

| | | | | | | |
|-----------|---------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|
| 02 | 09/2017 | SECONDA EMISSIONE | Geol. G. Caggia | Geol.D.Cavanna | Geol.G.Grassano Geol. G.Caggia | Geol.G.Grassano |
| 01 | 12/2016 | PRIMA EMISSIONE | Geol. G. Caggia | Geol.D.Cavanna | Geol.G.Grassano Geol. G.Caggia | Geol.G.Grassano |
| Revisione | Data | Oggetto revisione | Redatto | Controllato | Verificato | Approvato |

COMUNE DI GENOVA



| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|-------------------------|------------------------|
| AREA TECNICA | | | Direttore Generale Area | Arch. Laura PETACCHI |
| DIREZIONE LAVORI PUBBLICI | | | Direttore | Arch. Mirco GRASSI |
| STRUTTURA DI STAFF - GEOTECNICA E IDROGEOLOGIA | | | Responsabile | Geol. Giorgio GRASSANO |
| Committente | ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI | | | Progetto |

| | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| CAPO PROGETTO | Geol. Giuseppe CAGGIA | RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO | Geol.Giorgio GRASSANO |
| Progetto GEOTECNICO- IDROGEOLOGICO Responsabile <u>Geol. Giorgio Grassano</u> Collaboratori <u>Geol. Giuseppe Caggia</u> <u>Geol. Daniele Cavanna</u> | | Rilievi Responsabile <u>Arch.Ivano Bareggi</u> Collaboratori <u>Geom. Bartolomeo Caviglia</u> <u>I.S.T. Giuseppe Stragapede</u> | |
| Verifiche IDRAULICHE Responsabile <u>Ing. Marianna Reggio</u> Collaboratori | | Coordinatore per la Sicurezza (In Fase di Progettazione) <u>I.S.T. Geom. Marco Terenzio</u> | |
| Progetto STRUTTURALE Responsabile <u>Ing. Davide Barilli</u> Collaboratori | | Verifica accessibilità | |
| Computi metrici - Capitolato <u>Geom. Ileana Notario</u> | | Altro (Progetto prevenzione incendi) | |
| | | Altro (Progetto apetti vegetazionali) | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| Intervento/Opera Lavori di messa in sicurezza idrogeologica e riassetto dell' alveo del Rio Fagaglia, in sponda destra del dissesto di Via Montecucco nel bacino del Torrente San Pietro a Genova Prà | | | | Municipio Ponente 07 | |
| Oggetto della tavola RELAZIONE GEOLOGICA | | | | Quartiere Prà | |
| | | | | N° prog. tav. - | N° tot. tav. - |
| | | | | Scala - | Data Settembre 2017 |
| Livello Progettazione ESECUTIVO GEOTECNICO | | | | Tavola N° R 02 E-Gtec | |
| Codice GULP 16846 | Codice PROGETTAZIONE | Codice OPERA | Codice ARCHIVIO | | |



COMUNE DI GENOVA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA
IDROGEOLOGICA E RIASSETTO DELL'ALVEO
DEL RIO FAGAGLIA, IN SPONDA DESTRA DEL
DISSESTO DI VIA MONTECUCCO NEL BACINO
DEL TORRENTE SAN PIETRO A GENOVA PRA'

PROGETTO ESECUTIVO

R02

RELAZIONE GEOLOGICA

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSE..... | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO..... | 4 |
| 3. RIFERIMENTI NORMATIVI..... | 5 |
| 4. QUADRO GEOLOGICO-NORMATIVO..... | 6 |
| 4.1 Cartografia Piano di Bacino..... | 6 |
| 4.2 Cartografia dal Piano Urbanistico Comunale..... | 8 |
| 5. GEOLOGIA..... | 11 |
| 6. GEOMORFOLOGIA..... | 13 |
| 7. IDROGEOLOGIA..... | 16 |
| 8. CRITICITA' IDROGEOLOGICHE..... | 17 |
| 9. INDAGINI PREGRESSE..... | 17 |
| 10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE COLTRI E DELL'AMMASSO ROCCIOSO 19 | |
| 10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA AMMASSO ROCCIOSO..... | 20 |
| 11. PARAMETRIZZAZIONE SISMICA..... | 21 |
| 12. PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI..... | 23 |
| 13. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO..... | 23 |
| 14. VERIFICA DEI FATTORI DI VINCOLO..... | 24 |
| 15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE..... | 24 |

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

1. PREMESSE

Incarico e obiettivi

L'indagine in oggetto si inserisce nell'ambito del progetto di sistemazione e messa in sicurezza idrogeologica ed idraulica di un tratto in sponda destra del Torrente Fagaggia, di fronte alla porzione di versante che venne coinvolto dall'evento franoso innescatosi nell'ottobre 2014 a partire da Via Monte Cucco.

Poiché la sponda sinistra del torrente Fagaggia, in corrispondenza del piede del versante interessato dalla frana è stato messo in sicurezza mediante la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo su pali, al di sopra del quale sono state collocate tre file di gabbioni in pietrame, attualmente risulta indispensabile intervenire anche sulla sponda opposta in modo tale che l'erosione fluviale non aggravi ulteriormente le attuali condizioni di stabilità del versante generando potenziali scivolamenti di materiale che potrebbero ostruire pericolosamente il torrente.



Figura 1 Intervento di messa in sicurezza Rio Fagaggia (sponda sinistra)

Pertanto, la presente relazione geologica si inserisce all'interno di un progetto che prevede la sistemazione della sponda destra mediante l'installazione di un muro in cemento armato fondato su micropali per uno sviluppo di circa 40 metri lineari ed un'altezza variabile, con un massimo di 4.00 metri di paramento verticale e spessore del paramento costante di circa 40 cm (per maggiori dettagli si rimanda alla "Relazione di Calcolo" ad opera dell'Ing. Davide Barilli).

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

A tergo del muro si prevede l'installazione di un sistema di drenaggio delle acque di versante per evitare spinte ulteriori sul muro.

Ad implementare la resistenza delle due opere contrapposte e per spezzare il flusso delle acque, è prevista l'installazione di n. 3 briglie in massi cementati e/o in gabbioni in pietrame di altezza non superiore al metro.

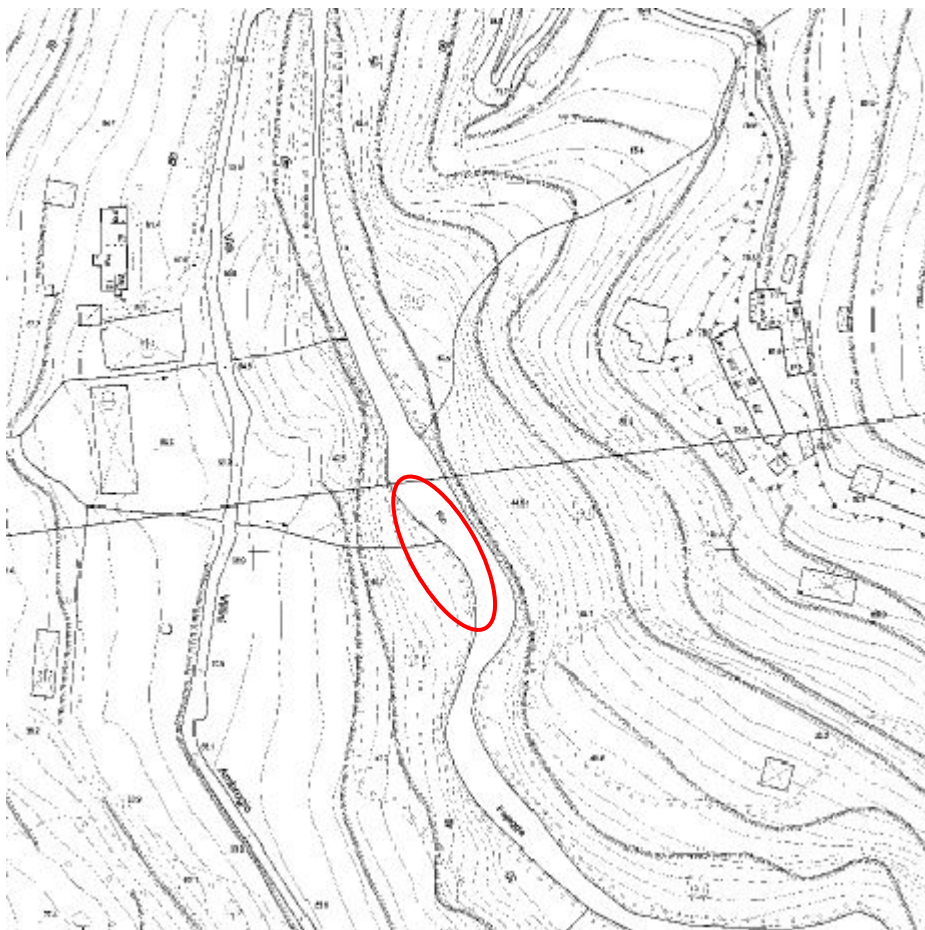


Figura 2 – Stralcio CTC 1:1000

La presente relazione ha lo scopo di individuare le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in esame, le criticità e possibili soluzioni per la stabilizzazione e messa in sicurezza idrogeologica del comparto indagato

