, peraltro di spessore estremamente limitato, ai terreni interessati dalle opere in progetto sono caratterizzati dai seguenti valori medi dei principali parametri geotecnici:

* peso di volume naturale:	19.0 kN/mc
* angolo di attrito interno:	30°
* coesione drenata:	10 kPa

Criteri di resistenza dell'ammasso roccioso

Sulla base dei risultati dei rilievi geomeccanici di dettaglio eseguiti si è proceduto alla classificazione degli ammassi rocciosi attraverso il metodo GSI (Geological Strength Index), elaborato da Hoek (1994), che permette di definire una categoria di appartenenza dell'ammasso roccioso in esame in funzione della sua descrizione qualitativa, nella quale si fa riferimento alle osservazioni in sito tendenti ad individuare le famiglie di discontinuità e le condizioni delle loro superfici di contatto.

Partendo dagli indici di qualità degli ammassi rocciosi sono poi stati determinati i parametri di resistenza degli stessi, sia secondo il criterio di rottura di Hoek-Brown (1980,1988) sia secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (Bieniawski, 1989).

Nel primo caso l'inviluppo di rottura è espresso nel piano σ_1/σ_3 dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (Co * m * \sigma_3 + s * Co^2)^{0.5}$$

dove:

σ_1 = sforzo principale maggiore

σ_3 = sforzo principale minore

Co = resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia

m = parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dalla natura litologica

s = parametro di curvatura dell'inviluppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

Nel secondo caso l'inviluppo di rottura è espresso nel piano σ/τ dalla relazione:

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi$$

dove:

τ = resistenza al taglio

c = coesione dell'ammasso roccioso

σ = sforzo normale agente

ϕ = angolo di attrito dell'ammasso roccioso

Da ultimo è stato determinato il valore del modulo di deformabilità degli ammassi rocciosi secondo la relazione proposta da Serafim & Pereira (1983):

$$EM = 10 (BMR-10)/40$$

Attraverso il programma Rocklab ver. 1.03 (2007), elaborato da Hoek, si è pertanto provveduto, inserendo i valori della classificazione GSI e dei valori di resistenza della roccia intatta, a determinare i parametri del cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e del substrato roccioso a basso grado di alterazione, fratturato. Le risultanze relative al calcolo e i grafici dell'inviluppo sono esposti qui di seguito.

Cappellaccio di alterazione dell'ammasso roccioso

Classificazione Hoek Brown

Resistenza a compressione monoassiale	20	MPa
Indice GSI	20	
mi	10	
Modulo elastico E_i	12000	Mpa

Criterio di Hoek Brown

mb	0.574
s	0.0001
a	0.544

Failure Envelope Range

Applicazione	Pendii
$\sigma_{3_{max}}$	0.78 MPa
Peso di volume	0.026 MN/m ³

Criterio di Mohr-Coulomb

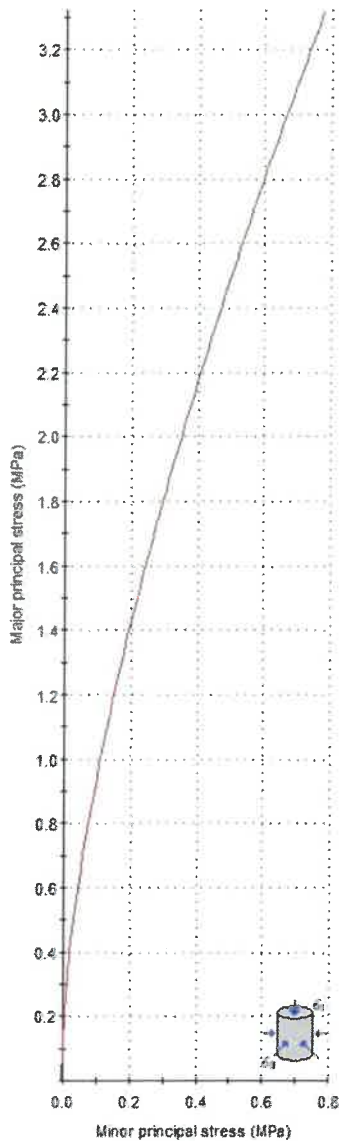
Coesione c	157 kPa
Angolo di attrito ϕ	35°

Parametri dell'ammasso roccioso

Resistenza a trazione σ_t	-0.005 MPa
Resistenza a compressione σ_c	0.159 MPa

Resistenza globale σ_{cm} 1.624 MPa
Modulo di deformazione E_{rm} 548 MPa

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 20 MPa
GSI = 20 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

