COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Comune di Riva Ligure
Provincia di Imperia
Via Nino Bixio 15 – 18015 Riva Ligure (IM) – Tel 0184 48.201 Fax 0184 48. 77.00 – C.F. 00248350084
E-mail: info@comunedirivaligure.it - ufficiotecnico@comunedirivaligure.it
sito internet: www.comunedirivaligure.it



INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO

(INTERVENTO TOTALE GENERALE)

RELAZIONE GEOLOGICA
(fattibilità dell'intervento)

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com
PEC: studio.geologico.sg@pec.epap.it

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

INDICE

1. PREMESSA. 3
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO..... 10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... 15
3.1 Alluvioni..... 16
3.2 Coltre detritica. 17
3.3 Ammasso Roccioso 18
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO..... 22
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO. 24
6. INQUADRAMENTO SISMICO 27
6.1 Analisi sismica – Sismicità storica..... 27
6.2 Pericolosità sismica di base 28
7. ANALISI DEGLI STUDI ESEGUITI 32
7.1 Rilievo geologico del sito..... 32
7.2 Indagini o prove in sismica passiva 35
7.3 Indagine sul substrato roccioso in situ 49
7.4 Indagini geofisiche (sismiche) eseguite in Strada Casai..... 50
8. OBIETTIVI DEL LAVORO 58
8.1 Analisi e simulazione idraulica stato di fatto 59
8.2 Elementi a rischio 60
9. DEFINIZIONE DEL PRIMO MODELLO GEOLOGICO 63
9.1 Primi parametri geotecnici 64
9.2 Indicazioni per le verifiche 66
9.3 Primi parametri sismici 67
9.4 Liquefazione dei suoli. 69
9.5 Altre indicazioni..... 72
10. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI..... 75
11. CARTOGRAFIA ED ALLEGATI 79

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

1.PREMESSA.

Con Determinazione n. 316 del 30/03/2023 e n. 37 del Servizio Lavori Pubblici – Protezione Civile mi è stato affidato l'incarico di "*CONTRIBUTI INVESTIMENTI ART 1 C 139 E SS LEGGE 145/2018 CONFLUITI NEL PNRR "Missione 2 Rivoluzione verde e transazione ecologica; Componente 4: Tutela del Territorio e della risorsa idrica; Investimento 2.2: interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei comuni" PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO*".

Gli studi oggetto della presente Relazione geologica di fattibilità traguardano il progetto generale di MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO, nonostante in oggi risulti finanziato solo uno stralcio dello stesso, destinato al tratto risultante a più alto rischio, per un importo pari ad € 1.000.000,00 a valere sui Contributi 2021 per investimenti in opere pubbliche di messa in sicurezza degli edifici e del territorio ex Art. 1 comma 139, e seguenti, Legge 30 dicembre 2018, n. 145 – Decreto 23 febbraio 2021 - CUP: I66J20000560001.

Lo studio generale è stato pensato e proposto nell'ottica di mitigare il rischio esondazione in quanto consentirà di andare a regolarizzare il deflusso della corrente di piena all'interno del complesso sistema di argini del Rio Pinea - Pertusio nel tratto posto a monte della S.P. n. 1 Aurelia che, in oggi, risulta essere insufficiente. L'intervento facente parte di uno studio più complesso, di cui una parte posta fra l'intersezione della S.P. 1 "Aurelia" con il rio e la foce del rio stesso è già stata realizzata. L'intervento consentirà di adeguare le portate di deflusso in quanto, viste le insufficienze in alcuni tratti, un evento alluvionale con tempo di ritorno anche solo cinquantennale provocherebbe l'allagamento delle zone circostanti. Con la prosecuzione e la realizzazione dei vari lotti, previa i necessari approfondimenti geologici, si raggiungerà lo scopo prefissato in quanto, in passato, l'Amministrazione Comunale ha più volte sottoposto alla Provincia d'Imperia, quale Autorità di Bacino, la problematica in essere, in occasione della predisposizione dei Programmi Annuali d'intervento ex L.R. 46/96 (anni 2004, 2005 e 2006) predisponendo le conseguenti progettazioni preliminari da inserire nei corrispondenti Programmi Provinciali in materia di difesa suolo per gli anni 2004, 2005 e 2006. A causa della insufficienza di fondi l'intervento non è però mai stato attuato.

La presente relazione di fattibilità costituisce un aggiornamento rispetto al precedente procedimento inerente il progetto denominato " Primo lotto funzionale dell'intervento di mitigazione del rischio inerente il Rio Pertusio" che è già stato oggetto di procedura di verifica di Assoggettabilità a VIA, conclusa con del Decreto Dirigenziale 4286 - 2023 in data 23/06/2023 del Settore Valutazione impatto ambientale e sviluppo sostenibile, con ESITO DI NON ASSOGGETTABILITÀ, ai sensi dell'art.19 del D.lgs. n. 152/2006.

Nel corso della prosecuzione dell'iter progettuale dell'intervento, a seguito di ulteriori approfondimenti e aggiornamenti tecnici e di ulteriori rilievi e accertamenti eseguiti, è infatti emerso quanto segue:

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- Il canale a monte del Condominio Vega, ricordo che quest'ultimo rappresenta una seria carenza strutturale, passibile, in caso di evoluzione al collasso, di causare una completa ostruzione del canale con possibile danneggiamento alla adiacente sede di Strada Casai, versa in uno stato di avanzato degrado;
- L'area in avanzato stato di degrado dista circa 80m dall'imbocco più vicino (area di monte) e la zona è raggiungibile solo a piedi in quanto le dimensioni del canale solo tali da non consentire il passaggio (a piedi) neppure ad un operatore di media statura in posizione eretta;
- In molti tratti del tracciato interrato (percorso del canale), la platea di fondo del canale risulta collassata;
- La prevista strada di cantiere (precedente fase progettuale) che doveva consentire l'accesso alla parte alta di Strada Casai, per consentire le operazioni di realizzazione del nuovo canale che, ricordo, era interamente sviluppato nel sedime della strada stessa, comporta la realizzazione di opere di sostegno di significativa altezza, da realizzarsi in spazi molto ridotti e immediatamente a ridosso di un edificio residenziale, laddove il versante risulta localmente caratterizzato da elevata acclività, con conseguenti complicazioni tecniche e costi sproporzionati al contesto dell'opera.

L'analisi effettuata ha portato a nuove condizioni che hanno indotto l'Amministrazione Comunale e i Tecnici a valutare un aggiornamento tanto del progetto generale quanto delle relative priorità visti gli accertamenti eseguiti che, per forza maggiore, devono traguardare i seguenti punti:

- Per quanto concerne la priorità di intervento pubblico è risultato essenziale per la sicurezza dell'area l'intervento di sistemazione del tratto di monte, in corrispondenza del piazzale presso l'imbocco della tombinatura, che, oltre ai vantaggi di non richiedere l'esecuzione di importanti opere stradali di by-pass e di riguardare aree pubbliche nella piena disponibilità del comune, conseguirebbero, per il suddetto tratto di canale in dissesto strutturale, condizioni di accesso utili per attuarne un efficace consolidamento; altresì prioritario, in relazione alle gravosi conseguenze pubbliche di un eventuale collasso anche parziale del canale, è risultato il ripristino di una configurazione staticamente stabile per i vari tratti di valle in stato di dissesto per collasso della plateazione, necessitanti di intervento di ripristino funzionale previo locale rifacimento e ricucitura delle porzioni di platea collassate.
- Per quanto concerne il progetto generale è risultato necessario ricercare una nuova soluzione di sistemazione che privilegiasse il mantenimento, laddove possibile, del sedime stradale attuale con minimizzazione dell'occupazione/interferenza al fine di salvaguardare il più possibile la transitabilità della Strada Casai in tutte le fasi di realizzazione dell'opera.

In passato il Rio Pertusio - Pinea era stato oggetto d'intervento da parte della Provincia d'Imperia, in seguito degli eventi alluvionali del 1998 e del 2000. In quel momento la Committenza era intervenuta adoperandosi per la messa in sicurezza delle opere di difesa spondale al fine di garantire il ripristino della corretta sezione di deflusso nel tratto posto immediatamente a monte dell'esistente tombinatura, oggetto di Decreto dell'allora Ufficio del Genio Civile di Imperia n. 1240/73, con disciplinare 04/06/82 n. 415 ed oggetto di delibera della G.R. 08/08/84 n. 4708.

Immediatamente a monte dell'intervento di cui si è parlato, e realizzato dalla Provincia d'Imperia, a seguito degli eventi alluvionali dell'anno 2000, è stato realizzato un ulteriore in-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

tervento, da parte del Comune di Riva Ligure. Tale intervento ha portato alla realizzazione di un tratto di tombinatura con condotta metallica in lamiera zincata (tipo FINSIDER) $\phi = 1800 \ mm$. L'intervento era stato realizzato tramite la modalità di un intervento in Somma Urgenza.

Ultimamente si sono realizzati e/o sviluppati gli interventi di seguito descritti (da Relazione idraulica Ing. Alessio DE MELAS 2023):

1. Con PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE N° H/324 del 22/03/2006b è stato autorizzato, tra l'altro, l'adeguamento del tratto terminale della tombinatura esistente del Rio Pertusio per una lunghezza longitudinale di circa 54 m con ampliamento dell'attuale sezione pari a 2,0x2,0m a 3,5x2,7m e raccordo a valle con la "camera a cielo aperto" esistente immediatamente a monte del pontino dell'Aurelia e dell'adiacente ex tracciato ferroviario [sezioni 14.9-13].
2. Con PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE N° H2/771 del 11/07/2012 è stata autorizzata la sistemazione del tratto focivo con canale a "U" a cielo libero dimensioni B450xH220 con pontino in sezione 1 di dimensioni B450xH220, nell'ambito del procedimento autorizzativo di "Interventi prioritari di difesa della costa interessante l'abitato di Riva Ligure" - [cfr. sezioni 4-0] ;
3. Con D.D. 2663/2022 in data 29/04/2022 è stato rilasciato parere di non assoggettabilità alla VIA per le modifiche locali apportate al progetto di "Intervento di difesa costiera a mezzo realizzazione opere trasversali e ripascimento strutturale, a difesa dell'abitato e della pista ciclabile di Area24" precedentemente autorizzato (vedi p.to 4); per quanto attinente il rio Pertusio le modifiche locali consistevano in: - accorciamento del tratto sistemato da c.ca 33 m [sezz.4-0] a c.ca 16 m [sezz. 1.6-0]; - sopraelevazione del pontino di attraversamento in sezione 0 da intradosso 2.5 m s.l.m. a intradosso 3.00 m s.l.m.

Per redigere la presente Relazione Geologica di Fattibilità, oltre al recupero delle informazioni già acquisite nell'ambito dell'attività svolta nell'ambito degli studi eseguiti per l'Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77 per conto della Regione Liguria ovvero gli studi eseguiti per la MICROZONAZIONE SISMICA di 1° Livello dell'intero Comune di Riva Ligure ricompreso nel programma nazionale, ho avuto la possibilità di accedere ad altri dati che mi sono stati forniti dal Comune di Riva Ligure, relativi ad indagini inerenti alcuni interventi svolti da privati e dallo stesso comune prossimi alla zona d'interesse, a dati che mi sono stati forniti direttamente da altri Colleghi che hanno operato in loco.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 1 Ubicazione degli studi pregressi (MS del Comune di Riva Ligure, 2018).

L'intervento è stato pensato in conformità delle nuove indicazioni sismiche e perciò le relative e doverose indagini sono state compiute e redatte ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"). Queste rappresentano il testo riveduto delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 05/11/1971 (n. 1086), alla Legge 02/02/1974 (n.64), al Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 (n. 380), ed al Decreto 28/05/2004 (n. 136), convertito con modificazioni dalla Legge 27/07/2004 (n. 186); le NTC 2018 sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con D.M. 14/01/2008. Le Norme Tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Nel redigere la presente Relazione Geologica Esecutiva si è provveduto alla raccolta di importanti dati bibliografici - compreso il P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico), il P.R.G. del Comune di Riva Ligure approvato con D.P.G.R. n. 307/13/12/1999 (approvata variante integrale + variante PTCP) e le successive varianti (1° variante - Adottata con D.C.C. n. 64 del 12 novembre 2008 e Approvata con D.F.D.P. n. H/787 del 2 settembre 2009 – 2° variante - Adottata con D.C.C. n. 26 del 30 giugno 2014 e Approvata con D.D.P. n. H2/235 del 5 marzo 2015) e il e il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idraulica ed idrogeologica dell'Ambito di Bacino n. 5 - Prino definito come Piano di Bacino dei "Rii Minori dal Torrente San Lorenzo al Torrente Argentina" oggi interamente incluso nel PAI dissesti, ovvero il Piano stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico previsto all'art. 67 del D.Lgs. 152/06 che

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89, secondo il Parere della Conferenza Programmatica ai sensi dell'art. 68 c. 4 del D.Lgs. 152/2006 sul "Progetto di Piano di bacino stralcio Assetto idrogeologico del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale, per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica e relative misure di salvaguardia (Progetto di PAI Dissesti)" – di cui alla Deliberazione della Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 28 del 21/12/2022, il Progetto IFFI e la CARG – CARTE GEOLOGICHE – SC. 1:25.000 riferite al Foglio Sanremo SC. 1:50.0000 dito dalla Regione Liguria.

Inoltre, si è tenuto conto delle indicazioni contenute nella Deliberazione n. 507 del 21 giugno 2019 della Giunta Regionale che ha adottato la nuova cartografia aggiornata del reticolo idrografico regionale ai sensi dell'art. 91 della L.R. 18/1999, alla scala 1: 10.000, e degli studi e si sono verificati i contenuti relativi alla microzonazione sismica di livello 1 (redatta negli anni 2012/2013). Questi studi sono stati condotti dallo scrivente, coadiuvato da alcuni colleghi, con le finalità definite negli «Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica» e nel rispetto degli Standard di Archiviazione e Rappresentazione Informatica concepiti dal Dipartimento Nazionale PC. La carta delle MOPS divide il territorio di studio in tre microzone omogenee in prospettiva sismica che rappresentano, in termini qualitativi, il comportamento dei terreni sotto gli effetti del moto sismico e forniscono una indicazione della pericolosità sismica a scala locale come di seguito indicate:

- zone stabili senza amplificazione sismica attesa;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locali;
- zone suscettibili di instabilità.

Si sono perciò eseguite tutte le necessarie analisi allo scopo di valutare la conformità dell'area in relazione alle problematiche emerse durante le verifiche rispetto alla situazione geologica – geomorfologica e idrogeologica locale e di definire le caratteristiche sismiche del sito e definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni incontrati durante le indagini espletate in situ. Gli studi e le indagini effettuate ad espletamento dell'incarico sono quindi consistiti in:

- Ricerca presso i vari enti competenti di precedenti indagini e/o relazioni geologiche inerenti all'area di attuale interesse (edilizia pubblica e privata) al fine di recepire le indagini svolte ed illustrate nelle varie relazioni otre all'esame della documentazione bibliografica esistente e verifica Normativa di Piano di Bacino e del P.U.C. di Riva Ligure per la zona in esame;
- Rilevamento geologico – geomorfologico ed idrogeologico esteso ad un intorno significativo sia a monte che a valle dell'area di studio e realizzazione della necessaria cartografia geologica (comprese le sezioni) da allegare alla relazione geologica;
- Relazione geologica e prima modellazione geotecnica con configurazione della stratigrafia ricostruita in alcuni punti (indicati dal Progettista) e le rispondenti sezioni stratigrafiche. Analisi dei dati ottenuti dalle prove e caratterizzazione geotecnica delle litologie incontrate, con indicazione del range di valori dei parametri da utilizzare nei calcoli, la stesura delle varie tavole ed i vari report, tutto ai sensi delle NTC 2018;
- Modellazione sismica, del sito di intervento, al fine di escludere il fenomeno della liquefazione in quanto dal confronto della Tavola Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S., a corredo dello studio di microzonazione sismica approvato, l'area ricade nella Zona di attenzione per liquefazione di tipo 1, verifica della

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Vs,eq per la caratterizzazione sismica della Categoria di suolo e della componente topografica, tutto ai sensi delle NTC 2018.

- Realizzazione di quattro prove HVSR con Theremino per ottenere la stima della velocità delle onde S (parametro Vs,eq come da NTC 2018) e per determinare la categoria e la stratigrafia del sottosuolo nei punti di più difficile accesso;
- Realizzazione di n. 2 stendimenti sismici a rifrazione (con il metodo GRM o di Palmer) e tomografici (con la rappresentazione in sezione di isolinee di velocità) con sismografo a 24 canali e a 24 bit (geofoni da 4,5 Hz, con l'eventuale impiego di supporti in pvc su fondo pavimentato, energizzazione con mazza da 8 kg su piastra in alluminio), al fine di definire il profilo di velocità delle onde P del terreno (onde longitudinali);
- Esecuzione di n. 2 acquisizioni Masw (Multichannel Analysis Surface Waves) con la medesima attrezzatura, al fine di definire il profilo di velocità delle onde S per determinare il parametro VS equivalente necessario per la definizione della Categoria di Suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2018 (Nuove norme tecniche per le fondazioni).
- Correlazione fra le prove in situ (prove HVSR) con software "Grilla" per la ricostruzione stratigrafica della verticale di indagine, per la caratterizzazione sismica dei terreni e calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito per ottenere la stima della velocità delle onde S (parametro Vs,eq come da NTC 2018) e per determinare la stratigrafia del sottosuolo;
- Utilizzo del software Vs,eq per la ricostruzione della sismostratigrafia nei vari punti di indagine e la verifica della Velocità equivalente per la conoscenza della categoria di suolo come da NTC 2018;
- Realizzazione ed assistenza alle indagini al fine di escludere il fenomeno della liquefazione in quanto dal confronto della Tavola Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S., a corredo dello studio di microzonazione sismica approvato, l'area ricade nella Zona di attenzione per liquefazione di tipo 1.
- Documentazione fotografica.

Le analisi e le ricerche sono state eseguite dallo scrivente coadiuvato da persone altamente specializzate. Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire la stratigrafia nell'area d'intervento e di definire le prime caratteristiche geologico - geotecniche dei terreni presenti nell'area di interesse, al fine di capire se, effettivamente, la situazione geologica e idrogeologica locale è compatibile con i carichi che gravano sul terreno stesso e, allo stesso tempo, consentire agli Ingegneri incaricati, di verificare l'adeguatezza delle strutture e delle opere fondazionali a fronte del progetto redatto cui si fa espresso riferimento, in ottemperanza alla Normativa in materia.

L'area di interesse è posta in area esterna a zone SIC e ZPS.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE (IM)

INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO

(INTERVENTO TOTALE GENERALE)



Immagine 2 Ubicazione delle nuove indagini realizzate con la fase di studio odierna (Secondo, Gennaio 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

2.INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO



Immagine 3

Posizione geografica dell'area di oggetto di studio nella presente relazione – ovale rosso.

C.T.R. 258150.

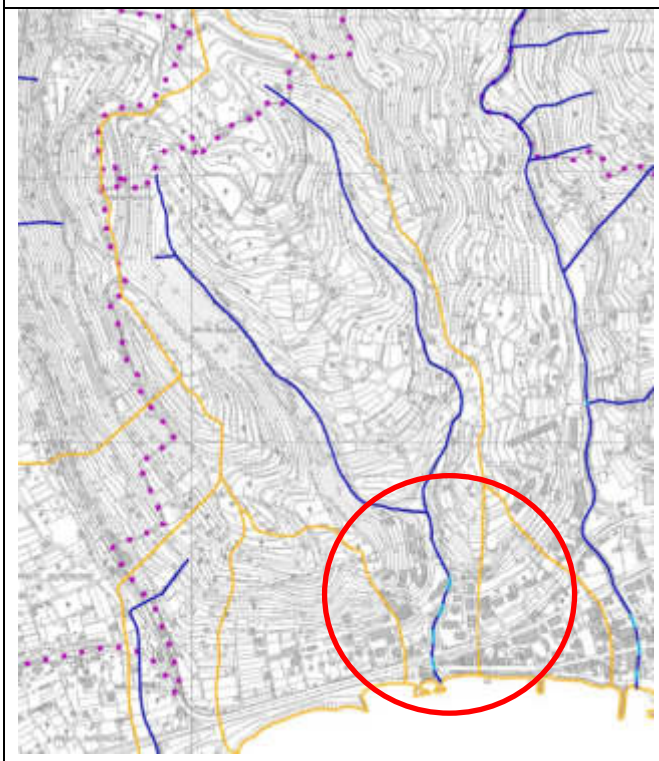


Immagine 4

Posizione geografica dell'area di interesse rispetto ai corsi d'acqua.

C.T.R. 258150.

Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019.

Osservando l'Immagine successiva si può notare come l'area di interesse sia compresa dalla parte immediatamente a monte della confluenza Pinea-Pertusio fino alla zona fociva

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

prossima al Mar Ligure. Il bacino d'interesse è quello del sistema Rio Pinea – Rio Pertusio, subito a monte della confluenza fra i due rii. Il bacino ha una superficie complessiva di 0,76 Km^2 ed è uno tra i vari rii presenti all'interno del territorio comunale; l'ordine massimo secondo Horton-Strahler è 2. Lo studio ha interessato entrambe le sponde idrografiche del tratto del torrente dal parcheggio fino alla S.P. n. 1 Aurelia e da oltre fino al mare. In questa situazione, rifacendoci ai contenuti del Regolamento 14 luglio 2011, n. 3 - Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua (Bollettino Ufficiale n. 20 del 20 luglio 2011) e precisamente a quanto enunciato nell'Art. 3 c. 1a (Reticolo idrografico regionale) che definisce i vari livelli del reticolo idrografico si può inserire il corso d'acqua fra il reticolo idrografico di secondo livello (porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 Km^2).

L'area è raggiungibile attraverso la percorrenza della S.S. n. 1 Aurelia (in direzione da Arma di Taggia verso Imperia o viceversa) deviando verso la Strada Casai. Risalendo lungo la strada si incontra a diverse quote il rio, a tratti tombinato, mentre oltre il parcheggio il rio torna ad essere a cielo aperto.



Immagine 5 Ubicazione dell'area di interesse (Fonte tavola estratto da Google Earth Pro).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

L'area è attualmente definibile come quasi completamente inserita nel contesto del tessuto urbano. Al contorno si ha un rapporto asimmetrico fra sinistra e destra della stessa Via Casai (in riferimento all'idrogeologia dell'area): in sinistra idrografica la presenza di edifici di civile abitazione è elevata mentre in destra si ha una distribuzione equa fra le aree edificate e le aree a verde. La presente indagine ed il rilievo geologico sono stati allargati ad un congruo intorno della zona di interesse al fine di definire, al meglio, le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area interessata dal presente studio che deve adeguarsi alle indicazioni della normativa di Piano di Bacino.

L'indagine, in particolare, ha cercato di individuare le caratteristiche geotecniche dei materiali in situ e di capire, visto che il Comune di Riva Ligure rientra fra i comuni suscettibili di liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base (ag = accelerazione, m = magnitudo), secondo le Linee Guida Nazionali per la gestione del territorio interessato da liquefazione, se esistono delle situazioni particolari tali da dover provvedere ad una analisi simica dell'area visto che sono presenti zone inserite fra le zone di attenzione (ZAlq1) per liquefazione.

Gli studi geologici cui si ha avuto accesso hanno permesso di visualizzare i seguenti documenti che, comunque, dovranno essere integrati con prove mirate specialmente nell'ambito di stretta esecuzione dei lavori nei vari lotti. Si ha perciò:

- una prima fase di studi generalizzata alla fattibilità dell'intervento che aveva interessato tutto il tratto interessato dai vari lotti di progettazione (dalla sezione 1 alla sezione 31) con predisposizione delle necessarie indagini propedeutiche alla redazione della documentazione necessaria;
- una seconda fase riguardante la redazione della Relazione Geologica Esecutiva a completamento delle indagini/prove effettuate, tenuto conto, peraltro, dell'attività d'indagine già svolta in passato nell'area, delle novità apportate al regime normativo dalle risultanze degli studi di Microzonazione Sismica di livello 1, svolti sui Comuni Liguri ricompresi nel Programma Nazionale, che hanno definito nuovi criteri di indirizzo per le zone d'interesse e che potrebbero portare ad un necessario implemento delle indagini prevedibili inizialmente.

L'area si ritrova sulle C.T.R. edite dalla Regione Liguria:

- CTR 258 151 Riva Ligure Scala 1:5.000;
- CTR 258 154 Arma di Taggia Scala 1:5.000;
- CTR 258 15o Riva Ligure Scala 1:10.000;
- Cartografia del Piano di Bacino Scala 1:10.000;
- Tavole a corredo del P.R.G.;
- Foglio 258 – 271 Foglio Sanremo Scala 1:50.000.

