Studio di Geologia
Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Comune di Sestri Levante
Città Metropolitana di Genova

INTERVENTI DI ATTENUAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELLA ZONA DI SAN BARTOLOMEO E VIA MONSIGNOR VATTUONE

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

Sestri Levante, 10 Novembre 2021

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Iscr. Albo Geologi prov. Genova n. 592



Studio di Geologia
Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Indice:

1- Premesse 3

- Incarico e ubicazione 3
- Obiettivi 3

2- Normativa geologica di riferimento – Verifica di compatibilità 4

3- Inquadramento topografico e geologico 8

4- Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico 11

5- Descrizione e risultanze delle indagini 13

6- Modello geotecnico di sito 43

7- Rispondenza alla normativa sismica 44

- Caratteristiche sismiche locali 46
- Considerazioni relative al fenomeno della liquefazione dei terreni 47

8- Conclusioni 48

Allegati:

ALLEGATO 1: PLANIMETRIA TECNICA DI PREVISIONE. SCALA 1:3.000

ALLEGATO 2: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA – TIPO 1. SCALA 1:50

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

1- Premesse

- *Incarico e ubicazione*

Lo scrivente, dott. Geol. Giovanni Debellis con studio tecnico in Sestri Levante (GE) alla via Antica Romana Occ.le n. 3/4 ed iscritto al n. 592 dell'Albo dei Geologi della Liguria – provincia di Genova, ha ricevuto l'incarico da parte di redigere uno studio geologico preliminare a corredo della progettazione di fattibilità tecnico-economica degli interventi di attenuazione del rischio idrogeologico nella zona di San Bartolomeo della Ginestra e di Via Monsignor Vattuone, presso il Comune di Sestri Levante (GE).

L'elaborato riporterà le analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche e idrogeologiche dell'area d'intervento, ed un suo adeguato areale.

Il presente studio è stato redatto ai sensi della normativa nazionale e regionale seguente:

- Decreto della Giunta Regionale n° D.G.R 216 del 17/03/2017;
- D. M. 17/01/2018 "Testo Unico per le Costruzioni" circolare applicativa n° 7 del 21/01/2019;
- Ex L.R.24/1987, L.R.36/1997 e circolari applicative 2077/1988 e 4551/1989;
- Piano di Bacino Ambito 17 – Torrente Petronio e norme di attuazione del P.U.C. del Comune di Sestri Levante (GE).
- Norme geologiche del P.U.C. di Sestri Levante.

- *Obiettivi*

Lo studio qui di seguito riportato ha lo scopo di fornire:

A- esecuzione di un rilievo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geognostico di dettaglio sulla base dei piani e relativa cartografia e dell'esito di specifici rilevamenti, nonché di un'accurata ricerca bibliografica;

B- elaborazione dei dati di cui al punto A, e stesura di una *relazione geologica preliminare* ai sensi della normativa sopra citata.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

2- Normativa geologica di riferimento – Verifica di compatibilità

2.1 Piano di Bacino – Ambito 17, Torrente Gromolo

La consultazione della cartografia tematica ha fornito i seguenti risultati:

1) Carta della Suscettività al Dissesto: L'intera tratta di tombinatura in studio è perimetrata all'interno di settori caratterizzati da Suscettività al Dissesto Molto Bassa (**Pg0**).

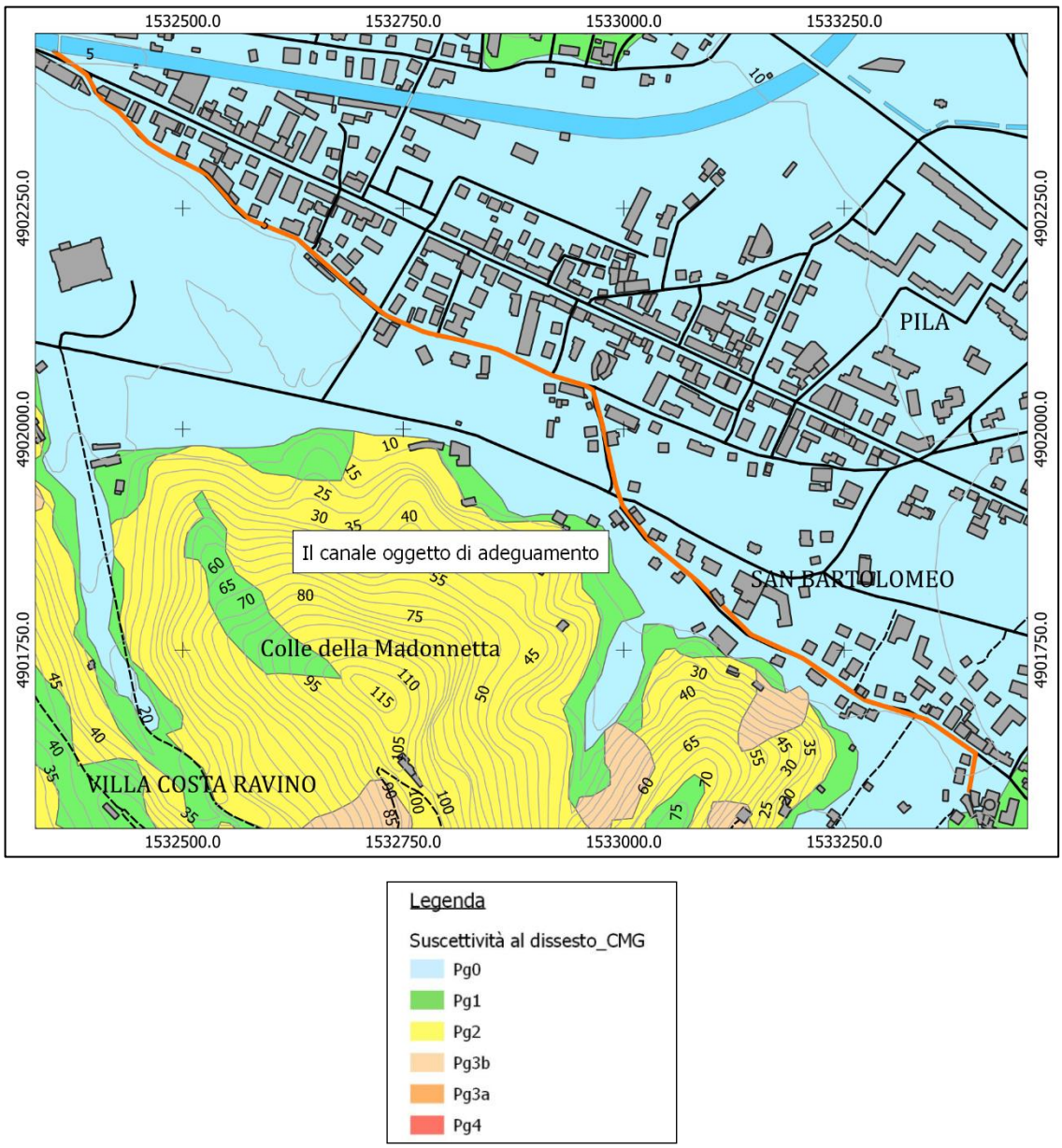


Figura 1: carta della Suscettività al Dissesto con indicazione dell'area in studio (Piano di Bacino_Ambito 17_Torrente Gromolo– Scala 1:7.500; Sistema di Riferimento Gauss Boaga).

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

2) Carte del Reticolo Idrografico e delle fasce di inondabilità: il tracciato della tombinatura interessa principalmente settori di territorio appartenenti alle fasce soggette ad Eventi Idrologici, Fascia C (Tr=500 anni). Solo approssimandosi al Torrente Gromolo si evidenziano ambiti inseriti nelle Fasce B (Tr= 200 anni) e A (Tr=50 anni). Trattandosi di un intervento volto alla mitigazione idraulica del comparto mediante miglioramento delle sezioni idrauliche di deflusso della tombinatura di collettamento di reticoli idrografici ed acque bianche dei quadranti meridionali del territorio comunale, è possibile asseverare la compatibilità dello schema progettuale con le Norme di Attuazione del Piano di Bacino.

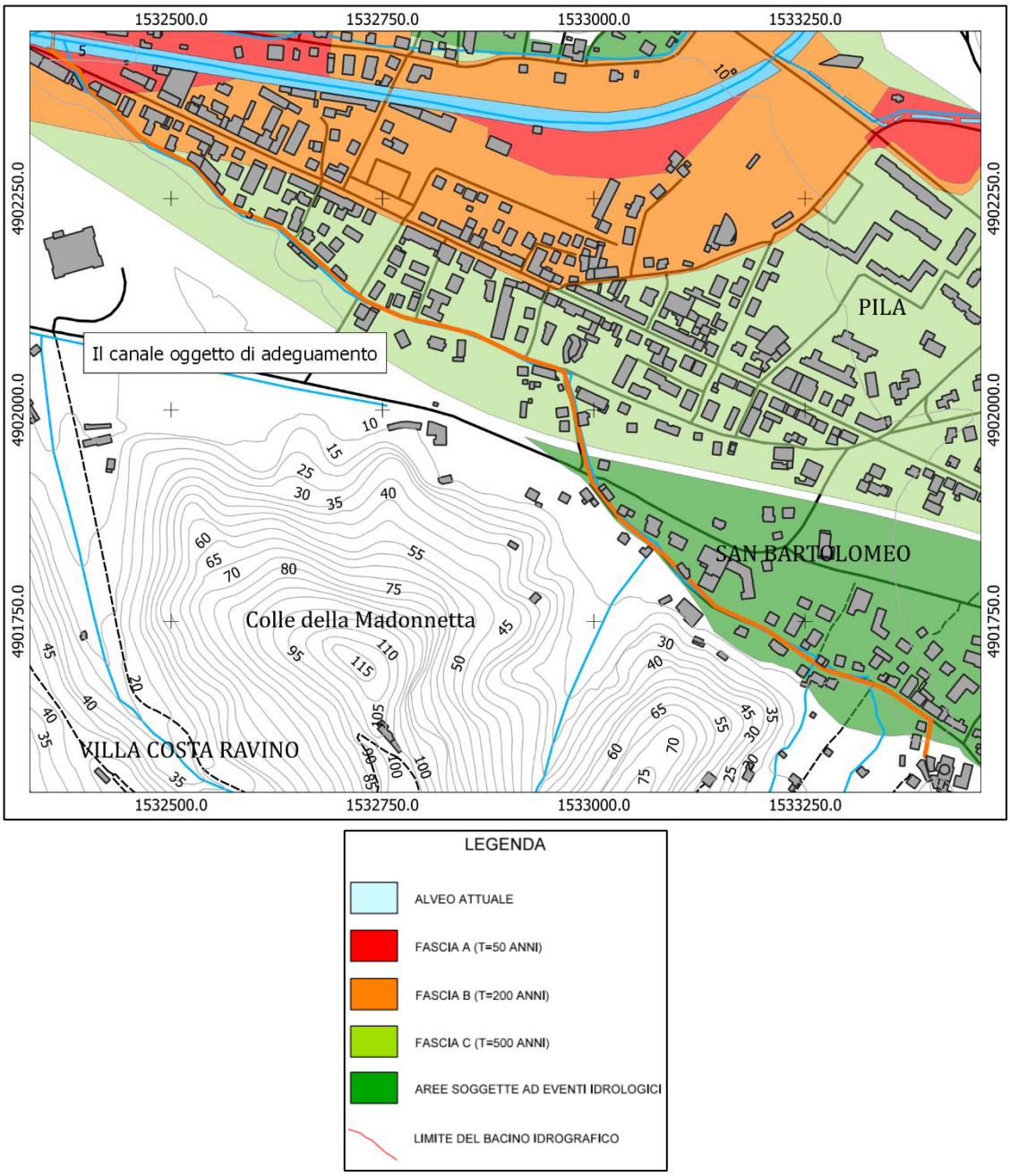


Figura 2: carta delle Fasce di Inondabilità con indicazione dell'area in studio (Piano di Bacino_Ambito 17_Torrente Gromolo – Scala 1:7.500; Sistema di Riferimento Gauss Boaga).

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

3) Carta della Franosità Reale (non allegata): nessun elemento da segnalare;

4) Carta del Rischio (non allegata): l'ambito in cui rientra l'intervento di mitigazione idraulica rientra fra le classi R2 (rischio medio) e R4 (rischio molto elevato).

2.2 Vincolo Idrogeologico

Dalla consultazione delle apposite carte tematiche provinciali e comunali, si riscontra come la zona in oggetto **NON rientri** all'interno dei settori di territorio sottoposti a regime di Vincolo Idrogeologico.

2.3 Norme geologiche di attuazione a corredo del P.U.C.

Il comparto in studio è perimetrato all'interno delle **AREE NON CRITICHE** dei settori di fondovalle insediati, per i quali la norma geologica a corredo dello strumento urbanistico non indica particolari limitazioni legate all'uso del suolo.

