Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183 275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.com
n.231 Ordine geologi Regione Liguria

GEOLOGIA APPLICATA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia

COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITÀ PRODUTTIVA RICETTIVA
AI SENSI DELL'ART. 10 DELLA L.R. N.10/2012

RELAZIONE GEOLOGICA

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione

Richiedente: Sig. Marco Rovea, Legale Rappresentante del Campeggio "Il Pozzo".

Progetto: Arch. Francesca Fabiano, Via San Maurizio 9, Imperia

Il Tecnico
Dott. Geol.Giorgio Ligorini



Ottobre 2023

INDICE

1. INTRODUZIONE 3
1.1 Finalità dello studio 3
1.2 Descrizione dell'intervento 3
1.3 Indagini geologiche eseguite 3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI 4
2.1 Decreto 17.01.2018 e Circolare C.S.LL.PP. 21.01.2019 n.7 4
2.2 Analisi della cartografia del Piano di Bacino 4
2.3 Delibera Giunta Regionale n.507 del 21/06/2019 4
3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO 4
3.1 Ubicazione ed uso attuale dell'area 4
3.2 Lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici 4
4. ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI 5
4.1 Indagini geognostiche pregresse 5
4.2 Prospezioni sismiche a rifrazione 6
4.3 Prospezioni sismiche MASW 8
4.4 Categoria di sottosuolo e parametri di deformazione 9
5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA 10
5.1 Assetto stratigrafico - idrogeologico dell'area di intervento 10
5.2 Caratterizzazione geotecnica e geomeccanica 11
6. ASPETTI GEOLOGICO TECNICI 12
6.1 Analisi della pericolosità geologica e geomorfologica 12
6.2 Analisi della pericolosità idraulica ed idrogeologica 12
6.3 Disposizioni generali 12
7. MODELLAZIONE SISMICA 13
7.1 Azione sismica 13
7.2 Verifica alla liquefazione 13
8. CONCLUSIONI 14

TAVOLE		**SCALA**
1	Inquadramento geografico	1: 10.000
2	Piano di Bacino – Carta della suscettività al dissesto	1: 10.000
3	Piano di Bacino – Carta delle fasce fluviali	1:5.000
4	Carta del reticolo idrografico regionale	1: 10.000
5	Inquadramento geologico	1: 5.000
6	Carta di analisi	1: 500
7	Sezioni geologiche interpretative	1: 200
8	Prospezioni sismiche a rifrazione	1 :200
9	Prospezioni sismiche MASW	-

1. INTRODUZIONE

1.1 Finalità dello studio

La presente relazione geologica e sismica rientra nell'ambito di un progetto per l'ampliamento del Campeggio Il Pozzo sito in Via Salvemini, nel comune di San Lorenzo al Mare (IM). Le finalità dell'indagine sono state:

- Fornire i lineamenti geologici e geomorfologici.
- Valutare le condizioni di pericolosità geologica dell'area in esame.
- Definire il modello geologico ed idrogeologico locale.
- Fornire la modellazione sismica del sito e la pericolosità sismica di base.

1.2 Descrizione dell'intervento

Il progetto in esame prevede la realizzazione dei seguenti lavori per l'ampliamento del campeggio "Il Pozzo":

- La demolizione ed il rifacimento di un muro di sostegno, attualmente in precarie condizioni di stabilità, di altezza media pari a circa 3.0 metri e lunghezza pari a 90 metri che corre lungo il confine di monte dell'attuale campeggio.
- La realizzazione di un magazzino interrato avente dimensioni planimetriche pari a 15.0 x 10.0 metri.
- La realizzazione di una piscina interrata avente dimensioni planimetriche pari a 15.0 x 9.0 metri e di una struttura che ospiterà gli spogliatoi ed i bagni costituito da un volume avente dimensioni planimetriche pari a circa 8.5 x 4.1 metri.
- La realizzazione di una struttura fuori terra che ospiterà i bagni che avrà dimensioni planimetriche pari a 8.5 x 4.2 metri
- L'installazione di sei casette mobili aventi un'estensione pari a 33 e 28 metri quadrati.
- La realizzazione di due aree ristoro collegate da una passerella pedonale; l'area ristoro più a monte sarà costituita da un piano fuori terra ed avrà dimensioni pari a 10.2 x 3.4 metri, mentre quella più a valle sarà costituita da due piani fuori terra, collegati da una scala esterna, ed avrà dimensioni pari a 5.1 x 8.2 metri.
- La costruzione di un nuovo muro di contenimento per la realizzazione di un accesso al lotto dalla strada presente immediatamente a monte della proprietà.
- La realizzazione di una nuova viabilità interna e la sistemazione del terreno pertinenziale.

1.3 Indagini geologiche eseguite

L'indagine geologica ha previsto le seguenti attività:

- Verifica dei dati disponibili in bibliografia specializzata.
- Rilievi geologici di superficie.

- Revisione delle indagini geognostiche realizzate dallo scrivente in adiacenza al lotto di intervento.
- Tre prospezioni sismiche a rifrazione
- Due prospezioni sismiche MASW

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Decreto 17.01.2018 e Circolare C.S.LL.PP. 21.01.2019 n.7

La redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo è regolata dal Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni" (noto anche come NTC 2018) e dalla successiva Circolare esplicativa n.7 del 21 gennaio 2019 che prevedono, tra i vari elaborati, la stesura di due relazioni specialistiche sugli aspetti geologici, sismici e geotecnici definite "Relazione geologica" e "Relazione geotecnica".

Il presente documento costituisce la "Relazione geologica" e comprende sia la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC 2018) che la pericolosità sismica di base del sito di costruzione (par. 3.2 delle NTC 2018).

2.2 Analisi della cartografia del Piano di Bacino

L'area in esame rientra nell' "*Ambito di bacino n.5 Prino – San Lorenzo"* e ricade in corrispondenza delle seguenti classi di rischio delle cartografie di sintesi del piano territoriale:

Carta della suscettività al dissesto: area Pg0 (Aree a pericolosità e suscettività alta).

Carta delle Fasce fluviali: area esterna alle fasce fluviali.

2.3 Delibera Giunta Regionale n.507 del 21/06/2019

Il lotto oggetto di intervento ricade all'esterno delle fasce di tutela del reticolo idrografico regionale.

3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

3.1 Ubicazione ed uso attuale dell'area

Il terreno di proprietà insiste al piede di un versante mediamente acclive, esposto a sud est, che degrada nella piana alluvionale del Torrente San Lorenzo, ad una quota di circa 15 m s.m.l.; il lotto di terreno, un tempo adibito alla coltivazione in serra, si colloca in un'area mediamente urbanizzato caratterizzata dalla presenza di edifici residenziali e condominiali, aree destinate ad orti e giardini e appezzamenti utilizzati come deposito.

3.2 Lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici

Secondo quanto riportato in bibliografia specializzata, ed in particolare sulla Carta Geologica Regionale (progetto CARG) in scala 1: 25.000, il substrato geologico di base è rappresentato dal membro di San Lorenzo "FSM_4" appartenente alla Formazione del Flysch di Sanremo, costituito da strati arenaceo argillitico marnosi con rare intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso arenacei.

Lungo il lotto di intervento l'originario substrato geologico è mascherato dalla presenza di terreni

di riporto e di copertura utilizzati per la realizzazione dei terrazzamenti e di depositi alluvionali del Torrente San Lorenzo, costituiti in prevalenza da ghiaia sabbiosa e argillosa con sottili lenti argillose e limose.

Dal punto di vista geomorfologico, l'intervento insiste su un pendio mediamente acclive, organizzato secondo due ampi terrazzamenti, che degrada nella piana alluvionale; i rilievi di superficie hanno individuato un esteso quadro fessurativo lungo il paramento ed un importante fenomeno di scalzamento del piede del muro di contenimento oggetto di rifacimento. Le cause predisponenti il dissesto sono imputabili principalmente alle scadenti caratteristiche costruttive dell'opera di sostegno e ad un superficiale ed inadeguato sistema fondazionale impostato su terreno dotato di scadenti caratteristiche geotecniche. Nell'area di studio non sono stati individuati fenomeni franosi ed erosivi in atto o quiescenti e nel complesso si rilevano buone condizioni di stabilità.

In merito all'assetto idrogeologico, la situazione stratigrafica precedentemente delineata individua superficialmente la presenza dei terreni di copertura e dei depositi alluvionali caratterizzati da permeabilità media per porosità. I terreni di copertura poggiano sulla roccia di substrato che costituisce un acquifero permeabile per fratturazione nel quale la circolazione dell'acqua sotterranea avviene lungo le discontinuità primarie (stratificazione) e/o acquisite (fratture e faglie). In tale acquifero il deflusso delle acque segue percorsi tortuosi e difficilmente individuabili. Sebbene durante il sopralluogo non siano state individuate emergenze idriche o opere di captazione, sono possibili locali circolazioni idriche sotterranee in corrispondenza dei terreni di copertura e lungo il contatto con il tetto del substrato roccioso, solitamente meno permeabile.

4. ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI

4.1 Indagini geognostiche pregresse

Per lo svolgimento dell'incarico sono stati inizialmente esaminati i risultati di una campagna geognostica realizzata dallo scrivente nell'anno 2020 relativa all'ampliamento del cimitero comunale, ubicato a circa 90 metri dal lotto di intervento, che ha previsto l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica superpesante e una prospezione sismica a rifrazione.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE

L'indagine ha permesso di individuare il seguente assetto stratigrafico

STRATO	PROF. (m)	N_{20}	B	N_{SPT}	V.C.A.	φ
1	0.0 – 2.0	3.8	1.52	5.8	6	24.5°
2	2.0 – 4.4	5.7	1.52	8.7	9	26.5°
3	4.4 – 5.0	18	1.52	27.4	27	35°
4	5.0 – 6.0	7.4	1.52	11.2	11	28°

Legenda: $N_{20=}$ numero di colpi medio per un avanzamento di 20 cm; B= coefficiente di correlazione con la prova SPT; N_{SPT}= numero di colpi prova SPT; V.C.A. = valore caratteristico Nspt assunto.

