c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

COMUNE DI GENOVA

Oggetto:

REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

STUDIO ASSOCIATO BELLINI
G e o l o g i

Via Galata 9/1
16121 - G E N O V A
Tel – Fax 010-586503
Partita I.V.A. 01270990995



Data:
01/07/2021

INDICE

1. PREMESSA. 2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI. 2
2.1. RAPPORTI CON IL PIANO DI BACINO DELL'AMBITO 14 PER GLI ASPETTI INERENTI LA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO E L'ASSETTO NORMATIVO. 5
2.2. RAPPORTI CON IL P.U.C. DEL COMUNE DI GENOVA PER GLI ASPETTI INERENTI LA MICROZONAZIONE SISMICA E LA ZONIZZAZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO. 8
3. CARATTERI GENERALI DELLA ZONA. 11
3.1. GEOMORFOLOGIA 11
3.2. GEOLOGIA. 13
3.3. ELEMENTI IDROGEOLOGICI. 16
4. INDAGINI IN SITU 20
4.1. SONDAGGI GEOGNOSTICI. 20
4.2. SISMICA A RIFRAZIONE 22
5. MODELLO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO 23
6. CONSIDERAZIONI IN MERITO AL RISCHIO SISMICO 25
7. PROBLEMATICHE E INCIDENZA DEL PROGETTO SUL FATTORE SUOLO E SOTTOSUOLO. 31
7.1 PREMESSA 31
7.2 L'INCIDENZA SUGLI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI. 32
7.3. LA PREPARAZIONE D'AREA. 33
7.4. LE SCELTE FONDAZIONALI PER LE NUOVE STRUTTURE. 35
7.5. ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE. 35
7.6. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEGLI INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE. 36
7.7. PREVISIONE SULLA TIPOLOGIA DEI MATERIALI DI RISULTA DEGLI SBANCAMENTI. 36
8. CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO E DICHIARAZIONI CONCLUSIVE. 37
ELENCO ALLEGATI 39

1. PREMESSA.

La presente relazione illustra le risultanze della prima fase di indagini geologiche e geognostiche realizzata in un'area privata ubicata tra Via Donato Somma e Viale Franchini, a Genova – Nervi, per il progetto del nuovo impianto natatorio di Nervi che prevede la compresenza di funzioni pubbliche e private e comprende anche un parcheggio a rotazione su più livelli e un centro commerciale.

Sono state indagate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche della zona tramite il rilevamento diretto dei luoghi, la realizzazione di due sondaggi geognostici e di due profili sismici a rifrazione di cui uno in onde P e uno in onde S.

Le finalità dell'indagine geologica sono state quelle di:

- accertare le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche dei luoghi;
- ricostruire il modello geologico di riferimento per il progetto;
- fornire l'inquadramento sismico della zona con accertamento diretto della categoria sismica di sottosuolo;
- individuare le problematiche geologiche e geomorfologiche connesse con l'attuazione del progetto, valutarne l'incidenza sull'assetto geologico dei luoghi e definire le soluzioni più adeguate, per gli aspetti di competenza.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI.

Il presente studio è stato sviluppato secondo quanto previsto per gli aspetti "suolo e sottosuolo", dal modello di riferimento per l'elaborazione del rapporto preliminare per lo svolgimento della verifica di assoggettabilità a VAS, ai sensi dell'art. 13 della L.R. 32/2012 oltre che dall'Art.89 del D.P.R 380/2001"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia

di edilizia", relativamente alla verifica della compatibilità dello strumento urbanistico in esame, in variante al PUC vigente per il Comune di Genova, con le condizioni geomorfologiche dei luoghi.

Inoltre, per le verifiche in sito, le indagini e gli accertamenti di coerenza con il Piano di Bacino e la normativa di settore, i riferimenti sono i seguenti:

- D.M. 17.01.18 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

- Circolare n. 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".

- Piano di Bacino stralcio per l'assetto idrogeologico Ambito 14, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.66 del 12/12/2002.

- P.U.C. del Comune di Genova, approvato con D.D. 2015/118.0.0./18 ed entrato in vigore il 03.12.2015 con recepimento della pianificazione di bacino, nel sito in esame, al 31.05.17. Tale Piano è stato preso come riferimento per gli aspetti relativi a: microzonazione sismica di primo livello e zonizzazione geologica e suscettività d'uso.

- D.G.R. Regione Liguria 216/2017 "Aggiornamento e classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".

- D.G.R. 507 del 21.06.19 Nuova adozione reticolo idrografico regionale".

Si precisa che la zona presa in esame non risulta sottoposta a vincolo idrogeologico (FIG. 1), ai sensi del R.D.L. 3267/23 e della L.R. 4/99, come confermato dal Piano di Bacino vigente. Infatti, la Via Donato Somma, sul confine di monte dell'area di intervento, segna il limite dell'area vincolata che si estende sui versanti a Nord.



FIG. 1: estratto fuori scala dalla Carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico del vigente Piano di Bacino stralcio dell'Ambito 14.

2.1. Rapporti con il Piano di Bacino dell'Ambito 14 per gli aspetti inerenti la suscettività al dissesto e l'assetto normativo.

L'opera in progetto ricade nel territorio di competenza del Piano di Bacino stralcio dell'Ambito 14 e interessa, dal punto di vista geomorfologico, la fascia pedemontana, a debole pendenza, che risulta classificata a suscettività al dissesto molto bassa (Pg0), non essendo interessata da alcun fenomeno di instabilità, né da indizi di problematiche idrogeologiche (FIG. 2). In tali aree le norme di attuazione del Piano di Bacino rimandano ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica degli strumenti urbanistici, la definizione della loro disciplina specifica e non pongono vincoli particolari di fattibilità geologica sulle opere in progetto. Di conseguenza la proposta progettuale in esame è compatibile con la zonizzazione in termini di suscettività al dissesto, del Piano di Bacino vigente.

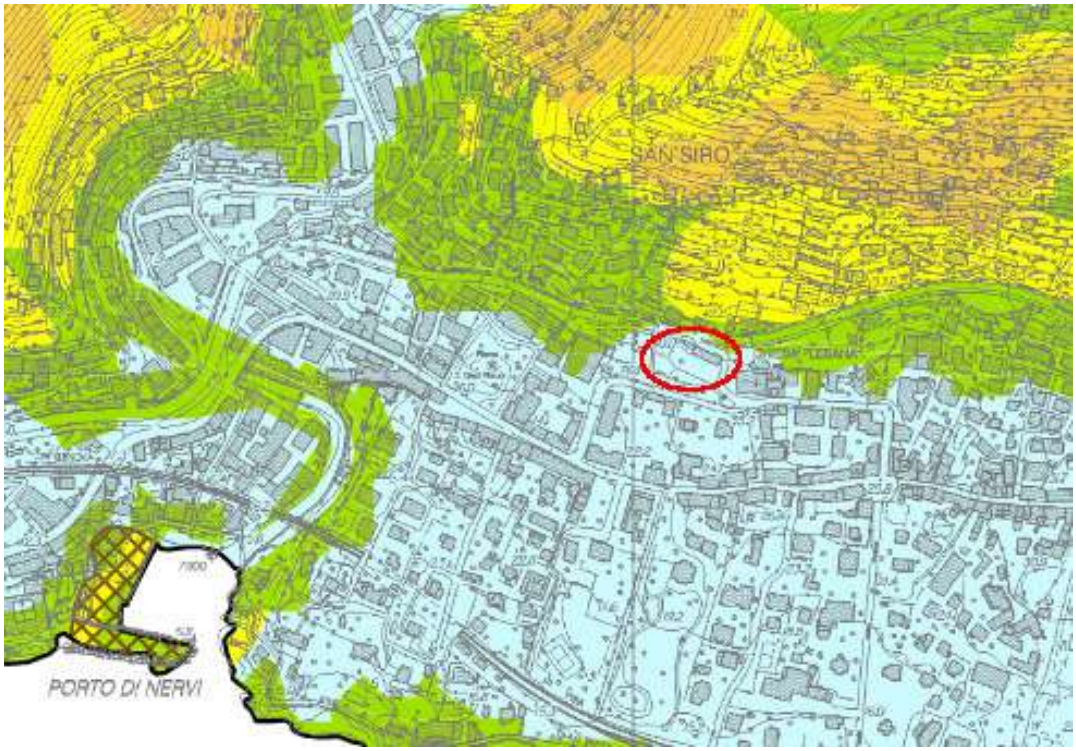




FIG. 2: estratto fuori scala dalla vigente Carta della Suscettività al Dissesto del Piano di Bacino stralcio dell'Ambito 14.

Infine, per la localizzazione morfologica dell'area oggetto d'intervento in ambito di versante e precisamente in corrispondenza di una dorsale collinare, non sussistono interferenze tra la stessa e i corsi d'acqua, come confermato dalla Carta del Reticolo Idrografico Regionale che, nella zona, segnala unicamente il corso del Torrente Nervi a Ovest (FIG. 3)

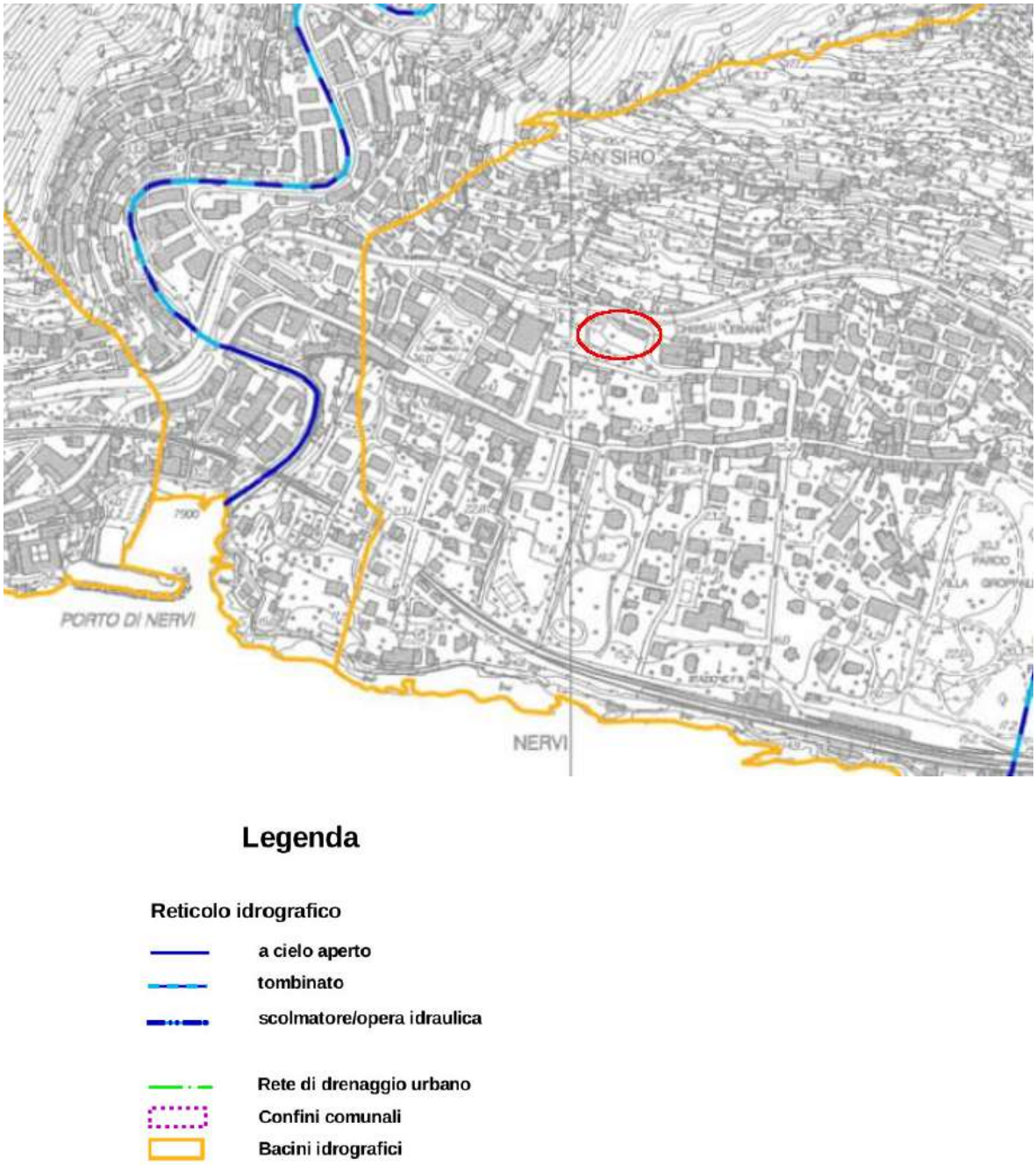


FIG. 3: estratto fuori scala dalla Carta del Reticolo Idrografico Regionale di cui alla D.G.R. 507 del 21.06.19.

2.2. Rapporti con il P.U.C. del Comune di Genova per gli aspetti inerenti la microzonazione sismica e la zonizzazione geologica del territorio.

Nell'ambito degli studi geologici del P.U.C. del Comune di Genova è stata redatta la carta di zonizzazione e suscettività d'uso, che suddivide il territorio comunale in classi a diverso grado di "fragilità", sotto gli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici, alle quali si associa una normativa geologica di riferimento che stabilisce l'ammissibilità degli interventi in rapporto al contesto e il grado di approfondimento delle indagini da eseguire. La zonizzazione del PUC nell'area in esame risulta allineata con il Piano di Bacino al 31.05.17.

Rispetto ad essa, la proposta progettuale in esame ricade in area classificata come B urbanizzata, con suscettività d'uso parzialmente condizionata (FIG. 4). In queste aree le condizioni geologiche rilevate non mettono in rilievo fenomeni geologici negativi in atto e pertanto l'intervento in esame risulta realizzabile.

Per quanto riguarda la microzonazione sismica, il sito ricade in zona urbanizzata stabile A2, cioè caratterizzata da substrato lapideo stratificato affiorante o subaffiorante, con acclività < 15° ed è parzialmente interessata da un settore con coltri di copertura di spessore > 3.00 m, che peraltro non ha trovato riscontro nelle indagini effettuate e commentate a seguire (FIG. 5).