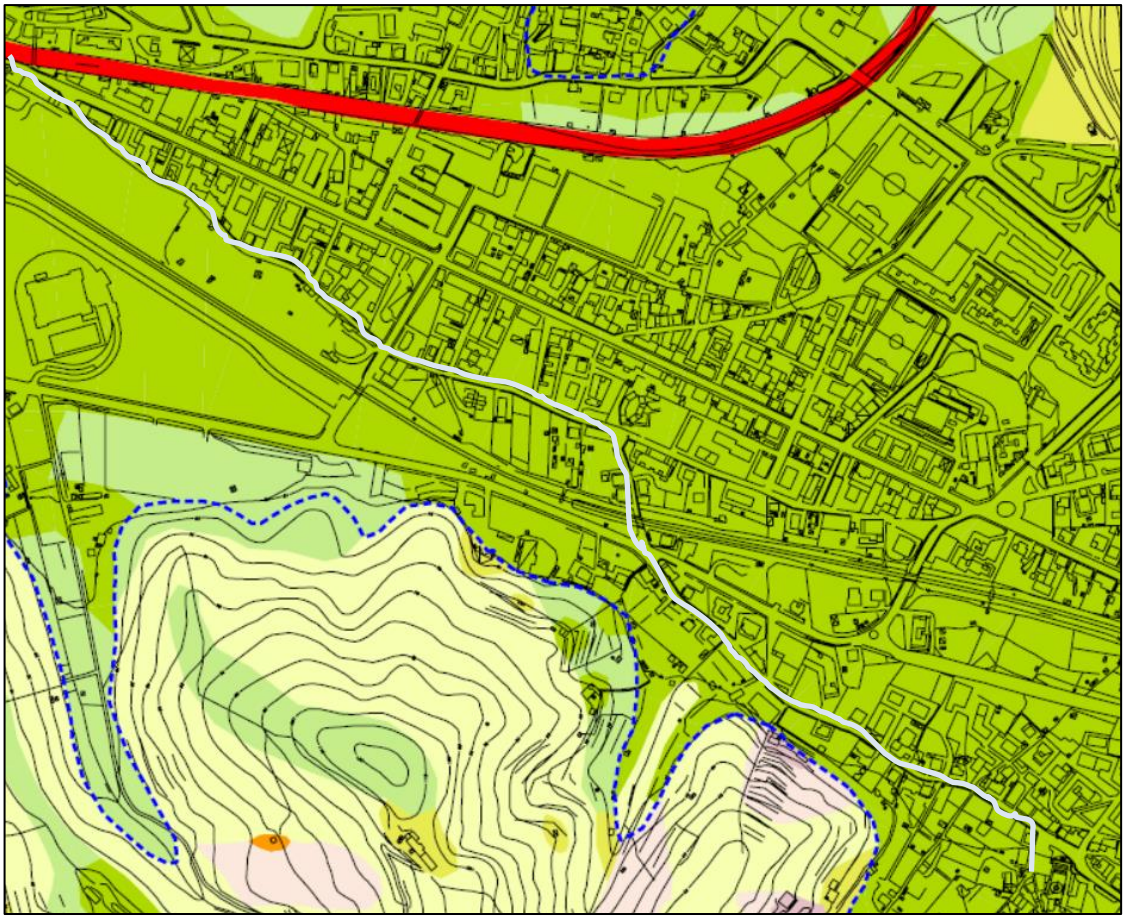


Figura 3: carta della suscettività d'uso del territorio comunale – P.U.C. del Comune di Sestri Levante.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

2.4 Classificazione sismica

L'ambito del Comune di Sestri Levante è classificato in zona sismica 3, secondo la classificazione riportata nella D.G.R. 216/2017. Più propriamente, l'ambito è caratterizzato da una Pga = 0,15g.

Già con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 la stima della pericolosità sismica veniva definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente"; ciò è riconfermato all'interno del nuovo D.M. del 17/01/2018. Si veda, a tal proposito, il relativo paragrafo, dove sono forniti i parametri sismici per la determinazione dell'azione sismica di progetto (§ 3.2 del D.M. 17.01.2018).

2.5 Terre e rocce da scavo

Per quanto riguarda, in ultimo, i materiali di risulta degli scavi, la normativa attuale a riguardo della gestione delle terre e rocce da scavo è disciplinata da:

- D.Lgs 152/06 e s.m.i.
- D.M. Ambiente 10/8/2012, n. 161
- Legge n. 98 del 9 agosto 2013 di conversione, con modifiche, del decreto legge 21 giugno 2013, n. 69, recante "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia" (cd "decreto del Fare")
- D.G.R. 1423/2013 – indicante gli Indirizzi operativi per la gestione delle terre e rocce da scavo della regione Liguria.
- D.P.R. n° 120/2017.

I terreni movimentati potranno essere riutilizzati in situ, in conformità alle disposizioni di cui al recente D.P.R. n° 120/2017, per il reinterro del nuovo canale, mentre l'eccedenza verrà destinata ad apposito sito di conferimento, in funzione degli esiti analitici ambientali sulle matrici.

Le attività di scavo potranno avere avvio trascorsi 15 giorni dalla comunicazione ad ARPAL di quanto contenuto all'Allegato 6 del D.P.R. stesso.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

3- Inquadramento topografico e geologico

Il settore oggetto di intervento si trova nel Comune di Sestri Levante (GE), in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, sistema di riferimento Gauss Boaga):

- Longitudine: 9.41273 E
- Latitudine: 44.27070 N

Il sito in esame è reperibile, dal punto di vista corografico, all'interno del settore orientale del Foglio C.T.R. n° 232090.

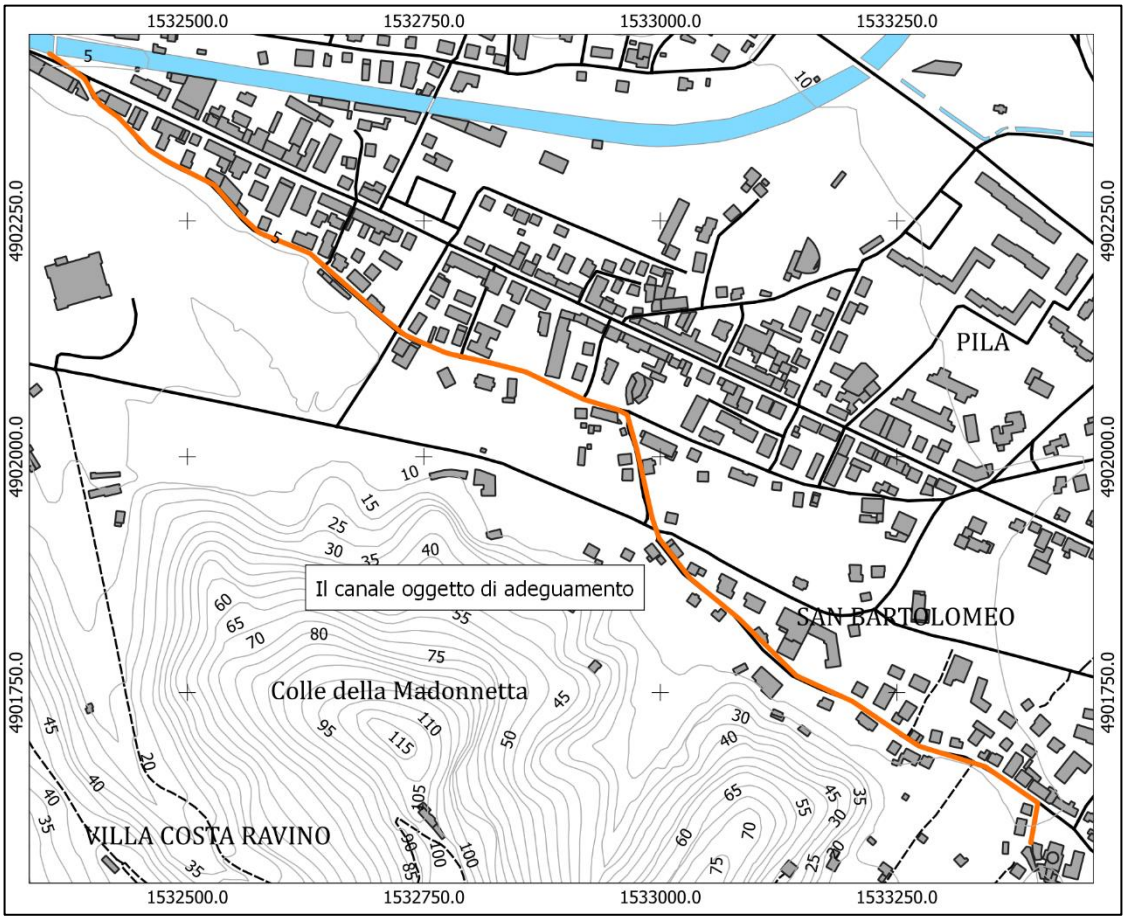


Figura 4: inquadramento cartografico con indicazione dell'area in studio (Carta Tecnica Regionale - Scala 1:7.500. Sistema di riferimento Gauss Boaga).

Quanto a progetto interesserà principalmente il settore di piana alluvionale del Torrente Gromolo, presso la sponda sinistra orografica, nonché in corrispondenza dei settori esterni della piana stessa, al limite dell'ambito pedemontano di pertinenza settentrionale del Monte Ginestra – Colle della Madonnetta. La quota media di intervento è pari a circa 7 metri sul l. m. m.

La proposta progettuale è volta alla mitigazione delle criticità idrauliche che interessano periodicamente gli ambiti di San Bartolomeo della Ginestra e di Via Monsignor Vattuone, massimizzando, in funzione degli spazi obbligati presenti lungo l'intero tracciato e le

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

pendenze del comparto stesso, le sezioni utili di deflusso della tombinatura che, ad oggi, intercetta le acque di deflusso dei reticoli idrografici di pertinenza dei versanti settentrionali del Monte Ginestra – La Madonnetta e tutte le acque bianche dell'intero comparto.



Figura 5: inquadramento su ortofoto con indicazione dell'area in studio (Fonte I.G.M. Scala 1:7.500; sistema di riferimento Gauss Boaga).

Geologicamente l'area d'intervento è reperibile all'interno dei quadranti centro-occidentali del Foglio 232 "Sestri Levante" – Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Progetto *CARG*).

Nelle fasi di rilevamento in situ è stato possibile individuare l'assetto geologico-strutturale della zona, caratterizzato dalla presenza di Alluvionali recenti ed attuali di età quaternaria come terreno dominante.

Nelle vicinanze, a circa 100 metri in direzione nord rispetto alla tratta di pertinenza della frazione di San Bartolomeo della Ginestra, è invece possibile reperire sia depositi colluviali di versante che volumi di substrato roccioso, quest'ultimo riconducibile a scisti siltoso-arenacei (Scisti zonati), appartenenti al "Gruppo della Val Lavagna". Gli Scisti zonati,

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

unitamente alle Arenarie del Monte Gottero, affiorano, seppur in maniera discontinua, all'interno dell'intero bacino del Torrente Gromolo e ne costituiscono i litotipi dominanti.

I depositi alluvionali che caratterizzano l'area derivano dalla detrizione di tipo fisico e chimico delle litologie presenti all'interno del bacino idrografico del Torrente Gromolo: i sedimenti vengono trasportati verso valle dai principali lineamenti idrici, maggiormente nei periodi di intensi eventi meteorici, per poi essere depositati al decrescere dell'energia cinetica della corrente di trasporto, secondo un ordine preciso funzione della granulometria del sedimento trasportato. Tipicamente i sedimenti grossolani risulteranno limitrofi alle aste idriche ordinarie, mentre quelli fini verranno allocati nelle aree più esterne dei bacini, dette aree golenali o, a seguito di eventi di piena intensi, presso le piane alluvionali.
La regolare differenza fra gli eventi di piena dei corsi d'acqua comporta una normale commistione delle diverse classi granulometriche dei sedimenti, nonché una forte variazione laterale degli stessi, ad esempio generando corpi lenticolari, eteropie di facies, o ancora superfici erosive di discordanza.
In ultimo, la piana di alluvionale del T. Gromolo nella sua storia ha risentito di periodi di ingressione marina, nonché di una fase palustre di transizione (evidenze di livelli di Torba nei sondaggi prossimi alla confluenza della canalizzazione oggetto di adeguamento nella sponda sinistra orografica del T. Gromolo).

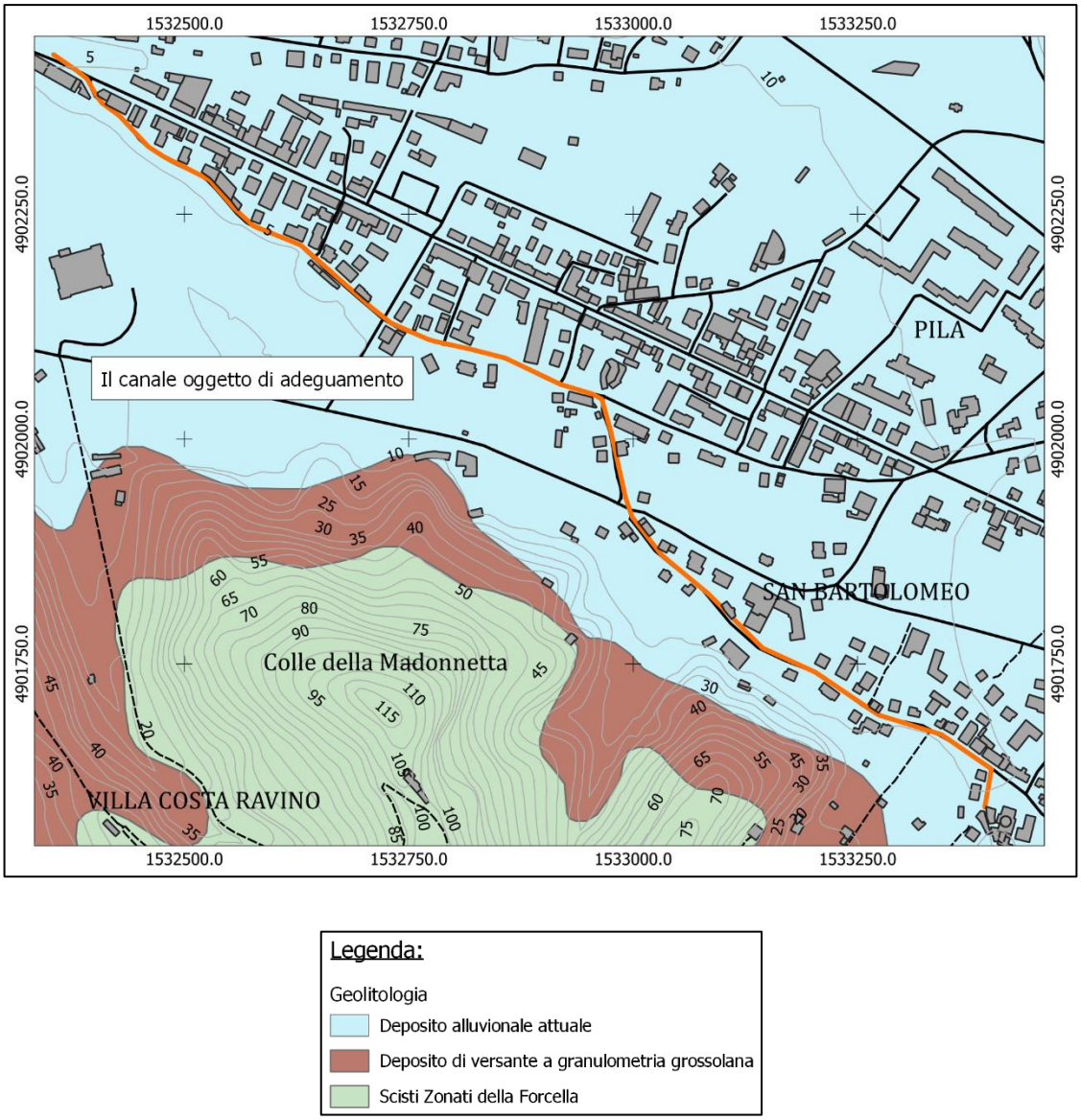


Figura 6: carta geologica tratta dal Foglio 232 "Sestri Levante" della Carta Geologica d'Italia, con indicazione dell'area in studio (Scala 1:7.500_S.R Gauss Boaga).

4- Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico

La geomorfologia locale è impostata sulle caratteristiche geologiche e strutturali della zona: quanto si sviluppa dalla linea di costa verso l'entroterra, seguendo l'andamento del Torrente Gromolo è il risultato di una lunga evoluzione che ha, soprattutto nel quaternario, disegnato l'assetto attuale. La vasta piana alluvionale che caratterizza per almeno 3 Km il territorio comunale è, come descritto nel paragrafo precedente, il risultato di un lungo percorso evolutivo che ha avuto diverse fasi.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

La prima e principale azione che sta alla base della genesi di una piana alluvionale è costituita dall'erosione dei versanti.
Nel contesto di Sestri Levante, i settori di versante si sviluppano verso Nord e verso Sud, e demarcano l'ambiente di fondovalle: come descritto nel Paragrafo 2, la litologia che largamente domina il bacino del T. Gromolo è costituita da scisti argillitici appartenenti alla Formazione di Val Lavagna.
Si tratta di un litotipo facilmente erodibile ad opera degli agenti atmosferici (esogeni ed endogeni), i cui prodotti, rispecchiando la litologia di base, risultano essere abbondanti volumi di sedimento argilloso a matrice dominante, con subordinato scheletro sabbioso e ghiaioso.
Il conseguente trasporto dei sedimenti, mediante la rete idrografica tributaria del Torrente Gromolo, ha determinato lo sviluppo di potenti livelli sedimentari granulometricamente molto eterogenei (dalla classe delle ghiaie fino a quella delle argille), in funzione dell'intensità dei fenomeni di piena (e quindi dell'energia della corrente), ma anche delle divagazioni che in passato l'asta principale del T. Gromolo stesso registrava.
Inoltre, l'ambiente del fondovalle sestrese è stato interessato da periodiche ingressioni marine seguite da una fase palustre di transizione.
Dal punto di vista strutturale, l'intero settore è impostato su un sistema di dislocazione tettonica a carattere distensivo avente andamento E-W che governa l'andamento del reticolo idrografico significativo, in particolare dei Torrenti Gromolo e Petronio, un tempo affluenti. Nel recente passato questi torrenti sono stati separati, deviando il corso del Torrente Petronio verso la zona di Riva Trigoso, e consentendo così, mediante interventi di bonifica idraulica, la possibilità di utilizzare il territorio della piana alluvionale prima a scopo agricolo, poi via via per lo sviluppo urbanistico e infrastrutturale.
L'insieme di questi eventi ha comportato una naturale commistione fra sedimenti di diversa origine e granulometria, con forti variazioni nella continuità dei corpi sedimentari.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, in funzione dei caratteri geologici, geomorfologici e soprattutto sedimentologici delle diverse classi granulometriche, i terreni presenti nell'area possono venire così classificati:

- Alluvioni recenti ed attuali: permeabili per permeabilità primaria (porosità) più o meno elevata in funzione della granulometria dominante.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

5- Descrizione e risultanze delle indagini

Nella predisposizione di quanto necessario alla progettazione di Fattibilità tecnico-economica in oggetto, lo scrivente propone di seguito una caratterizzazione stratigrafico-geotecnica preliminare, basata su dati analitici acquisiti dallo stesso per progettazioni insistenti all'interno del comparto in studio.

Ci si riferisce, in particolare, alle campagne di indagini geognostiche svolte all'interno del comparto dell'area Ex FIT e a supporto dell'intervento di ampliamento degli uffici comunali presso Via Salvi.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

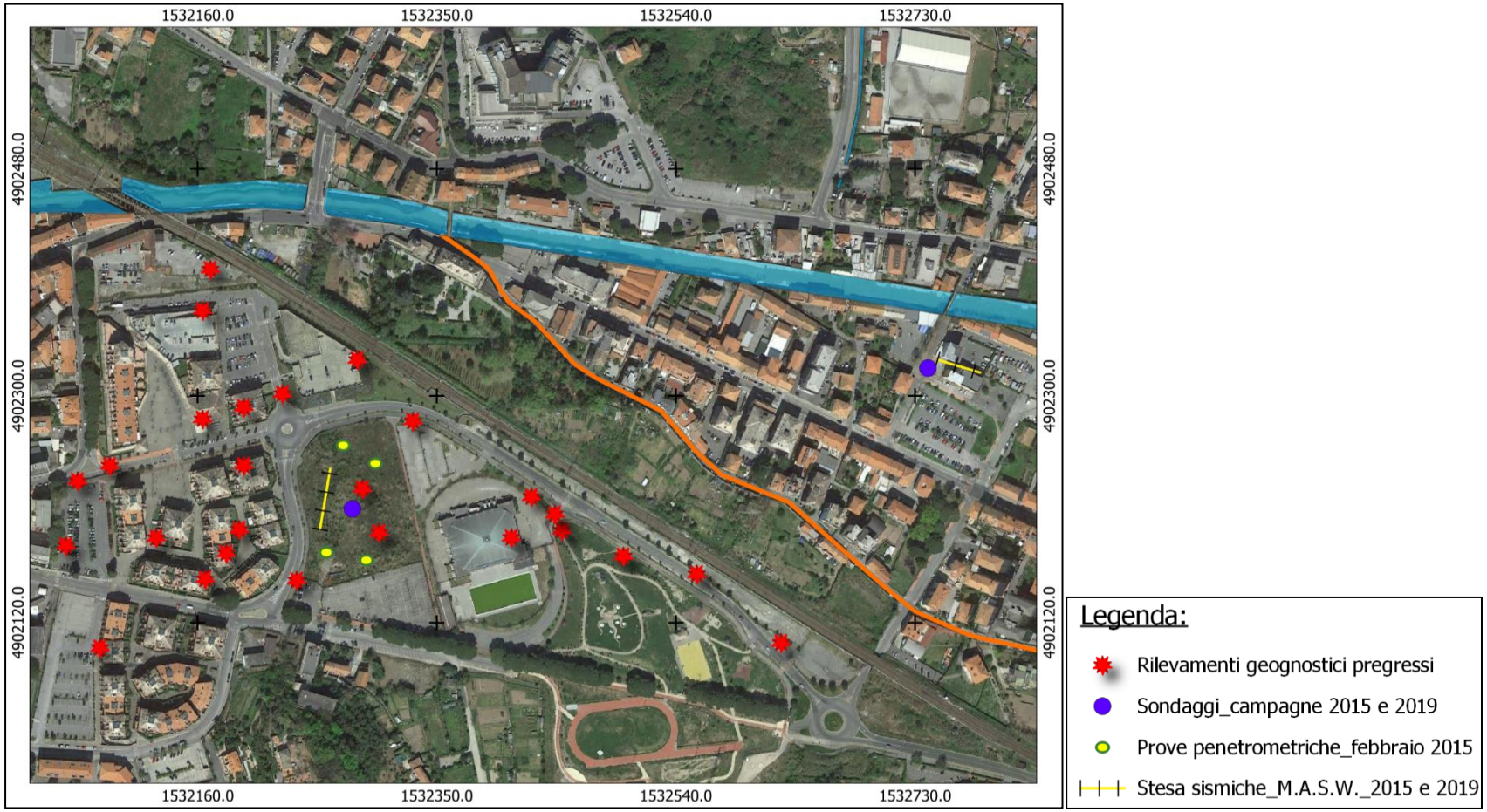


Figura 7: localizzazione su ortofoto delle indagini svolte a partire dal primi anni 2000 fino al 2019 nei pressi dell'ambito in studio (Fonte I.G.M. Scala 1:5.000; sistema di riferimento Gauss Boaga).

Studio di Geologia
Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE – AMBITO EX FIT

La porzione di territorio che comprende l'area della ex FIT è stata lungamente studiata nel corso degli anni per supportare i diversi interventi edificatori limitrofi alla zona oggetto del presente elaborato.
In particolare sono stati eseguiti 4 sondaggi in diversi anni (1963, 1988, e 1997) ed una campagna successiva consistita di n° 14 pozzetti geognostici e n° 6 sondaggi a carotaggio continuo fra il Dicembre 1997 e il Gennaio del 1998; in ultimo sono stati effettuati n° 3 sondaggi nel 2007.
Nella settimana che va dal 06/02/2015 al 13/02/2015, coordinata dallo scrivente, è stata realizzata una ulteriore campagna di indagini geognostiche, consistita in particolare in:
- n° 1 Sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a – 20 metri dal p.c. comprensivo di n° 4 prove SPT in foro e prelievo di 2 campioni indisturbati per le analisi di laboratorio;
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche al fine di acquisire e confermare i parametri geotecnici già rilevati per i primi livelli di terreno, che ospiteranno il piano di fondazione.
Le diverse campagne geognostiche effettuate presso l'intera area che ospitava la FIT (Fabbrica Italiana Tubi) hanno permesso di poter ricostruire, nella maniera più dettagliata possibile, i caratteri stratigrafici e geotecnici dei terreni alla base di questo comparto. E' opportuno sottolineare che, all'apparente semplicità morfologica che una piana alluvionale può presentare rispetto ad una possibilità edificatoria, va in realtà contrapposta una complessa ed eterogenea struttura del sottosuolo che, come descritto dettagliatamente nel Paragrafo 3, è il risultato di una evoluzione che ha interessato soprattutto le ultime ere geologiche (Ternario e Quaternario), con periodi di forte erosione/deposizione terrigena, periodi di ingressione marina e fasi di transizione di tipo palustre. Ne consegue una forte eterogeneità nel ritmo e nella tipologia dei sedimenti depositati, con forte commistione ed interdigitazione fra le diverse classi granulometriche.
Ciò comporta una rilevantissima variazione laterale dei corpi sedimentari, e quindi una effettiva difficoltà nel ricostruire un modello geologico e geotecnico del contesto in esame.
Le indagini svolte negli anni hanno tuttavia permesso di poter ricostruire una modellistica locale piuttosto definita, ulteriormente raffinata grazie a quanto svolto nell'ultima campagna del Febbraio 2015, a supporto di questa istanza.
Gli accertamenti geognostici svolti hanno delineato quanto segue:

- **Settori Nord ed Est dell'area (Sondaggi S1 del 1963, Sondaggi S4, S5, S7, S8, S9 del 1997/1998, Sondaggio S2 del 2007)**.

Si tratta della porzione che, da circa metà del comparto, si estende verso l'alveo attuale del Torrente Gromolo: si tratta di una zona presso cui dominano fortemente le classi granulometriche più fini (limi e argille) fino a profondità comprese fra - 11÷ -13 metri dal p.c.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

- Settori Sud e Ovest (Sondaggi S2 ed S3 del 1963, Sondaggi S6 ed S10 del 1997/1998 e Sondaggio S1 del 2007).

Queste zone presentano invece una forte eterogeneità nella tipologia dei sedimenti, con interdigitazione molto accentuata: si possono infatti reperire livelli a scheletro grossolano dominante (sabbie e ghiaie) frammisti con porzioni limoso-argillose, il tutto spesso associato a strutture lentiformi (ricavate in funzione della continuità laterale fra i vari sondaggi). Si può tuttavia identificare una maggior continuità dei livelli più grossolani in direzione Sud.

Presso tutti i sondaggi condotti sono stati sempre reperiti, per potenze comprese fra 2,5 ÷ 3,5 metri, livelli di riporto antropico grossolano comprensivo di elementi derivanti da demolizioni e asfaltature rimosse.

Campagna di indagini del Febbraio 2015

- Sondaggio a carotaggio continuo.

In posizione circa baricentrica rispetto al piano di fondazione del manufatto a progetto è stato realizzato un carotaggio continuo spinto fino a -20 metri rispetto al p.c. La sua distanza dalla sponda sinistra orografica del Torrente Gromolo è di circa 230 metri.

La stratigrafia ricavata e di seguito descritta presenta i caratteri sopra enunciati per i settori Nord ed Est dell'area della ex FIT.

P.C ÷ - 3 metri: terreno di riporto grossolano composto da ghiaie sabbiose e abbondanti trovanti da attività antropica (residui di parti in cemento, laterizi e asfalto).

Da – 3 metri ÷ – 4,5 metri: sabbia limosa di colore grigio-marrone.

[- 4 ÷ - 4,5: prelievo di campione indisturbato_Campionatore Shelby].

Da – 4,5 metri ÷ 13,30 metri: limi argillosi grigio azzurri talvolta con debole scheletro sabbioso; [- 10,50 ÷ - 11,10: prelievo di campione indisturbato_ Campionatore Shelby].

Da – 13,30 metri ÷ -20 metri (fine sondaggio): ghiaia, da fine a grossolana con clasti arrotondati, e sabbia in matrice limoso – argillosa; da -14 metri fino a -15 metri è stata rilevata la presenza di Torba.

La Falda è stata rilevata a più riprese nei giorni successivi alla campagna di indagini svolte, attestandosi ad una piezometrica di – 1,50 metri dal p.c.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it



Foto 1: Sondaggio S1 da p.c. fino a – 5 metri.



Foto 2: Sondaggio S1 da – 5 metri fino a – 10 metri.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it



Foto 3: Sondaggio S1 da -10 metri fino a – 15 metri.



Foto 4: Sondaggio S1 da – 15 metri fino a – 20 metri, profondità di fine carotaggio.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 - 2015

Committente:	NAMIRA S.G.R.p.A.				
Località:	Aree EX FIT - Comparto U.A.3	Comune:	Sestri Levante	Prov.	GE
Quota bocca foro:	3 s.l.m.m.	Quota fondo foro:	-17.00 [m]	Profondità Totale:	20.00
Coordinate N:	44°16'20.46"	Angolo rispetto alla verticale:	/ [°]	Direzione:	/
Coordinate E:	9°24'14.40"			Impresa:	BORGHI DRILL
Iniziato il:	06/02/2015	Terminato il:	09/02/2015	Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS	

Sondaggio a rotazione n° S1 — Prof. Max = 30 m

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo stratigrafico	Carotaggio totale % di recupero	R.Q.D. %	Descrizione	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Tipo di discontinuità	Prove di permeabilità: Lugeon	Prove di permeabilità: Lefranc	Strumentazione: Inclinometro	Strumentazione: Piez. Tipo:	Strumentazione: Quote
			0–30		0 0.5 1	0 0.5 1	Da P.C. a -3m: riporto grossolano composto da ghiaie sabbiose ed abbondanti elementi di attività antropica (cementi,asfalto,laterizi). Da -3m a -4,5m: sabbia limosa di color grigio-marrone. Da -4,5m a -13,30m: argille grigio azzurre talvolta con debole scheletro sabbioso. Da -13,30m a -20m: ghiaia e sabbia in matrice limoso – argillosa. Fra -14m e -15m è stata rilevata la presenza di Torba.									

