

Regione **PIEMONTE**
Provincia di **ALESSANDRIA**
Comune di **ACQUI TERME**

**INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO SETTORI
DELLA STRADA COMUNALE LACIA
INTERVENTO 1**

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: **COMUNE DI ACQUI TERME**

PROGETTISTA GENERALE: **Ing CIARDIELLO Francesco**

TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. ENRICO RAPETTI

Via Don Gnocchi 92, 15011 – Acqui Terme (AL)

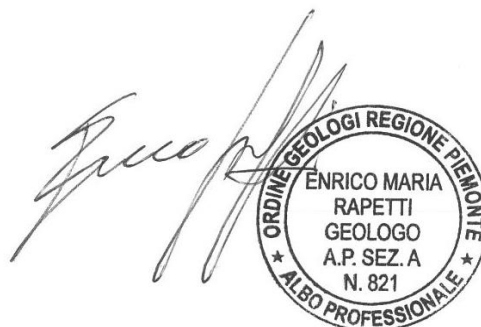
C.F.: RPTNCM82E22A052L

P.IVA: 02301960064

cel: 333 6927290

enricorapetti@alice.it

enrico.rapetti@pec.geologipiemonte.it



Acqui Terme, giugno 2021

INDICE GENERALE

◆ PREMESSA.....	pag.3
◆ RIFERIMENTI NORMATIVI.....	pag.3
◆ SINTESI STUDIO GEOLOGICO E CAMPAGNA DI INDAGINE.....	pag.3
◆ INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO.....	pag.4
◆ DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA.....	pag.7
◆ INQUADRAMENTO NORMATIVO	pag.11
◆ INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA.....	pag.13
◆ MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	pag.18
◆ MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	pag.19
◆ PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	pag.20
◆ PRESCRIZIONI DI INTERVENTO.....	pag.27
◆ SINTESI.....	pag.31
◆ CONCLUSIONI.....	pag.33
◆ ALLEGATO 1 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	
◆ ALLEGATO 2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (metodo H/V)	
◆ ALLEGATO 2 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

PREMESSA

L'intervento in progetto consiste nella sistemazione e consolidamento di tratti di strada comunale Lacia soggetta a dissesti in seguito ad evento alluvionale del novembre 2019. Il sito è situato all'interno del territorio comunale di Acqui Terme (AL).

L'Ing. Francesco Ciardiello con studio sito in Via Crispi n.10, 15011 - Acqui Terme (AL), è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio geologico e geotecnico, a supporto della Progettazione Generale, contempla gli aspetti previsti dalle normative di riferimento, quali:

- *D.M. LLPP 11/03/1988 n.47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- *D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";*
- *Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. del Comune di Acqui Terme;*
- *L.R.45/89 "Interventi in zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico"*
- *Disposizioni per l'attuazione degli adempimenti in merito all'accertamento ed espressione delle violazioni delle prescrizioni per le costruzioni in zone sismiche approvate con Deliberazione della Giunta Regionale n. 65-7656 del 21.05.2014 (Suppl. ord. N. 1 del BUR n. 25 del 19/06/2014)*
- *D.P.R. n.120 del 13/06/2017 "Terre e Rocce da Scavo"*

SINTESI STUDIO GEOLOGICO e CAMPAGNA di INDAGINE

E' stata previsto uno studio geologico come segue:

- *sopralluogo per analisi preliminare sito di intervento;*
- *analisi di tutta la documentazione progettuale;*
- *valutazione sulla fattibilità normativa;*
- *consultazione cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica esistente e presenza di eventuali vincoli;*
- *elaborazione e pianificazione della campagna di indagine opportuna all'espletamento del mandato ricevuto.*

Nel caso specifico la campagna di indagine preliminare prevede:

- *rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio;*
- *esecuzione di n.2 prove penetrometriche dinamiche continue DPM30*
- *.indagine sismica passiva a stazione singola (metodo H/V)*

Elaborazione dei dati e delle risultanze delle indagini per fornire un quadro geologico geomorfologico idrogeologico, proporre un'ipotesi di intervento e le eventuali prescrizioni per il corretto inserimento delle opere in progetto nella situazione geologica locale ai sensi delle normative vigenti.

INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune in esame si estende per ca. 15.3 km² nel settore collinare compreso tra la pianura alessandrina e la catena delle Alpi Liguri a cavallo della valle del Fiume Bormida e poco prima che la stessa sfoci nella succitata pianura alessandrina.

Si tratta di un ampio territorio, in prima approssimazione inscrivibile in un rettangolo, disposto con la dimensione maggiore N-S, avente larghezza massima di ca. 6.5 km ed altezza N S di ca. 8.5 km. (cfr allegati cartografici in scala 1:10.000).

