

# COMUNE DI ALBENGA

Provincia di Savona

## PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO FASCEO E RIO CARENETTA IN FRAZIONE CAMPOCHIESA

COMMITTENTE: COMUNE DI ALBENGA

PROGETTISTA: STAIGES INGEGNERIA – ING. ROBERTO DESALVO

### RELAZIONE GEOLOGICA

analisi compatibilità con il Piano di Bacino

### RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Dott. Geol. Carlo Civelli

tel.-fax 0182/990419

cod. fisc. CVLCRL64L01C933D

Via S. Bernardino,8 17023 Ceriale (SV)

E-mail [civ@geologi.it](mailto:civ@geologi.it)

partita I.V.A. 01057120097

## **PREMESSA.**

Il Comune di Albenga intende procedere all'esecuzione di interventi di nuova arginatura e sistemazione idraulica del rio Fasceo e del rio Carendetta a partire dalla confluenza con il torrente Carenda fino a monte all'intersezione con la Strada Provinciale 3.

Lo studio geologico redatto ai sensi L. 109/94 e successive modificazioni è stato suddiviso in due fasi corrispondenti una alla progettazione definitiva e l'altra alla progettazione esecutiva delle strutture; ciò per meglio scindere le diverse problematiche geologiche relative una in particolare alle caratteristiche geologiche ed ai processi geomorfologici interessanti l'area e quindi di supporto alle scelte progettuali generali e l'altra alle caratteristiche geotecniche specifiche dei terreni ed alle problematiche geologico tecniche di supporto alla progettazione strutturale esecutiva.

La presente relazione geologica sui terreni su cui insistono gli interventi in progetto è stata svolta ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Norme tecniche per le costruzioni" (DM 14-01-2008 aggiornate con D.M. 17-01-2018) e delle Normative locali vigenti.

**La presente relazione geologica e geotecnica per quanto concerne la caratterizzazione dei terreni accompagna il livello di progettazione esecutivo.**

## **DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.**

L'intervento consiste in opere di sistemazione idraulica dei due rii mediante la realizzazione di allargamento e/o approfondimento della loro sezione a partire dalla strada Provinciale S.P. n° 3 fino alla confluenza con il Rio Carenda .

I lavori partendola valle principalmente consistono in:

### **a) Opere di confluenza tra rio Fasceo e rio Carenda:**

Il progetto, nella zona della confluenza con Rio Fasceo, prevede l'adeguamento della sezione del Rio Carenda, portandola a **15,00mx4,00m**, in conformità al Piano di Bacino Stralcio per una lunghezza di circa 30,00 m.. Questo si rende necessario per consentire che la maggior portata trasportata dal rio Fasceo si incanali nel rio Carenda senza provocare esondazioni delle aree limitrofe. Il Rio Fasceo sarà inserito nel Rio Carenda con un'inclinazione di circa

15° e con una sezione pari a **11,00mx3,50m** per limitare le turbolenze idrauliche dovute alla confluenza delle due correnti;

**b) Allargamento tratto terminale rio Fasceo (dalla sez. 0F alla sez. 1F):**

Si prevede l'allargamento della sezione, da 1F a 0.2F, portandola a 7,00mx3,50m mentre l'ultimo tratto, da 0.2F a 0F, avrà una forma trapezoidale arrivando fino ad una sezione di massima larghezza alla confluenza con il Rio Carenda pari a 11,00 m . Subito dopo la confluenza con il Rio Carendetta di Rapalline, al fine di mantenere la continuità della strada comunale, si prevede la realizzazione di un ponticello di prima categoria, della luce di circa 10,00 m,

**c) Allargamento rio Fasceo (dalla sez. 1F alla sez. 22F)**

Si prevede, di realizzare una sezione di 4,00mx2,50m con scatolato in calcestruzzo armato. Si prevede la realizzazione di n° 4 attraversamenti a quota strada pubblica per mantenere accessi proprietà private.

**d) Allargamento canale Carendetta di Rapalline (dalla confluenza con Fasceo alla sez. 14)**

Si prevede, di realizzare uno scatolato con una sezione di 3,00mx2,00m in calcestruzzo armato fino alla S.P. n° 3.

Alla confluenza con rio Fasceo è presente un gradino di circa 50 cm.

Per i dettagli della progettazione si fa riferimento agli elaborati grafici ed alle relazioni tecniche redatti dall'Ufficio Tecnico del Comune di Albenga- progettisti Geom Graziano Floccia e Ing. Danilo Burastero per quanto riguarda il progetto definitivo e da STAIGES INGEGNERIA – ING. ROBERTO DESALVO per quanto riguarda il progetto esecutivo

## ANALISI DI COMPATIBILITA' CON LE NORME DI PdB.

L'area d'intervento ricade all'interno del Bacino del Torrente Carenda, in particolare l'area ricade all'interno del foglio 245110.

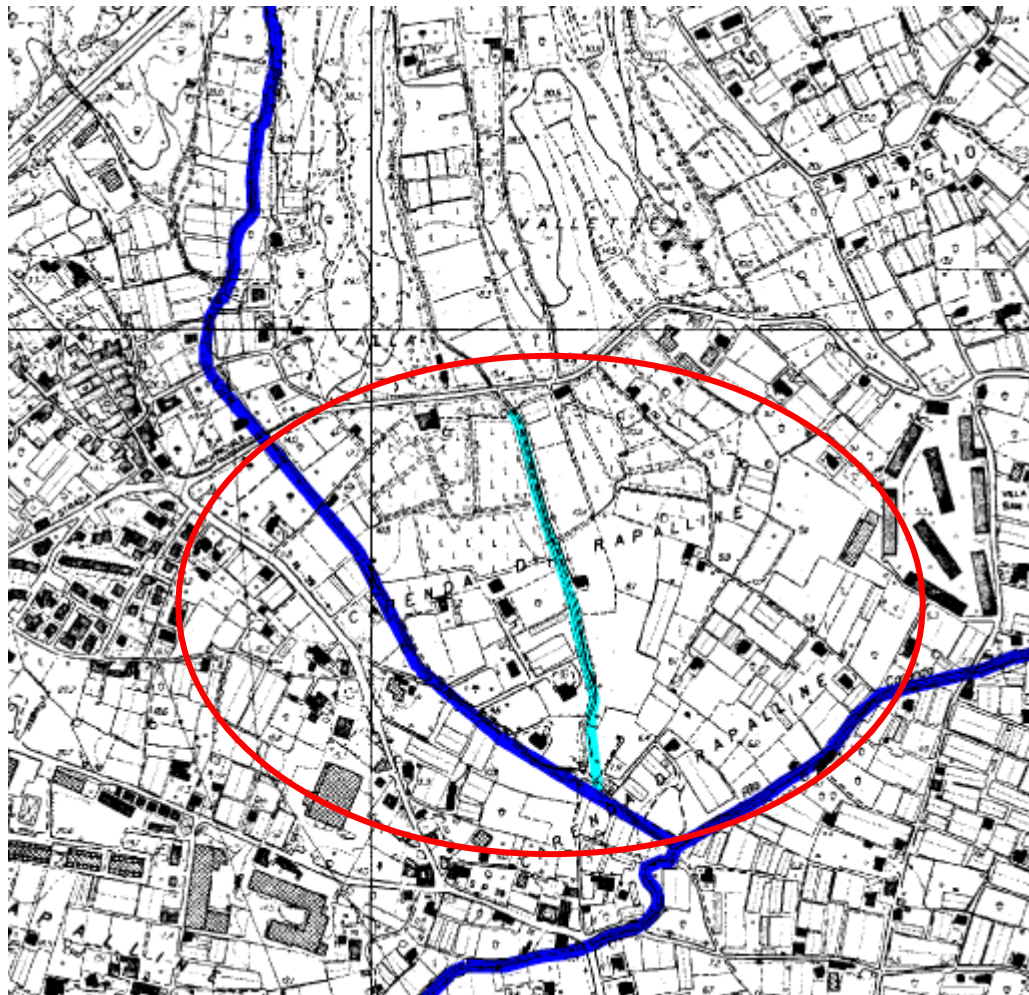
Per quanto riguarda la “**disciplina dell'assetto geomorfologico**” l'area d'intervento sulla “carta della suscettività al dissesto dei versanti” viene individuata in area a suscettività al dissesto MOLTO BASSA o (**Pg0**) individuata col colore azzurro sulla carta.



Lo stralcio della Normativa di PdB di riferimento è il seguente:

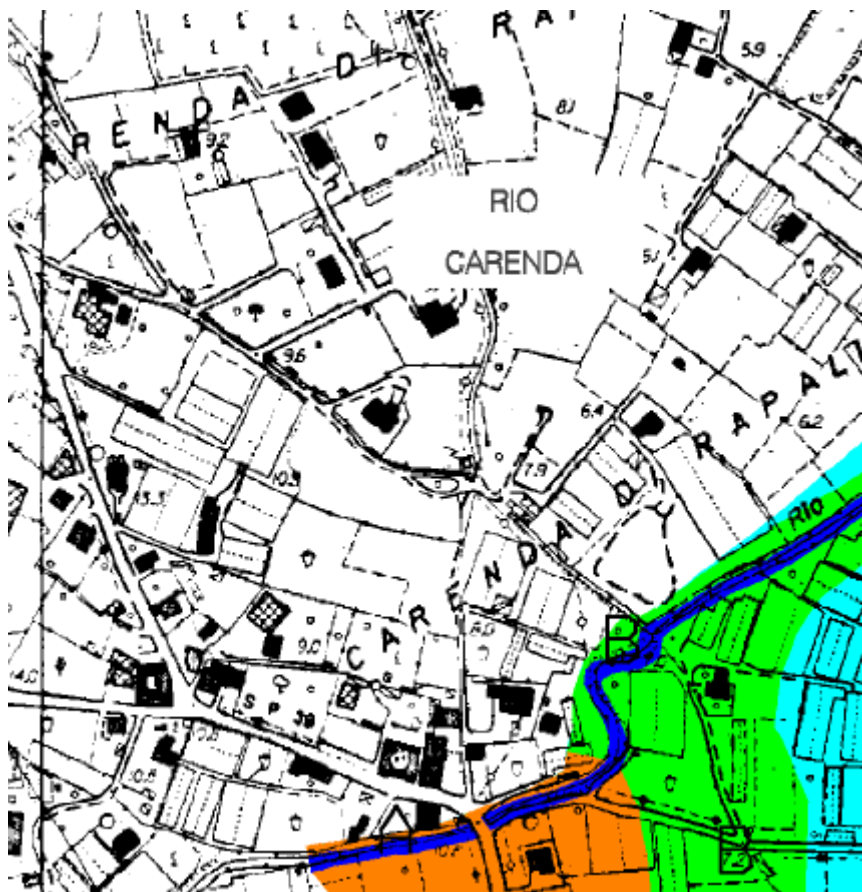
- “10. Nelle aree a **suscettività al dissesto media (Pg2), bassa (Pg1) e molto bassa (Pg0)** si demanda ai Comuni, nell'ambito della normativa geologica di attuazione degli strumenti urbanistici o in occasione dell'approvazione sotto il profilo urbanistico-edilizio di nuovi interventi insediativi e infrastrutturali, la definizione della disciplina specifica di dette aree, attraverso indagini specifiche, che tengano conto del relativo grado di suscettività al dissesto. Tali indagini devono essere volte a definire gli elementi che determinano il livello di pericolosità, ad individuare le modalità tecnico-esecutive dell'intervento, nonché ad attestare che gli stessi non aggravino le condizioni di stabilità del versante.”