NOTE:

TIPO DI DISCONTINUITÀ

L = Contatto rocci-roccia liscio
R = Contatto roccia-roccia ruvido
I = Contatto roccia-roccia irregolare
E = Contatto roccia roccia striato
A = Giunto aperto
Ox =Giunto ossidato
Ag = Giunto con argilla
M = Giunto o faglia Mineralizzata
J = Discontinuità principale

TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO

	φ [mm]	DA	A
RIVESTIMENTO			
FORO			

Compilato:	Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS	data:	06/02/2015	Controllato:	Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS	data:	09/02/2015

ALTERAZIONE	DUREZZA	FRATTURAZIONE	Mod. SONDA A ROTAZIONE
A-1 Sana	D-1 Molto duro	F-1 Poco fratturato	
A-2 Leggermente alterata	D-2 Duro	F-2 Fratturato	
A-3 Mediamente alterata	D-3 Mediamente duro	F-3 Molto fratturato	
A-4 Profondamente alterata	D-4 Poco duro	F-4 Estremamente fratturato	
A-5 Totalmente alterata e argillificata	D-5 Soffice	F-5 Terreno	

Quota Falda da p. c. -1.50 [m] — **Quota Perforazione con corona diamantata da p. c.** 0.00 [m]

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite **n° 4 prove SPT in foro** (passo 0,45 metri) a diverse profondità, in modo tale da poter ricavare una accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati, mediante l'acquisizione del parametro N_{SPT}.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Sono stati maggiormente dettagliati i livelli superficiali fino a -6,45 metri in funzione del fatto che l'intervento non prevedrà scavi per la posa delle fondazioni.

- SPT 1 eseguita nell'intervallo -1,5 metri ÷ - 1,95 metri;
- SPT 2 eseguita nell'intervallo -3 metri ÷ - 3,45 metri;
- SPT 3 eseguita nell'intervallo -4,5 metri ÷ - 4,95 metri;
- SPT 4 eseguita nell'intervallo - 6 metri ÷ - 6,45 metri.

Si riportano qui di seguito la tabella riepilogativa delle prove SPT nel foro di sondaggio e i parametri geotecnici elaborati.

S.P.T. – SONDAGGIO S1 AREE SX FIT COMPARTO U.A. 3					
Da (m)	A (m)	N1	N2	N3	PUNTA
1,50	1,95	17	32	22	chiusa
3,00	3,45	5	3	4	chiusa
4,50	4,95	1	2	2	chiusa
6,00	6,45	1	1	2	chiusa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI
Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Terzaghi-Peck	0.25
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Terzaghi-Peck	0.19

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Robertson (1983)	8.00
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Robertson (1983)	6.00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Stroud e Butler (1975)	18.35
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Stroud e Butler (1975)	13.76

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Meyerhof ed altri	1.70
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Meyerhof ed altri	1.63

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
SPT 4,50 – 4,95	4	4.95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.87
SPT 6,00 – 6,45	3	6.45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	1.86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Skempton 1986	67.76
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Skempton 1986	35.16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	37.75
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27.85

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Meyerhof ed altri	2.17
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Meyerhof ed altri	1.76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
SPT 1,50 – 1,95	54	1.95	34.5	Navfac 1971-1982	6.21
SPT 3,00 – 3,45	7	3.45	11	Navfac 1971-1982	2.31

Come riportato nella descrizione della stratigrafia di sondaggio, alla profondità di – 4 metri e – 10 metri sono stati prelevati 2 campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio.

In particolare, sono stati eseguite:

- Peso di volume naturale;
- Umidità;
- Peso specifico dei grani;
- Limiti di Atterberg;
- Analisi granulometrica;
- Prove triassiali CxU (Consolidata non drenata) con misura delle pressioni interstiziali.

In Allegato si riportano i report inerenti i parametri indice investigati.

I risultai ricavati possono essere così schematizzati:

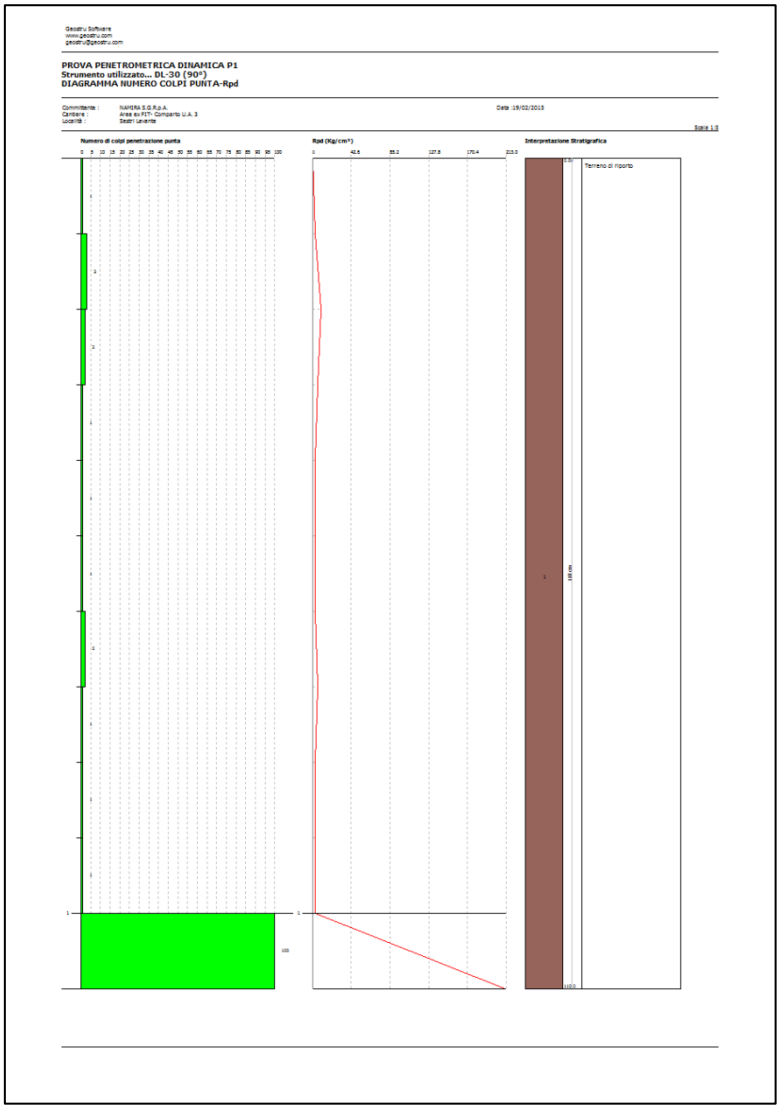
Sondaggio	**Campione**	**Profondità**	Classificazione USCS	Peso di volume naturale	Peso specifico dei grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica				CU: Angolo di resistenza al taglio	CU: Coesione drenata
				γ_n	Gs	LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	ϕ	c'
n°	n°	m		kN/m^3	Mg/m3	%	%	%	%	%	%	%	°	kPa
S1	**CI1**	4.00-4.50	CL	19.15	2.78	29.8	20.9	8.9	0.00	41.70	34.47	23.80	30.7	9.4
S1	**CI2**	10.50-11.10	CL	19.03	2.83	31.1	21.4	9.7	0.00	7.79	52.37	39.85	27.9	11.2

In ultimo, per meglio caratterizzare i livelli più superficiali su un più ampio areale, lo scrivente in data 12/02/2015, ha eseguito **n° 4 prove penetrometriche dinamiche** mediante penetrometro dinamico leggero con massa battente pari a 30 kg, volata del maglio di 20 cm e sezione della punta di 10 cm^2.

Le prove non hanno oltrepassato i livelli di riporto antropico presenti per i primi 3 metri, rimarcando, come già emerso durante l'esecuzione della pria prova SPT in foro, l'elevato costipamento del riporto stesso.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

SI riportano di seguito le stratigrafie e le caratterizzazioni geotecniche ricavate:



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1
TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7.84	1.10	7.84	Skempton 1986	28.02

Angolo di resistenza al taglio

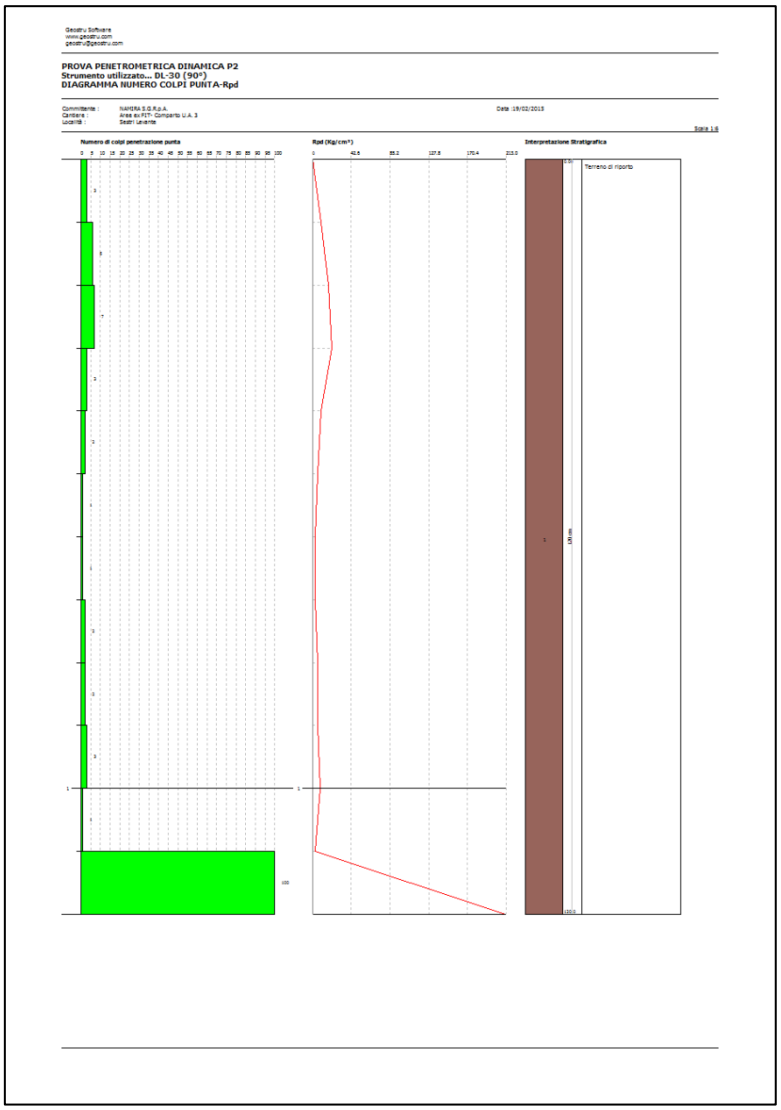
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7.84	1.10	7.84	Meyerhof (1965)	32.83

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7.84	1.10	7.84	Meyerhof ed altri	1.65

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7.84	1.10	7.84	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2
TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8.27	1.20	8.27	Skempton 1986	29.04

Angolo di resistenza al taglio

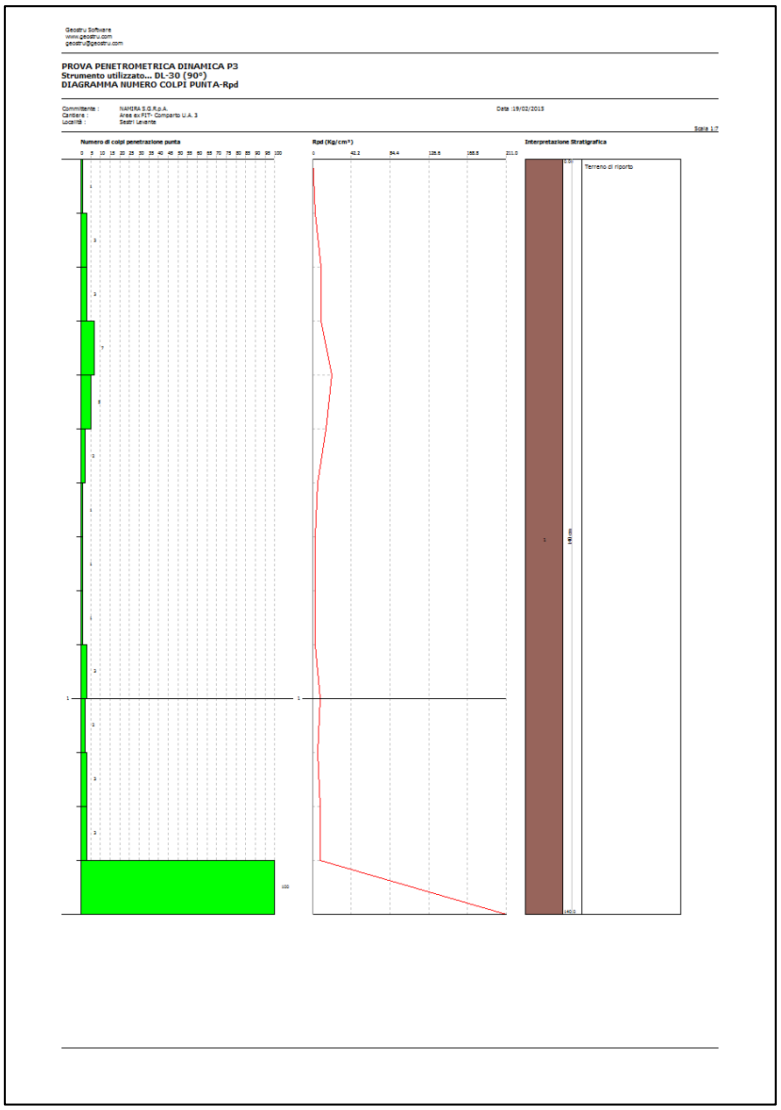
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8.27	1.20	8.27	Meyerhof (1965)	33