Per quanto concerne la cartografia a corredo del Piano di Bacino Stralcio dell'Ambito di bacino Progetto di PAI "Dissesti Geomorfologici" redatto dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, si ritiene doveroso segnalare le seguenti tavole che in qualche modo identificavano e classificavano l'area di intervento:

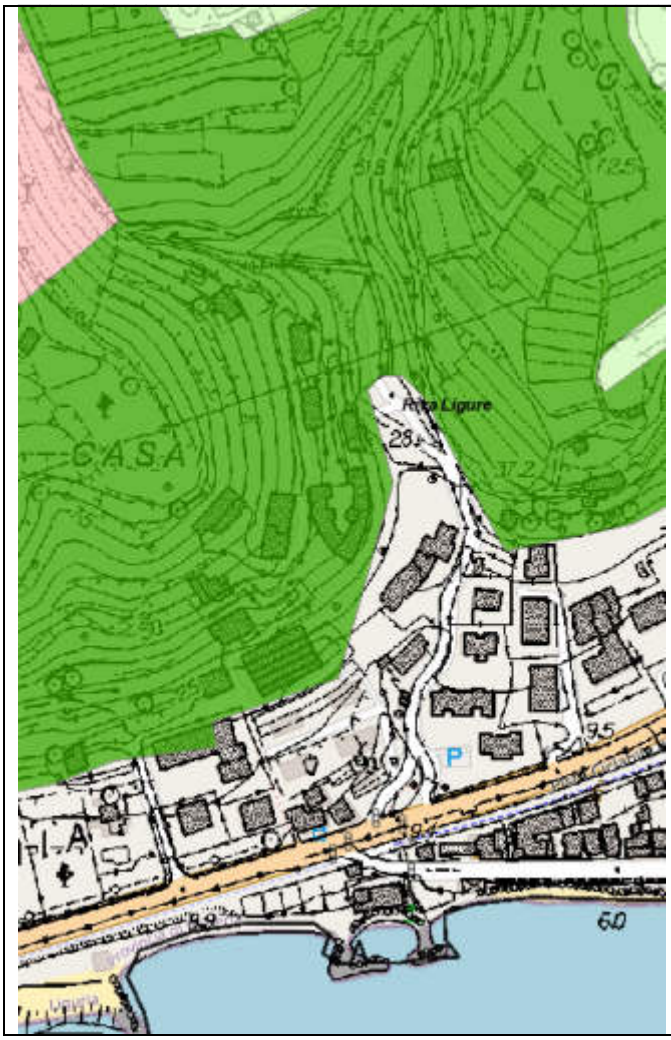
- *Carta PGRA dissesti: Pericolosità, Subsidenza – Appennino Settentrionale.*
- *Pericolosità da alluvione, Fluviale e Costiera – Appennino Settentrionale.*

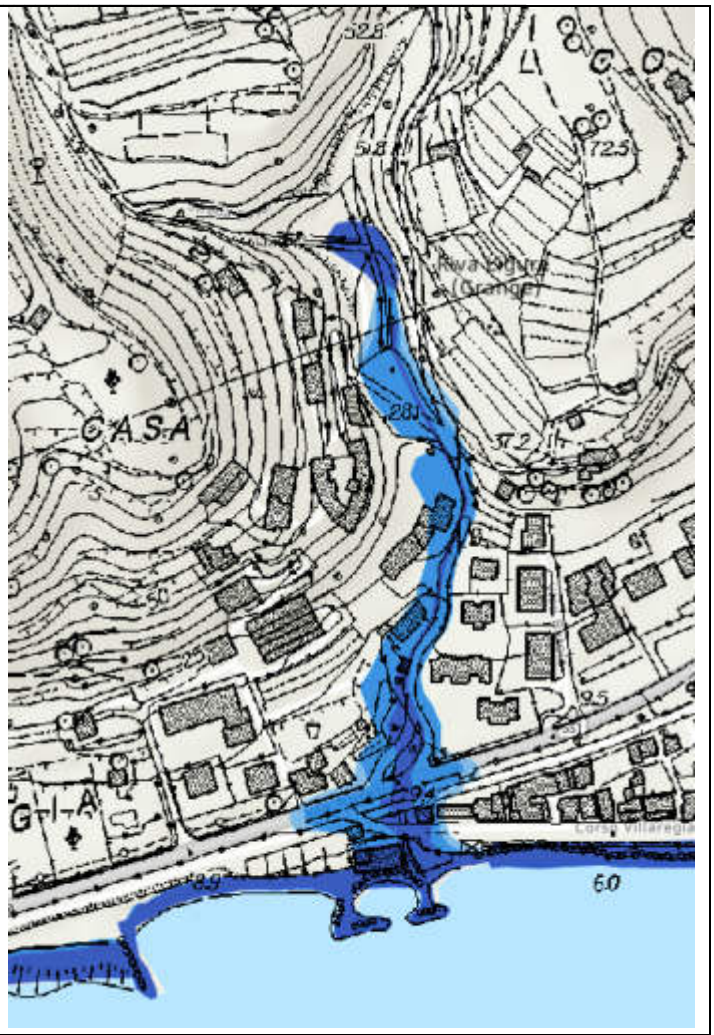
***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE (IM)

INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO

(INTERVENTO TOTALE GENERALE)





Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

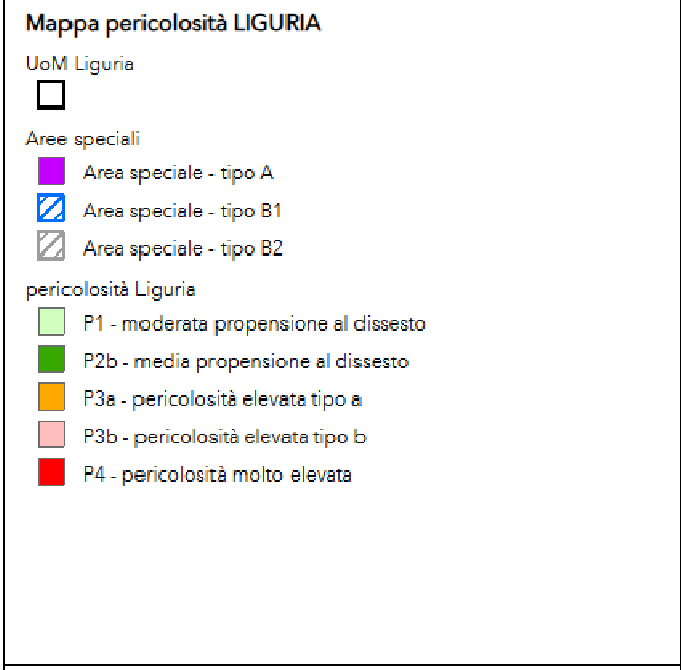


Immagine 6 Estratto Tavola Dissesti, Pericolosità e subsidenza.

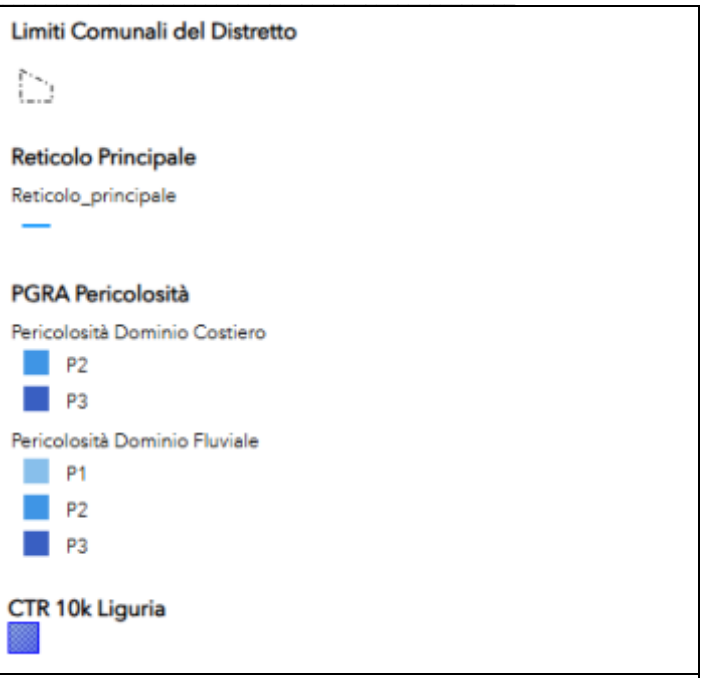


Immagine 7 Estratto Tavola Pericolosità da alluvione fluviale e costiera.

La zona non è inserita fra le aree soggette a vincolo idrogeologico ex R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923, dalla L.R. n. 22 del 16/04/1984 "Interventi in zone sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici" e dalla circolare Prot. N. 57382 della Regione Liguria (area di intervento soggetta a vincolo idrogeologico), ovvero a quanto definito con l'attuale L.R. n. 4 del 22/01/1999 il cosiddetto Vincolo Idrogeologico.

Per quanto concerne il P.T.C.P. ritroviamo secondo il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico L.R. 36/97 e successive modifiche ed integrazioni:

- Assetto Insediativo: ID-MO-A Ins. Diffusi - Modificabilità di tipo A.
  IS-MA Insediamento sparso – Mantenimento.
- Assetto Vegetazionale: COL-IDS-CO Colture Ins. Diffusi Serre – Consolidamento.
- Assetto Geomorfologico: MO-B Modificabilità di tipo B.

Per quanto riguarda l'assetto geomorfologico "l'indirizzo generale di Modificabilità si applica nelle situazioni in cui l'ambiente, in assenza di valori emergenti, presenta una modesta vulnerabilità sotto il profilo geomorfologico, talché non si manifesta l'esigenza di specifiche azioni di tutela dell'attuale configurazione, ferme restando le normali cautele relative alla corretta gestione del territorio". L'obiettivo della disciplina è quello di evitare sostanziali alterazioni nei rapporti esistenti tra i fattori antropici del paesaggio e la loro matrice idro-geomorfologica. Sono pertanto consentiti quegli interventi che, oltre a rispettare la specifica disciplina di settore, si adeguano alle condizioni imposte dalle relazioni esistenti tra assetto insediativo e fattori idro-geomorfologici.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

3.INQUADRAMENTO GEOLOGICO.

L'attività di rilievo di superficie è stata rivolta all'individuazione e/o alla descrizione particolareggiata delle formazioni e delle litozone caratterizzanti il substrato geologico presente nell'area di studio, nei tratti dove è stato possibile incontrarlo e di ipotizzare, anche con l'aiuto della cartografia geologica, quale potesse essere il substrato al di sotto delle coltri detritiche e/o delle alluvioni che ha portato a distinguere gli affioramenti a seconda delle caratteristiche litologiche riscontrate. Nella zona e/o areale si distinguono:

- Unità tettonica Sanremo Monte Saccarello della falda del "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale" – Cretacico,
- Depositi Pliocenici,
- Depositi del Pleistocene – Olocene.

ognuna delle quali mostra caratteristiche litostratigrafiche e/o sedimentologiche peculiari e ben distinguibili come evidenziato nello stralcio cartografico riportato dal Progetto CARG.

L'area di indagine identifica una porzione del territorio comunale, posta da poco a monte della confluenza Rio Pinea - Pertusio tanto in sinistra quanto in destra idrografica fino all'area prossima alla foce del sistema fluviale identificata con il Mar Ligure; pertanto, il basso topografico dell'area è caratterizzato da una stratigrafia che comprende: depositi alluvionali e depositi di spiaggia mobili e/o parzialmente stabilizzati, coltri detritiche eluvio-colluviali e alternanza degli ammassi rocciosi in situ. Risalendo il versante si ritrovano le coltri detritiche e gli ammassi rocciosi affioranti e/o subaffioranti, mentre scompaiono i depositi fluviali, anche se in vicinanza dei rii si possono trovare alcune sedimentazioni collegabili al trasporto torrentizio anche se di scarsa importanza e consistenza ai fini del presente studio.

Le litologie rigide riconosciute, nell'area di stretto interesse, appartengono alla fase di post-corrugamento alpino in quanto, nel Pliocene - Quaternario, si è instaurata nell'area di interesse un'attività neotettonica di natura fragile in ambiente distensivo, correlata alla formazione e sviluppo di sistemi a faglie, forse già impostati con la fase di piegamento appenninico. Tali sistemi di faglie hanno smembrato, specialmente ai livelli strutturali più superficiali (Flysch di Sanremo), l'edificio alpino secondo blocchi in movimento relativo tra loro con fenomeni importanti di basculamento, condizionando e guidando i fenomeni geologici del Ponente Ligure, dalla trasgressione e sedimentazione Pliocenica fino al raggiungimento dell'assetto strutturale odierno dal quale è derivata la posizione della costa e del reticolo idrografico più recente.

Le più recenti teorie indicano che il complesso dapprima subisce un'ingressione marina (Pliocene Inferiore), che porta alla definizione (formazione), piuttosto rapida, di bacini di media profondità e di acque calme dove si ha la deposizione di fanghi "argillosi", più correttamente marnosi, grigio azzurri, e, in seguito, una fase di innalzamento delle aree interne con deposizione di conglomerati e sabbie che rappresentano le sequenze deposizionali correlate al Pliocene Ligure (fasi tettoniche tardo pliocenico - pleistoceniche).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

L'epoca è perciò caratterizzata da cicli trasgressivi e regressivi che si instaurano durante il Pliocene, quando la configurazione dell'edificio alpino ricalcava grossomodo quella attuale. In quest'ambito si sono verificati numerosi movimenti tettonici che hanno determinato nuovi lineamenti geomorfologici e ingressioni marine con deposizione di sedimenti marnosi ed argillosi sul substrato flyschoide. In questa serie sono stati individuati tre membri: Conglomerati di Monte Villa, Sabbie di Costa Terre Bianche e Brecce di Taggia che affiorano nelle aree più prossime alla costa del Mar Ligure. Gli affioramenti più significativi si trovano tanto ad E quanto a W di Taggia e sono riconducibili a un sistema di "delta conoide".



Immagine 8 Estratto carta geologica Foglio 258-271 Sanremo (Progetto CARG, Regione Liguria).

3.1 Alluvioni

I depositi alluvionali sono strettamente correlati all'alveo dei due rii che nel tratto a valle della confluenza presentano l'alveo quasi tutto ricostruito artificialmente. Nell'area di interesse i depositi alluvionali del rio sono scarsi e poco potenti perché il fondo artificiale non consente il deposito dei sedimenti in quanto siamo in presenza di acclività discrete e velocità

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

di deflusso medio-alte, e i pochi sedimenti vengono continuamente mobilizzati durante le piene.

Le alluvioni, in genere, sono caratterizzate dalla presenza di materiali sabbiosi legati al disfacimento chimico fisico operato in particolare sulla parte fine delle litologie presenti ed in particolare sulle sCTB – Sabbie di Costa Terre Bianche, con discreta presenza di ciottoli di diversa pezzatura che trovano origine dalla detrizione delle sponde costituite da litologie appartenenti ai cgCMV – Conglomerati di Monte Villa (ciottoli arrotondati) e alle bcTAG - Brecce di Taggia (ciottoli spigolosi). La parte più fine limo-argillosa è scarsamente rappresentata e prevale perciò la parte sabbioso-ghiaiosa-ciottolosa con diametri che a volte possono superare i 0,30 m.

Nell'area fociva si ha la tipica deposizione dei nostri litorali con spiaggia prevalentemente ciottolosa e sabbiosa commiste con altre tipologie di detrito spesso di origine antropica. Le alluvioni interessano solo marginalmente l'intervento attuale in quanto si collocano solo nell'ultimo tratto (area a valle).



Immagine 9 Depositi misti alluvionali e di spiaggia nel tratto terminale alla foce del Rio Pertusio (Anfossi, 2022).

3.2 Coltre detritica.

Le coltri detritiche si incontrano a vari livelli e presentano spessori molto variabili a seconda della quota, a volte anche con possibilità di superare i tre metri. La loro natura eluvio-colluviale cui, ad esempio, si possono assommare varie componenti, come i materiali derivanti dal versante (colluvium), dovuti al disfacimento e/o disgregazione degli ammassi sottostanti (eluvium) e infine i riporti antropici dovuti all'azione dell'uomo che, nell'area di intervento, ha profondamente modificato la naturale geomorfologia delle aree.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

I depositi detritici indagati attraverso le indagini sismiche evidenziano potenze molto variabili che passano da 1,92m a 3,15m per la stesa n. 1 e comprese fra 1,62m a 3,77m per la stesa n. 2 (da sezioni sismiche riportate in allegato). Questi dati lasciano supporre che si possano trovare situazioni con coltre detritica con spessori modesti a situazioni dove lo spessore della coltre diventa molto importante. Queste variazioni non sono solo legate a fattori naturali ma anche alla pesante azione antropica in quanto l'uomo è intervenuto a modellare le aree di intervento che, in passato, sono state interessate da opere di urbanizzazione e dalla realizzazione di alcuni edifici di civile abitazione.

Dal rilievo geologico effettuato, si è riscontrata la presenza del substrato roccioso in condizioni di affioramento, a livello dell'area posta più a monte del presente intervento, risalendo il versante, a lato della strada. I materiali costituenti tali coltri sono da ricercare nei materiali componenti gli ammassi rocciosi del substrato rigido della zona; esse, infatti, presentano: sabbie, talora fini, limi con componente argillosa scarsa (in generale inferiore al 10% in base alle analisi effettuate su altri cantieri), con ciottoli arrotondati e scagliosi di origine diversa (probabilmente legati alla detrizione del substrato litoide costituito dai Conglomerati di Monte Villa). Il sito indagato è costituito dallo sviluppo della stessa Via Casai, il cui sedime è oggi asfaltato, e, solo lateralmente, si ha la presenza spazi a verde, alcuni anche incolti (giardini, cortili e aree non coltivate). La parte più superficiale della coltre registra la presenza di sostanze vegetali come radici e foglie che alterano il colore del terreno per il loro degrado nel corso del tempo.

3.3 Ammasso Roccioso

Come già illustrato nella parte introduttiva del capitolo, nella zona di studio, sono evidenti in quanto affiorano in alcuni tratti i Conglomerati di Monte Villa; solo l'alto topografico in sinistra idrografica è occupato da litologie appartenenti alla Serie del Flysch di Sanremo – Monte Saccarello con il Membro di San Lorenzo (FSM4) che rappresentano anche le litologie che costituiscono la base deposizionale delle Sequenze deposizionali plioceniche.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc



Immagine 10 Le litologie dei Conglomerati di Monte Villa affioranti a monte della zona di intervento (Secondo, 2023).

Il Flysch di Sanremo è un potente deposito flyschoide calcareo marnoso di piana sottomarina, costituito prevalentemente da torbiditi marnoso-arenacee, generalmente in strati spessi. Franchi, seguendo gli autori francesi, distingue una litozona "H2" (corrispondente alla "Série à dominante marneuse" e al "complesso a, flysch arenaceo-marnoso-argilloso" di Boni & Vanossi), sormontante i tipi litologici indicati con la sigla "H1" ("Série à dominante calcaire"). Questa formazione è caratterizzata dalla fitta alternanza di materiali a comportamento rigido (arenarie e siltiti) e da livelletti argillo-marnosi che rispondono in modo plastico alle sollecitazioni. Sul campo i primi si fratturano secondo il campo di stress “neotettonico”, i secondi si deformano plasticamente, sviluppando sovente una fitta famiglia di piani di laminazione subparalleli alla stratificazione (senza presentare un fitto reticolo fratturativo), oltre che a sviluppare una scistosità egualmente orientata per rigonfiamento e alterazione a contatto con l’aria e con gli sbalzi di temperatura. La Serie del Flysch di Sanremo designa il top stratigrafico dell’Unità di Sanremo – Monte Saccarello, come formalizzato dalla Commissione Italiana di Stratigrafia.

I depositi del Pliocene Ligure sono costituiti da sequenze che vedono l’alternarsi, dal basso verso l’alto, delle Brecce di Taggia, delle Argille di Ortovero, delle Sabbie della Costa di Terre Bianche e dei Conglomerati di Monte Villa a chiudere la sequenza. Il territorio comunale non presenta, in affioramento nell’area di interesse, o quantomeno non sono evidenti le Argille di Ortovero e le Sabbie della Costa di Terre Bianche, quest'ultime perché stratigraficamente inserite in parte nelle argille e in parte nei conglomerati.

Le Brecce di Taggia sono caratterizzate, con percentuali stimabili fra il 70/85%, da elementi litici tendenzialmente angolosi e/o sub-angolosi, in subordine arrotondati, derivanti

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

dal substrato flyschoide e più precisamente dalle litologie più resistenti e predominanti della Falda del Flysch e precisamente dalle Arenarie di Bordighera e dal Flysch di Sanremo.

Al loro interno si evidenziano due litofacies che si differenziano per la loro fase deposizionale. La parte basale è relativa alle prime fasi di impostazione del canale alimentatore mentre la seconda litofacies è relativa alla fase di calibratura del canale alimentatore e di espansione del bacino di drenaggio, con rimobilizzazione di depositi alluvionali, di frana e di conoide detritica che li ingombravano. Le litologie sono simili differiscono per gli elementi e per la matrice che nel primo caso si presenta a spigoli vivi, a matrice limosa e granulare incoerente nel secondo caso con elementi pluricentimetrici, subangolosi, raramente a spigoli arrotondati a matrice sabbiosa grossolana o sabbioso-limosa, semicoerente.

Secondo le datazioni più recenti, Giammarino & Tedeschi 1983 e Giammarino et alii 1984, l'unità delle Brecce di Taggia dovrebbe inquadrarsi nel Pliocene inferiore. Queste litologie affiorano nella parte alta del bacino idrografico dei due rii.

I Conglomerati di Monte Villa sono invece conglomerati più o meno cementati, legati in superficie da una matrice argillosa rossastra, cioè delle potenti sequenze detritiche interpretabili per lo più come lembi di delta. Le sequenze sono caratterizzate dalla presenza di conglomerati poligenici eterometrici spesso cementati, a stratificazione grossolana, con intercalazioni di lenti argillose e di banchi sabbioso-arenacei; i clasti sono costituiti da litotipi arenacei e calcarei provenienti dalla detrizione del Flysch ad Helmintoidi. L'età della formazione è attribuita al Pliocene medio-inferiore.

Al loro interno si evidenziano quattro litofacies che si differenziano dall'alto verso il basso per la differenza di composizione:

- Lenti argilloso-marnose, siltose e sabbiose laminate o a stratificazione incrociata, discontinue con argille marnose siltose grigio azzurre massicce, con lamine arenacee;
- Lenti ghiaioso-sabbiose con arenarie sabbiose e conglomeratiche massicce o stratificate; conglomerati a grana fine o media, ben stratificati, a matrice sabbiosa abbondante, ben embricate;
- Conglomerati grossolani stratificati, eterometrici, a matrice sabbiosa, con clasti nella generalità dotati di buona sfericità la matrice, sabbiosa o sabbioso-limosa, può assumere percentuali anche del 30-40%;
- Conglomerati immaturi disorganizzati o rozzamente organizzati e mal cementati. I clasti, prevalentemente arrotondati e subarrotondati, hanno dimensioni che mediamente vanno dai 5 ai 20 cm, la matrice sabbiosa o sabbioso-limosa è in basse percentuali, inferiore al 10%.

Quest'ultima tipologia deposizionale definita con la sigla CMVa costituisce la serie litologica presente all'interno dell'area di studio e che è visibile in area di affioramento. In generale presentano un variabile grado di cementazione che può essere piuttosto basso con comportamento geomeccanico di tali litotipi praticamente come quello di un materiale granulare.

In generale il rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico portato a termine in un congruo intorno dell'area di interesse ha permesso di definire la situazione poi evidenziata nella cartografia a corredo della presente relazione. I terreni che costituiscono l'area sono essenzialmente di due diverse tipologie:

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- Terreno incoerente superficiale definibile come coltre detritica di ridotto spessore da sciolto a poco addensato (entro i due/quattro metri) con larga parte costituita anche da materiale antropico fortemente rimaneggiato cui si vanno a sommare, verso l'area fociva i depositi alluvionali e di spiaggia;
- Substrato roccioso, fratturato e, in particolari situazioni, fortemente erodibile.

Nelle aree indagate il substrato roccioso in situ è sempre visibile a livello del fondovalle e lungo i tagli dei tracciati stradali, sul versante, poiché vi si sovrappongono degli spessori di coltre, al momento comunque non ben quantificabili, probabilmente contenuti entro i due metri, il substrato non è più evidente.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

4.INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.

L'area di interesse, come ho già riportato nelle pagine precedenti, appartiene ad una classe di suscettività al dissesto variabile da media a moderata. L'analisi del catalogo IFFI non evidenzia la presenza né di accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico e né tantomeno di fenomeni gravitativi recenti. L'analisi della cartografia a corredo del Piano di Bacino Stralcio dell'Appennino Settentrionale non evidenzia la presenza di movimenti gravitativi degni di menzione.

Nel territorio circostante non sono stati rilevati fenomeni di dissesto idrogeologico, in atto o potenziali, di una certa importanza né sono stati ravvisati o segnalati marcati segni di instabilità. In definitiva l'area di pertinenza appare stabile; si ricorda, a tal proposito, che la localizzazione del sito ricade all'interno di una zona che tutta la documentazione bibliografica esistente a cui si è fatto riferimento indica come priva di problematiche gravitative.

Ad esclusione della fascia di fondovalle in cui l'acclività si attesta su valori bassi, il versante è inserito in media nella classe 3 di acclività, con valori compresi fra il 21% e il 35%. La pendenza locale del versante è solo in parte smorzata dai muri a secco su cui sono impostate le fasce costruite a contenimento della coltre; l'alveo, nel tratto di interesse, è già in parte tombinato. Questo fa sì comunque che, esternamente all'alveo, l'acclività locale si assesti su livelli inferiori addolcendo la geomorfologia dell'area.

La fascia di fondovalle presenta invece una pendenza inferiore corrispondente alla classe 1 e 2 di acclività (pendenze fra 0 – 10% e 11 – 20%) mentre la parte più in alto presenta pendenze maggiori che rientrano, come già detto, in classe 3. Si precisa che l'assetto geologico - geomorfologico e strutturale del sito, oltre all'inserimento dell'area nella classificazione P2b (media propensione al dissesto) nella Carta PGRA dissesti: Pericolosità, Subsidenza - Appennino Settentrionale mentre non è inserito in fascia di rischio per quanto riguarda le Mappe PAI dissesti – Rischio Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale del vigente Piano di Bacino; ciò fa ritenere che attualmente non vi siano indicatori di pericolo dal punto di vista morfologico tali da pregiudicare la realizzazione degli interventi previsti.

L'area di intervento può essere definita come un'area di fondovalle prossima al letto di scorrimento del rio. La valle, con direzione circa N-S, è parte costituente del bacino del Rio Pinea – Pertusio e, nella parte di interesse, in sinistra idrografica, il versante è occupato dalle abitazioni che in parte lo risalgono fino alla quota di 75 m slm.

La morfologia costiera è fortemente dominata dagli elementi geologici e tettonici sopra tratteggiati, oltre che in misura sempre crescente, dall'azione antropica. Il paesaggio geomorfologico muta notevolmente. Il paraggio è infatti dominato dall'esteso affioramento in materiali pliocenici (marne e conglomerati), che definiscono la particolare morfologia del sito con ripide scarpate spesso subverticali, alternate a dolci pendii. Le scarpate subverticali sono il segno tangibile dell'attività tettonica che ha guidato la formazione della morfologia locale, compresa la formazione della grande piana del Torrente Argentina. Dalle ripide pareti del bordo occidentale si passa all'ampia piana costiera che caratterizza i luoghi fino a Riva Ligure, con ampia porzione di territorio sub pianeggiante al piede del versante. I rilievi a contorno del

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

mare passano dai quasi 1300 metri di Monte Bignone incombente a poco meno di 7 chilometri dal mare sul Sanremese, a rilievi collinari molto più dolci.

Anche in questo settore gli spessori dei sedimenti alluvionali, a parziale rimaneggiamento marino, impongono attente verifiche dei fattori di amplificazione locale, oltre che l'impostazione di adeguati "scenari" geologici relativi al sisma di progetto, legato all'importante lineazione tettonica Saorge-Taggia-Valle Armea sede di scosse ripetute anche in tempi recenti.