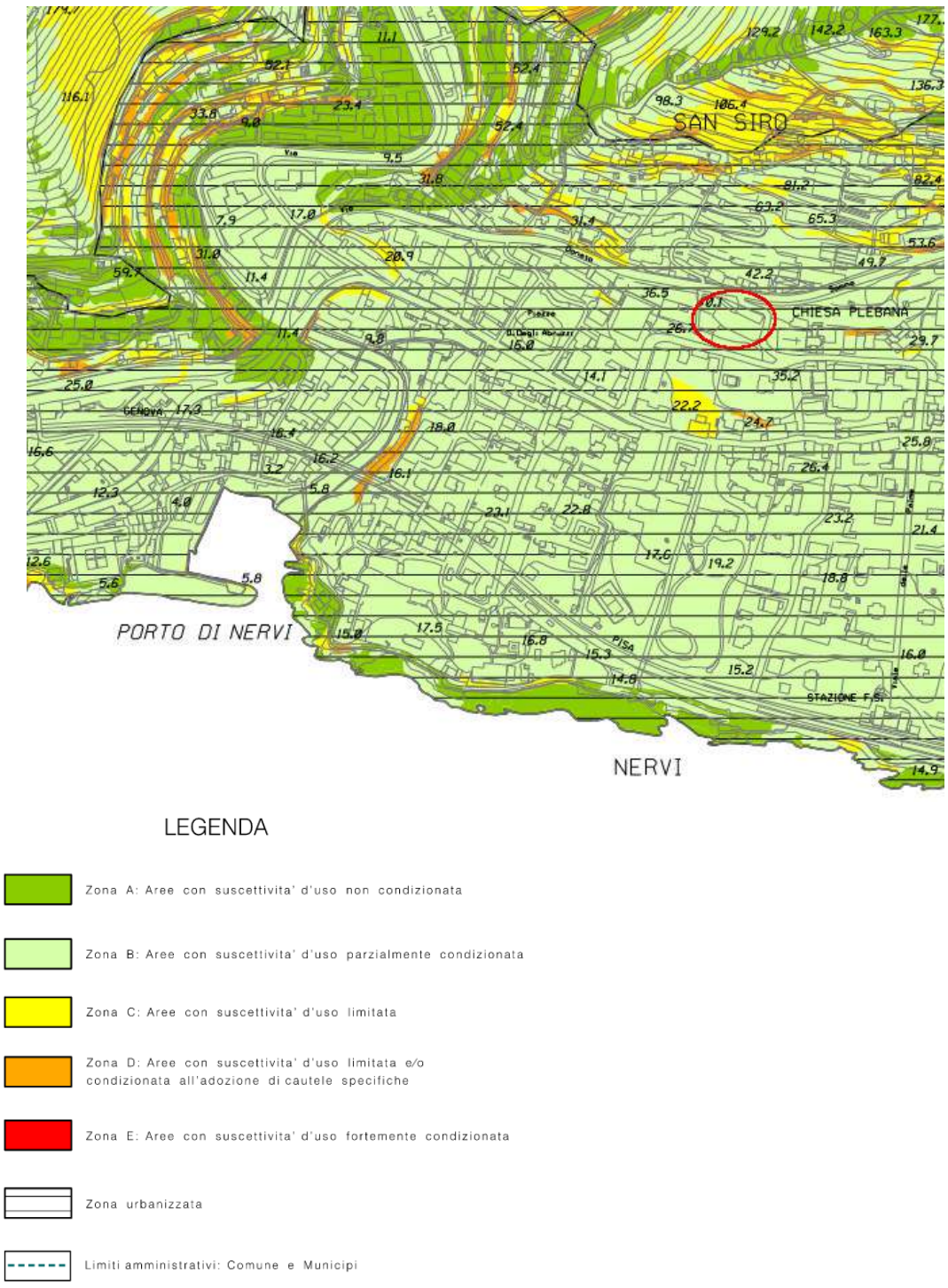
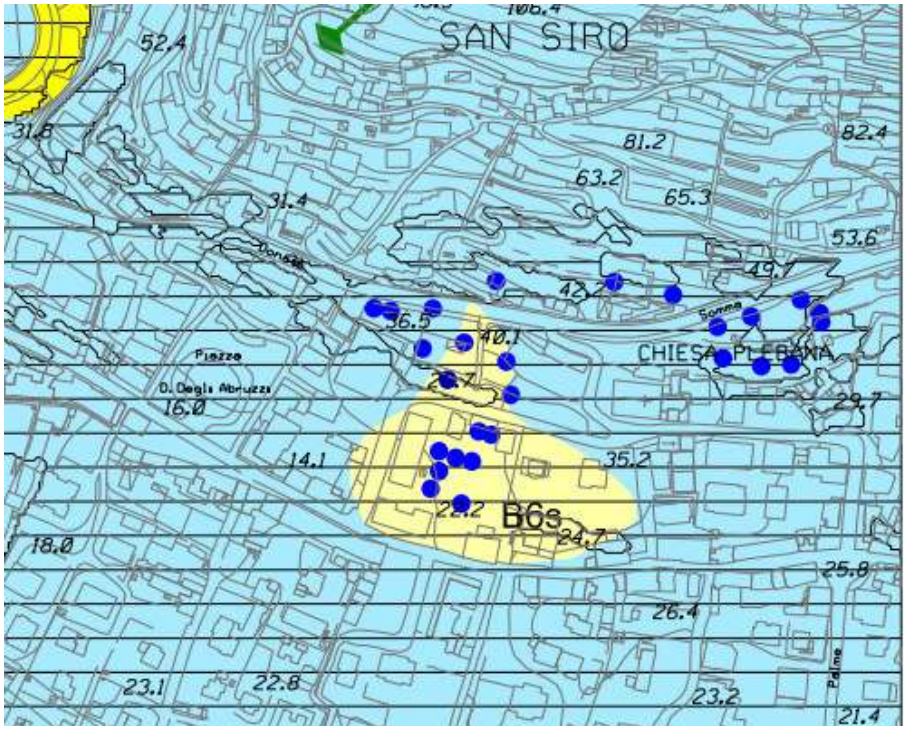


FIG. 4: estratto fuori scala della Carta di Zonizzazione e Suscettività d'uso del territorio - PUC 2015 - Comune di Genova.



ZONE STABILI

ZONA A1

Substrato LAPIDEO NON STRATIFICATO affiorante o subaffiorante con Vs30 > 800 e con acclivita' < 15 gradi

ZONA A2

Substrato LAPIDEO STRATIFICATO/SCISTOSO affiorante o subaffiorante con Vs30 > 800 e con acclivita' < 15 gradi

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

ZONA B6

B6s

B6s/t

COPERTURE DETRITICHE con spessore > 3 metri

B6s – acclivita' < 15 gradi (amplificazione stratigrafica)

B6s/t – acclivita' > 15 gradi (amplificazione stratigrafica e topografica)

ZONA B7

B7s

B7s/t

SEDIMENTI ALLUVIONALI E MARINI con spessore > 3 metri

B7s – acclivita' < 15 gradi (amplificazione stratigrafica)

B7s/t – acclivita' > 15 gradi (amplificazione stratigrafica e topografica)

FIG. 5: estratto fuori scala della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - PUC 2015 - Comune di Genova.

3. CARATTERI GENERALI DELLA ZONA.

3.1. Geomorfologia.

L'area in esame è ubicata alle pendici meridionali della dorsale collinare Monte Giugo – San Rocco, a q.a. 65 circa, in ambito morfologico di fascia pedemontana che, a profilo terrazzato degradante verso Sud, si sviluppa tra q.a. 36-37 circa a monte, su Via Donato Somma e q.a. 24 circa sul Viale Franchini, che delimita il comparto di intervento a valle (**ALL. 1**: corografia della zona, in scala 1:2.000).

Interessa i terrazzamenti del vivaio Peirano di Nervi, a cui si accede tramite cancello carrabile dalla Via Donato Somma, in prossimità del bivio che scende verso mare per Via Campostano e raggiunge la Chiesa di San Siro. Il confine a Est e a Nord/Est è rappresentato dal giardino e dai parcheggi pertinenziali sul fronte degli edifici ai civici 2 e 4 di Via Campostano, mentre a Ovest è delimitato dalla proprietà del civico 23 di Viale Franchini (FIG. 6).

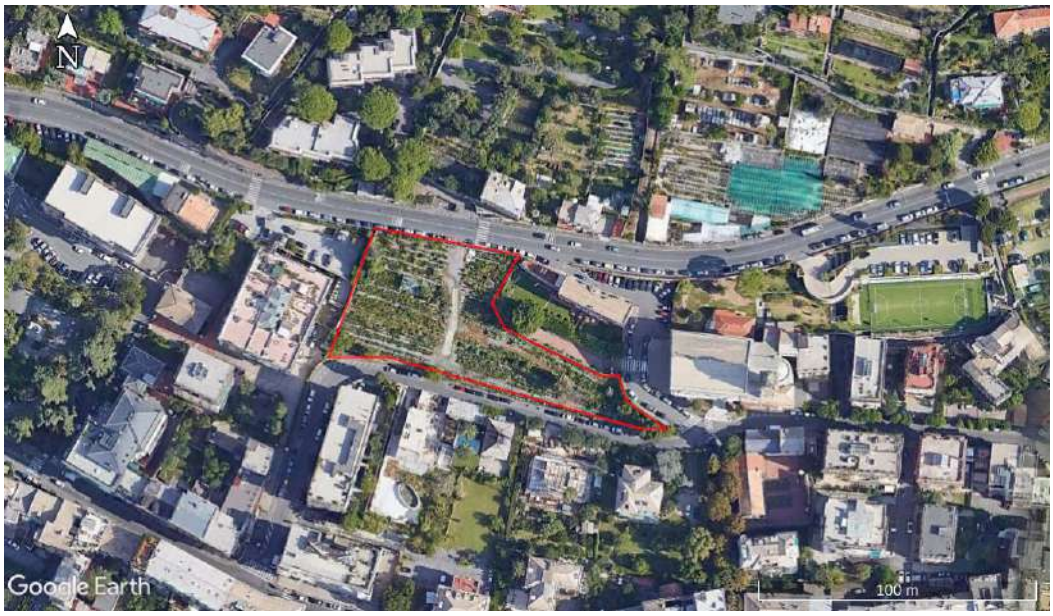


FIG. 6: veduta aerea del sito di intervento (Google Earth). In rosso l'area in esame.

I lineamenti morfologici della zona sono caratteristici e riscontrabili lungo tutto il versante a mare della dorsale collinare già citata che, nel tratto compreso tra il Porticciolo di Nervi e Bogliasco, ha un andamento Est/Ovest lineare e continuo, inciso da colatori secondari corti e rettilinei, sfocianti direttamente a mare e asciutti per buona parte dell'anno. Al reticolo naturale si aggiunge una rete di smaltimento "artificiale" costituita dai percorsi delle antiche crose di versante, lungo cui tendono a incanalarsi le acque di apporto meteorico, in caso di piogge intense.

La peculiarità del paesaggio è data da una generalizzata sistemazione con terrazzamenti sostenuti da muretti in pietrame a secco, adibiti un tempo alla coltivazione estensiva dell'uliveto, per la favorevole esposizione a Sud. Al giorno d'oggi rimane la sistemazione a fasce, ma ha prevalso la vocazione residenziale, che ha portato alla suddivisione di molte proprietà, con muretti e muri, recinzioni e cancellate, che separano giardini coltivati con piante da frutto ed essenze ornamentali.

La pendenza accentuata del versante superiore è solo in parte smorzata dai terrazzamenti che hanno gradonato il profilo originario, a monte di Via Donato Somma. La strada stessa, nel tratto in esame, demarca una prima rottura di pendenza sul profilo morfologico, mentre una seconda rottura si nota poco a valle, all'altezza della Via Oberdan, da dove inizia un'ampia spianata degradante verso Sud, fino alla passeggiata a mare di Nervi, con pendenza decisamente più smorzata.

Il profilo descritto è frutto di episodi di terrazzamento marino sulla costa, associati alla deposizione di falde detritiche pedemontane, alimentate dal pendio a monte, che tendono a mascherare il passaggio alla piana costiera.

Nell'ambito del quadro geomorfologico generale, l'area investigata si colloca nella fascia pedemontana dove, per uno spessore di 1.60-2.00 m, sono presenti coltri superficiali integrate da riporti e/o da terreni rimaneggiati delle sistemazione agricole dei terrazzamenti.

La granulometria è data da ghiaie medio-grossolane, con frammenti lapidei immersi in una matrice limosa e sabbiosa. Tale livello, in profondità,

lascia il posto al cappellaccio di alterazione della roccia di substrato, che si caratterizza come un ammasso roccioso fratturato e allentato, con intercalazioni di livelli di limo argilloso tipicamente di colore ocra marroncino, con relitti strutturali della roccia di fondo. I sondaggi hanno evidenziato uno spessore di cappellaccio compreso tra 1.00 e 4.50 m, in copertura a calcari marnosi grigi, sani e tenaci, da poco a mediamente fratturati.

Nella proprietà esaminata e al contorno, per quanto concerne la situazione della stabilità, non si osservano indizi di dissesto in atto e/o potenziali. I fattori che concorrono a determinare il complessivo stato di equilibrio dei luoghi sono rappresentati da:

- condizioni di pendenza limitata (< 15 gradi);
- sistemazione del terreno con terrazzamenti a fondo sterrato e soggetti a manutenzione;
- assenza di condizionamenti di tipo idrogeologico. Di fatto le acque che competono all'area sono quelle che vi giungono per apporto meteorico diretto e non sussistono interferenze con rivi o colatori di versante.

Un'ultima notazione riguarda la copertura vegetale. A parte due palme e qualche albero isolato, nell'area sono ospitate le piante in vaso del vivaio Peirano. Pertanto la vegetazione non riveste alcun ruolo relativamente all'equilibrio idrogeologico dell'area.

3.2. Geologia.

L'ossatura rocciosa dei versanti è rappresentata dalla formazione dei "Calcari di Monte Antola", un complesso sedimentario definito da alternanze ritmiche di bancate calcareo-marnose e arenacee, con intercalazioni di livelli argillitici e marnoscistosi. Per l'inquadramento geologico si richiama la Carta Geologica Regionale (CGR), scala 1:25.000 - tav. 231.1, 231.4 - Chiavari Recco del 2005, di cui uno stralcio è proposto in FIG. 7.

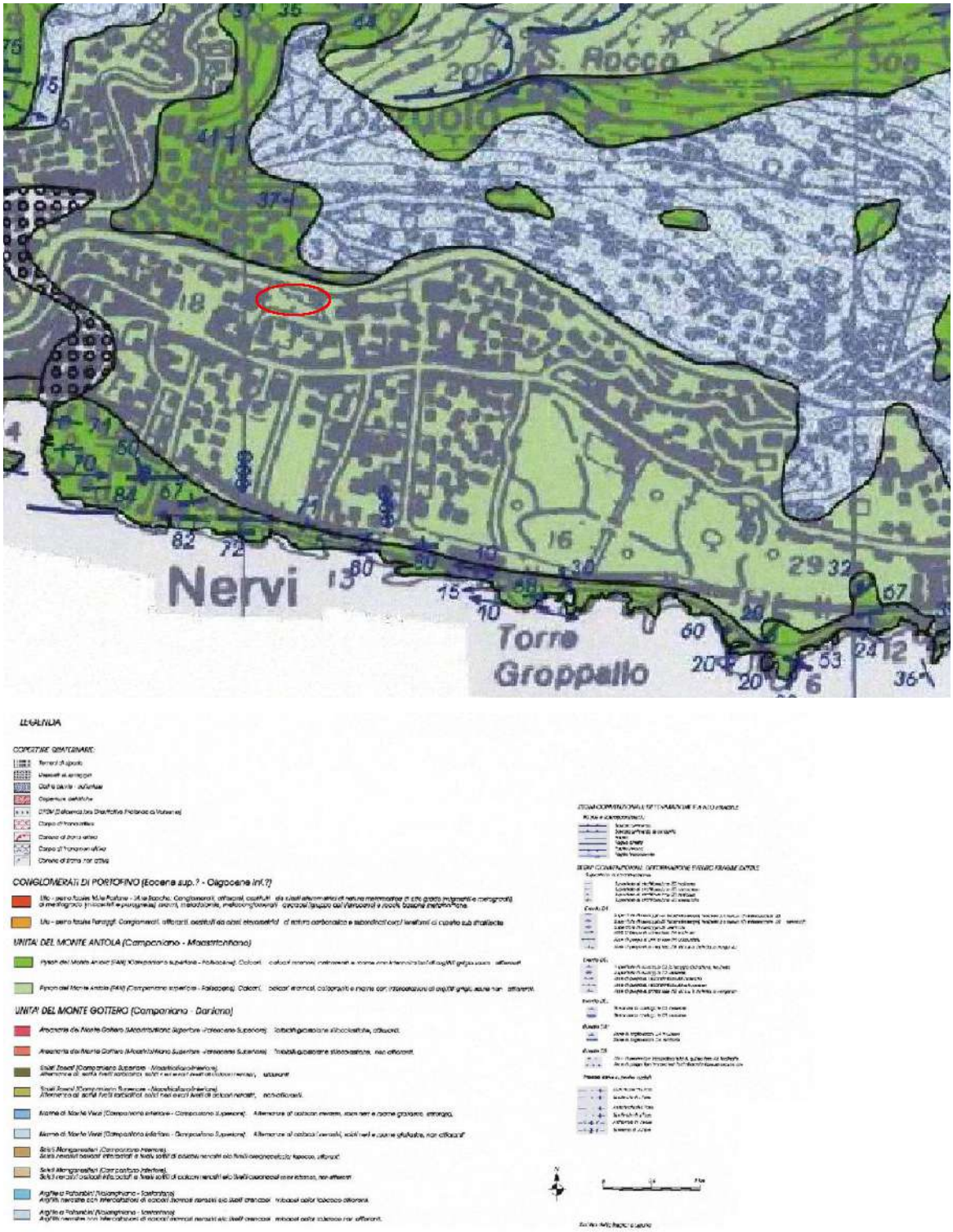


FIG. 7: estratto fuori scala della Carta Geologica Regionale (CGR), scala 1:25.000 - tav. 231.1, 231.4 - Chiavari Recco (2005).

Non si rinvengono affioramenti del substrato nella proprietà esaminata. Tuttavia è sufficiente risalire il versante a monte di Via Donato Somma per osservare, alla base dei muri di terrazzamento e lungo le ripide mattonate, le bancate di calcare marnoso. In particolare un affioramento caratteristico è situato in corrispondenza dell'incrocio tra Via Maggiolo di Nervi e Salita Madonnetta di Nervi, nei pressi di un'antica fontana dove gli strati immergono a Sud/Ovest con angolo di 32 gradi (FIG. 8).



FIG. 8: affioramento di calcare marnoso alla base di un muro a monte della proprietà in esame.

Nella zona prevale la facies a composizione calcareo-marnosa e calcareo arenacea, in strati di spessore fino a 50 cm, mentre le intercalazioni di livelli argillitici sono rare.

L'assetto giaciturale dei piani di stratificazione presenta un andamento monoclinale, con disposizione a franapoggio obliquo rispetto al versante. I valori di immersione **I** sono mediamente compresi tra 210° e 250°. L'inclinazione **i** raggiunge i 15 - 20 gradi in prossimità del crinale, per poi

aumentare scendendo il versante. Infatti, nella zona pedemontana, i valori medi sono dell'ordine di 40 gradi e diventano subverticali sulla scogliera a mare che costeggia la passeggiata Anita Garibaldi.