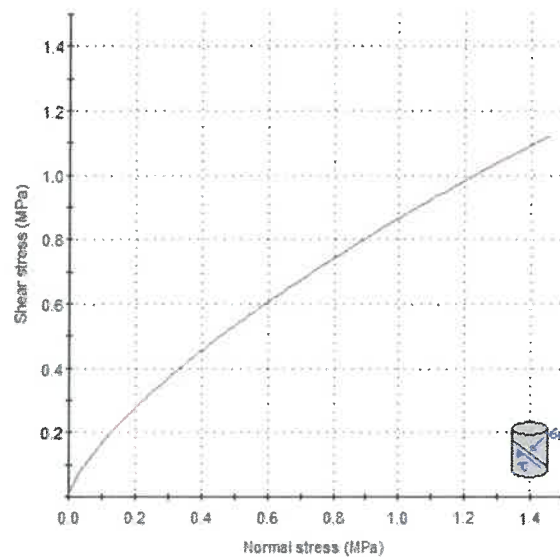
m_b = 0.574 s = 0.0001 a = 0.544

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.157 MPa friction angle = 35.02 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.005 MPa
uniaxial compressive strength = 0.159 MPa
global strength = 1.624 MPa
deformation modulus = 548.06 MPa



Ammasso roccioso a basso grado di alterazione, fratturato

Classificazione Hoek Brown

Resistenza a compressione monoassiale 20 MPa
Indice GSI 35
 m_i 10
Modulo elastico E_i 12000 Mpa

Criterio di Hoek Brown

m_b 0.981
 s 0.0007
 a 0.516

Failure Envelope Range

Applicazione Pendii
 σ_{3max} 0.81 MPa
Peso di volume 0.026 MN/m3

Criterio di Mohr-Coulomb

Coesione c 235 kPa
 Angolo di attrito ϕ 41°

Parametri dell'ammasso roccioso

Resistenza a trazione σ_t -0.015 MPa
 Resistenza a compressione σ_c 0.482 MPa
 Resistenza globale σ_{cm} 2.486 MPa
 Modulo di deformazione E_{rm} 1360 MPa

Analysis of Rock Strength using RocLab**Hoek-Brown Classification**

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 20 MPa
 GSI = 35 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

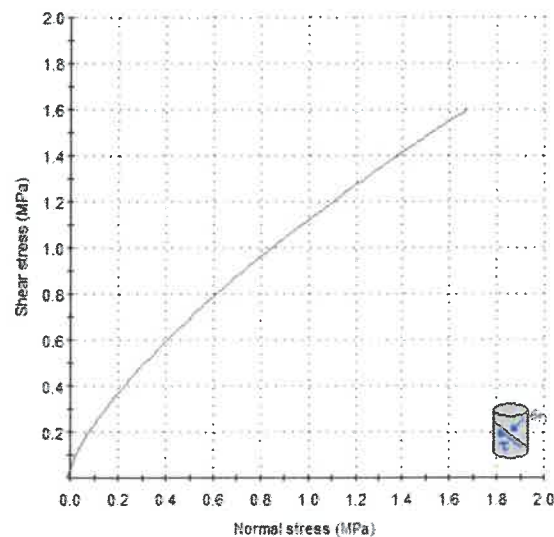
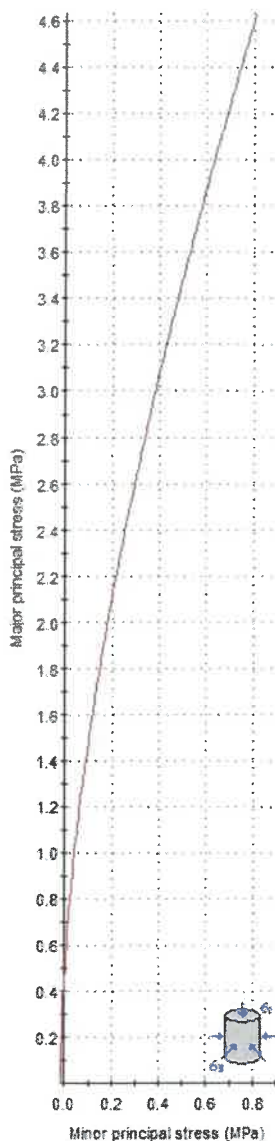
m_b = 0.981 s = 0.0007 a = 0.516

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.235 MPa friction angle = 40.76 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.015 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.482 MPa
 global strength = 2.486 MPa
 deformation modulus = 1360.88 MPa