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio è ubicata nella valle del Torrente Fagaggia alle spalle del quartiere di Genova Prà, il torrente in questione è un affluente di destra del Torrente San Pietro (da cui prende il nome il bacino stesso) che sfocia direttamente in mare in corrispondenza della fascia di rispetto di Prà.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA



Figura 3 Immagine tratta da Google Earth dell'area indagata

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la stesura della presente Relazione si è tenuto conto di:

- *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al D.M. 14-01-2008.*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle NTC - circolare n°617 del 2 Febbraio 2009.*
- *Norme di attuazione del Piano di Bacino – Torrente San Pietro (e relativa modifica con decreto n. 91 del 09.05.2016);*
- *Norme Geologiche di Attuazione del nuovo P.U.C. del Comune di Genova;*
- *Vincolo Idrogeologico - L.R. n°4/99 e circolari Regionali n° 2077 - n° 57382 relative all'applicazione del D.M.11/3/88 nelle zone sottoposte a tale vincolo; L.R. 28 Dicembre 2009 n° 63.*
- *Ultima variante approvata: DGR n. 108 del 13/02/2017 in vigore dal 08/03/2017*

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



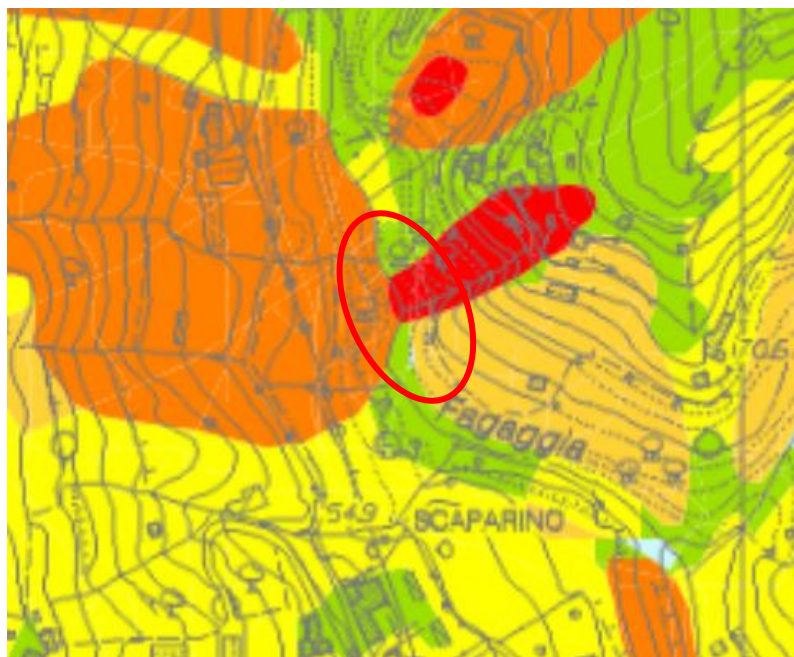
COMUNE DI GENOVA

4. QUADRO GEOLOGICO-NORMATIVO

4.1 Cartografia Piano di Bacino

Da Piano di Bacino del Torrente San Pietro, l'area in esame è classificata come di seguito riportato:

- In merito alla **suscettività al dissesto**:



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO

| | | |
|--|---------------------------|------|
| | FRANA ATTIVA | Pg4 |
| | FRANA QUIESCENTE | Pg3a |
| | SUSCETTIVITA' ALTA | Pg3b |
| | SUSCETTIVITA' MEDIA | Pg2 |
| | SUSCETTIVITA' BASSA | Pg1 |
| | SUSCETTIVITA' MOLTO BASSA | Pg0 |

Figura 4 Stralcio carta Suscettività al dissesto Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000

Dalla carta della suscettività al dissesto riportata in Figura 4, si nota come la zona di intervento ricada per un breve tratto in un'area "a frana quiescente – Pg3a" e per una porzione in zona a "frana attiva – Pg4" anche se per quest'ultima delimitazione sembrerebbe più corretto restringere la zona a frana attiva limitatamente alle aree che insistono sul versante sinistro del torrente.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it

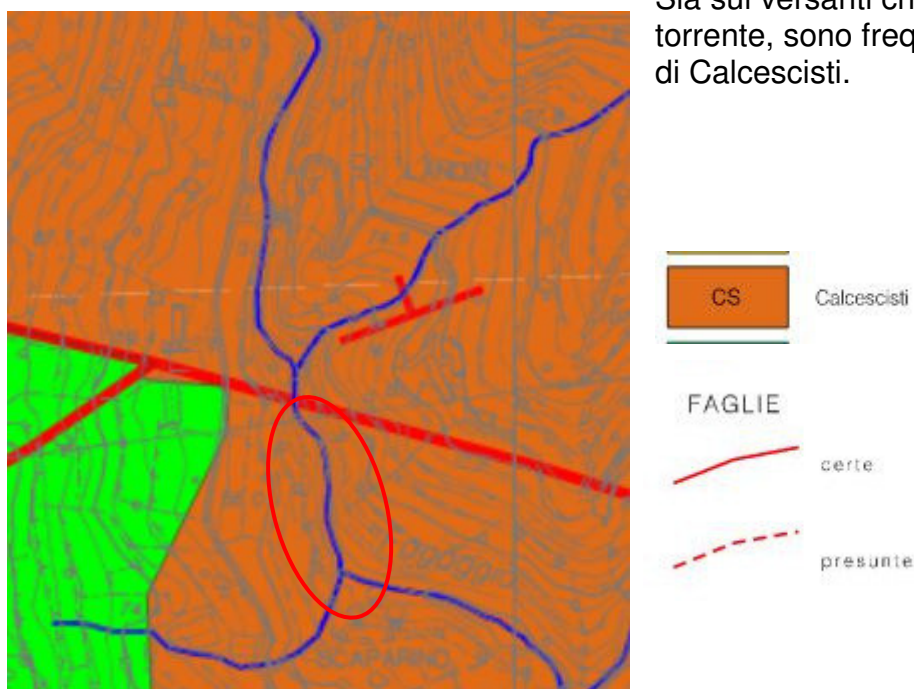


COMUNE DI GENOVA

L'area di intervento risulta sottoposta al vincolo idrogeologico.



Figura 5 Stralcio "Carta dei principali vincoli territoriali" da Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000



Sia sui versanti che nel greto del torrente, sono frequenti gli affioramenti di Calcescisti.

Figura 6 Stralcio Carta Geolitologica Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

4.2 Cartografia dal Piano Urbanistico Comunale

- L'intervento, secondo la carta dell'Assetto Urbanistico ricade in un'area classificata AR-PA ovvero "ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola".