Come già detto al paragrafo precedente, il substrato è sormontato da un livello di cappellaccio di alterazione a matrice limosa e argillosa di colore ocra, con relitti strutturali della roccia di fondo e con frammenti calcarei sani le cui dimensioni e quantità aumentano con la profondità.

Laddove prevalgono i clasti e i blocchi lapidei, questi presentano patine terrose ossidate sui giunti di frattura, per i processi alterativi legati, sia all'assetto morfologico (pendenza, esposizione) sulla fascia pedemontana, sia a fenomeni di terrazzamento marino sulla spianata che degrada verso mare.

3.3. Elementi idrogeologici.

Per quanto riguarda possibili deflussi superficiali gravitanti verso la proprietà esaminata, si rileva innanzitutto che la Via Donato Somma, sul limite di monte, assume, in regimi piovosi normali, funzione di gronda per il terreno sottostante, intercettando le acque spioventi da monte e indirizzandole verso i sistemi di disciplina del corredo stradale. E' possibile, peraltro, che, in caso di forti piogge, una parte dei deflussi che si raccolgono sulla strada tracimi verso la proprietà dal varco di accesso carrabile.

La sistemazione con terrazzamenti dotati di cunette e pendenza opportuna contribuisce alla regimazione delle acque superficiali e impedisce, di fatto, il ruscellamento diffuso. Soltanto in corrispondenza della rampa sterrata che scende verso Sud lungo l'asse centrale della proprietà, si osservano modesti indizi di erosione e dilavamento.

Per quanto riguarda, invece, le modalità di smaltimento dei deflussi sottosuperficiali, si riferisce innanzitutto che:

- i materiali di copertura sono permeabili per porosità con coefficienti K medio-elevati per la presenza di significativa frazione grossolana;

- il cappellaccio di alterazione presenta permeabilità decisamente inferiore per l'abbondanza di matrice fine limoso-argillosa.
- il substrato roccioso, impermeabile se in condizioni di integrità, denota permeabilità secondaria per fessurazione/fratturazione anche di grado elevato.

Nel contesto idrogeologico esaminato, la roccia calcarea di fondo rappresenta, in genere, un orizzonte impermeabile per le acque di circolazione sotterranea, seppure localmente ne possa consentire lo smaltimento in profondità e l'infiltrazione nei giunti di frattura.

Altra soglia impermeabile è formata dal cappellaccio, soprattutto nelle porzioni più superficiali dove è dominante la componente fine, che in genere si satura in caso di piogge e confina alla base le coltri. Fatto che rende possibile la formazione di addensamenti idrici localizzati e circoscritti al passaggio coltre/cappellaccio per il contrasto di permeabilità tra i due materiali. A una situazione di questo tipo, alimentata anche da circolazione di frattura è riconducibile, a parere di chi scrive, la zona di emergenza e filtrazione presente nel settore occidentale della proprietà, che si raccoglie nella vasca presso la serra a q.a. 32, dove si nota lo sviluppo di vegetazione idrofila persistente (FIG. 9).

In conclusione, considerato il modesto spessore delle coperture, è da escludersi la presenza al loro interno, di una falda continua su tutta l'area. E' per contro plausibile la formazione di circolazione idrica discontinua nei reticoli di frattura dell'ammasso roccioso profondo, di entità variabile in funzione dei regimi meteorici.

.



FIG. 9: sorgente nelle vicinanze di un capanno abbandonato usato come serra.

Sempre in tema di circolazione idrica sotterranea vale la pena segnalare fenomeni localizzati di umidità sul muro di valle della proprietà che affaccia su Viale Franchini, nel tratto centrale e al limite occidentale, presso l'ingresso della galleria /rifugio che, dalla curva di Viale Franchini, entra nel sottosuolo del pendio in esame secondo il tracciato indicato in FIG. 10). Tale struttura presenta un altro accesso presso Via Campostano (FIG. 11).

Per quanto attiene l'area oggetto di intervento, il tratto di galleria che si sviluppa tra Viale Franchini e Via Donato Somma, interferisce con l'opera in progetto e ne è prevista pertanto la parziale demolizione.



FIG. 10: planimetria area di intervento con il tracciato della galleria/rifugio.



FIG. 11: ingresso della galleria/rifugio antiaereo da Via Campostano.

4. INDAGINI IN SITU.

Al fine di approfondire il quadro delle conoscenze geologiche e stratigrafiche della zona e di verificarne le condizioni idrogeologiche, è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche e geofisiche che ha compreso l'esecuzione di:

- n. 2 sondaggi meccanici a rotazione con prelievo continuo di campione, denominati S1 e S2;
- n. 3 prove SPT in foro;
- n. 1 profilo sismico a rifrazione con misura della velocità delle onde P;
- n. 1 profilo sismico a rifrazione con misura della velocità delle onde S.

L'indagine si completa con l'installazione di un tubo piezometrico nel foro di sondaggio S2.

L'ubicazione delle indagini è riportata sulla planimetria dell'**ALL.2**, mentre le stratigrafie dei sondaggi geognostici, con i rapporti di perforazione e le fotografie dei reperti in cassetta, sono contenuti nel rapporto tecnico redatto dalla Ditta Borghi Drill S.r.l. in **ALL.3.**

4.1. Sondaggi geognostici.

I due sondaggi sono stati realizzati rispettivamente nel tratto NO e presso lo spigolo SE della proprietà, fino alla profondità, rispettivamente, di 20 m e di 15 m ed hanno entrambi raggiunto il substrato sano. Inoltre il sondaggio S1 ha attraversato tra 9.70 m e 12.00 m dal p.c. la galleria rifugio che percorre il sottosuolo della proprietà lungo il suo lato occidentale, con imbocco da Viale Franchini.

In sintesi si commenta quanto segue.

- Entrambe le perforazioni mostrano, per lo spessore di 1.60-1.70 m, un primo strato di coltre detritica rimaneggiata, composta da ghiaie con

sabbie limoso-argillose di colore marroncino. Sono pure presenti clasti angolari calcareo marnosi fino a 4 cm di diametro e frammenti minuti di laterizi.

- Al di sotto è stato quindi attraversato il cappellaccio di alterazione del substrato, costituito da alternanze di strati calcareo marnosi molto fratturati, e livelli limoso argillosi di colore ocra consistenti e coesivi, in cui si distinguono relitti strutturali della roccia di fondo. Lo spessore varia tra 1.00 m e 4.50 m.
- La roccia di fondo, che compare sotto al cappellaccio, è composta da calcari marnosi e marnoso arenacei di colore grigio, localmente fatturati e con giunti ossidati e alterati, con vene e noduli di calcite. Sono presenti rarissime intercalazioni centimetriche di natura argillitica.
- Il sondaggio S1, come detto, ha attraversato la galleria rifugio, che risulta rivestita con muratura di pietrame e malta soltanto in calotta, per uno spessore di 40 cm.
- L'indice RQD, compreso tra 60-80% in entrambi i sondaggi, indica un ammasso roccioso di buona qualità.
- In corso di perforazione sono state eseguite soltanto n. 3 prove penetrometriche dinamiche (SPT) i cui risultati sono poco significativi avendo incontrato i frammenti litoidi del cappellaccio o la sua matrice fine con risultati molto variabili (NSPT pari a 8 nel sondaggio S1 e pari a 13 nel sondaggio S2).
- Infine si segnala che la presenza del cunicolo ha provocato, nel corso dei lavori, la perdita dell’acqua di perforazione e ha reso superflua l’installazione del piezometro. Invece in S2 è stato misurato un livello idrico, nel piezometro, alla profondità di 4 m dal p.c., imputabile anche all’acqua di perforazione.

4.2. Sismica a rifrazione.

Al fine di correlare arealmente i risultati puntuali dei sondaggi, acquisire ulteriori informazioni sulla sequenza stratigrafica dei terreni individuati e valutare le condizioni idrogeologiche del sottosuolo, è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione in onde P e uno su medesimo tracciato in onde S, secondo la geometria riportata nella **Tabella 1.**

Stendimento sismico	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
SS1 "p" SS1 "s"	92.0	4.0 ÷ 4.0	100.0	9	4.0	24

Tabella 1: configurazione dell'array sismico in onde P e in onde S.

Per il dettaglio analitico delle risultanze si rimanda al rapporto di indagine emesso dal Tecnico esecutore, Dott. Giorgio Lombardi, contenuto nell'**ALL. 4** che si commenta come segue.

L'indagine in onde P ha distinto la presenza di tre sismo strati.

- Il primo, di spessore variabile tra 2.00 e 3.00 m, è caratterizzato da valori Vp compresi tra 740-870 m/s ed è ascrivibile alle coltri detritiche superficiali rimaneggiate e integrate da riporti.
- Il secondo, di spessore compreso tra 3.50 m all'estremo di levante e 6.50 m circa all'estremo di ponente, mostra una Vp nell'intervallo 1230-1430 m/s, associabile ad un ammasso roccioso fratturato e alterato che può essere ricondotto al cappellaccio di alterazione, con passaggio graduale e sfumato all'ammasso più compatto e tenace.
- Infine il terzo strato presenta un range di Vp compreso tra 2400-2710 m/s, riferito ai calcari sani.

L'indagine in onde S conferma la medesima sequenza stratigrafica riscontrata con le onde P, individuando i tre strati, che si differenziano per le velocità:

- un primo strato superficiale, caratterizzato da Vs pari a 390-480 m/s;
- un secondo strato, con Vs compresa tra 710-780 m/s;
- un terzo strato, con Vs tra 1260-1490 m/s.

I risultati ottenuti con le indagini sismiche si accordano con le stratigrafie dei sondaggi e confermano un modello geologico di sottosuolo a tre strati.

La corrispondenza di sequenza stratigrafica acquisita con le onde P e con le onde S, dimostra che le variazioni di velocità riscontrate sono dovute effettivamente a cambi litologici ed esclude, pertanto, la presenza di falda sotterranea continua e di condizioni di saturazioni estese all'intero areale a una quota definita.

Il livello idrico rilevato nel foro di sondaggio S2, alla profondità di circa 4 m dal p.c. risulta comunque alterato dall'acqua di perforazione. I monitoraggi futuri consentiranno di precisare tale dato.

5. MODELLO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Sulle sezioni geologiche interpretative riportate in **ALL.5,** è stata schematizzata la geologia di sottosuolo dell'area oggetto di intervento, dalla quale si ricava, in sintesi, un modello a tre strati:

- il primo, di spessore medio assunto pari a 2.50 m, è rappresentato dal terreno sciolto superficiale della coltre rimaneggiata dalle pratiche colturali e integrata da materiali di riporto con matrice sabbiosa e limosa e abbondante scheletro lapideo nel campo dimensionale delle ghiaie.

- Il secondo, di spessore medio pari a circa 5 m, s'identifica nel cappellaccio di alterazione della roccia di fondo, qui rappresentato dall'ammasso roccioso fratturato e disarticolato, dove prevalgono le bancate calcaree intercalate a orizzonti decimetrici di limi argillosi ocra scarsamente permeabili.
- Il terzo strato, infine, è rappresentato dall'ammasso roccioso sano, di buone caratteristiche geomeccaniche, che migliorano all'aumentare della profondità.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, non si riscontra la presenza di una falda continua. Questo aspetto viene messo in evidenza dai risultati delle indagini sismiche, che riportano una netta correlazione tra le variazioni di velocità delle onde P e S e i cambi litologici. I terreni attraversati con le perforazioni sono complessivamente scarsamente permeabili per l'abbondanza di matrice fine. Soltanto nell'orizzonte più superficiale la permeabilità è stata "artificialmente" migliorata con l'apporto di matrice sabbiosa e clasti nell'ambito delle pratiche colturali, esercite nell'area dal vivaio. Peraltro l'esiguo spessore delle coperture non favorisce lo sviluppo di un acquifero.

Gli orizzonti limoso argillosi del sottostante cappellaccio svolgono la funzione di acquitardi e ostacolano l'infiltrazione in profondità delle acque superficiali. Per contro l'ammasso roccioso è permeabile per fratturazione/fessurazione e ammette circolazione idrica al suo interno, in associazione ai reticoli di frattura.

6. CONSIDERAZIONI IN MERITO AL RISCHIO SISMICO

La risposta sismica del sito è determinata essenzialmente dalla sismicità dell'area e dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche, in rapporto alla tipologia e all'importanza dell'opera in progetto.

Pertanto, con riferimento alla normativa di settore, costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, e adottando un criterio sito dipendente, i dati disponibili indicano che l'area in esame é inserita nella classe 3 di rischio sismico, come pure sancito dalla D.G.R. n. 216/2017 della Regione Liguria. Infatti, in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (*Ord. P.C.M. 28/04/2006 – D.M. 14/09/2005*), il range di accelerazione massima al suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area di studio è compresa tra 0.050 e 0.075 g.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (FIG. 12).

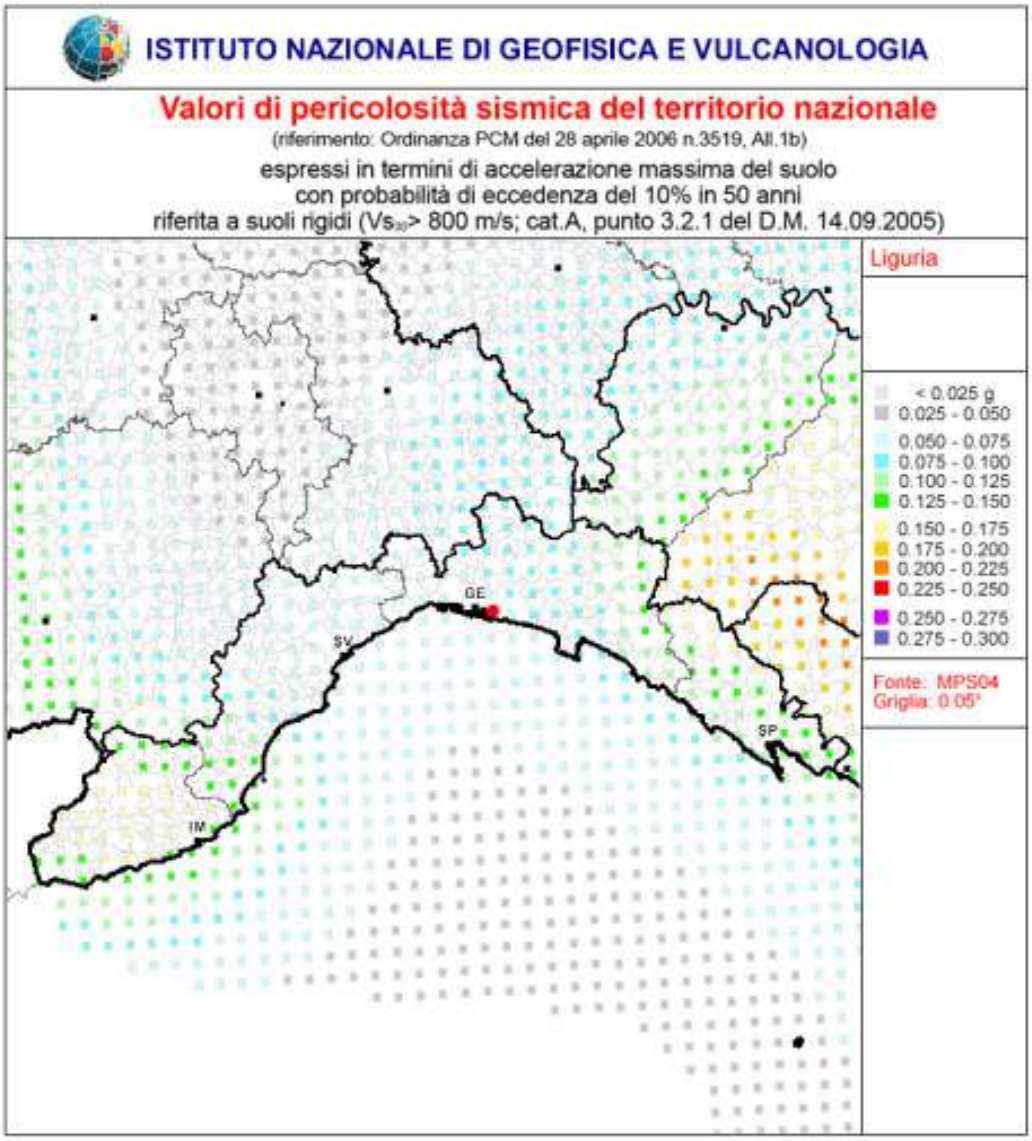


FIG.12: Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs_{30} > 800 m/s) – da INGV. In rosso l'area di studio.