Il sito in esame si colloca all'interno del territorio comunale di Acqui Terme, a S del concentrico, precisamente lungo la strada comunale Lacia, che dalla zona Bagni porta alla Fraz. di Ovrano.

COORDINATE Zona 32T:

Distanza verso est: 458019.79 m E

Distanza Verso nord: 4944896.63 m N

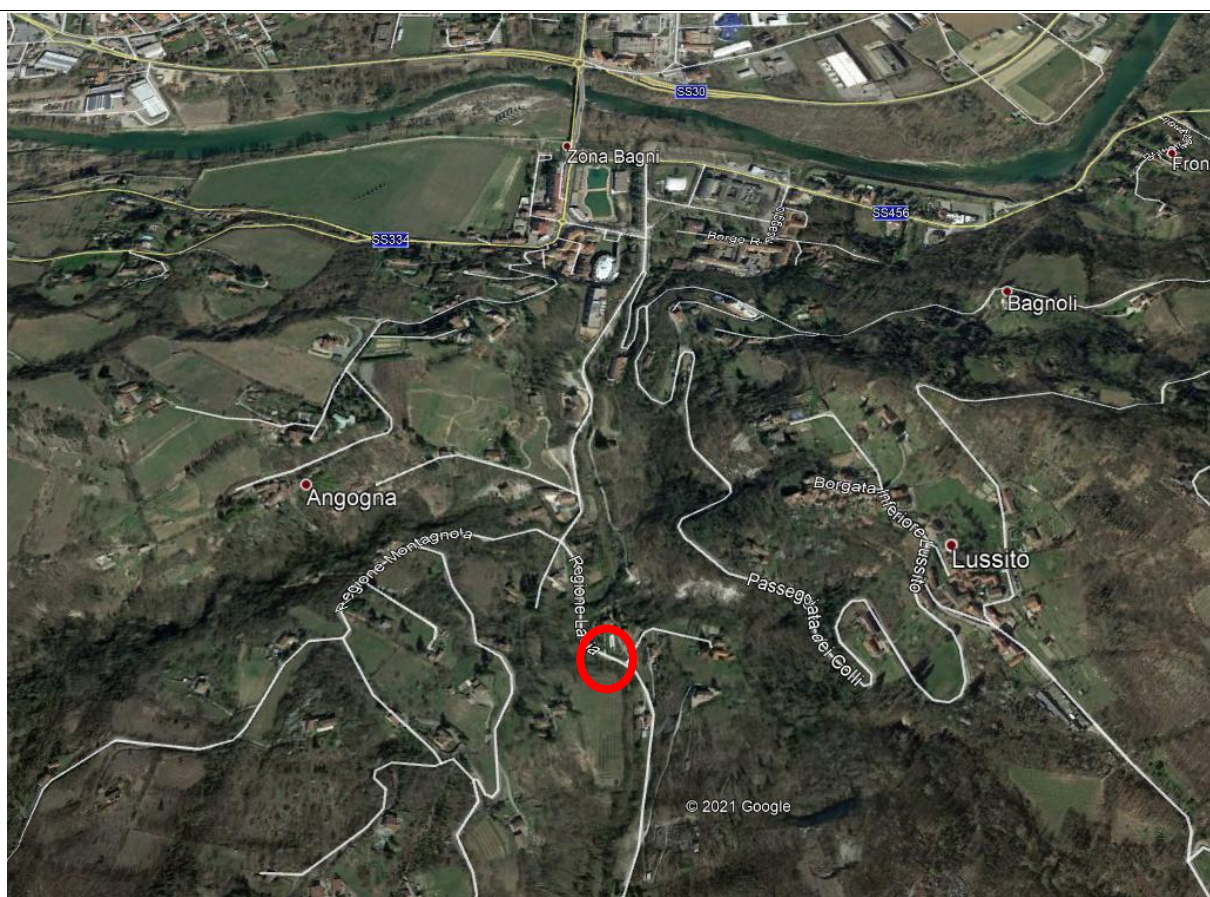


Fig.1 – Estratto Foto Aerea – Google Earth

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel complesso l'area si inserisce nel settore collinare Sud del territorio comunale, compreso tra il confine con i comuni di Visone, Cavatore, Grogna e Melazzo e la sottostante piana di fondo valle del Bormida caratterizzato da uno sviluppo abbastanza complesso con quote elevate e acclività anche ragguardevoli ed innumerevoli problematiche geomorfologiche anche in ragione della sua storia geologica e tettonica assai complessa ed articolata; è questo anche il settore ove avviene una delle principali risalite idrotermali del comune di Acqui, risalita che è controllata da un articolato sistema di faglie sub verticali tra loro ortogonali e disposte principalmente E-W e subordinatamente S-N.