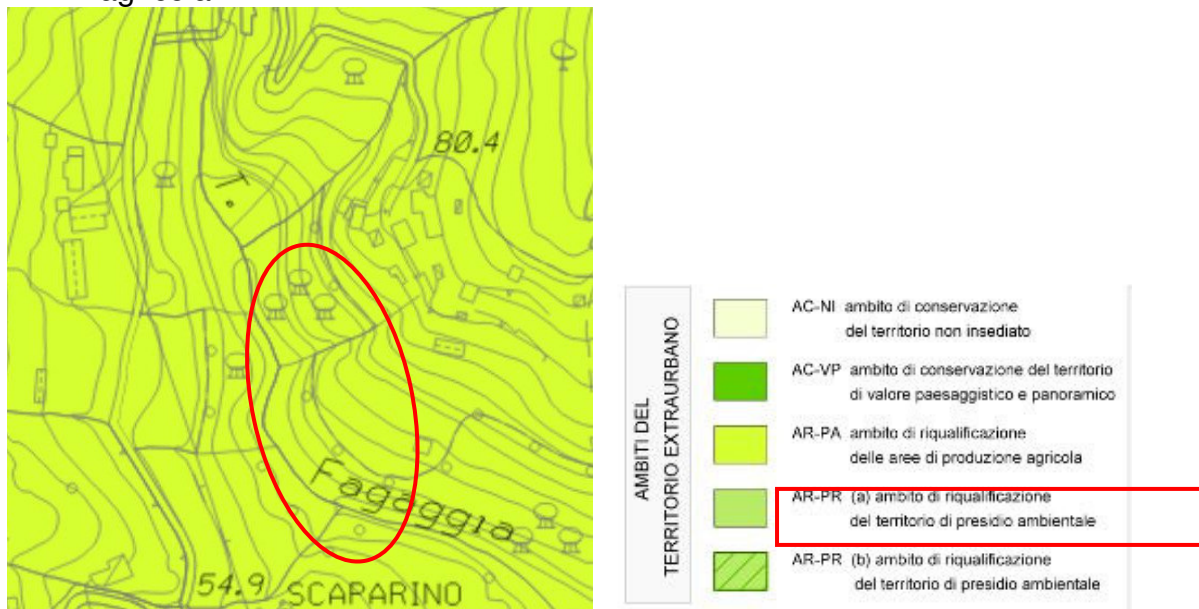


Figura 7 Stralcio carta "Assetto Urbanistico" PUC

- Attualmente il terreno risulta prevalentemente caratterizzato dalla presenza di alberi di leccio, castagno e qualche pino marittimo. Non mancano i terreni a destinazione agricola terrazzati, sia in uso che in abbandono.

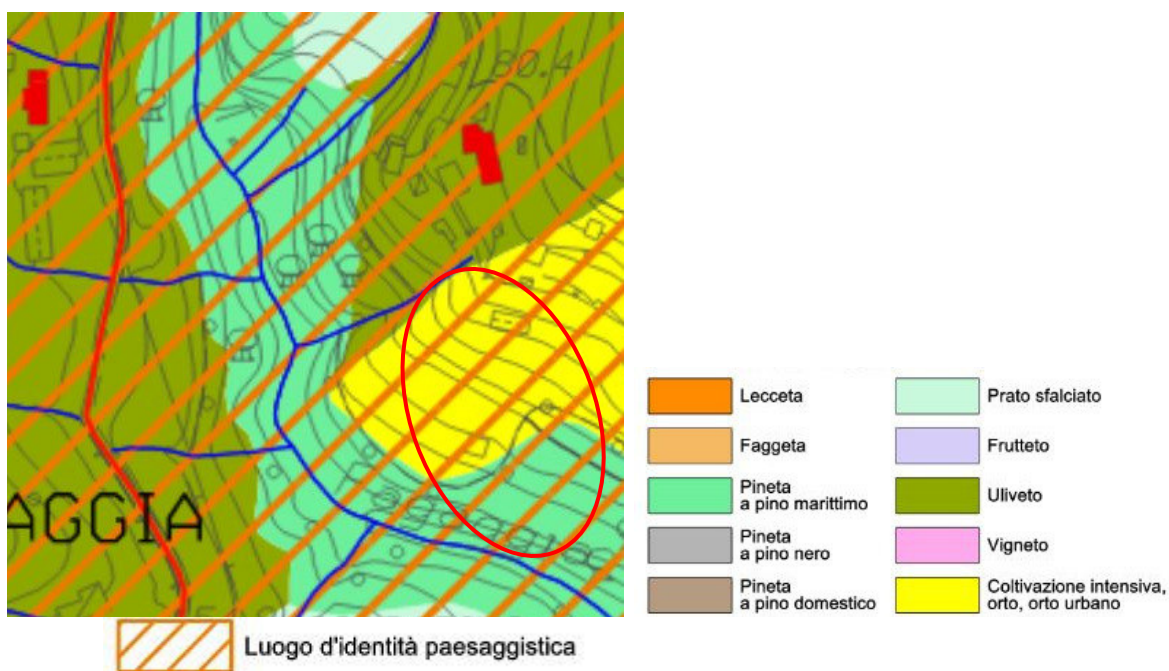


Figura 8 Stralcio carta "Livello Paesaggistico Puntuale" PUC

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

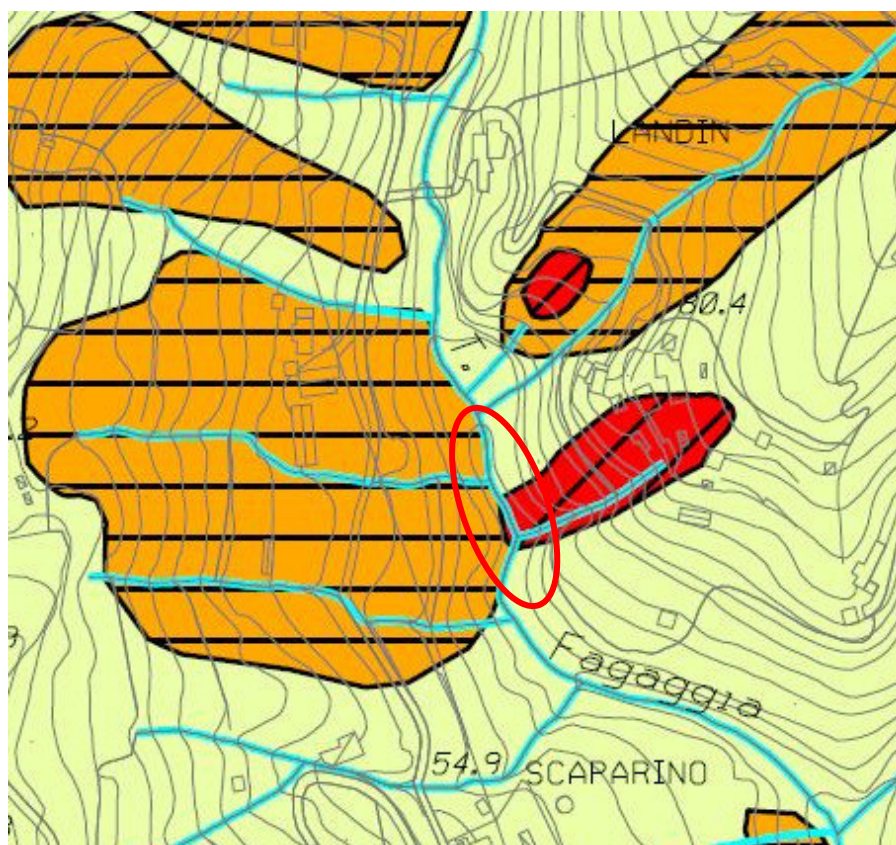
16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

Stante la carta dei “Vincoli Geomorfológicos ed idraulici” del P.U.C (Recepimento della pianificazione di bacino 31/05/2017), l'intervento, tenuto conto della sua notevole estensione lineare, attraverserebbe una zona a “frana attiva Pg4” ed una zona in “frana quiescente Pg3a”. In base al contesto geologico e geomorfologico in cui si opera, sembrerebbe più lecito supporre che il torrente possa fare da spartiacque tra le due aree. Però, tenuto conto della scala della carta e volendo eventualmente operare con un maggior fattore di sicurezza, meglio considerare l'area come tutta in Pg4.



VINCOLI GEOMORFOLOGICI IMPOSTI DAL PUC



FRANA ATTIVA da Carta Geomorfologica del PUC



FRANA QUIESCENTE da Carta Geomorfologica del PUC

VINCOLI GEOMORFOLOGICI IMPOSTI DAI SOVRAORDINATI PIANI DI BACINO



FRANA ATTIVA /Pg4



FRANA QUIESCENTE /Pg3a

Figura 9 Stralcio carta dei “Vincoli Geomorfológicos e Idraulici” scala 1:5.000 P.U.C