Resta inteso che la caratterizzazione geotecnica media dei diversi livelli distinti potrà essere usata come riferimento da parte dell'Ingegnere Strutturista nei calcoli progettuali, per valutare l'interazione con le opere proposte e per i calcoli fondazionali. Rappresenta il modello di partenza sulla base del quale è possibile sviluppare la progettazione, con eventuali modifiche e precisazioni che possono certamente derivare dalla sensibilità e dall'esperienza del Progettista, anche in funzione delle normative cui intende riferirsi, degli strumenti di calcolo utilizzati, dei livelli di sicurezza traggurdati, del tipo e della vulnerabilità dell'opera, ecc.

11. CONCLUSIONI

Il progetto, come meglio specificato nella relazione tecnica e negli elaborati progettuali redatti dallo Studio Tecnico Ing. Paolo Bagnasco, ai quali si rimanda per il dettaglio, prevede la costruzione di n. 3 edifici a destinazione residenziale, con sviluppo del tipo "a seggiola", posizionati nella parte alta del terreno direttamente raggiungibile da Via Monaco attraverso la strada già impostata durante i lavori di messa in sicurezza e quindi da ultimare in questa fase progettuale.

I fabbricati tipo A e A1 sono molto simili: si sviluppano su due livelli con ampio terrazzo nel piano primo; l'edificio A presenta terrazzamenti nel fronte sud e nel restante piano terra, l'edificio A1 terrazzamenti nel fronte nord e nel restante piano terra. Per entrambi la "copertura" sarà in parte ad una falda e la restante piana, destinata ad ospitare il parcheggio privato essendo quest'ultimo complanare con la strada privata retrostante.

Il fabbricato tipo B si sviluppa su due livelli; il piano primo presenta nella parte verso monte, un locale destinato a box pertinenziale. La copertura della parte abitativa è in parte a falda e in parte piana, mentre la copertura del box è a due falde disposte ortogonalmente alla falda della parte abitativa.

I terrazzamenti saranno ottenuti con muri di sostegno in cemento armato opportunamente fondati e ove necessario tirantati ma rivestiti in pietra locale a spacco.

La sistemazione dell'area esterna privata comprenderà la strada di penetrazione e le aree terrazzate in corrispondenza degli edifici, mentre la restante area a verde non verrà modificata.

La strada di penetrazione avrà, larghezza massima pari a 3,20 m. e sarà ultimata con cubetti di porfido su letto di sabbia e sottostante materiale arido (tout-venant). La strada sarà dotata di idonea cunetta per la raccolta delle acque superficiali e provvista di idonea protezione di valle ottenuta con guard rail rivestito in legno.

Le aree terrazzate, come già indicato nella descrizione degli edifici saranno ultimate a prato polifita con piantumazione di arbusti e di alberi del posto.

La restante area sarà oggetto di pulizia e sistemazione mediante opere di ingegneria naturalistica del tipo fascinate e/o palizzate.

L'intervento, nella sua globalità, sarà impostato facendo particolare attenzione alla salvaguardia delle alberature esistenti che, qualora inevitabilmente coinvolte dall'intervento, saranno ripiantumate in sito ovvero sostituite con altre essenze autoctone già adeguatamente sviluppate.

Da quanto fin qui esposto l'intervento in progetto risulta per se stesso fattibile in quanto non esistono condizioni di ordine geologico e geotecnico che ne inficino la realizzazione o ne incrementino i costi in modo rilevante.

Lasciando ovviamente allo Strutturista le scelte che riterrà più idonee nella situazione in esame, sulla base dei dimensionamenti e delle verifiche geotecniche che faranno riferimento al modello geologico e geotecnico così come identificato nell'indagine e di cui ai paragrafi precedenti, si ritiene opportuno fermare l'attenzione sulle problematiche da affrontare in sede di progettazione geotecnica e strutturale dell'intervento.

Scavi e loro contenimenti.

L'elemento determinante nella realizzazione dell'intervento è rappresentato dagli scavi che si svilupperanno per l'inserimento del manufatto nel versante, con fronti di altezza significativa, anche dell'ordine di 5.0- 6.0 m.

Come si evince dalle sezioni geologiche interpretative, i fronti di scavo si svilupperanno interessando il limitato livello superficiale costituito dai terreni sciolti eluvio-colluviali e/o di riporto, mentre per la stragrande maggioranza dei volumi in scavo andranno ad interessare il substrato roccioso.