Le coltri hanno una granulometria variabile da medio-fine a grossolana ma prevalentemente sabbiosa, anche se non è da escludere la possibilità di trovare elementi litoidi dispersi all'interno della stessa e/o derivante dal brevissimo trasporto e dalla rielaborazione solo locale di ridotti coni detritici che hanno interessato il versante e che ora sono stati sistemati attraverso i vari terrazzamenti, con muri a secco, disposti sul pendio. Per quanto riguarda la caratterizzazione geopedologica i terreni erano adibiti a colture ortofrutticole e olivicole. I suoli presentano il profilo tipo AC, profondi fra i 30 – 50 cm, da franco limosi o sabbiosi, subalcalini con possibili lenti argillose e ciottoli dispersi.

L'area di intervento rappresenta perciò una parte di versante con presenza di substrato con caratteristiche geotecniche medie, con coltri detritiche di spessore diverso, che arriva anche fino a circa 4 metri, il tutto contenuto, in parte, con muretti a secco non sempre in buone condizioni in quanto l'uomo non conserva più il controllo attraverso la costante manutenzione che consente di mantenere attive e funzionali le opere di difesa e/o raccolta delle acque lungo il versante.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

5.INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.

Le litologie rigide che costituiscono il bedrock dell'area di studio possono essere considerate come permeabili per la loro fratturazione (anche microfratturazione) mentre le coltri detritiche e le alluvioni sono classificate come permeabili per la porosità presente e, visto il loro elevato, solo raramente possono essere sede di falda permanente e perciò avere un acquifero ben sviluppato al loro interno.

Il sito ricade in quelle aree per cui è stato prodotto lo studio idraulico nel vigente Piano dell'assetto idrogeologico attraverso la redazione del PGRA - Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera di cui è stato riportato un estratto nella Immagine 7. Dall'estratto si può verificare come l'area di intervento sia interessata da tutte e tre le fasce fluviali che corrispondono alla Pericolosità da alluvione in ambito fluviale nel Distretto Appennino Settentrionale ai sensi della Direttiva 2007/60 CE e del D.lgs. 49/2010, con definizione dei tre scenari di probabilità di inondazione scarsa (P1), media (P2) ed elevata (P3).

La ricostruzione dal punto di vista idrogeologico ha preso spunto, per prima cosa dal Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019 - Squadro 258150, di cui un estratto dell'area si riporta di seguito. Da tale consultazione è possibili subito osservare come l'area di interesse non sembra essere drenata da aste superficiali se non lateralmente; il Rio Pertusio presenta un solo affluente in sinistra, il Rio Pinea. La confluenza avviene poco a monte dell'area di intervento.

Vista la situazione si può pensare come nel sottosuolo le vie di deflusso principali siano organizzate al contatto fra il substrato rigido e le coltri detritiche e subordinatamente lungo gli orizzonti della stessa coltre detritica dove la granulometria si fa più fine (limi e argille). Questo può portare ad avere dei contrasti di permeabilità all'interno della stessa coltre e questo spiegherebbe, in parte, la presenza delle sorgenti lungo il versante. gli orizzonti limo - argillosi costituiscono dei livelli impermeabili che si oppongono alla fluitazione gravidica delle acque di pioggia.

Le parti urbanizzate (strade, parcheggi, case di civile abitazione, ecc.) sono da considerare come impermeabili e si trovano per lo più nella zona a contorno dell'area.

Il bacino del Rio Pinea-Pertusio si estende dalla quota massima di circa 210m slm fino alla quota del mare; il bacino ha un'estensione di circa 0,73 Km^2 che lo inserisce fra le aste di secondo livello, cioè fra i bacini dei corsi d'acqua di medio sviluppo secondo il Regolamento 14 luglio 2011, n. 3 - Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua - Bollettino Ufficiale n. 20 del 20 luglio 2011.

Proprio per questa situazione le aste sono limitate nella loro lunghezza e, allo stesso tempo, sono stati sempre pensati come vie di scarsa veicolazione. In alcuni momenti dell'anno possono anche essere completamente privi di acqua in alveo per poi apparire gonfi appena si ha un piccolo temporale. Il tempo di corrivazione è praticamente contenuto entro i quindici/venti minuti.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

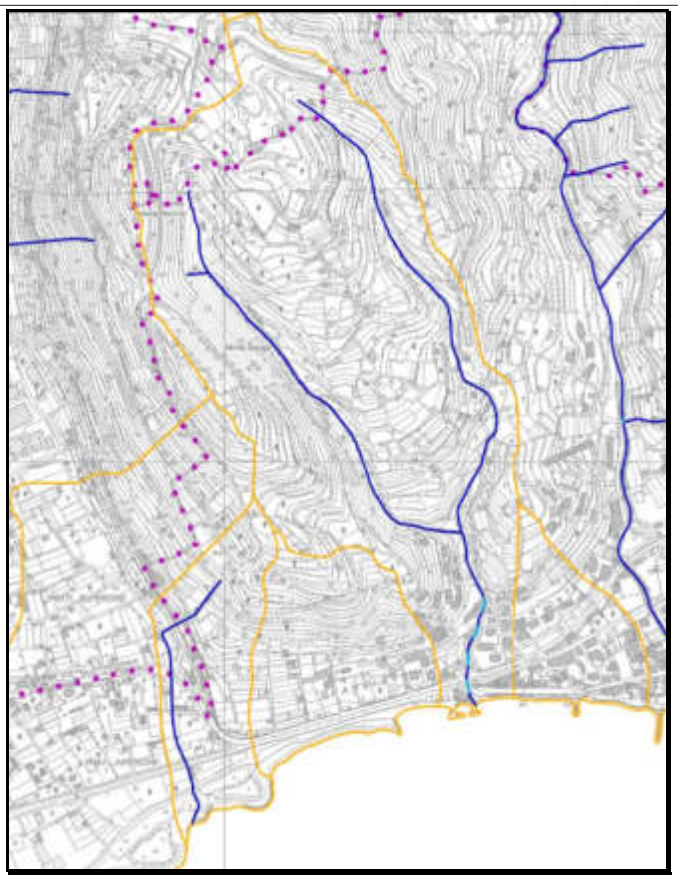


Immagine 11 Estratto Squadro 258150 del Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019.

Le coltri detritiche sono da considerarsi permeabili per porosità con permeabilità inversamente proporzionale al contenuto in fini (percentuale limi e argille). Il valore del Coefficiente di permeabilità k è perciò variabile tra 10^{-4} e 10^{-7} m/s, data la presenza di matrice prevalentemente limosa – sabbiosa e a tratti argillosa che spostano i valori evidenziati verso la parte più a destra, in quanto la presenza di limo e argilla rende meno permeabile la stessa coltre detritica. All'aumentare della percentuale dei fini contenuti al loro interno diminuisce la porosità.

Oltre alla percentuale di fini, le variazioni di permeabilità sono in funzione anche dei diversi usi della stessa coltre detritica in quanto: se i terreni sono abbandonati si ha una diminuzione della porosità e, durante eventi piovosi brevi ed intensi, si raggiunge molto velocemente la saturazione degli strati superficiali della coltre; se invece i terreni sono coltivati la permeabilità è più elevata e per raggiungere la saturazione sono necessari quantitativi di pioggia superiori.

Il versante presenta, allo stato attuale, poche forme di canalizzazione delle acque superficiali ben strutturate e in grado di condurre i fluidi direttamente nel fondovalle; le opere dell'uomo che permettevano il deflusso verso l'alveo, con l'abbandono delle campagne, sono

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

andate in disuso o hanno diminuito la loro efficacia. È perciò possibile, in caso di eventi eccezionali, avere forme di ruscellamento superficiale diffuso ed incontrollato che provocano l'imbibimento delle coltri che possono dare origine a scivolamenti gravitativi lungo il pendio. Il reticolo idrografico, caratterizzato da aste di basso ordine, spesso non è in grado di accogliere, in caso di eventi meteo di un certo livello, tutte le acque provenienti dalla zona definita come tessuto urbano che, al contrario, è considerata come praticamente impermeabile.

Riguardo al substrato roccioso, la permeabilità è legata alla presenza della fratturazione e, in particolare la microfessurazione che interessa le litologie rigide del conglomerato. Nel caso, fatto salvo per i primi metri dove prevale la fratturazione e/o la fessurazione collegata alla degradazione che interessa i litotipi (cappellaccio) dove si può avere una parziale infiltrazione delle acque gravifiche, in profondità la permeabilità primaria, legata alla fratturazione, diminuisce in quanto la pressione litostatica tende a chiudere le fessure/fratture. Tale orizzonte costituisce il limite oltre il quale la falda non può penetrare e a tutti gli effetti il bedrock può essere considerato poi come impermeabile.





Immagine 12 Una larga parte dell'area adiacente al corso d'acqua risulta completamente impermeabilizzata.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

6.INQUADRAMENTO SISMICO

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n. 530/2003).

Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto nazionale di geologia e vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n. 1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul BURL n. 47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n. 1362 del 19 novembre 2010, con DGR n. 216 del 17 marzo 2017 e con DGR n. 962 del 23 novembre 2018.

Si precisa che l'indagine geologica ai fini della presente progettazione è stata redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"). Queste rappresentano il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 05/11/1971 (n. 1086), alla Legge 02/02/1974 (n. 64), al Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 (n. 380), ed al Decreto 28/05/2004 (n. 136), convertito con modificazioni dalla Legge 27/07/2004 (n. 186). Infine, le NTC 2018 sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con D.M. 14/01/2008, e definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

6.1 Analisi sismica – Sismicità storica

La Liguria di Ponente è costantemente interessata da una modesta sismicità, anche se sono stati rari gli eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. I fenomeni più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms = 5.9), di cui in verità non si conosce ancora molto e quello ben studiato del 23 febbraio 1887 (Ms = 6.4) con probabile epicentro in area marina; è poi da ricordare la sequenza del luglio 1963 con due eventi di Ms = 5.9. Tra i terremoti minori possiamo ricordare l'evento del 1831, che interessò l'area più occidentale della Provincia di Imperia con intensità dell'VIII° MCS. Al di fuori di quest'ultimo fenomeno, con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da ascriversi a strutture sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure.

Studio Geologico
dott. geol. Gianfranco Secondo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

6.2 Pericolosità sismica di base

Lo studio e l'analisi sulla Pericolosità sismica di base dell'intero territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche (ZS9), che venne elaborata dal Gruppo di Lavoro (anno 2004), nella quale sono individuate le zone caratterizzate da diversi valori di Magnitudo momento massima Mwmax.

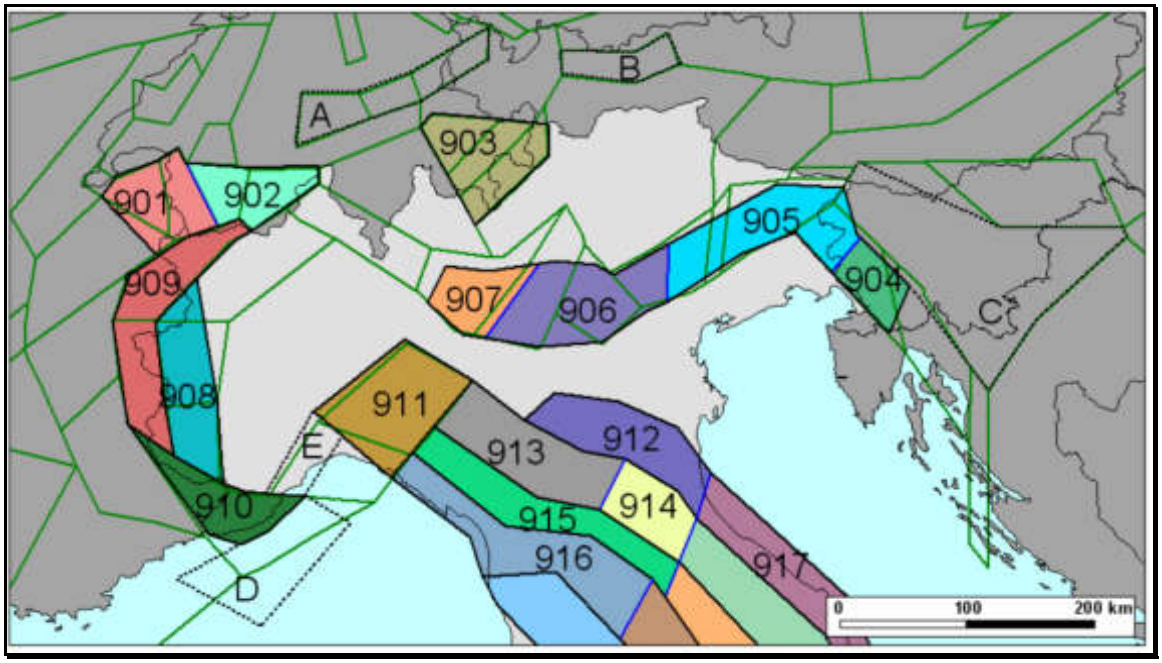


Immagine 13 Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (bordi nero e blu) a confronto con la zonazione adottata dal progetto SESAME (bordi verdi).

Valori di MWMAX per le zone sismogenetiche ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)		
Nome zona ZS	**Numero zona ZS**	**MWMAX**
Medio-Marchigiana / Abruzzese, Appennino Umbro / Nizza-Sanremo	918, 919, 910	6,37

Successivamente, grazie all'entrata in vigore delle NTC '08 e delle recenti NTC2018, la Pericolosità sismica di base, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido affiorante (caratterizzato, quindi, da velocità delle onde sismiche trasversali Vs>800 m/s) viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non “zona dipendente”. Ovvero una volta trovate le coordinate del sito interessato dal progetto (coordinate nel sistema ED50), questo risulterà compreso tra quattro punti appartenenti alla griglia di accelerazioni indicate nelle Mappe di Pericolosità Sismica Nazionale, e grazie alla media pesata, ad esso compete-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

ranno valori specifici di accelerazione di base ag e dei parametri (Fo, Tc* etc.) che consentono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC.

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES

COMMENTARY ▼ PICTURES ▼ REFERENCES ▼ USER COMMENTS ▼

GENERAL INFORMATION

DISS–ID	ITCS022
Name	Imperia Promontory
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Tiberti M.M.(1)
Contributor(s)	Valensise G.(1), Vannoli P.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Tiberti M.M.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Nov-2005
Updated	20-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS130

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min... max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min... max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.25	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	6.6	EJ	Inferred from the largest known earthquake in the area.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Riva Ligure in precedenza era stato classificato dalla Protezione Civile come un Comune inserito nella classe di pericolosità di grado 3s, secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 Maggio 2003. La DGR 17/03/2017 n. 216 riprendendo l'OPCM 3519/2006 rivede l'Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria e la DGR n. 297 del 14 aprile 2017 con la quale viene differito il termine della DGR n. 216/2017 in relazione ai

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

contenuti dell'OPCM 3519/2016. Aggiornamento classificazione sismica del territorio ligure. Oggi il Comune di Riva Ligure è così definito:

n. progressivo	ID Comune su mappa	Provincia	Zona sismica	Pga
22	50	Imperia	2	0,25g

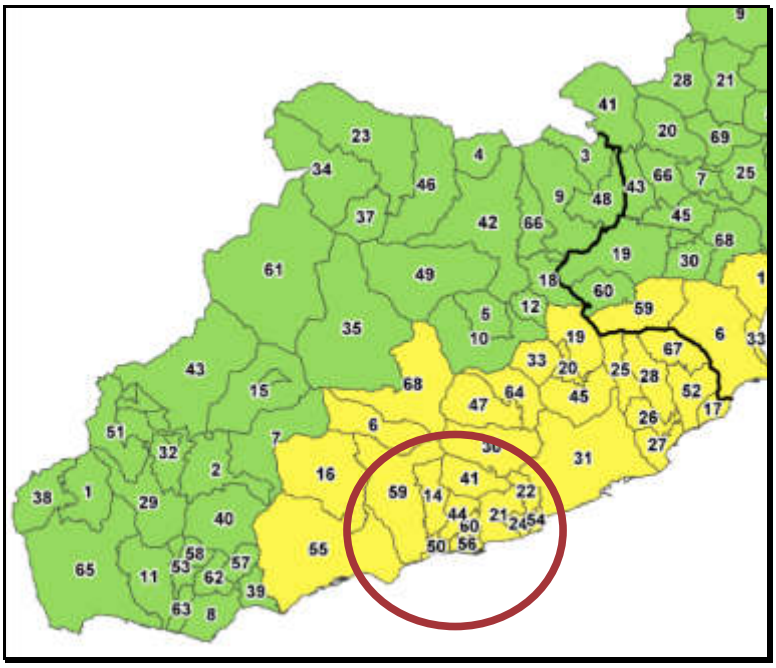


Immagine 14 Estratto DGR 17/03/2017 n. 216 Classificazione sismica dei Comuni in Provincia di Imperia.

La piana alluvionale costiera, recente, si raccorda con i versanti attraverso una zona di transizione dove si incontrano, dapprima un primo orlo di terrazzo alluvionale che separa le alluvioni recenti dalle antiche e poi dei depositi misti alluvionali e di versante, di spessore anche superiore ai 3 metri, a costituire la fascia pedemontana. Le alluvioni recenti, mobili, occupano anche l'alveo dei vari corsi d'acqua e si interdigitano con le coltri detritiche di versante.

L'area di mezzacosta, alle spalle del centro abitato che invece ricade sulla parte alluvionale pianeggiante, è genericamente caratterizzata da coltri eluvio-colluviali che si interdigitano con le stesse alluvioni o ricoprono il substrato roccioso e/o dalla presenza dello stesso substrato rigido denudato, specialmente a livello dei depositi pliocenici. Con tale configurazione le coltri detritiche di versante, ad eccezione di alcuni casi, presentano degli spessori inferiori ai 3 metri. Le zone dove si registrano degli accumuli maggiori possono trovare spiegazione con il fatto di trarre origine da antichi movimenti franosi (paleofrane) o da frane recenti, in cui la potenza delle coperture detritiche può arrivare a superare anche quattro/cinque metri.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Discorso a parte va fatto per i riporti antropici, che si ritrovano in ampie porzioni costiere e appaiono ormai compattati e stabilizzati, e presentano caratteristiche geotecniche non molto dissimili dai depositi alluvionali recenti.

La Regione Liguria ha prodotto, negli ultimi tempi, un nuovo studio relativo alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, conosciuta come M.O.P.S., che ha prodotto studi mirati in quelle aree definite come Zona D. Per redigere la presente Relazione Geologica Esecutiva, si sono perciò recuperate una serie di informazioni che si erano acquisite nell'ambito dell'attività svolta per gli studi circa l'Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77 per conto della Regione Liguria ovvero gli studi eseguiti per la MICROZONAZIONE SISMICA di 1° Livello dell'intero Comune di Riva Ligure ricompreso nel programma nazionale.

Questi studi sono stati condotti dallo scrivente, coadiuvato da alcuni colleghi, con le finalità definite negli «Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica» e nel rispetto degli Standard di Archiviazione e Rappresentazione Informatica concepiti dal Dipartimento Nazionale PC.

La carta delle MOPS divide il territorio di studio in tre microzone omogenee in prospettiva sismica che rappresentano, in termini qualitativi, il comportamento dei terreni sotto gli effetti del moto sismico e forniscono una indicazione della pericolosità sismica a scala locale come di seguito indicate:

- zone stabili senza amplificazione sismica attesa;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locali;
- zone suscettibili di instabilità.

Si sono perciò eseguite tutte le necessarie analisi allo scopo di valutare la conformità dell'area in relazione alle problematiche emerse durante le verifiche rispetto alla situazione geologica – geomorfologica e idrogeologica locale e di definire le caratteristiche sismiche del sito e definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni incontrati durante le indagini espletate in situ.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

7.ANALISI DEGLI STUDI ESEGUITI

Per la redazione della presente relazione geologica di fattibilità dell'intervento generale sono state esperite per prima cosa delle ricerche bibliografiche coinvolgendo le varie Agenzie del Territorio al fine di ottenere tutte le possibili informazioni estrapolando i dati da precedenti studi e/o pubblicazioni, inoltre si è eseguito un puntuale rilievo geologico – geomorfologico allargato alle aree limitrofe al rio in oggetto, si sono utilizzate delle indagini svolte in epoca recente che avevano indagato il substrato nelle zone di affioramento con alcune prove locali che avevano permesso di avere alcune informazioni da poter poi applicare all'area di studio, si sono utilizzate:

- n. 2 stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM ed elaborate con il metodo tomografico;
- n. 2 acquisizioni Masw;
- n. 7 indagini di microtremore elaborate con il software "Grilla" e successivamente con il software "Vs,eq" per la ricostruzione stratigrafica sismica dei punti di interesse.

Tali indagini sono risultate, insieme a quanto ritrovato di indagini precedenti, idonee a quanto necessario per la ricostruzione stratigrafica generale dell'area e atte ad estrapolare il problema della possibile liquefacibilità dei suoli. È chiaro che per quanto concerne la Relazione Geologica Esecutiva saranno necessari degli opportuni approfondimenti dove si ritenesse necessario.

7.1 Rilievo geologico del sito

Il rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico portato a termine lungo un ampio contorno del sito ha permesso di costruire la stratigrafia geologica che è stata poi riportata sulla cartografia a corredo della presente relazione e descritta nel capitolo dedicato. Si sono così identificate le coltri detritiche da poco a molto potenti e, in posizione esterna rispetto all'area di interesse, si è rilevata la presenza del substrato roccioso.

Il rilievo è stato poi integrato con i dati ottenuti dalle indagini effettuate in situ in passato che avevano visto l'esecuzione di sismiche in tipologia passiva ad integrare le conoscenze ottenute dai sondaggi geognostici mentre sulla roccia sono state effettuate alcune Prove sclerometriche (interventi per privati). I dati ottenuti dalla rielaborazione dei grafici e degli studi prodotti sono stati utilizzati nella schematizzazione che segue al fine di riportare la stratigrafia geologica ricostruita anche al di sotto della superficie topografica grazie alle indagini effettuate interfacciate a precedenti analisi condotte nell'area, o in aree vicine, per altri interventi.

Le sequenze o colonne stratigrafiche redatte con l'utilizzo del software VSEqu costituisce la ricostruzione dei terreni dell'area di interesse effettuata al di sotto del piano campagna; le stazioni totali realizzate erano: sette sismiche, due stese a rifrazione, due MASW e

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

due prove sclerometriche. La sequenza stratigrafica costituisce il modello geologico del sottosuolo nelle aree di interesse e mostra perciò una alternanza costituita dai seguenti terreni in successione (gli spessori sono molto variabili per questo si ritiene necessario per la redazione della Relazione Geologica Esecutiva un incremento di indagini più tarato sull'area di intervento):

a. Strato superficiale/Coltre detritica - terreno superficiale profondo fino a circa 30/40cm, ben areato nelle aree dove si ha ancora un'attività agricola, con presenza di ciottoli di piccola pezzatura e materiale organico quali radici, foglie, anche in decomposizione;
b. Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità. Lo spessore di tale strato è variabile e si ritrova fino a circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 e fino a circa -1,62/-3,77m dal piano campagna per la stesa S2. Oltre tale limite le Vs aumentano e si ha il passaggio alle litologie successive. Il valore delle Vs<300m/s;
c. Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato a partire da circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 mentre per la S2 si ritrova da circa -1,62/-3,77m dal piano campagna. In S1 lo spessore di tale strato di alterazione presenta uno spessore variabile compreso fra circa 5/8m poi si ha il passaggio al bedrock cioè Vs>800m/s. In S2 lo spessore di tale strato è compreso fra 4/8m. Questo strato si contraddistingue per avere una Vs<800m/s, e non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche;
d. Substrato sano o bedrock sismico dell'area, si è trovato in tutte le indagini che sono state eseguite in situ, la profondità cui si incontra è variabile a seconda delle indagini. Per distinguere tale limite si è tenuto conto del livello in cui il substrato presenta una velocità delle onde Vs>800m/s. Tale orizzonte si è ritrovato in S1 fra i -8m ed i -10m dal piano campagna mentre in S2 si incontra fra i -7m ed i -10m di profondità, con Vs>800m/s.

L'analisi geologica ha perciò portato alla stesura, oltre delle normali carte di "routine", di ulteriori sezioni trasversali. Ogni profilo è stato rivestito con tre "retini" a carattere geologico che costituiscono praticamente l'orizzonte definito come b (a+b), c e d nell'elenco precedente riportandone i vari spessori nel disegno. L'elenco completo delle sezioni è in allegato alla presente relazione. Il commento delle sezioni non presenta particolari spiegazioni in quanto in tutte le sezioni si ritrovano dei normali sviluppi ed i contatti e/o limiti di separazione fra le litologie che si alternano appaiono chiare e certe permettendo così di tracciare dei limiti ben chiari al di sotto del profilo topografico.