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8.27	1.20	8.27	Meyerhof ed altri	1.67

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	8.27	1.20	8.27	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3
TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7.3	1.40	7.3	Skempton 1986	26.71

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7.3	1.40	7.3	Meyerhof (1965)	32.61

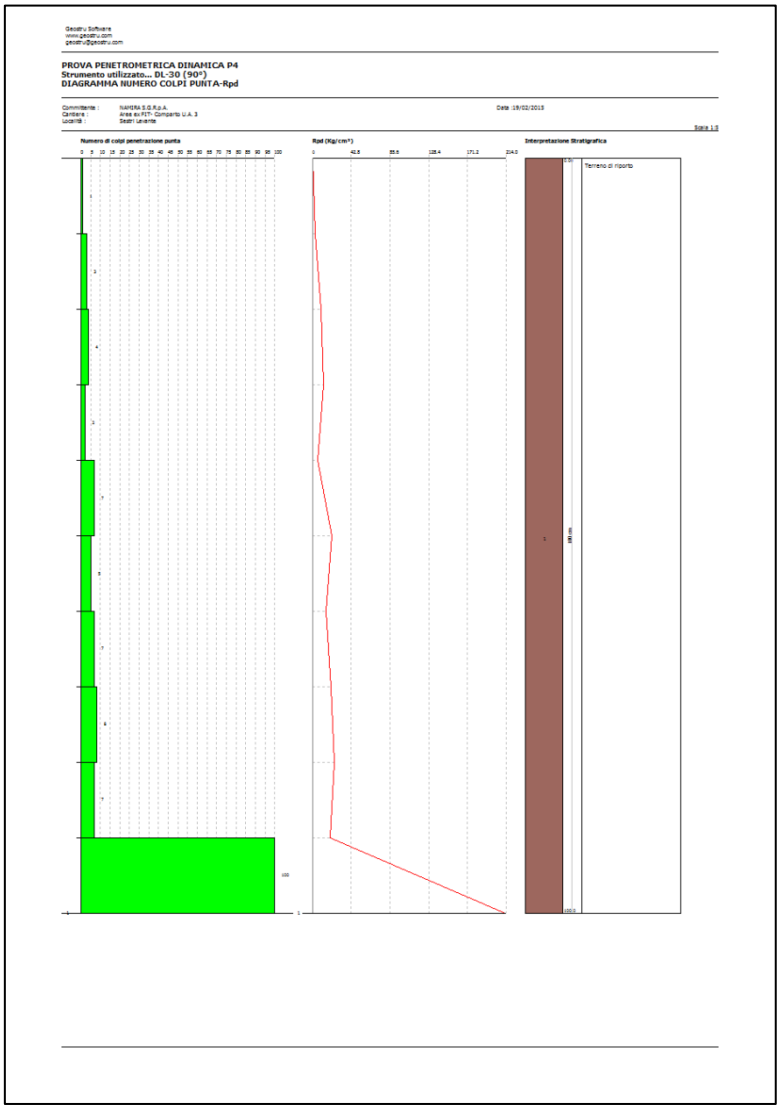
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7.3	1.40	7.3	Meyerhof ed altri	1.63

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7.3	1.40	7.3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4
TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	10.9	1.00	10.9	Skempton 1986	34.94

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	10.9	1.00	10.9	Meyerhof (1965)	34.01

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	10.9	1.00	10.9	Meyerhof ed altri	1.76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	10.9	1.00	10.9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

INDAGINI GEOGNOSTICHE – AMPLIAMENTO UFFICI COMUNALI DI VIA SALVI

Nei giorni del 3 e 4 Giugno 2019 è stata realizzata una campagna geognostica presso il sito di intervento, rappresentata da n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, n° 4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nel foro di sondaggio e due stese sismiche lungo la stessa linea di acquisizione interpretate sia con tecnica tomografica in onde P, sia mediante tecnica M.A.S.W.
Sono stati prelevati, in ultimo, n°7 campioni rappresentativi degli orizzonti alluvionali attraversati, dei quali due indisturbati, inviati al laboratorio geotecnico per l'esecuzione di specifiche prove articolate e discusse nel seguito; in allegato sono poi riportati i diversi verbali di analisi.
Le prove S.P.T. sono state eseguite sugli orizzonti alluvionali alle progressive di -1,50 m,
- 4,50 m, - 6,10 m e - 9.0 m dal p.c., utili per la stima e il confronto dei parametri geotecnici indice con quelli ricavati da specifiche prove sui relativi campioni prelevati.
Si riportano nel proseguo del paragrafo le diverse fasi di caratterizzazione eseguite:

- ***Sondaggio a carotaggio continuo S1*.**

Il sondaggio è stato svolto in posizione circa baricentrica rispetto all'impronta fondazionale dell'ampliamento a progetto, attraversando i terreni alluvionali che caratterizzano l'ambito; il carotaggio è stato spinto fino alla profondità di – 15 metri dal p.c.
La stratigrafia desunta, e nel seguito descritta in dettaglio, è caratterizzata mediamente da livelli sedimentari alluvionali scheletro – portanti a granulometria ghiaiosa o sabbiosa, all'interno dei quali la matrice risulta percentualmente ben rappresentata, ascrivibile, in particolare, a classi di natura maggiormente fine, in particolare limosa.
Durante l'accertamento è stato ben individuato un corpo lenticolare prettamente coesivo costituito da limi argillosi a bassa plasticità negli orizzonti campionati fra - 5,70 m e – 6,10 m dal p.c. (*campione indisturbato C5*).
La falda, in ultimo, è stata individuata nei giorni successivi al carotaggio a -2,1 metri, quota del tutto coerente con quanto rilevato e monitorato in passato, durante la realizzazione degli uffici di Via Salvi.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

- **P.C ÷ - 0,50 metri**: copertura e sottofondo stradale del piano viabile.
- **Da – 0,50 metri ÷ – 3,40 metri**: Ghiaia sabbiosa in subordinata matrice limoso-argillosa.
- **Da – 3,40 metri ÷ -5,50 metri**: sabbia argilloso - limosa con ghiaia.
- **Da – 5,50 metri ÷ -6,10 metri**: lente limoso argillosa con componente granulare fortemente subordinata (Ghiaia + Sabbia = 14,76 %).
- **Da – 6,10 metri ÷ -15,00 metri [fine sondaggio]**: Ghiaia e sabbia in subordinata matrice limoso-argillosa.



Foto 5: Sondaggio S1 da p.c. fino a – 5 metri.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it



Foto 6: Sondaggio S1 da – 5 metri fino a – 10 metri.



Foto 7: Sondaggio S1 da -10 metri fino a – 15 metri.

Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it



Foto 8: Esecuzione del sondaggio svolto presso la sede comunale di Via Salvi n°4.

Studio di Geologia
Dott. Geol. Giovanni Debellis
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 – VIA SALVI

Committente:	Comune di Sestri Levante (GE)				
Località:	Palazzina Comunale - Via Salvi n° 4	Comune:	Sestri Levante	Prov.	GE

Quota bocca foro:	4 s.l.m.m.	Quota fondo foro:	-11.00 [m]	Profondità Totale:	15.00
Coordinate N:	4902323.23 N	Angolo rispetto alla verticale:	/ [°]	Direzione:	/
Coordinate E:	1532750.35 E			Impresa:	BORGHI DRILL
Iniziato il:	03/06/2019	Terminato il:	04/06/2019	Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS	

Sondaggio a rotazione n° S1 — Prof. Max = 15 m

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo stratigrafico	Carotaggio totale % di recupero	R.Q.D. %	Descrizione	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Tipo di discontinuità	Prove di permeabilità: Lugeon	Prove di permeabilità: Lefranc	Strumentazione: Inclinometro	Strumentazione: Piez. Tipo:	Strumentazione: Quote
			0–30		0 0.5 1	0 0.5 1	**Da P.C. a -3,40m**: copertura/ sottofondo stradale (0,5 m); Ghiaia sabbiosa in subordinata matrice limoso-argillosa. **Da -3,40 a - 5,50m**: sabbia argilloso-limosa con ghiaia. **Da -5,50 a -6,10m**: corpo lenticolare limoso-argillosa. **Da -6,10 a -15,00m**: **[termine del carotaggio]** Ghiaia e sabbia in subordinata matrice limoso-argillosa.									

NOTE:

TIPO DI DISCONTINUITÀ

L = Contatto rocci-roccia liscio
R = Contatto roccia-roccia ruvido
I = Contatto roccia-roccia irregolare
E = Contatto roccia roccia striato
A = Giunto aperto
Ox =Giunto ossidato
Ag = Giunto con argilla
M = Giunto o faglia Mineralizzata
J = Discontinuità principale

TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO

	φ [mm]	DA	A
RIVESTIMENTO			
FORO			

Compilato:	Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS	data: 09/07/2019	Controllato: Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS data: 09/07/2019

ALTERAZIONE

A-1	Sana
A-2	Leggermente alterata
A-3	Mediamente alterata
A-4	Profondamente alterata
A-5	Totalmente alterata e argillificata

DUREZZA

D-1	Molto duro
D-2	Duro
D-3	Mediamente duro
D-4	Poco duro
D-5	Soffice

FRATTURAZIONE

F-1	Poco fratturato
F-2	Fratturato
F-3	Molto fratturato
F-4	Estremamente fratturato
F-5	Terreno

Mod. SONDA A ROTAZIONE
COMACCHIO GEO205

Quota Falda da p. c. -2.10 [m]

Quota Perforazione con corona diamantata [m]

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Anche in questo caso, durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite **n° 4 prove SPT in foro** (passo 0,45 metri) a diverse profondità, in modo tale da poter ricavare una accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati, mediante l'acquisizione del parametro N_{SPT}.
Queste prove, unitamente al campionamento effettuato, hanno particolarmente dettagliato le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei primi metri della colonna stratigrafica, in forza del fatto che l'ampliamento a progetto non prevede particolari approfondimenti fondazionali.

- SPT 1 eseguita nell'intervallo -1,5 metri ÷ - 1,95 metri;
- SPT 2 eseguita nell'intervallo -4,5 metri ÷ - 4,95 metri;
- SPT 3 eseguita nell'intervallo -6,1 metri ÷ - 6,55 metri;
- SPT 4 eseguita nell'intervallo – 9,0 metri ÷ - 9,45 metri.

Si riportano qui di seguito la tabella riepilogativa delle prove SPT nel foro di sondaggio e i parametri geotecnici elaborati.

S.P.T. – SONDAGGIO S1 AMPLIAMENTO UFFICI DI VIA SALVI					
Da (m)	A (m)	N1	N2	N3	PUNTA
1,50	1,95	10	13	16	aperta
4,50	4,95	2	3	11	aperta
6,10	6,55	7	14	15	aperta
9,00	9,45	5	3	8	aperta

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	29	1.95	U.S.D.M.S.M	1.09
Strato 2	14	4.95	U.S.D.M.S.M	0.55
Strato 3	29	6.55	U.S.D.M.S.M	1.09
Strato 4	11	9.45	U.S.D.M.S.M	0.44

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	29	1.95	Stroud e Butler (1975)	133.05
Strato 2	14	4.95	Stroud e Butler (1975)	64.23
Strato 3	29	6.55	Stroud e Butler (1975)	133.05
Strato 4	11	9.45	Stroud e Butler (1975)	50.47

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	29	1.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 2	14	4.95	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 3	29	6.55	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 4	11	9.45	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	29	1.95	Meyerhof ed altri	2.15
Strato 2	14	4.95	Meyerhof ed altri	2.05
Strato 3	29	6.55	Meyerhof ed altri	2.15
Strato 4	11	9.45	Meyerhof ed altri	1.99

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	29	1.95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2.34
Strato 2	14	4.95	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Strato 3	29	6.55	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2.34
Strato 4	11	9.45	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	29	1.95	29	Skempton 1986	62.48
Strato 2	14	4.95	14.5	Skempton 1986	42.1
Strato 3	29	6.55	22	Skempton 1986	54.08
Strato 4	11	9.45	13	Skempton 1986	39.24

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	29	1.95	29	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	35.29
Strato 2	14	4.95	14.5	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	31.14
Strato 3	29	6.55	22	Peck-Hanson-Thornburn-	33.29

				Meyerhof 1956	
Strato 4	11	9.45	13	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	30.71

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	29	1.95	29	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	14	4.95	14.5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	29	6.55	22	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 4	11	9.45	13	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	29	1.95	29	Meyerhof ed altri	2.13
Strato 2	14	4.95	14.5	Meyerhof ed altri	1.87
Strato 3	29	6.55	22	Meyerhof ed altri	2.03
Strato 4	11	9.45	13	Meyerhof ed altri	1.82

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	29	1.95	29	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 2	14	4.95	14.5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
Strato 3	29	6.55	22	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 4	11	9.45	13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	29	1.95	29	Navfac 1971-1982	5.47
Strato 2	14	4.95	14.5	Navfac 1971-1982	3.03
Strato 3	29	6.55	22	Navfac 1971-1982	4.39
Strato 4	11	9.45	13	Navfac 1971-1982	2.73

Come anticipato all'inizio del paragrafo, durante lo svolgimento del sondaggio geognostico sono stati prelevati n° 8 campioni di terreno, 7 dei quali sono stati ritenuti rappresentativi al fine della loro caratterizzazione geotecnica in sede di laboratorio. Si indicano di seguito i punti di prelievo considerati.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

- ***Campione C2***: campione rimaneggiato (*punta S.P.T.*) – orizzonte [-1,5 ÷ -2,0 metri dal p.c.].
- ***Campione C3***: campione indisturbato (campionatore *Shelby*) – orizzonte [-3,4 ÷ -3,8 metri dal p.c.].
- ***Campione C4***: campione rimaneggiato (*punta S.P.T.)* – orizzonte [-4,5 ÷ -4,95 metri dal p.c.].
- ***Campione C5***: campione indisturbato (*campionatore Shelby*) – orizzonte [-5,7 ÷ -6,1 metri dal p.c.].
- ***Campione C6***: campione rimaneggiato (*punta S.P.T.*) – orizzonte [-6,1 ÷ -6,55 metri dal p.c.].
- ***Campione C7***: campione rimaneggiato (*punta S.P.T.*) – orizzonte [-9,0 ÷ -9,45 metri dal p.c.].
- ***Campione C8***: campione rimaneggiato – orizzonte [-10,0 ÷ -10,3 metri dal p.c.].