Particolare attenzione dovrà quindi essere riposta nella progettazione delle opere di contenimento dei fronti di scavo, realizzati in adiacenza al fabbricato esistente, in quanto detti fronti impongono la necessità di operare in sicurezza garantendo la stabilità del fronte dal momento della sua realizzazione fino alla realizzazione delle opere di sostegno.

Si impone quindi la necessità di ricorrere a opere di contrasto degli scavi per evitare spostamenti e/o deformazioni con riflessi negativi sul contorno

Si prescrive pertanto:

- di realizzare, preliminarmente rispetto agli scavi, una paratia di pali con cordolo di collegamento in testa, eventualmente debolmente intirantata a contenimento del fronte di scavo di monte, previo scotico del livello sciolto superficiale;
- la paratia di micropali dovrà essere opportunamente dimensionata in funzione dei parametri geotecnici forniti in precedenza;
- successiva apertura dei fronti di scavo in un'unica soluzione fino alla quota di fondazione del fabbricato;
- esecuzione dei muri di contenimento, che potranno inglobare direttamente i micropali;
- i muri dovranno essere dotati di fori di scolo per l'eventuale drenaggio delle acque con allontanamento da prevedere nell'intercapedine.

Fondazioni dei fabbricati

Vista la stratigrafia dei terreni, la quota di posa delle fondazioni e la tipologia di struttura del fabbricato, si ritiene possibile adottare fondazioni di tipo diretto, continuo, preferibilmente a platea che potrà eventualmente essere collegata alle opere di sostegno a valle e a monte.

Tra il primo solaio ed il terreno dovrà essere messo in opera un vespaio costituito da materiale arido drenante o con "igloo", oppure creata una vera e propria intercapedine.

Sistemazione esterna

Il progetto prevede la sistemazione del terreno circostante i fabbricati mediante la creazione di terrazzamenti sostenuti da muri di contenimento.

Per le suddette sistemazioni esterne è necessaria la messa in opera di limitati materiali di riporto che pertanto permetteranno di compensare solo parzialmente i volumi di scavo, limitando la quantità di terreno da dover trasportare in altro sito o a discarica.

Sotto il profilo geologico non si pongono particolari problemi a patto che la fondazione ed i muri siano opportunamente dimensionati in sede di calcolo strutturale e sulla base dei parametri geotecnici esposti in precedenza.

In linea generale i muri potranno avere fondazioni dirette, mentre quello a valle dei fabbricati sarà fondato su micropali disposti a quinconce.

Strada

L'attuale strada di accesso interna all'area verrà completata uniformandola ad una larghezza massima pari a 3,20 m.; verrà pertanto effettuata una manutenzione del tracciato, attraverso il ripristino di idonee pendenze trasversali, la realizzazione di una cunetta lungo il margine di monte, mentre superficialmente sarà ultimata con cubetti di porfido su letto di sabbia e sottostante materiale arido (tout-venant)

La cunetta convoglierà le acque verso la canalizzazione esistente.

Regimazione delle acque

La situazione geologica ed idrogeologica del sito rende necessario procedere ad una corretta regimazione delle acque superficiali; in particolare si ritiene necessario:

- provvedere alla messa in opera di un adeguato drenaggio a tergo delle strutture di contenimento dei muri;
- favorire il convogliamento delle acque drenate dai muri e dal fabbricato verso le linee che si verranno a creare con la sistemazione del terreno, o con apposite canalette o tubazioni stagne che, analogamente alle acque meteoriche cadenti sulle superfici impermeabilizzate, potranno essere recapitate alla canalizzazione a gradoni già realizzata a suo tempo;
- il progetto prevede la limitazione delle aree impermeabilizzate, circoscrivendo la pavimentazione delle superfici esterne che verranno invece lasciate a verde e ripristinando i terrazzamenti e favorendo l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo riducendo i fenomeni di ruscellamento.

Terre e rocce da scavo

Sulla base delle indagini effettuate e delle caratteristiche intrinseche del sito, i materiali provenienti dagli scavi potranno essere utilizzati per le sistemazioni dell'area secondo le quote di progetto, mentre il terreno vegetale potrà essere utilizzato solo come strato di chiusura superficiale; il materiale eccedente dovrà essere conferito a discarica autorizzata; i materiali di scavo potranno essere riutilizzati come rocce e terre da scavo previa verifica della compatibilità con quanto previsto dal recente D.P.R. n°120 del 13/06/2017.