Il corso d'acqua principale di questo settore è il Rio Ravanasco che lo percorre tutto da S a N in posizione mediana individuando il tracciato della principale delle discontinuità tettoniche S-N e che riceve il suo affluente principale, il Rio Ravastrone da sinistra immediatamente prima del suo ingresso entro la zona Bagni della città.

Alla microscala, il sito si presenta inserita lungo il fianco di sponda destra della piccola valle formata dal Rio Ravanasco, il cui culmine si pone ad una quota di ca 400 m s.l.m., in una porzione di territorio con esposizione W-SW a media acclività posta ad una quota di ca. 170 m s.l.m. (cfr. corografica dei luoghi di Fig.1).

L'area risulta complessivamente a carattere agricolo e caratterizzata sia dalla presenza di isolate abitazioni a carattere unifamiliare e sia di zone a conduzione agricola, prevalentemente coltivazioni in vigneti, in stretta dipendenza all'acclività dei luoghi alternate a piccole plaghe boschive in stretta dipendenza all'acclività dei luoghi.

Le esondazioni ed i dissesti morfologici di carattere torrentizio vengono prioritariamente suddivisi in funzione dell'estensione degli ambiti territoriali interessati dai fenomeni di dissesto. Sono distinti gli ambiti territoriali caratterizzati da fondovalle incisi o da condizioni morfologiche tali per cui risultino possibili processi di tipo prevalentemente lineare (erosioni di fondo e di sponda, trasporto solido, deposito, ecc.), dagli ambiti territoriali caratterizzati da condizioni morfologiche tali da rendere possibili, oltre ai processi di cui sopra, esondazioni ed allagamenti arealmente significativi.

Nel caso in esame il dissesto principale è di tipo lineare interessato da processi legati alla dinamica del reticolo idrografico principale e secondario (erosioni di fondo e di sponda, trasporto solido, deposito, ecc.).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di coltri limo sabbiose sciolte in stretta derivazione dal substrato sottostante frammisti a riporti antropici legati alla realizzazione della strada (cfr. Tav.1 "Carta Geologica" del PRG riportato in Fig.2); la potenza di queste coltri così come i loro parametri geomeccanici non sono stimabili da un esame di superficie, ma occorre procedere all'esecuzione di prospezioni dirette come quelle più avanti descritte.

Il substrato litoide risulta essere la base della Formazione delle Arenarie di Cremolino di età miocenica (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.2) in facies di Arenaria grigia in strati da 10 a 40 cm con strutture da corrente interne e basali, ritmicamente alternata a marne e marne argillose grigio azzurra caratterizzate dalla frequente presenza di frustuli vegetali; verso l'alto della serie frequenti intercalazioni di sabbie e/o arenarie debolmente cementate di colore grigio giallastro.

In relazione all'assetto geologico-strutturale, il substrato geologico, ove affiorante o subaffiorante in prossimità delle aree di interesse, è caratterizzato dalla presenza di superfici di strato con giaciture mediamente dotate di immersioni comprese tra N e NE ed inclinazioni mediamente variabili tra 15° e 20°; pur essendo possibili locali variazioni giaciture, l'orientazione delle superfici di strato è da considerarsi compresa tra "traverpoggio" e "franapoggio" rispetto all'esposizione media dei settori di versante ospitanti le aree di interesse.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le coltri superficiali sovrastanti il substrato litoide nella zona interessata, non sono sede di alcun acquifero permanente mentre gli eventuali altri corpi acquiferi più profondi, potenzialmente presenti all'interno del substrato litoide, sono da considerarsi totalmente estranei alle profondità interessate dall'opera in progetto.

Per le coltri in esame restano possibili fenomeni di saturazione temporanea immediatamente dopo periodi di intense precipitazioni atmosferiche che portano ad un sensibile scadimento delle caratteristiche dei materiali e possibili ristagni dei tratti a minore acclività.

Pertanto si dovrà cura di evitare tali fenomeni di saturazione delle coltri in sede di progettazione generale attraverso opere di regimazione delle acque superficiali e drenaggio subcorticali.