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

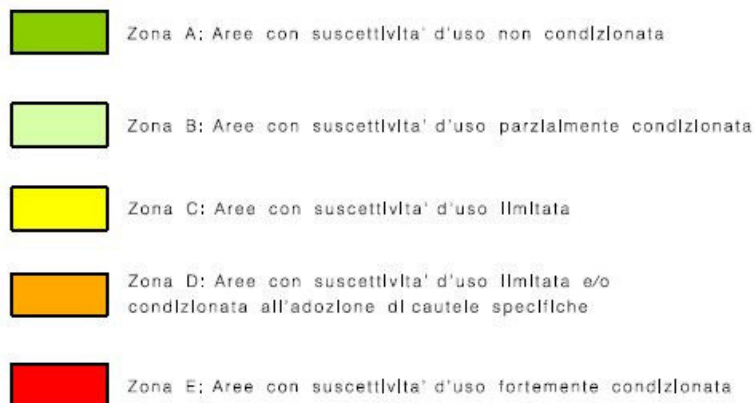
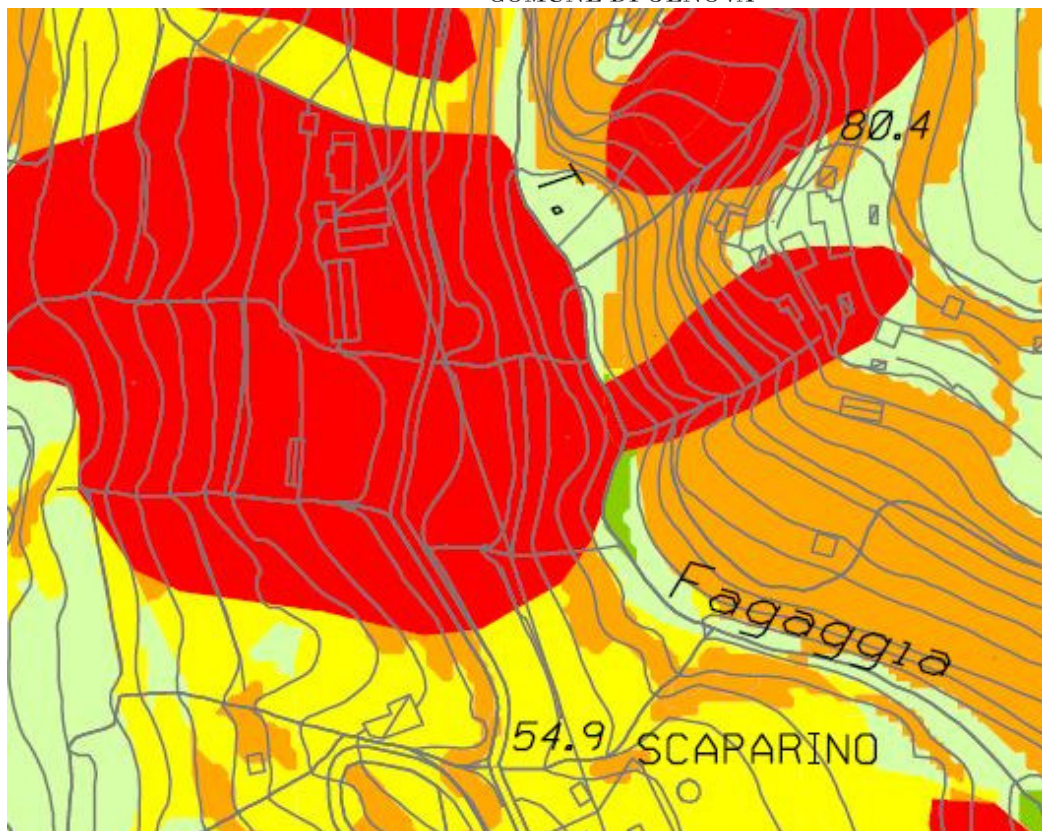


Figura 10 Stralcio carta della “Zonizzazione geologica e suscettività d’uso del territorio” scala 1:5.000 P.U.C

Da quanto emerge dalla carta della zonizzazione geologica e suscettività d’uso del territorio, l’intera opera ricade in “Zona E: aree con suscettività d’uso fortemente condizionata”.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

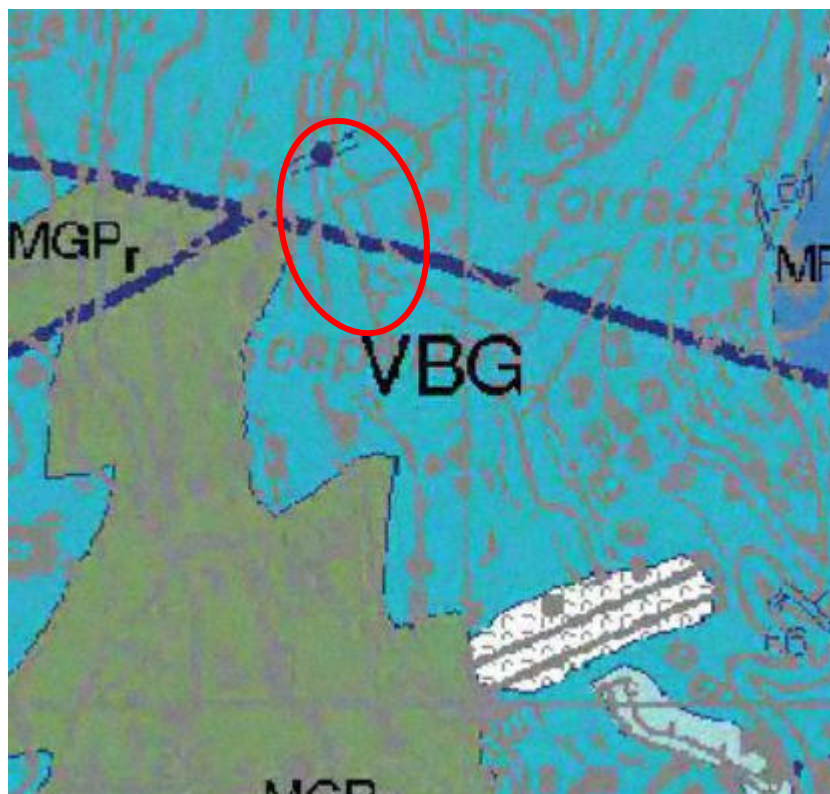
16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

5. GEOLOGIA



UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA



calcescisti della Val Branega

Scisti quarzo-micacei più o meno calcariferi, spesso con livelli nerastri ricchi in cloritoide, di spessore i boudinati. Caratteristica è la presenza di pseudomorfosi grafitiche a losanga. Localmente livelli quarzo-micacei. Sono presenti scistosità legate a diverse generazioni di deformazioni.

GIURASSICO SUP.? - CRETACICO SUP.?

— — — — — faglia certa, incerta

Figura 11 Progetto CARG - stralcio Foglio Genova

L'Unità Tettonomorfica Palmaro Caffarella affiora in una fascia allungata lungo la costa compresa tra Prà e Sestri Ponete, dove assume un andamento tendenzialmente N-S, a partire dalla costa fino a giungere al Monte Pesucco. È delimitata verso Ovest dall'Unità di Voltri e verso Est dalle Unità del Gazzo e di Isoverde-Cravasco. È costituita fondamentalmente da meta ofioliti con la relativa copertura meta sedimentaria, che presentano una riequilibrio tura metamorfica in facies degli Scisti Blu ed una sovra impronta in facies degli Scisti Verdi più o meno sviluppata. L'evoluzione metamorfica di questa unità è per certi aspetti paragonabile a quella subita dall'Unità Voltri, da cui si differenzia però per le condizioni di climax metamorfico che, come detto, sono in facies degli Scisti Blu per la Palmaro-Caffarella e in facies Scisti Blu con eclogiti per l'Unità di Voltri. Questa

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

differenza risulta particolarmente evidente, anche macroscopicamente, nelle rocce a chimismo basico, mentre è più sfumata nei meta sedimenti, a causa della banalità delle paragenesi metamorfiche.

Dal basso verso l'alto della successione stratigrafica è possibile distinguere:

- Serpentiniti di San Carlo di Cese;
- Metagabbri di Carpenara;
- Metagabbri del Bric Fagaggia;
- Metabasalti della Val Varenna;
- Quarzoscisti di Sant'Alberto;
- Calcescisti della Val Branega.

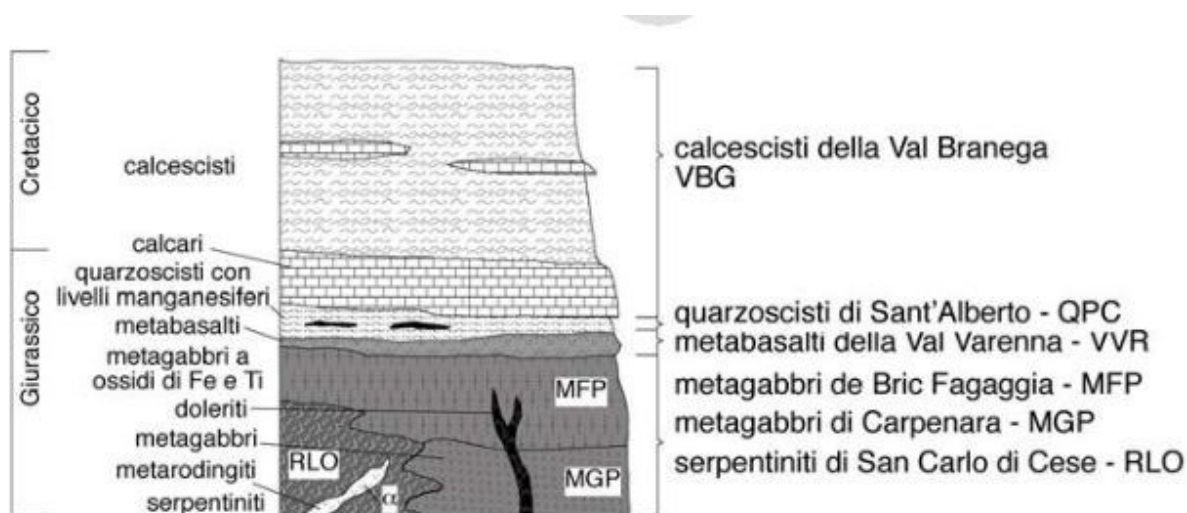


Figura 12 Successione dell'Unità Palmaro-Caffarella

In sponda destra del Torrente Fagaggia, lungo tutta la zona di intervento, affiorano diffusamente, al di sotto di una potente coltre di alterazione del substrato roccioso, i calcescisti della Val Branega.