Per la spiegazione si fa riferimento anche ai contenuti della relazione del dott. Geol. D'ADAMO (2023) che indica come: "*Non si esclude che in corrispondenza della sismica S1, il terzo sismostrato, caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 1922 m/s, possa essere costituito dal Flysch di Sanremo, presente al di sotto dei depositi pliocenici*". Nella sezione riportata sotto si vede come lo spessore del secondo strato che equivale a c. - Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, abbia un notevole spessore rispetto a tutte le altre sezioni.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

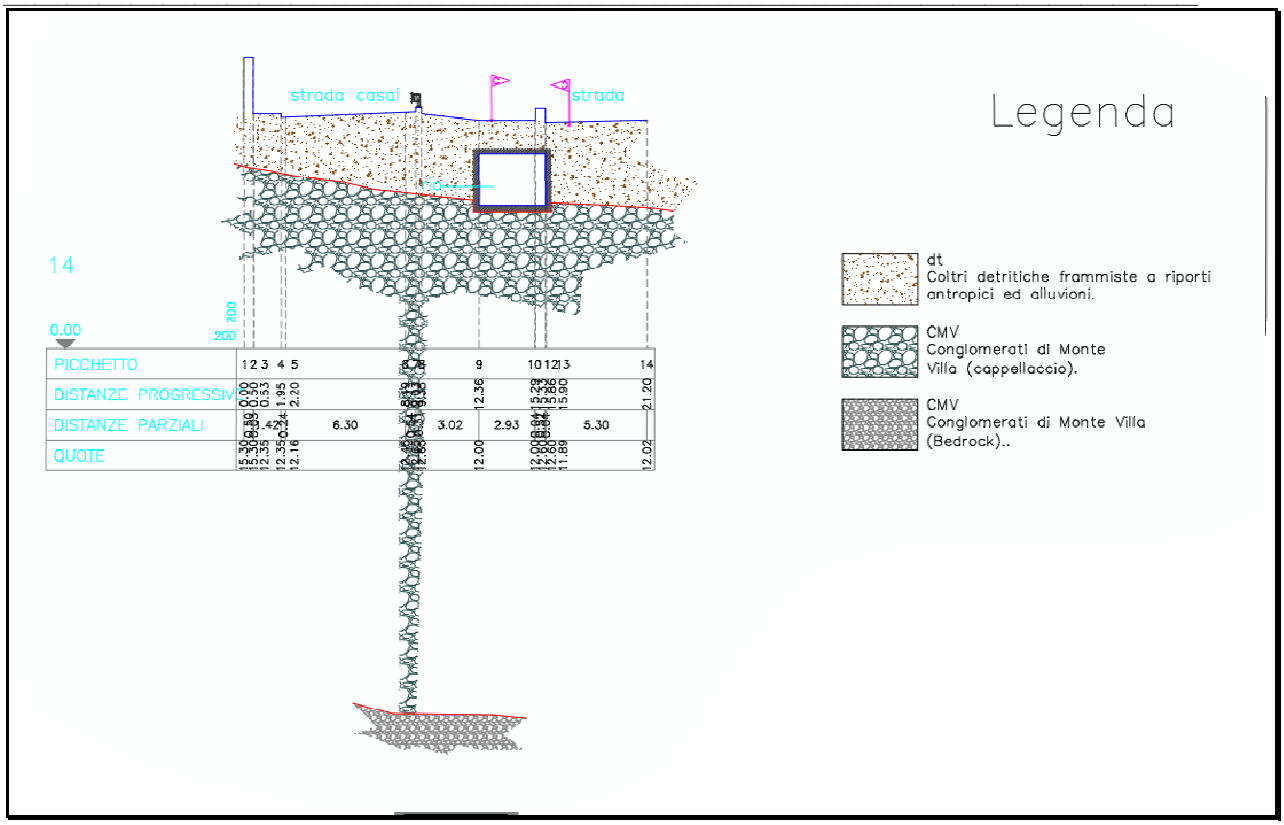


Immagine 15 Sezione Geologica n. 14.

La velocità sismica Vs dello strato è indicata in 638m/s (HVSR 1) mentre per la Vp si arriva fino a 1922m/s. la spiegazione plausibile e anche citata dal dott. D'ADAMO è che in quell'area vi sia la sovrapposizione fra Conglomerati di Monte Villa e Membro di San Lorenzo del Flysch di Sanremo. Il "San Lorenzo" costituisce la base deposizionale dei conglomerati ed ha una risposta sismica molto elevata e caratteristiche geotecniche migliori.

In conclusione, avvicinandoci alla foce del Rio Pertusio, si ha una risalita del substrato pre-pliocenico, con risposta sismica molto elevata, ed un deterioramento delle caratteristiche del substrato pliocenico che, seppur con velocità sismiche elevate, non costituisce comunque il bedrock dell'area. Il contatto con il cuneo salino, visto che il mare è a non più di 50 metri, contribuisce a complicare questa situazione.

L'apprezzamento vero del salto/scalino si ha dal profilo longitudinale dove si possono notare e valutare meglio gli spessori. Molto probabilmente il substrato che si incontra, in basso, nella sezione 14 potrebbe essere il Flysch di Sanremo nella sua componente del Membro di San Lorenzo ovvero "*Strati arenaceo argillitici, con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei*".

Probabilmente il salto evidenziato è perciò collegabile non solo ad un cambiamento delle caratteristiche geotecniche ma anche ad un avvicendamento delle litologie che si compenetrano e si confondono avendo una risposta sismica molto simile.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

7.2 Indagini o prove in sismica passiva

In base al programma operativo si erano eseguite quattro prove in sismica passiva del genere HVSR, a monte della Via Aurelia, e altre tre prove HVSR a valle della S.S. 1. Lo scopo era quello di avere una prima idea delle profondità in gioco, prima di andare ad effettuare le indagini geomeccaniche. L'indagine geofisica è stata ritenuta necessaria al fine di caratterizzare l'area lungo la verticale di alcuni punti di indagine al fine di stabilire la stratigrafia più in profondità ed al tempo stesso avere una prima indicazione circa la profondità dell'ammasso roccioso che costituisce il bedrock sismico dell'area.

Per tale tipologia di indagine (HVSR) si è utilizzato "Theremino 16 bit" con software di acquisizione "Theremino Dolfrang". Le interpretazioni sono state tutte svolte, invece, grazie al software "Grilla", elaborato dalla Micromed S.r.l., che riporta anche i criteri di validazione alle Linee Guida Sesame dell'anno 2005.

Lo scrivente coadiuvato da altri colleghi ha eseguito un'indagine geofisica finalizzata all'estensione sia planimetrico-areale, sia in profondità dell'area, questo al fine di determinare le frequenze di vibrazione del terreno, per la verifica della congruità litologica complessiva, ecc. Le caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato sono riportate in tabella.

Tabella caratteristiche strumento "Theremino 16 bit":
Theremino Master DIL (modulo theremino master con microcontrollore in package DIL e 6 I/O
Geofoni (3) da 4,5 Hz (1 verticale e 2 orizzontali)
Theremino geoPreamp (3) di collegamento

Questo strumento consente di effettuare misurazioni sismiche con tecnica passiva. L'indagine geofisica proposta si avvale della tecnica di Nakamura e del rapporto spettrale H/V; ovvero si misura il microtremore sismico ambientale (rumore sismico). Il rumore convenzionalmente viene suddiviso in microsisma (freq. < 1 Hz) e microtremore (freq. > 1 Hz) ed è costituito sia da onde di volume, sia da onde superficiali in proporzioni variabili; in particolare il microsisma è costituito soprattutto da onde di Rayleigh, mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene anche onde di Love e onde di Rayleigh in proporzioni variabile.

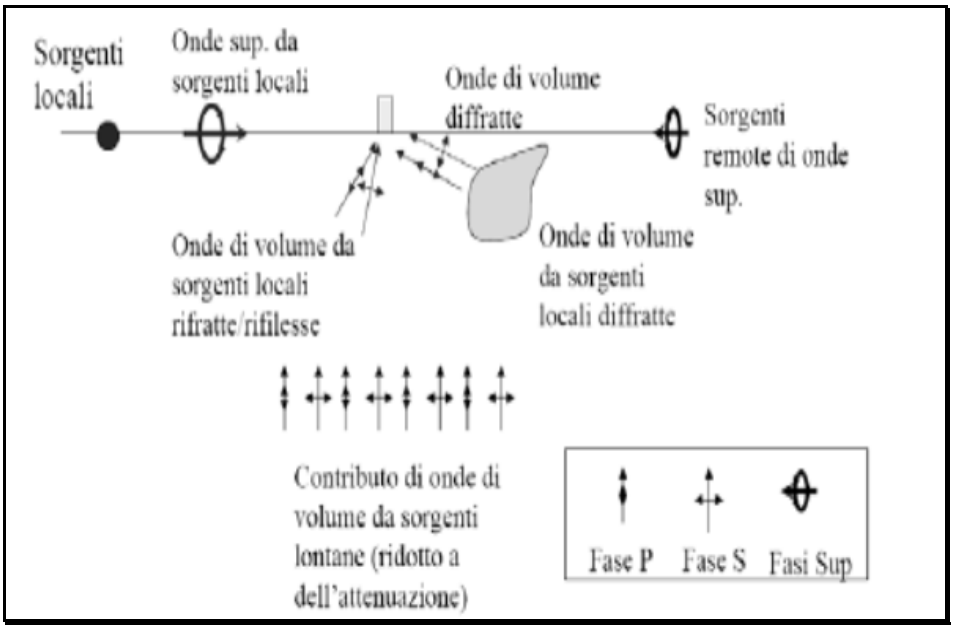
La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque; in particolare si sfruttano i microtremori sismici sempre presenti in natura e la cui fonte o sorgente può essere sia di origine antropica-umana (attività agricola o industriale, traffico, ecc.), che di origine naturale (vento, masse d'aria, moto ondoso, ecc.).

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito, ovvero un fondamentale parametro per il corretto dimensionamento degli edifici e/o strutture in termini di risposta sismica locale soprattutto per scongiurare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli edifici e delle strutture;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, che viene misurata all'interno della struttura e comparata con la frequenza caratteristica del sito;
- la velocità media delle onde di taglio VS, calcolata tramite opportune correlazioni e codici di calcolo. Utile per la categoria di suolo di fondazione come richiesto dalle NTC '18;
- la stratigrafia del sottosuolo, con un intervallo (range) di investigazione compreso tra il primissimo sottosuolo ed i 700 metri circa di profondità, anche se il dettaglio più affidabile si ha nei primi 100 metri circa. Il principio su cui si basa tale tecnica è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza (I), ovvero per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo attraversato.



Nello specifico è stata utilizzata tale tecnica per verificare la stratigrafia dei luoghi; inoltre, con l'impiego di opportuni algoritmi è stato possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V, finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi della Vs,eq richiesta dalle N.T.C. 2018. Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate mediante il tromografo digitale denominato "Theremino", elaborate con il software GRILLA e sottoposte, inoltre, ai criteri di validazione SESAME.

Sono state pertanto eseguite in totale sette stazioni di misura all'interno del sito di indagine sfruttando prove esistenti che sono state rielaborate: si ricorda, infine, che la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasi-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

va, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.



Immagine 16 Stazione HVSR 1 (Secondo, 2023).

Le grandezze citate sono legate dall'equazione:

$$f = \frac{VS}{4 * H}$$

ove:
f = frequenza;
VS = velocità delle onde trasversali (S);
H = profondità del livello.

Le prove hanno consentito di ottenere i seguenti dati:

- HVSR 1 – (Lat. 43°50'13.34"N – Long. 7°52'24.84"E)

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- Picco di risonanza è a 16,11 Hz con rapporto H/V pari a 4
- Profondità bedrock sismico circa a -31,63m con picco a 5Hz
- Classe di suolo B
- Vs,eq (suolo) 516,31m/s

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Tipologia strato
0,34	0,34	129	0,34	Coltre e riporti
4,23	3,89	258	0,32	Depositi detritici meno compattati
31,63	27,40	638	0,30	Cappellaccio di alterazione
Inf.	Inf.	1091	0,30	Ammasso sano o bedrock

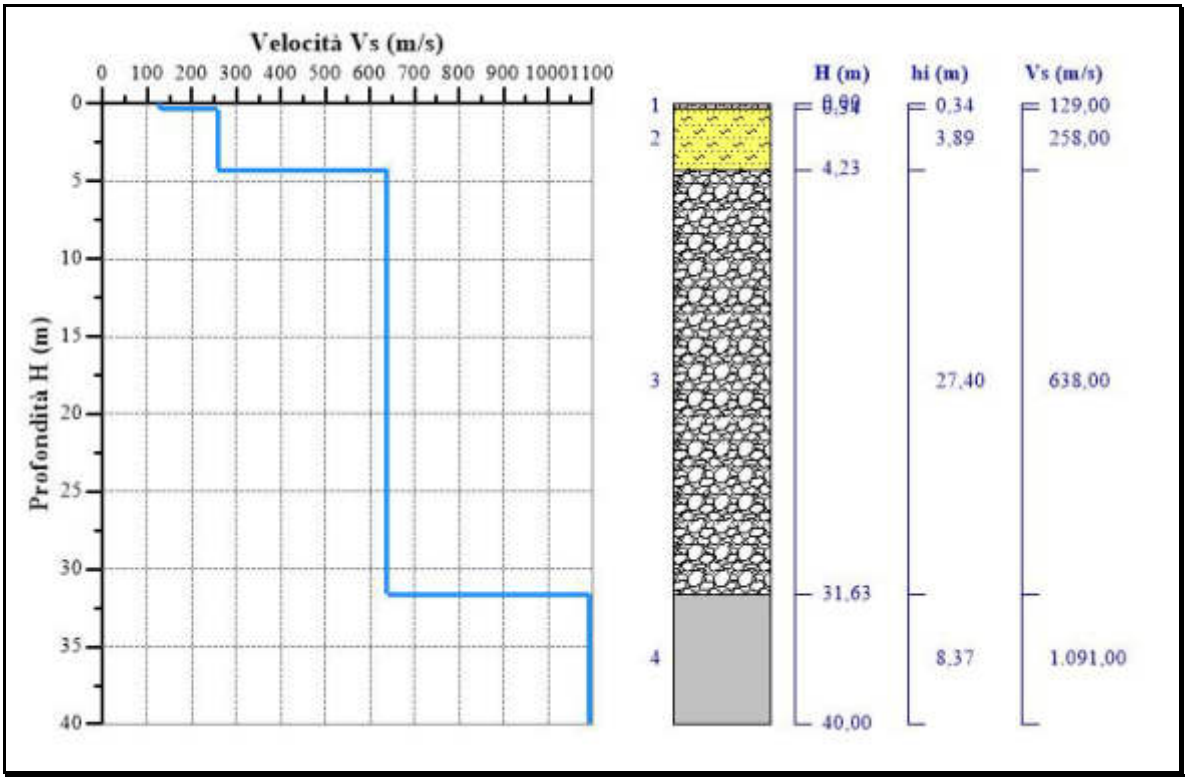


Immagine 17 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 1 (Secondo, 2023).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 18 Stazione HVSR 2 (Secondo, 2023).

- HVSR 2 – (Lat. 43°50'15.29"N – Long. 7°52'25.25"E)
  - Picco di risonanza è a 10,28 Hz con rapporto H/V pari a circa 3
  - Profondità bedrock sismico circa a -51m con picco a 5Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 484,65m/s

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Tipologia strato
0,47	0,47	109	0,34	Coltre e riporti
2,48	2,01	231	0,32	Depositi detritici meno compattati
9,00	6,52	346	0,32	Coltre detritica più compatta
41,00	32,00	699	0,30	Cappellaccio di alterazione

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Tipologia strato
Inf.	Inf.	1080	0,30	Ammasso sano o bedrock

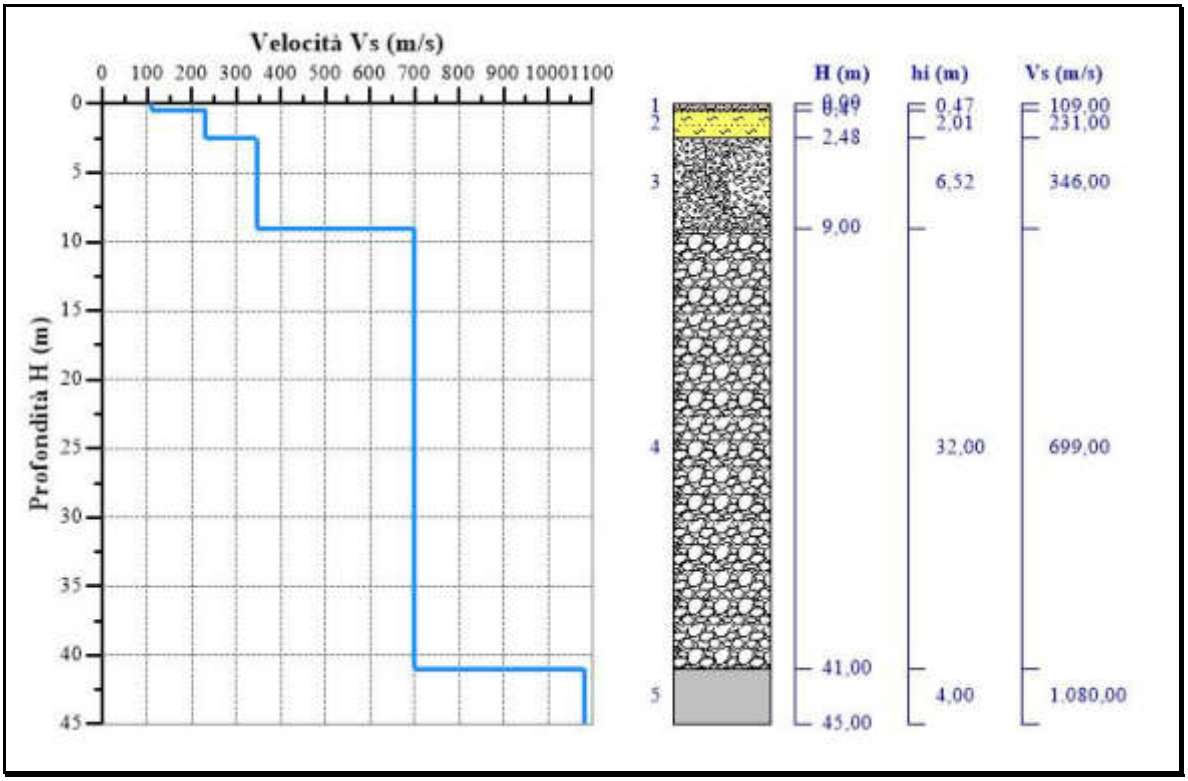


Immagine 19 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 2 (Secondo, 2023).

- HVSR 3 – (Lat. 43°50'15.95"N – Long. 7°52'25.83"E)
  - Picco di risonanza è a 9,46,97 Hz con rapporto H/V a 3,5
  - Profondità bedrock sismico circa a -23,65m con picco a circa 7Hz

La prova non è stata rielaborata al fine di ottenere la Vs,eq ma la curva ottenuta è stata sovrapposta, visto che i due punti sono molto vicini, con la HVSR 2. Si riporta quanto ottenuto dalla sovrapposizione.

Come è possibile notare vi è una buona sovrapposizione fra le due curve ottenute dalle prove e, relativamente al primo picco, che rappresenta il passaggio coltre/cappellaccio vi è una buona corrispondenza in quanto le curve sono praticamente sovrapposte. Questa situazione permette di affermare che gli spessori della coltre detritica sono molto simili in entrambi i punti di misura.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

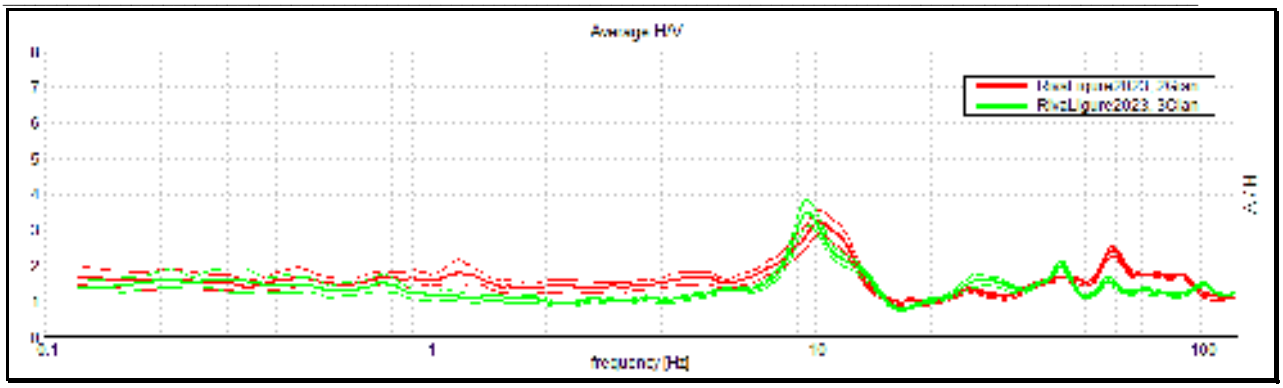


Immagine 20 Sovrapposizione della curva HVSR 2 con la curva HVSR 3.

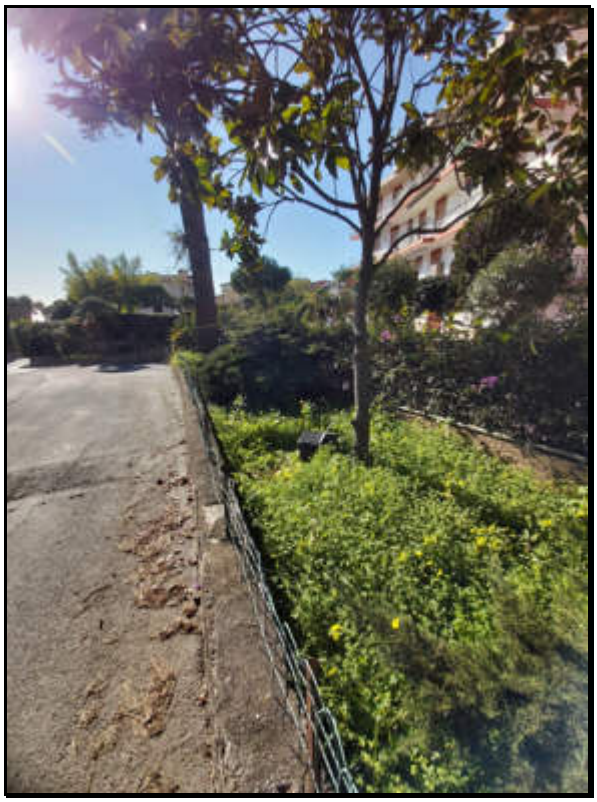


Immagine 21 Stazione HVSR 3 (Secondo, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc



Immagine 22 Stazione HVSR 4 (Secondo, 2023).

- HVSR 4 – (Lat. 43°50'19.83"N – Long. 7°52'24.13"E)
  - Picco di risonanza è a 27,37 Hz con rapporto H/V circa 3
  - Profondità bedrock sismico circa a -11,26m con picco a circa 10Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 396,48m/s

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	**Spessore [m]**	**Vs [m/s]**	**Rapporto di Poisson**	**Tipologia strato**
0,31	0,31	115	0,34	Coltre e riporti
2,37	2,06	234	0,32	Depositi detritici me compattati
11,26	8,89	526	0,31	Cappellaccio di alterazione
Inf.	Inf.	823	0,30	Ammasso sano o bedrock

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

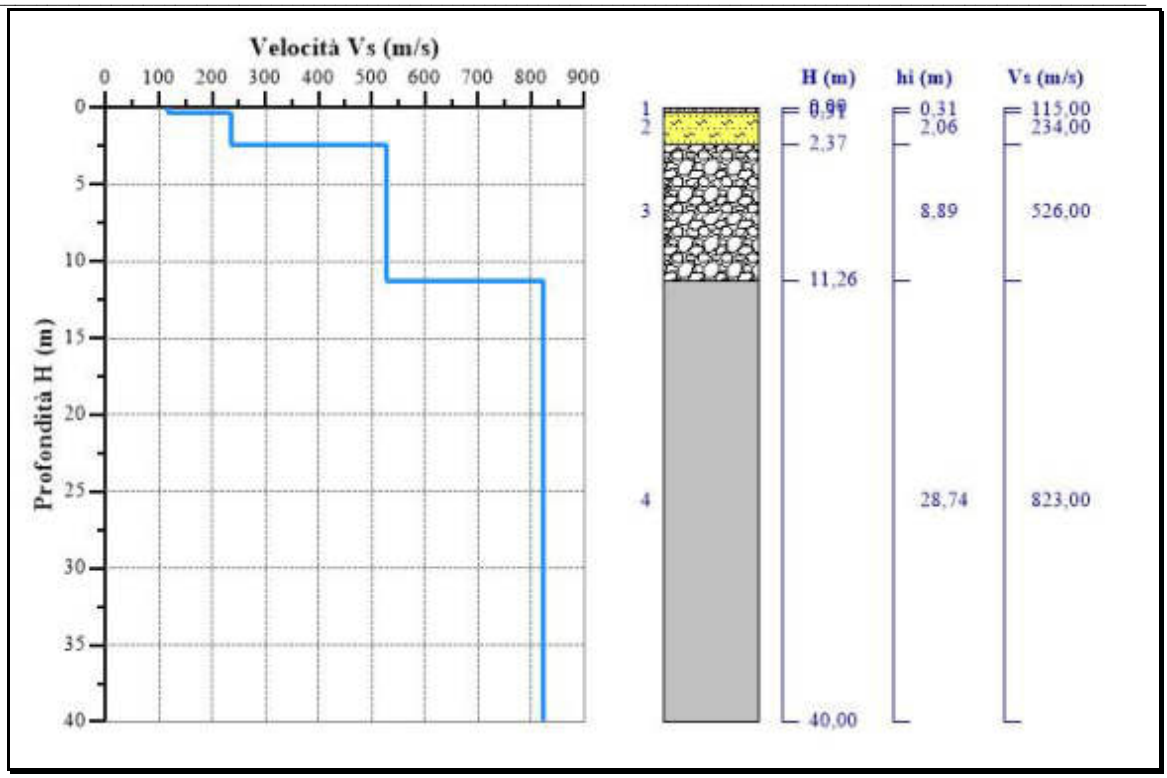


Immagine 23 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 4 (Secondo, 2023).

Altre prove, effettuate dai Colleghi Anfossi e Guardiani e messe a disposizione riguardano l'intervento relativo alla Sig.ra Ramella Adelaide Margherita di "*Realizzazione di muro di sostegno in sostituzione di muro preesistente di altezza inferiore a due metri e realizzazione di scala di accesso pedonale*" dove si sono realizzate tre prove HVSR ubicate a livello della pista ciclabile, in sinistra idrografica del rio.

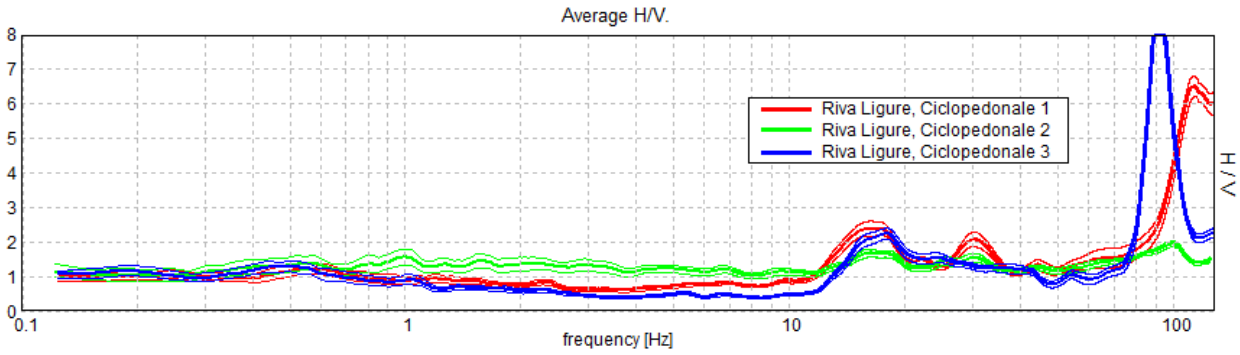


Immagine 24 Confronto e sovrapposizione delle tre curve (Anfossi e Guardiani, 2021).