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA

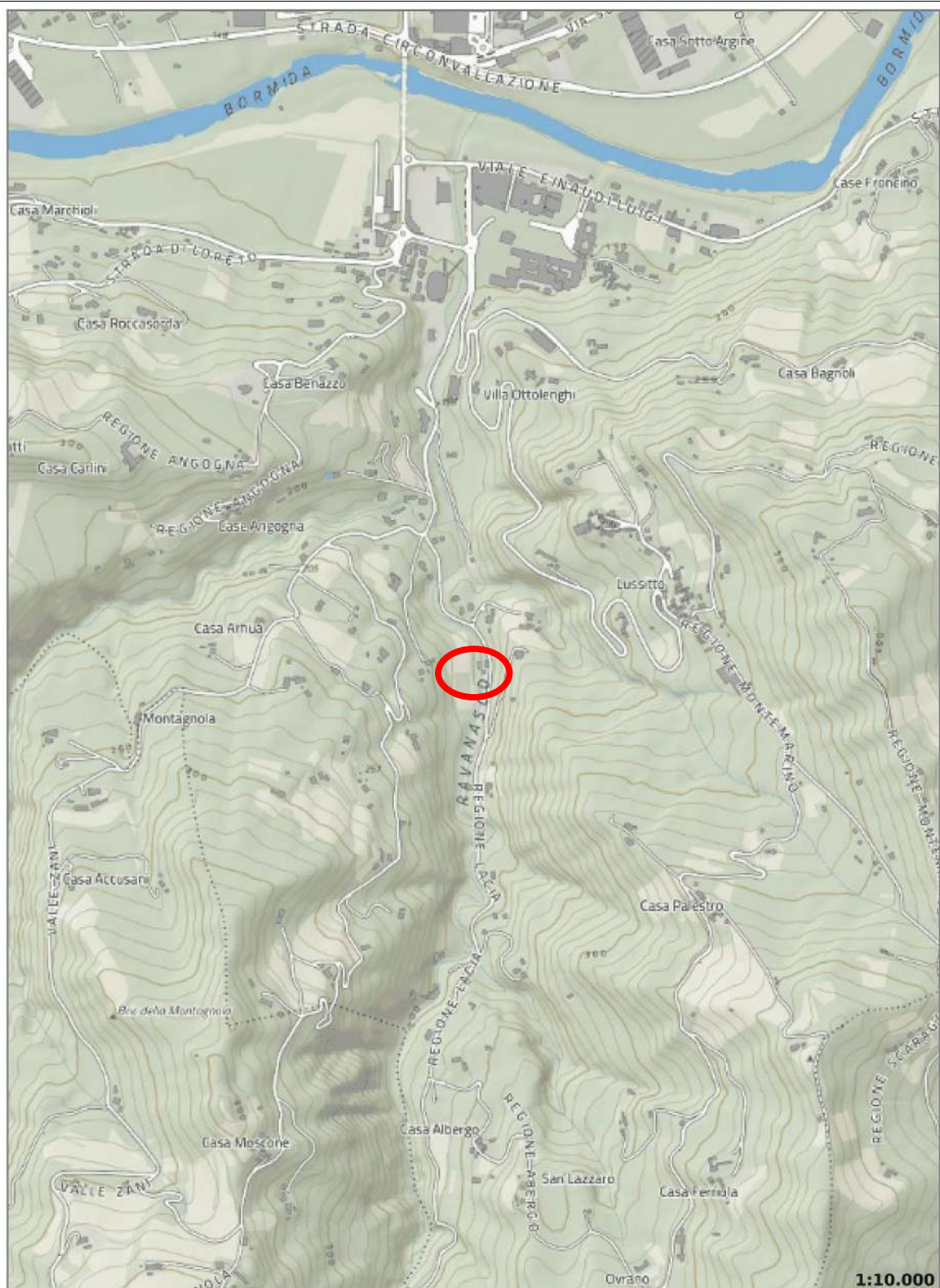


Fig.2 Estratto della BDTRE colori del Geoportale regione Piemonte