Sono costituiti da scisti quarzo-micacei più o meno calcariferi, calcescisti, micascisti e calcari cristallini, caratterizzati da alternanze di livelli pelitici e livelli quarzo carbonatici. Le fasi mineralogiche principali sono: clacite, miche bianche, quarzo, clorite, epidoti (zoisite, clinozoisite, pistacite ed allanite), albite e clorite ide. I minerali accessori sono: tormalina, rutilo, grafite, magnetite, pirite e titanite. Le variazioni nelle percentuali modali dei suddetti minerali (principalmente per quanto riguarda calcite, quarzo e miche bianche) determinano la transizione tra calcescisti,

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

micascisti, calcari cristallini e i sottostanti quarzo scisti. L'età presunta è compresa tra Giurassico superiore e Cretacico superiore.

La tessitura è caratterizzata da un layering metamorfico differenziato, con livelli millimetrici e sub millimetrici ricchi in clorite e miche bianche. Sono presenti scistosità legate a diverse generazioni di deformazioni.

Lungo il versante a monte della zona di intervento affiora una coltre piuttosto potente di substrato roccioso completamente alterato ovvero dove tutto il materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno ma la struttura massiva originaria è ancora largamente intatta. Questa coltre è assimilabile ad una ghiaia grossolana con deboli blocchi in matrice limoso-argillosa di colore marrone oca talvolta grigiastro.

Al di sotto della coltre e più precisamente a livello del torrente, affiora un substrato roccioso che si presenta da leggermente alterato ("La decolorazione indica un'alterazione del materiale roccioso e delle sue superfici di discontinuità. Tutto il materiale può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno") a moderatamente alterato ("Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.") di colore grigio, con vene da millimetriche a centimetri che di quarzo bianco.

Tenuto conto della dinamica orogenetica che ha contribuito alla formazione e alla messa in posto delle varie Unità che attualmente conosciamo, dei numerosi processi metamorfici e dei numerosi sistemi di faglia che si intersecano nell'area di studio, Il substrato roccioso è caratterizzato da una scistosità piuttosto pervasiva e penetrante, spesso risulta plicato, le superfici di discontinuità si presentano piano parallele ed occasionalmente interrotte da set di fratture variamente orientate.

Per via delle caratteristiche intrinseche della roccia e dei fenomeni metamorfici e geodinamici ai quali è stata sottoposta, le sue caratteristiche di resistenza sono piuttosto ridotte.

6. GEOMORFOLOGIA

La carta geomorfologica del Piano di Bacino del torrente San Pietro, mostra come l'area di intervento deve essere rivista alla luce del nuovo aggiornamento del piano, come descritto nel paragrafo relativo alla suscettività al dissesto all'inizio della presente relazione.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

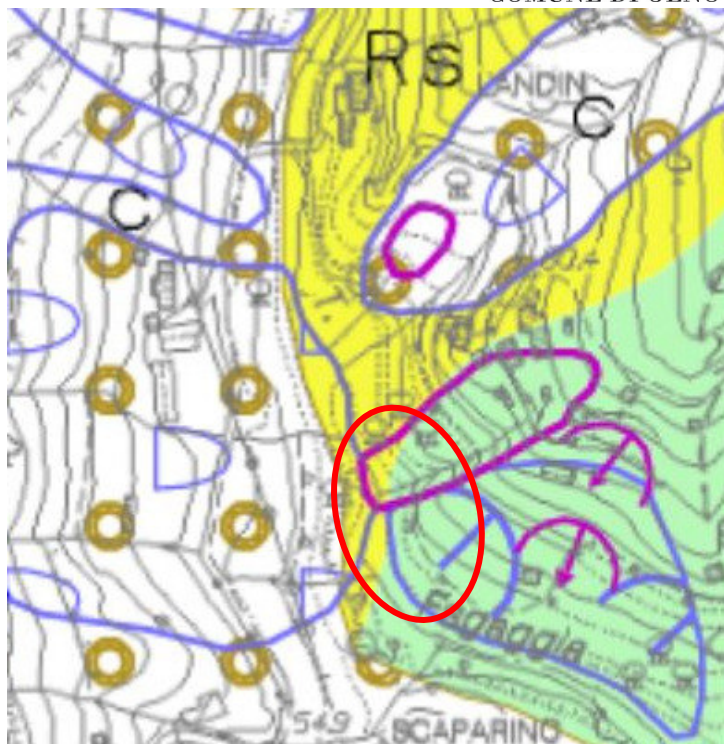
Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA



| | |
|-----------|--|
| Rs | In buone condizioni di conservazione e/o disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio |
| Rf | In scadenti condizioni di conservazione, alterata e/o particolarmente fratturata rispetto al pendio. |

COPERTURE DETRITICHE E COLTRI

COPERTURE DETRITICHE SUPERIORI A 3 METRI (d)



- (dt) Coperture detritiche superiori a 3 metri - {dm} Depositi morenici
(dt1) Coperture detritiche superiori a 3 metri fini
(dt2) Coperture detritiche superiori a 3 metri grossolane

COPERTURE DETRITICHE E DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI DA 1 A 3 METRI (c)



- (c) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri
(cf) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri fini
(cg) (c) Coperture detritiche e depositi eluvio colluviali da 1 a 3 metri grossolane

ELEMENTI MORFOLOGICI

Alvei (A: abbandonati, S: sepolti)



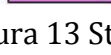
Radice di terrazzo



Grossi riparti



Cave attive



Orlo terrazzo fluviale o morfologico



Trincee

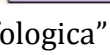
FORME ANTROPICHE



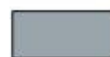
Sosseamenti



Cave abbandonate



Orlo terrazzo marino



Discariche



Fronte di cave

Figura 13 Stralcio "Carta Geomorfologica" da Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000

Il tratto del torrente Fagaggia oggetto di questo studio, scorre tra le quote 32 m s.l.m. e 36 m s.l.m. in un tratto che si presenta rettilineo di circa 40/50 m, in una vallata abbastanza ampia situata alle spalle dell'abitato di Prà.

Il versante destro è caratterizzato dalla presenza di insediamenti rurali sparsi solo a mezza costa in corrispondenza della viabilità principale, il resto del versante, fino al

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica - Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

crinale è prevalentemente adibito ad orticolo e seminativo, non mancano i terrazzamenti con i relativi muretti a secco e qualche stradina sterrata poderale.

Lungo il versante si osservano facilmente, grazie alla buona gestione dei terreni, alcuni piccoli impluvi, talvolta accennati, che raccolgono le acque del versante e delle eventuali regimazioni (eseguite non solo per migliorare la stabilità dell'area ma anche con scopi agricoli) per convogliare direttamente nel T. Fagaggia.

Al di sotto di Via Villini Negrone, sono presenti ancora dei terrazzamenti adibiti a campi coltivati con pendenze relativamente ridotte, al termine dei quali, ritroviamo un taglio netto del pendio a seguito dell'opera erosiva nel torrente a scapito del substrato roccioso.

Per via delle caratteristiche strutturali e litologiche del comparto indagato, le sponde del torrente, soprattutto per quanto attualmente concerne quella di destra, sono tendenzialmente sub verticali con roccia affiorante e spesso costellate dalla presenza di alberi di alto fusto.

Come già ampiamente descritto, la roccia si presenta, soprattutto in affioramento nel torrente, in buone condizioni di conservazione seppur con disposizione sfavorevole rispetto alla disposizione generale del versante.