Per quanto riguarda la “**disciplina dell’assetto idraulico**” i corsi d’acqua oggetto d’intervento sono individuati sulla carta del reticolo idrografico:



L’area d’intervento sulla “carta delle fasce di inondabilità” non ricade in corrispondenza di tratti indagati ad eccezione del tratto alla confluenza con il rio Carenda.





Non viene individuata nel PdB fascia di riassetto fluviale.

Lo stralcio della Normativa di PdB in riferimento all'intervento in progetto è il seguente:

**Art. 13 - Alveo attuale**

1. Si rinvia alla disciplina di cui all'art. 7 del Regolamento regionale n. 3/2011. In caso di eventuali modifiche del suddetto regolamento, l'Autorità di Bacino può stabilire di non recepirle qualora ritenute non compatibili con gli obiettivi e le finalità della pianificazione di bacino regionale.
2. Resta fermo che, oltre quanto espressamente disposto dal suddetto regolamento, e sempre nel rispetto del disposto del R.D. 523/1904 e delle competenze delle amministrazioni provinciali in materia di polizia idraulica, non sono in ogni caso consentiti:
  - a) interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di manutenzione ordinaria, come definita dalla lett. a), comma 1, dell'art. 31 della legge 5 agosto 1978 n.457, salve le demolizioni senza ricostruzioni;
  - b) l'installazione di manufatti anche non qualificabili come volumi edilizi e la sistemazione di arce che comportino la permanenza o la sosta di persone o di veicoli.

In tali ambiti sono inoltre previsti interventi di rimozione dei manufatti esistenti.

Stralcio Art. 15..

7. In ogni caso sono consentiti gli interventi di sistemazione idraulica ed idraulico-ambientale previsti dal Piano.
8. I progetti relativi agli interventi di sistemazione idraulica previsti dal Piano sono subordinati, ai sensi dell'art. 5, c. 1, lett. d) della l.r. 58/2009, al parere positivo del Comitato Tecnico di Bacino come istituito dall'art. 2 della stessa legge.<sup>11</sup>
9. A seguito della realizzazione degli interventi di sistemazione idraulica previsti dal Piano, la Provincia provvede alla conseguente modifica dei limiti della fasce A, B, C di cui ai commi precedenti, al fine di conformarli alla nuova situazione, con la procedura di cui al comma 5 dell'art. 10, della l.r. n.58/2009.<sup>12</sup>

Si riporta stralcio art. 7 e 8 del Reg. 3/2011.

#### **Articolo 7**

##### **(Interventi negli alvei dei corsi d'acqua)**

1. Ferme restando le normative in materia di autorizzazioni e polizia idraulica ex R.D. n. 23/1904 e le relative competenze attribuite alle amministrazioni provinciali, negli alvei dei corsi d'acqua non sono consentiti i seguenti interventi, fatti salvi quelli necessari ad ovviare a situazioni di pericolo ed a tutelare la pubblica incolumità:
  - a) interventi che comportino ostacolo o interferenza al regolare deflusso delle acque di piena, che interferiscano con gli interventi di messa in sicurezza previsti dai piani di bacino, o che precludano la possibilità di attenuare o di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, nonché il deposito di materiali di qualsiasi genere;
  - b) interventi di restringimento o rettificazione degli alvei; su specifica deroga da parte della Provincia, possono essere autorizzati, in contesti di tessuto urbano consolidato, interventi previsti nell'ambito della progettazione complessiva ed organica di interventi finalizzati alla messa in sicurezza del corso d'acqua, compatibile con i piani di bacino, purché non comportino alcun aggravio alle condizioni di deflusso;
  - c) plateazioni o impermeabilizzazioni continue del fondo alveo dei corsi d'acqua di origine naturale, salvo il caso in cui siano previsti come misura necessaria in un progetto complessivo ed organico finalizzato alla messa in sicurezza del corso d'acqua, in tratti ricadenti in contesti di tessuto urbano consolidato e in assenza di interventi alternativi;
  - d) reinalveazioni e deviazioni dell'alveo dei corsi d'acqua, salvo il caso in cui siano previsti come misura necessaria in un progetto complessivo ed organico finalizzato alla messa in sicurezza del corso d'acqua, nonché in caso di:
    - 1) corsi d'acqua di origine naturale classificati come reticolo minuto;
    - 2) corsi d'acqua di origine artificiale, quali canali di bonifica, scoli artificiali, canali già oggetto di precedenti deviazioni, etc., a condizione che ne sia dimostrata la funzionalità idraulica secondo i criteri dei piani di bacino, sia assicurato il superamento dell'eventuale situazione di pericolosità precedente, e sia valutata la possibilità di ripristino di sezioni a cielo libero laddove fossero presenti tombature o coperture.
2. Non rientrano nei divieti di cui alla lettera d) del comma 1 gli interventi di reinalveazione dei corsi d'acqua inseriti nell'ambito:
  - a) della realizzazione di abbancamenti di materiale litoide sciolto superiori a 300.000 mc e di discariche di rifiuti, purché previsti nei piani di settore, a condizione che il nuovo tracciato d'alveo sia mantenuto a cielo libero, e sia dimostrata la funzionalità idraulica ed il deflusso senza esondazioni della portata di piena duecentennale con adeguato franco;
  - b) dell'ampliamento di abbancamenti esistenti il cui volume complessivo risulti superiore a 300.000 mc o di discariche di rifiuti in esercizio, nel rispetto delle stesse condizioni di cui alla lettera a), purché sia contestualmente adeguato il sistema di allontanamento delle acque della porzione esistente.La Giunta Regionale definisce, ai fini dell'applicazione della disciplina di cui alle lettere a) e b), i criteri localizzativi per gli interventi per i quali non sia prevista l'adozione di piani di settore, fatti

salvi gli interventi la cui localizzazione sia già stata verificata in sede di procedure di Valutazione di Impatto Ambientale alla data di entrata in vigore del presente regolamento. La Giunta regionale può approvare altresì criteri ed indirizzi di carattere generale applicabili nella fase di elaborazione della progettazione degli interventi di cui trattasi, anche ai fini della loro sostenibilità tecnica.

3. Tutti gli interventi interferenti con gli alvei dei corsi d'acqua devono essere adeguatamente dimensionati con adeguato franco rispetto alla portata con tempo di ritorno duecentennale, come determinata dai piani di bacino. Indirizzi generali sulle caratteristiche minime degli studi idraulici di supporto delle valutazioni necessarie ai fini del presente regolamento sono riportati nell'allegato 1; i franchi idraulici minimi da rispettare nelle varie tipologie di intervento sono riportati nell'allegato 2.

4. Restano ferme le normative e le direttive della diverse Autorità di Bacino operanti sul territorio ligure in materia di movimentazione ed asportazione di sedimenti dagli alvei.

## **Articolo 8 (Tombinature e coperture)**

1. Sui corsi d'acqua del reticolo idrografico regionale, ad esclusione del reticolo minuto, non sono ammesse le tombinature e coperture dei corsi d'acqua, non inquadrabili tra i ponti o gli attraversamenti, né l'estensione di quelle esistenti, salvo il caso, previa autorizzazione della Provincia, di quelle dirette ad ovviare a situazioni di pericolo, e a garantire la tutela della pubblica incolumità. In particolare, rientra in tale fattispecie la realizzazione di tombinature o coperture, ricadenti in contesti di tessuto urbano consolidato, ricomprese in progetti organici di sistemazione idraulica finalizzati alla messa in sicurezza del corso d'acqua, laddove sia dimostrata l'impossibilità di soluzioni alternative per il raggiungimento della messa in sicurezza stessa.

2. E' fatta salva la realizzazione di tombinature provvisorie, adeguatamente dimensionate, in fasi transitorie costruttive o in situazioni di emergenza, che, se del caso, possono essere mantenute come canali di drenaggio delle acque, in caso di realizzazione di discariche o abbancamenti.

3. Le tombinature o coperture ammesse devono comunque garantire il deflusso della portata duecentennale con adeguato franco di sicurezza, come riportato nell'allegato 2. Devono, in ogni caso, essere previste adeguate dimensioni minime della sezione di deflusso, che consentano l'ispezionabilità e le necessarie attività di manutenzione, di norma non inferiori a:

- 2 x 2 metri per i corsi d'acqua del reticolo di primo e secondo livello;
- 3 m<sup>2</sup> per i corsi d'acqua del reticolo di terzo livello e minuto.

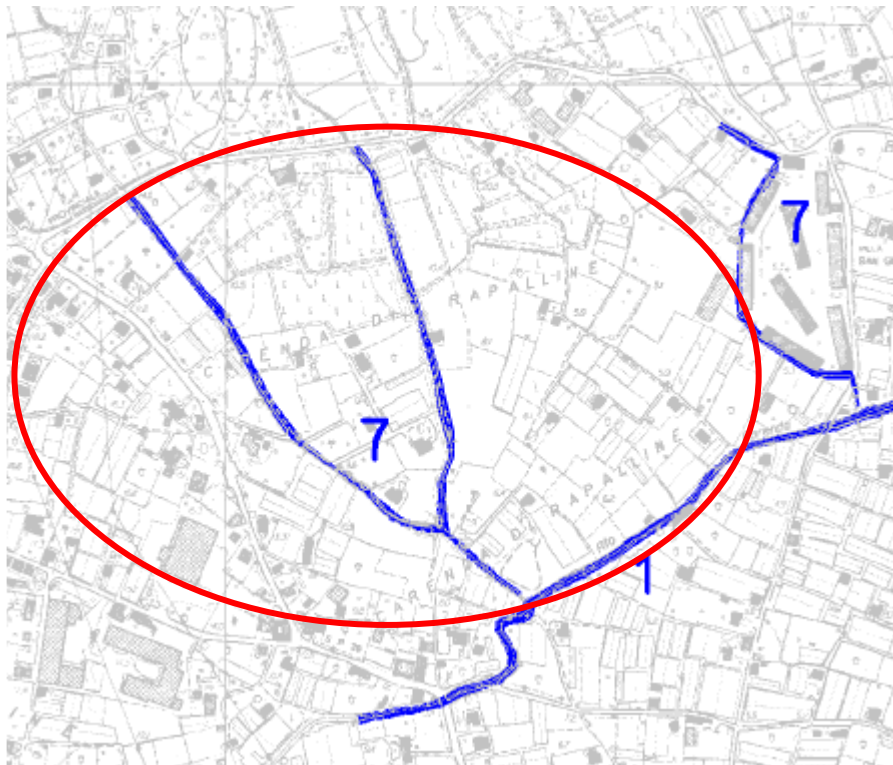
Resta ferma la possibilità per la Provincia, qualora ne ravveda la necessità, di prevedere diverse dimensioni equivalenti, eventualmente inferiori per il reticolo minuto, in funzione degli specifici casi o di prescrivere dimensioni superiori al fine di consentire manutenzioni anche con macchine operatrici od ovviare ad specifiche situazioni e problematiche.