Le coordinate geografiche dell'area di interesse (FIG. 13) sono le seguenti:

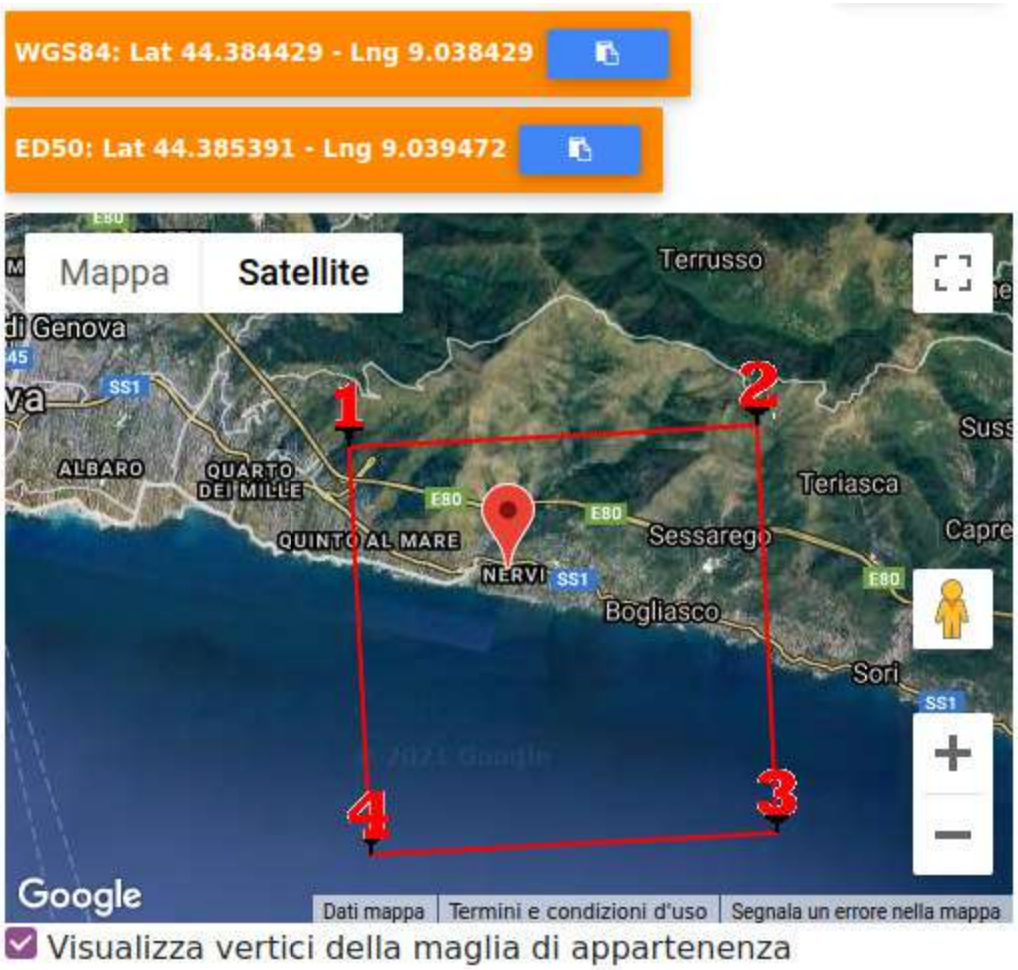


FIG.13: estratto dall'applicazione del programma GeoStru PS per la determinazione dei parametri sismici (rif. www.geostru.com).

La risposta sismica del sito è determinata essenzialmente dalla sismicità dell'area e dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito, in rapporto alla tipologia e all'importanza delle opere a progetto.

Pertanto, con riferimento alla Normativa di settore, costituita dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, sono trattati nel seguito gli aspetti di competenza per la stima della pericolosità sismica mediante un criterio sito-dipendente.

L'azione sismica di progetto dipende dalle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del sito e deve essere definita in base alla risposta sismica locale (azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subìte trasmettendosi dal substrato rigido) mediante specifiche analisi, o in assenza di tali analisi, sulla

base di un approccio semplificato che muove a partire dall'identificazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Il calcolo dell'accelerazione massima per il sito in esame prevede l'applicazione di coefficienti amplificativi in grado di modificare la risposta sismica locale di sito. Tali coefficienti dipendono dalla situazione stratigrafica (*coefficiente di amplificazione stratigrafica* S_S) e dalla condizione topografica del luogo (*coefficiente di amplificazione topografica* S_T):

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

Nello specifico, per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, trattandosi di una vasta area a debole pendenza, priva di emergenze topografiche che possano dare luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, il sito può essere classificato di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica S_T = 1.0.

Per ciò che attiene la categoria di sottosuolo sulla base della sequenza stratigrafica verificata con i sondaggi geognostici e della velocità di propagazione delle onde di taglio V_{seq}, accertata in situ con prove geofisiche dirette, l'ambito in esame ricade su suoli di categoria B corrispondenti a "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec*".

Infatti, lungo la sezione sismostratigrafica in onde di taglio, si evidenzia, a partire dall'attuale piano campagna, la presenza di "terreni" (coltri + bedrock non rigido ex NTC 2018) caratterizzati da potenza H > 3 (m) e da $360<V_{s,eq}<800$ (m/s). Di conseguenza, la categoria di sottosuolo risulta essere la **B** per strutture che hanno come quota di riferimento il piano campagna attuale (es.: berlinesi, opere speciali in genere), mentre risulta essere la **A** per strutture che hanno quote di riferimento poste ad una profondità dal piano campagna superiore a 6.00 m. E' senz'altro categoria A il riferimento per le verifiche alla quota delle fondazioni delle nuove strutture,

per le quali è previsto uno sbancamento di altezza variabile tra 9.00 e 15.00 m dal p.c. attuale.

Nel seguito vengono riportati i coefficienti sismici che derivano dalle condizioni di sito, alla scala dell'opera e del sistema geotecnico considerato.

Categoria di sottosuolo	Coefficiente topografico S_T	Coefficiente stratigrafico S_S	Coefficiente amplificativo $S = S_S \times S_T$
B	1	1,2	1,20
A	1	1	1

Per definire il periodo di riferimento per l'azione sismica, da considerare nelle verifiche progettuali, occorre conoscere i dati dell'opera, che riguardano la sua vita nominale (V_N) e il coefficiente d'uso (C_U), e considerare la probabilità di superamento dello stato limite di progetto (P_{VR}).

Nel caso in esame, fatte salve eventuali diverse assunzioni dell'Ingegnere Progettista che effettuerà la progettazione antisismica dell'intervento, nell'ipotesi di costruzioni di classe II il cui uso preveda normali affollamenti, si considera:

$V_N = 50$

La classe d'uso e il coefficiente d'uso C_U sono legati alle conseguenze di collasso e di operatività dell'opera. Nello specifico si indica una classe d'uso IV, per la quale:

$C_U = 1$

Da dove si determina un valore del periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U = 50$.

Gli stati limiti sismici e i corrispondenti tempi di ritorno di progetto associati alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento indicato, sono riassunti nella tabella seguente.

Stato limite		Probabilità di superamento	Tempo di ritorno (anni)
Di esercizio	SLO	81%	30
	SLD	63%	50
Ultimo	SLV	10%	475

In funzione degli stati limiti si determina il *Tempo di ritorno sismico* T_R, rispetto al quale potranno essere ricavati i parametri di riferimento su suolo rigido a_g, F_0 e T_C da inserire nelle verifiche e nei calcoli strutturali.

Tali parametri sono ricavati con il software GeoStru PS, disponibile on line sul sito www.*geostru.com* e sono determinati sulla base del reticolo sismico definito a scala nazionale. Non dipendono dalla categoria di sottosuolo e neppure dalla classificazione sismica regionale che, come detto, ha solo valenza di tipo amministrativo.

L'accelerazione sismica di progetto a_{max} al sito, é pari a quella determinata su suolo rigido a_g, moltiplicata per il coefficiente amplificativo S nei diversi stati limite da considerare, come riportato nelle tabelle sottostanti.

Stato limite	T_R (anni)	a_g (1)(g)	F_0 (2) (-)	Tc* (3)(s)	a_{max} (4)(g)
SLO	30	0.026	2.507	0.194	0.251
SLD	50	0.032	2.539	0.213	0.315
SLV	475	0.074	2.546	0.285	0.723
SLC	975	0.095	2.525	0.294	0.935

Tabella 2: parametri sismici riferiti a sottosuolo di categoria A.

Stato limite	T_R (anni)	a_g (1)(g)	F_0 (2) (-)	Tc* (3)(s)	a_{max} (4)(g)
SLO	30	0.026	2.507	0.194	0.301
SLD	50	0.032	2.539	0.213	0.378
SLV	475	0.074	2.546	0.285	0.868
SLC	975	0.095	2.525	0.294	1.123

Tabella 3: parametri sismici riferiti a sottosuolo di categoria B.

1) accelerazione orizzontale massima su suolo rigido.
2) fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
3) valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
4) accelerazione sismica di progetto sito specifica con g corrispondente all'accelerazione di gravità (9.81 m/sec^2).

A titolo cautelativo si ritiene preferibile adottare, per l'intero intervento, la categoria di sottosuolo B, anche se ulteriori approfondimenti nel merito sono comunque demandati all'Ingegnere Progettista che, sulla base degli elementi forniti, effettuerà la progettazione antisismica dell'opera in progetto, come previsto dalla Normativa vigente.

7. PROBLEMATICHE E INCIDENZA DEL PROGETTO SUL FATTORE SUOLO E SOTTOSUOLO.

7.1 Premessa.

L'elaborazione dei dati reperiti con il rilevamento dei luoghi e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite ha permesso la definizione del modello geologico, geomorfologico e idrogeologico della zona dove andrà a inserirsi la proposta progettuale in esame.

In tale contesto non si evidenziano particolari fragilità intrinseche e proprie, per quanto attiene le tematiche geologiche, in quanto si tratta di un ambito di versante terrazzato e a pendenza contenuta, all'interno del tessuto urbanizzato, dove l'utilizzo pregresso ha sempre garantito soddisfacenti condizioni di presidio e manutenzione.

Le problematiche di competenza, pertanto, possono derivare dall'incidenza che la trasformazione d'uso proposta, con l'attuazione del progetto, induce sull'area in termini di scavi e impatto sulle acque sotterranee e/o sulla falda.

Occorre preliminarmente premettere che gli interventi proposti si ritengono compatibili con le caratteristiche geologico-tecniche dei luoghi, e che i succitati impatti dipendono sostanzialmente dalle scelte progettuali e dalle modalità attuative che verranno adottate. Tali aspetti saranno, con evidenza, oggetto di specifici approfondimenti e sviluppi progettuali puntuali nelle fasi esecutive della progettazione e autorizzative dell'intervento.

Vengono nel seguito analizzati alcuni aspetti di dettaglio inerenti le problematiche relative al suolo ed al sottosuolo, connessi con l'esecuzione del progetto complessivo proposto, in termini, appunto, di incidenza sul fattore geologico l.s.

7.2 L'incidenza sugli aspetti geologici e geomorfologici.

La realizzazione del progetto in esame comporta un generalizzato intervento di sbancamento nel tratto di versante compreso tra Via Donato Somma a monte e Viale Franchini a valle, con un'ordinata di sterro massima di 15 m a filo della strada pubblica a monte, in diminuzione verso valle dove, sul limite di Viale Franchini e rispetto alla quota stradale é previsto un ribasso compreso tra 2.50 m a Ovest e 9.00 m circa a Est.

Si ricorda che l'intervento propone la realizzazione di un impianto natatorio con tribune in copertura a un centro commerciale, con adeguata dotazione di parcheggi in struttura, interrati.

Dagli elaborati progettuali esaminati (piante e sezioni), si evidenzia che il piano di imposta della struttura, (corrispondente al park 1° livello), è previsto a q.a. 22.30 al finito, che quindi determina un fondo scavo a q.a. circa 21.

Il fronte a monte, sul limite di Via Donato Somma, ha un'estensione di circa 55 m. Lo sbancamento prosegue verso Est nel tratto centrale della proprietà, per altri 60 m circa.

Sulla base dei lineamenti geologici della zona si deduce che lo scavo sarà effettuato per poco meno di un terzo della volumetria prevista, a carico del terreno sciolto di copertura e per la restante volumetria nel cappellaccio e nel substrato sano, non potendo stabilire in dettaglio la prevalenza della componente roccia sulla matrice fine limoso argillosa di alterazione nel livello di cappellaccio, di transizione al substrato roccioso sano.

Certo è che al fondo scavo verrà raggiunta la roccia sana su tutta l'estensione del sedime di progetto. Le sezioni geologiche che si producono

in **ALL. 5** rappresentano graficamente l'assetto stratigrafico descritto rispetto al profilo di scavo.

In considerazione delle esigenze progettuali sopra esposte, si ritiene che le problematiche di competenza che dovranno essere affrontate in quanto direttamente incidenti sul suolo e sul sottosuolo attengono:

- la preparazione d'area, con l'esecuzione dello sbancamento per conseguire le quote di progetto, nel rispetto e a salvaguardia delle preesistenze sul contorno dell'area;
- le scelte fondazionali per la nuova struttura;
- la disciplina delle acque superficiali e sotterranee e tutti gli accorgimenti necessari per la mitigazione degli effetti dell'impermeabilizzazione superficiale dell'area.

Un ulteriore fondamentale aspetto connesso all'opera proposta è la gestione dei materiali di risulta degli scavi, che saranno rappresentati da terre e rocce di natura calcarea che, per proprie caratteristiche granulometriche e composizionali e considerato l'uso pregresso dell'area, possono essere gestite fuori dal campo di applicazione della normativa dei rifiuti, come consentito e normato dal Dlgs. 152/2006 e dal DPR 120/2017.

7.3. La preparazione d'area.

La previsione circa i materiali che saranno incontrati in fase di scavo evidenzia la presenza, al di sotto di modesti spessori di coperture, di un ammasso roccioso che, nei livelli più superficiali, é alterato e possibilmente disarticolato, prima di raggiungere i calcari marnosi sani.

Si pone, pertanto, il problema delle procedure esecutive degli sbancamenti e delle modalità di sostegno dei fronti, rispetto alla necessità di salvaguardare l'equilibrio idrogeologico delle proprietà e dei terreni confinanti.

Al fine di scongiurare ripercussioni dell'intervento nei confronti della stabilità della zona, appare evidente la necessità di operare con modalità cautelative, ricorrendo all'adozione di opere di contenimento preventivo dei fronti sull'intero perimetro dell'impronta di scavo, che sia in grado di:

- garantire la stabilità del livello sciolto superficiale (coltri rimaneggiate e cappellaccio);
- garantire la stabilità della porzione di fronte intagliata in roccia, quindi anche nei confronti del possibile distacco, dal fronte, di cunei o frammenti lapidei originati dalla reciproca intersezione dei piani di discontinuità principali che suddividono e scompongono l'ammasso roccioso;
- salvaguardare i manufatti presenti sul ciglio o in prossimità del fronte (strada e muri di confine);
- consentire di operare all'interno dell'area di stretta pertinenza, mantenendo profili di sbancamento verticali in modo da ridurre il volume di scavo.

L'interferenza dello scavo con la galleria rifugio presente nel sottosuolo della porzione occidentale della proprietà e che imbocca da Viale Franchini, sarà risolta con la demolizione di una porzione del manufatto, mentre saranno salvaguardate le ramificazioni che percorrono il sottosuolo sul perimetro esterno dell'impronta di scavo.

Si tratta quindi di valutare le condizioni, le caratteristiche e, soprattutto, la posizione plano altimetrica dei tratti di galleria che saranno mantenuti, in rapporto ad eventuali interferenze con opere speciali, quali pali e tiranti, che saranno impiegate per la preparazione d'area. La problematica, in questo caso, è di tipo strutturale e geotecnico.

La soluzione tecnica da adottare necessita comunque di un approfondimento di indagine (già previsto per la redazione del progetto esecutivo degli interventi) e di opportune verifiche e calcoli strutturali sulla base del modello geologico e geotecnico del sottosuolo, delle condizioni idrogeologiche al contorno, del rischio sismico e anche degli aspetti logistici

legati alla cantierizzazione in ambiente urbanizzato, tenendo nel debito conto la necessità di salvaguardare manufatti preesistenti tra cui, i muri di sostegno e la strada sul filo dello sbancamento di monte e la strada sul lato valle.

7.4. Le scelte fondazionali per le nuove strutture.

Come illustrato sulle sezioni geologiche in **ALL. 5**, le indagini svolte hanno appurato che alla quota di sedime della struttura in progetto verrà uniformemente raggiunto il substrato roccioso sano, rappresentato da calcari marnosi in strati e bancate di spessore decimetrico e metrico, da poco a mediamente fratturate, che rappresentano un idoneo materiale per l'impiego di fondazioni di tipo diretto, le quali, per tipologia e dimensionamento, necessitano la determinazione analitica del comportamento dell'ammasso in termini di resistenza e deformabilità, con opportune prove in situ e/o in laboratorio. Fermo restando che, la scelta definitiva delle soluzioni fondazionali dipende, non solo dal modello geologico sopra delineato, ma anche da fattori propriamente ingegneristici, quali le caratteristiche strutturali delle parti in elevazione, la ripartizione dei carichi a livello fondazionale, la valutazione delle azioni che devono necessariamente comprendere la sollecitazione sismica attesa in zona 3.