Si allegano a fine testo tutti i report delle prove di laboratorio eseguite, mentre se ne riassumono nella tabella seguente i risultati ottenuti:

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Composizione granulometrica				Angolo di resistenza al taglio		Coesione non drenata
				γ_n	γ_{sat}	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	TOT fini	ϕ	cu
n°	n°	m		kN/m^3	kN/m^3	%	%	%	%	%	°	kPa
S1	**C2**	1,50 - 2.00	Ghiaia argillosa con sabbia	21.30	23.40	40.66	39.07	/	/	20.27	32.1	8.7
S1	**C3**	3,40 - 3.80	Sabbia limosa	17.07	19.00	13.61	50.71	30.71	4.97	35.68	31.6	0.2
S1	**C4**	4,50 - 4.95	Sabbia argillosa con ghiaia	18.70	19.50	18.53	34.84	/	/	46.63	30.4	9.4
S1	**C5**	5,70 - 6.10	Limo argilloso a bassa plasticità	16.78	18.74	1.57	13.19	62.86	22.38	85.24	28.6	2.1
S1	**C6**	6,10 - 6.55	Ghiaia argillosa con sabbia	20.30	23.40	44.12	42.16	/	/	13.72	32.7	4.0
S1	**C7**	9,00 - 9.45	Sabbia argillosa con ghiaia	18.20	19.40	30.44	48.14	/	/	21.42	32.3	9.4
S1	**C8**	10.00 - 10.30	Sabbia argillosa con ghiaia	19.03	19.50	41.87	42.48	/	/	15.65	30.7	8.2

- ***Esecuzione di una stesa sismica di tipo tomografico***

Per definire la continuità longitudinale degli orizzonti carotati, l'area in studio è stata indagata mediante un'indagine sismica interpretata con tecnica tomografica applicata al segnale rifratto della velocità delle onde sismiche di compressione (Vp). La prova è stata effettuata con un sismografo DoReMi della "*Sara electronic instruments*" a 16 canali digitali a 16 bit, mentre l'interpretazione del segnale acquisito è stato effettuato con il software "smartTomo 2019.2", commercializzato dalla "Geostudi Astier srl".

Specifiche metodologiche

Sondaggio a rifrazione

L'indagine sismica del segnale rifratto rappresenta una prospezione indiretta basata sui contrasti di velocità delle onde sismiche. Questo parametro risulta direttamente dipendente dalla densità e dalla rigidezza dei materiali attraversati, ovvero dalle proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del terreni indagati. Il comportamento e la propagazione delle onde in profondità rispettano la legge di Snell, dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.
Lo svolgimento della prova consiste nel generare onde sismiche (di compressione per le Vp e di taglio per le onde Vs) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure acquisite prevede l'analisi del tempo impiegato dal segnale generato a raggiungere ciascun geofono, secondo la metodologia del reciproco globale (PALMER, Derecke. *An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation. Geophysics*, 1981, 46.11: 1508-1518.)
Classicamente, per la ricostruzione delle variazioni di velocità delle onde di compressione nel sottosuolo, è necessario eseguire più energizzazioni in posizioni differenti.

Inversione tomografica
Come detto, le misure effettuate in configurazione di rifrazione sismica sono state elaborate con la procedura tomografica, al fine di evidenziare in dettaglio le variazioni locali di velocità, nonché la potenziale presenza di livelli di inversione.
La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo, simulandone la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico; a tale scopo viene eseguita una procedura iterativa che alterna le due seguenti fasi:

- Fase "diretta": vengono calcolati, sul modello sintetico, i tempi di arrivo dell'impulso sismico (*smartTomo è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 (1991): 59-67*).
- Fase "inversa": i tempi sintetici calcolati nel passo "diretto" vengono confrontati con i tempi misurati; le differenze tra questi tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (*smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle "Simultaneous Iterative Reconstruction Technique"*);

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori.

Geometria degli stendimenti

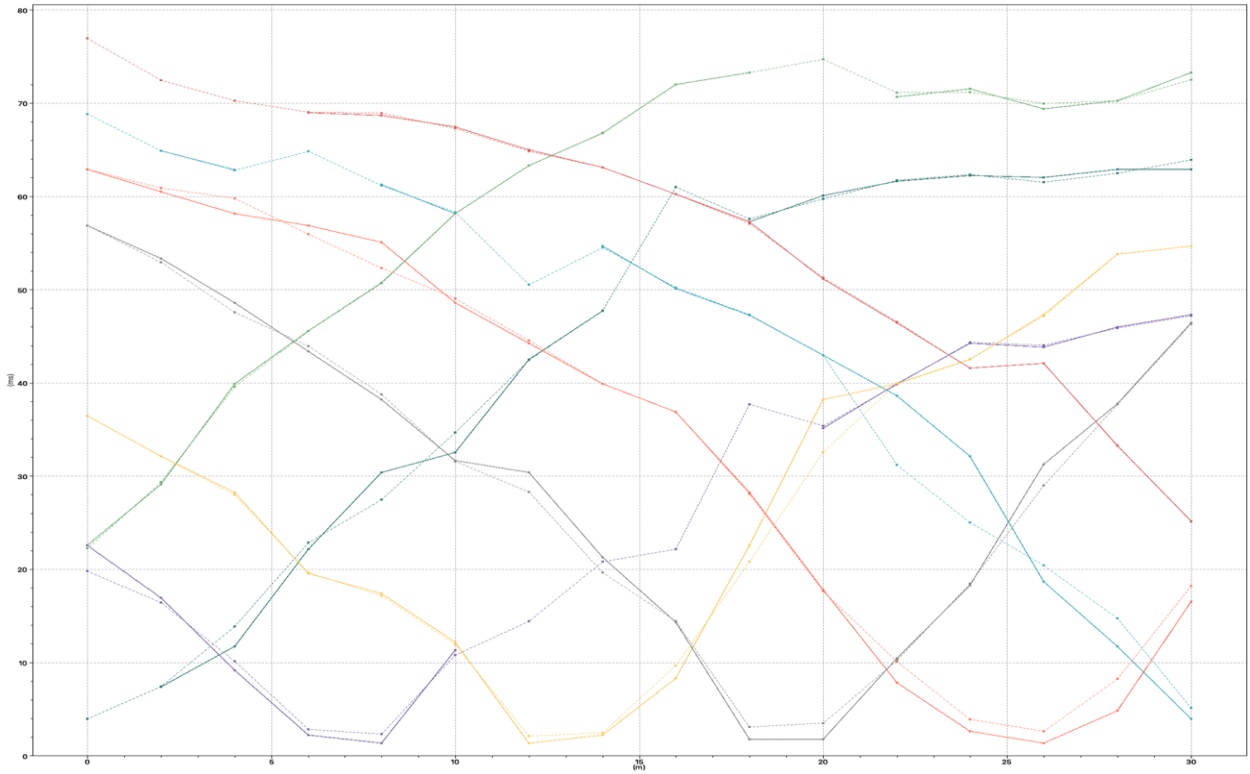
E' stata posizionata una linea ("Linea 1" – Foto 5) avente spaziatura intergeofonica di 2 metri ed una lunghezza strumentata di 30 metri.



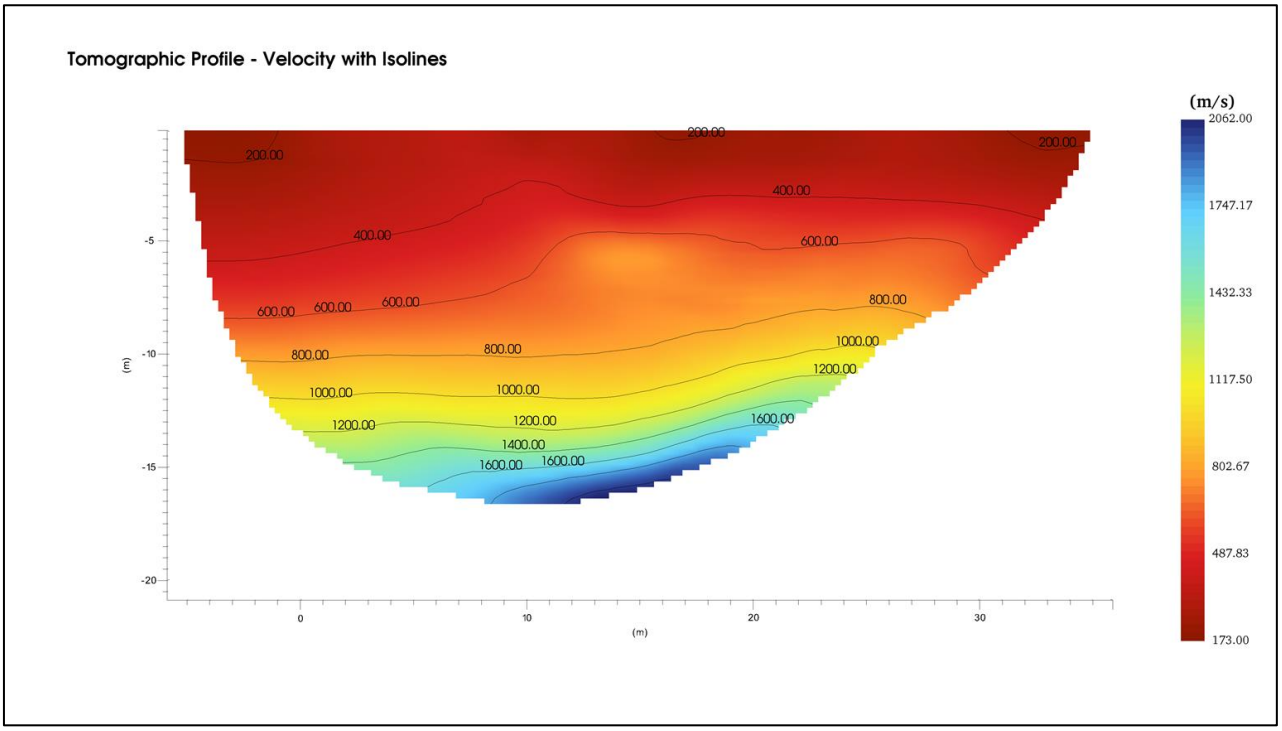
Foto 9: linea di acquisizione sismica presso la sede comunale di Via Salvi n°4.

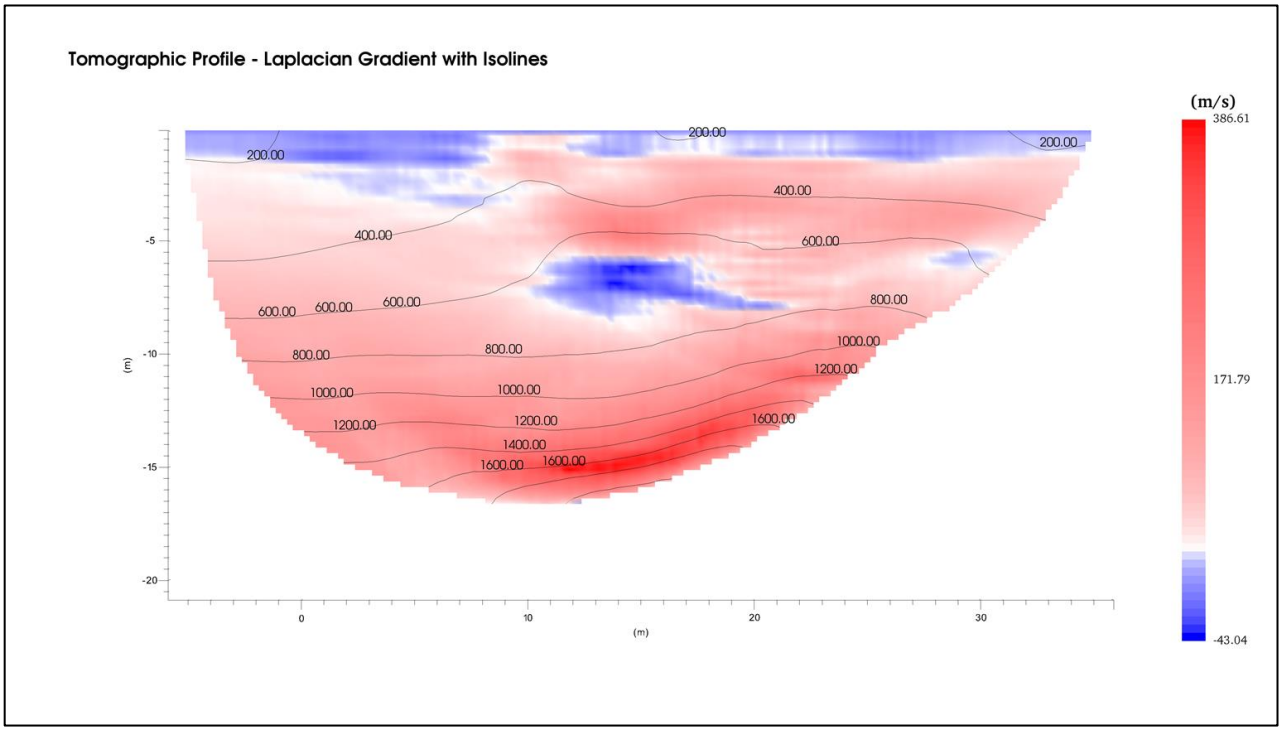
Risultati del sondaggio – Linea 1

Prova sismica a rifrazione con onde di compressione (Vp)



Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it





Interpretazione del segnale acquisito

L'indagine sismica tomografica evidenzia la presenza di circa 15 metri di materiali caratterizzati da velocità medio-basse tipiche di terreni da scarsamente a mediamente addensati. E' evidente una anomalia negativa di velocità a circa 9 metri di profondità e