4. Relativamente alle coperture ammesse deve essere predisposto un programma di mantenimento della sezione di deflusso di progetto ed effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, la pulizia degli attraversamenti da parte del proprietario e/o concessionario. Devono inoltre essere previste opere di intercettazione del materiale nelle zone di imbocco e/o eventuali vasche di sedimentazione a monte.

5. Per le opere esistenti che risultino insufficienti rispetto ai valori di portata di cui al comma 3, ne deve essere previsto l'adeguamento in sede di rinnovo delle concessioni ovvero a seguito di accertamenti di polizia idraulica, secondo modalità e priorità previste dalla Provincia nell'ambito dell'esercizio delle proprie competenze. Tale adeguamento, peraltro, può essere effettuato anche con gradualità in ragione dei vincoli di urbanizzazione eventualmente presenti e comunque della dimostrata impossibilità di raggiungere il dimensionamento ottimale in tempi brevi, purché contribuiscano ad un significativo miglioramento delle condizioni di deflusso.



Per quanto riguarda la “carta degli interventi” l’area d’intervento ricade in corrispondenza di tratto oggetto dell’intervento denominato 7 relativo a “Lavori di bonifica idraulica della zona in loc. Pineo del Comune di Cerialle e loc. San Giorgio del Comune di Albenga”.



L'INTERVENTO IN PROGETTO PREVEDE L'AMPLIAMENTO DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO DEI RII COINVOLTI MANTENENDO L'ATTUALE ANDAMENTO DEL CORSO D'ACQUA, LA REALIZZAZIONE DI NUOVI ARGINI E LA NUOVA REALIZZAZIONE PONTE ED ATTRAVERSAMENTI IN SOSTITUZIONE DEGLI ESISTENTI CONSENTE L'AMPLIAMENTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO; L'INTERVENTO E' PERTANTO DA RITENERSI COMPATIBILE CON LA NORMATIVA DI PIANO DI BACINO.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.**

I corsi d'acqua oggetto di sistemazione idraulica ed il loro bacino di alimentazione si sviluppano in un contesto geologico in cui le porzioni a monte del bacino sono caratterizzate dalla presenza di litotipi per lo più calcarei appartenenti alla Formazione di Albenga ed all'Unità Arnasco-Castelbianco; la parte pedemontana è costituita da depositi pliocenici Conglomerati di Monte Villa) e alluvionali antichi, mentre la porzione subpianeggiante del territorio è caratterizzata da depositi alluvionali recenti ed attuali.

I tratti oggetti di intervento si sviluppano nella porzione subpianeggiante del territorio al raccordo con la fascia pedemontana e sono caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali antichi e recenti costituiti da ciottoli ghiaie e sabbie in una matrice di alterazione limo-argillosa molto compatta nei depositi più antichi.

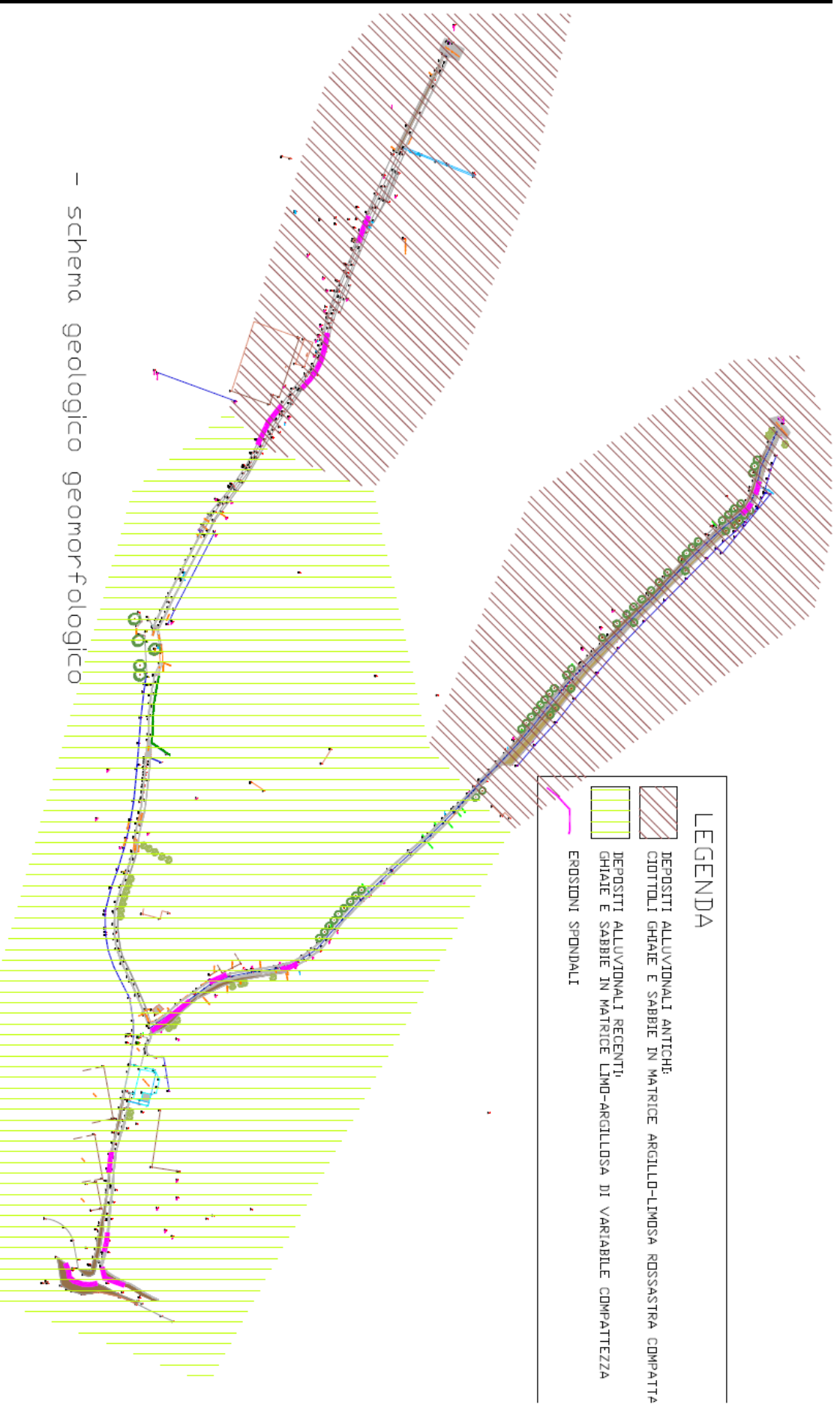
L'alveo attivo dei corsi d'acqua è caratterizzato da depositi alluvionali attuali mobili essenzialmente costituiti da sedimenti ghiaio-sabbiosi sciolti, con numerosa presenza di ciottoli, che presentano però spessore limitato in genere non superiore al metro.

La dimensione media dei sedimenti è direttamente controllata dalla pendenza dell'alveo e quindi da velocità e capacità di trasporto (competenza) della corrente fluviale.

La fascia di terreno immediatamente retrostante le sponde e le sponde stesse dei corsi d'acqua sono caratterizzati da depositi alluvionali recenti misti a terreni riportati per uso agrario; si tratta di depositi ghiaiosi sabbiosi, con presenza di ciottoli, poco alterati e immersi in una matrice limosa che va da poco coerente a coerente nei depositi superficiali misti a riporti; in profondità o laddove i terreni appaiono meno rimaneggiati la matrice è costituita da limi ed argille rossastre che appaiono compatte e molto coerenti.

Nell'areale d'intervento sono presenti terreni che presentano isotropia rispetto alla circolazione delle acque sotterranee che avviene attraverso i vuoti presenti tra i granuli costituenti il terreno.

Conseguentemente maggiore è la granulometria del terreno maggiore è la permeabilità.



– schema geologico geomorfologico

I terreni alluvionali sciolti (attuali o recenti) costituiti in genere da sabbie e ghiaie presentano buona permeabilità per porosità; i terreni alluvionali in cui è presente una matrice fine di alterazione risultano di media permeabilità per porosità. In profondità nell'ambito dei terreni alluvionali possono essere rinvenuti livelli argillosi scarsamente permeabili. La falda di immediato sub alveo, che sarà interessata dai lavori, risulta quindi modesta con presenza e quantità strettamente dipendente dagli apporti meteorici.

Lungo la piana alluvionale sono localmente presenti falde più profonde sia freatiche sia separate da discontinui livelli impermeabili (argille) o poco permeabili (terreni a matrice limo-argillosa).

## **INQUADRAMENTO E PROCESSI GEOMORFOLOGICI.**

Oggetto di sistemazione è il rio Fasceo ed il suo affluente di sponda sinistra rio Carendetta, nel tratto che va dalla confluenza con il rio Carenda a monte fino all'intersezione dei corsi d'acqua con la strada provinciale.

Il rio Fasceo presenta un bacino imbrifero di poco più di 2 kmq (2,1) comprensivo del bacino dell'affluente principale rio Carendetta.

Il tratto oggetto di sistemazione si estende per oltre 750 m da una quota di circa 7 m s.l.m. alla confluenza con il rio Carenda ad una quota di circa 13 m s.l.m. all'intersezione con la strada provinciale.

La pendenza media del tratto è inferiore al 0,8%. Nel tratto d'intervento l'alveo presenta una larghezza variabile dovuta all'azione antropica che va da circa 5 m a tratti tombinati con tubazione di un metro di diametro; anche il fondo alveo per lo più libero a tratti risulta cementato. Per quanto riguarda il rio Carendetta esso presenta un bacino imbrifero di circa 0,66 kmq; il tratto oggetto di sistemazione si estende per circa 530 m da una quota di circa 8 m s.l.m. alla confluenza con il rio Fasceo ad una quota di circa 16 m s.l.m. all'intersezione con la strada provinciale.

La pendenza media del tratto è circa 1,5%.

Nel tratto d'intervento l'alveo presenta una larghezza variabile dovuta all'azione antropica (comunque meno pronunciata del rio Fasceo) che va da circa 1,5 a 3 m con un andamento più regolare e meno punti di restringimento rispetto al rio Fasceo; il fondo alveo risulta libero.

In questo tratto i corsi d'acqua scorrono lungo la piana alluvionale all'immediato raccordo con la retrostante fascia pedemontana; l'area risulta quasi del tutto utilizzata a fini agricoli o residenziali; conseguentemente si assiste ad una diminuzione delle pendenze dell'asta procedendo da monte verso valle e quindi dell'energia e competenza della corrente e si ha il deposito prima dei materiali più grossolani costituiti da ciottoli e ghiaie ed (per il rio Fasceo) in corrispondenza dei restringimenti e successivi allargamenti dell'alveo anche di materiali più fini quali sabbie.

L'andamento dei corsi d'acqua presenta tratti pressoché rettilinei con brevi tratti di con poco accentuate curvature; le sponde risultano per la maggior parte arginate da opere spesso eterogenee (muri di varia costituzione pietra a secco calcestruzzo, cemento armato, in blocchi), in vari tratti specie a valle della provinciale le sponde sono ancora naturali spesso però con sopraelevazioni in terra delle sponde naturali.