La sovrapposizione mostra come i tre grafici relativi all'andamento stratigrafico ricostruito nelle tre vicine stazioni sia "praticamente" ben allineato con un picco oltre i 15Hz.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

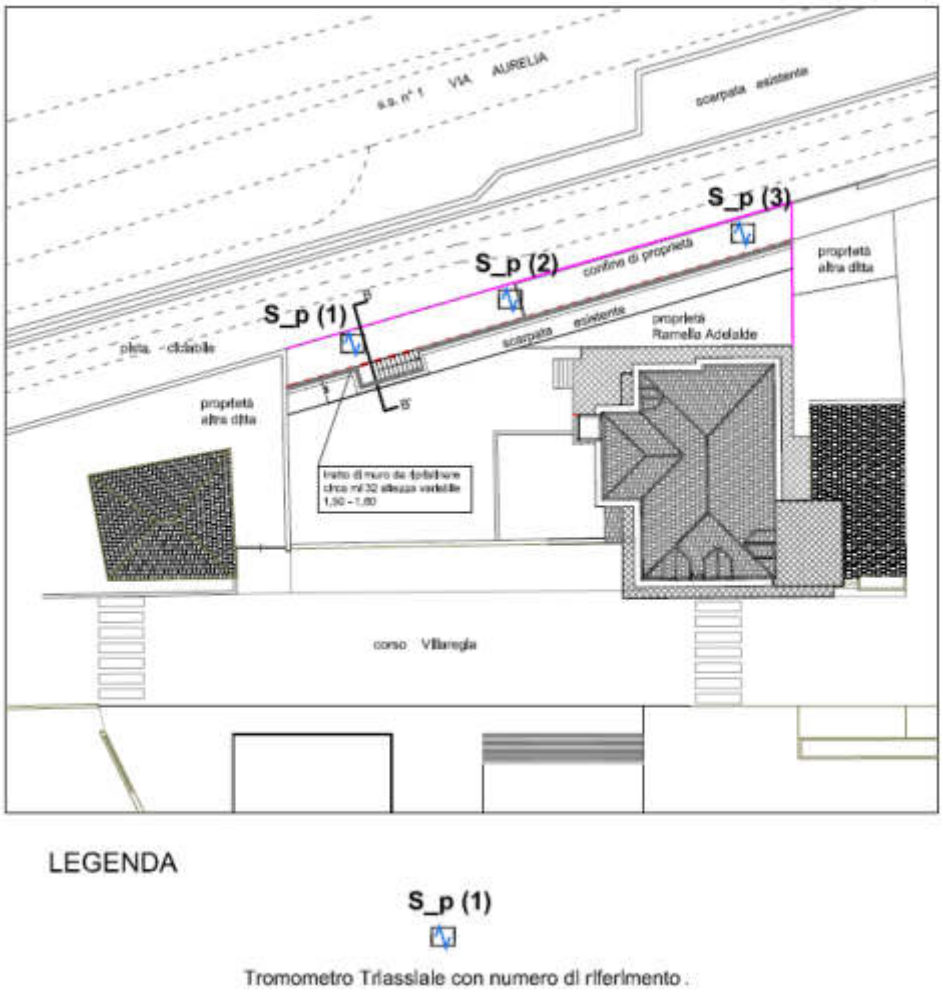


Immagine 25 Ubicazione delle tre prove (Anfossi e Guardiani, 2021).

La rielaborazione dei dati ha permesso di andare a verificare la sismostratigrafia e ad ottenere il valore della Vs,eq che possono essere così sintetizzati:

- HVSR S_p(1)
  - Profondità bedrock sismico circa a -11,03m con picco a circa 15Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 460,52m/s

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

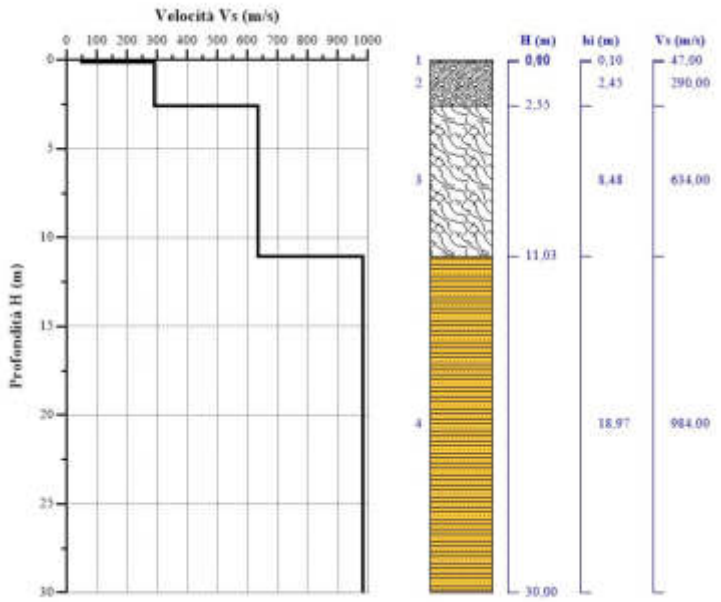


Immagine 26 Sismostratigrafia ricostruita in S_p1 (Secondo, 2025).



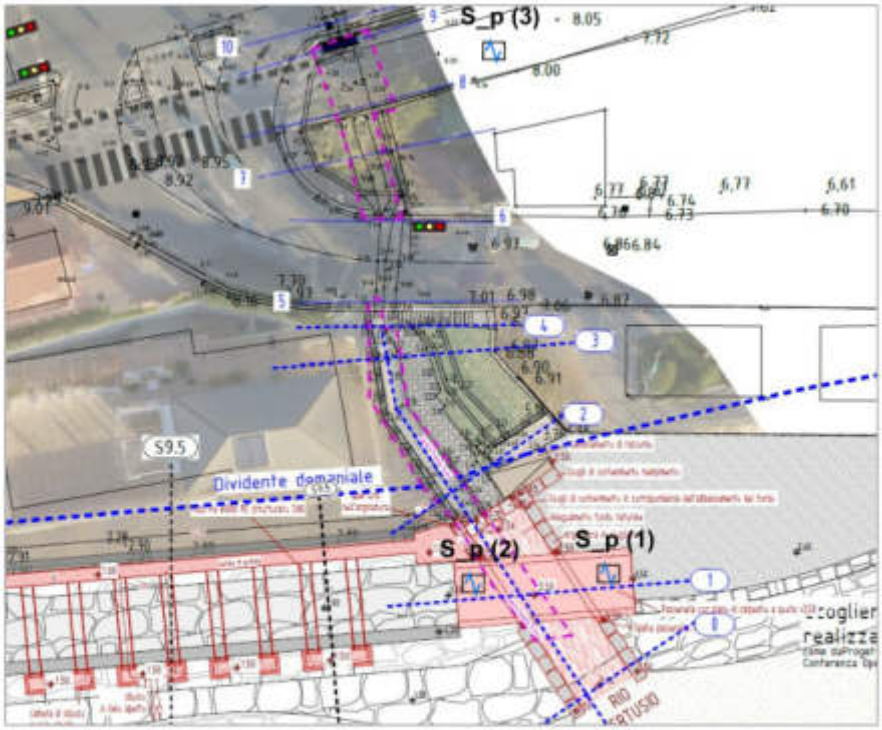
Immagine 27 Realizzazione delle tre prove (Anfossi e Guardiani, 2021).

Altri dati sono stati estrapolati dalle indagini eseguite dal dott. Geol. Anfossi Paolo per "*Eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato il territorio della Regione Liguria nei giorni 29 – 30 ottobre 2018. Intervento di difesa costiera su tutta la tratta interessata mediante realizzazione opere trasversali di ripascimento strutturale, a difesa dell'abitato e della pista ciclabile di Area 24, modifica locale opere aderenti a ponente del Rio Pertusio*" e, in particolare, la realizzazione dei due indagini HVSR effettuate a livello delle opere di fondazione spondale, destra e sinistra idrografica, per la realizzazione del ponticello in attraversamento del Rio Pertusio nel tratto finale del suo corso.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 28 Realizzazione delle due prove (Anfossi, 2023).



LEGENDA

S_p (1)

Tromometro Triassiale con numero di riferimento.

Immagine 29 Ubicazione delle due prove (Anfossi, 2023).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

La rielaborazione dei dati con il software ha permesso di ottenere le due stratigrafie, la categoria di suolo e le Vs,eq.

- HVSR S_p(1)
  - Profondità bedrock sismico circa a -3,94m con picco a circa 30Hz
  - Classe di suolo E
  - Vs,eq (suolo) 314,86m/s

- HVSR S_p(2)
  - Profondità bedrock sismico circa a -3,85m con picco a circa 30Hz
  - Classe di suolo E
  - Vs,eq (suolo) 308,86m/s

Questi dati confermano quanto già detto in precedenza, ovvero che in direzione della costa la profondità cui si incontra il substrato roccioso diminuisce, ovvero che il substrato rigido è prossimo alla superficie topografica.

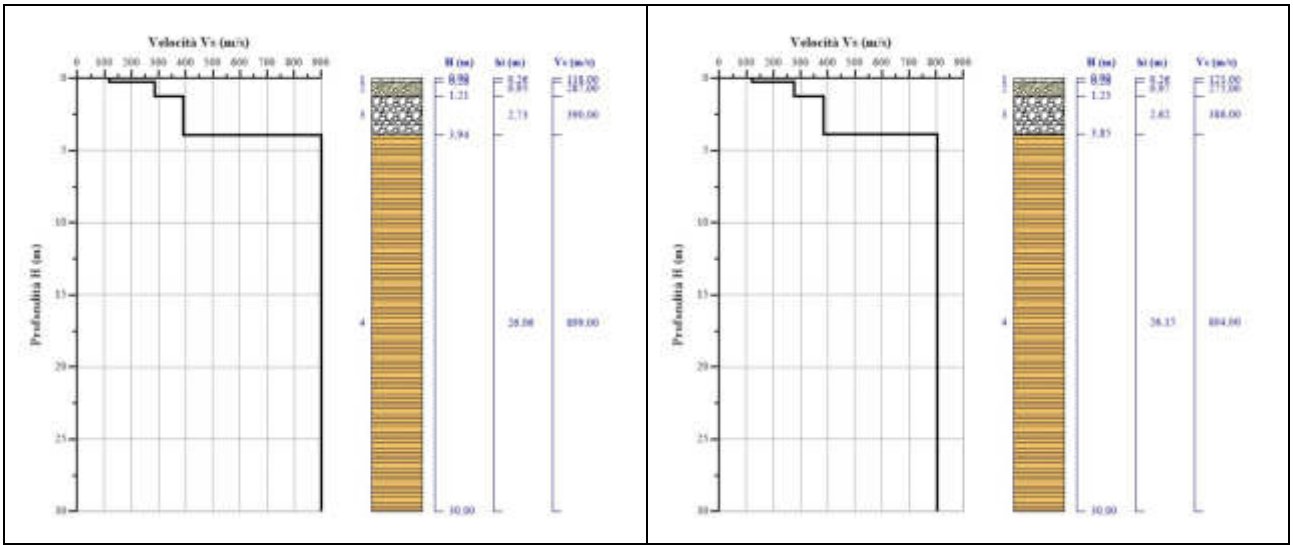


Immagine 30 Sismostratigrafia ricostruita in S_p1 e S_p2 (Secondo, 2025).

In tutte le indagini si è identificato il bedrock che si trova a profondità variabile. In tutte le prove lo spessore della coltre detritica risulta variabile ma sempre contenuto. Le caratteristiche delle litologie rigide variano velocemente e molto spesso il cappellaccio è sfumato dalle coltri detritiche più compattate (parte detritica più profonda) tanto che il salto di velocità è molto marcato e la Vs si porta su valori >800m/s a mostrare un bedrock molto ben definito (NTC2018).

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

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

hi = spessore dell'i-esimo strato;

VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

I dati simici ottenuti sono stati paragonati con i dati pregressi provenienti da altre indagini effettuate nelle vicinanze; i valori ottenuti sono riportati nella successiva tabella suddivisi per ogni prova, il valore della Vs,eq e della conseguente Categoria di suolo secondo le NTC2018. Nella tabella sono inoltre indicate anche le Vs,eq ottenute dalla elaborazione delle prove ottenute con le acquisizioni MASW.

Stazioni	Vs,eq	Categoria di suolo
Th1 (HVSR 1)	*516,31 m/s (piano campagna)*	**B**
Th2 (HVSR 2)	*484,65 m/s (piano campagna)*	**B**
Th4 (HVSR 4)	*396,48 m/s (piano campagna)*	**B**
MASW 1	*543 m/s (piano campagna)*	**B**
MASW 2	*436 m/s (piano campagna)*	**B**
HVSR S_p(1) (Anfossi e Guardiani 2021)	*436 m/s (piano campagna)*	**B**
HVSR S_p(1) (Anfossi 2023)	*314,86 m/s (piano campagna)*	**E**
HVSR S_p(2) (Anfossi 2023)	*308,90 m/s (piano campagna)*	**E**

I suoli di fondazione sono stati pertanto suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E): sulla base di un ragionato esame dei dati ottenuti dal rilievo eseguito e dalle prove geofisiche realizzate in tipologia "sismica passiva", la zona indagata, tenuto conto degli interventi previsti in progetto e dell'attuale piano campagna, si può assimilare alla **Categoria di sottosuolo 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*", secondo le tabelle 3.2.II e 3.2.III del citato Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni, con **Coefficiente topografico T1** in quanto solo nella parte fociva del rio si sono ottenuti valori della Vs,eq che portano ad una Categoria di suolo diversa ma, nell'intervento generale tale area è per ora esclusa da interventi. Saranno comunque necessari degli ulteriori approfondimenti anche mediante la realizzazione di sondaggi geomeccanici a carotaggio continuo.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

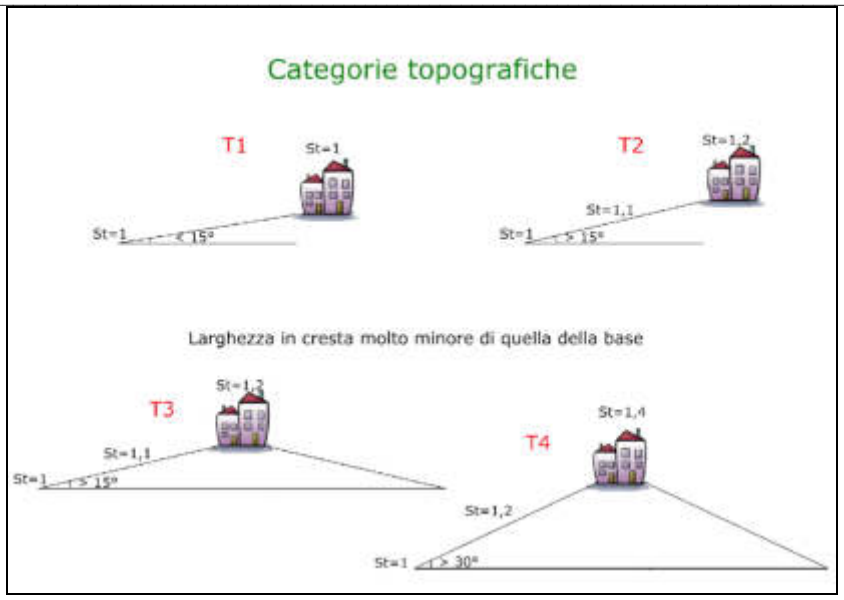


Immagine 31 Coefficiente topografico.

7.3 Indagine sul substrato roccioso in situ

La formazione flyschoide conosciuta come Flysch di Sanremo – Monte Saccarello non sembra, al momento, visto quanto è stato possibile verificare visto anche lo stato di abbandono dei luoghi, non sembra essere interessata dal progetto, in base alle osservazioni ed al rilievo effettuato in loco. La formazione è rappresentativa di un ammasso roccioso litologicamente eterogeneo; ad ogni distinto livello presente nelle sequenze deposizionali: arenaria, calcilutite, marna ed argillite si può andare ad associare uno specifico comportamento geomeccanico.

Vista la probabilità che questa formazione non venga interessata dai lavori e non essendo comunque affiorante nelle vicinanze si riportano i dati ottenuti dalla bibliografia al fine, comunque, di dare una caratterizzazione anche a tali litologie.

Parametri	Arenaria:	Marna e marna argillosa	Calcilutiti	Argilliti
peso di volume (t/m3)	2.58 - 2.68	2.48 - 2.72	2.61-2.72	2.2-2.5
coesione (t/m3)	51.7 - 61.5	32 - 48		2
angolo di resistenza al taglio	33° - 34°	17° - 20°		25°
coesione residua (t/m3)		11 - 17		1
angolo di resistenza al taglio residuo		12° - 14°		16°
resist. a compress. uniass. (MPa)	107	1.6-100		0.28-5.74
resist. a compress. uniass. (sclerometrie MPa)	77	35	128	
resist. a compress. uniass. (point load test; MPa)		18	65	
vel. onde longit. (campione integro; Km/sec)	5.5	3.7	5.6	
modulo elastico (Gpa)	23		13.5	
Contenuto in CaCO3(%)		15-50 %	88-90	0-6

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Il substrato geologico di riferimento sono certamente i depositi pliocenici che invece sono presenti in affioramento nella parte alta del versante e che, molto probabilmente, saranno anche intercettati durante i lavori in quelle aree dove lo spessore della coltre detritica non è sufficiente ad accogliere l'opera a progetto (Vedi sezioni e profilo longitudinale).

Per quanto riguarda i depositi pliocenici, resistenti alla penetrazione (N <100) si riportano i seguenti dati di parametrizzazione, ricavati essenzialmente da back analysis sul terreno, essendo assai problematico il campionamento indisturbato di tali materiali:

Coesione	c' = 15-30 KPa
Angolo di attrito (picco)	φ' = 24°-26°
Modulo deformazione	E = 0,5-0,7 MPa
Modulo di Poisson (dinamico)	v = 0,31-0,33
Peso di volume	γ = 2,4 t/m^3

Il valore della coesione è spesso assai superiore e ha quindi valenza conservativa, ma ciò in ragione del fatto che tale valore è fortemente condizionato dallo stato alterativo e dalla presenza di acqua e dallo stato di umidità relativa del terreno.

7.4 Indagini geofisiche (sismiche) eseguite in Strada Casai.

Le indagini portate termine hanno visto l'esecuzione anche di alcune indagini geofisiche eseguite sul tracciato della stessa Strada Casai. Si sono realizzate:

- Due stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM;
- Due acquisizioni Masw;
- Rielaborazione delle due stese sismiche a rifrazione con procedura tomografica.

L'indagine sismica è stata realizzata dal Dott. Geol. Francesco D'Adamo con studio in Strada Rivaira snc (senza numero civico) a 18012 Bordighera (IM). Io ho seguito personalmente le prove fornendo supporto cartografico per la stesura delle sezioni interpretative. L'ubicazione delle due prove è identificata dalle seguenti coordinate:

- S 1 (a) – (Lat. 43°50'14.07"N – Long. 7°52'25.25"E);
- S 1 (r) – (Lat. 43°50'15.01"N – Long. 7°52'26.01"E);
- S 2 (a) – (Lat. 43°50'15.50"N – Long. 7°52'26.01"E);
- S 2 (r) – (Lat. 43°50'16.81"N – Long. 7°52'26.66"E).

Le due indagini sismiche a rifrazione sono state eseguite per definire l'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali). Entrambi gli allineamenti sismici avevano una lunghezza di 36 metri, con una distanza intergeofonica di 1,5 m. Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura costituita da un sismografo DoReMi di Sara Electronic Instruments a 24 bit, con 24 canali modulari con geofoni verticali ad alta sensibilità da 4,5 Hz. Frequenze selezionabili dal sismografo da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms). La durata dell'acquisizione per la stesa sismica a rifrazione è stata pari a 0,250 s. Per l'energizzazione è utilizzata una mazza da 8 kg con battuta su piastra metallica.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Il software di gestione omonimo DoReMi ha controllato le numerose possibilità di acquisizione dello strumento. Per l'elaborazione delle stese sismiche a rifrazione è stato utilizzato il software Easyrefract di Geostru (metodo GRM o di Palmer).

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno. Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento; quindi, corrisponde ad una profondità di 12/13 metri dal piano di campagna.

Dalla rielaborazione effettuata si sono ricostruite le due sezioni sismiche riportate di seguito che costituiscono la ricostruzione sismica dell'andamento degli strati principali nel sottosuolo indagato. Questa elaborazione ha permesso di riconoscere lo spessore della coltre detritica e, di conseguenza, la profondità cui si incontra il substrato rigido.

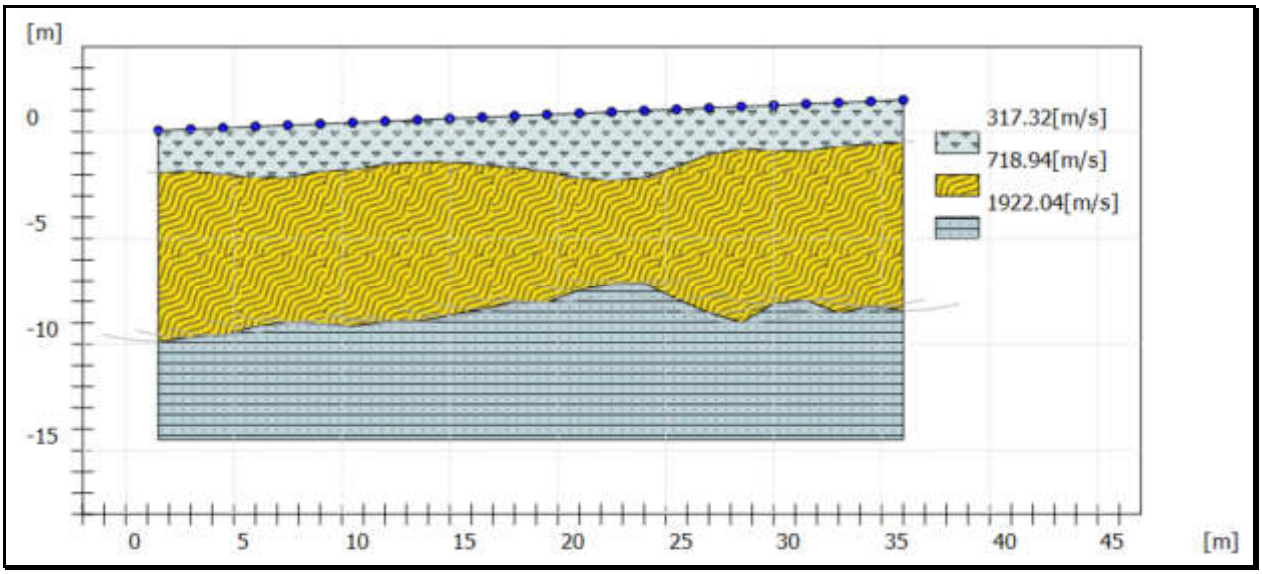


Immagine 32 Sezione sismica S1 ottenuta tramite la riflessione delle onde P (D'Adamo, 2023).

Attraverso l'elaborazione effettuata possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -2,00/-2,06m dal piano di campagna – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;
- da -2,00/-2,06m a –9,93/-9,79m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,72 km/s;
- da –9,93/-9,79m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,92 km/s.

Anche per la stesa S2 l'elaborazione effettuata ha permesso di definire i seguenti sismostrati:

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- da 0 a -3,68/-1,60m dal piano di campagna – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;
- da -3,68/-1,60m a –8,88/-9,49m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,69 km/s;
- da –8,88/-9,49m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,62 km/s.

dal confronto fra le due sezioni o profili longitudinali è possibile caratterizzare la stratigrafia dell'area che sarà interessata dall'intervento; come è possibile verificare vi è una buona corrispondenza fra le due sezioni e fra le due sezioni e le indagini HVSR di cui si è detto in precedenza.

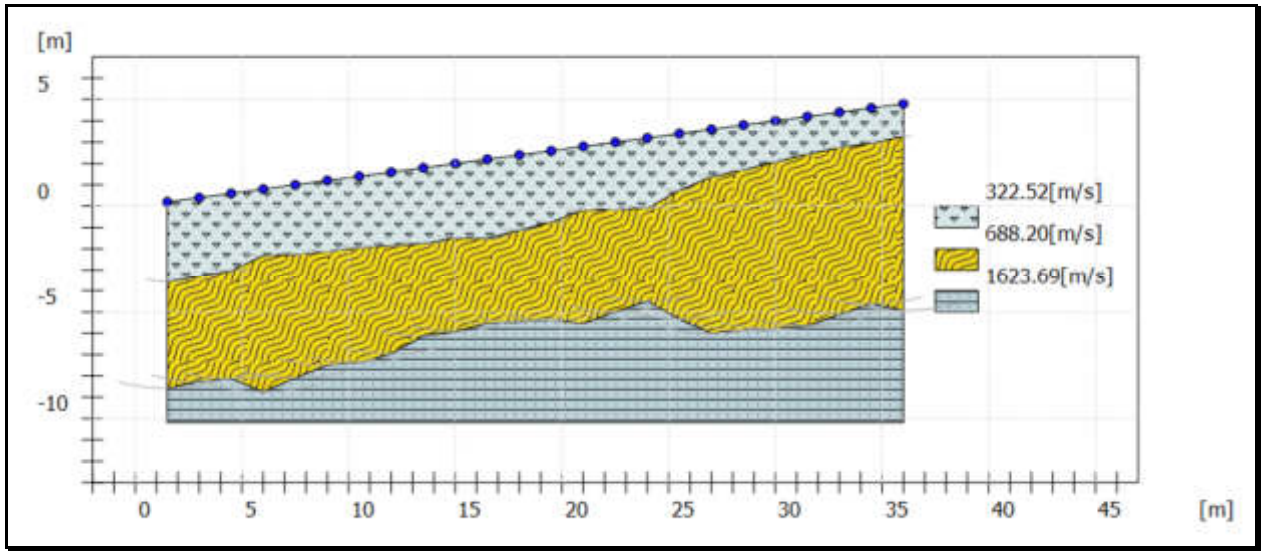


Immagine 33 Sezione sismica S2 ottenuta tramite la riflessione delle onde P (D'Adamo, 2023).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

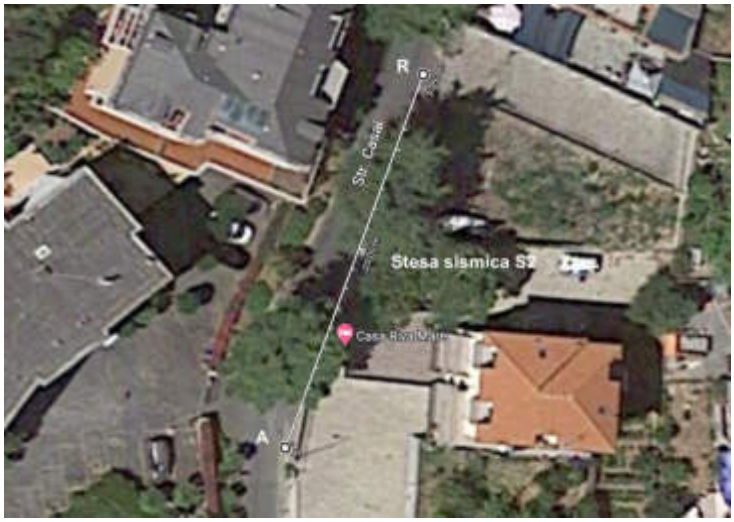


Immagine 34 Stesa sismica S1 (Secondo, 2023).