Le pendenze nel complesso, come riportato nella carta dell'acclività (fig. 14) dei versanti sono tendenzialmente comprese tra una classe 3 (30%-35%) ed una classe 4 (35%-50%).

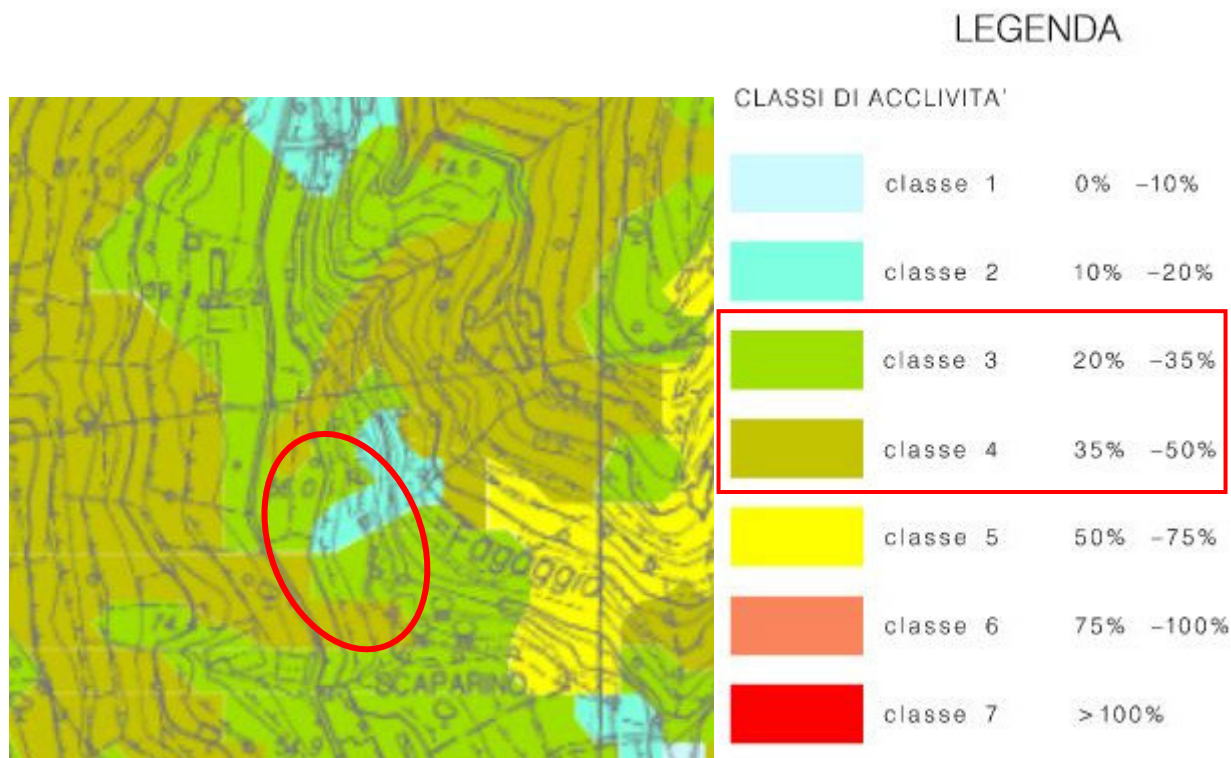


Figura 14 Stralcio "Carta Acclività" da Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

7. IDROGEOLOGIA

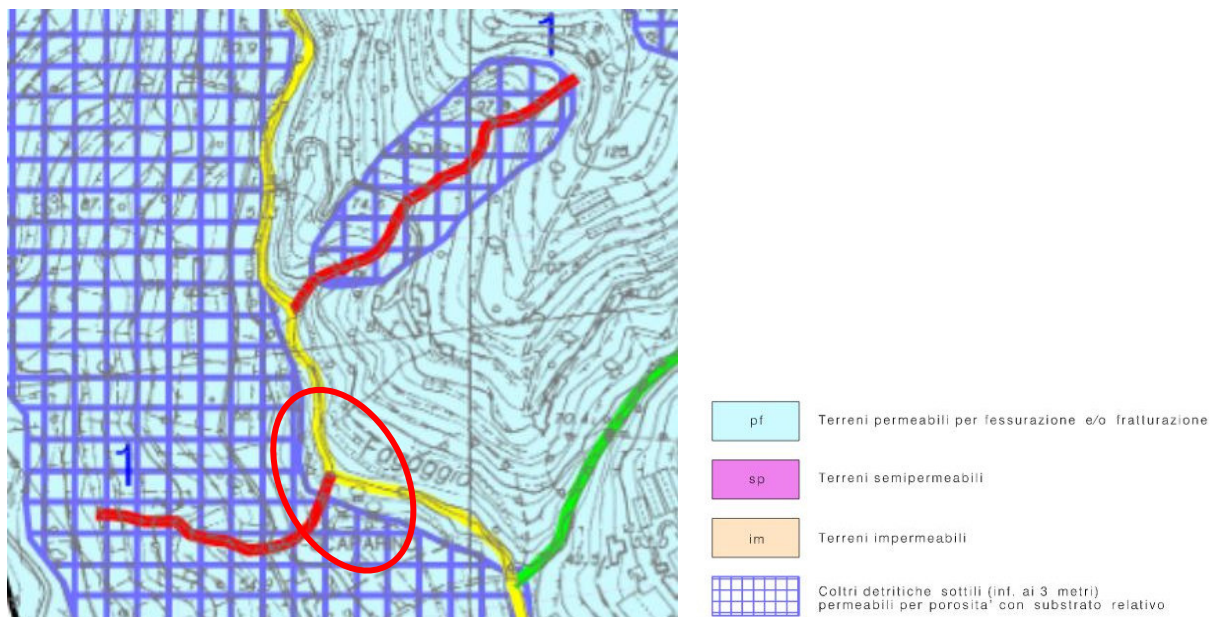


Figura 15 Stralcio "Carta Idrogeologica" da Piano di Bacino T. San Pietro scala 1:10.000

Il versante destro della vallata del torrente Fagaggia, è caratterizzato dalla presenza di coperture detritiche frammiste a depositi di tipo eluvio-colluviali di spessori compresi tra 1-3 m al di sotto dei quali si trova un substrato roccioso che per molti metri si presenta fortemente alterato e destrutturato pertanto è ragionevole pensare che la permeabilità sia prevalentemente per porosità per poi passare ad una permeabilità per fessurazione in concomitanza con l'ammasso roccioso. Tale permeabilità è direttamente proporzionale al grado di fratturazione, al grado di apertura delle discontinuità nonché della percentuale di materiale fine all'interno delle discontinuità stesse.

Non avendo dati diretti relativi all'andamento della quota di una eventuale falda freatica, si può supporre che la falda sia confinata esclusivamente nella coltre e nella porzione alterata del substrato roccioso.

Il muro a mensola oggetto del progetto, verrà installato direttamente sul substrato roccioso affiorante lungo il greto del torrente e non andrà direttamente ad interagire con le coltri di versante che si troveranno direttamente a tergo dello stesso.

Ritenendo possibile l'emersione di una eventuale falda in corrispondenza della rottura del pendio, si suggerisce di dotare il muro di sistemi di drenaggio efficace ed opportunamente protetti da intasatura.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

8. CRITICITA' IDROGEOLOGICHE

Le principali criticità idrogeologiche del comparto sotto osservazione, non solo sono da imputarsi alle caratteristiche peculiari dei materiali di copertura e del substrato roccioso molto fratturato, ma sono anche da imputare alla mancanza di una corretta regimazione delle acque ruscellanti lungo il pendio. Queste acque, infiltrandosi poi nel terreno, comportano una saturazione dei materiali costituenti la coltre con un conseguente abbassamento dei valori di coesione.

La riduzione dei valori della coesione, a seguito di eventi piovosi di notevole entità, costituisce uno dei potenziali fattori predisponenti alla genesi di eventi franosi.

Inoltre, la continua erosione fluviale al piede del versante potrebbe a lungo andare, essere causa di innesco di potenziali eventi franosi.

Pertanto, la costruzione di un muro a mensola in cls installato su pali perforati, fornirà un buon contributo a ridurre i fenomeni erosivi delle acque del torrente a scapito delle sponde, riducendo in parte quelli che sono per definizione, i fattori innescanti di un fenomeno franoso.

Per quanto riguarda il resto del versante, si rimanda ai singoli proprietari dei terreni di costruire ex novo o ripristinare eventuali sistemi di raccolta ed allontanamento delle acque superficiali dai loro terreni in modo da ridurre la percentuale di acqua che si infiltra nel terreno.