La naturale tendenza evolutiva del tratto dei corsi d'acqua sarebbe improntata all'instabilità della stessa attraverso l'ampliamento ed innalzamento dell'alveo, conseguente alle deposizioni di sovralluvionamento e alle erosioni spondali durante gli eventi di piena. Tuttavia i corsi d'acqua risultano da questo punto di vista limitati dalle opere antropiche presenti da arginature tombinamenti ecc, per cui le erosioni spondali e le conseguenti divagazioni ed ampliamenti dell'alveo sono di fatto contrastati; permane però la problematica dell'inondabilità e delle turbolenze generate dalle restrizioni d'alveo.

La dimensione media dei sedimenti mobili in alveo è direttamente controllata dalla velocità e quindi capacità di trasporto (competenza) della corrente fluviale. I sedimenti presenti attualmente sono quindi indice di discreta velocità e competenza delle correnti di piena.

I terreni alluvionali mobili presenti in alveo sono comunque di limitato spessore (non più di 1-1,5 m) anche per il fatto del limitato bacino di alimentazione (poco più di 2 kmq) che si sviluppa in formazioni competenti, per cui non si prevedono particolari problemi di sovralluvionamento (se

non localizzati laddove la corrente generasse turbolenze) anche una volta allargata la sezione d'alveo con conseguente diminuzione della velocità della corrente.

## **PIANO DELLE INDAGINI.**

Al fine di caratterizzare i terreni nell'areale su cui insiste l'intervento si sono effettuate indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

Le indagini effettuate consistono in:

- **2 carotaggi continui spinti fino a profondità uno di 10 e l'altro a 15 m dal p.c. al fine di determinare la stratigrafia dei terreni di substrato.**
- **Allestimento nel carotaggio S1 di un piezometro a tubo aperto nel foro di sondaggio al fine di determinare e monitorare la profondità della falda freatica.**
- **prove SPT (standard penetration test) eseguite a varie profondità nei fori di sondaggio al fine di determinare la resistenza dei terreni di substrato.**

Le indagini di cui sopra sono state eseguite dalla ditta m3d costruzioni speciali s.r.l..

- **Indagine geofisica consistente in un array in sismica attiva (MASW) al fine della caratterizzazione sismica del substrato tramite la determinazione del parametro VSequivalente e in una misura con sismografo a stazione singola con metodo HVSr al fine della caratterizzazione sismica del substrato tramite la misura della frequenza propria di risonanza e l'andamento Vs/profondità.**

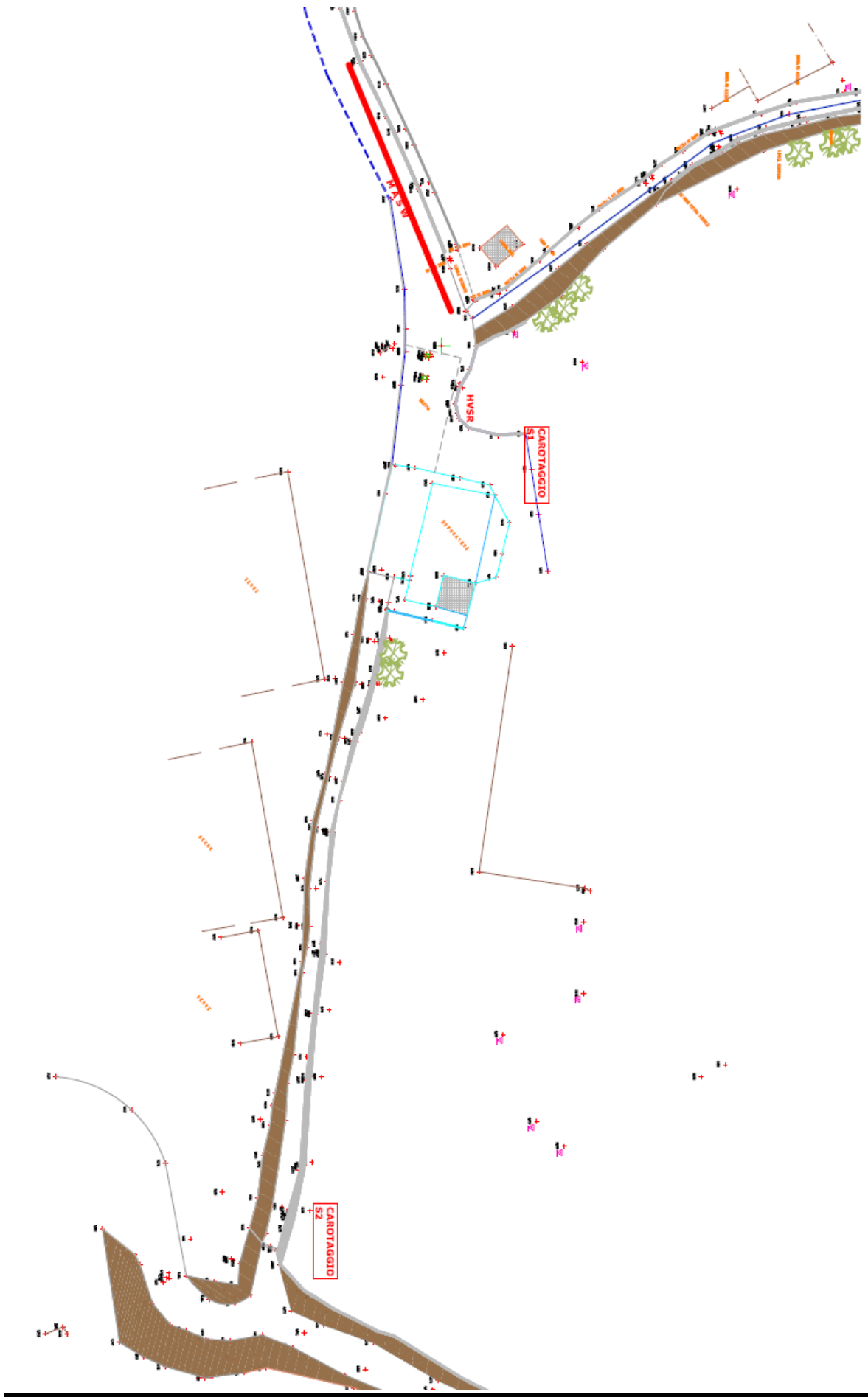
Detta indagine è stata eseguita dalla ditta Indago s.r.l..

Le indagini in sito sono state assistite dal sottoscritto Dott. Geol. Carlo Civelli.

L'ubicazione di tali indagini è riportata nella tavola seguente in scala 1:750

Le indagini sono state integrate da prove pocket in situ con scissometro e penetrometro tascabile effettuate direttamente sui terreni superficiali costituenti le sponde.





## SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nel tratto d'intervento sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo con perforazione a rotazione verticale; durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove SPT (Standard Penetration Test) secondo le norme A.G.I.

Nel foro del sondaggio S1 è stato installato un piezometro a tubo aperto, per il periodico controllo del livello di profondità della falda acquifera.

Il **sondaggio S1** è stato eseguito in prossimità della 'area di realizzazione del nuovo ponte alla confluenza tra il rio Fasceo ed il rio Carendetta; il sondaggio è stato spinto fino a 15 m di profondità ed ha rilevato:

a partire dalla superficie fino a 1 m di profondità **riporti grossolani** costituiti da ciottoli ghiaie sabbie e resti di materiale edile e costituenti la sponda.

Al di sotto sono presenti **depositi alluvionali recenti costituiti da sabbie e ghiaie fini in matrice limo-argillosa**; Su questo livello di terreno sono state eseguite 5 prove SPT in foro tra 1,5 e 7,5 m di profondità.

Il **sondaggio S2** è stato eseguito in sponda destra del rio Fasceo poco a monte della confluenza con il torrente Carenda; il sondaggio è stato spinto fino a 10 m di profondità ed ha rilevato:

a partire dalla superficie fino a 1 m di profondità terreno agrario.

Al di sotto sono presenti **depositi alluvionali recenti costituiti da sabbie e ghiaie fini in matrice limo-argillosa**; Su questo livello di terreno sono state eseguite 2 prove SPT in foro a 3 e a 6 m di profondità dal p.c.

Le Stratigrafia ed i dati ricavati dai sondaggi sono qui di seguito riportati come forniti dalla ditta esecutrice insieme alle fotografie delle "carote" prelevate.


**La descrizione dei litotipi da tenere a riferimento è soprariportata.**

COMMITTENTE	COMUNE DI ALBENGA	LOCALITA'	Loc. Campochiesa, Albenga SV
DATA INIZIO	13 Dicembre 2018	DATA FINE	13 Dicembre 2018
REDATTO:	Geol. Luca Maldotti	CANTIERE	Messa in sicurezza Rii Fasceo e Carendetta
PERFORAZIONE:	a rotazione a c.c. ad asse verticale	DIAMETRO CAROTIERE	φ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 15.00 m

FALDA: 3.20 m

**QUOTA:**

PROFONDITA' DA P.C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAROTAGGIO [%]						R.Q.D. [%]						ALLESTIMENTO	SPT	CAMPIONI- PROVE IN SITO	NOTE	
			0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100					
1.00	1																	1	
	2																3-2-3		2
	3																2-1-1		3
	4																3-3-1		4
	5																		5
	6																2-2-2		6
	7																1-1-1		7
	8																		8
	9																		9
	10																		10
	11																		11
	12																		12
	13																		13
	14																		14
F.F.	15																		15
	16																	16	
	17																	17	
	18																	18	
	19																	19	
	20																	20	

*br*

*S*

*T2*

livelli ridotti in breccia  
carotiere semplice  
carotiere doppio

*W*

*D*

corona widia  
corona diamante  
(101) diametro perforazione



**m3d** costruzioni  
speciali s.r.l.



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)  
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517028

Web [www.m3dsrl.com](http://www.m3dsrl.com)

E-mail [info@m3dsrl.com](mailto:info@m3dsrl.com)



Committente: **COMUNE DI ALBENGA**  
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°1**  
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: **COMUNE DI ALBENGA**  
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°2**  
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →





**m3d costruzioni  
speciali s.r.l.**



Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)  
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517028

Web [www.m3dsrl.com](http://www.m3dsrl.com)

E-mail [info@m3dsrl.com](mailto:info@m3dsrl.com)



Committente: **COMUNE DI ALBENGA**  
Sondaggio: **S1** - Cassetta: **n°3**  
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.** →

COMMITTENTE	COMUNE DI ALBENGA	LOCALITA'	Loc. Campochiesa, Albenga SV
DATA INIZIO	14 Dicembre 2018	DATA FINE	14 Dicembre 2018
REDATTO:	Geol. Luca Maldotti	CANTIERE	Messa in sicurezza Rii Fasceo e Carendetta
PERFORAZIONE:	a rotazione a c.c. ad asse verticale	DIAMETRO CAROTIERE	φ 101 mm

PROFONDITA' FORO: 10.00 m

FALDA: -m

**QUOTA:**

[illegible]





**m3d** costruzioni  
speciali s.r.l.

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)  
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889

F> +39 010 2517028

Web [www.m3dsrl.com](http://www.m3dsrl.com)

E-mail [info@m3dsrl.com](mailto:info@m3dsrl.com)



Committente: **COMUNE DI ALBENGA**  
Sondaggio: S2 - Cassetta: n°1  
Prof. da 0.00 m. a 5.00 m. →



Committente: **COMUNE DI ALBENGA**  
Sondaggio: S2 - Cassetta: n°2  
Prof. da 5.00 m. a 10.00 m. →

## PROVE S.P.T.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate a varie profondità prove S.P.T.

Le prove consistono nel far cadere un maglio del peso di 63,5 kg da un'altezza di 76 cm su una testa di battuta fissata alla sommità della batteria d'aste terminante in un campionatore.