7.5. Acque superficiali e sotterranee.

In ragione delle condizioni idrogeologiche dei luoghi già descritte in precedenza, si prevede la possibilità di incontrare, con lo scavo, percolazioni di acqua meteorica in concomitanza con eventi di pioggia nei materiali sciolti dello strato più superficiale al passaggio con il cappellaccio di alterazione e locali filtrazioni idriche nelle fasce di fratturazione dell'ammasso roccioso, che comunque non sono connesse con la presenza di una falda idrica continua estesa a tutta l'area.

Si esclude pertanto l'interferenza con falde idriche sotterranee continue che, nella proprietà, come detto, non sono state riconosciute.

7.6. Valutazione degli effetti degli interventi di impermeabilizzazione.

Nelle successive fasi della progettazione occorrerà valutare la permeabilità e l'efficienza idraulica dei suoli ai fini del calcolo dell'invarianza idraulica, come previsto dalle vigenti Norme di Attuazione del Piano Urbanistico Comunale.

Nell'intero territorio del Comune di Genova, infatti, al fine di mitigare gli effetti dei nuovi interventi edilizi che determinano la formazione di superfici impermeabilizzate e di migliorare il sistema di smaltimento delle acque superficiali a favore del riutilizzo delle stesse, la Norma comunale prescrive di ricercare soluzioni, nelle sistemazioni e nelle finiture, che garantiscano il mantenimento o il miglioramento dell'efficienza idraulica.

Pertanto, poiché l'attuazione del progetto modifica, di fatto, la condizione di permeabilità del terreno naturale, introducendo una nuova superficie impermeabile, pur nella considerazione che è prevista la realizzazione di aree a verde, con riferimento alla normativa attualmente vigente, sarà necessario elaborare soluzioni, relativamente alle finiture superficiali, atte a favorire l'infiltrazione delle acque, compensando eventuali deficit con la realizzazione di una vasca di laminazione per la trattenuta temporanea delle acque di pioggia.

7.7. Previsione sulla tipologia dei materiali di risulta degli sbancamenti.

La realizzazione degli interventi proposti comporta la produzione di quantitativi significativi di terre e rocce. Tali materiali potranno trovare solo in minima parte collocazione in loco, nell'ambito delle sistemazioni a verde e per la regolarizzazione delle quote di progetto.

Il bilancio scavi – riporti non è evidentemente equilibrato. L'esubero delle risulte potrà essere conferito in apposita discarica autorizzata ma, viste le caratteristiche attese di tali materiali è auspicabile un recupero per reimpieghi come sottoprodotti ai sensi del D. lgs. 152/2006 e s.m.i. e DPR 120/2017.

A tale proposito, viste le caratteristiche del sito in esame, si ritiene che i materiali provenienti dagli sbancamenti saranno in parte costituiti da detriti, in frammenti, blocchi e spezzoni di calcari alterati, con abbondanza di matrice limoso-argillosa e in parte da pietrame calcareo idoneo per una vasta gamma di utilizzi, sia in massi, sia frantumato, da impiegare, ad esempio, nella formazione di rilevati stradali, colmate o ricomposizioni ambientali. Se opportunamente selezionato e privato della parte alterata, forma un ottimo pietrisco per inerte da calcestruzzo.

8. CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE DEL TERRITORIO E DICHIARAZIONI CONCLUSIVE.

Per l'espressione del parere di competenza degli uffici regionali previsto dall'Art. 89 del DPR 380/2001, e inerente la compatibilità delle previsioni della proposta progettuale in esame con le condizioni geomorfologiche, geotecniche e sismiche del territorio, si richiamano, in sintesi, gli aspetti salienti dell'area che sono stati già approfonditamente illustrati ai paragrafi precedenti.

- L'intervento proposto interessa un ambito urbanizzato di pendio scarsamente acclive, che coinvolge terreni terrazzati contenuti da muri sul lato di valle, verso via Franchini, e raccordati a monte con la strada Via Donato Somma.

- Le indagini geognostiche effettuate hanno rivelato una sequenza stratigrafica a tre strati, costituita da coltri rimaneggiate di granulometria mista, cappellaccio di alterazione della roccia di fondo e substrato di calcari sani.
- Non si ravvisano nella zona indizi di dissesto, instabilità o situazioni di rischio geomorfologico particolari, connesse ai lineamenti naturali o artificiali dell'area. Il grado di suscettività al dissesto è molto basso, come sancito dalla cartografia tematica del vigente Piano di Bacino competente per territorio e dagli studi geologici del PUC del Comune di Genova.
- Anche dal punto di vista idrogeologico, non sussistono particolari problematiche. L'area interessa una fascia pedemontana alle pendici di una dorsale e non interferisce con corsi d'acqua, né con aree inondabili, fasce fluviali, fasce di inedificabilità.
- Inoltre, in esito alle indagini effettuate si è potuta escludere la presenza di una falda idrica circolante in sottosuolo, continua e significativa. E' invece probabile il reperimento in sottosuolo di filtrazioni idriche localizzate e puntuali, connesse ai sistemi di frattura del substrato roccioso.
- La conoscenza geologica e stratigrafica dei luoghi acquisita con il rilevamento e le indagini sopra illustrate, consente di ritenere che l'intervento proposto sia ammissibile nel contesto geomorfologico descritto.
- Infine, l'area non è soggetta a particolari problematiche sismiche derivanti dagli studi di microzonazione sismica del PUC del Comune di Genova. La progettazione sarà comunque sviluppata ai sensi delle NTC 2018, con le verifiche sismiche previste.

Genova 01/07/2021

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 171
VALERIA BELLINI
GEOLOGO
data iscr. 29-09-1998

ELENCO ALLEGATI

ALL.1: Corografia della zona in scala 1:2.000.

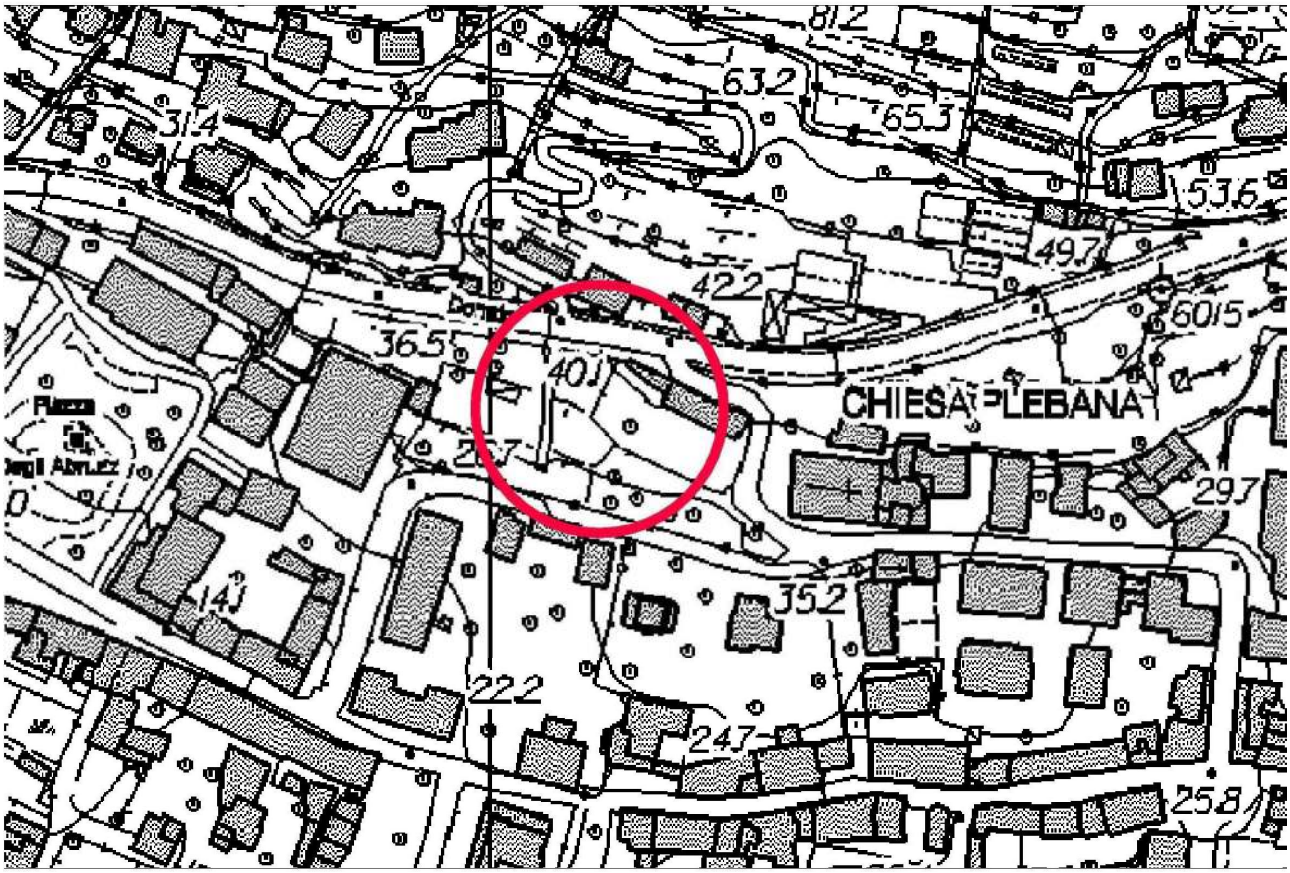
ALL.2: Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche, in scala 1:400.

ALL.3: Rapporto tecnico Borghi Drill S.r.l. – 27/04/21: stratigrafie sondaggi geognostici e relativa documentazione fotografica.

ALL.4: Relazione di commento alle indagini geofisiche Dott. Giorgio Lombardi - 19/05/2021.

ALL.5: Sezioni geologiche interpretative, monte-valle, in scala 1:400.

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E



STUDIO ASSOCIATO BELLINI Geologi Via Galata 9/1 16121 - GENOVA		Data: Luglio 2021 SCALA 1:2.000

REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

Corografia della zona	**ALL. 1**

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

STUDIO ASSOCIATO BELLINI
Geologi

Via Galata 9/1
16121 - GENOVA



Data:
Luglio 2021

SCALA 1:400

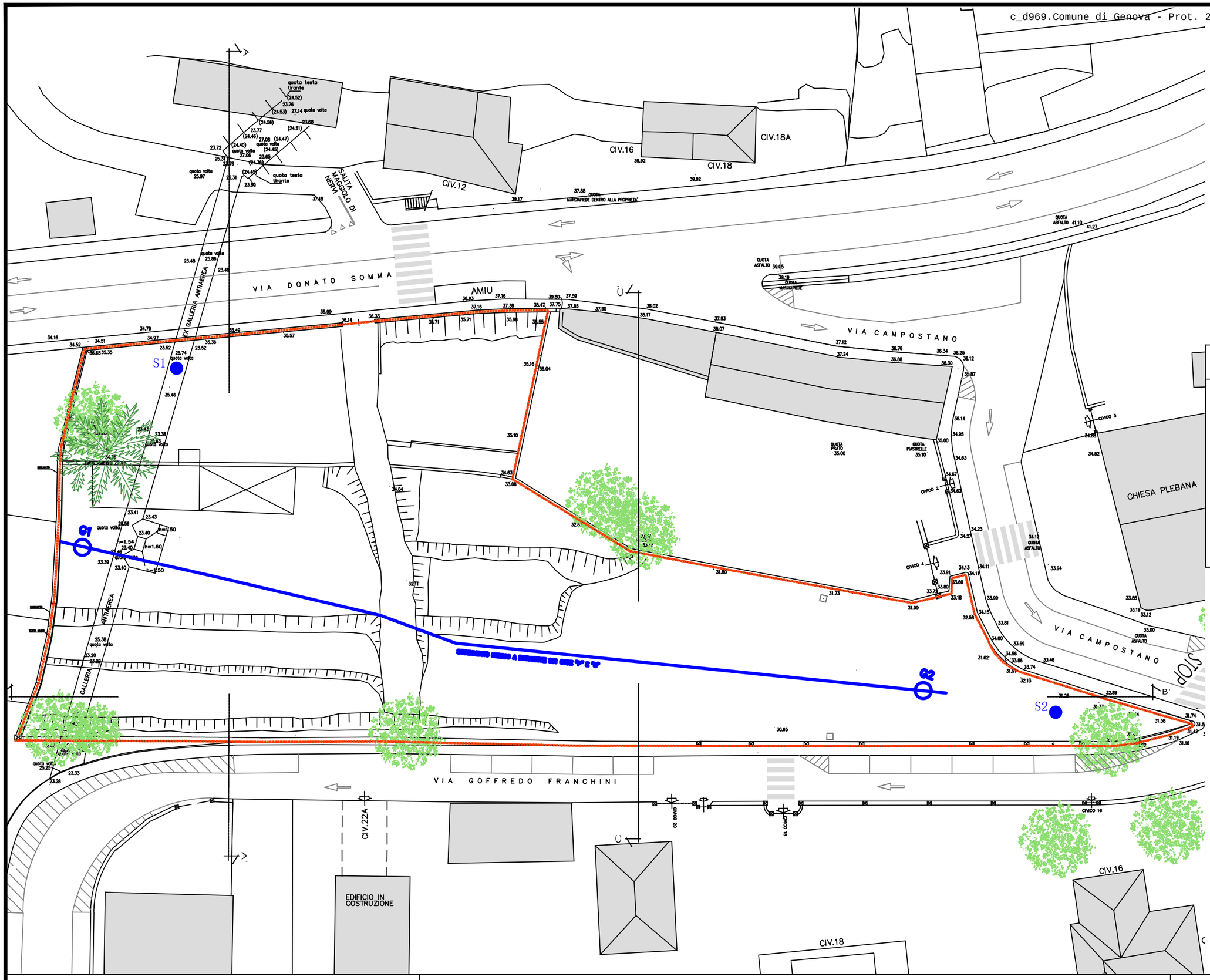
REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

Ubicazione indagini geognostiche e geofisiche

ALL. 2

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E



LEGENDA

- S1 — Sondaggio geognostico
- Profilo sismico onde P e S
- Area di intervento
- A — A' Traccia di sezione geologica

Realizzazione piscina pubblica con sottostante media struttura di vendita in Viale Franchini a Genova

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

SCALA 1:400

Studio Associato Bellini
Via Galata 9/1 – 16121 Genova

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

STUDIO ASSOCIATO BELLINI
Geologi

Via Galata 9/1
16121 - GENOVA



Data:
Luglio 2021

REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

Rapporto tecnico Borghi Drill S.r.l. – 27/04/21: stratigrafie sondaggi geognostici e relativa documentazione fotografica

ALL. 3

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

COMUNE DI GENOVA
Città Metropolitana di Genova

INDAGINE GEOGNOSTICA IN VIALE FRANCHINI, LOCALITA' GENOVA NERVI.

RAPPORTO TECNICO

Committente

SOCIETA' IMMOBILIARE SAN SIRO SRL

27 Aprile 2021

Via Selaschi 35/I – 16040 Leivi (GE) - P.I./C.F. 01092500998 - R.E.A. n. 367149
tel. 0185-370875 - fax 0185-371875 - info.borghidrill@gmail.com

SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE 3
2. INDAGINE GEOGNOSTICA 5
   2.1 Modalità esecutive 5
   2.2 Prove in foro 7
3. STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1 9
4. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1 10
5. STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2 13
6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S2 14
7. REPORT SISMICA A RIFRAZIONE 17

1. PREMESSA E SCOPI DELL'INDAGINE

Per conto della SOCIETÀ IMMOBILIARE SAN SIRO SRL la scrivente Società ha condotto una campagna di indagine geognostica presso il lotto di terreno sotteso tra la via Aurelia SS1 a monte e Viale G. Franchini a valle, in località Genova Nervi.

Di seguito l'ubicazione delle indagini.