9. INDAGINI PREGRESSE

Tra il gennaio e febbraio 1997 è stata eseguita una campagna geognostica sul versante destro del rio Fagaggia, le risultanze disponibili, ovvero copia digitale delle stratigrafie, sono state reperite sul sito "Ambiente Liguria" mentre i dati geotecnici riferiti alle prove di laboratorio su campioni lapidei, mancano completamente.

Tra tutti i sondaggi che sono stati eseguiti, è stato scelto come più rappresentativo (essendo il più prossimo all'area di intervento) delle caratteristiche litostratigrafiche del versante interessato dall'opera di protezione, il sondaggio S1.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

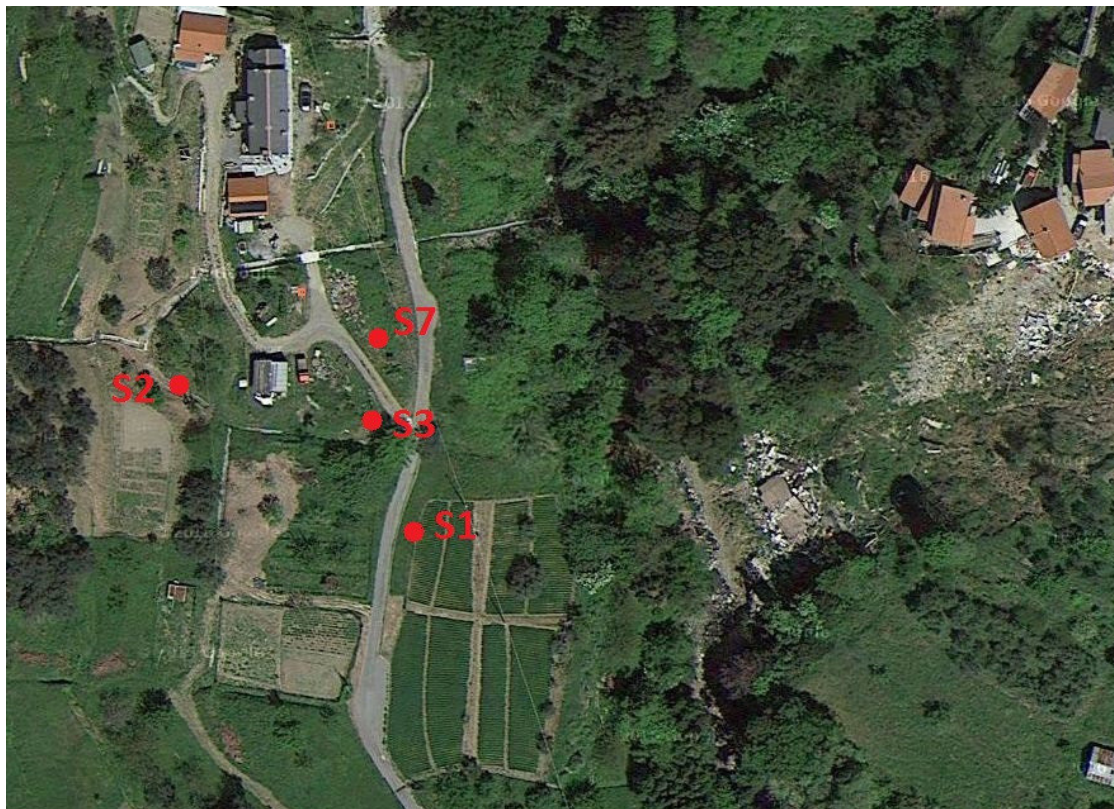


Figura 16 Ubicazione sondaggi campagna di indagini geognostiche 1997

Dai sondaggi reperiti non si hanno informazioni circa la falda freatica nonché parametri geotecnici o geomeccanici, sia ottenuti da prove in sito che da prove su campioni. Nella tabella sottostante sono riportati i valori delle prove SPT, le quote di esecuzione della prova e la litologia corrispondente.

| SOND. | QUOTA PROVA | RISULTATI SPT | LITOLOGIA |
|-------|-------------|---------------|---|
| S1 | 1.50 | 9-11-10 | Limo argilloso, debolmente umido, molto consistente, rara ghiaia (max 2 cm) |
| | 3.00 | 9-11-10 | Limo argilloso, debolmente umido, molto consistente, rara ghiaia (max 2 cm) |
| | 6.00 | 7-42-Rif 5 | Ghiaia di natura micacea, sub angolare e limo argilloso, debolmente umido, da consistente a molto consistente |
| | 7.70 | 6-7-12 | Ghiaia e limo grigiastro |
| | 10.70 | 14-13-15 | Ghiaia (max 2cm) sub angolare, sfatta, argillificata, micacea e limo da grigio ad oca, debolmente umido. |
| | 12.00 | 10-15-19 | Limo argilloso marrone rossiccio, debolmente umido, consistente, con ghiaia (max 3 cm) |
| | 13.50 | 11-14-10 | Miscascisto fortemente alterato passante a limo sabbioso grigio cenere |

Tabella 1: Stratigrafia sondaggio S1 e risultati prove SPT in foro.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

La stratigrafia completa del sondaggio S1 è riportata come allegato alla presente relazione.

10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE COLTRI E DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La caratterizzazione geotecnica della coltre e del cappellaccio di alterazione del substrato roccioso verranno fatte utilizzando i dati provenienti dalle prove in foro eseguite nel sondaggio S1 e riportate nella tabella 1.

| Prof.tà | SPT | Nspt | N60 corr. | Φ° (medio) | Cu |
|---------|----------|------|-----------|----------------------|------|
| 1.50 | 9-11-10 | 21 | 15.75 | 31 | 1.06 |
| 3.00 | 9-11-10 | 21 | 15.75 | 31 | 1.06 |
| 6.00 | 7-42-R | / | / | / | / |
| 7.70 | 6-7-12 | 19 | 18.05 | 31.8 | 1.21 |
| 10.70 | 14-13-15 | 28 | 28 | 35.1 | 1.88 |
| 12.00 | 10-15-19 | 34 | 34 | 36.9 | 2.28 |
| 13.50 | 11-14-10 | 24 | 24 | 33.8 | 1.61 |

Il valore dell'angolo di attrito che viene fornito in tabella derivava dalla media dei valori ottenuti tramite le seguenti correlazioni:

- Road Bridge Specification: $\Phi: (Nspt)^{0.5}+15$ (valido per le sabbie- sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda);
- Japanese National Railways: $\Phi: (0.3 Nspt)+27$ (per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose);
- De Mello: $\Phi: 19-(0.38*\sigma)+(8.73*Ln(Nspt))$ (terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi con angolo di attrito > 38°);
- Owasaki e Iwasaki: $\Phi:(20* Nspt)+15$ (valido per sabbie- sabbie medie e grossolane-ghiaiose; condizioni ottimali per profondità > 8 m sopra falda e 15 m per terreni in falda).

Mentre per estrapolare il valore della coesione è stata utilizzata la formula di Sanglerat per le argille limo-sabbiose, in quanto sembra la correlazione che meglio si adatta alle caratteristiche del terreno.

$$Cu = 0.067(Nspt_{corr})$$

Data l'esistenza di numerose correlazioni empiriche per la determinazione dei principali parametri geotecnici di un terreno e considerata l'eterogeneità stessa dei depositi, si consiglia di prendere i valori così ottenuti come indicativi ed essere cautelativi nel loro utilizzo.

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA AMMASSO ROCCIOSO

Classificazione Hoek & Brown

Per la definizione della resistenza al taglio secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, espressa in funzione della coesione c' e dell'angolo di attrito ϕ' , Hoek e Brown hanno suggerito una procedura di calcolo per ricavare un involucro di rottura equivalente di Mohr sul piano τ - σ . Gli stessi autori propongono anche un'espressione per il calcolo del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso. Applicando quindi il criterio di Hoek & Brown al caso esaminato si possono valutare i seguenti parametri di resistenza per il substrato roccioso moderatamente alterato. Tali valori, descritti nella figura seguente, devono essere considerati parametri medi.