Non è stata rilevata la presenza di falda all'interno del foro di sondaggio

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Dall'analisi dei dati ottenuti è stato individuato il seguente assetto sismo-stratigrafico:

- Il primo strato, rilevato fino ad una profondità pari a circa 2.0 metri rispetto al locale piano campagna, è caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 331 m/s e può essere attribuito alla presenza di terreno di riporto e ad una coltre detritica poco addensata.
- Segue, fino ad una profondità di circa 5.5 metri, uno strato caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 612 m/s, attribuibile alla presenza di una coltre detritica molto addensata.
- Oltre tale profondità è presente un terzo strato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 1497 m/s, correlabile con la presenza di un substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie.

4.2 Prospezioni sismiche a rifrazione

Le indagini in campo hanno previsto l'esecuzione di tre stendimenti sismici a rifrazione elaborati con metodo reciproco generalizzato (GRM); per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un sismografo "DoReMi" della società Sara Instruments S.r.l. e geofoni con frequenza pari a 4.5 Hz, mentre per la generazione degli impulsi elastici è stata utilizza una massa battente (mazza con testa da 8.0 kg) usando come strumento di contrasto una piastra circolare in polimero appoggiata al suolo.

I profili sismici sono stati così distribuiti:

Profilo St1: in corrispondenza del terrazzamento che ospiterà la piscina

Profilo St2: al piede del muro di contenimento oggetto di rifacimento

Profilo St3: sul terrazzamento sul quale verrà realizzato il magazzino interrato.

La tabella seguente riporta le caratteristiche geometriche degli stendimenti:

Prova	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° energizzazioni	Spaziatura geofoni (m)	n° geofoni
St1/2/3	22.0	2.0	26.0	5	2.0	12

(offset: distanza punto energizzazione dal primo geofono).

Dall'analisi dei dati ottenuti sono stati individuati i seguenti assetti sismo-stratigrafici:

Stendimento sismico St1

- Il primo strato, di spessore pari a circa 1.5 - 2.0 metri rispetto al locale piano campagna, è caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 312 m/s e può essere attribuito a terreni di riporto e ad una coltre detritica in condizioni di media densità.
- Segue, fino alla profondità di circa 4.5 metri, uno strato caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 1063 m/s che può essere attribuito a terreni di copertura (coltre detritica molto addensata e depositi alluvionali) passanti al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

- Oltre tale profondità la velocità delle onde sismiche, pari a 1703 m/s, è correlabile alla presenza di un substrato roccioso in buone condizioni geomeccaniche.



Foto 1: Esecuzione prospezione sismica St1.

Stendimento sismico St2

- Il primo strato, di spessore pari a circa 2.0 metri rispetto al locale piano campagna, è caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 339 m/s e può essere attribuito a terreni di riporto e ad una coltre detritica in condizioni di media densità.
- Segue, fino alla profondità di 5.0 metri, uno strato caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 864 m/s che può essere attribuito a terreni di copertura (coltre detritica molto addensata e depositi alluvionali) passanti al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.
- Oltre tale profondità la velocità delle onde sismiche, pari a 2394 m/s, è correlabile alla presenza di un substrato roccioso in ottime condizioni geomeccaniche.

Stendimento sismico St3

- Il primo strato, di spessore pari a circa 2.5 metri rispetto al locale piano campagna, è caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 291 m/s e può essere attribuito a terreni di riporto e di copertura in condizioni di media densità.
- Segue, fino alla profondità di 6.0 metri, uno strato caratterizzato da una velocità delle onde sismiche pari a 1047 m/s, che può essere attribuito a terreni di copertura (coltre detritica molto addensata) passanti al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.
- Oltre tale profondità la velocità delle onde sismiche, pari a 1931 m/s, è correlabile alla presenza di un substrato roccioso in buone condizioni geomeccaniche.



Foto 2: Esecuzione prospezione sismica St3

4.3 Prospezioni sismiche MASW

Le prospezioni sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) hanno avuto lo scopo di individuare il profilo della velocità delle onde sismiche di taglio nel sottosuolo e, secondo i dettami delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, definire di conseguenza la "classe di sottosuolo", elemento necessario per la valutazione della struttura in condizioni sismiche. L'indagine è stata così articolata:

- Disposizione di 12 geofoni (ricevitori), aventi frequenza pari a 4.5 Hz, lungo lo stesso allineamento degli stendimenti St1 ed St3
- Generazione di una perturbazione sismica mediante l'utilizzo di una mazza battente su una piastra appoggiata al suolo.
- Acquisizione dei segnali sismici mediante un sismografo modello "Do.Re.Mi." prodotto dalla società Sara Electronic Instruments S.r.l. di Perugia.
- Elaborazione dei dati mediante il software "MASW" della società Sara Electronic Instruments S.r.l. di Perugia.

Il profilo delle velocità Vs indicati negli elaborati grafici allegati individua i seguenti modelli di riferimento ubicati indicativamente al centro degli stendimenti:

Prospezione sismica MASW 1

Profondità strato (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
0.0 – 2.0	250	612
4.7 – 6.4	520	1273
>6.4	700	1540

Dall'analisi del modello, interpretato sulla base dei dati geologici disponibili, si evince:

- L'orizzonte compreso tra il piano campagna e la profondità di 2.0 corrisponde a terreni di riporto e ad una copertura detritica in condizioni di media densità.
- Lo strato compreso tra 2.0 e 5.0 metri è attribuibile alla presenza di terreni di copertura molto addensati (coltre detritica e depositi alluvionali) passanti al cappellaccio di alterazione.
- A partire dalla profondità di 5.0 metri la velocità delle onde di taglio è correlabile con la presenza del substrato roccioso di base.

Prospezione sismica MASW 2

Profondità strato (m)	Vs (m/s)
0.0 – 2.0	250
5.3 – 6.1	520
>6.1	700

Dall'analisi del modello, interpretato sulla base dei dati geologici disponibili, si evince:

- L'orizzonte compreso tra il piano campagna e la profondità di 2.0 corrisponde a terreni di riporto e ad una copertura detritica in condizioni di media densità.
- Lo strato compreso tra 2.0 e 5.0 metri è attribuibile alla presenza di terreni di copertura molto addensati (coltre detritica e depositi alluvionali) passanti al cappellaccio di alterazione.
- A partire dalla profondità di 5.0 metri la velocità delle onde di taglio è correlabile con la presenza del substrato roccioso di base.

4.4 Categoria di sottosuolo e parametri di deformazione

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Secondo il nuovo approccio ordinato dalle NTC 2018, la "Velocità equivalente delle onde di taglio" Vs,eq va calcolata negli "strati" a tetto del basamento rigido di riferimento, ovvero del primo orizzonte in cui Vs > 800 m/s, secondo la seguente formula:

$$Vseq = H / ((h1/v1) + (h2/v2) + \ldots..(hi/vi))$$

Dove:
H = profondità del basamento
Hi = spessore dell'iesimo strato
vi = velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato

Per il calcolo della Vs,eq è stato adottato l'assetto sismo stratigrafico in corrispondenza del piano campagna, utilizzando i valori delle onde sismiche di taglio ottenute dalle prospezioni sismiche MASW eseguite, che hanno fornito un valore della Vs,eq compresa tra 360 e 800 m/s. Facendo riferimento alla Tabella 3.2.II delle Norme Tecniche sulle costruzioni 2018, si assegna una **Categoria di sottosuolo "B"** così definita "B ovvero "*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").

PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

Per la definizione dei principali parametri di deformazione sono state utilizzate correlazioni con il valore della velocità delle onde sismiche Vp e Vs rilevate in sito:

- Modulo di taglio $G_0 = \gamma/g \cdot Vs^2$. Facendo riferimento a diagrammi riportati in bibliografia specializzata è stato considerato un fattore riduttivo di sicurezza pari a G = 0.2*G0.
- Modulo di Young $E = 2\ G\ (1+\nu)$
- Modulo edometrico $Ed = E\ ((1-\nu) / ((1+\nu)\ (1-2\ \nu))$
- Modulo di Poisson ν = da bibliografia specializzata.
- Coefficiente di winkler w: da bibliografia specializzata.

Legenda: γ = peso di volume, g = accelerazione di gravità, Vs: vel. onde S, Vp: vel. onde P.

I dati di ingresso sono stati ricavati dall'analisi critica delle risultanze delle prospezioni sismiche MASW:

Strato	Litologia	Vs (m/s)	Vp (m/s)	γ (t/m^3)
1	Terreni di riporto e coltre detritica	200	420	1800
2	Terreni di copertura molto addensati e cappellaccio	410	990	2000
5	Substrato roccioso	680	1700	2400

In base alle correlazioni di cui sopra, si riporta quanto segue:

Strato	ν	G (kg/cmq)	E (kg/cmq)	Ed (kg/cmq)	w (kg/cmc)
1	0.40	147	411	882	4-5
2	0.38	686	1894	3545	8-10
3	0.37	2265	6206	10976	15

5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

5.1 Assetto stratigrafico - idrogeologico dell'area di intervento

Le indagini svolte presso il sito in esame hanno permesso di definire il seguente modello geologico riferito al piano campagna, meglio evidenziato nelle sezioni geologiche interpretative allegate.

1° Strato: superficialmente, fino ad una profondità di circa 2.0 – 2.5 metri, si individua la presenza di terreni di riporto costituiti da materiale granulometricamente eterogeneo e di una coltre detritica costituita da argilla ghiaiosa da poco a mediamente consistenti

2° Strato: seguono, fino ad una profondità di circa 4.5 – 6.0 metri, una coltre detritica molto consistente ed i depositi alluvionali ghiaioso limosi passanti al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

3° Strato: oltre tale profondità le velocità delle onde sismiche sono correlabili con la presenza del substrato roccioso in condizioni geomeccaniche medie.