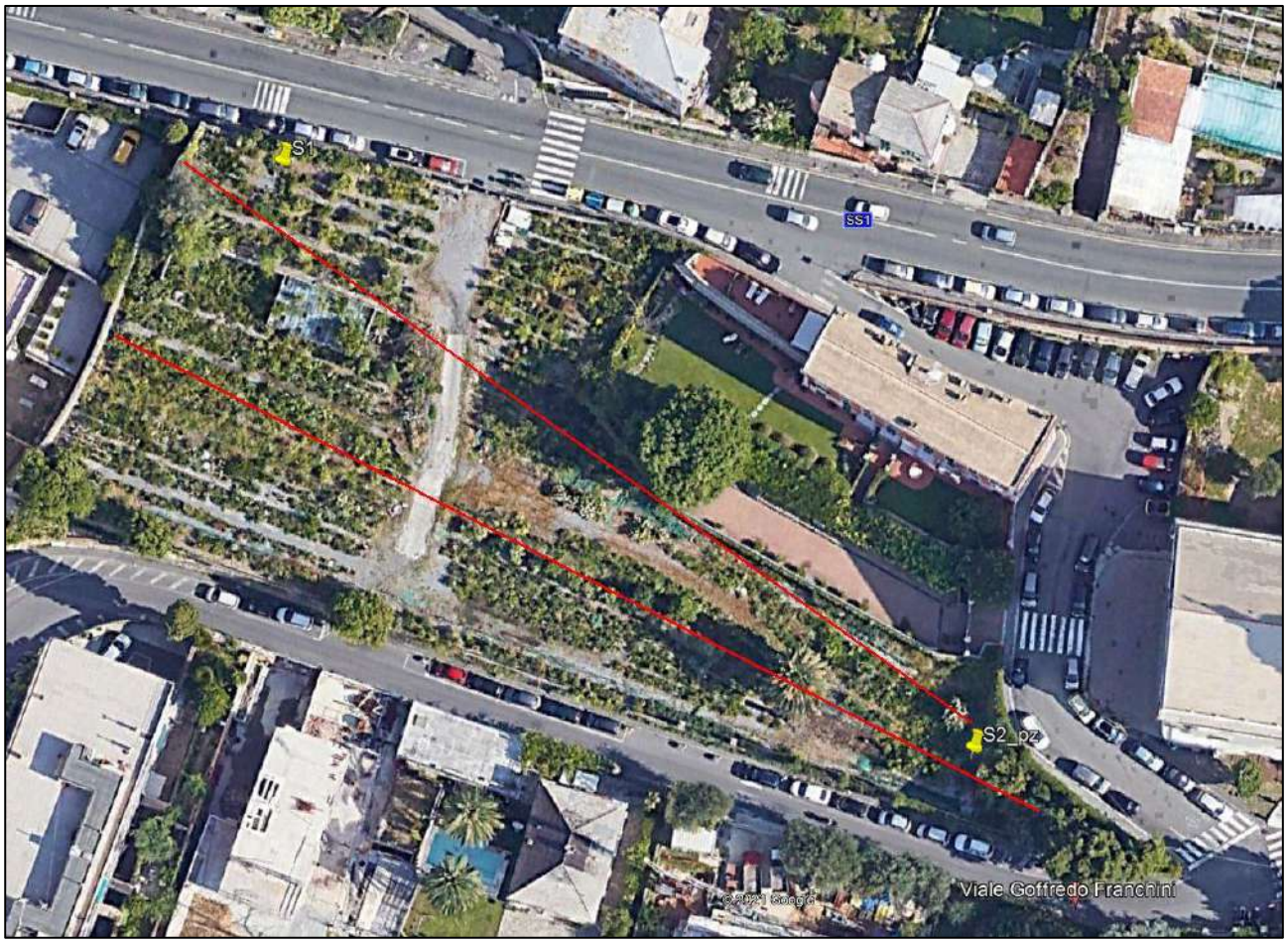


Foto 1: ubicazione indagini su stralcio foto aerea (Google Earth)

Nel dettaglio sono state eseguite le seguenti lavorazioni:

- n° 2 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, spinti alla profondità di 15,00 e 20,00 m da piano campagna (p.c);
- esecuzione di stese di sismica a rifrazione in modalità onde P/ondeS;
- esecuzione di prove penetrometriche Standard Penetration Test (SPT) nel corso delle perforazioni;
- installazione di piezometro a tubo aperto e relativo capitello metallico a protezione;
- redazione delle stratigrafie di dettaglio e restituzione di report alle indagini comprensivo di documentazione fotografica.

2. INDAGINE GEOGNOSTICA

2.1 Modalità esecutive

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati realizzati con l'ausilio di una sonda perforatrice idraulica modello **COMACCHIO mod. GEO205**, montata su carro cingolato in gomma, con le caratteristiche tecniche sotto indicate:



velocità di rotazione:	470 rpm
coppia massima:	350 kgm
spinta:	2000 daN
tiro:	2000 daN
Altezza in posizione di lavoro:	3 m
Dimensioni:	L= 4,170m ; l=1,500 m
Pompa per fluidi di perforazione:	carrellata su gomme

Durante l'avanzamento nei terreni sono stati utilizzati carotieri semplici con valvola a sfera in testa e calice per perforazione a secco, muniti di corone ad inserti di widia e diamante, con le seguenti caratteristiche:

diametro nominale Øest = 101 mm
lunghezza utile l = 150÷300 cm.

L'avanzamento all'interno della formazione rocciosa è stato possibile utilizzando un carotiere doppio T6, di analogo diametro, con utilizzo di corona diamantata. In assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro, ad ogni manovra di carotaggio è seguita una manovra di rivestimento utilizzando tubi di diametro 127 mm, dotati di una scarpa ad inserti di widia. Le operazioni di rivestimento, viste le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati sono state eseguite con una debole circolazione di acqua.

Le carote provenienti dalle perforazioni sono state ordinate in successione continua, entro apposite cassette catalogatrici in pvc 100 x 50 cm e d'altezza adeguata. Le cassette

sono state in seguito fotografate da un'angolazione di circa 90° con una fotocamera digitale.

Per i sondaggi realizzati è stata redatta la relativa stratigrafia, riportante tutte le informazioni riguardanti le operazioni di perforazione e le caratteristiche delle carote e dei terreni, secondo le norme AGI-ANISIG, come di seguito indicato:

a) informazioni generali del sondaggio:
   - metodo di perforazione;
   - diametro del foro;
   - utensili utilizzati;
   - lunghezza del tratto rivestito;
   - ubicazione e risultati prove S.P.T.;

b) informazioni relative ai terreni:
   - tipo di terreno;
   - colore;
   - massime dimensioni dei clasti e forma predominante per i terreni ghiaiosi;
   - uniformità dei terreni granulari;
   - struttura del terreno;
   - presenza di materiale organico.

Nella stesura della descrizione è stato elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- ✓ preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25% ed il 50 %;
- ✓ seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- ✓ preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Per le carote è stato inoltre determinato in sito il recupero percentuale.

Nella descrizione dei terreni sciolti è stato fatto riferimento alla seguente tabella:

Definizione		*Diametro dei grani [mm]*	*Criteri d'identificazione*
Blocchi		>200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60-200	Visibili ad occhio nudo
Ghiaia	grossolana	20-60	Visibile ad occhio nudo
	media	6-20	Visibile ad occhio nudo
	fine	2-6	Visibile ad occhio nudo
Sabbia	grossolana	0.6-2	Visibile ad occhio nudo
	media	0.2-0.6	Visibile ad occhio nudo
	fine	0.06-0.2	Visibile ad occhio nudo
Limo		0.002-0.06	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita
Argilla		<0.002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto, appiccica alle dita, si disgrega in acqua lentamente, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione, i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita
Terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano i resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

2.2 Prove in foro

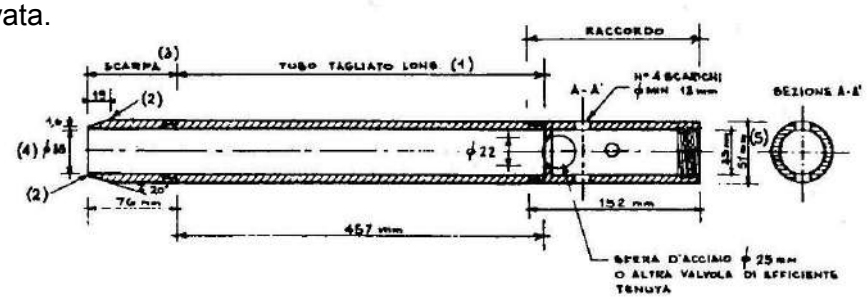
Prova S.P.T. (Standard Penetration Test)

Le prove penetrometriche in foro sono state realizzate con un dispositivo di percussione costituito da:



- una testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
- un maglio d'acciaio da 63,5 Kg;
- un dispositivo di guida e sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 0,75 m.

La prova d'infissione, previa pulizia del fondo foro dai detriti di perforazione, consiste nel far penetrare un campionatore Raymond dotato di punta conica o di scarpetta aperta con dimensioni standardizzate, per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero di colpi necessario (N1, N2, N3). Nel cantiere in oggetto è stata sempre utilizzata la scarpetta aperta, disponendo in cassetta l'aliquota di terreno prelevata.



Con il primo tratto, detto d'avviamento, s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione. In caso di terreno molto compatto o alla presenza d'inclusi lapidei, se con N1=50 colpi l'avviamento è minore di 15 cm, l'infissione è sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione (prova a rifiuto).

Se il tratto d'avviamento è stato superato, si conteggia N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3), raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Il parametro caratteristico della prova SPT è: NSPT = N2 + N3 espresso quindi in numero di colpi per 30 cm d'avanzamento (1 piede).

Risultati prove SPT:

Sondaggio S1

Profondità (m)	Risultato	Nspt	Tipo di punta
1.50	1-50	Rifiuto	Punta aperta
4.50	2-3-5	8	Punta aperta

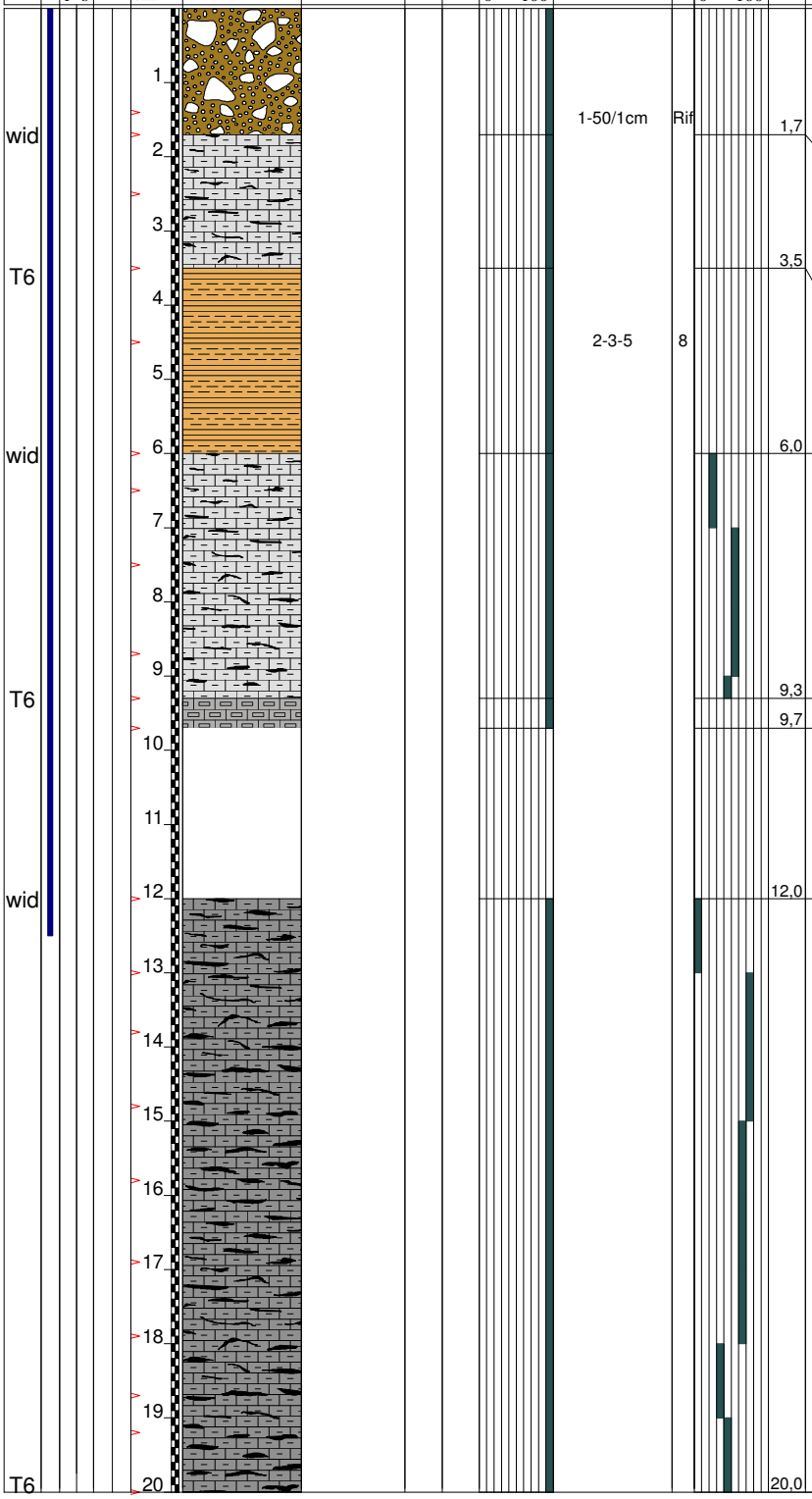
Sondaggio S2

Profondità (m)	Risultato	Nspt	Tipo di punta
1.50	1-3-10	13	Punta aperta

STRATIGRAFIA S1

SCALA 1 : 100

Riferimento: Immobiliare San Siro srl	Sondaggio: S1
Località: Viale Franchini - Genova Nervi	Quota:
Impresa esecutrice: Borghi Drill srl	Data: 20/04/2021
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio continuo	



DESCRIZIONE

Materiale di riporto/Coltre rimaneggiata. Ghiaia medio grossolana, con sabbia ben classata da limo-argillosa a localmente con limo-argilla. Clasti angolari, calcareo marnosi con frammenti di laterizi disseminati. Dimensioni medie 1.5 cm, max 3-4 cm. Colore beige-marrone. Debolmente umido.

Substrato roccioso - calcari di M.te Antola - sano o poco alterato, molto fratturato con riempimento coesivo tra 1.70-1.80m e 2.10-2.20 m. Patina di ossidazione ocracea lungo le principali discontinuità. Giunti di strato lisci, planari, con inclinazione nel range 30°-45°. Colore grigio.

Livello di alterazione del substrato roccioso.
Limo-argilla di colore beige con scheletro ghiaioso angolare di pezzatura medio fine. Poco consistente. Da umido a localmente molto umido.

Calcare marnoso sano con locali patine di ossidazione ocracee lungo le principali discontinuità. Da poco fratturati a fratturati con giunti di strato lisci, planari o raramente poco ondulati, e inclinazione variabile nel range 30-45°.
Fratture naturali irregolari, subverticali. Rare venature calcitiche. Colore grigio.

Struttura muraria in pietra e malta cementizia.

Cavità per presenza cunicolo.

Calcari marnosi da poco a localmente molto fratturati-frantumati (12.00-13.00m; 18.50-19.50m).
Presenza di interstati decimetrici argillitico-siltosi, di colore grigio scuro e variazioni ocracee, generalmente interessati da fitta stratificazione subcentimentrica e strutture plicative
(12.70-12.80m;13.30-13.40m;17.15-17.3m).
Giunti di strato lisci, planari, ondulati nel tratto 12.00-12.30m, inclinati nel range 30-40°
Colore Grigio con diffuse venature calcitiche.