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

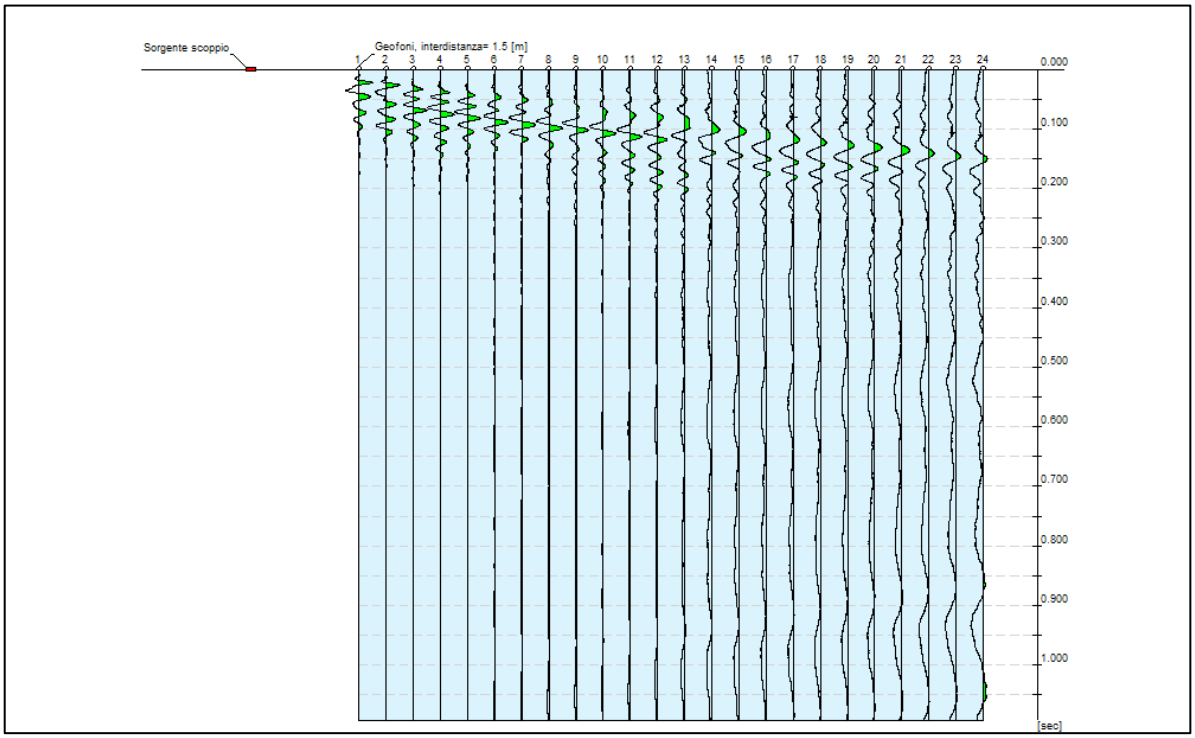
posizionata a circa 12 metri dall'inizio della linea di acquisizione, attribuibile ad una lente meno consistente rispetto al terreno presente nel suo intorno.
Lo studio del gradiente di velocità ha permesso, infine, di individuare a circa 15 metri di profondità, al limite del dominio indagato, un incremento nei valori di Vp, corrispondente al crescente grado di addensamento dei terreni alluvionali del comparto.

- ***Esecuzione di una stesa sismica di tipo M.A.S.W.***

Anche l'indagine MASW rappresenta una prospezione indiretta attiva, in grado di misurare la velocità di fase delle onde sismiche di superficie. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato, ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. Il comportamento della propagazione delle onde sismiche in profondità dà origine a fenomeni di trasformazione delle stesse in base al materiale attraversato.
Lo svolgimento della prova consiste nel generare un treno di onde sismiche (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso un apposito software che, dal campionamento dello spettro F/V e F/K del segnale registrato, ricostruisce la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo genetico, che procede alla ricerca del modello capace di minimizzare l'errore rispetto alle misure effettuate.
I geofoni vengono disposti equidistanti ed allineati l'uno rispetto all'altro, mentre le energizzazioni vengono eseguite in posizione esterna rispetto alla linea sismica.

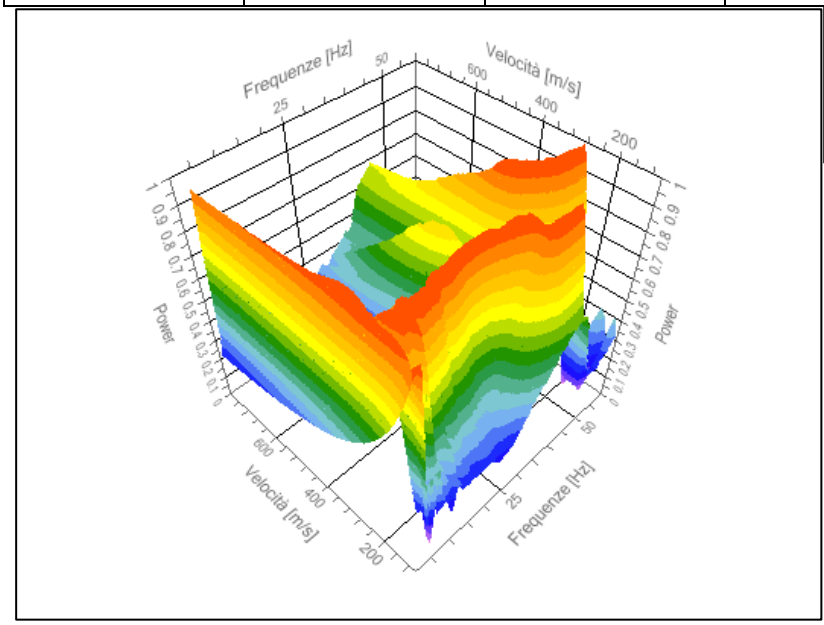
Nome linea	Tipologia	Lunghezza (m)	Spaziatura (m)	Durata acquisizione	Periodo di campionamento
1	1D-MASW	30.00	2.0	1093.6	0.267

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it



ANALISI SPETTRALE

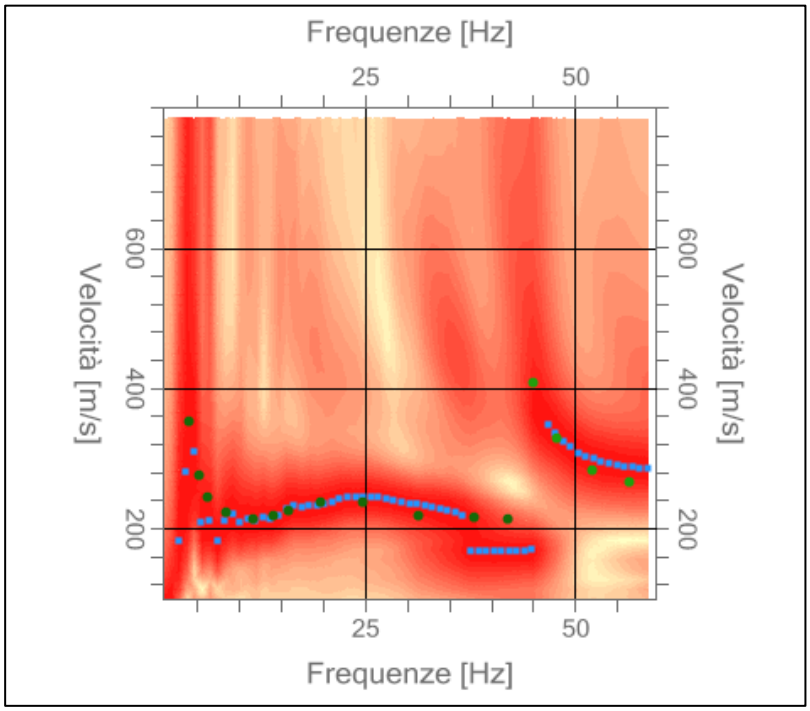
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	Frequenza massima di elaborazione [Hz]	Velocità minima di elaborazione [m/sec]	Velocità massima di elaborazione [m/sec]	Intervallo velocità [m/sec]
1	60	100	800	1



Spettro Velocità di fase - Frequenze

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.0	353.1	0
2	5.3	275.6	0
3	6.2	244.6	0
4	8.6	224.0	0
5	11.8	213.7	0
6	14.2	218.8	0
7	15.9	226.6	0
8	19.8	236.9	0
9	24.8	236.9	0
10	31.4	218.8	0
11	37.9	216.2	0
12	42.0	213.7	0
13	45.1	407.4	1
14	47.9	329.9	1
15	52.0	283.4	1
16	56.5	265.3	1



Spettro Velocità di fase - Frequenze

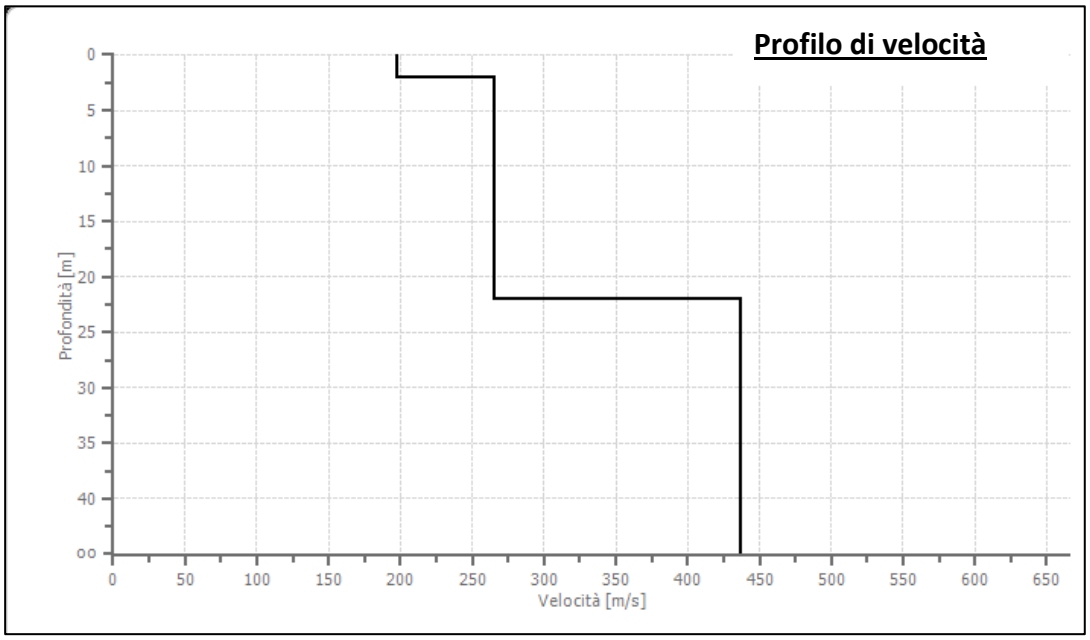
Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

INVERSIONE

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.00	2.00	0.3	No	369.0	197.2
2		22.00	22.00	0.3	Sì	495.8	265.0
3		oo	oo	0.3	Sì	816.7	436.5

Percentuale di errore: 2.339 %

Fattore di disadattamento della soluzione: 0.113



RISULTATI

Profondità piano di posa [m]	VsEQ = Vs30 [m/sec]	Categoria del suolo
P.C.	296,59	C

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

6- Modello geotecnico di sito

I rilevamenti e le indagini svolte hanno consentito di ben dettagliare le caratteristiche sedimentologiche, idrogeologiche e geotecniche degli orizzonti sedimentari dell'ambito oggetto di questa trattazione.

Quanto finora esposto viene di seguito schematizzato, sintetizzando i parametri acquisiti sui diversi orizzonti attraversati nei comparti indagati, il tutto al fine di rendere, secondo le indicazioni normative di cui al D.M. 17/01/2018, un primo modello geotecnico dell'area vasta all'interno della quale è previsto l'intervento di mitigazione idraulica:

P.C. ÷ - 3,40 metri:

Densità relativa	62.48 %
Angolo di resistenza al taglio	31,8°
Coesione non drenata	4.5 KPa
Classificazione AGI	MODERATAMENTE ADDENSATO
Peso unità di volume	1.91 t/m^3
Peso unità di volume saturo	2.12 t/m^3
Modulo di Young	220.00 Kg/cm^2
Modulo di Poisson	0.3

Da – 3,40 metri ÷ - 5,50 metri:

Densità relativa	42.10 %
Angolo di resistenza al taglio	31°
Coesione non drenata	4.8 KPa
Classificazione AGI	MODERATAMENTE ADDENSATO
Peso unità di volume	1.79 t/m^3
Peso unità di volume saturo	1.93 t/m^3
Modulo di Young	166.25 Kg/cm^2
Modulo di Poisson	0.32

Da – 5,50 metri ÷ - 6,10 metri (lente a granulometria fine dominante):

Densità relativa	54.08 %
Angolo di resistenza al taglio	28.6°
Coesione non drenata	2.1 KPa
Classificazione AGI	MODERATAMENTE ADDENSATO
Peso unità di volume	1.67 t/m^3
Peso unità di volume saturo	1.87 t/m^3
Modulo di Young	185.00 Kg/cm^2
Modulo di Poisson	0.31

Da – 6,10 metri ÷ - 15,00 metri [fine sondaggio]:

Densità relativa	39.24 %
Angolo di resistenza al taglio	31.9°
Coesione non drenata	7.2 KPa
Classificazione AGI	MODERATAMENTE ADDENSATO
Peso unità di volume	1.92 t/m^3
Peso unità di volume saturo	2.08 t/m^3
Modulo di Young	140.00 Kg/cm^2
Modulo di Poisson	0.33

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

7- Rispondenza alla normativa sismica

I riferimenti legislativi relativi al terreno di fondazione sono dati dal recente D. M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” (e relativa circolare applicativa n° 7 del 21/01/2019), nonché, in merito alla zonizzazione sismica del territorio, dalla D.G.R n° n° 216 del 17/03/2017.
Il D. M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel §7.11.3.1. In assenza di tali analisi, per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento ed a tal fine lo stesso D. M. definisce cinque categorie di suolo principali (Tabella 1), discriminate in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_S, oppure attraverso relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Categoria	Descrizione
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.

Tabella 1: categorie di suolo principali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Devono essere definite inoltre le condizioni topografiche, ossia la pendenza dell’area sulla quale sarà realizzato l’intervento e la sua morfologia; nel D. M. sono definite 4 condizioni topografiche, come indicato nella Tabella 3.

Per quanto riguarda invece le strutture che saranno realizzate, il D. M. prevede che ne venga definita la Vita Nominale (Vn), ossia il numero di anni nei quali l’opera, purché soggetta a manutenzione ordinaria, debba poter essere usata per lo scopo al quale è destinata (Tabella 4), e la Classe d’Uso, definita in funzione dell’affollamento umano che ospiterà o della destinazione d’uso che avrà (Tabella 5).