In merito all'assetto idrogeologico, durante il sopralluogo non è stata rilevata la presenza della falda freatica.

5.2 Caratterizzazione geotecnica e geomeccanica

In base alla revisione critica delle indagini svolte ed a quanto reperito in bibliografia specializzata si riportano qui di seguito i parametri geotecnici "medi" ed i "valori disaggregati" per l'elaborazione e la determinazione dei "Valori caratteristici" di progetto per i calcoli geotecnici strutturali:

LITOTIPO	PARAMETRI GEOTECNICI MEDI	
Terreno di riporto e di copertura da poco a mediamente addensato	φ = 26° - 27°	
	c = 0 – 0.1	Kg/cmq
	γ = 1.7 – 1.8	t/mc
	G = 150	kg/cmq
	E = 400	kg/cmq
	Ed = 800	kg/cmq
	w = 4-5	kg/cmq
	ν = 0.40	kg/cmc
Terreni di copertura e depositi alluvionali molto addensati passanti al cappellaccio di alterazione	φ = 28° - 32°	
	c = 0 – 0.15	Kg/cmq
	γ = 1.8 – 1.9	t/mc
	G = 650	kg/cmq
	E = 1800	kg/cmq
	Ed = 3500	kg/cmq
	w = 8-10	kg/cmq
	ν = 0.38	kg/cmc
Substrato roccioso	φ = 30° - 35°	
	c = 0.5 – 1.0	Kg/cmq
	γ = 1.9 – 2.1	t/mc
	G = 2200	kg/cmq
	E = 6200	kg/cmq
	Ed = 10000	kg/cmq
	w = 15	kg/cmq
	ν = 0.37	kg/cmc

LEGENDA: φ: angolo di attrito - c: coesione efficace - γ: peso di volume - G: modulo di taglio – E: modulo elastico – Ed: modulo edometrico - w: Coefficiente di Winkler – ν: modulo di Poisson.

6. ASPETTI GEOLOGICO TECNICI

Vengono qui di seguito riportate le raccomandazioni di carattere geologico tecnico ritenute necessarie per un corretto dimensionamento delle strutture. Occorre tuttavia evidenziare che i seguenti indirizzi geologico tecnici hanno la sola finalità di guidare le scelte progettuali in quanto, ai sensi della normativa vigente, il dimensionamento delle opere di fondazione e di sostegno e la definizione delle modalità di sbancamento, elaborate sulla base della "modellazione geotecnica del sito", sono di esclusiva competenza del Progettista.

6.1 Analisi della pericolosità geologica e geomorfologica

Secondo gli elaborati di progetto, sono previsti sbancamenti di altezza massima pari a circa 4.5 metri per la realizzazione del piano interrato del magazzino e di circa 2.0 metri per la preparazione del piano di fondazione della piscina.

In generale, dovranno essere evitati in assoluto fronti di scavo verticali in quanto si potrebbero verificare crolli di materiale improvvisi coinvolgenti le strutture ed il personale operante in cantiere; tutti gli scavi dovranno pertanto essere sagomati conferendo alle scarpate una pendenza inferiore a 60° e prevedendo opere di contenimento provvisionali (sbadacchiature in legname o puntoni in acciaio).

Per quel che riguarda il magazzino interrato occorrerà prevedere la realizzazione di una paratia di micropali lungo il fronte di scavo allo scopo di garantire adeguate condizioni di sicurezza ed evitare interferenze con il pendio a monte. In alternativa potrà essere valutato uno sbancamento secondo almeno due campioni con immediata realizzazione delle opere di contenimento definitive al termine dello scavo di ciascun tratto attendendo i tempi di maturazione del cemento armato prima di procedere allo scavo del campione successivo.

Lo sbancamento a campioni dovrà essere previsto anche per i movimenti terra necessari per la preparazione del piano di fondazione della piscina in quanto si svilupperanno in prossimità del piede di un alto muro di sostegno.

I movimenti terra dovranno essere eseguiti in un periodo di scarse precipitazioni ed in caso di precipitazioni meteoriche i fronti di scavo dovranno essere protetti con teli impermeabili.

6.2 Analisi della pericolosità idraulica ed idrogeologica

Le acque provenienti dalle nuove superfici impermeabili dovranno essere regimate e convogliate nella più vicina rete di raccolta delle acque piovane; in assenza di un recapito delle acque bianche, le acque raccolte dovranno essere convogliate in una vasca di raccolta utilizzandole successivamente per altri scopi quali ad esempio l'irrigazione del fondo.

6.3 Disposizioni generali

Per garantire la corretta esecuzione dell'intervento, sarà indispensabile l'assistenza geologica alla Direzione Lavori per i lavori di sbancamento, di fondazione e di regimazione idraulica da parte di un geologo abilitato.

7. MODELLAZIONE SISMICA

7.1 Azione sismica

Si riporta qui di seguito l'azione sismica calcolata ai sensi del Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni":

Magazzino: Latitudine: 43.855365 - Longitudine: 7.960182 (Coordinate WGS84)

Piscina: Latitudine: 43.855523 - Longitudine: 7.960464 (Coordinate WGS84)

Classe dell'edificio: II Affollamento significativo....

Vita nominale: 50

Stato limite	**Tr (anni)**	**a_g (g)**	**Fo**	**Tc* (s)**
Operatività (SLO)	30	0.027	2.569	0.184
Danno (SLD)	50	0.039	2.630	0.208
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.150	2.431	0.289
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.202	2.471	0.305

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

	SLO	**SLD**	**SLV**	**SLC**
Ss (amplificazione stratigrafica)	1.20	1.20	1.20	1.17
Cc (Coeff. Funz. Categoria)	1.54	1.51	1.41	1.39
St (amplificazione topografica)	1.20	1.20	1.20	1.20

Stabilità dei pendii e fondazioni

Coefficienti	**SLO**	**SLD**	**SLV**	**SLC**
Kh	0.008	0.011	0.052	0.081
Kv	0.004	0.006	0.026	0.041
Amax (m/s^2)	0.376	0.549	2.120	2.851
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

7.2 Verifica alla liquefazione

La normativa vigente impone che il sito dove sono ubicati i manufatti debba essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine la perdita di resistenza al taglio in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in seguito ad una sollecitazione da un'azione sismica. L'analisi è stata eseguita mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo basato su metodi semplificati che definiscono un coefficiente di sicurezza dato come rapporto tra la resistenza a taglio mobilitata nello strato e lo sforzo di taglio indotto dall'evento sismico. In particolare, le verifiche sono state eseguite mediante il metodo di Andrus e Stokoe che utilizza il valore della velocità delle onde di taglio (Vs).

Valori di ingresso riferiti al piano campagna:

Velocità onde sismiche: da indagine MASW

Profondità falda: 4.0 metri (valore cautelativo)

Peso di volume: 1.0 – 2.0 m = 1.8 gr/cmc
2.0 – 6.0 m = 2.0 gr/cmc

Magnitudo attesa: 6.5

A max/g: 0.216 (allo S.L.V.)

Rd: coefficiente riduzione rigidezza del sottosuolo (Rd = 1- 0.00765·z per z < 9.15 m e Rd = 1.174 – 0.0265·z per 9.15 m < z < 23 m).

Prof. (m)	Prof. Falda (m)	γ (gr/cmc)	Vs (m/s)	M	a_{max}/g	Rd	LIQUEFACIBILE
1	4.0	1.8	200	6.5	0.216	0.9923	NO
2	4.0	1.8	200	6.5	0.216	0.9847	NO
3	4.0	2.0	410	6.5	0.216	0,9770	NO
4	4.0	2.0	410	6.5	0.216	0,9694	NO
5	4.0	2.0	410	6.5	0.216	0,9617	NO
6	4.0	2.0	410	6.5	0.216	0,9541	NO

8. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica e sismica rientra nell'ambito di un progetto per l'ampliamento del Campeggio Il Pozzo sito in Via Salvemini, nel comune di San Lorenzo al Mare (IM). In seguito agli accertamenti geologico geomorfologici si può affermare quanto segue:

COMPATIBILITA' CON LE NORME DEL PIANO DI BACINO

Carta della suscettività al dissesto: l'intervento ricade in una zona classificata come Pg0 (aree a suscettività bassa). L'intervento risulta compatibile con le norme del Piano di Bacino

Carta delle fasce fluviali: l'intervento ricade all'esterno delle fasce fluviali.

RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE

Le opere in progetto ricadono all'esterno delle fasce di tutela della rete idrografica.