Immagine 35 Stesa sismica S2 (Secondo, 2023).

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

	Immagine 36 Stesa sismica S1 (Google Earth, 2023).
	Immagine 37 Stesa sismica S2 (Google Earth, 2023).

Oltre alle indagini sismiche a riflessione, per la valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (Vs) nei primi 30 metri di profondità, sono state eseguite delle acquisizioni MASW che consentono di definire, successivamente, il valore della Vs,eq così come richiesto dalla NTC2018. Le registrazioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica a rifrazione.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

compreso tra 5Hz e 70 Hz; quindi, dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato.

Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma. Nel dettaglio sono state eseguite circa quattro registrazioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi delle stese, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari a due secondi. I risultati di queste indagini sono riportati in allegato alla presente relazione (Allegato n. 1).

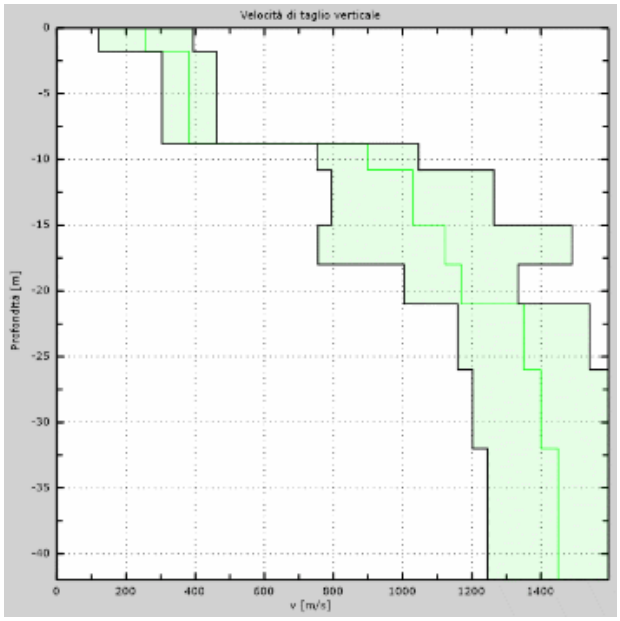


Immagine 38 Ricostruzione andamento delle Vs in S1 (D'Adamo, 2023).

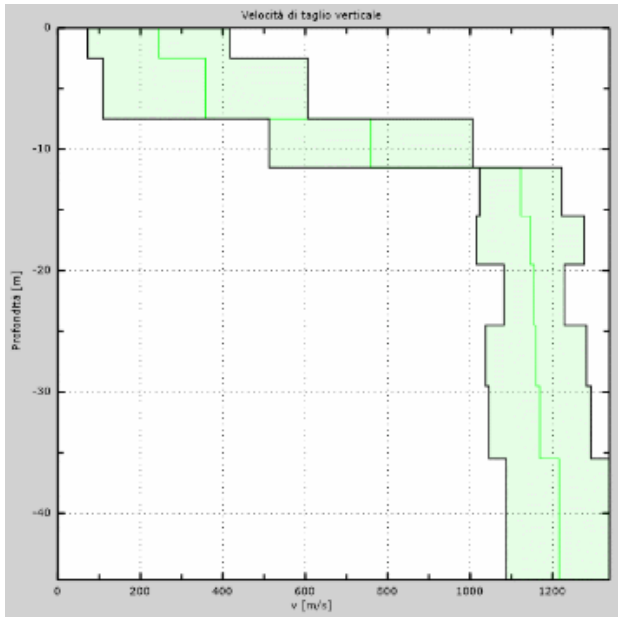


Immagine 39 Ricostruzione andamento delle Vs in S2 (D'Adamo, 2023).

L'analisi ha consentito di individuare, rispetto alle indagini HVSR le indagini MASW sono molto più sensibili, diversi sismostrati che presentano delle Vs diverse fra loro e, precisamente, per entrambe le stese sono stati individuati 9 sismostrati con Vs sempre crescente verso il basso; per la Stesa 1 le velocità Vs variano da 257,20m/s nei primi 1,8m (ad indicare la coltre detritica superficiale) fino alla velocità di 1450m/s (posta ad ∞) che rappresenta il substrato sano individuato in profondità. Nella Stesa 2 la velocità della coltre superficiale, ovvero fino a circa -2,5m dal piano campagna, è pari a 244,95m/s mentre la velocità del substrato sano individuato in profondità è di 1216m/s.

Identificando con Vs>800m/s il bedrock (come da NTC2018) in entrambe le indagini si è ritrovato questo orizzonte che, in S1, si trova alla profondità di -10,8m (sismostrato 3).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Nella stesa il cappellaccio connota il sismostrato 2 con velocità Vs pari a 382,83m/s che ha uno spessore contenuto e raggiunge i -1,8m dal piano campagna. Per quanto concerne la stesa S2, il bedrock con Vs>800m/s, si incontra alla profondità di -11,5m (sismostrato 4). Il cappellaccio, sempre in S2, appare rappresentato da due diversi sismostrati: 2 e 3, con velocità rispettivamente pari a Vs 357,64m/s e 759,09m/s. Il cambio di velocità fra i due sismostrati è identificato alla profondità di -7,5m dal piano campagna. Probabilmente il livello prossimo al piano campagna costituisce un substrato molto alterato e fratturato, il secondo, vista anche la sua Vs molto vicina agli 800m/s, può già essere paragonato al bedrock anche se non ha le caratteristiche definite dalla NTC2018 per tale litologia. Possiamo definire tale orizzonte come un substrato poco alterato e poco fratturato.

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione sono state successivamente elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare nel dettaglio le variazioni locali delle velocità delle onde P (o longitudinali). In particolare, la tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure eseguite sul terreno e le misure "virtuali" (o ipotizzate) ottenute con il modello sintetico con una procedura iterativa che prevede diverse fasi meglio evidenziate nell'allegata relazione sismica.

Il programma utilizzato per l'elaborazione tomografica è SmartTomo del Dott. Geol. Simone Pittaluga. I grafici ottenuti mostrano un andamento in profondità delle onde P del tutto simile a quello determinato con il metodo GRM.

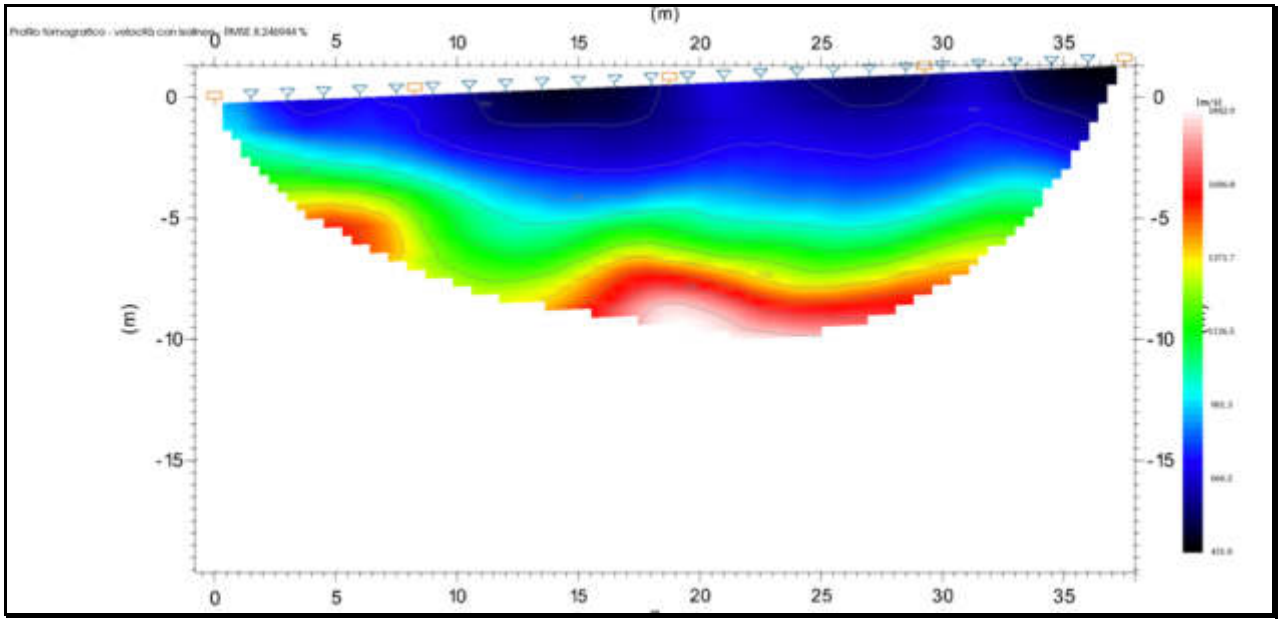


Immagine 40 Profilo sismico tomografico (onde P) S1 (D'Adamo, 2023).

Considerando il profilo tomografico S1, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 430 e 550/600 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 600 e 1500 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1500 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

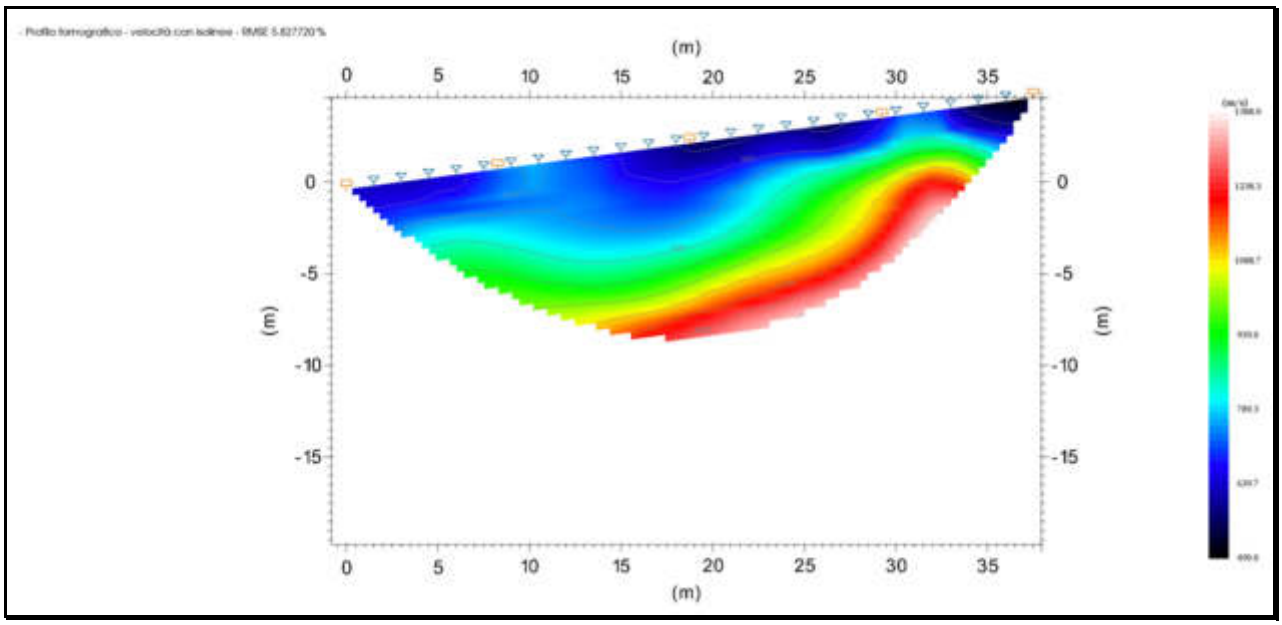


Immagine 41 Profilo sismico tomografico (onde P) S2 (D'Adamo, 2023).

Considerando il profilo tomografico S2, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 490 e 520 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 550 e 1200 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1200 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

8.OBIETTIVI DEL LAVORO

Il Comune di Riva Ligure, con Determinazione n. 316 del 30/03/2023 e n. 37 del Servizio Lavori Pubblici – Protezione Civile, aveva incaricato il sottoscritto per la progettazione dei lavori di "*PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO*". Si vuole precisare che la presente Relazione Geologica di fattibilità per "*INTERVENTO DEI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO (INTERVENTO TOTALE GENERALE)*"costituisce aggiornamento rispetto al precedente che è già stato oggetto di procedura di verifica di Assoggettabilità a VIA, conclusa con del Decreto Dirigenziale 4286 - 2023 in data 23/06/2023 del Settore Valutazione impatto ambientale e sviluppo sostenibile, con ESITO DI NON ASSOGGETTABILITÀ, ai sensi dell'art.19 del D.lgs. n. 152/2006.

La presente Relazione Geologica di Fattibilità è redatta a supporto generale di tutta la pratica ed in particolare si sono utilizzati degli studi già eseguiti in passato che interessano un più ampio contorno volto alla completa messa in sicurezza del tratto terminale tombina-to a partire dal parcheggio fino all'arrivo in mare. È evidente che in occasione del finanziamento del Primo Lotto si dovranno integrare i dati geologici utilizzati nella presente con ulteriori indagini mirate e più indicate in relazione all'intervento del primo lotto, già finanziato, al fine di predisporre la Relazione Geologica Esecutiva "prossima ventura".

Le opere oggetto della presente richiesta consistono nella realizzazione di opere atte alla MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO in comune di Riva Ligure. L'intervento è finalizzato alla mitigazione del rischio idraulico del Rio Pertusio ed è ubicato lungo il medesimo rio, in Comune di Riva Ligure interessando il tratto tombinato che lambisce il centro abitato lungo la Strada Casai per poi attraversare la SP.1 Via Aurelia, lo snodo di quest'ultima con la pista ciclo pedonale, presente a lato mare dell'Aurelia, e la Via Villareggia che permette l'immissione lungo la via che conduce al centro cittadino, sino poi a sfociare nel Mare Ligure. L'intervento in oggetto comprende l'intero tratto di rio che si sviluppa dall'ingresso in tombinatura situata all'altezza della sezione 24 sino alla foce dello stesso.

Partendo da monte le opere in progetto insistono tra le sezioni 28 e 26,9; in tale ambito si andrà a posizionare per un tratto di 20m circa un gabbione aggiuntivo, su quelli già presenti, in sponda sinistra e si andrà a realizzare, in sezione 27, una nuova briglia selettiva o briglia a pettine, particolarmente adatta, a causa de la sua specifica conformazione, a trattenere la vegetazione trasportata dalla corrente in fase di piena (tronchi di albero, rami, cespugli, etc.).

Le modalità costruttive dell'opera sono le stesse della briglia in c.a. Lo spazio fra le aperture praticate nel corpo briglia e l'altezza degli elementi selettivi varia in funzione del materiale trasportato. In ogni caso l'interasse tra le barre non dovrà essere superiore a 1,0m, mentre l'altezza dovrà generalmente essere estesa a quota tale da trattenere i flottanti ingombranti (tronchi e vegetazione) in rapporto agli spazi utili al deflusso delle infrastrutture presenti a valle, senza che si possano avere delle esondazioni in caso di completa occlusione della sezione di trattenuta per consentendo il trattenimento del materiale galleggiante, senza incremento delle condizioni di rischio. Gli elementi a pettine saranno costituiti da travi metalliche di adeguate dimensioni immorsate nella fondazione sottostante realizzata con calcestruzzo in c.a.

A partire dalla sezione 26 il fondo esistente verrà raccordato con un fondo in massi e pietrame sino all'imbocco della tombinatura del Rio Pertusio. La tombinatura sostitutiva avrà

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

sezione rettangolare di 300x350cm sino "a cavallo" della sezione 21 dove, per un tratto di circa 18m, sarà invece a cielo aperto. A valle del tratto a cielo aperto il rio proseguirà interrato con sezione 300x320cm e 300x315cm con due ulteriori tratte a cielo aperto rispettivamente a monte e a valle del pontino in sezione 18, di lunghezza pari a 7 m circa; in prossimità della sezione 15 la tombinatura sostitutiva si raccorderà al canale esistente con "camera di raccordo" a cielo aperto. I tratti a cielo aperto saranno protetti con ringhiera in metallo di sicurezza.

A valle della sezione 15 e fino a giungere alla sezione 13 il rio scorre nella tombinatura esistente per poi tornare a celo aperto. Nel progetto di messa in sicurezza è previsto il suo completo rifacimento per adeguarla alle portate mentre, a valle della sezione 13, le opere idrauliche proseguiranno con la realizzazione di un canale sostitutivo da sezione 13 a sezione 2, che consentirà l'attraversamento dell'Aurelia, della pista ciclo-pedonale e della Strada Comunale di Corso Villaregia, con raccordo al tratto focivo già sistemato con larghezza pari a 450 cm.

La nuova tombinatura avrà una sezione variabile per poter essere raccordata con le altre opere in previsione descritte con altri interventi progettuali interferenti con il presente quali il "*SOTTOPASSO CICLO-PEDONALE DI PREVISIONE*" attraversamenti idraulici relativi all'intervento del "*2° Lotto di progettazione relativo al riuso del sedime ferroviario della linea dalla ex stazione ferroviaria di Sanremo a Riva Ligure (IM), tratto Santo Stefano-Villa Ormond*".

8.1 Analisi e simulazione idraulica stato di fatto

Lo studio idraulico condotto dall'Ing. Alessio De Melas si è basato su un accurato rilievo delle aree di interesse, andando ad approfondire e ad aggiornare i dati utilizzati in sede di elaborazione del piano di bacino; inoltre, le sezioni a monte della n. 31 sono state desunte da CTR. In merito alla configurazione d'alveo si osserva in particolare che:

- nel tratto a monte dell'imbocco della tombinatura il rio risulta a cielo aperto e sistemato con difese spondali in gabbioni. L'intervento era stato attuato, in somma urgenza, da parte dell'Amministrazione Provinciale di Imperia a seguito degli eventi alluvionali del 1998/2000 che avevano interessato l'area causando ingenti danni;
- a monte dell'intersezione con la S.P. Aurelia e Corso Villaregia, per un tratto di 50 m circa il rio tombinato è stato sistemato di recente conferendo al canale coperto una ampia sezione di dimensioni B450 x H270 cm, con solida struttura in c.a., che si presenta in buono stato di manutenzione; per il tratto residuale di tombinatura, di lunghezza pari a 210m circa, la sezione risulta rettangolare e di ridotte dimensioni infatti mediamente misura B180 x H180 cm circa, con un minimo di B167xH167 cm con struttura mista di muratura, calcestruzzo e laterizio;
- presso l'intersezione con la S.P. Aurelia e Corso Villaregia, si susseguono 4 strutture di attraversamento in muratura in buono stato manutentivo, di dimensioni B150 cm significativamente costante x H 225/345 cm variabile, con copertura ad arco anch'esso in muratura;

Sulla base del rilievo topografico disponibile, opportunamente verificato ed aggiornato, coerentemente con le finalità del presente progetto, l'Ing. De Melas ha svolto la simulazione idraulica con le portate di riferimento 50, 200 e 500-ennali.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Dall'analisi delle simulazioni effettuate sono emerse numerose criticità meglio esplicitate nella relazione del Tecnico suddetto. Facendo un rapido punto della situazione si nota come, già con la portata 50-ennale il deflusso avviene con esondazione all'imbocco del canale, sebbene di entità esigua, contrariamente a quanto previsto dal Piano di Bacino. Ciò è da spiegarsi nel fatto che nelle simulazioni condotte per la stesura del Piano di Bacino, la tombinatura oggetto di intervento era stata modellata considerando la sua dimensione massima, pari a 1.80x1.80m; nelle ultime modellazioni sono stati dettagliati i vari cambi di sezione lungo il percorso della tombinatura.

L'insufficienza idraulica diffusa della tombinatura a monte della S.S. Aurelia provoca l'inondazione, oltre che del piazzale pubblico e del parcheggio interrato del condominio Vega, anche di giardini e piazzali dei condomini Vega, Isabella e Marita nonché della Strada Casai. Inoltre, il restringimento determinato dalla tombinatura rappresenta un'ulteriore criticità in quanto, per effetto di apporti eccezionali di materiale solido (flottanti), si potrebbe verificare una parziale occlusione dell'imbocco, con conseguente incremento della portata in esondazione che andrebbe a transitare direttamente dal piazzale del parcheggio giù per la Strada Casai fino allo sbocco in mare sotto la Strada Aurelia.

Oltre a quanto riportato, altro problema generale, legato ai tratti di rio tombinati, è la pericolosità intrinseca data dalla potenziale costruibilità della sezione per effetto del trasporto solido e in particolar del materiale flottante, motivo per cui "devono inoltre essere previste opere di intercettazione del materiale nelle zone di imbocco e/o eventuali vasche di sedimentazioni e monte" (cfr. R.R. 3/2011 - art.8 c.4). questo scenario può essere aggravato per effetto di:

- una diffusa condizione strutturale di forte degrado del tratto tombinato [Sez.24-14.95];
- presenza di tubazioni, sebbene probabilmente dismesse, collocate nella luce libera del canale.

8.2 Elementi a rischio

L'analisi condotta dall'Ing. De Melas ha permesso di andare a verificare quali siano gli elementi effettivamente a rischio e che, in caso di esondazione, sarebbero coinvolti prendendo come spunto la situazione attuale. L'insufficienza di tombinatura e attraversamenti rispetto al suo imbocco, nello stato attuale, provoca l'inondazione:

- del piazzale pubblico presso l'imbocco del canale stesso;
- dei giardini/piazzali dei condomini Vega, Isabella e Marita posti a valle della Strada Casai;
- della Strada Casai;
- della Via Aurelia;
- di Corso Villaregia e di una conseguente parte del centro abitato.

In particolare, in termini quantitativi, sono interessati dall'inondazione :

- tre edifici privati (condomini e loro parcheggi/piazzali);
- un edificio funzionale ad un servizio di pubblica utilità (cabina di trasformazione ENEL);

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- diverse infrastrutture di servizio che corrono interrate lungo la Strada Casai;
- la stessa Strada Casai, che costituisce unica viabilità di accesso per edifici abitativi che ospitano almeno 141 cittadini residenti, 20 aziende, 2 aziende agrituristiche;
- la Via Aurelia, principale via di comunicazione tra i centri abitati, in un tratto laddove risultano assenti viabilità alternative idonee ad assorbirne il traffico;
- Corso Villaregia che costituisce principale accesso a ponente del centro abitato di Riva Ligure;
- la pista ciclopedonale di "Area 24".