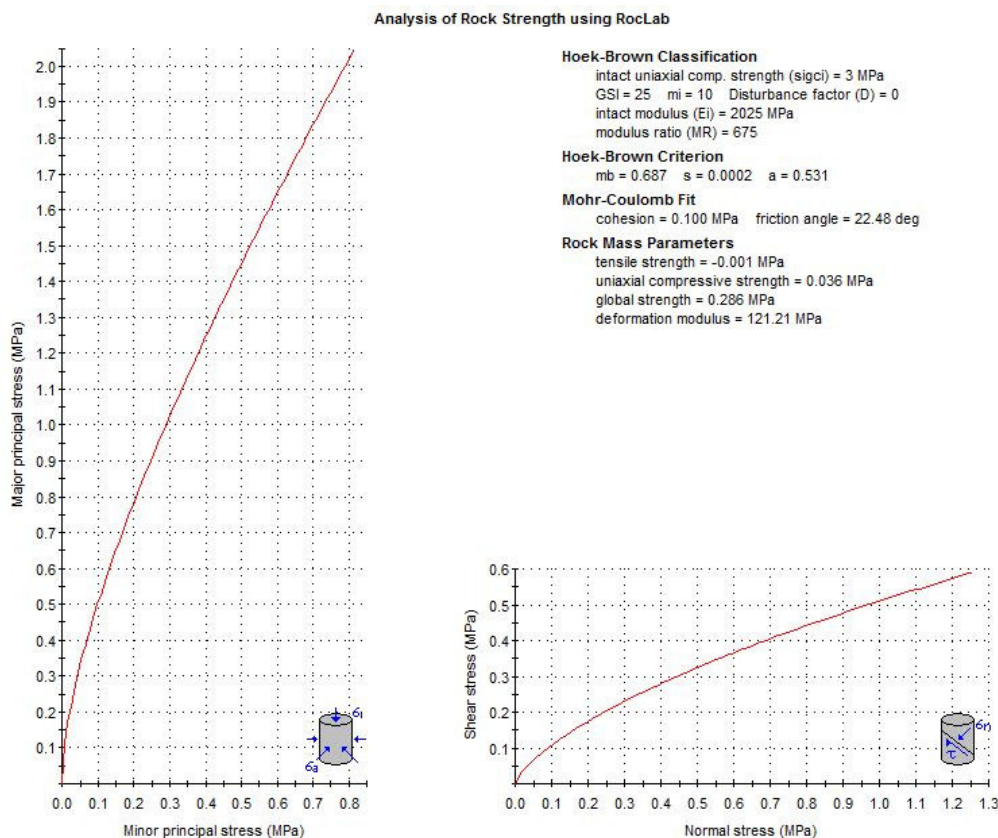


Figura 17: parametrizzazione calcschisti Val Branega in termini di angoli di attrito equivalente e forze coesive secondo il criterio di Mohr-Coulomb

Angolo di attrito: 22.48°
Coesione: 0.100 MPa (1.00 kg/cmq)

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

11. PARAMETRIZZAZIONE SISMICA

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali per la determinazione della pericolosità sismica sono definite dai seguenti parametri, su sito di riferimento rigido e orizzontale (Cat. A):

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc* periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri, necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto, sono stati calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008) ed in funzione della localizzazione del sito in termini di latitudine e longitudine, come di seguito riportato.

Sulla base dei valori di Nspt ottenuti dalle prove in foro si è risaliti alla corrispondente categoria di sottosuolo come da NTC-2008.

Tenuto conto che i valori di Nspt sono compresi tra 15 e 50 e non avendo a disposizione dati sismici diretti, la categoria di sottosuolo attribuibile all'area in oggetto è la "C":

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,435182
longitudine: 8,785176
Classe: 1
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

| | | | |
|------------------|--------------|-------------|--------------------|
| Sito 1 ID: 16693 | Lat: 44,4395 | Lon: 8,7287 | Distanza: 4505,407 |
| Sito 2 ID: 16694 | Lat: 44,4422 | Lon: 8,7986 | Distanza: 1321,513 |
| Sito 3 ID: 16916 | Lat: 44,3923 | Lon: 8,8025 | Distanza: 4961,695 |
| Sito 4 ID: 16915 | Lat: 44,3895 | Lon: 8,7327 | Distanza: 6569,091 |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T3
Periodo di riferimento: 35anni
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,021 g

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

Fo: 2,560
Tc*: 0,175 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 35 [anni]
ag: 0,023 g
Fo: 2,551
Tc*: 0,182 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 332 [anni]
ag: 0,054 g
Fo: 2,548
Tc*: 0,284 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 682 [anni]
ag: 0,068 g
Fo: 2,575
Tc*: 0,298 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,870
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,370
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,840
St: 1,200
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,401
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,590
St: 1,200
Kh: 0,019
Kv: 0,010
Amax: 0,953

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

Beta: 0,200
SLC:
Ss: 1,500
Cc: 1,570
St: 1,200
Kh: 0,025
Kv: 0,012
Amax: 1,204
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

12. PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

I terreni in oggetto, sono costituiti da substrato roccioso da poco a mediamente fratturato con alterazione medio bassa nelle parti direttamente affioranti lungo il greto del torrente mentre a monte dell'opera, il substrato roccioso diventa molto più fratturato e con alterazione alta (materiale di riempimento limo-argilloso e patine di ossidazione da ocra a marrone).

Una delle condizioni essenziali per rendere possibile la liquefazione dei terreni in caso di sisma, è che i terreni interessati debbano avere una granulometria variabile tra i limi non plastici e le sabbie da fini a medie con un contenuto in fine variabile da 0÷25 %.

Essendo i terreni in esame, pur essendo alterati conservano tuttavia una struttura lapidea, non sussistono i fattori geologico-tecnici di predisposizione alla liquefazione non sono presenti.

Oltre alla curva granulometrica dei terreni non predisponente, si deve sottolineare che dovrebbe essere presente una falda permanente (condizione essenziale perché possa avvenire la liquefazione dei terreni).

Nonostante la stretta vicinanza con il corso d'acqua, vista la permeabilità del substrato roccioso, si esclude la presenza di una falda libera costante.

Con queste condizioni geologiche e idrogeologiche di base, si può considerare che i terreni presenti in condizioni di progetto, non sono suscettibili al fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

13. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto risulta fattibile dal punto di vista geologico ed l'installazione di un'opera in muratura a protezione del piede del pendio dall'erosione fluviale andrà sicuramente a migliorare le condizioni di stabilità complessive del versante.

Inoltre, il muro di contenimento che verrà posizionato al di sopra del cordolo di cls, servirà da contenimento ad eventuale materiale franato dal versante in modo tale che esso non vada in alcun modo ad ostruire l'alveo ed il corretto deflusso delle acque.

Dal punto di vista geologico, anche l'installazione delle briglie in gabbioni non desta

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it



COMUNE DI GENOVA

alcun tipo di preoccupazione anche perché essere verranno installate nel substrato roccioso ed i gabbioni saranno di tipo chiodato.

14. VERIFICA DEI FATTORI DI VINCOLO

L'area in esame è sottoposta a vincolo idrogeologico (Regio Decreto 3267/23 e art.34 L.R.4/99) per cui è stata valutata l'influenza determinata dalla realizzazione delle opere a progetto sui fattori che regolano il vincolo e in particolare la stabilità del versante, la regimazione delle acque e la copertura vegetale.

A tale proposito si precisa che gli interventi a progetto non influiranno negativamente sulla stabilità dei pendii ma anzi, gli interventi di arginatura e sistemazione dell'alveo tramite salti miglioreranno le condizioni idrogeologiche del comparto, evitando l'innescio di fenomeni erosivi dovuti a scalzamento al piede.

Infine le opere previste non comporteranno particolari modifiche della copertura vegetale poiché verranno rimosse esclusivamente quelle piante che sono posizionate sui versanti a ridosso degli interventi in modo tale da evitare eventuali crolli in alveo. Inoltre, tenuto conto della particolare posizione geografica dell'intervento e che pertanto l'unica strada di accesso all'area dovrà essere lungo il corso d'acqua, la pulizia prevista per il transito dei mezzi riguarderà esclusivamente gli arbusti e gli alberi cresciuti all'interno del greto del torrente o sulle sponde in modo tale da evitare eventuali crollo in alveo che possano causare effetto diga al normale scorrimento delle acque.

A tutela dell'assetto idrogeologico della zona di intervento, durante l'esecuzione dei lavori dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni contenute nelle relazioni allegate al progetto.

15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La realizzazione dei succitati interventi, servirà anzitutto ad evitare il proseguo di fenomeni erosivi da parte del torrente a scapito delle zone di piede del versante nonché ad apportare un miglioramento idraulico alla zona.

Il tecnico

Dott. Geol. Daniele Cavanna

COMUNE DI GENOVA

Area Tecnica – Direzione Lavori Pubblici

Struttura di Staff Geotecnica e Idrogeologia

16149 GENOVA - Via di Francia 3 - Tel. +39 010 55 73348 Fax +39 010 55 73430

e-mail: idrogeologiageotecnica@comune.genova.it