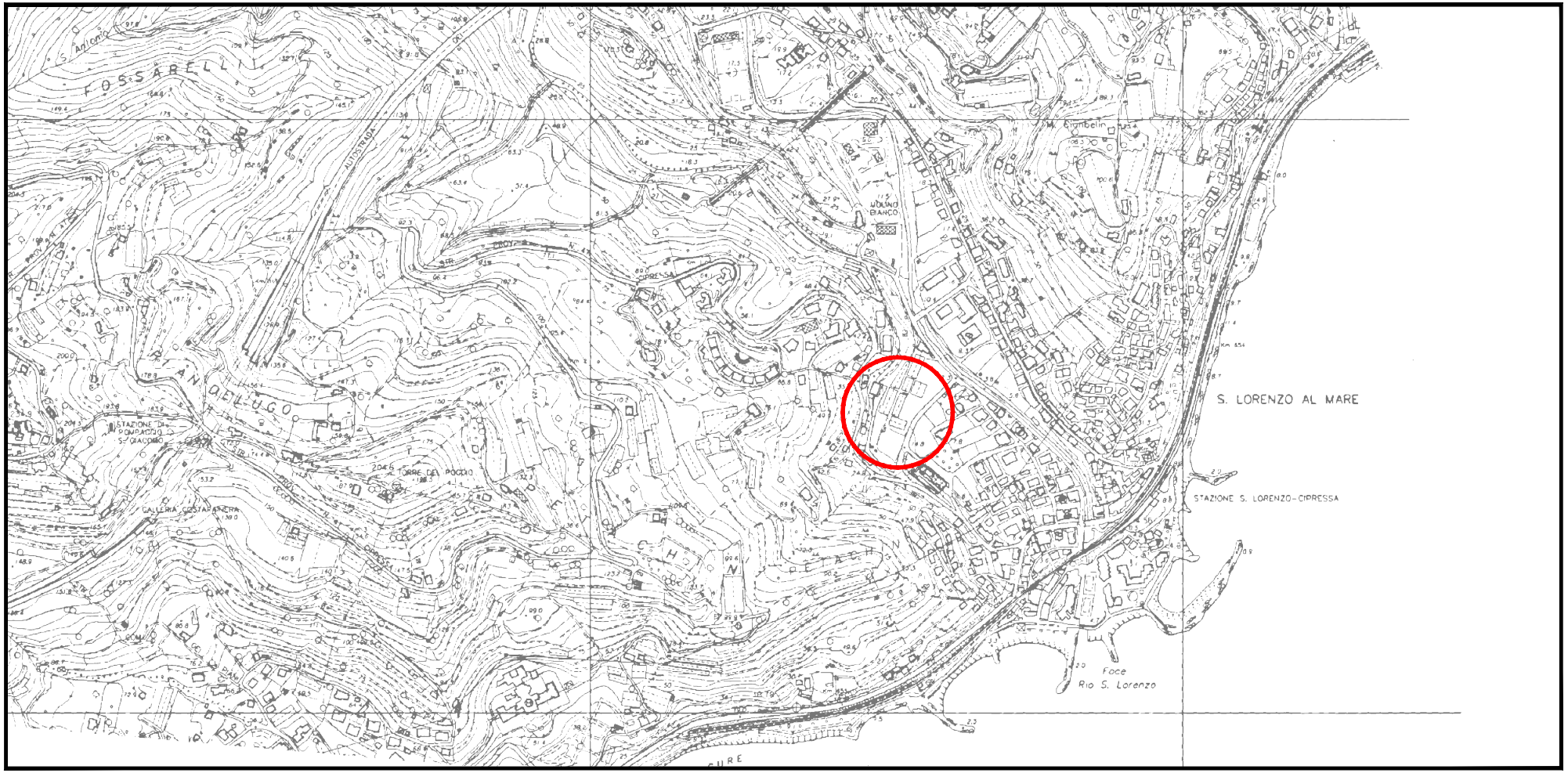
FATTIBILITA' GEOLOGICA

È verificata la fattibilità geologico tecnica delle opere in progetto, se realizzate e dimensionate secondo le indicazioni ed i parametri di cui ai paragrafi precedenti, in quanto non interferiscono con il regime delle acque superficiali e sotterranee e non determinano incrementi del rischio idrogeologico.

Imperia, lì 12 ottobre 2023

Il Tecnico:
Dott. Geol. Giorgio Ligorini





Area oggetto di intervento

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

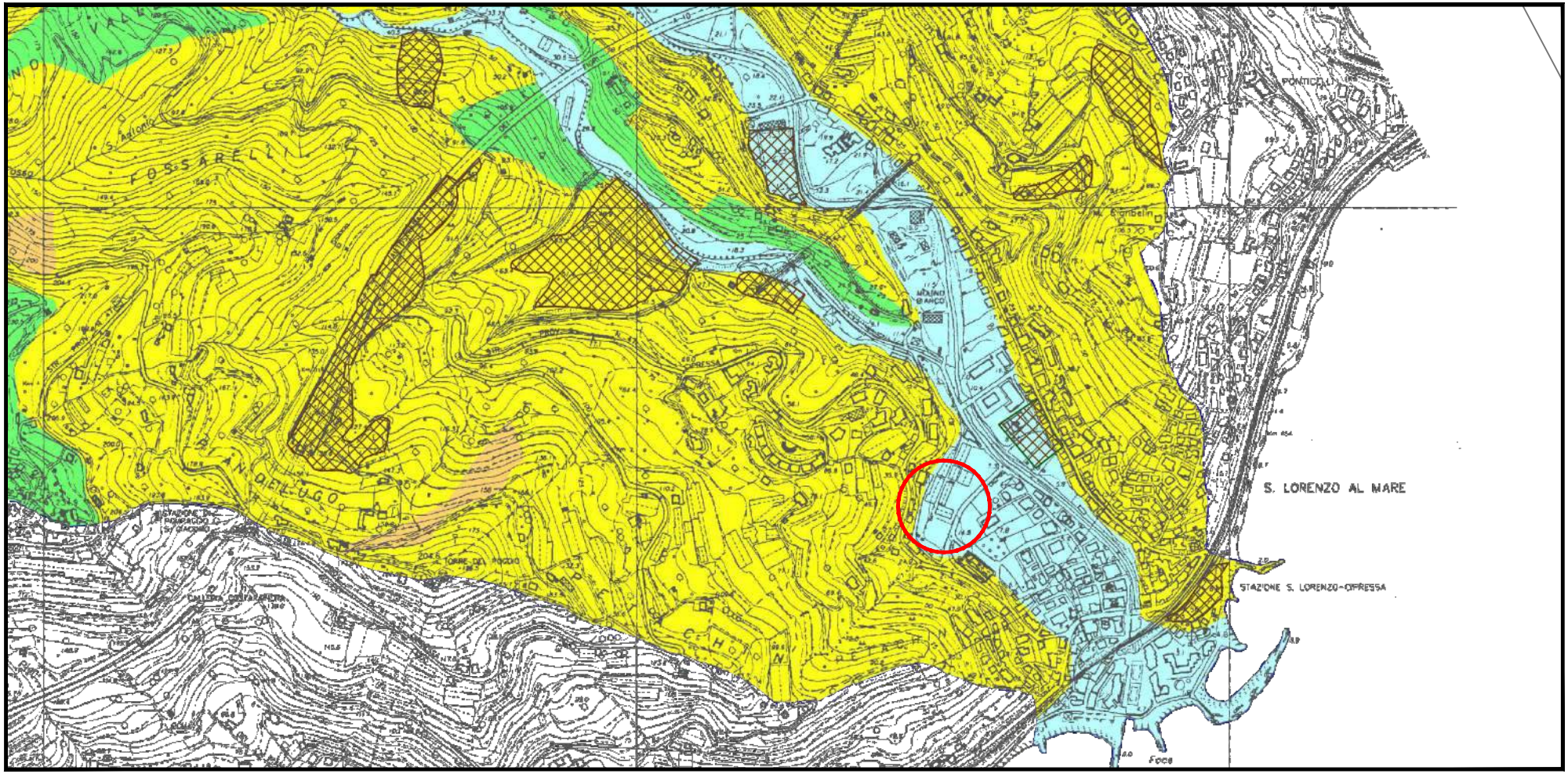
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

SCALA: 1:10.000

DATA: Ottobre 2023

FILE: 1 rov_inq.dwg

N.TAVOLA: **1**



Area oggetto di intervento

Pg0 Area a pericolosità e suscettività molto bassa

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

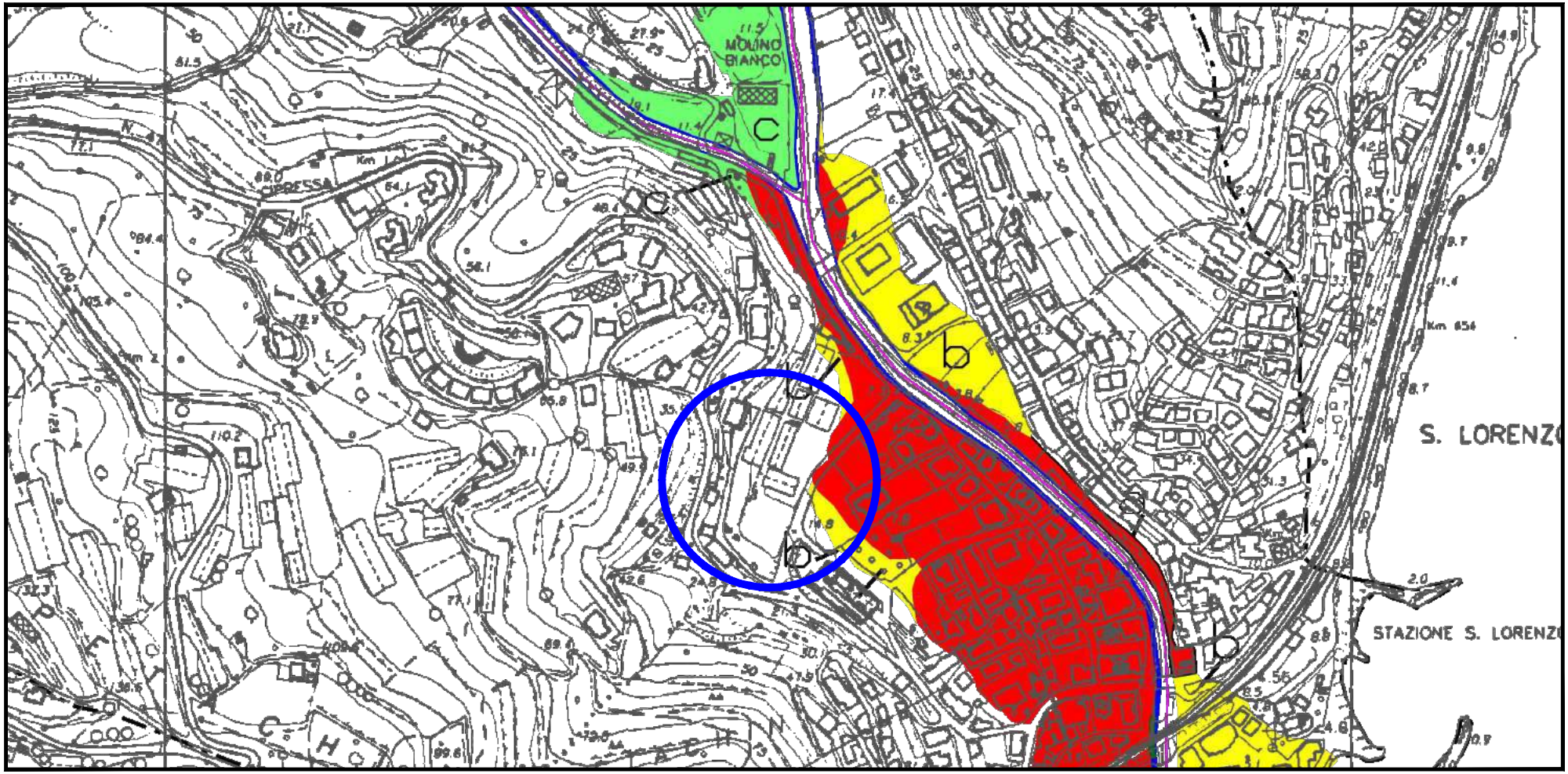
PIANO DI BACINO - AMBITO N.5 PRINO - SAN LORENZO
Carta della suscettività al dissesto