Inoltre, le indagini effettuate hanno confermato che:

- il sito non si colloca all'interno di aree con potenziale inquinamento del suolo superficiale;
- il sito non è potenzialmente contaminante;
- il sito non è interessato dalla presenza di pietre verdi

12. COMPATIBILITÀ CON LA NORMATIVA E I VINCOLI DI ORDINE GEOLOGICO

L'indagine geologica illustrata nella presente relazione ha permesso di ricostruire il quadro dei lineamenti geologici, geomorfologico ed idrogeologici del contesto in esame e di valutare le problematiche esistenti e alla base della progettazione, nonché di fornire le prescrizioni geologico-tecniche di competenza per la progettazione definitiva delle opere, tenuto conto delle caratteristiche geotecniche dei materiali in sottosuolo.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018.

Con riferimento alla Normativa del PRG, l'intervento risulta compatibile con quanto previsto e prescritto per tali aree.

Con riferimento alla presenza sul terreno del vincolo idrogeologico, sulla scorta di quanto precedentemente esposto, si rileva:

- che l'intervento è compatibile con la natura dei luoghi;
- che i deflussi superficiali e sotterranei non risulteranno alterati dagli interventi realizzati;
- che gli interventi già realizzati nel periodo 2004-2009 sull'area hanno permesso di mitigare il rischio geomorfologico, ridurre la suscettività al dissesto dei versanti, eliminare parte delle cause all'origine dei dissesti presenti in passato sull'area.
- che gli interventi in progetto andranno a migliorare ulteriormente le caratteristiche di stabilità del versante, attraverso il "radicamento" dei fabbricati con fondazioni profonde e la realizzazione di opere strutturali di consolidamento quali "berlinesi di micropali intirantate", oltre alla realizzazione di muri di contenimento di materiali di riporto fondati su micropali.

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

Con riferimento alla normativa del Piano di Bacino del T. La Liggia, si certifica che le opere in progetto:

- non pregiudicano e non alterano la stabilità del versante, ma al contrario la migliorano;
- non sono ricomprese nell'alveo attuale, nè nella fascia di riassetto fluviale;
- non pregiudicano la possibilità di attuare le previsioni di piano e la sistemazione idrogeologica definitiva del bacino.

Sulla base di quanto esposto sopra l'area è classificata in area a suscettività al dissesto ELEVATA PG3B ma dal rilevamento superficiale dell'area, dall'assenza di indicatori cinematici, dalle indagini geognostiche eseguite e sulla base delle opere di presidio realizzate si può dichiarare che l'area è attualmente stabile e che in realtà è caratterizzata da un livello di pericolosità più contenuto rispetto a quello presente nella porzione di PG3b circostante.

Può quindi ospitare al suo interno opere di nuova edificazione che, comunque, come spiegato nel paragrafo precedente, saranno dotate di tutti gli accorgimenti tecnico-costruttivi atti a migliorare le condizioni di stabilità dell'areale.

Particolare cura, così come dettagliatamente descritto verrà posta alle operazioni di scavo e alla regimazione delle acque.

Sulla base delle considerazioni descritte precedentemente, si ritiene che l'intervento in progetto sia fattibile e che con le opere in progetto si ridurrà il rischio geomorfologico dell'area.

È possibile quindi attestare che non si hanno elementi di rischio legati a problematiche di tipo geologico, geomorfologico e idraulico per cui, sotto i profili esaminati, l'intervento risulta ammissibile e compatibile con i contenuti del Piano di bacino e le Norme di attuazione del Piano stesso, così come aggiornate con DDG n°176/2018 e al correlato Regolamento Regionale n°3/2011 e s.m.e i..