1- perdita fluido di perforazione da -4 m a - 6 m e da -12m a -20m;
2- Cavità tra 9.70 e 12 m

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	19/04/21	20/04/21								
Ora	08.00	08.00								
Livello dell'acqua (m)	8,20	12,70								
Prof. perforazione(m)	8,70	16,90								
Prof. rivestimento(m)	6,00	12,50								

4. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S1



Foto 2: Posizionamento S1



Foto 3:S1_cassa 1 - da 0.00 a 5.00 m



Foto 4: S1_cassa 2 - da 5.00 a 10.00 m



Foto 5: S1_cassa 3 - da 10.00 a 15.00 m



Foto 6: S1_cassa 4 - da 15.00 a 20.00 m

STRATIGRAFIA S2

SCALA 1 : [illegible]

Riferimento: Immobiliare San Siro srl	Sondaggio: S2
Località: Viale Franchini - Genova Nervi	Quota:
Impresa esecutrice: Borghi Drill srl	Data: 22/04/2021
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: Carotaggio continuo	

ø mm	Rv	Ar	As	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
					1											Materiale di riporto/coltre rimaneggiata. Ghiaia angolare con limo argilloso e sabbioso. Clasti calcareo marnosi con rari frammenti di laterizi e materiali artificiali disseminati. Colore bruno fino a 0.80 m beige oltre. Umido.
					2							1-3-10	13		1,6	
wid					3										2,6	Livello di alterazione del substrato roccioso. Limo argilloso con rari frammenti di ghiaia angolare e tracce di struttura relitta. Da poco a moderatamente consistente. Colore beige. Umido.
					4											Substrato roccioso - Calcare di monte Antola - da sano a poco alterato, con patina di ossidazione ocracea lungo le principali discontinuità. giunti di strato lisci, planari o debolmente ondulati nei livelli a prevalente componente argillitica (6.50-6.70m; 10.40-10.50m;13.85-14.30m), inclinazione nel range 20°-35°. Discontinuità subverticali e presenza di livelli molto fratturati con riempimento coesivo a 3.70-3.80m; 4.20-4.50m; 14.00-14.30m.
					5											
					6											
					7											
					8											
					9											
					10											
					11											
					12											
					13											
					14											
T6					15										15,0	

1- Installato piezometro a tubo aperto, diametro 2 pollici. Tratto cieco da 0.00a 3.00 m.
2- Installato capitello metallico

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	21/04/21	22/04/21								
Ora	08.00	09.00								
Livello dell'acqua (m)	3,80	4,20								
Prof. perforazione(m)	4,00	7,00								
Prof. rivestimento(m)	2,50	2,50								

6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGIO S2



Foto 7:Posizionamento S2



Foto 8: S2_cassa 1 - da 0.00 a 5.00 m



Foto 9: S2_cassa 2 - da 5.00 a 10.00 m



Foto 10: S2_cassa 3 - da 10.00 a 15.00

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

STUDIO ASSOCIATO BELLINI
Geologi

Via Galata 9/1
16121 - GENOVA



Data:
Luglio 2021

REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

Relazione di commento alle indagini geofisiche Dott. Giorgio Lombardi - 19/05/2021

ALL. 4

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

Committente: Borghidrill srl, Leivi (GE)

Stendimento sismico a rifrazione in onde "p" e in onde "s" presso Viale Franchini, Nervi



RELAZIONE DI COMMENTO ALLE INDAGINI

Geologo dott. Giorgio Lombardi
Indagini geofisiche - Consulenze geologiche
Via Mongrifone 3/16 – 17100 SAVONA
tel: 338 5086317 e-mail: giorgiolombardi@ymail.com
PEC: giorgiolombardi@pec.it
partita IVA: 01584990095

INDICE

1. PREMESSA.....3

2. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE: CENNI TEORICI.....3

2.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE.....3
2.2. MODALITÀ OPERATIVE PER LA REGISTRAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI.....4
2.3. RISULTATI OTTENUTI.....6

ALLEGATI AL TESTO

TAV: 1: Stralcio di rilievo planoaltimetrico con ubicazione stendimento sismico a rifrazione SS1 onde "p" e "s", scala 1:500

TAV. 2: Stendimento sismico SS1 onde "p": dromocrone, scala 1:500

TAV. 3: Stendimento sismico SS1 onde "p": sezione sismostratigrafica, scala 1:500

TAV. 4: Stendimento sismico SS1 onde "s": dromocrone, scala 1:500

TAV. 5: Stendimento sismico SS1 onde "s": sezione sismostratigrafica, scala 1:500

1. PREMESSA

Nel contesto di una campagna di indagini geognostiche finalizzate alla realizzazione di una piscina pubblica e strutture accessorie in Viale Franchini a Nervi (GE), la società Borghidrill srl con sede a Leivi (GE) ha commissionato allo scrivente l'esecuzione di n° 1 array sismico a rifrazione in onde "p" e in onde"s".

Le prospezioni sismiche sono state eseguite nel giorno 16 Aprile 2021.

Nel seguito una rapida descrizione della metodologia di indagine utilizzata e dei risultati ottenuti.

2. PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE: CENNI TEORICI

2.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE

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 multicanale). 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 (± 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.
Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione è stato utilizzato il metodo "Delay Time".

2.2. MODALITÀ OPERATIVE PER LA REGISTRAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI

L'array sismico è stato registrato nel dominio delle onde di pressione "p" e di taglio "s" utilizzando rispettivamente geofoni verticali SunFul con frequenza centrale di 40 Hz e geofoni orizzontali SunFul con frequenza centrale di 14 Hz, questi ultimi disposti in concordanza di fase con asse ortogonale all'array sismico.
Lo sviluppo e l'ubicazione del doppio array sismico sono riportati in allegato alla Tav. 1.
Per la generazione delle onde di pressione (onde "p") è stata utilizza una massa battente (mazza con testa da 8.0 kg) accelerata a mano. Lo strumento di contrasto è costituito da una piastra quadrata in ghisa poggiata al suolo. Il tempo zero è comunicato via cortocircuito tra testa della mazza e piastra al suolo.



Per generare le onde "s" è stato invece utilizzato un apposito strumento di contrasto orientato, in concordanza con i geofoni orizzontali, ortogonalmente all'asse dell'array sismico nei vari punti di shot.
Presso ogni stazione di energizzazione di acquisizione sono state generate numerose sollecitazioni di taglio polarizzate sullo stesso piano verticale ma caratterizzate da fasi opposte: ciò avviene energizzando un certo numero di volte con lo strumento di contrasto orientato secondo una direzione ortogonale all'array sismico e ripetendo successivamente le operazioni in verso opposto.



Il "tempo zero" di generazione dell'impulso sismico viene sempre comunicato al sismografo attraverso il cortocircuito che avviene nell'istante in cui la testa di percussione urta la putrella di contrasto e nel quale, contestualmente, viene generata la sollecitazione di taglio che si trasmette al terreno per attrito radente attraverso la piastra di base dello strumento di contrasto.

Le registrazioni delle energizzazioni in fasi contrapposte vengono sottoposte, in fase di *post-processing*, ad analisi in raffronto reciproco per verificarne la coerenza, quindi sommate (operazione di *stacking*) previa inversione di fase via software di una delle due in maniera da ottenere una concordanza di fase "artificiale". La procedura è finalizzata ad enfatizzare il primo arrivo dell'onda di taglio attenuando al contempo la componente in onde "p" (non polarizzata, e che quindi virtualmente si annulla sommando energizzazioni successive con fasi opposte) ed il *background noise* (componenti *random*, che statisticamente tendono ad essere annullate dai processi di sommatoria incrementale).

Presso ogni stazione di energizzazione sono state effettuate operazioni di *stacking* (sommatoria incrementale del segnale proveniente da più energizzazioni) al fine di ottimizzare il rapporto tra il segnale utile ed il disturbo ambientale (in realtà estremamente modesto).

Le caratteristiche specifiche del duplice stendimento sono riportate nella tabella seguente.

Stendimento sismico	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
SS1 "p" SS1 "s"	92.0	4.0 ÷ 4.0	100.0	9	4.0	24

Lo sviluppo e la geometria del duplice array sismico sono stati ottimizzati in funzione delle condizioni logistiche e delle richieste da parte della Committenza.

La registrazione dei dati è stata effettuata mediante un'unità Seismic Source “DaqLink III”, dotata di convertitore A/D a 24 bit e corredata di pc portatile, cavo multipolare a 24 take-out e geofoni verticali SunFul 40 Hz.



Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

2.3. RISULTATI OTTENUTI



Stendimento sismico SS1 "p" e "s", ripreso dall'estremo iniziale (lato G1)



Stendimento sismico SS1 "p" e "s", ripreso dall'estremo finale (lato G24)



geofono orizzontale per acquisizione onde di taglio ("s")



geofono verticale per acquisizione onde di pressione ("p")

I risultati delle elaborazioni sismiche a rifrazione sono visibili nel dettaglio nelle sezioni allegate alle Tavole 3 e 5, alle quali si rimanda per una disanima dettagliata.
Le sezioni sismostratigrafiche in onde "p" ed "s" mostrano una buona concordanza reciproca.
Le informazioni interpretative associate ad ogni "sismostrato" individuato devono essere considerate, per quanto ponderate sulla base di una "case - history" estremamente vasta e sui risultati delle indagini dirette, una mera ipotesi.
Si demanda al Geologo consulente per la progettazione l'interpretazione stratigrafica definitiva.

3. DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Con l'entrata in vigore del D.M. 17.01.18, che sostituisce il D.M. 14.01.08 la stima della pericolosità sismica viene ancora definita mediante un approccio "**sito dipendente**": l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite "ultimi" e "di esercizio" presi in considerazione (SLO: Stato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita; SLC: Stato Limite di prevenzione del Collasso) viene definita partendo dalla **PERICOLOSITA' DI BASE** del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.
Rispetto al precedente D.M. è stata però ridefinita la tabella delle CATEGORIE DI SOTTOSUOLO valida in caso sia possibile l'approccio "semplificato" . Da essa sono state escluse le categorie S1 e S2:

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.

Inoltre il parametro "V_{seq}" coincide con il "vecchio" parametro "V_{s30}" solo in caso di presenza di depositi di potenza superiore a 30 m. In tutti gli altri casi il parametro "V_{seq}" è definito dall'espressione seguente:

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

con

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

Quindi la "velocità equivalente" riguarda esclusivamente gli orizzonti di terreno soprastanti il bedrock rigido con Vs>800 m/s.

La "V_{seq}" e la conseguente CATEGORIA DI SOTTOSUOLO sono definibili, nel rispetto dei contenuti della Normativa vigente (che non consente più di ricavare la categoria di sottosuolo mediante $N_{SPT,30}$ o $C_{u,30}$), attraverso profili di rigidità definibili a mezzo della sezione sismostratigrafica in onde "s".

Ovunque, lungo la sezione sismostratigrafica in onde di taglio, si evidenzia la presenza di "terreni" (coltri + bedrock non rigido ex NTC 2018) caratterizzati da potenza H > 3 (m) e da $360<V_{s,eq}<800$ (m/s). Di conseguenza la categoria di sottosuolo risulta essere la **B** per strutture che hanno come quota di riferimento il piano campagna (es.: berlinesi, opere speciali in genere), mentre risulta essere la **A** per strutture che hanno quote di riferimento poste ad una profondità dal piano campagna superiore a 3.0 m presso l'estremo di valle dello stendimento sismico e superiore a 6.0 m presso l'estremo di monte dello stendimento sismico (es.: fondazioni delle nuove opere strutturali).

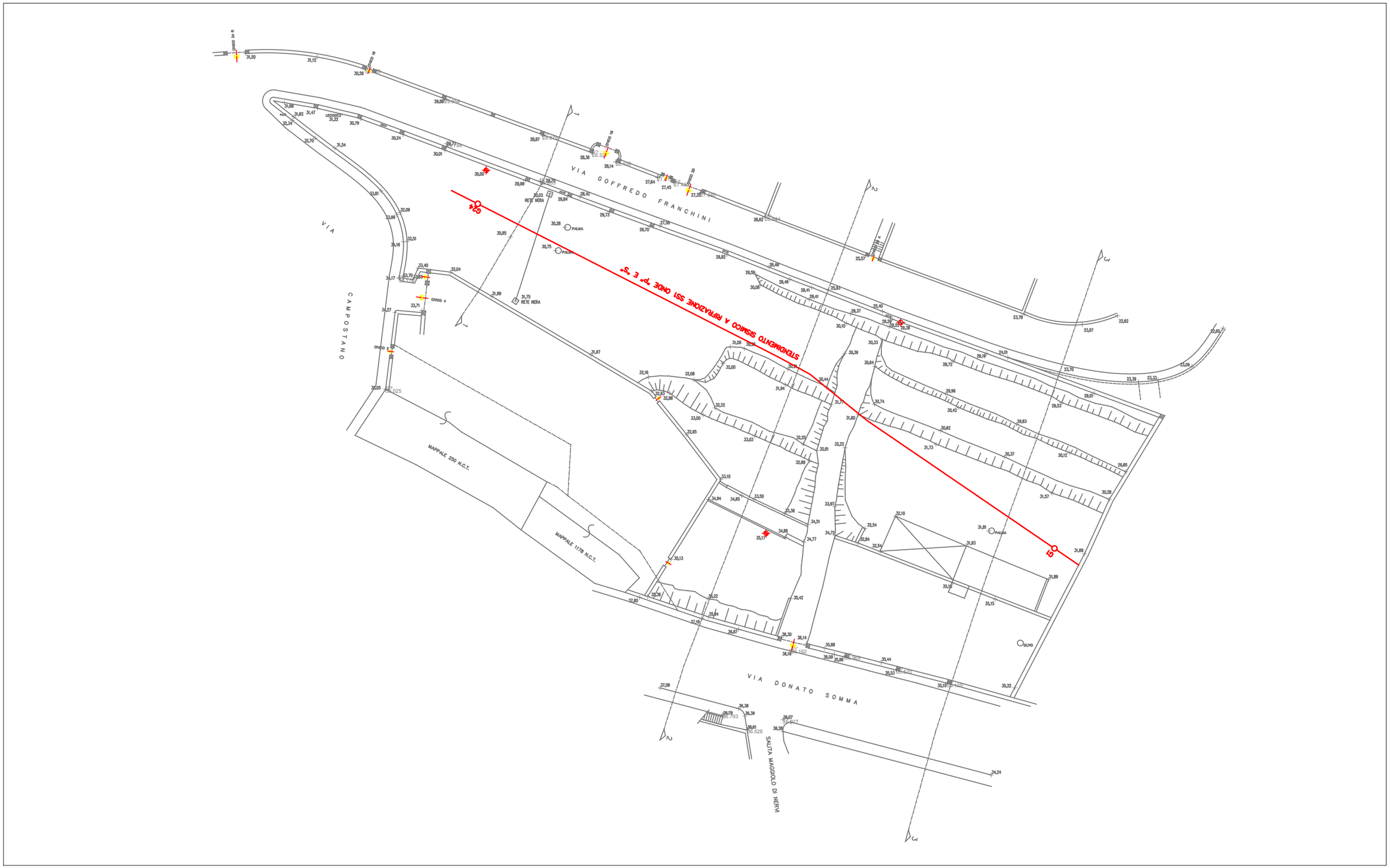
Savona, 19.05.2021

Geologo dott. Giorgio Lombardi

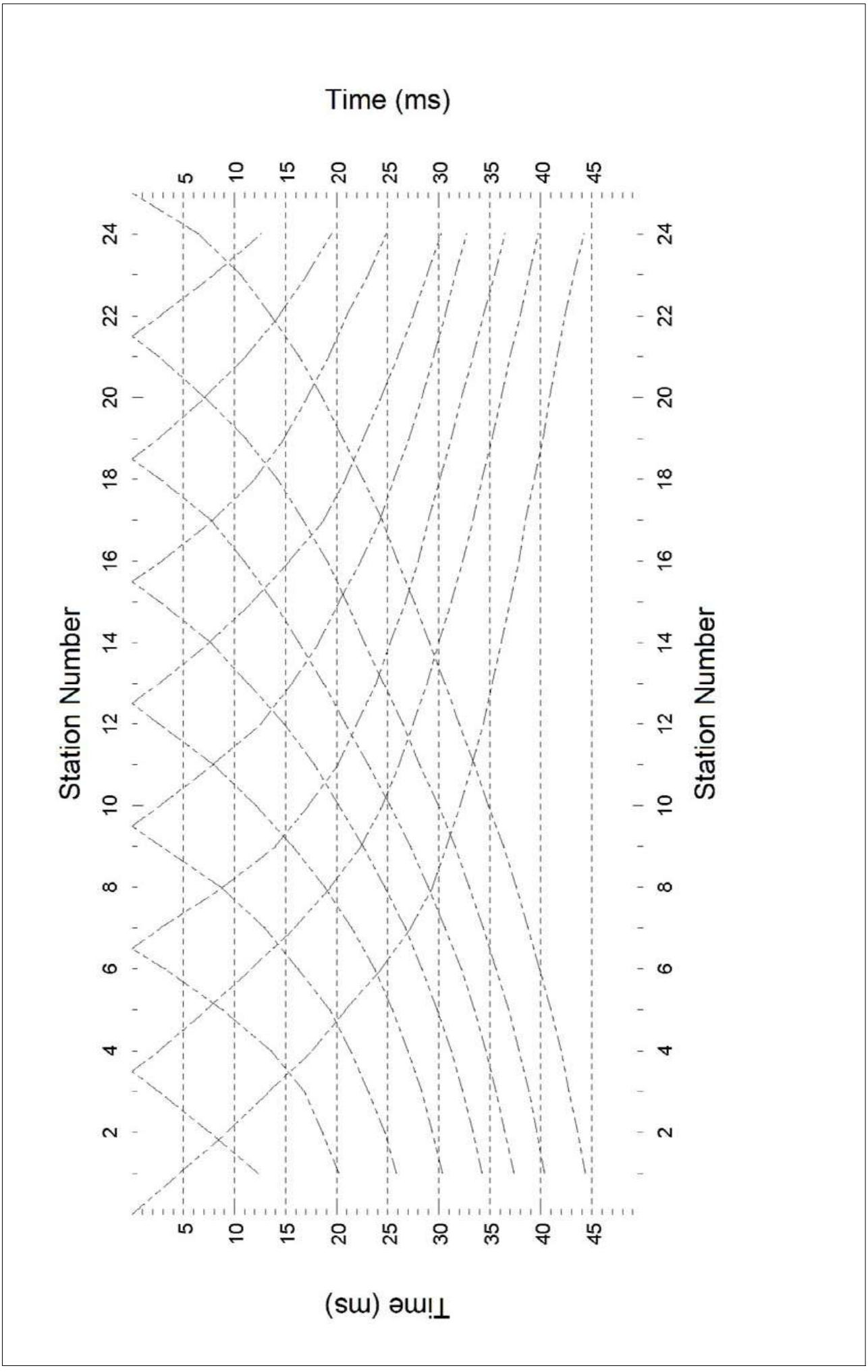


c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

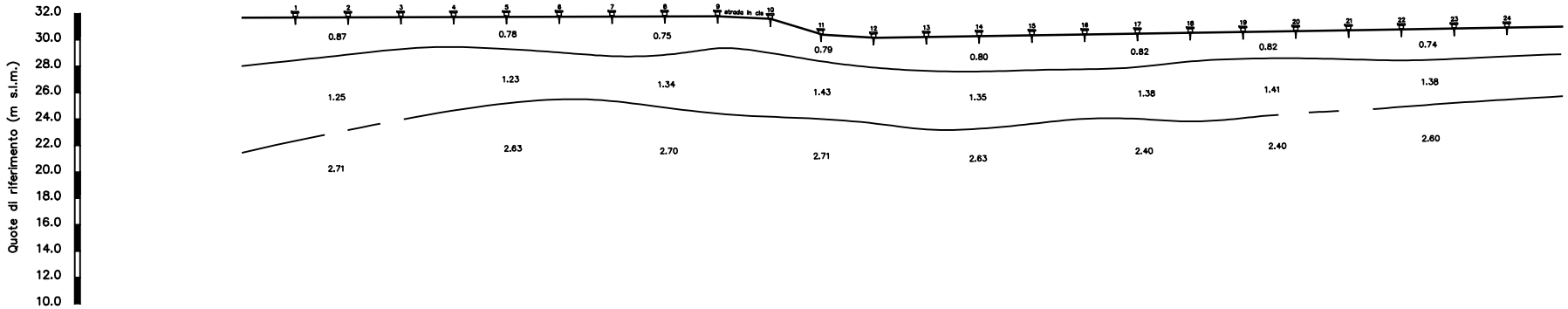
STRALCIO DI RILIEVO PLANOALTIMETRICO CON UBICAZIONE STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE SS1 ONDE "P" E "S", SCALA 1:500