SCALA: 1:10.000

DATA: Ottobre 2023

FILE: 2 rov_sus.dwg

N.TAVOLA: **2**



Area oggetto di intervento

Area esterna alle fasce fluviali

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

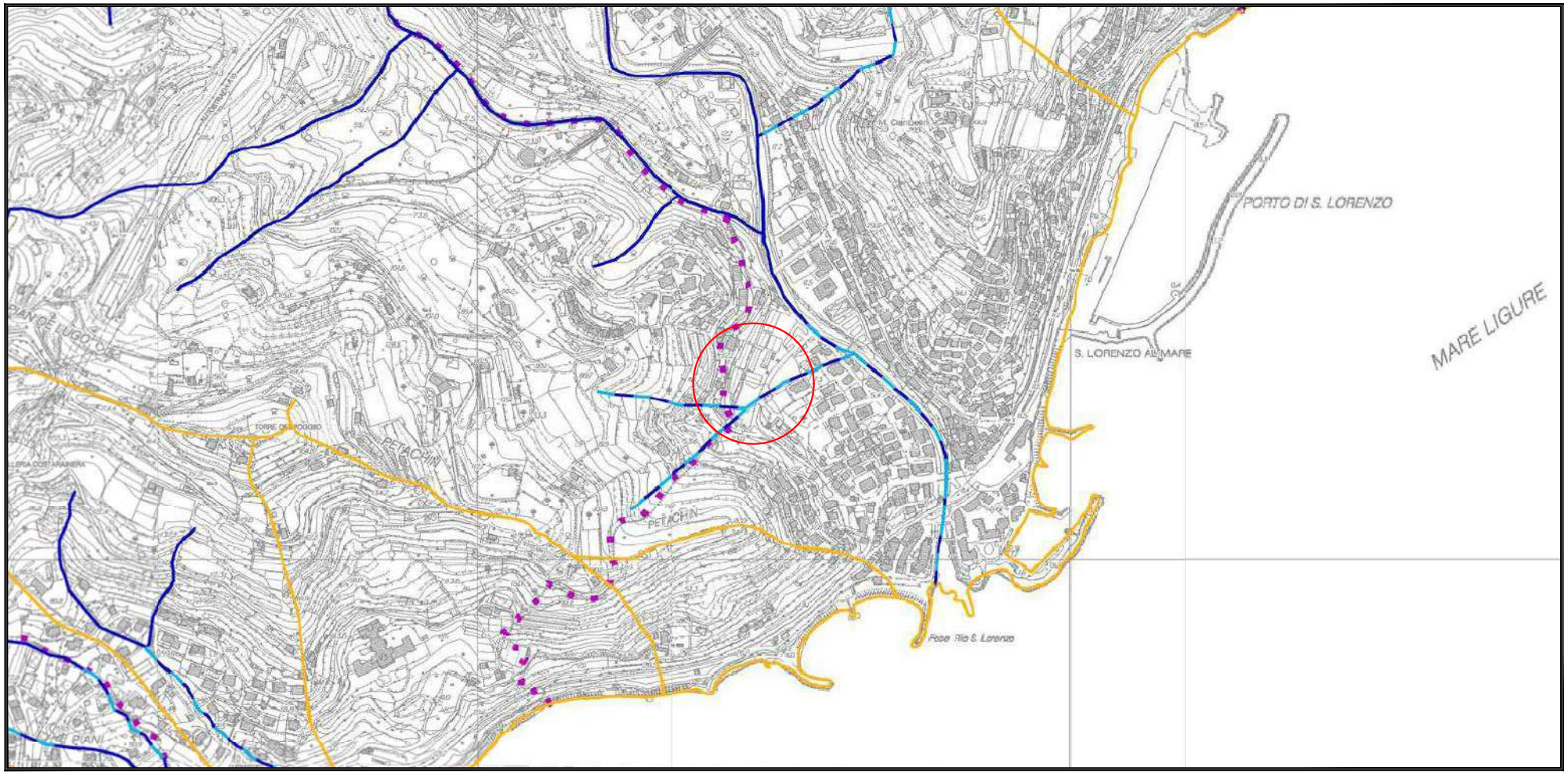
PIANO DI BACINO - AMBITO N.5 PRINO - SAN LORENZO
Carta delle fasce inondabili

SCALA: 1:5.000

DATA: Ottobre 2023

FILE: 3 rov_fas.dwg

N.TAVOLA: **3**



Area di intervento

Reticolo idrografico

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE
D.G.R.507 del 21/06/2019 - Allegato 1