In scala 1:10,000

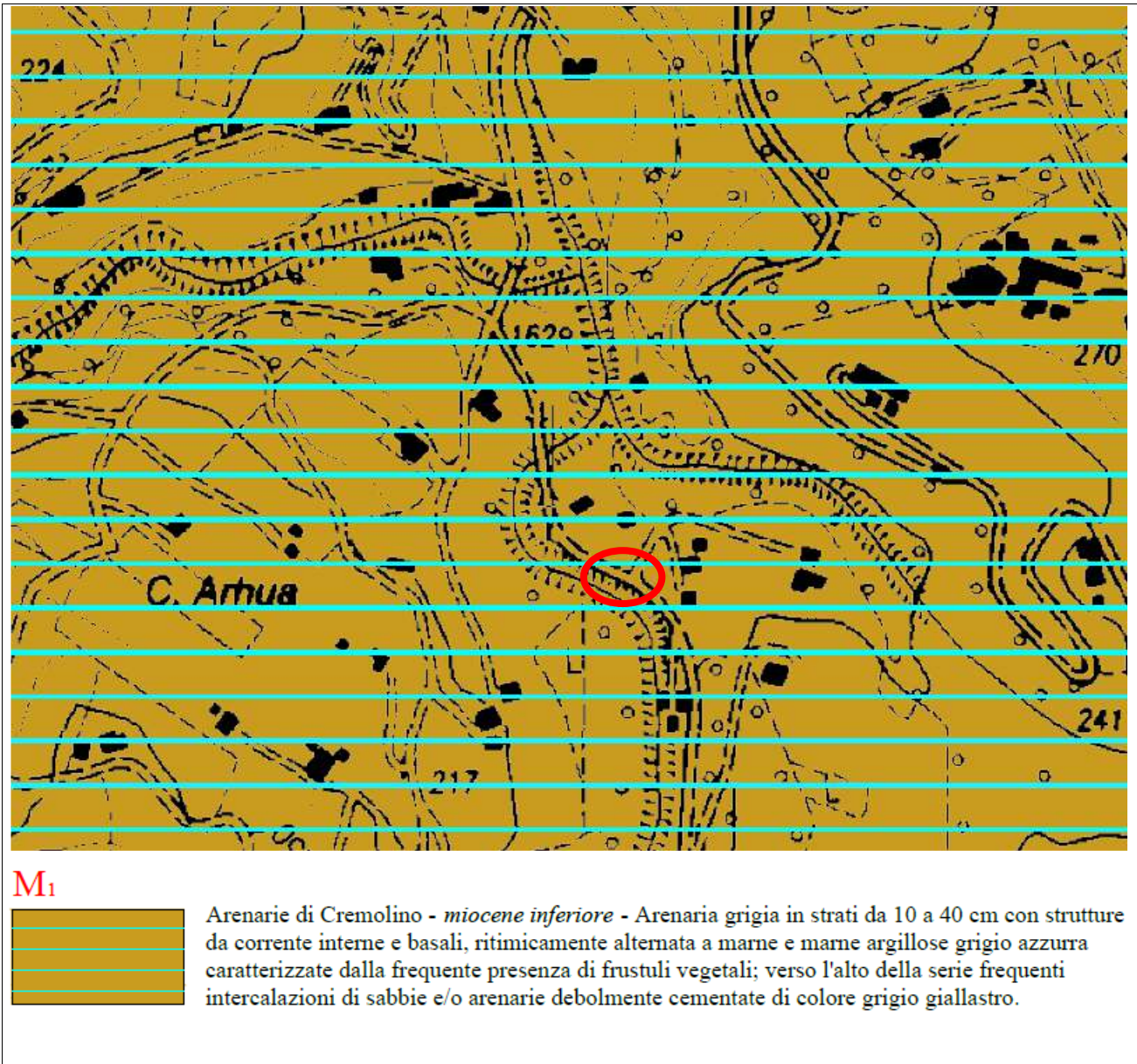


Fig.3 Estratto della Tav.1 "Carta Geologica" del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme

In scala 1:10,000

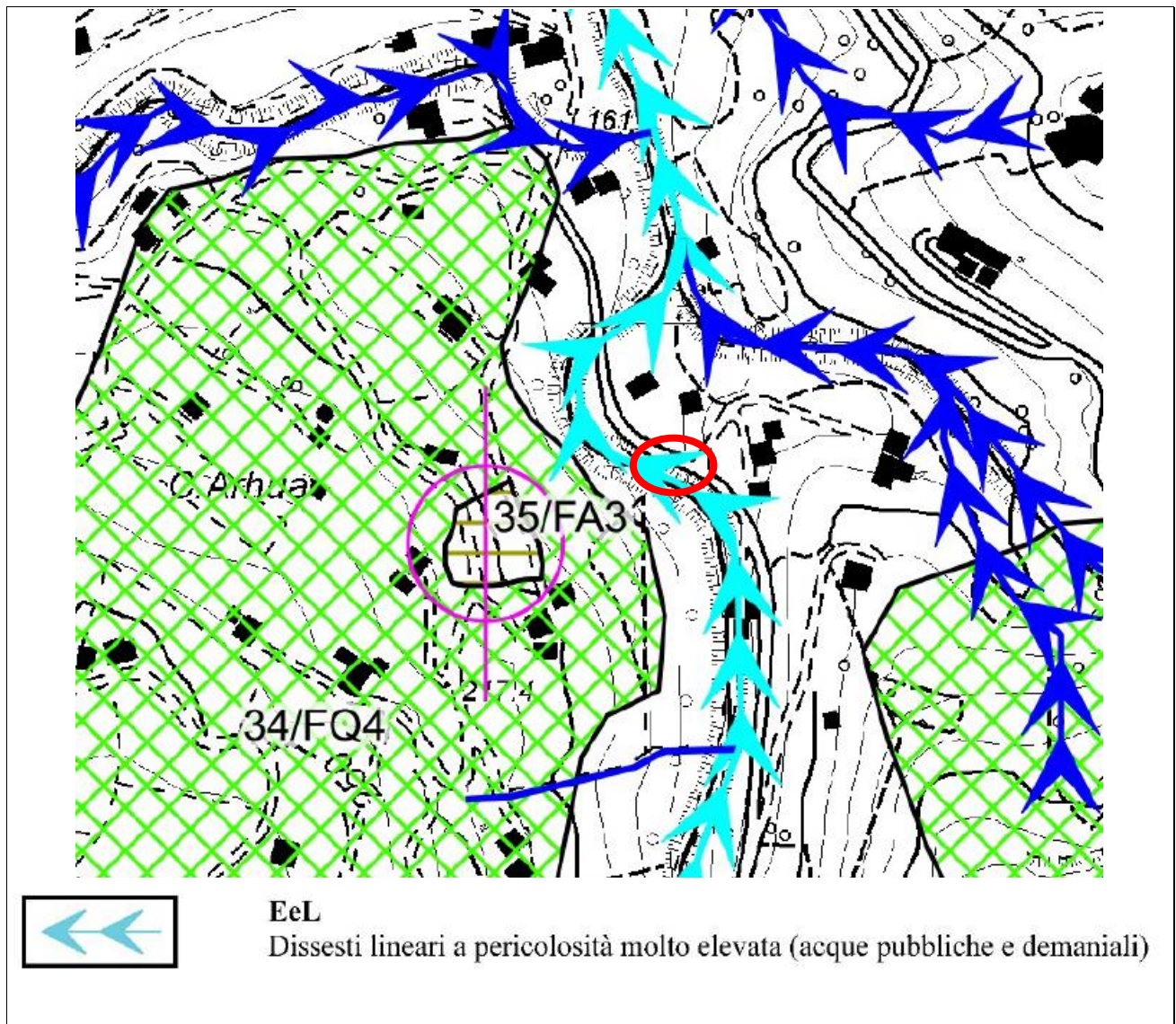
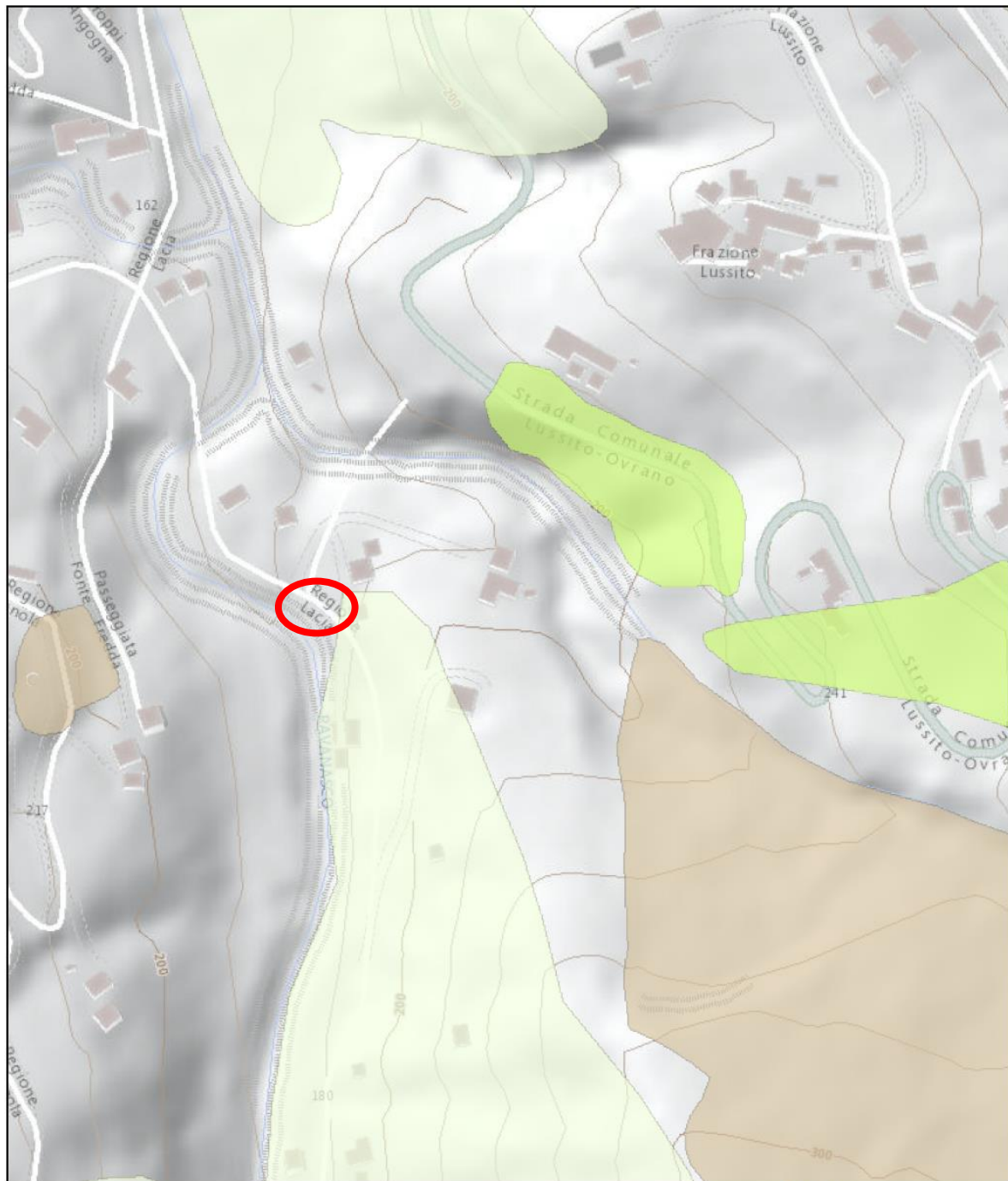