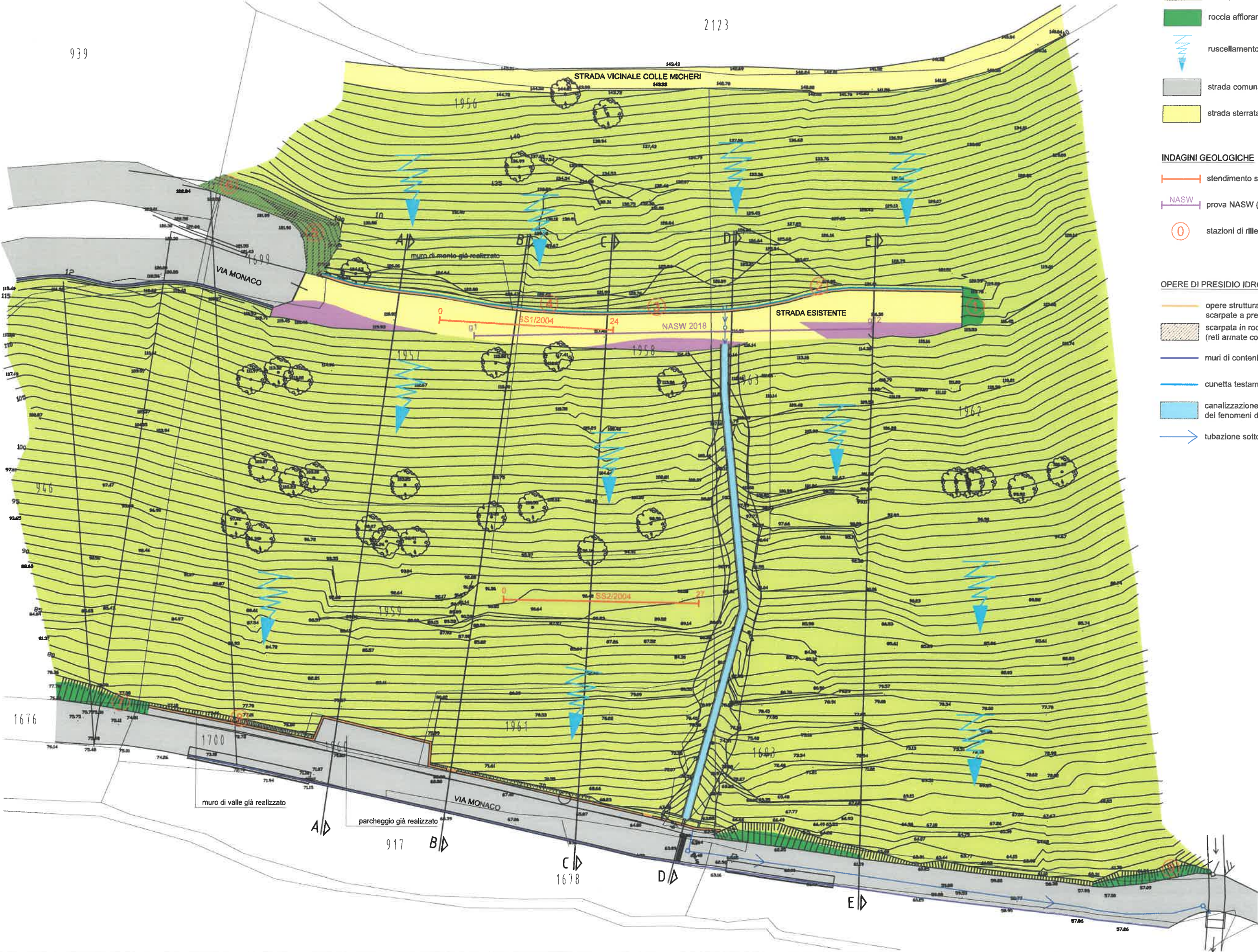
Savona, 20 dicembre 2018



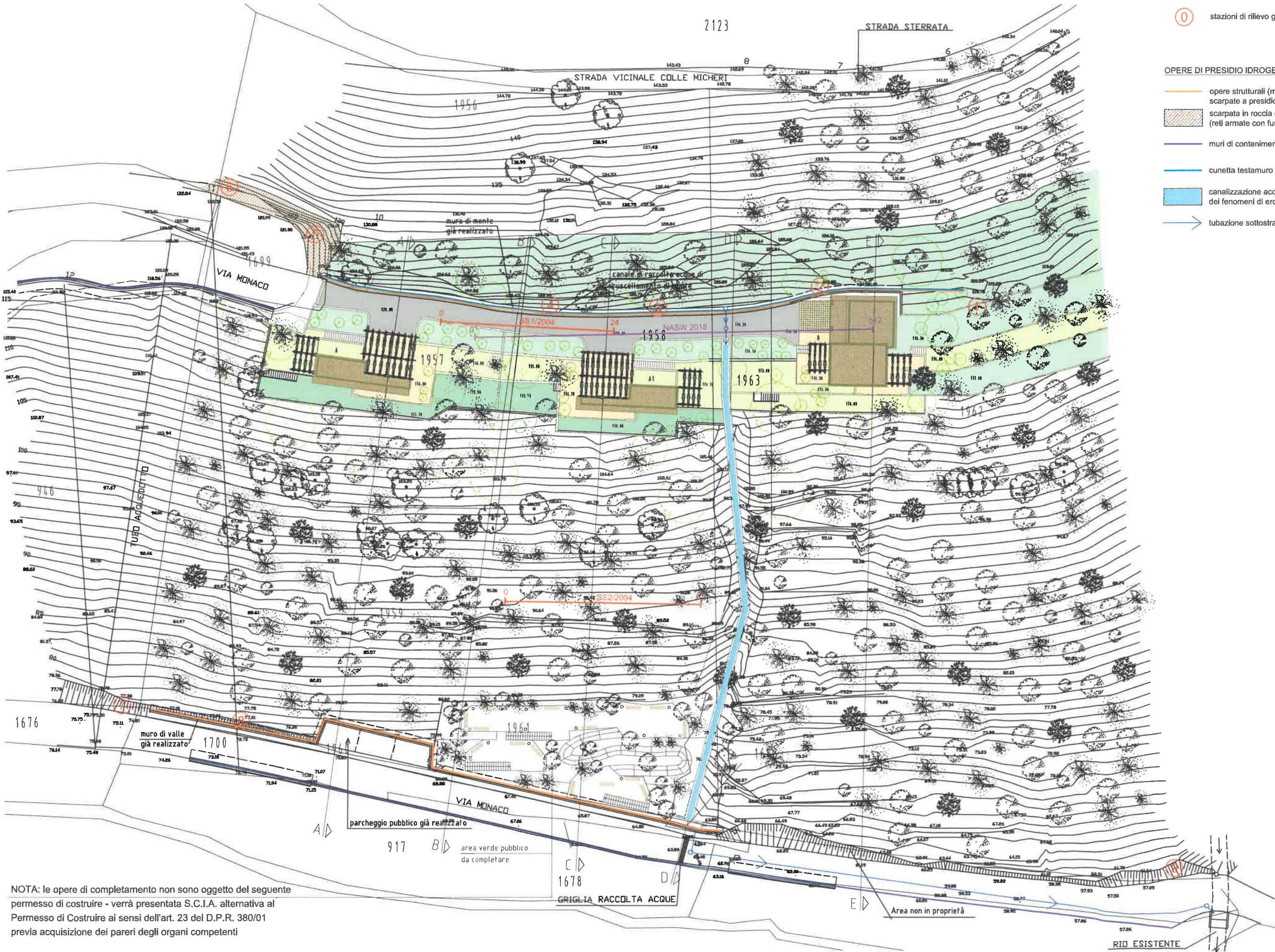
The image shows a circular blue ink stamp. The outer ring contains the text "ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA". The inner circle contains the text "AP n° 187", "CESARE FERRERO", "GEOLOGO", and "data iscr: 15-07-1988". To the right of the stamp is a handwritten signature in blue ink.

ELENCO ALLEGATI

- Planimetria di analisi geologica, scala 1:500
- Planimetria di progetto, scala 1:500
- Sezione geologica interpretativa A-A', scala 1:200
- Sezione geologica interpretativa C-C, scala 1:200
- Sezione geologica interpretativa E-E, scala 1:200