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

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

Tabella 3: categorie topografiche, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Tipi di costruzioni		Vita nominale (Vn – in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o d'importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza	≥ 100

Tabella 4: vita nominale delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Classe	Definizione
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico; dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 5: classi delle opere strutturali, così come definite dal D. M. 17/01/2018.

Le forme spettrali, che definiscono la pericolosità sismica locale, previste dal D. M. 17/01/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F0 = 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento, sulla base del quale risulta suddiviso l'intero territorio nazionale, e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- ag il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F0 e Tc* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dal D. M. scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dal D. M. 17/01/2018 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento; a tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione (prodotto tra valore della Vita Nominale della struttura e Coefficiente d'uso della stessa, funzione della classe d'Uso),
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento (PVR) associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

- *Caratteristiche sismiche locali*

Il territorio del Comune di Sestri Levante risulta inserito all'interno degli ambiti regionali classificati in *zona sismica 3*, associati ad una Pga = 0,15g, secondo la nuova zonizzazione del territorio ligure (D.G.R n° 216 del 17/03/2017).
In base alle Norme Tecniche di cui al D. M. 17/01/2018 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate; le zone sismiche hanno significato da un punto di vista amministrativo.
In funzione delle indagini dirette ed indirette svolte, con particolare riferimento al valore di VsEQ acquisito, pari a 296,59 m/sec, si evince come il suolo di fondazione rientri nella categoria "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.".
La categoria del suolo di fondazione e le condizioni topografiche dell'area oggetto d'intervento sono riportate in Tabella 6.

Sito	Cat. Suolo	Cond. Top.
1	C	T1

Tabella 6: categoria di suolo di fondazione e condizioni topografiche della stessa area.

Sulla scorta dei di tutte le valutazioni effettuate in precedenza è possibile determinare per ciascuno stato limite considerato i rispettivi valori del tempo di ritorno (TR), di accelerazione massima al suolo (ag), di valore massimo del fattore di amplificazione dello

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

spettro in accelerazione orizzontale (F0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (Tc*), come riportato in Tabella 8.

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.034	2.511	0.208
S.L.D.	50.0	0.042	2.526	0.235
S.L.V.	475.0	0.108	2.412	0.285
S.L.C.	975.0	0.143	2.387	0.288
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni				

Tabella 8: valori dei parametri sismici ricavati per ogni stato limite considerato (SLO: Sato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di Vulnerabilità; SLC: Stato limite di Collasso).

- *Considerazioni relative al fenomeno della liquefazione dei terreni*

La vigente normativa tecnica per il progetto di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche richiede che, in fase di scelta della localizzazione del sito di costruzione, sia accertato che i terreni di fondazione in esso presenti siano esenti da pericolo di liquefazione, cioè diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative e conseguente possibile collasso delle strutture.
Le fattispecie e le età dei sedimenti presenti presso l'area di indagine e soprattutto i dati derivanti dalle indagini dirette e sismiche (VsEQ registrata e relativa categoria di suolo) porterebbero ad escludere tale verifica.
Si ritiene, tuttavia, corretto proporre una verifica del potenziale di liquefazione dei terreni basato sul metodo presentato da Kayen et al. (2013), basato sulla normalizzazione dei dati di Vs acquisiti.
Considerando una Magnitudo Momento di riferimento Mw = 6.48 per Lat. 44°18'; Lon. 10°28' (dati: CPTI04 - maggio 2004 dell'INGV) ed una percentuale di limo e/o argilla compresa tra il 5% e il 35% (*condiziona maggiormente cautelativa rispetto a quanto riscontrato, in quanto, al crescere della percentuale fine, le curve rappresentate in basso risulterebbero rappresentate sempre più alla sinistra del grafico*) è stato calcolato il coefficiente di sicurezza (previa una "normalizzazione" dei dati ottenuti per riportarli alla magnitudo di riferimento).
La velocità delle onde sismiche viene ricondotta ad un valore Vs1, ovvero ad un valore normalizzato ad una tensione efficace pa = 100 kPa attraverso la relazione:

$$VS1 = CV*VS = VS*(pa/\sigma'_{V0})^{0.25}$$

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Tale formulazione, per il livello a minor Vs registrata, ovvero pari a 197,2 m/sec nei primi 2 metri di profondità dal p.c., ha portato ad un calcolo della Vs1 = 239,40 m/s.
Il valore ottenuto, relazionato al grafico risultante riportato nella seguente Figura 7, dimostra come non sussista un potenziale rischio di liquefazione nei terreni di fondazione.

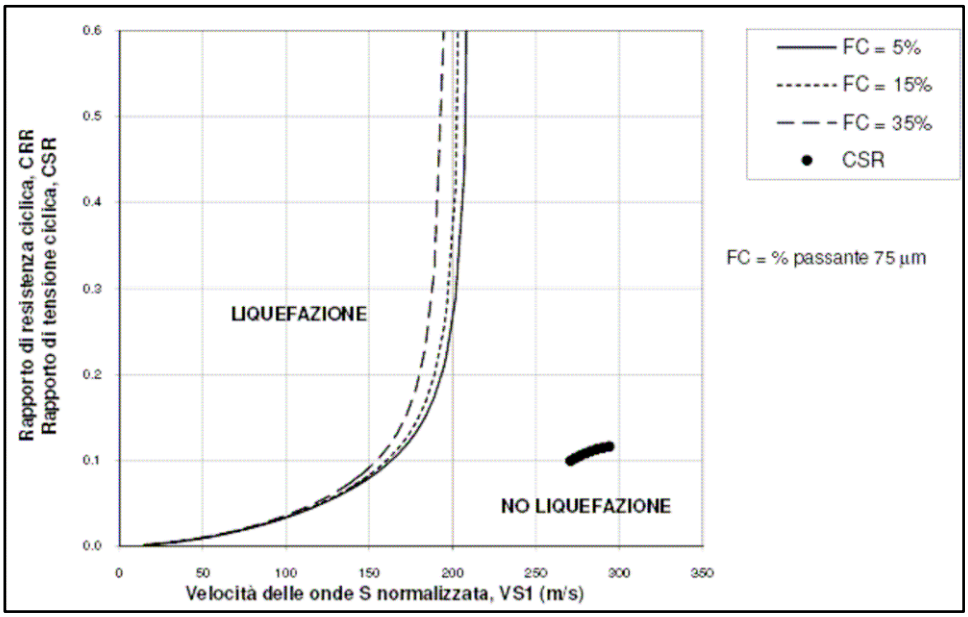


Figura 8: valutazione del potenziale di liquefazione derivante dall'acquisizione e normalizzazione dei valori di Vs registrati.

8- Conclusioni

Da quanto emerso in sede di rilevamento geologico, geomorfologico e idrogeologico, e dalla campagna di indagini geognostiche realizzata, nonché dai dati di bibliografia a disposizione, è possibile ritenere quanto a progetto realizzabile, anche alla luce della sua conformità rispetto a quanto previsto dal Piano di Bacino della Provincia di Genova Ambito 17 – Torrente Gromolo e alle norme di attuazione del P.U.C. del Comune di Sestri Levante.
Le indagini bibliografiche in possesso dello scrivente, descritte nel Paragrafo 5, hanno permesso di ricostruire una prima caratterizzazione stratigrafico-geotecnica attendibile del comparto ed in particolare dei primi livelli, all'interno dei quali verrà eseguito l'adeguamento del canale proposto.
Questo, infatti, interagirà con i potenti livelli di alluvionali recenti, localmente rimaneggiati talvolta con la sovrapposizione di terreni di riporto per la realizzazione delle antropizzazioni del comparto.

Via Antica Romana Occidentale 3/4
16039 - Sestri Levante (GE)
Tel.: +39 338 6079760 - Fax: +39 0187 816486
e-mail: gvdebellis@gmail.com
pec: g.debellis@epap.sicurezzapostale.it

Particolare attenzione dovrà essere posta, nel merito della attività di scavo e adeguamento del canale tombinato al di sotto degli ambiti di San Bartolomeo e Via Mons. Vattuone, alle attività di scavo, per via della potenziale interazione con i livelli sommitali della falda, attesta mediamente a ≈ -1,5 metri dal p.c.
Infine, dalla valutazione eseguita circa il potenziale di liquefazione delle alluvioni presenti in situ non emerge alcuna criticità in ordine a tale evenienza.

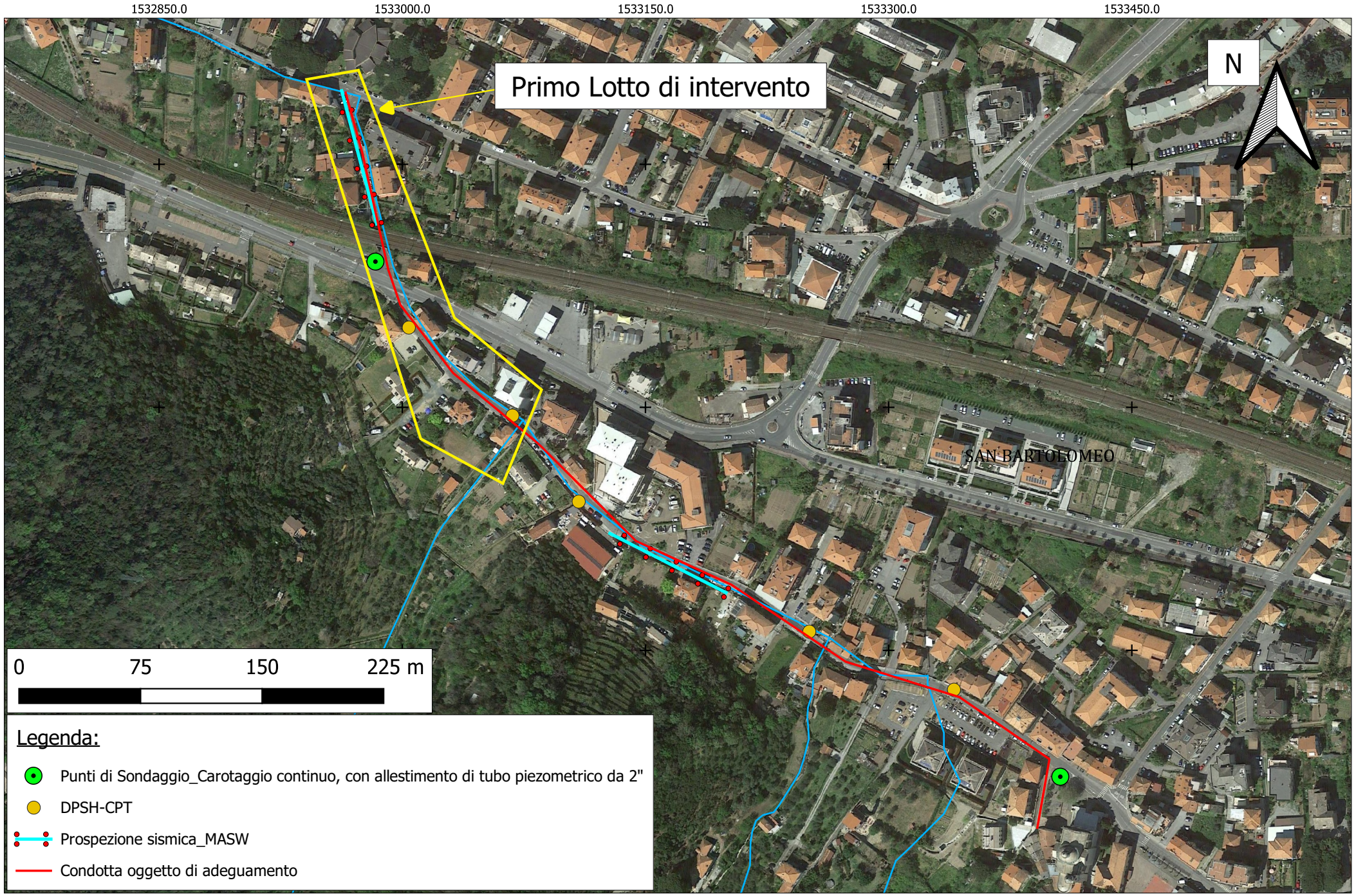
Al fine di pervenire alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica sito-specifica per la successiva fase di progettazione definitiva, si propone di seguito la campagna geognostica ritenuta maggiormente corretta in relazione alle caratteristiche progettuali e tipologiche previste, con particolare riferimento al primo lotto funzionale oggetto di finanziamento (Allegato 1). In particolare, proprio per il primo Lotto, si ritiene corretta la seguente sequenza di accertamenti:

- N° 1 sondaggio a carotaggio continuo della lunghezza nominale di metri 10, all'interno dei quali procedere all'esecuzione di n° 4 prove S.P.T. per foro e l'inserimento di un tubo piezometrico.
  Durante le fasi di carotaggio si prevede, inoltre, il prelievo di almeno n° 4 campioni di terreno da sottoporre a specifiche indagini di laboratorio geotecnico, volte, in particolare, alla definizione dei parametri indice (granulometria, Peso di Volume, Peso di Volume saturo, densità, Limiti di Atterberg) e dei caratteri geotecnici specifici, attraverso prove di taglio diretto in condizioni drenate o non-drenate, in funzione dell'interazione, o meno, con il livello di falda.
- Esecuzione di n° 2 prove dirette di tipo DPSH e/o, dove possibile, CPT (prove penetrometriche statiche) per l'implementazione della caratterizzazione geotecnica dei terreni alla base del canale tombinato.
- N° 1 stesa sismica di tipo M.A.S.W. per la verifica stratigrafica di ambito e per l'acquisizione del valore univoco di VsEQ.

Dott. Geol. Giovanni DEBELLIS



ALLEGATO 1: PLANIMETRIA TECNICA SU BASE ORTOFOTO DEL SETTORE IN OGGETTO, CON INDICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHEDA PREVISTE. SCALA 1:3.000 - SISTEMA DI RIFERIMENTO GAUSS BOAGA



ALLEGATO 2: SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA - TIPO 1. SCALA 1:50

Legenda:

- Alluvioni recenti costituite da ghiaie sabbiose in matrice limosa debolmente argillosa
- Ingombro nuova tombinatura a progetto (sezione netta L=150 cm - H=130 cm)
- Posizione indicativa tracciato Telecom esistente (ingombro cameretta)
- Possibile ubicazione nuove linee di fognatura nera necessaria a seguito intervento a progetto (competenza IRETI S.p.A.)
- Posizione indicativa fognatura nera esistente interferente con la nuova canalizzazione