STENDIMENTO SISMICO SS1 ONDE "P": DROMOCRONE, SCALA 1:500



STENDIMENTO SISMICO SS1 ONDE "P": SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA, SCALA 1:500

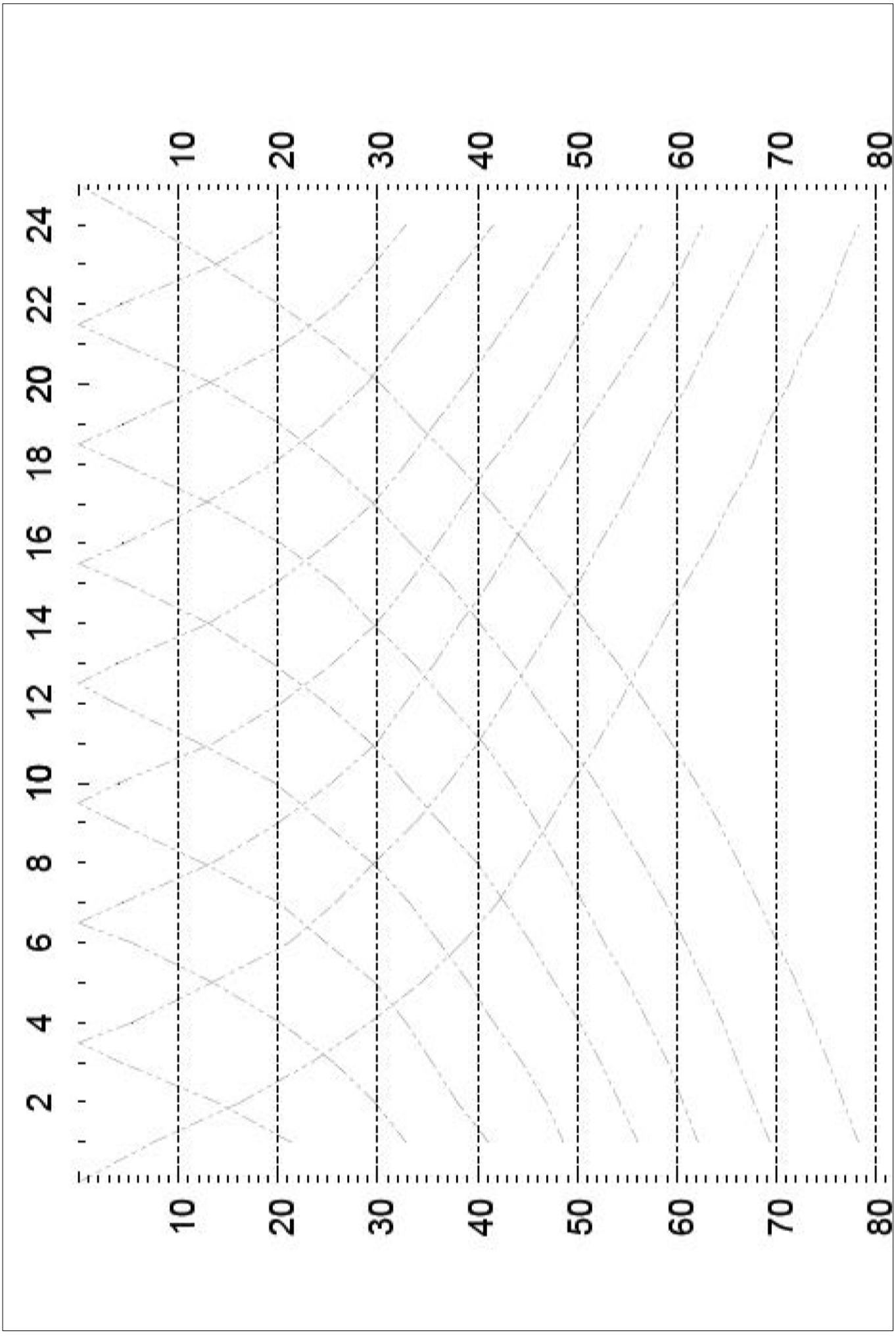


range Vp (km/s)

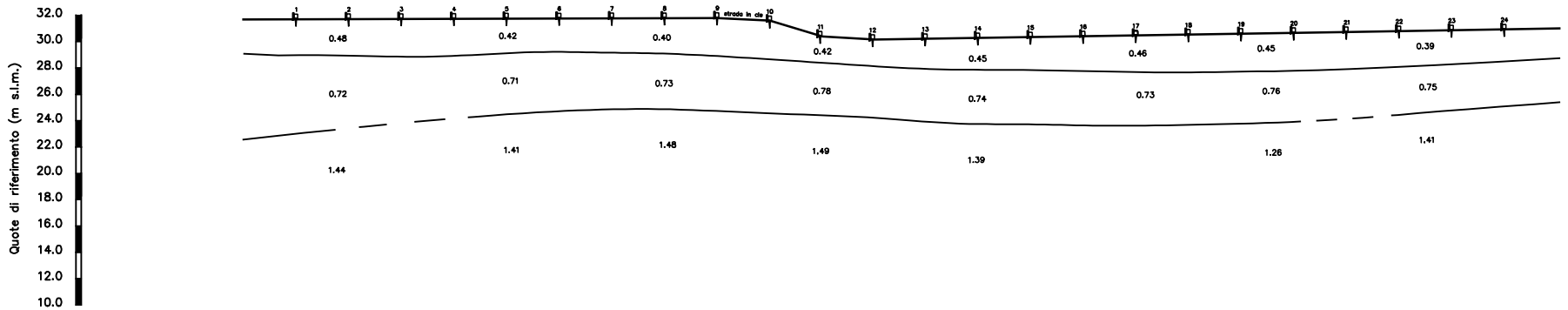
0.74–0.87	riporti e coltri in genere in condizioni di densità medio–elevata, o insieme costituito da coltri e alternanze di bedrock variabilmente alterato–destrutturato
1.23–1.43	bedrock in condizioni geomeccaniche medie discrete
2.40–2.71	bedrock in condizioni geomeccaniche buone–ottime

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

STENDIMENTO SISMICO SS1 ONDE "S": DROMOCRONE, SCALA 1:500



STENDIMENTO SISMICO SS1 ONDE "S": SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA, SCALA 1:500



range Vs (km/s)

0.39–0.48	riporti e coltri in genere in condizioni di densità medio–elevata, o insieme costituito da coltri e alternanze di bedrock variabilmente alterato–destrutturato
0.71–0.78	bedrock in condizioni geomeccaniche medie discrete
1.26–1.49	bedrock in condizioni geomeccaniche buone–ottime

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

STUDIO ASSOCIATO BELLINI
Geologi

Via Galata 9/1
16121 - GENOVA



Data:
Luglio 2021

SCALA 1:400

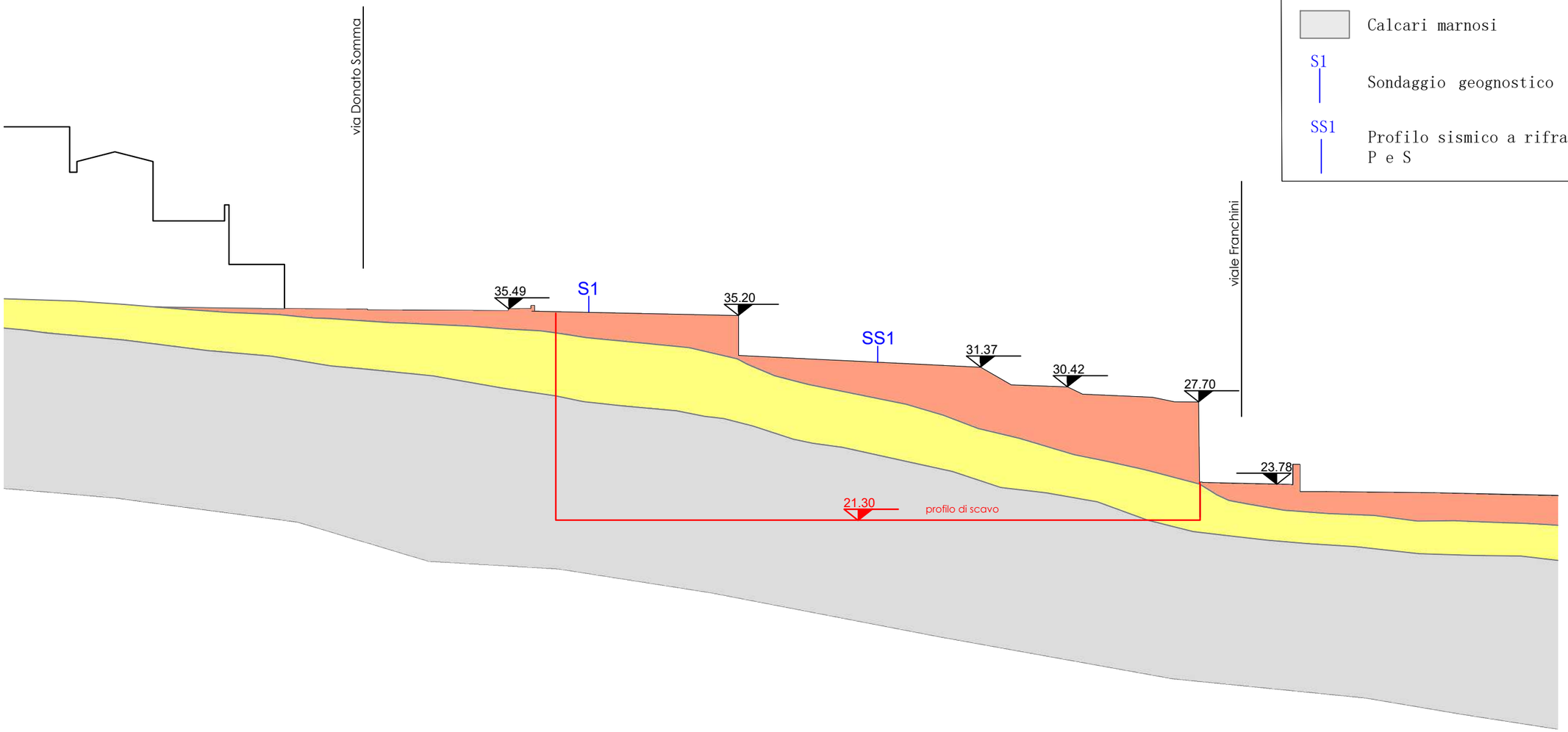
REALIZZAZIONE DI PISCINA PUBBLICA CON SOTTOSTANTE MEDIA STRUTTURA DI VENDITA IN VIALE FRANCHINI A GENOVA

Relazione geologica e geomorfologica
(L.R. 32/2012 – Art. 13 – D.P.R. 380/2001 – Art. 89)

Sezioni geologiche interpretative monte-valle

ALL. 5

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E



LEGENDA

- Riporti/Terreni rimaneggiati
- Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
- Calcari marnosi
- S1 — Sondaggio geognostico
- SS1 — Profilo sismico a rifrazione onde P e S

Realizzazione piscina pubblica con sottostante media struttura di vendita in Viale Franchini a Genova

SEZIONE GEOLOGICA AA'

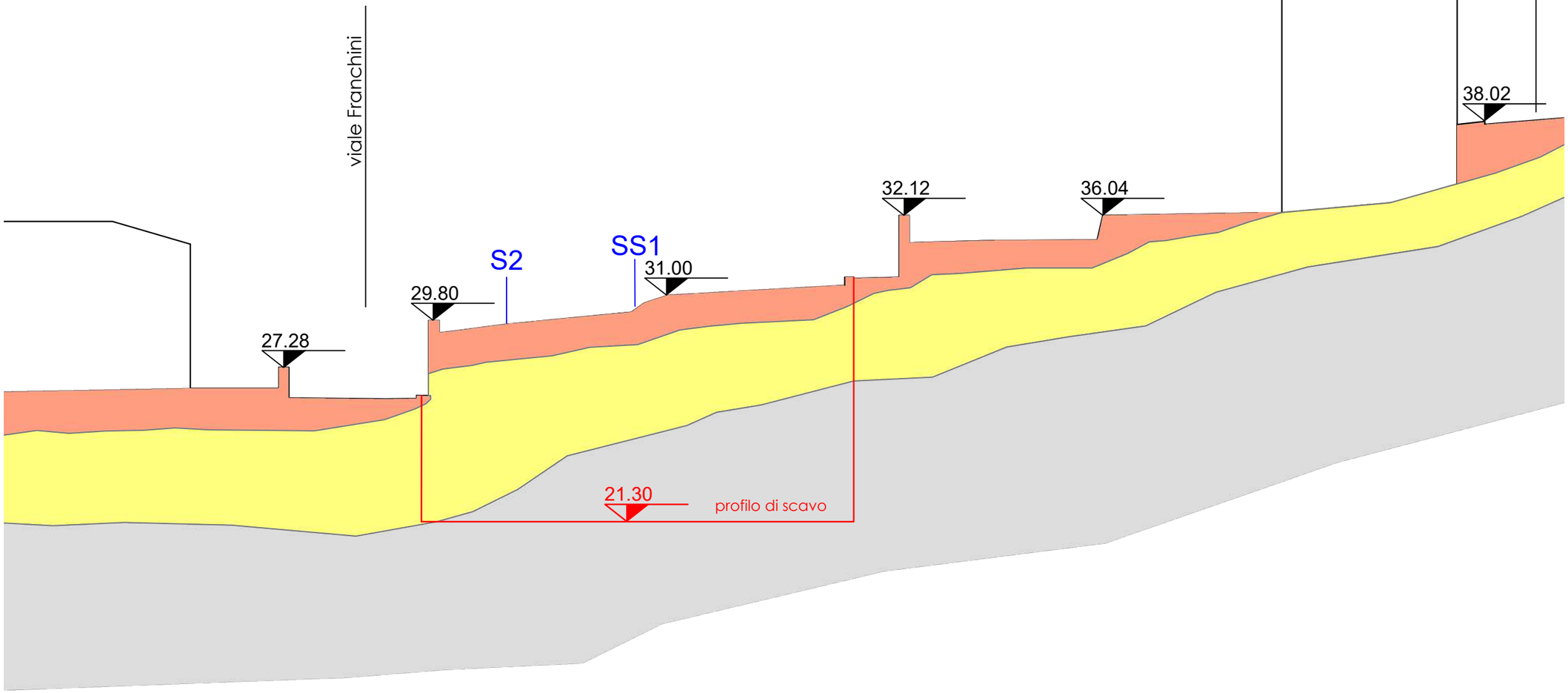
SCALA 1:300

Studio Associato Bellini
Via Galata 9/1 – 16121 Genova

c_d969.Comune di Genova - Prot. 21/07/2021.0264235.E

LEGENDA

- Riporti/Terreni rimaneggiati
- Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso
- Calcari marnosi
- S1 — Sondaggio geognostico
- SS1 — Profilo sismico a rifrazione onde P e S



Realizzazione piscina pubblica con sottostante media struttura di vendita in Viale Franchini a Genova

SEZIONE GEOLOGICA CC'

SCALA 1:200

Studio Associato Bellini
Via Galata 9/1 – 16121 Genova