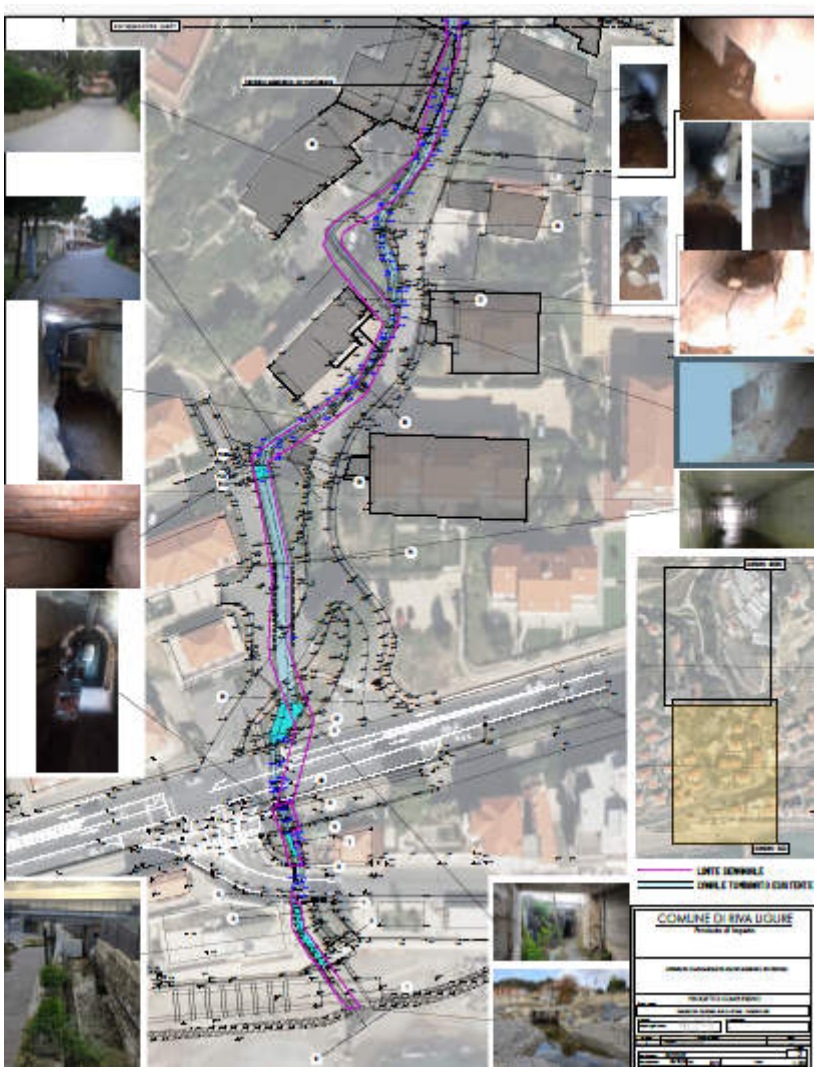


Immagine 42 Intervento di mitigazione del rischio inerente il Rio Pertusio (Parte sud) (De Melas, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE (IM)

INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO

(INTERVENTO TOTALE GENERALE)

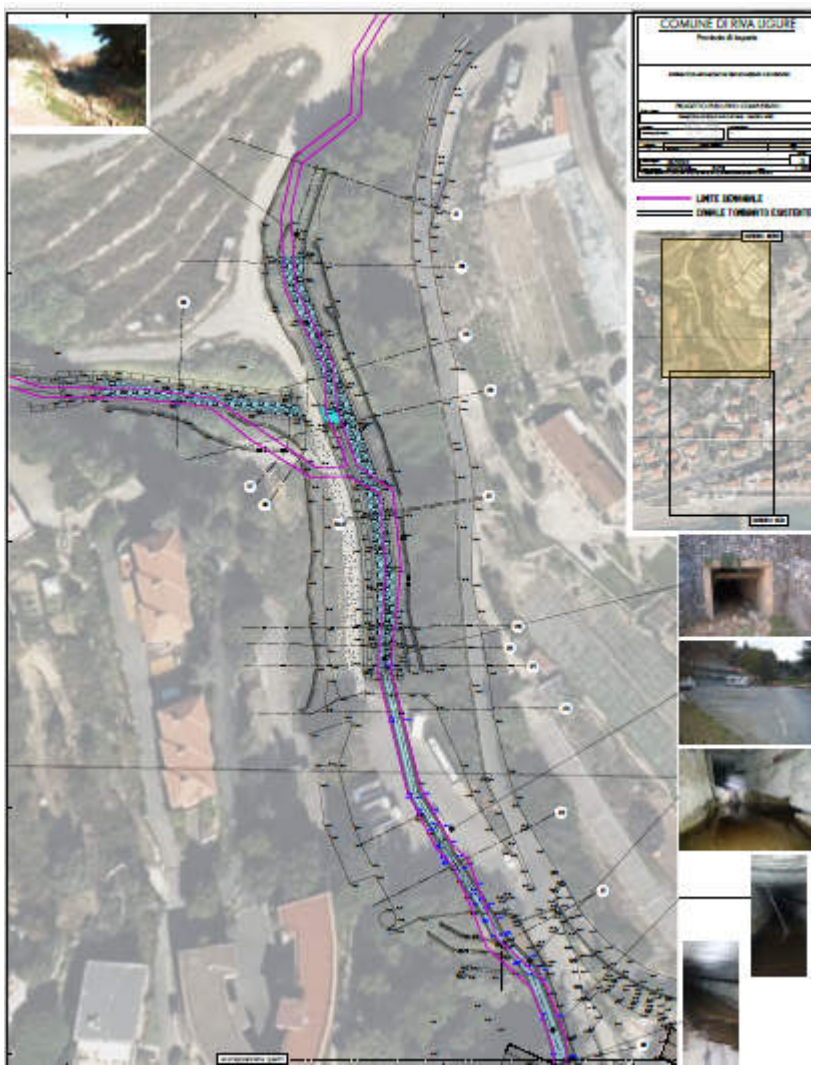


Immagine 43 Intervento di mitigazione del rischio inerente il Rio Pertusio (Parte nord) (De Melas, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

9.DEFINIZIONE DEL PRIMO MODELLO GEOLOGICO

L'intervento in generale sarà riconducibile tanto alla situazione non drenata quanto alla situazione drenata questo perché, per i carichi ordinari cui sono sottoposti i terreni nell'ambito dell'ingegneria civile, si ha che in un terreno saturo sia lo scheletro solido sia l'acqua vengono assunti come incomprimibili e pertanto, a seguito dell'applicazione di un carico, il terreno può variare il proprio volume solo espellendo l'acqua contenuta nei pori attraverso una riorganizzazione dello scheletro solido. Nell'istante in cui viene applicato il carico sul terreno, per un terreno saturo l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico viene incassato completamente dall'acqua contenuta nei pori che subisce una variazione detta "pressione in eccesso". Tale situazione, nella quale non si ha moto relativo tra l'acqua contenuta nei pori e lo scheletro solido prende il nome di condizione non drenata. Tale condizione viene detta condizione di "breve termine" in quanto costituisce la situazione iniziale nella quale si trova il terreno subito dopo l'applicazione del carico.

Dopo un certo lasso di tempo tutto il carico sarà trasferito dall'acqua allo scheletro solido e ciò avviene in quanto parte dell'acqua contenuta nei vuoti sarà espulsa dal volume di terreno, proporzionalmente all'intensità del carico applicato. Nell'ingegneria geotecnica tale situazione, corrispondente alla completa dissipazione della "pressione in eccesso", viene definita come condizione drenata. La condizione drenata coincide con la condizione di "lungo termine" in quanto si verifica dopo un certo lasso di tempo, più o meno lungo, dall'applicazione del carico ovvero quando il processo di consolidazione legato alla dissipazione delle pressioni in eccesso è terminato.

Questa doverosa premessa cerca di spiegare perché nel presente studio i parametri geotecnici saranno riferiti tanto alla situazione non drenata introdotta dall'aumento del carico prodotto dalla realizzazione della nuova opera a progetto quanto alla condizione drenata in quanto oltre ai carichi già presenti da molti anni sul versante, l'intervento in sé comporta, in generale, un aumento della distribuzione dei carichi solo relativamente alla tratta in cui si andrà ad intervenire.

I parametri geotecnici indicati nel presente capitolo sono riferiti alla situazione presente in situ; i valori espressi sono stati ottenuti da prove puntuali in quanto il terreno non è mai perfettamente omogeneo perché costituito per fenomeni ed eventi successivi che determinano differenze dovute a:

- ambienti di deposizione diverse
- eventi temporali diversi
- meccanismi di deposizione
- effetti di alterazioni e pedogenesi
- fenomeni di essiccazione
- condizioni piezometriche
- pressioni litostatiche attuali e remote.

Come prevedibile la situazione reale è complessa e la parametrizzazione è condizionata dalla natura geologica piuttosto che dai dati di progetto. Occorre precisare che possono essere trascurati piccoli livelli, purché si operi sempre a favore della sicurezza. I parametri geotecnici definiti in seguito, tranne che per il substrato roccioso su cui sono state effettuate delle misure in situ, per le coltri detritiche i parametri sono desunti da precedenti indagini effet-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

tuate in prossimità dell'attuale cantiere e da prove S.P.T. già effettuate in situ e dalla bibliografia di settore,

Si è inoltre tenuto conto anche di alcune prove di laboratorio anche se, in quanto discontinue, difficilmente consentono la ricostruzione del modello fisico con le delimitazioni di unità diverse in quanto forniscono informazioni discontinue ma danno indicazioni per avvallare i dati ottenuti dalle stratigrafie e dai profili di resistenza e consentono eventuali correzioni. Per questo motivo i parametri geotecnici possono essere ottenuti da prove di laboratorio e da prove in situ, tenendo presente che si dovrà effettuare il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando, come già detto, nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, *mentre si potrà fare riferimento ai valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno*, quale potrebbe essere considerato l'intervento in programma.

Gli orizzonti di cui tener conto sono certamente la coltre detritica che si incontrerà nella realizzazione dell'opera e costituisce la parte più superficiale costituita da materiale incoerente che si adagia sopra al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso che appartiene, quasi certamente per tutto l'areale, alle sequenze plioceniche definite come conglomerati immaturi e clastosostenuti o rozzamente organizzati, cappellaccio dei Conglomerati di Monte Villa (parte basale); lo stesso cappellaccio che, insieme alla coltre detritica, rappresenta le litologie interessate dalla realizzazione della nuova tombinatura e, più in profondità (raggiunti con la realizzazione delle palificate di contenimento) si ritrova invece il bedrock più sano e con caratteristiche geotecniche più adeguate.

Attraverso l'interpretazione dei dati ottenuti dagli studi effettuati in situ, le analisi effettuate, considerando i risultati di analisi condotte in passato su siti analoghi a quello attuale e prendendo spunto anche dalla bibliografia di settore si sono perciò definite le prime caratteristiche geotecniche medie per gli affioramenti così come è indicato anche dalle norme in modo da poter dare un range di valori per una prima indicazione dei parametri da usare nelle verifiche di rito. Le sequenze stratigrafiche che saranno poi interessate per il modello geologico vedono perciò una alternanza costituita dai terreni in successione con le indicazioni dei parametri geotecnici generici.

9.1 Primi parametri geotecnici

L'interpretazione dei dati ottenuti dalle analisi effettuate, considerando i risultati di studi condotti in passato su siti analoghi a quello attuale e prendendo spunto anche dalla bibliografia di settore si sono perciò definite gli intervalli dei valori delle caratteristiche geotecniche per gli affioramenti ed il sedime sciolto così come è indicato anche dalle norme in modo da poter dare una prima indicazione dei parametri da usare nelle verifiche di rito. Tali dati si possono perciò desumere nei valori espressi di seguito in base alla stratigrafia riconosciuta. Le sequenze stratigrafiche che saranno poi interessate per il modello geologico vedono perciò una alternanza costituita dai seguenti terreni in successione con le indicazioni dei parametri geotecnici generici.

ID. Strato	Descrizione	Spessore (m)	Parametri geotecnici
I.	Strato superficiale/Coltre detritica - terreno superficiale profondo fino a circa 40/50cm, ben areato nelle aree dove si ha ancora un'attività agricola,	dal p.c. a	γ = 16,50 – 19,50 KN/m^3 γ sat = 19 – 21,5 KN/m^3

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

ID. Strato	Descrizione	Spessore (m)	Parametri geotecnici
	con presenza di ciottoli di piccola pezzatura e materiale organico quali radici, foglie, anche in decomposizione;	-0,30/-0,40 m	c' = 0 KPa φ = 24°- 26°
II.	Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità. Lo spessore di tale strato è variabile e si ritrova fino a circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 e fino a circa -1,62/-3,77m dal piano campagna per la stesa S2. Il valore delle Vs<400m/s;	da -0,30/-0,40m a -2,0/-4,0m circa	γ = 18 – 22,5 KN/m^3 γ sat = 18 – 23,5 KN/m^3 c' = 0 KPa φ = 25°- 28° Cu = 10 - 60 KPa
III.	Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato fino a -8/-10 metri di profondità, con velocità Vs<800m/s. Non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche.	da -2,0/-4,0m a -8,0/-10,0m circa	γ = 21,00 – 22,50 KN/m^3 γ sat = 21,8 – 22,5 KN/m^3 c' = 15 – 30 KPa φ = 24° - 26°
IV.	Substrato sano o bedrock sismico dell'area, si trova ad una profondità variabile. Per distinguere tale limite si è tenuto conto del livello in cui il substrato presenta una velocità delle onde Vs>800m/s. Tale orizzonte si è ritrovato in tutte le indagini eseguite.	oltre -8,0/-10,0m	γ = 22,00 - 23,80 KN/m^3 c' = 20 - 60 KPa φ = 25°-28°

Le opere di fondazione per ogni parte dell'intervento descritto come 1° Lotto (con relativa berlinese realizzato con micropali) saranno certamente immorsate nel cappellaccio del Conglomerato di Monte Villa a partire dalle varie profondità così come indicate nel Profilo longitudinale realizzato; la coltre detritica costituisce il restante spessore fino al piano campagna. I parametri geotecnici sono stati ricavati tramite prove di laboratorio, le relazioni note in letteratura, dai valori NSPT e dalla esperienza professionale.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

9.2 Indicazioni per le verifiche

Le caratteristiche delle litologie che costituiranno e/o saranno interessate dall'intervento sono definite nel quadro dei parametri geotecnici (valori medi) attribuiti ad ogni unità lito – tecnica individuata, i parametri sono desunti dall'analisi effettuata sull'ammasso roccioso, da precedenti dati di laboratorio, da dati ottenuti con indagini effettuate per lavori similari posti nello stesso comprensorio e dalla bibliografia:

- **Coltre detritica (ID II)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Peso di volume saturo **γ_{sat}** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)	Coesione non drenata C_U (KPa)
Coltre detritica	18 – 22,5	19 – 23,5	25°- 28°	0	10 - 60

La coltre detritica, nelle verifiche di stabilità e/o nei calcoli, dovrà avere i parametri geotecnici definiti con la precedente tabella. La falda non è stata riscontrata al momento delle indagini ma se ne può ipotizzare la presenza al passaggio fra la coltre ed il cappellaccio con sporadiche risalite in caso di eventi piovosi duraturi o di forte intensità. La fluitazione della falda avviene velocemente verso l'alveo e/o verso il Mar Ligure.

- **Ammasso roccioso molto fratturato e molto alterato (ID III)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Sub. alterato e fratturato	21,00 – 22,50	24° - 26°	15 – 30

L'ammasso roccioso alterato e fratturato costituisce la litologia, ai fini dei calcoli con un buon margine di sicurezza, che accoglierà le opere a progetto (insieme alla coltre detritica). I parametri geotecnici da usare sono definiti con la seguente tabella. Questo substrato si incontra in ogni punto dell'intervento.

- **Ammasso roccioso (ID IV)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Bedrock	22,00 - 23,80	25°-28°	20 - 60

L'ammasso roccioso anche se alterato e poco fratturato costituisce la parte di substrato al di sotto del cappellaccio dove la Vs>800m/s, questi orizzonti risentono in modo minore l'influenza degli agenti esogeni e le fratture sono meno importanti anche per effetto del peso della parte di roccia soprastante. Il cappellaccio presenta invece velocità sismiche basse (Vs<800m/s). Nelle verifiche di stabilità e/o nei calcoli, si dovranno utilizzare i parametri geotecnici definiti nella tabella precedente. I parametri definiti sono da utilizzarsi a scopo di sicurezza e sono stati definiti, di proposito, i valori più bassi.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

In relazione a quanto riportato nella Relazione "INDAGINI SISMICHE AI SENSI DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)" al punto 2. Conclusioni, "*Non si esclude che in corrispondenza della sismica S1, il terzo sismostrato, caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 1922 m/s, possa essere costituito dal Flysch di Sanremo, presente al di sotto dei depositi pliocenici*" si riportano i parametri geotecnici anche pe tale litologia rocciosa.

- **Ammasso roccioso del Flysch di Sanremo (ID V)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Bedrock	18,7 – 20,5	29° ÷ 32°	50 ÷ 150

Gli orizzonti stratigrafici indicati come ID I e ID II sono accomunati e perciò presentano anche gli stessi parametri geotecnici. L'orizzonte ID V sarà interessato dall'intervento solo marginalmente. Visto che nell'intervento saranno coinvolti modesti volumi di terreno si dovrà far riferimento ai valori geotecnici minimi fra quelli indicati nelle precedenti tabelle per le verifiche dell'intervento.

9.3 Primi parametri sismici

Con l'utilizzo del software freeware Geostru – PS della Geostru, si è provveduto al calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito in oggetto utilizzando i dati riportati in tabella e considerando le caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area di intervento ai fini delle Opere di sostegno NTC2018 per GeostruPS.

Tipo di costruzione	
Vita nominale VN	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1
Vita di riferimento VR = VN * CU	50 anni

Dal Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE Serie generale - n. 42 del 20/02/2018 si sono ottenute le necessarie informazioni relative alla Vita nominale di progetto VN di un'opera che è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo. Sempre sullo stesso documento si sono dedotte le informazioni relative alle Classi d'uso (Paragrafo 2.4.2) Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso l'opera può essere classificata come in Classe 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 ferro-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Perciò ricapitolando si ottiene con il Tipo di elaborazione - Paratie NTC 2018:

Categoria del suolo di fondazione: B

Categoria topografica: T 1

Sito in esame.

latitudine: 43,838191

longitudine: 7,874895

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19122 Lat: 43,8508 Lon: 7,8719 Distanza: 1424,350

Sito 2 ID: 19123 Lat: 43,8541 Lon: 7,9411 Distanza: 5593,691

Sito 3 ID: 19345 Lat: 43,8042 Lon: 7,9456 Distanza: 6817,360

Sito 4 ID: 19344 Lat: 43,8009 Lon: 7,8765 Distanza: 4145,141I

I parametri sismici sono stati determinati mediando i valori del reticolo di riferimento della pericolosità sismica (Allegato A, tab. n. 1 delle N.T.C.) in base alle coordinate geografiche della zona in esame. Si riporta di seguito il report relativo all'elaborazione per la Stabilità dei pendii NTC 2018.

STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ SLO

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	81 %	Ss	1,200
Tr	30 anni	Cc	1,540
ag	0,026 g	St	1,000
F0	2,574	Kh	0,006
Tc*	0,184 s	Kv	0,003
		amax	0,311 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI DANNO SLD

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	63 %	Ss	1,200
Tr	50 anni	Cc	1,510
ag	0,039 g	St	1,000
F0	2,631	Kh	0,009
Tc*	0,208 s	Kv	0,005
		amax	0,455 g
		Beta	0,200

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	10 %	Ss	1,200
Tr	475 anni	Cc	1,410
ag	0,148 g	St	1,000
F0	2,433	Kh	0,043
Tc*	0,290 s	Kv	0,021
		amax	1,744 g
		Beta	0,240

STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	5 %	Ss	1,200
Tr	975 anni	Cc	1,390
ag	0,199 g	St	1,000
F0	2,473	Kh	0,057
Tc*	0,305 s	Kv	0,029
		amax	2,346 g
		Beta	0,240

9.4 Liquefazione dei suoli.

La liquefazione è l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni sismiche, in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Molti autori hanno evidenziato una correlazione tra età e tipo di deposito alluvionale continentale riguardo alla suscettibilità alla liquefazione. Youd e Perkins (1978), ad esempio, hanno redatto una tabella con i dati raccolti durante terremoti "strong motion" dell'area di San Diego (California) da cui risulta che i sedimenti deposti dai corsi d'acqua hanno una probabilità di liquefarsi da alta a molto alta se di età minore di 500 anni o Olocenica; se di età pleistocenica e pre-pleistocenica la probabilità di liquefarsi è invece bassa.

Questa indagine ed altri studi - Mori et Al. (1978), Iwasaki et Al. (1982), etc. – mostrano una correlazione diretta tra suscettibilità alla liquefazione ed età del deposito, nel senso che le maggiori probabilità di accadimento del fenomeno si hanno nei sedimenti granulari saturi recenti (Olocene) e recentissimi (meno di 500 anni).

I terreni dell'intervento a progetto non sono compresi fra i terreni suscettibili di liquefazione, per loro costituzione e/o natura geologica, strati o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, per questo motivo non occorre procedere alla valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione.

Tenuto conto, inoltre, che il fenomeno della liquefazione tende a riprodursi negli stessi luoghi ogni qual volta si ripetono le condizioni sismiche, si rileva che per il sito di interesse, in

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

occasione di terremoti, non risultano essere mai stati segnalati né richiamati in letteratura manifestazioni di liquefazione dei terreni.

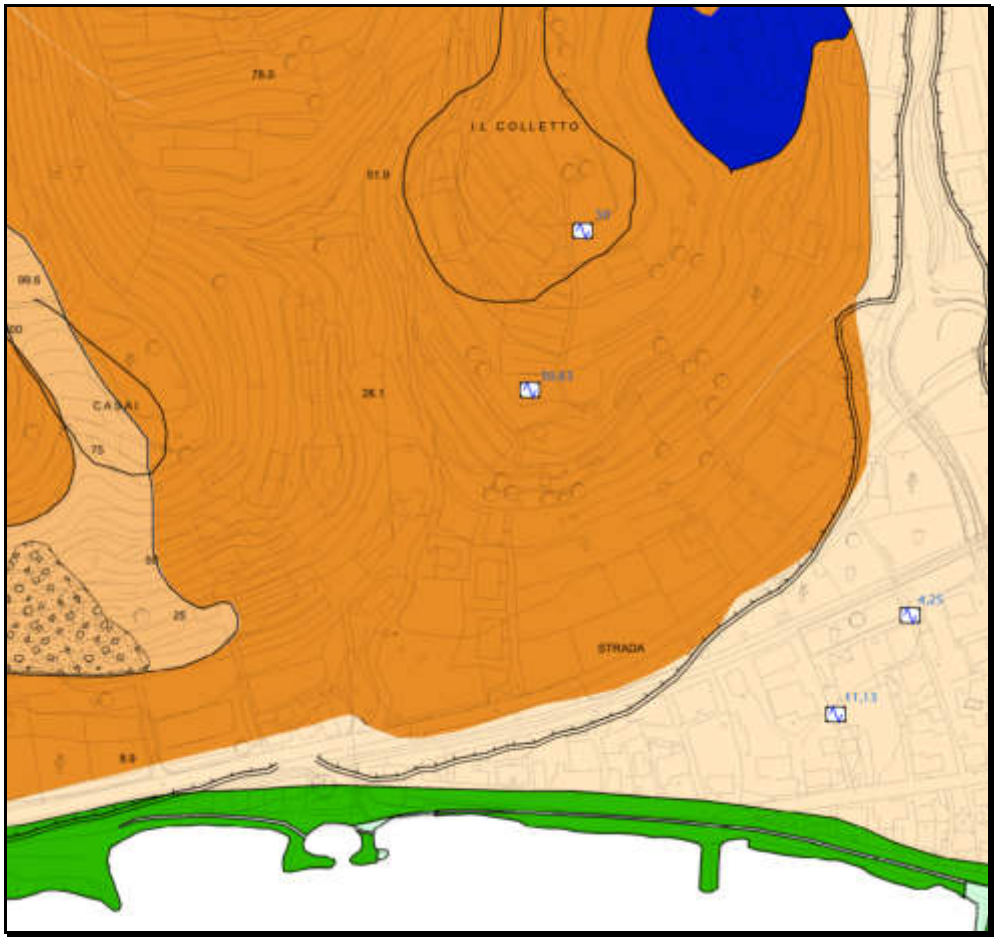


Immagine 44 Estratto Carta di Microzonazione sismica o MOPS (Regione Liguria, 2013)

Il nuovo tracciato va ad interessare due aree (Tavola MOPS) con caratteristiche e comportamento sismico diverso. La parte bassa del tracciato rientra nella zona definita come Zona di attenzione alla liquefazione mentre la parte in alto rientra nelle Zone suscettibili di amplificazione locali. Fatte queste premesse si è posta particolare attenzione in quanto l'inserimento, seppur anche di una piccola parte, nelle zone instabili soggette a fenomeni cosismici, ovvero nella tipologia di aree definite come Zona di attenzione per liquefazione. Riportando quanto estrapolato dalla Relazione descrittiva MOPS del Comune di Riva Ligure si legge:

"… L'area di interesse ricade nelle zone stabili soggette a fenomeni di amplificazione sismica in quanto Zona di attenzione per liquefazione. Per tali aree si riporta nella Relazione descrittiva che accompagna lo studio per la tavola delle MOPS:

- *nella successione litologica sono presenti orizzonti di argilla sabbiosa, limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, sabbie argillose e ghiaie sabbiose ad una profondità minore di 20 m dal p.c. In alternativa, è possibile rilevare che nella successione litologica sono presenti orizzonti di materiale granulare con particelle di diametro*

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

compreso nei fusi granulometrici definiti anche in ICMS08 - Capitolo 2 (Relazione Geologica per la Microzonazione sismica);

- *falda acquifera a una profondità media stagionale inferiore a 15 m dal p.c.;*
- *eventi sismici attesi di magnitudo Mw uguale o superiore a 5.*
- *accelerazione massima attesa (PGA) su ammassi rocciosi o terreni molto rigidi e in free field uguale o superiore a 0.1g per un periodo di ritorno pari a 475 anni.*

Le normative di riferimento sono:

- gli Eurocodici (UNI ENV 1998-5:1998) che nel caso di edifici su fondazioni superficiali la verifica alla suscettibilità a liquefazione può essere omessa:
  - se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore ai 15 m dal piano campagna;
  - per valori di α < 0,15 (α è il coefficiente di accelerazione di progetto) e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:
  - contenuto di argilla maggiore del 20% e con indice di plasticità maggiore di 10;
  - contenuto di limo maggiore del 10% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
  - frazione fine trascurabile e resistenza $(N_1)_{60} > 25$.
- Le NTC 2018 e s.m.i. chiariscono che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:
  - accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
  - profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
  - depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
  - distribuzione granulometrica esterna alle zone limiti indicate nella figura 32.

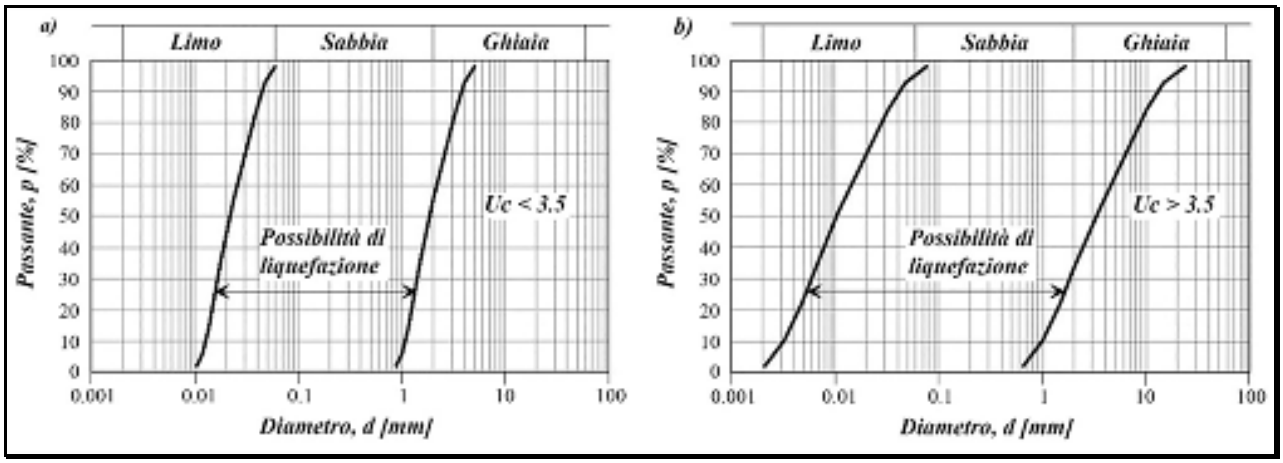


Immagine 45 Distribuzione granulometrica in base a Uc secondo le NTC2018.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

Le indagini svolte e le stratigrafie ricostruite con le sismiche, lasciano intendere come, ai fini stessi del progetto, si possa escludere che i fusi granulometrici presenti in situ siano suscettibili di liquefazione ciò è dovuto al limitato spessore degli stessi depositi detritici che occupano la parte più superficiale del versante. Lo spessore contenuto ottenuto dalle indagini sismiche sulle onde P mostra, come valore massimo, uno spessore pari a 3,77m. L'intervento stesso in sé vedrà l'interessamento del cappellaccio di alterazione su cui è già praticamente appoggiato il tombino esistente.