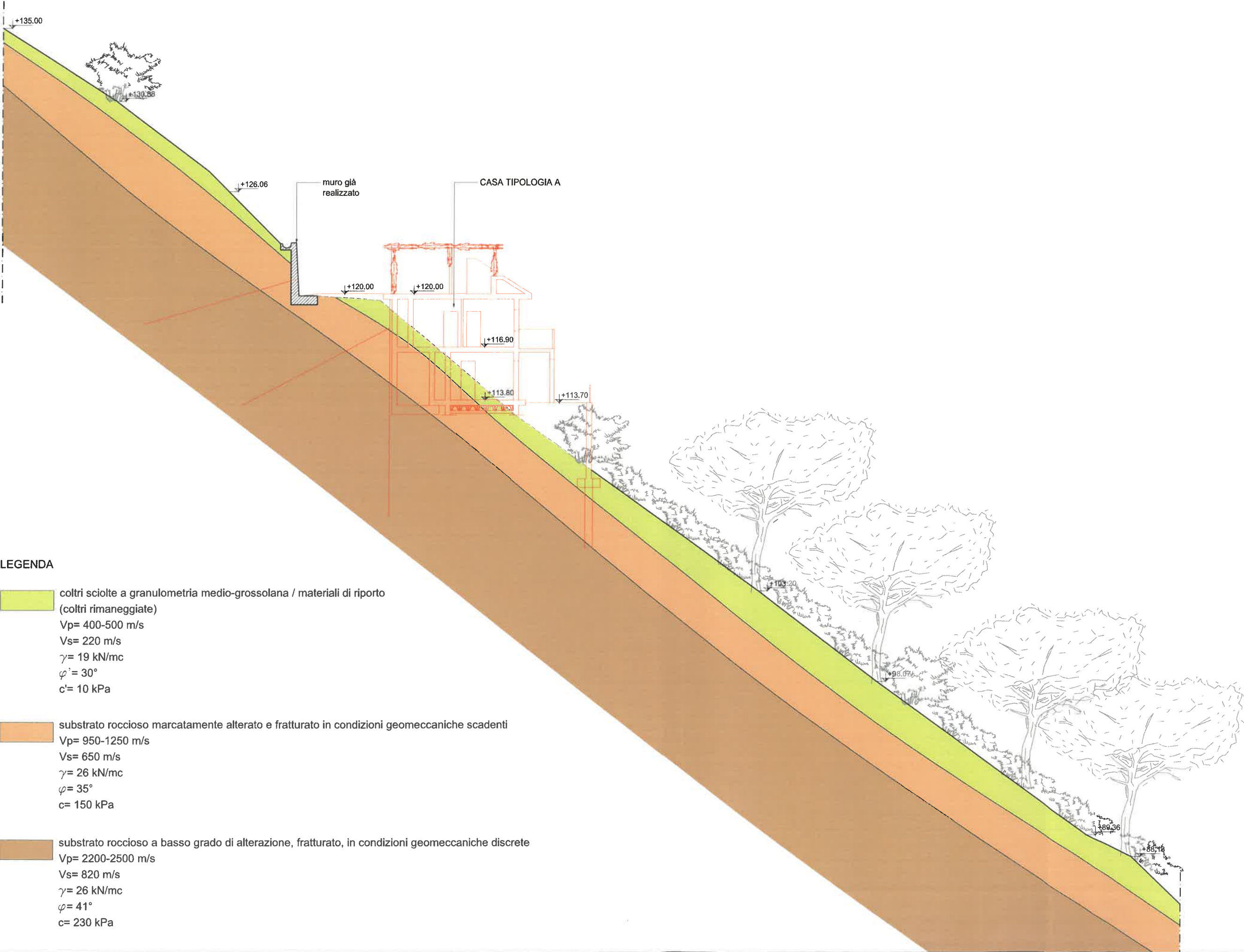
- ELEMENTI GEOLOGICI DI INSIEME**
- materiali di riporto a granulometria eterogenea
 - coperture eluviali a granulometria medio-grossolana con spessore < 1.0-1.5 m
 - roccia affiorante
 - ruscellamento diffuso
 - strada comunale asfaltata
 - strada sterrata
- INDAGINI GEOLOGICHE**
- stendimento sismico a rifrazione (2004)
 - prova NASW (2018)
 - stazioni di rilievo geomeccanico (2004)
- OPERE DI PRESIDIO IDROGEOLOGICO RALIZZATE (2004-2009)**
- opere strutturali (muri intrantati) di consolidamento scarpate a presidio della stabilità del versante
 - scarpata in roccia con rivestimento corticale (reti armate con funi)
 - muri di contenimento di sottoscarpa strada comunale
 - cunetta testamuro per raccolta acque ruscellamento superficiale
 - canalizzazione acque superficiali con eliminazione dei fenomeni di erosione spondale
 - tubazione sottostrada di recapito acque a solco deflusso principale



- INDAGINI GEOLOGICHE
- stendimento sismico a rifrazione (2004)
 - NASW prova NASW (2018)
 - stazioni di rilievo geomeccanico (2004)
- OPERE DI PRESIDIO IDROGEOLOGICO RALIZZATE (2004-2009)
- opere strutturali (muri intrantati) di consolidamento scarpate a presidio della stabilità del versante
 - scarpata in roccia con rivestimento corticale (reti armate con funi)
 - muri di contenimento di sottoscampa strada comunale
 - cunetta testamuro per raccolta acque ruscellamento superficiale
 - canalizzazione acque superficiali con eliminazione dei fenomeni di erosione spondale
 - tubazione sottostrada di recapito acque a solco deflusso principale

NOTA: le opere di completamento non sono oggetto del seguente permesso di costruire - verrà presentata S.C.I.A. alternativa al Permesso di Costruire ai sensi dell'art. 23 del D.P.R. 380/01 previa acquisizione dei pareri degli organi competenti

RAFFRONTO -- Sezione geologica interpretativa A-A' - scala 1:200



RAFFRONTO – Sezione geologica interpretativa C-C' - scala 1:200