SCALA: 1:10.000

DATA: Ottobre 2023

FILE: 4 rov_ret.dwg

N.TAVOLA: **4**

Area di intervento

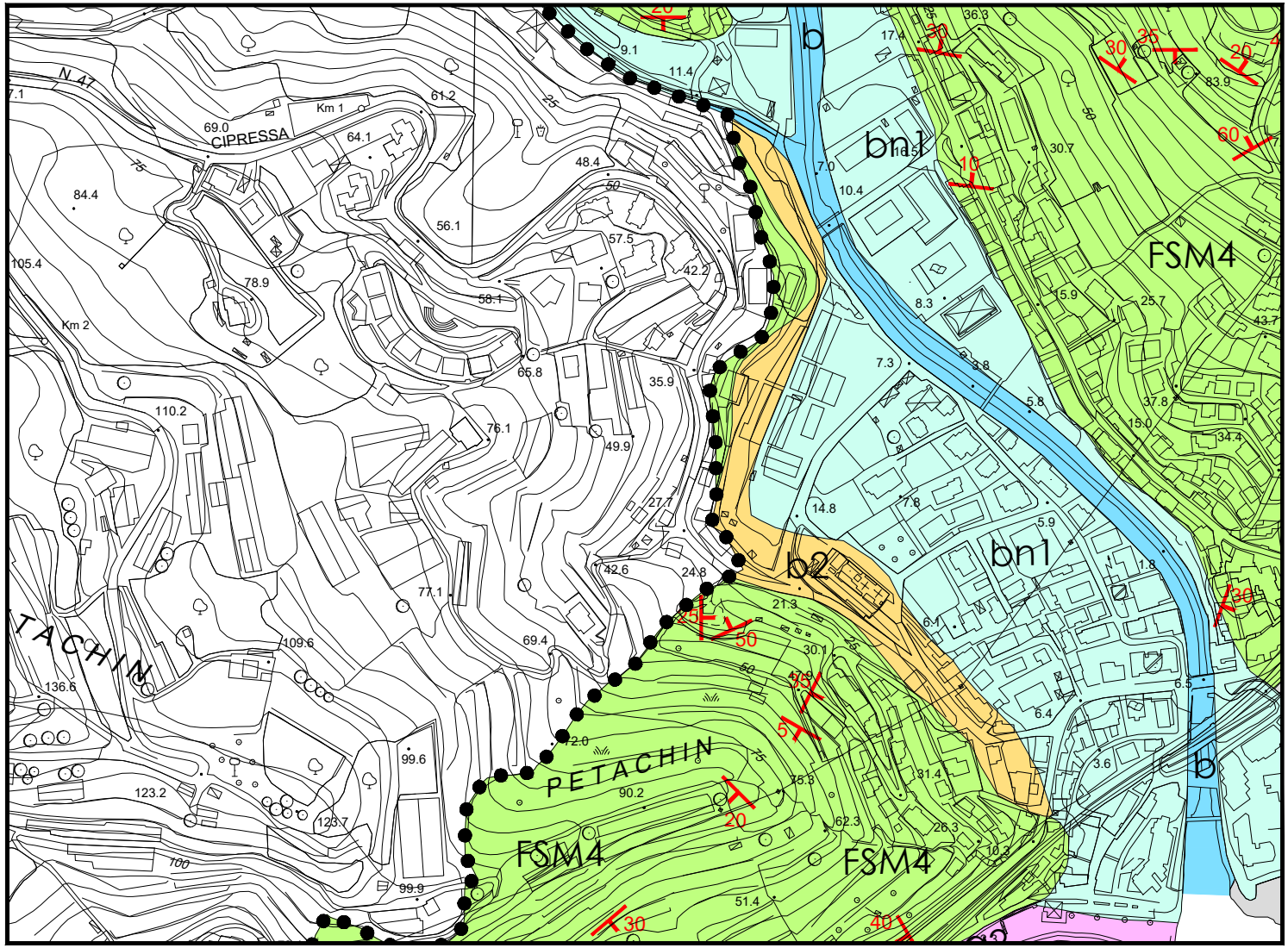
b2 — Coltre detritica

b — Depositi alluvionali attuali

bn1 — Depositi alluvionali terrazzati

FSM4 — Flysch di Sanremo
Membro di San Lorenzo

Giacitura strati



Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

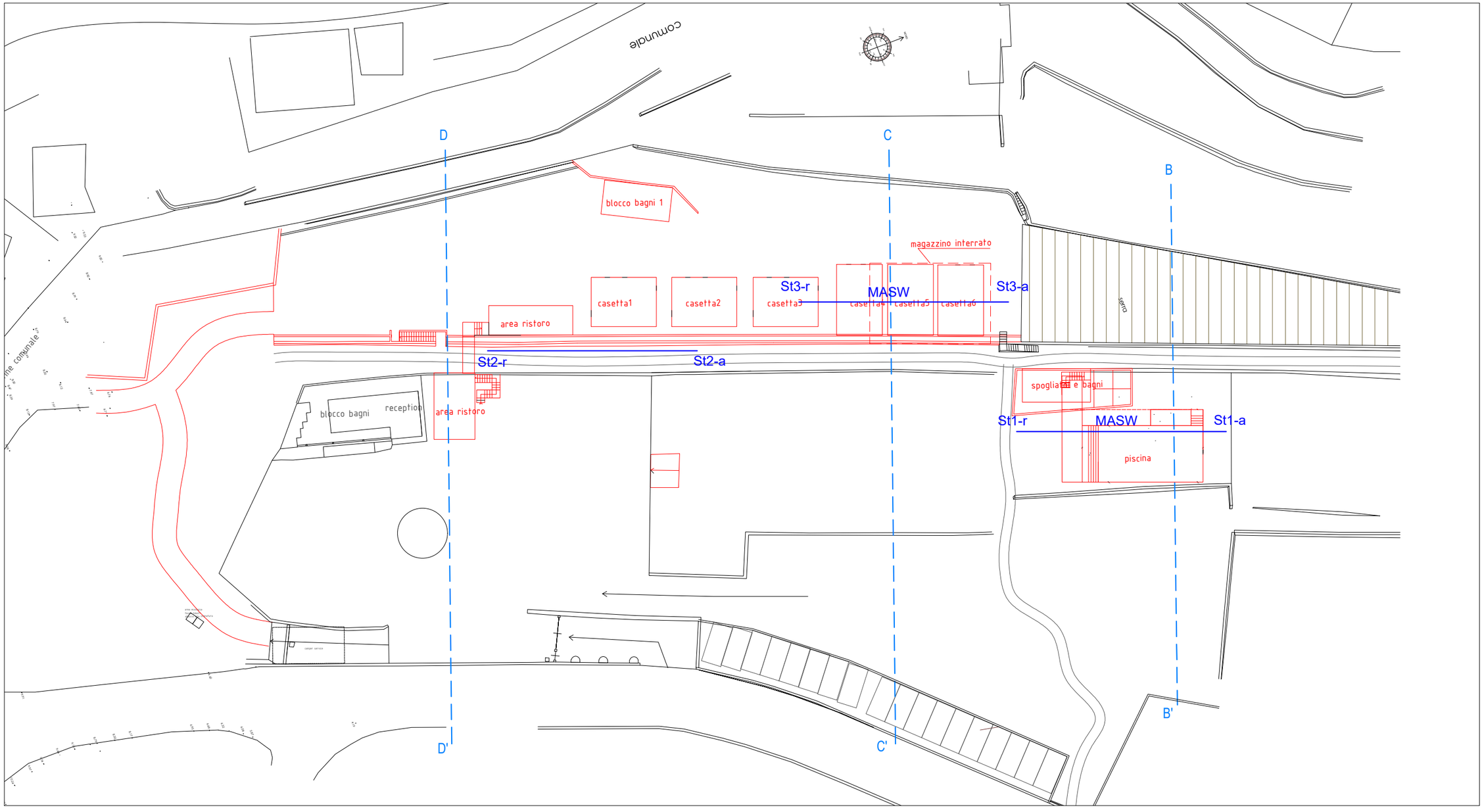
INQUADRAMENTO GEOLOGICO

SCALA: 1:5.000

DATA: Ottobre 2023

FILE: 5 rov_geo.dwg

N.TAVOLA: **5**



Opere in progetto

Traccia sezione geologica

Traccia sezione geologica

St — Prospezione sismica a rifrazione e MASW

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

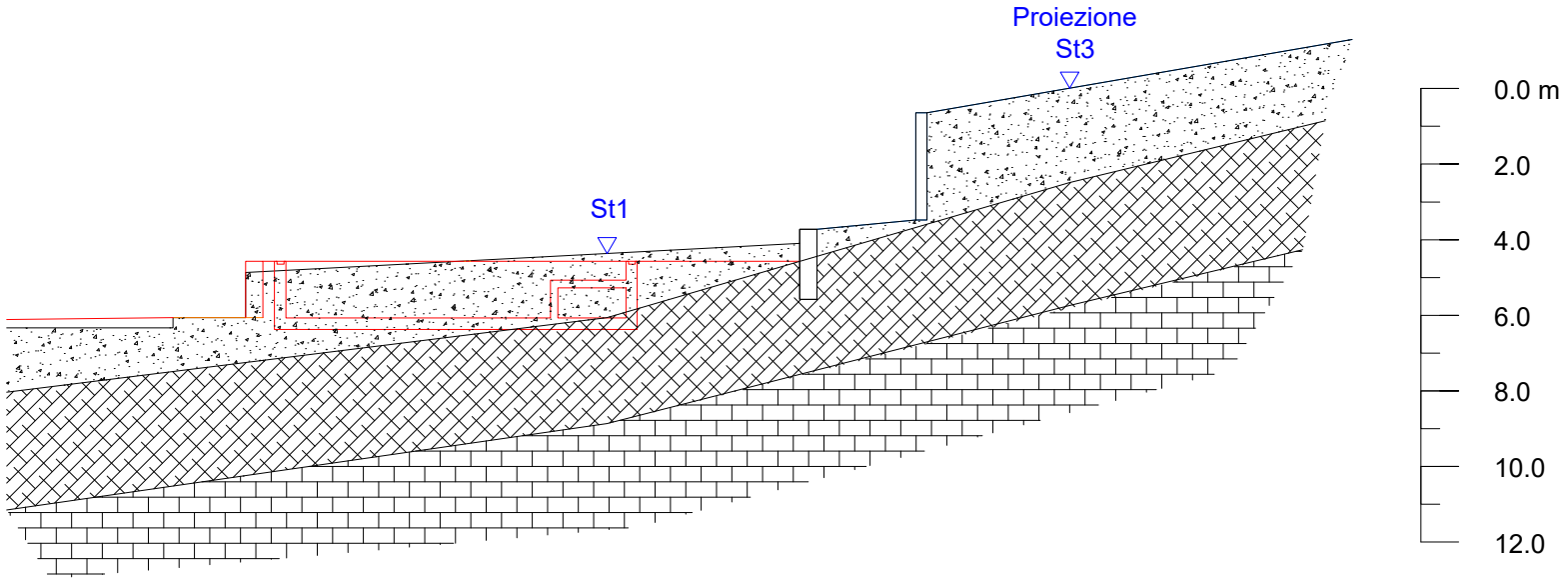
PLANIMETRIA STATO A PROGETTO

SCALA: 1:500

DATA: Ottobre 2023

FILE: 6 rovea_pla.dwg

N.TAVOLA: **6**



St
▽ Prospezione sismica a rifrazione e MASW

Opere in progetto

Terreni di riporto e coltre detritica poco consistente

Coltre detritica molto addensata e/o depositi alluvionali passanti al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

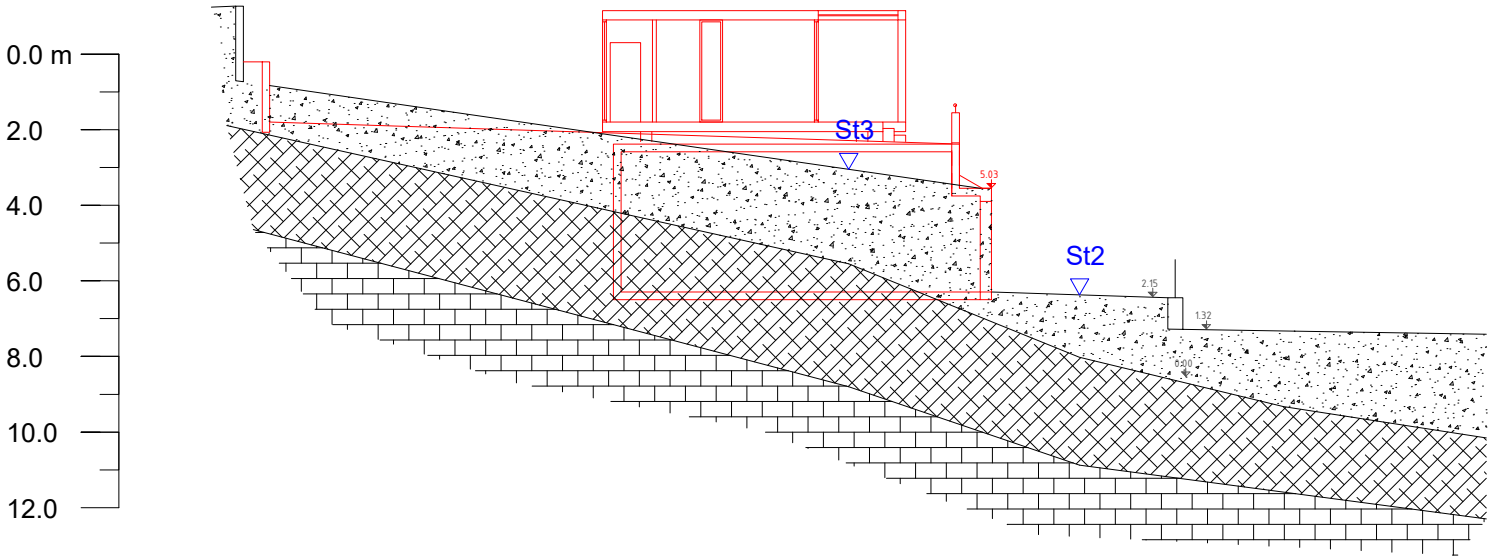
SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA B-B'

SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 7a rovea_sezB.dwg

N.TAVOLA: **7a**



St

Prospezione sismica a rifrazione e MASW

Opere in progetto

Terreni di riporto e coltre detritica poco consistente

Coltre detritica molto addensata e/o depositi alluvionali passanti al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

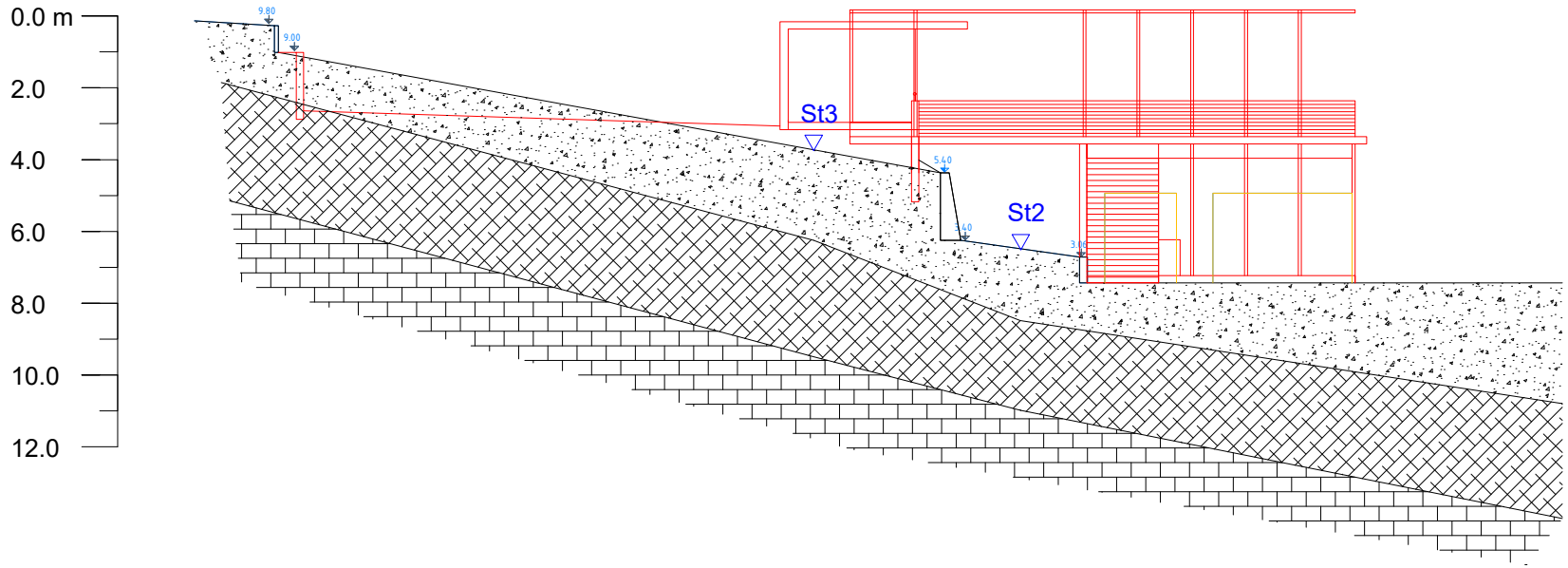
SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA C-C'

SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 7b rovea_sezC.dwg

N.TAVOLA: **7b**



St
Prospezione sismica a rifrazione e MASW

Opere in progetto

Terreni di riporto e coltre detritica poco consistente

Coltre detritica molto addensata e/o depositi alluvionali passanti al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA D-D'

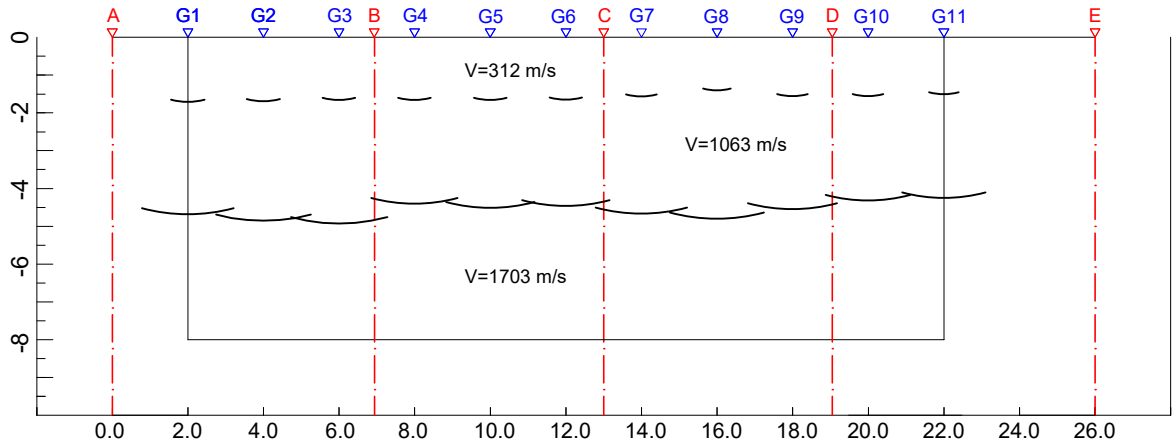
SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 7c rovea_sezD.dwg

N.TAVOLA: **7c**

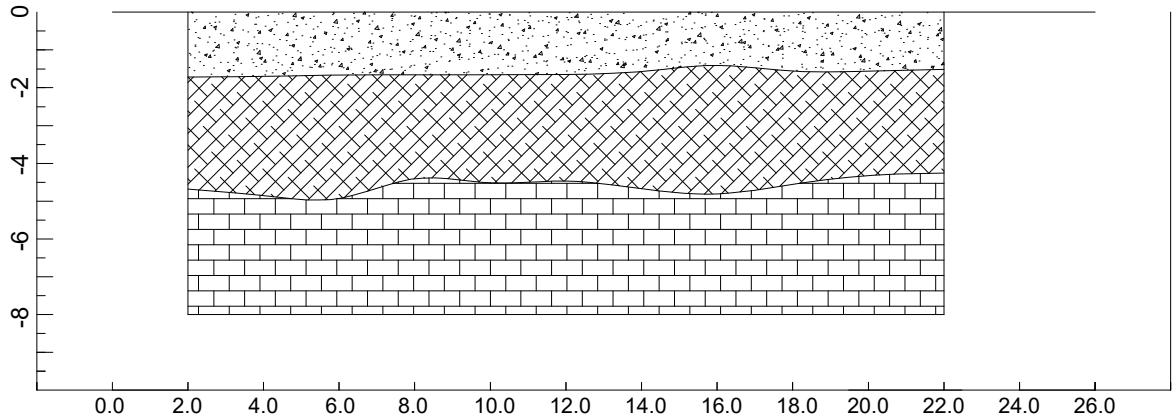
PROFONDITA' DEI RIFRATTORI



G Geofoni

A Energizzazioni

SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA



Terreni di riporto e coltre detritica

Depositi alluvionali/coltre molto addensata passante al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE St1

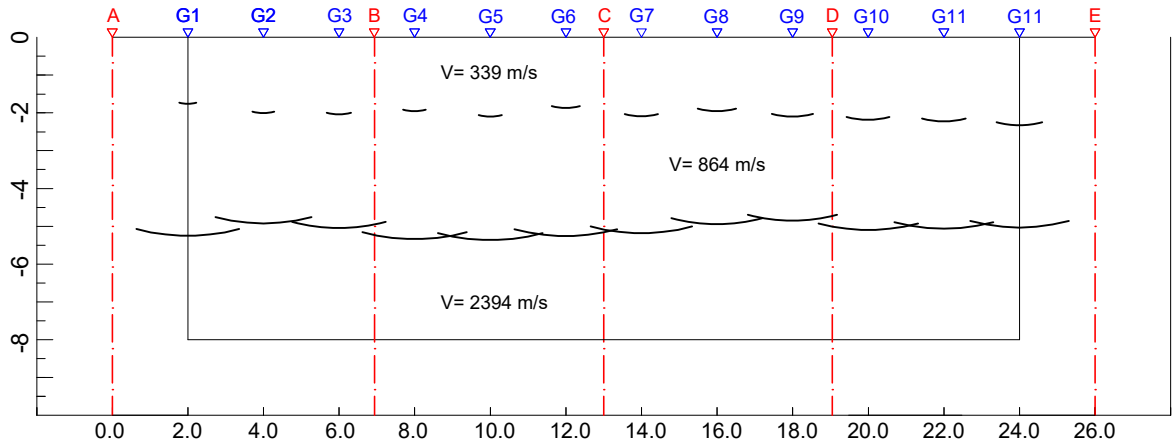
SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 8a rovea_sis1.dwg

N.TAVOLA: **8a**

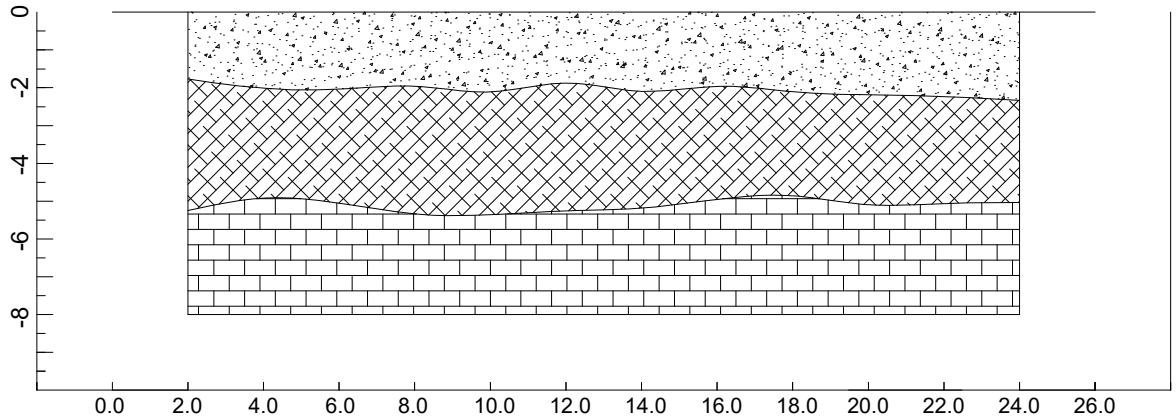
PROFONDITA' DEI RIFRATTORI



G Geofoni

A Energizzazioni

SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA



Terreni di riporto e coltre detritica

Depositi alluvionali/coltre molto addensata passante al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE St2