Viene misurato il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore di 30 cm (dopo la preinfissione dinamica di 15 cm).

La prova fornisce nell'immediato un indice di resistenza alla penetrazione del terreno e attraverso correlazioni standardizzate i principali parametri geotecnici quali: angolo d'attrito efficace, densità relativa, modulo di deformazione.

Le prove sono state eseguite a profondità tali da avere le maggiori indicazioni sulle caratteristiche di resistenza dei terreni soggetti a scavo ed interessati dalla posa delle fondazioni delle costruzioni in progetto. I risultati delle prove S.P.T. sono riportati qui di seguito e nelle stratigrafie dei sondaggi effettuati.

Da questi dati attraverso le sottostanti correlazioni in uso si sono determinati i parametri geotecnici riportati nella seguente tabella e riferiti ad ogni prova SPT.

## LEGENDA

**N = Numero colpi SPT**

**$\phi'$  = Angolo di attrito efficace** correlazione di Malcev  $\phi' = (18,9 - 5,3 \times \ln \sigma') + 4 \times \ln N$

**Dr = Densità relativa** correlazione di Skempton  $Dr = [N / (0,288 \times \sigma' + 32)]^{1/2}$

**E = modulo di deformazione** correlazione di Cornell (1990)  $E = 15 N / (\sigma')^{1/2}$

**Pv** = stimato in base granulometria e densità relativa

### SONDAGGIO S1

<b>Profondità</b> <b>m</b>	<b>N</b>	<b>p'</b> <b>°</b>	<b>Dr</b> <b>%</b>	<b>E</b> <b>Kg/cmq</b>	<b>PV</b> <b>T/mc</b>	<b>Terreno</b>
<b>-1,5</b>	5	35	39	144	1,8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa
<b>-3,0</b>	2	25	25	41	1,8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa
<b>-4,5</b>	4	27	35	74	1,8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa
<b>-6,0</b>	4	26	35	68	1.8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa
<b>-7,5</b>	2	22	25	32	1.8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa

### SONDAGGIO S2

<b>Profondità</b> <b>m</b>	<b>N</b>	<b>p'</b> <b>°</b>	<b>Dr</b> <b>%</b>	<b>E</b> <b>Kg/cmq</b>	<b>PV</b> <b>T/mc</b>	<b>Terreno</b>
<b>-3</b>	6	29	43	102	1,8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa
<b>-6</b>	7	29	47	119	1,8	Sabbie e ghiaie fini in matrice limo argillosa

## LIVELLI PIEZOMETRICI

Nel foro di sondaggio S1 è stato installato un piezometro a tubo aperto, per il periodico controllo del livello di profondità della falda acquifera che risulta di tipo freatico.

La profondità della falda acquifera è stata misurata nel piezometro qualche giorno dopo la perforazione, in modo da dare il tempo al livello di falda di stabilizzarsi all'interno del foro.

La falda risulta posizionarsi all'incirca intorno a 3,2 m di profondità dal p.c in data dicembre 2018.

Si tratta della profondità del livello di falda di subalveo; sono quindi da prevedersi oscillazioni forti di tale livello (qualche metro) essendo l'alimentazione di tale falda legata direttamente all'apporto delle acque scorrenti in alveo legate in particolare alle precipitazioni atmosferiche dato il regime torrentizio.

## INDAGINI SPEDITIVE SUI TERRENI SUPERFICIALI

Il rilevamento di superficie ha denotato nell'areale sostanzialmente due tipologie di terreno affioranti, tralasciando gli esigui spessori di alluvioni mobili in alveo, sono state effettuate prove scissometriche e penetrometriche pocket sui terreni superficiali costituenti le sponde, sia per quanto riguarda i depositi alluvionali recenti (interessati dagli interventi più consistenti ed indagati in profondità tramite i carotaggi); sia sui depositi alluvionali antichi maggiormente compatti ubicati nelle aree a monte della zona di intervento (vedi precedente tavola schema geologico) e interessati ad interventi di minor consistenza.

## **DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI**

Visibili in particolare immediatamente a valle della strada provinciale sono costituiti da depositi alluvionali antichi granulometricamente classificabili come sabbie ghiaie e ciottoli, di diversa pezzatura immersi in una matrice argilloso limosa rossastra tenace.

I terreni in posto sono da considerarsi di buone qualità geomeccaniche essendo caratterizzati da

discreti valori di resistenza alla compressione semplice come confermato dalle prove in sito effettuate con penetrometro tascabile.

Da prove effettuate mediante scissometro si sono determinate le caratteristiche di resistenza al taglio del terreno, il valore di coesione non drenata (**cu**) misurato risulta buono e pari a:

$$cu = 5-8 \text{ t/mq}$$

Dal rilevamento geologico tecnico delle aree circostanti e dalla bibliografia si sono determinate le caratteristiche geotecniche medie dei terreni:

$$c = \text{coesione} = 1-2 \text{ t/mq}$$

$$P = \text{angolo di attrito interno} = 28^\circ-32^\circ$$

$$Pv = \text{peso di volume} = 1,9-2,0 \text{ t/mc}$$

### **DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI**

In genere rimaneggiati dall'uso agricolo sono costituiti da depositi alluvionali recenti granulometricamente classificabili come sabbie prevalenti sulle ghiaie in genere fini in matrice limo-argillosa.

Detti terreni denotano coesione e compattezza da mediocri a discrete; da prove effettuate mediante scissometro si sono determinate le caratteristiche di resistenza al taglio del terreno, il valore di coesione non drenata (**cu**) misurato risulta mediocre e pari a:

$$cu = 3-4 \text{ t/mq}$$

## RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di caratterizzare la risposta sismica locale dei terreni di substrato si sono effettuate indagini geofisiche finalizzate alla determinazione della velocità delle onde di taglio (VS) nei terreni. In particolare è stata effettuata un array di sismica attiva (MASW) al fine della caratterizzazione sismica del substrato tramite la determinazione del parametro VS equivalente ed un'indagine con sismografo a stazione singola per la determinazione della frequenza di risonanza del terreno.

### MASW

Il metodo è basato sulla registrazione e campionamento delle onde S di Rayleigh generate nel sottosuolo da energizzazioni artificiali effettuate con mazza battente su piastra posizionata agli estremi dello stendimento.

Vengono registrate le vibrazioni in superficie a diverse distanze lungo lo stendimento (array); le diverse frequenze hanno diverse profondità di penetrazione e campionano materiali a diversa profondità; dalle registrazioni si calcola la relazione frequenza-velocità di fase (curva di dispersione), si calcola poi la velocità delle onde S in funzione della profondità invertendo la curva di dispersione.

Lo stendimento è stato ubicato lungo la strada esistente nell'areale di realizzazione del ponte alla confluenza tra rio Fasceo e rio Carendetta alla base dell'argine oggetto di ripristino con una lunghezza dello stendimento di 42 m e una distanza intergeofonica di 3 m. L'apparecchiatura utilizzata è l'array sismico SoilSpy Rosina prodotto dalla Micromed con configurazione a 14 canali e geofoni da 4,5 Hz. Il programma di interpretazione è "Grilla" di Micromed

I risultati sono esposti nelle seguenti tabelle e figure.

**La Vs equivalente determinata risulta pari a 354 m/s**



## CAMPOCHIESA, RIO FASCEO

Inizio registrazione: 12/12/19 12:35:02 Fine registrazione: 12/12/19 12:35:06

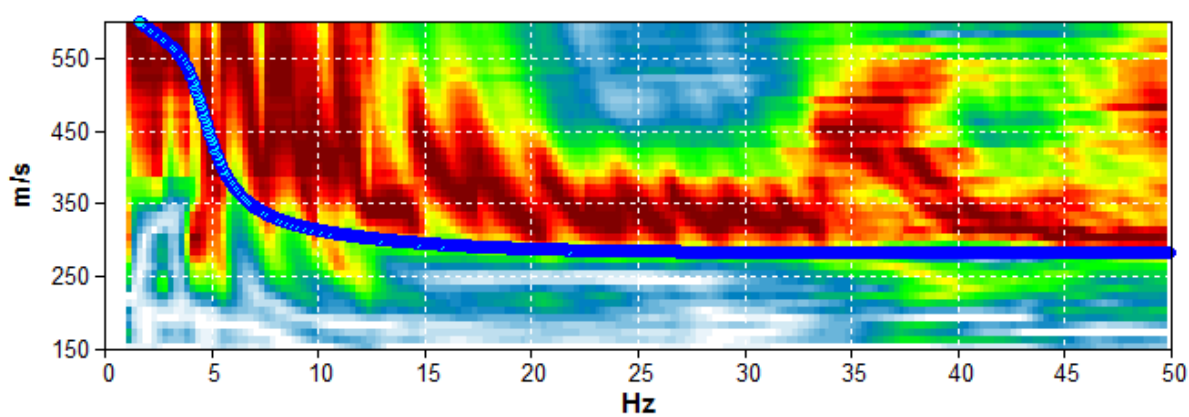
Durata registrazione: 0h00'04".

Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: TR01 +TR01 ; TR02 +TR02 ; TR03 +TR03 ; TR04 +TR04 ; TR05 +TR05 ; TR06  
+TR06 ; TR07 +TR07 ; TR08 +TR08 ; TR09 +TR09 ; TR10 +TR10 ; TR11 +TR11 ; TR12  
+TR12 ; TR13 +TR13 ; TR14 +TR14

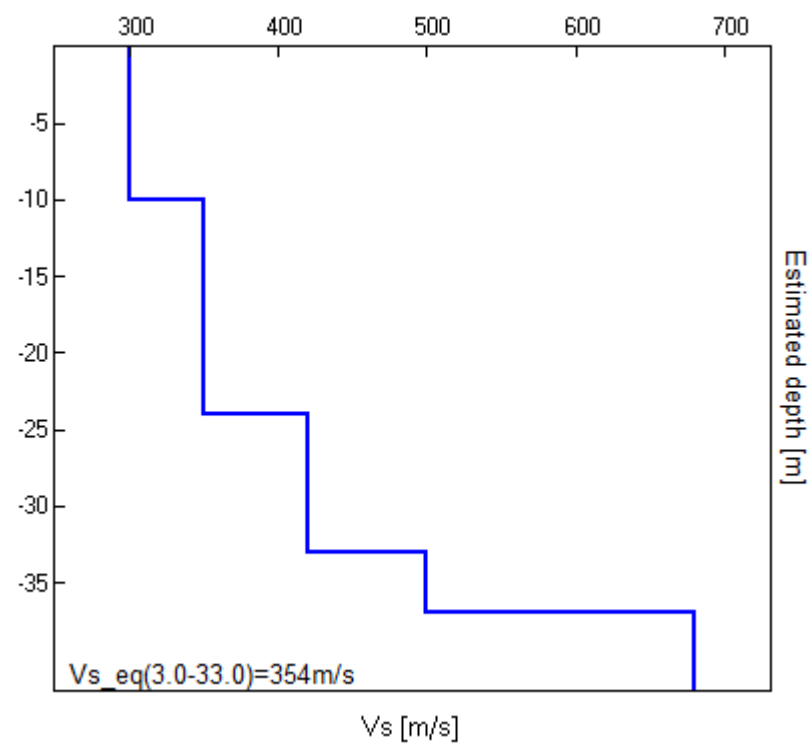
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 m.

### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
10.00	10.00	300	0.40
24.00	14.00	350	0.40
33.00	9.00	420	0.40
37.00	4.00	500	0.40
inf.	inf.	680	0.40

$V_{s\_eq(3.0-33.0)}=354\text{m/s}$



Per meglio definire le caratteristiche di risposta sismica dei terreni si è effettuata alla confluenza tra il rio Fasceo ed il rio Carendetta una misurazione con sismografo a stazione singola (TROMINO<sup>R</sup>) che mediante sismica passiva ovvero l'analisi dei microtremori determina la frequenza di risonanza del terreno.

Sono state individuate due frequenze di interesse ingegneristico la principale intorno ad **1 Hz** ed un picco secondario intorno a **2,5 Hz**

Di seguito vengono riportati i risultati della prospezione elaborati con software Grilla di Micromed.

### **RIO FASCEO, CONFLUENZA CARENDETTA**

Instrument: TRZ-0089/01-10

Start recording: 09/09/15 09:29:42      End recording: 09/09/15 09:45:43

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00".      Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

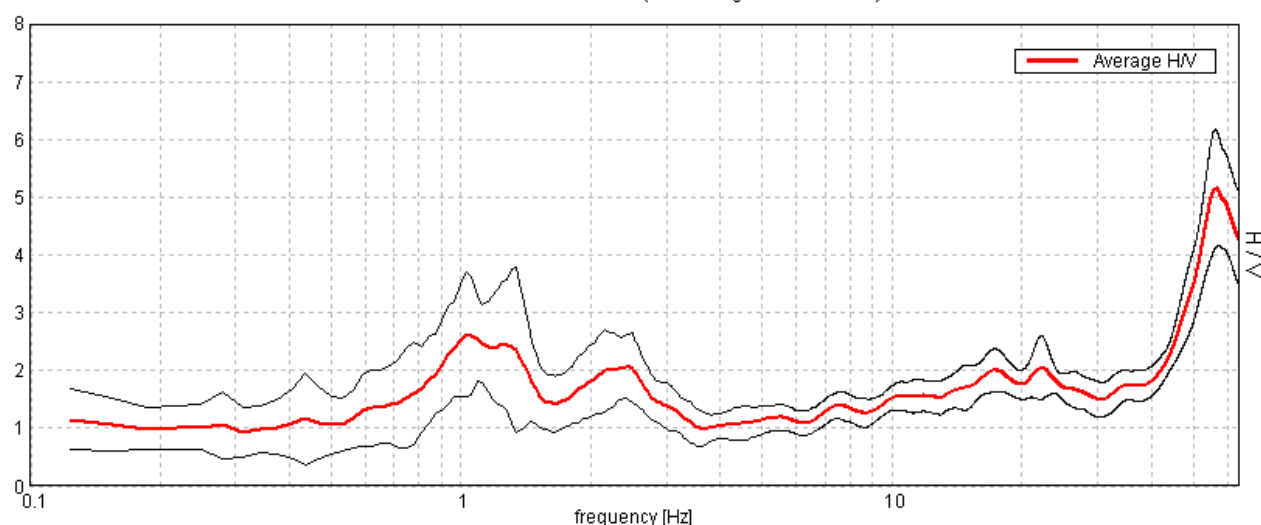
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

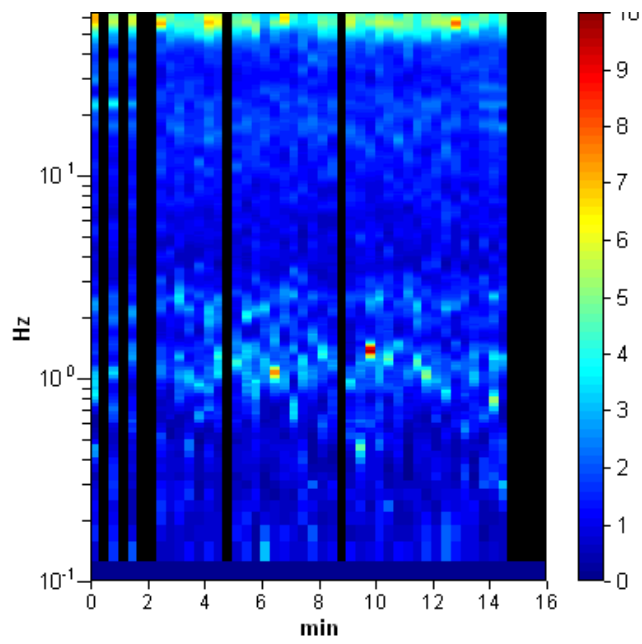
Smoothing: 10%

#### **HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

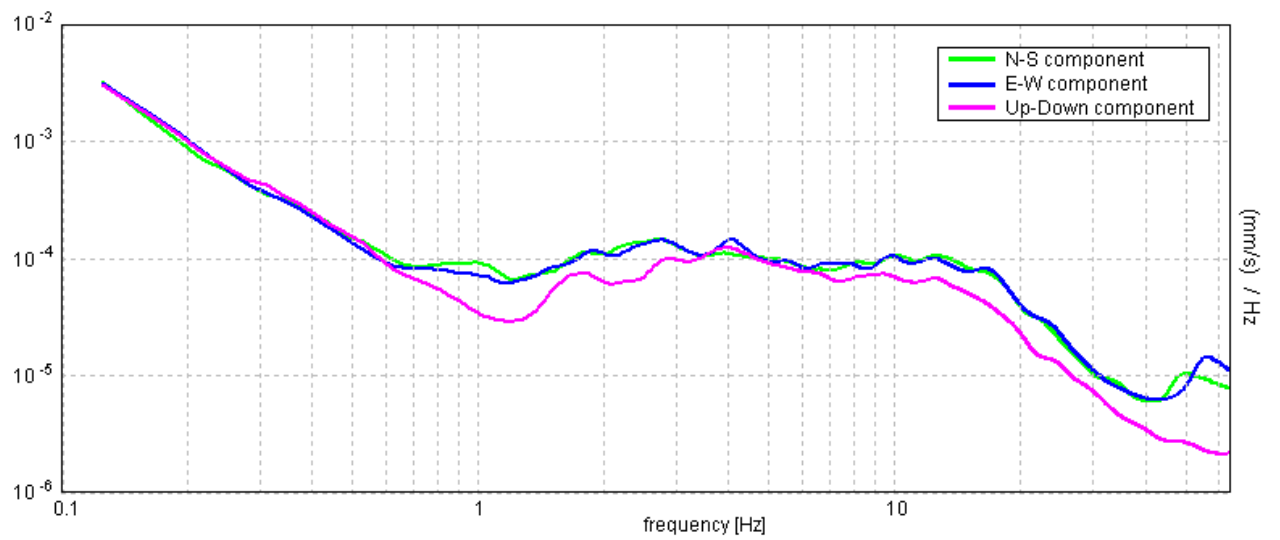
Max. H/V at  $56.56 \pm 0.2$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at 56.56 ± 0.2 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	56.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	42987.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1144 times	OK	

### Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	45.75 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	5.15 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00175  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.09891 < 2.82813$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4893 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Le indagini geofisiche hanno rilevato terreni che generano amplificazione delle accelerazioni sismiche, con frequenze di risonanza intorno a 1 e 2,5 Hz ed andamento delle Vs in costante aumento con la profondità. I terreni per le velocità di Vs riscontrate fin dalla superficie (300 m/s) sono da ritenersi discretamente compatti.

Il substrato rigido viste le frequenze di risonanza riscontrate con la misura a stazione singola e Metodo HVSR è ubicato a consistente profondità.

### **MODELLO GEOLOGICO TECNICO (Parametri geotecnici medi)**

Il modello geotecnico dei terreni è stato effettuato in termini di parametri medio minimi prendendo in considerazione i dati provenienti dalle prove eseguite scissometriche sui terreni in posto, SPT in foro e MASW in cui le velocità Vs determinate sono indice anche della compattezza di terreni

#### **DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI:**

##### **SABBIE E GHIAIE FINI IN MATRICE LIMOARGILLOSA**

**Peso di Volume =  $P_v = 1,8 \text{ t/mq}$**

**Angolo di attrito efficace =  $\phi' = 27^\circ$**

**Coesione efficace =  $c' = 0,5-1 \text{ t/mq}$**

**Densità relativa =  $D_r = 40 \%$**

**Modulo di deformazione =  $E = 80 \text{ kg/cmq}$**

**Coesione non drenata =  $c_u = 3-4 \text{ t/mq}$**

**$V_{sSeq} = 354 \text{ m/s}$**

**$V_s \text{ 0-10 m dal pc} = 300 \text{ m/s}$**



Nei tratti di intervento a valle della strada provinciale i terreni interessati dagli interventi sono costituiti da depositi alluvionali antichi maggiormente grossolani (vedi schema geologico di pag 10); dati i più modesti interventi previsti in questo ambito i terreni sono stati indagati con prove speditive di superficie (vedi pag. 23)

#### **DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI:**

##### **CIOTTOLI GHIAIE E SABBIE IN MATRICE LIMOARGILLOSA**

**Peso di Volume =  $P_v = 1,9-2,0$  t/ mq**

**Angolo di attrito efficace =  $\phi' = 28^\circ-32^\circ$**

**Coesione efficace =  $c' = 1-2$  t/mq**

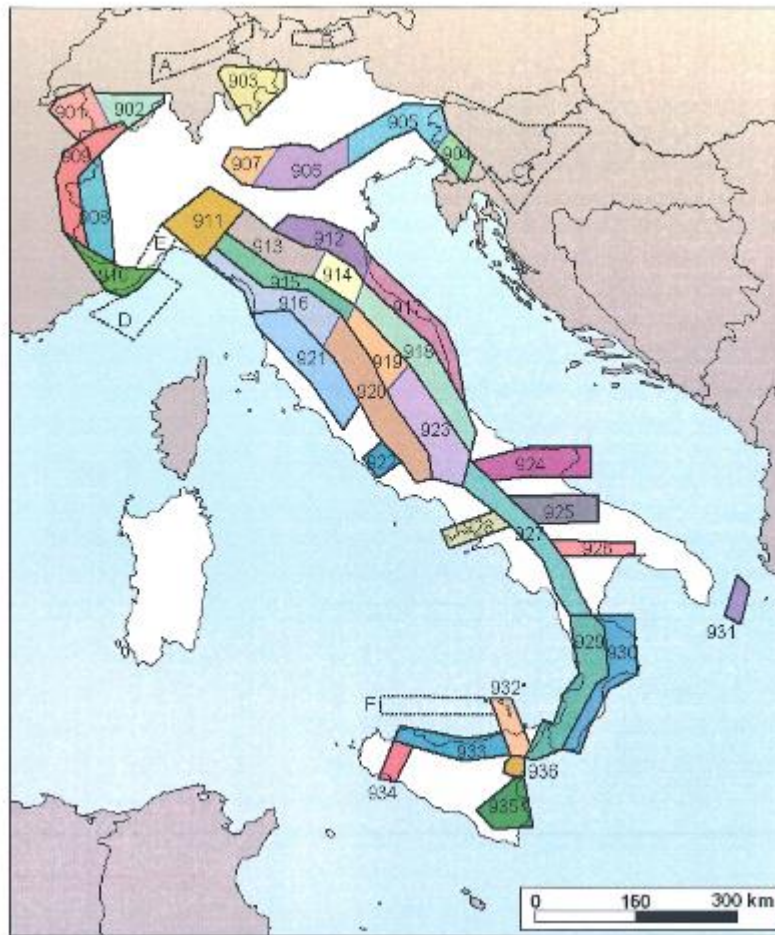
**Coesione non drenata =  $c_u = 5-8$  t/mq**