Fig.4 Estratto della Tav.1 “Carta Geologica” del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme
In scala 1:10,000

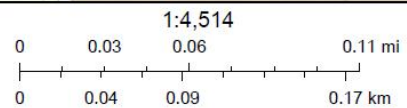
Geoportale Arpa Piemonte



June 22, 2021

Frane areali

- | | |
|---|--------------------------------------|
| Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi | Crollo/Ribaltamento |
| Aree soggette a frane superficiali diffuse | DGPV |
| Aree soggette a sprofondamenti diffusi | Espansione |
| Colamento lento | Scivolamento rotazionale/traslattivo |
| Colamento rapido | Settore CARG |
| Complesso | Sprofondamento |
| | n.d. |



Arpa Piemonte, Progetto Risknat - Base topografica transfrontaliera, Arpa Piemonte

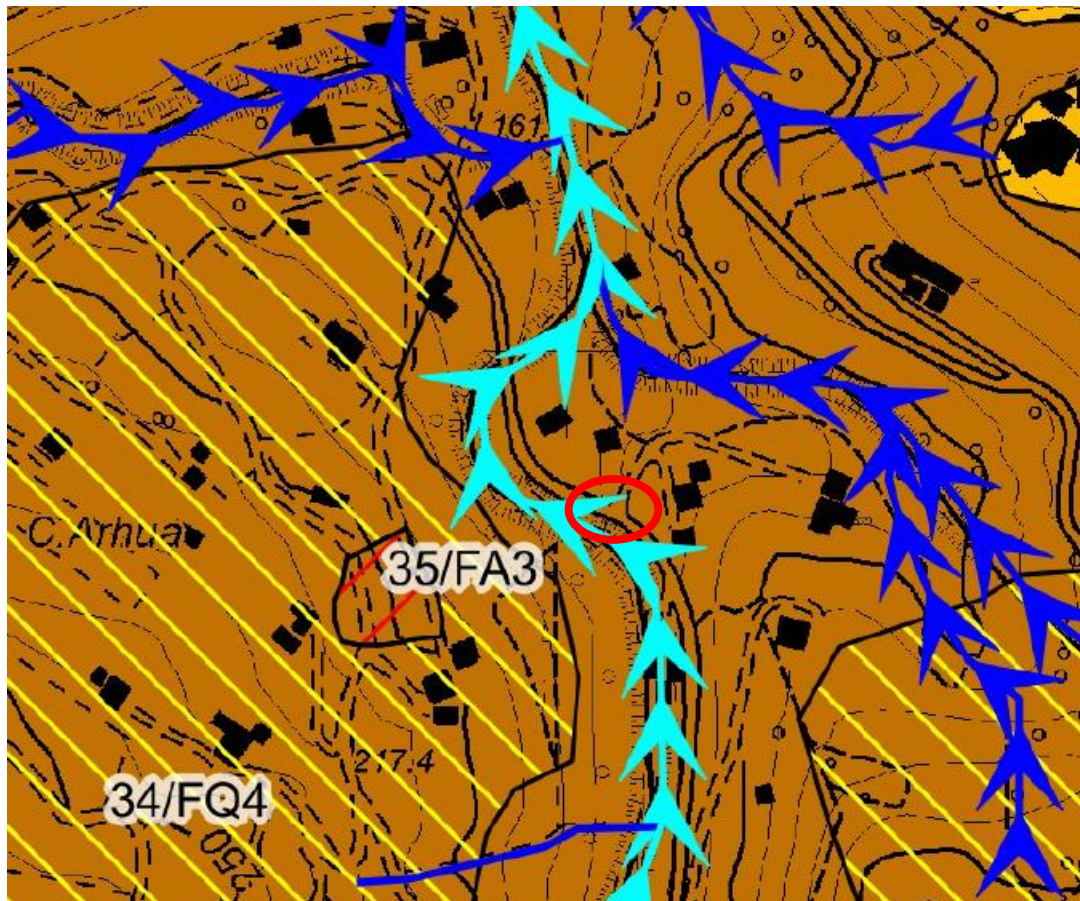
Progetto Risknat - Base topografica transfrontaliera, Arpa Piemonte | Arpa Piemonte |