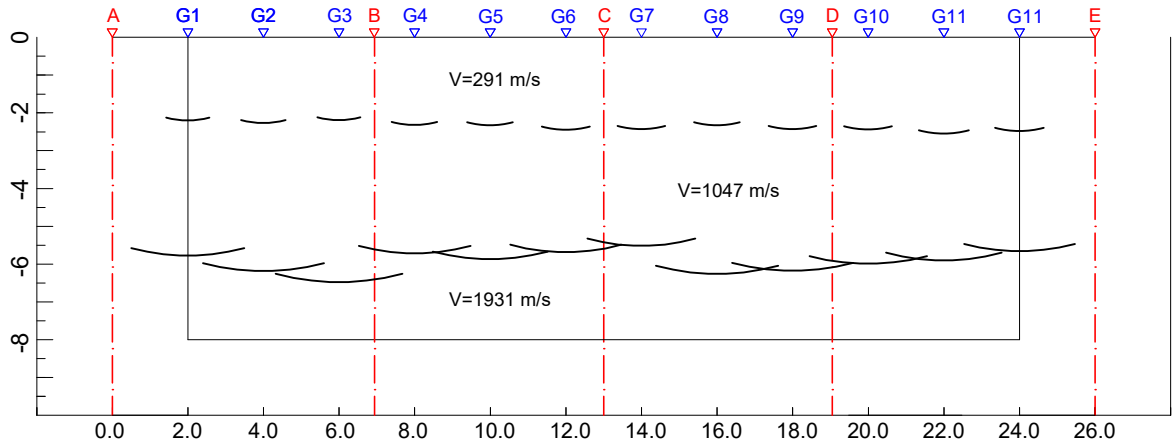
SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 8b rovea_sis2.dwg

N.TAVOLA: **8b**

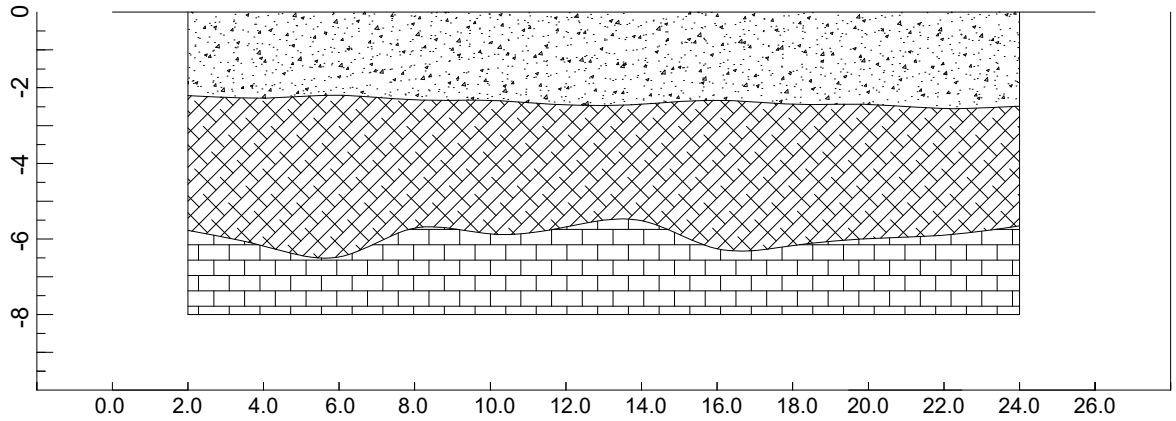
PROFONDITA' DEI RIFRATTORI



G Geofoni

A Energizzazioni

SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA



Terreni di riporto e coltre detritica

Coltre molto addensata passante al cappellaccio di alterazione

Substrato roccioso

Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE St3

SCALA: 1:200

DATA: Ottobre 2023

FILE: 8c rovea_sis3.dwg

N.TAVOLA: **8c**

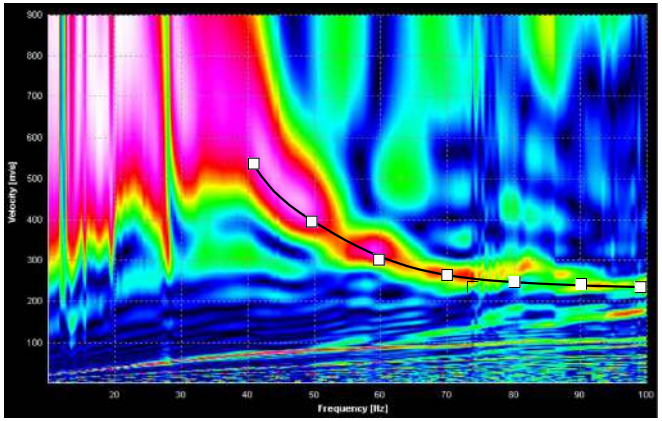
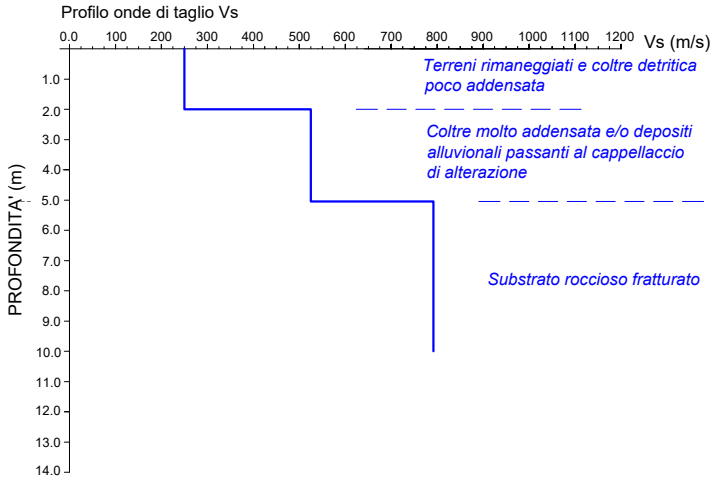


Fig.1: Spettro FV e curva di dispersione MASW 1

Strato	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	0.0 - 2.0	250
2	2.0 - 5.0	520
4	>5.0	700

CLASSE DI SUOLO B
calcolata rispetto al p.c.



Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

PROSPEZIONE SISMICA MASW1

SCALA: -

DATA: Ottobre 2023

FILE: 9a rovea_masw1.dwg

N.TAVOLA: **9a**

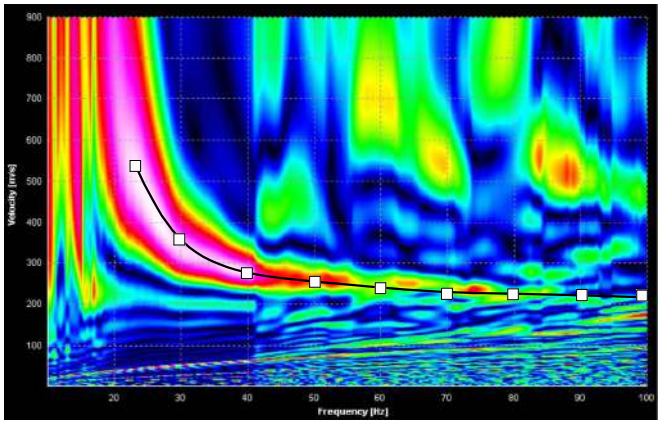
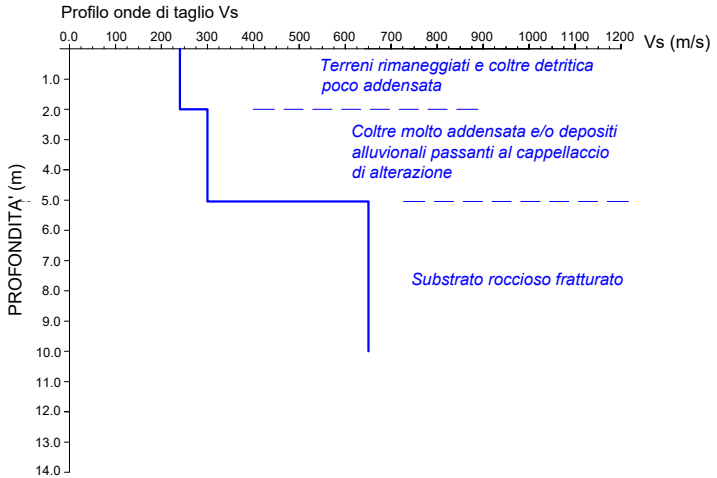


Fig.1: Spettro FV e curva di dispersione MASW 1

Strato	Prof. (m)	Vs (m/s)
1	0.0 - 2.0	230
2	2.0 - 5.0	300
4	>5.0	650

CLASSE DI SUOLO B
calcolata rispetto al p.c.



Dott. Giorgio Ligorini geologo
Via Andrea Doria n.66, 18100 Imperia
Tel. 0183.275657
e-mail: giorgio.ligorini@gmail.it
n.231 Ordine Geologi Regione Liguria

GEOLOGIA TECNICA
GEOLOGIA AMBIENTALE
RICERCHE IDRICHE

Provincia di Imperia - COMUNE DI SAN LORENZO AL MARE

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA A CORREDO DI PROGETTO DI AMPLIAMENTO DI ATTIVITA' PRODUTTIVA RICETTIVA

PROSPEZIONE SISMICA MASW2

SCALA: -

DATA: Ottobre 2023

FILE: 9b rovea_masw2.dwg

N.TAVOLA: **9b**