Come è poi possibile verificare dalle sezioni il vecchio canale interrato, che nelle immagini riportate è segnalato, va ad occupare interamente il livello geologico ID I e II - *Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità* e, frequentemente, la base del canale va ad intestarsi nello strato ID III - *Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato fino a -8/-10 metri di profondità, con velocità Vs<800m/s. Non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche*, escludendo, in questo modo, ogni possibilità che la liquefazione possa rappresentare un problema che possa interessare l'opera il sé.

Non si è rilevata la presenza di falda superficiale anche se si pensa che si possa trovare al passaggio fra la coltre detritica/alluvioni ed il cappellaccio del substrato.

9.5 Altre indicazioni.

Il crescente uso delle prove geosismiche sul terreno (per accessibilità, costi, impianto cantiere, ecc.), permette oltre alla ricostruzione dell'andamento del sottosuolo in strati omogenei ed alla definizione delle velocità sismiche, anche la preliminare e cautelativa stima di alcuni parametri geotecnici dei livelli attraversati dall'indagine geofisica stessa.

Occorre subito precisare che tali "correlazioni" tra velocità delle onde sismiche e parametri geomeccanici dovranno essere utilizzate, soprattutto dal progettista, con grande attenzione e spirito critico e dovranno essere necessariamente legate ad un'adeguata conoscenza geologica del sito. Nel dettaglio si vuole stimare, in prima approssimazione, la capacità portante ed il coefficiente di Winkler in "correlazione" alla velocità delle onde di taglio (trasversali - VS). In base agli studi ed alle formule di Imai e Yoshimura (1976) e di Keceli (2012) è possibile riportare il seguente grafico che evidenzia l'andamento della capacità portante in funzione di VS:

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

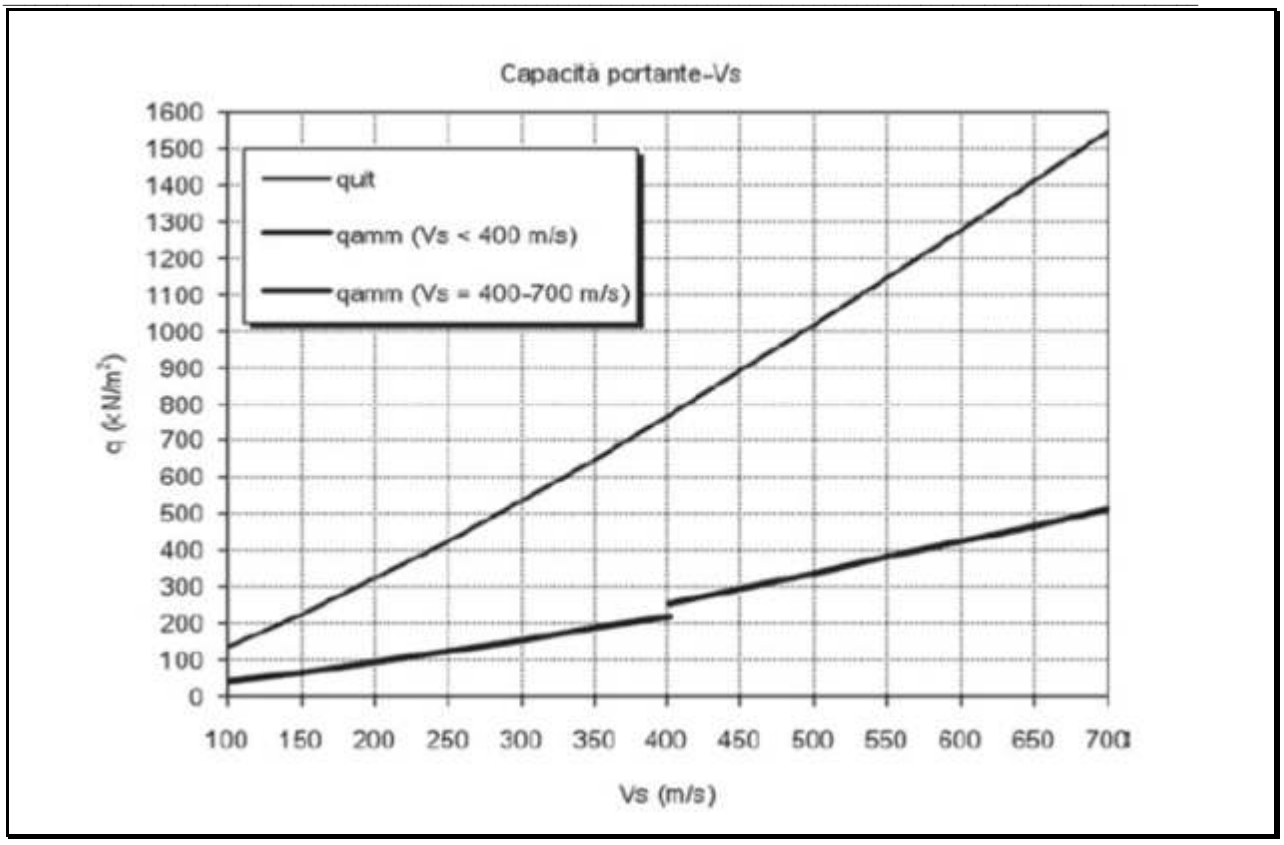


Immagine 46 Capacità portante in relazione al valore della Vs.

Si ricorda, come è noto, che la portanza qa dipende da molti fattori, tra cui la geometria delle fondazioni, la profondità di infissione delle stesse, la modalità realizzativa, il tipo di fondazioni, ecc. I valori riportati sono quindi puramente indicativi.

In merito al coefficiente di Winkler il grafico di riferimento, sempre per gli stessi autori, risulta quello di seguito inserito.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

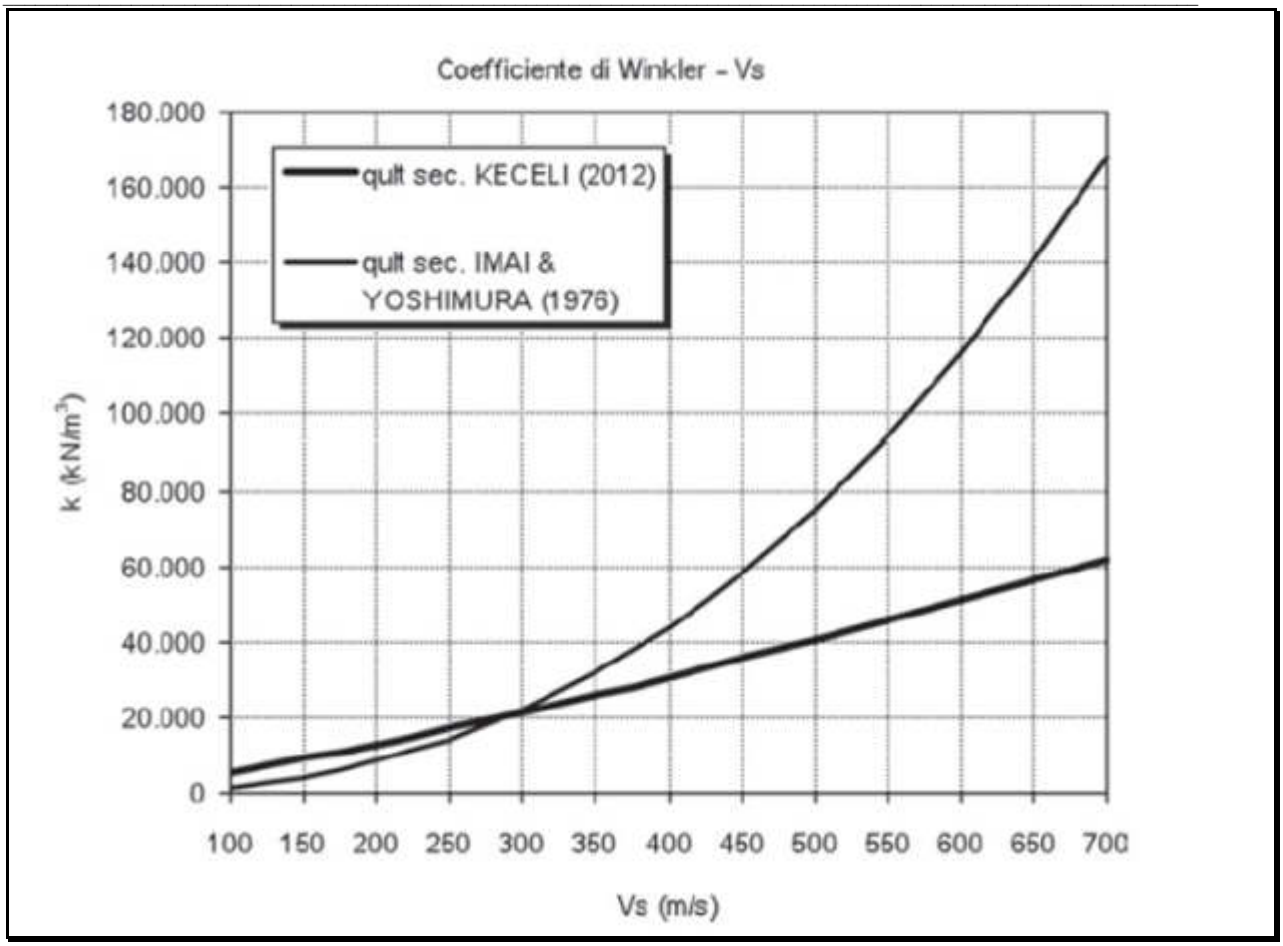


Immagine 47 Correlazione Coefficiente di Winkler e Vs.

Come detto anche in merito alla portanza, il coefficiente di Winkler non risulta essere una proprietà intrinseca del terreno, ovvero determinabile a prescindere dalla geometria delle fondazioni, dalla distribuzione dei carichi, dalle caratteristiche stratigrafiche e geologiche del sottosuolo, ecc. I grafici precedenti forniscono solamente stime ed indicazioni preliminari del comportamento del terreno.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

10. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.

La presente relazione illustra la fattibilità dell'intervento in base alle indagini effettuate ed i risultati ottenuti dalle stesse, nonché i dati rilevati nei vari sopralluoghi effettuati su un ampio contorno dell'area interessata dall'intervento e i dati ottenuti da precedenti studi effettuati dallo scrivente e da altri Colleghi, dal punto di vista geologico - geomorfologico ed allo stato attuale, si ritiene che il progetto, meglio descritto nelle tavole e relazioni progettuali a firma dei Tecnici incaricati, sia fattibile pur se con qualche accorgimento costruttivo che sarà evidenziato in questo capitolo; non si ravvisa, quindi, nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento nella sua globalità e nel rispetto di quanto espressamente specificato. Per la realizzazione delle opere dovranno, comunque, essere rispettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate nella presente, senza le quali non si potrà garantire il raggiungimento di un adeguato fattore di sicurezza. L'assetto dell'area è da ritenersi favorevole a recepire l'intervento in progetto, inoltre le opere a progetto consentiranno di percorrere la via di una prima mitigazione del rischio in quanto, le opere a progetto consentiranno di andare a diminuire la pericolosità idraulica, in quanto l'area è occupata dalle

Il recupero totale dell'area dovrà essere perseguito in futuro con il reperimento di adeguati fondi che consentano di portare a compimento l'adeguamento idraulico dell'intera area come da progettazione idraulica di riferimento a cura dell'Ing. Alessio De Melas. L'opera per poter essere realizzata, in alcuni punti, potrebbe necessitare della realizzazione di alcune opere provvisionali a garanzia della sicurezza del cantiere durante gli scavi di sbancamento che si rendono necessari per poter impostare il giusto il piano di posa delle stesse opere a progetto. Al momento della redazione della presente Relazione geologica, l'analisi dei dati mostra come lungo il profilo longitudinale possano, rispetto al contesto generale, identificarsi almeno due aree di criticità più elevata rispetto al contorno. Precisamente, sempre con riferimento alle immagini su elencate, si possono identificare l'area a valle della sezione 16 e l'area compresa fra la sezione 18 e sezione 22. La criticità è legata all'interpretazione dei risultati, ovvero tanto alle profondità dei vari rifrattori sismici quanto alle stesse velocità dei vari sismostrati. I valori ottenuti dalla rielaborazione devono essere perciò considerati con un margine di incertezza che si somma all'errore insito proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%. Il discorso che ci interessa nella presente relazione è l'incertezza sulla profondità. Le zone di criticità evidenziate fra le sezioni riportate sono perciò direttamente collegate a tale incertezza.

La criticità delle aree è pertanto dovuta alla possibilità che il piano fondazionale dell'intervento non sia quello indicato nella sezione ma possa essere ancora la stessa coltre detritica/antropica. Questo problema si riscontra solo in queste due aree in quanto, in tutti gli altri casi, nonostante l'incertezza, il substrato direttamente interessato dalle fondazioni è ben delineato. In sé l'intervento trattasi di sbancamento di materiale in parte detritico ed in parte antropico con una buona percentuale di materiale lapideo proveniente dalla demolizione, al fine di andare a realizzare il piano di posa del nuovo canale, del substrato costituito dal cappellaccio dei Conglomerati di Monte Villa che sono in affioramento in alcuni punti del versante. Nella loro parte più superficiale queste litologie si presentano molto fratturate ed alterate ma, più in profondità, pur rimanendo insita quale caratteristica generale della sequenza deposizionale, la presenza di una microfratturazione litologica, le caratteristiche della roccia diventano migliori e diventa più complessa la sua escavazione pur mantenendosi sempre fra le rocce rippabili. È importante riuscire ad avere un'indagine di paragone per poter ridurre al minimo gli errori dovuti all'incertezza nell'interpretazione degli studi sismici e questa "impas-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

se" potrebbe superarsi andando a realizzare, nella zona centrale un paio di sondaggi che consentissero di ricavare una stratigrafia certa della zona di maggior interesse.



Immagine 48 I Conglomerati di Monte Villa affioranti a lato della Strada Casai (Secondo, 2023).

L'intervento di monte, realizzazione di briglie a pettine, non comporta particolari difficoltà realizzative se non il fatto che "i denti del pettine" devono essere ancorati saldamente in roccia per almeno un paio di metri al fine di costituire un "saldo appoggio" che possa essere in grado di contrastare le pressioni che si potranno ottenere dal materiale solido trasportato in fluttuazione.

Oltre alla disposizione delle opere a garanzia di sicurezza della stabilità da porre a tutela degli edifici, anche la corretta raccolta delle acque di ruscellamento, il loro corretto convogliamento verso le difese naturali e/o artificiali facendo in modo che le stesse siano adeguate alle nuove portate definite, la disposizione di idonee protezioni lungo vari livelli del versante a monte della zona di attuale intervento. Questi interventi, nella loro globalità, consentiranno di innalzare il fattore di sicurezza dell'area e sul versante che costituisce in bacino del sistema Rio Pinea - Pertusio.

Con gli studi prodotti nella presente Relazione Geologica di Fattibilità Generale per l'intervento descritto, e precisamente:

- L'intervento in oggetto comprende l'intero tratto di rio che si sviluppa dall'ingresso in tombinatura situata all'altezza della sezione 24 fino a raccordarsi al tratto focivo, già sistemato con larghezza pari a 450 cm;
- Partendo da monte le opere in progetto consistono, tra le sezioni 28 e 26,9 nel posizionamento di un gabbione aggiuntivo, 20m circa, in sponda sinistra e nella realizzazione in sezione 27 di una nuova briglia a pettine, dalla sezione 26 verrà raccordato il fondo esistente con un fondo in massi sino all'imbocco della tombinatura del Rio Pertusio;
- La tombinatura sostitutiva avrà sezione rettangolare di 300x350cm sino alla sezione 21 dove, per un breve tratto, a cavallo della sezione sarà a cielo aperto (tratto di circa 18m);
- A valle del tratto a cielo aperto il tombino continuerà interrato con sezione 300cm (costante) e altezza variabile con minimo di 315cm con due ulteriori tratti

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

a cielo aperto rispettivamente a monte e a valle del pontino in sezione 18, di lunghezza pari a 7 m circa;

- Il raccordo del nuovo tombino con quello esistente avrà luogo mediante l'allargamento del tombino a cielo aperto esistente in prossimità della sezione 15;
- I tratti a cielo aperto saranno protetti con ringhiera in metallo di sicurezza;
- A partire dalla sezione 15 e fino alla sezione 13 il rio scorre nella tombinatura esistente per poi tornare a celo aperto. Nel progetto di messa in sicurezza è previsto il mantenimento di tale tratto in quanto idraulicamente idoneo mentre, a valle della sezione 13, le opere idrauliche proseguiranno con la realizzazione di un canale sostitutivo da sezione 13 a sezione 2, che consentirà l'attraversamento dell'Aurelia, della pista ciclo-pedonale e della Strada Comunale di Corso Villaregia, con raccordo al tratto focivo già sistemato con larghezza pari a 450 cm.

Analizzato il progetto di massima non si ravvisa quindi nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento, dal punto di vista geologico-geomorfologico e sismico, nel rispetto di quanto espressamente specificato nella presente Relazione Geologica di Fattibilità. Per la realizzazione delle opere dovranno, comunque, essere rispettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate sotto, senza le quali non si potrà garantire il raggiungimento di un adeguato fattore di sicurezza alla stabilità del versante:

- *Per redigere la Relazione Geologica Esecutiva si consiglia l'esecuzione di almeno un paio di sondaggi per potere avere un metro di taratura più preciso rispetto alle sismiche che hanno un margine di errore sull'ordine del 10-15%. L'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo consentirebbe il prelievo di campioni di terre su cui poter disporre delle prove di laboratorio per poter affinare la progettazione generale di tutto l'intervento;*
- *Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni che costituiscono il sedime fondazionale delle opere pensate con la presente progettazione e che si sistemeranno sul versante, ci si dovrà attenere alle indicazioni contenute all'interno della presente relazione dove si descrive il modello geologico del sottosuolo;*
- *Il sedime topografico, in relazione ai contenuti della N.T.C. 2018, può essere classificato in base agli studi condotti e illustrati nella presente,* ***come suolo di classe B posto su un versante che rientra in classe T1****. Si esclude al momento, con i dati in possesso, che i terreni rilevati nell'area d'indagine siano potenzialmente soggetti a liquefazione, né a rotture superficiali causate da faglie né tanto meno soggetti ad altri effetti sismici locali se non quelli evidenziati nella presente relazione;*
- *Le acque di ruscellamento superficiale provenienti dalle superfici impermeabili delle aree interessate dall'intervento, dalle vie e dai sentieri che ad essa conducono e quelle intercettate all'interno di scavi dovranno essere adeguatamente raccolte e condotte verso apposite opere che ne consentano il convogliamento, in sicurezza, verso le difese e/o verso dei punti di raccolta da cui poi saranno indirizzate verso la difesa, utilizzando il sistema di allontanamento previsto con la presente progettazione. È di fondamentale importanza far sì che il ruscellamento superficiale sia adeguatamente contenuto e organizzato in modo che il deflusso sia controllato e non sia causa scatenante di episodi erosivi lungo il versante e, proprio ad evitare questa situazione, dovranno essere riviste le pendenze del manto stradale in modo che le acque intercettate sul sedime possano defluire verso la cunetta stradale e convogliate verso le tombinature;*

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

- *Per quanto concerne gli sbancamenti, l'esecuzione dei lavori, pur prevedendo di ridurre al minimo gli eventuali sbancamenti, comporta in sé lo sbancamento di molto materiale costituito tanto da materiale antropico, coltre detritica e cappellaccio del substrato. Alcuni di questi materiali, previa accertamenti, saranno utilizzati, come riporto e/o rinterro in loco, per il ripristino delle giuste pendenze, questo perché questi terreni provenienti dallo sbancamento sono esclusi, ai sensi del nuovo D.M.161/2012, dal campo di applicazione dei rifiuti. Prima di iniziare i lavori si dovrà provvedere alla compilazione del Piano di Utilizzo secondo le procedure contenute nella norma di riferimento. I terreni dovranno essere disposti in modo tale da non pregiudicare la stabilità geomorfologica dell'areale e non causare dissesti idrogeologici; se dovessero incontrarsi problemi, al momento non definibili, il materiale sbancato sarà portato a discarica autorizzata. Altro discorso dovrà essere fatto per le eventuali demolizioni che riguardano il materiale derivante dalla scarnificazione del cemento/asfalto che costituisce il sedime della strada comunale. Tali materiali saranno portati a discarica autorizzata e/o utilizzati in altro sito;*
- *È opportuno evitare di produrre sbancamenti e lasciarli aperti per lungo tempo, ed in caso di maltempo, ricoprire sempre gli scavi con teli impermeabili ed attenersi, comunque, alle norme del DPR 164/56 (al capo III); visto che gli sbancamenti prevedono profondità maggiori di 1,5 mt dal piano campagna dovranno essere trattati come disposto al capo III punti 12,13,14 del D.P.R. 7.01.1956 n.164 e s.m.i.;*
- ***È obbligatorio avvalersi della presenza di un geologo in cantiere*** *(D.L. geologica – con incarico scritto) per la verifica dello stato del terreno, delle strutture e per eventuali interventi di varianti che si dovessero rendere necessarie e per verificare la corrispondenza fra i dati puntuali ottenuti dagli studi e le effettive condizioni di stabilità dell'area al fine di procedere, se necessario, con eventuali opere di stabilizzazione e/o di messa in sicurezza del versante;*
- *È prevista la predisposizione, ante-scavo, di alcune opere provvisionali meglio descritte in precedenza nel presente capitolo e nella relazione a firma dell'ingegnere strutturista e geotecnico.*
- *Per le fondazioni resta valida qualunque opzione realizzativa in quanto, dalle indagini effettuate il manufatto che si andrà a realizzare avrà, come base di appoggio, il cappellaccio di alterazione del substrato rigido in situ. Il canale sarà realizzato con pareti portanti costituite da paratie in micropali armati, completate sul fronte da una parete in c.a. di placcaggio gettata in opera, fondo costituito da platee in c.a. gettate in opera, solaio in c.a. a tipologia prefabbricata. Sono perciò previste opere provvisionali che saranno realizzate attraverso la disposizione di due berlinesi a costituire i due fianchi della tombinatura. Le berlinesi anzidette, con funzione provvisionale in fase di cantiere, potranno avere funzione definitiva in quanto saranno dimensionate per ricevere e sostenere anche il solaio di copertura del canale;*
- *Si ricorda che i micropali provvisionali e/o altra soluzione ritenuta più opportuna dovranno essere immorsate nei livelli del cappellaccio di alterazione del substrato (orizzonte III); le strutture potranno essere dimensionate per trasmettere carichi fino a 150 KN/m^2, del tutto ammissibili con le caratteristiche geotecniche del substrato rinvenute in loco.* ***Si ritiene valido l'utilizzo, quale ipotesi fondativa, dover far ricorso a fondazioni profonde immorsate nell'orizzonte III in relazione ai dati stratigrafici ottenuti con le sismiche di tipo passivo****;*
- *Sotto le fondazioni e sul retro dei muri si dovrà posizionare del materiale arido e/o del geotessuto con buone caratteristiche drenanti per impedire la risalita della falda. I muri, in cemento e pietra locale, dovranno avere dei sistemi di intercettazio-*

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

COMUNE DI RIVA LIGURE - Prot 0008222 del 24/09/2025 Tit 10 Cl 10 Fasc

ne (barbacani) delle acque meteoriche e/o di falda con una cadenza di almeno 1 ogni 2 m²;

- *Le tombinature dovranno essere adeguate, dopo attenta verifica, alle portate sottese nell'ambito del bacino di appartenenza in cui ricadono. Dovranno inoltre prevedere delle opere di intercettazione del materiale nelle zone di imbocco e/o eventuali vasche di sedimentazione a monte al fine di garantire la "sezione sicura" a garanzia del funzionamento di tutta l'opera;*
- ***Si rende inoltre necessario predisporre un programma di manutenzione di tali opere mediante la pulizia che dovrà essere effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, da parte del proprietario e/o concessionario;***
- *Per quanto riguarda il rispetto delle norme contenute nel Piano Stralcio "Ambito n. 5 Prino definito come Piano di Bacino dei Rii Minori dal Torrente San Lorenzo al Torrente Argentina" si fa riferimento ai particolari costruttivi definiti con la relazione del Progettista e a quanto indicato dai Tecnici e dalle A.S.L.;*
- *Le opere a progetto non influiscono sull'idrogeologia dell'area e/o e sulle zone di ricarico della falda acquifera, come raccomandato dalla L.R. 9/93 in applicazione della L. 183/89.*

Ai fini della presente pratica il sottoscritto, in base a quanto ottenuto dalle indagini e dagli studi condotti di cui ha avuto incarico dal Comune di Riva Ligure, in base a disposto dalla normativa in atto, dal P.R.G. Comunale, con riferimento esplicito alla N.T.C. 2018 per l'adeguamento al rischio sismico e ai sensi delle norme di attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la difesa idraulica ed idrogeologica conclude che l'intervento a progetto, per quanto concerne l'attuale Progetto definito dai Tecnici Progettisti, può essere portato a termine seguendo le indicazioni e le prescrizioni contenute nella presente relazione.

A conclusione si rende opportuno ricordare che, nella sua globalità, il versante e le opere di drenaggio e allontanamento delle acque hanno bisogno di una manutenzione e di un adeguamento alle norme e questo impone la necessità di intervenire con la verifica/adeguamento delle opere di intercettazione, canalizzazione ed allontanamento delle acque provenienti dal versante. Si rende inoltre necessario predisporre un programma di manutenzione di tali opere mediante la pulizia che dovrà essere effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, da parte del proprietario e/o concessionario.

11. CARTOGRAFIA ED ALLEGATI

Tavola 1 – Inquadramento;

Tavola 2 – Carta geologica-geomorfologica;

Tavola 3 – Carta idrogeologica;

Tavola 4 – Ubicazione delle indagini;

Tavola 5 – Sezioni geologiche (alcune) dalla sezione 1 alla sezione 27;

Sanremo Maggio 2025

(dott. geol. Gianfranco SECONDO)

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com