### **CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO ED EFFETTI DI SITO**

#### **MACROSISMICA - ZONA SISMOGENETICA**

In ottemperanza all' Ordinanza P.C.M. 3274/03 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (di seguito denominato INGV) ha realizzato una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, chiamata ZS9, risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone<sup>1</sup>. Il territorio comunale di Albenga si trova nella zona sismogenetica 910, ex area 22 di ZS4.

Fig. 1: Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano a cura dell'INGV



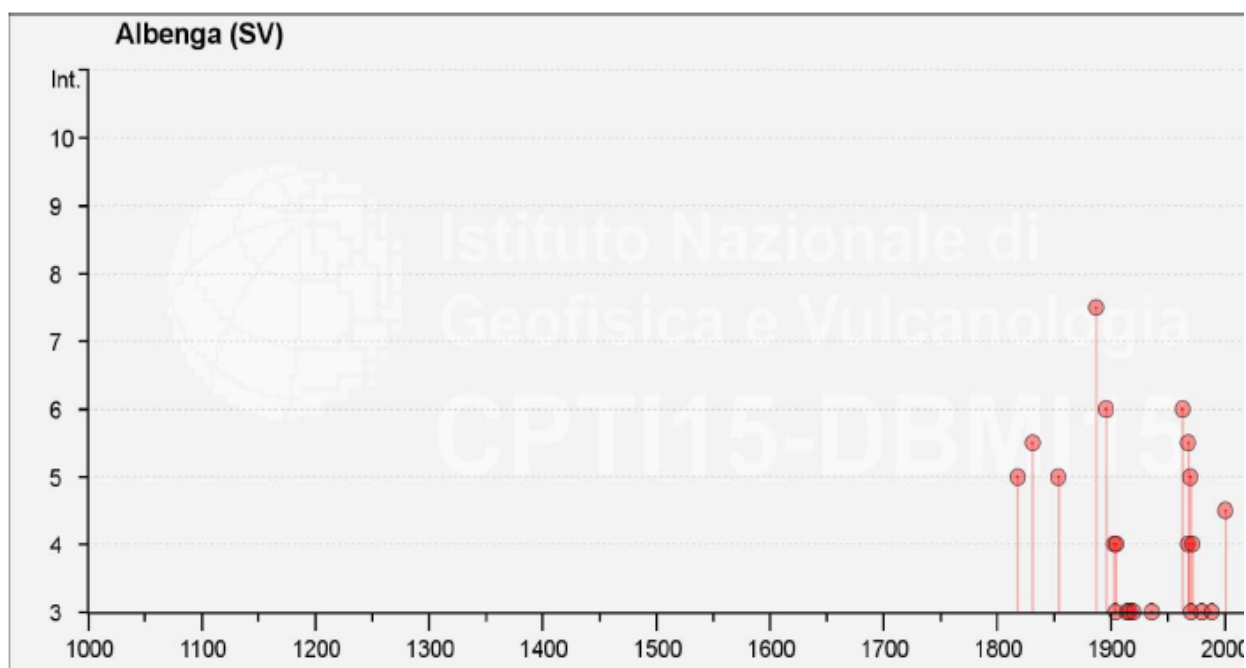
La zona 910 (22 in ZS4) è tuttora poco caratterizzata dal punto di vista sismo tettonico. Nonostante alcuni studi recenti (es. Eva et al. 2000, Larroque et al. 2001 e relativa bibliografia) ed il fatto che ad essa sia riferibile il forte terremoto del 1887 (Mw 6.27 in CPTI15). L'individuazione della sismicità storica e macrosismica dell'area è definita rispettivamente dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) e dal Database Macrosismico Italiano (DBMI15) dal Catalogo parametrico dei terremoti italiani al di sopra della soglia del danno NT4.1 redatti dall'INGV.

Per quanto riguarda il Comune di Albenga, sono riportati qui di seguito i terremoti storici superiori alla soglia di danno tratti dal database DBMI15.

Seismic history of Albenga  
 PlaceID IT\_32432  
 Coordinates (lat, lon) 44.049, 8.213  
 Municipality (ISTAT 2015) Albenga  
 Province Savona  
 Region Liguria  
 No. of reported earthquakes

28

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1818 02 23 18 10	Liguria occidentale	45	7	5.32
5-6	1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8	5.56
F	1831 05 28 12 45	Liguria occidentale	7	6	4.73
5	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
7-8	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6	1896 10 16	Liguria occidentale	55	6	4.91
2-3	1900 12 30 23 36 20.00	Alto Monferrato	36	5	4.35
4	1903 04 04 01 41	Liguria occidentale	20	5	4.45
3	1904 01 16 16 28 30.00	Campo Ligure	16	4	4.01
4	1905 05 30 04 55	Cuneese	121	5-6	4.65
2	1909 05 27 06 10	Liguria occidentale	51	5-6	4.34
2	1912 01 14 03 11	Liguria occidentale	19	4-5	3.89
NF	1913 03 27 02 25 44.00	Val Trebbia	58	4-5	4.24
3	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3	1917 01 07 03 39	Savonese	32	5	4.35
3	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
F	1935 03 19 07 27 17.00	Embrunais	254	7	5.25
3	1936 12 11 17 25	Liguria occidentale	12	6	4.46
6	1963 07 27 05 58 22.00	Mar Ligure	9		4.98
5-6	1968 04 18 19 38 15.00	Liguria occidentale	51	7-8	4.93
4	1968 09 07 16 49 57.00	Savonese	12	5	4.39
5	1970 12 31 22 04 46.00	Liguria occidentale	79	6	4.62
3	1971 09 25 10 34 02.40	Mar Ligure	31	5-6	4.33
4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4.57
2	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
3	1989 12 26 19 59 58.42	Mar Ligure	290		4.46
4-5	2001 02 06 22 28 44.36	Mar Ligure	47	4-5	4.17



## CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

Il DM 17-01-2018 stabilisce che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in alternativa qualora le condizioni stratigrafiche siano riconducibili alle sottostanti categorie di sottosuolo è possibile utilizzare l'approccio semplificato:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

In particolare dalle risultanze delle indagini effettuate e dalle conoscenze bibliografiche sulla stratigrafia dei luoghi risulta un modello geologico dell'area d'intervento che permette la determinazione della **categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica; detta categoria risulta essere la “C”**.

Ai sensi del DM 17-01-2018 il coeff. di amplificazione stratigrafica corrispondente sarà:

**Ss = 1,50.**

## CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il DM 17-01-2018 stabilisce che per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

La situazione morfologica del sito d'intervento corrisponde alla categoria **T1**.

Il coefficiente di amplificazione topografica riferito al sito risulta quindi pari a

**$S_T = 1,0$** .

## AZIONE SISMICA

### CLASSIFICAZIONE REGIONALE

Il territorio regionale con la DGR 216/2017 viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di pericolosità sismica.

In particolare il territorio ligure viene suddiviso in una zona a molto bassa pericolosità sismica denominata zona 4, in una zona a bassa pericolosità sismica denominate zona 3 e in una zona a media pericolosità sismica denominata zona 2.

La DGR 216/2017 “Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria” classifica il territorio del Comune di Albenga in “**zona 3**”.

### **DM 17-01-2018**

Il Dm 17-01-2018 riporta:

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{V_R}$  come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell’area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{V_R}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_C^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Dagli allegati alla norma mediante le seguenti elaborazioni è possibile definire l’azione sismica.

Per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita con riferimento allo spettro di risposta elastico.

<b><math>a_g = 0,122 \text{ g}</math></b>	<b><u><math>a_g \times S = 0,183 \text{ g}</math></u></b>
<b><math>S = S_{sx} S_t = 1,5 \times 1,0 = 1,5</math></b>	
<b><math>T_{C^*} = 0,283 \text{ s}</math></b>	<b><math>F_o = 2,429</math></b>
<b><math>K_h = \text{coeff. sismico orizzontale} = 0,044</math></b>	<b><math>K_v = \text{coeff. sismico verticale} = 0,022</math></b>



## Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 44,073335 [°]

longitudine: 8,204177 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18239	44,066430	8,200538	821,0
Sito 2	18240	44,069510	8,269990	5275,0
Sito 3	18018	44,119430	8,265644	7096,8
Sito 4	18017	44,116340	8,196179	4824,4

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,024	2,465	0,177
Danno (SLD)	63	50	0,034	2,521	0,201
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,122	2,429	0,283
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,168	2,455	0,298

### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,860	1,000	0,007	0,004	0,354	0,200
SLD	1,500	1,780	1,000	0,010	0,005	0,497	0,200
SLV	1,500	1,590	1,000	0,044	0,022	1,796	0,240
SLC	1,450	1,570	1,000	0,058	0,029	2,384	0,240

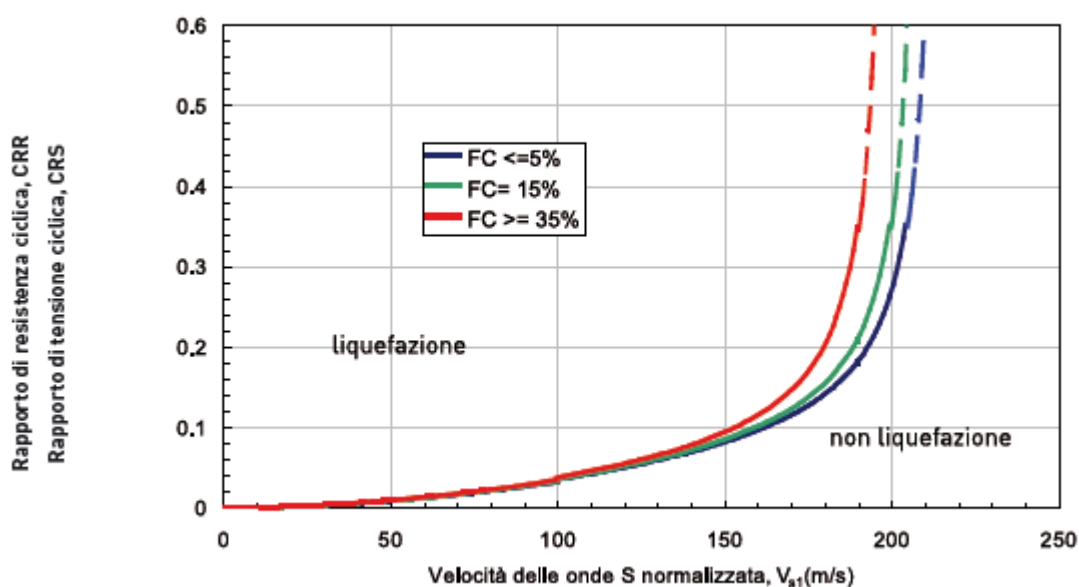


## LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

I terreni interessati dall'intervento sono costituiti da sabbie e ghiaie fini in matrice limoargillosa coesiva in condizioni sature alla quota di fondazione degli interventi previsti, tale granulometria (data la presenza di una matrice coesiva) esclude di per se la possibilità di liquefazione dei terreni.

In ogni caso le  $V_s$  minime riscontrate dalla prospezione MASW effettuata assegnano ai livelli superficiali meno compatti dei terreni  $V_s$  pari a 300 m/s tale valore di velocità risulta ampiamente al di fuori del campo di potenziale liquefazione, come riscontrabile dal sottostante grafico tratto da “Indirizzi e criteri per la

Microzonazione Sismica” – Presidenza del Consiglio dei Ministri – DPCN.



## **PROBLEMATICHE GEOLOGICO TECNICHE.**

Le principali problematiche connesse con le finalità del progetto e le caratteristiche geologico geomorfologiche dell'area consistono principalmente nel dare una conformazione stabile alle sponde in modo da garantire sia la protezione dall'erosione laterale ad opera del corso d'acqua sia il contenimento delle piene prevedibili e l'attenuazione dei fenomeni di turbolenza nel deflusso delle acque.

Dato che il progetto prevede un consistente allargamento del letto dei corsi d'acqua, visto lo sviluppo del tratto d'intervento in area di intenso utilizzo coltivo e la presenza di strade, si sono privilegiate arginature costituite da opere murarie in c.a..

Come evidenziato nei paragrafi precedenti la tendenza evolutiva del corso d'acqua nel tratto prevede fenomeni di erosione spondale non particolarmente marcati e fenomeni di deposizione di materiale ricadente principalmente nel campo delle ghiaie.

Detti fenomeni di deposizione rendono conto di una minor energia della corrente conseguente alla diminuzione delle pendenze nonché da impedimenti quali restringimenti d'alveo e tombinamenti di attraversamento.

Infatti i banchi di depositi rilevati fanno diretto riferimento alle ostruzioni o a tratti curvilinei dove oltre al rallentamento della corrente di piena si verificano anche fenomeni di turbolenza e diversa distribuzione delle velocità di scorrimento.

L'allargamento dell'alveo e relativa arginatura risulta indispensabile per il contenimento delle piene e pur implicando minori velocità delle correnti di piena contribuisce a regolarizzare le sezioni di deflusso limitando i fenomeni sopraccitati; non sono quindi prevedibili dal punto di vista geomorfologico particolari variazioni o aumento dei fenomeni di sovralluvionamento rispetto allo stato attuale; mentre saranno maggiormente controllati i fenomeni di erosione spondale.

E' da prevedersi la periodica risistemazione o rimozione dei depositi di sovralluvionamento per altro non ragguardevoli visto il bacino imbrifero limitato (poco più di 2 kmq).

**Le problematiche principali dal punto di vista geologico tecnico** concernenti l'intervento in progetto riguardano, la portanza ed il comportamento del terreno in relazione ai carichi di progetto ed in base alla tipologia di fondazione e la stabilità dei fronti di scavo previsti per l'ampliamento della sezione di deflusso.

#### **MASSIME ALTEZZE E METODI DI SBANCAMENTO.**

Gli scavi necessari per la realizzazione dell'ampliamento della sezione di deflusso se effettuati nell'ambito dei terreni alluvionali antichi non necessiteranno di particolari accorgimenti od opere provvisionali di sostegno.

Nell'ambito dei terreni alluvionali recenti o riporti si dovrà valutare la sagomatura dei fronti per inclinazioni inferiori alla verticale, lo scavo per campioni, l'eventuale getto dell'opera muraria controterra; opere provvisionali di sostegno potranno essere necessarie in adiacenza di manufatti da preservare.

Per la realizzazione degli argini saranno necessarie opere di sbancamento con la creazione di fronti di scavo di altezza massima di circa 4,5 m. I fronti si svilupperanno in depositi sabbiosi in matrice di alterazione limo argillosa. Per avere una analisi di sicurezza delle massime altezze del fronte di scavo a parete verticale si è calcolato, secondo la metodologia proposta da Taylor, nelle condizioni a breve termine ed in regime di tensioni totali, in cui il margine di sicurezza è espresso da F nella formula:

$$F = N_{cu} / P_v \cdot H$$

essendo:

N = fattore di stabilità di Taylor = 3,85;

P<sub>v</sub> = peso di volume;

H = altezza critica massima

Assumendo come "caratteristico" il valore medio determinato per i parametri geotecnici in quanto coinvolti significativi volumi di terreno ed applicando i coeff. parziali di cui all'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) delle NTC2018 si ottiene:

$$\mathbf{Rd/Ed = 1/\gamma_R [cu/\gamma_{cu} \cdot N/ P_v \cdot H]}$$

Ove: Rd = valore di progetto della resistenza del terreno

Ed = valore di progetto delle azioni

$$\begin{array}{lll} P_v = 1,8 \text{ t/mc} & H = 4,5 \text{ m} & C_u = 3,5 \text{ t/mq} \\ \gamma_R = 1,1 & \gamma_{cu} = 1,4 & \end{array}$$

Per cui fronti di altezza H = 4,5 m si possono ritenere, **a breve termine**, in equilibrio presentando **Rd/Ed = 1,08**.

In condizioni sismiche fra le forze agenti dobbiamo considerare in aggiunta la forza d'inerzia sismica che in condizioni pseudostatiche nel caso specifico può essere rappresentata dalla formulazione:  $\underline{K_h \cdot P_v \cdot H}$

considerando il valore Kh in base allo stato limite SLV

$$\mathbf{K_h = \text{coeff. sismico orizzontale} = \beta \cdot S \cdot a_g / g = \underline{0,044}}$$

ove:

$\beta$  = coeff. di riduzione di  $a_g$

$S \cdot a_g$  = accelerazione massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

Per cui in condizioni sismiche si ottiene che fronti di altezza H = 1 m si possono ritenere, **a breve termine**, in equilibrio presentando **Rd/Ed = 1,03**.

Bisogna comunque considerare che i terreni sono soggetti a una perdita di coesione nel tempo, per cui la resistenza iniziale del terreno viene velocemente persa in ragione anche dei fenomeni di decompressione e rilascio che si manifestano nel terreno in seguito allo scavo.

Inoltre la falda freatica è presente mediamente ad una profondità coincidente con la quota di piano alveo e verrà intercettata durante gli scavi per l'imposta delle fondazioni delle opere murarie di argine.

I fronti di scavo a parete verticale nei terreni costituiti da depositi alluvionali recenti quindi non danno sufficienti garanzie di stabilità nel tempo pertanto laddove i fronti di scavo presenteranno altezza superiore a 2 metri sarà opportuno procedere nello sbancamento sagomando i fronti di

scavo con inclinazione inferiore alla verticale (circa 60-70°)

**Laddove la vicinanza a manufatti da preservare non permettano tale configurazione sarà necessario impostare opere provvisorie di sostegno dei fronti.**

In ragione della presenza della falda al piede dello scavo sarà opportuno procedere negli sbancamenti per tratti di ampiezza contenuta con immediata realizzazione dell'opera di sostegno in particolare laddove non venissero utilizzate opere provvisorie di contenimento.

## **CRITERI E METODI PER LA DISCIPLINA DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE.**

La falda freatica presenta nei periodi piovosi una profondità coincidente con la quota di piano alveo; nel caso le opere non vengano eseguite nei mesi secchi occorrerà dotarsi di pompe munite di filtro per il controllo della falda nello scavo di fondazione.

Per quanto riguarda le acque superficiali eventualmente scorrenti nell'alveo dovrà essere effettuata adeguata (in altezza e resistenza del materiale) protezione del cantiere ed in particolare dei tratti nel momento oggetto di sbancamento in modo da evitare che le acque scorrenti in alveo vadano ad agire sul piede dei fronti di scavo compromettendone la stabilità. In caso di realizzazione di opere provvisorie di protezione con l'utilizzo di terreno di scavo lo stesso dovrà essere disposto con angolo di scarpa non superiore a 35° e fortemente compattato.

**E' da evitarsi l'apertura di scavi nei periodi piovosi più intensi.**

## **INDIRIZZI METODOLOGICI E TECNICO COSTRUTTIVI IN ORDINE ALLE OPERE DI FONDAZIONE.**

In prima analisi le fondazioni delle previste opere di arginatura poggeranno su terreni i alluvionali dotati di discreta compattezza.

In ogni caso il valore definito del carico limite e di quello ammissibile sul terreno dipende oltre che dai parametri di resistenza del terreno dalla tipologia e dimensione della struttura fondazionale.

La relazione di calcolo strutturale di verifica delle prestazioni a livello esecutivo dovrà verificare carichi di progetto e cedimenti tenendo conto anche delle azioni sismiche in modo da pervenire ad una corretta progettazione della profondità e della geometria delle strutture fondazionali da adottare.

Sarà in ogni caso opportuno che le fondazioni delle opere idrauliche in progetto siano adeguatamente protette da possibili erosioni al piede da parte delle correnti di piena; sarà quindi opportuno che le fondazioni delle opere idrauliche siano spinte od in alternativa protette fino ad almeno 1-1,5 m di profondità dal piano alveo.

## **CONCLUSIONI**

Le opere di sistemazione idraulica in progetto presentano uno sviluppo longitudinale regolare senza apportare modificazioni all'andamento generale del corso d'acqua; queste opere saranno effettuate ampliando l'alveo senza creare sostanziali variazioni nella pendenza del letto, di conseguenza gli effetti dell'intervento saranno limitati al tratto interessato senza che lo sviluppo del corso d'acqua subisca significative alterazioni a monte o a valle.

In conclusione si può affermare che l'intervento, grazie all'ampliamento dell'alveo ed alla realizzazione d'opere di contenimento delle piene e protezione spondale, sarà migliorativo per le condizioni d'equilibrio idrogeologico ed idraulico dell'area interessata.

Ceriale, gennaio 2019

## ELABORATI GRAFICI

Tav. 1: sezioni geologiche tipo, scala 1:400

## Potential



QTAF: 6,000



QUESTION 29 (1)	
QUOTE PROGETTO	5000
DIST. PARZIALI PROGETTO	200
DIST. PROGRESSIVE PROGETTO	200