Fig.5 Estratto della cartografia SiFraP "Sistema Informativo Frane in Piemonte"*In scala 1:5.000*

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Normativa geologica del P.R.G.C.:

La “**Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell’Idoneità all’Utilizzazione Urbanistica**” del vigente P.R.G. del territorio comunale di Acqui Terme inserisce la zona in cui si svilupperà l’intervento in **Classe IIIa2** “*Aree non edificate o con presenza di isolati edifici nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono attribuibili essenzialmente alla presenza di movimenti franosi ed alle modalità evolutive del reticolo idrografico minore*”



	Sottoclasse IIIa1 Aree non edificate o con presenza di isolati edifici, nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono attribuibili essenzialmente alle modalità evolutive di manifestazioni dissestive correlate alla dinamica fluviale e torrentizia. Sono ammessi unicamente interventi di sistemazione e manutenzione del patrimonio edilizio esistente, oltre alle opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e difesa del suolo, in sintonia con quanto indicato dall'art. 9 delle N.T.A. del PAI
	Sottoclasse IIIa2 Aree non edificate o con presenza di isolati edifici, nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono attribuibili essenzialmente alla presenza di movimenti franosi ed alle modalità evolutive del reticolo idrografico minore. Per gli edifici esistenti ed abitazioni isolate ad esclusione di quelli ricadenti in aree di dissesto attivo sono ammessi interventi di ampliamento funzionale e ristrutturazione senza aumento di carico antropico (tipologie a,b,c, d).

Fig.6 Estratto della Tav.9 “Carta di Sintesi” del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme

In scala 1:10.000

Vincolo idrogeologico

L'area è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923 e L.R. 45/89.

Movimentazione Terra

Dalla documentazione progettuale (computo metrico) si sono stimati circa 90 mc di volume di scavi.

Gestione Terre e Rocce da scavo

Il materiale di scavo prodotto, sarà in parte riutilizzato all'interno del sito di produzione per riempimento a tergo muro; il materiale in eccedenza compreso quello derivante dalla scarifica dell'asfalto sarà conferito a discarica autorizzata.

Classificazione Sismica ai sensi della DGR n. 6 – 887 del 30.12.2019

La classificazione sismica del territorio è stata per lungo tempo competenza dello Stato che ha provveduto negli anni '80 alla classificazione per Decreto dell'intero territorio nazionale, e per il Piemonte con DM 4 febbraio 1982.

Secondo l'attuale legislazione, la classificazione sismica del territorio spetta alle regioni, sulla base dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche stabiliti dallo Stato, attualmente rappresentati dall'Opcm 3519/06.

Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 11-13058 del 19/01/2010 e successivamente precisato dalla DGR n. 65-7656 del 21/05/2014, attualmente vigente, con cui sono state aggiornate anche le procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico.

Sul B.U. n. 4 del 23 gennaio 2020 è stata pubblicata la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto ed approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte" di aggiornamento della classificazione regionale.

Si evidenzia, tuttavia, che fino all'aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, per la cui predisposizione la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 ha fissato un periodo di 6 mesi, continueranno a valere le disposizioni vigenti, stabilite dalla D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656

Il territorio comunale in questione è inserito in **ZONA SISMICA 3**.

INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Lo studio ed analisi della documentazione progettuale e dell'inserimento delle opere in ottemperanza ai vincoli normativi, si è prevista una campagna di indagini come segue:

1. valutazione geologica e geomorfologica sulle eventuali criticità insistenti sull'area;
2. analisi e raccolta dei dati geologico-stratigrafici, geotecnici ed idrogeologici pregressi, eventualmente disponibili;
3. esecuzione di n.2 prove penetrometriche dinamiche continue con DPM30 eseguite all'interno dell'area di intervento, per determinare la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche del volume significativo dei terreni interessati dalle opere in progetto;
4. esecuzione di misure freatiche spedite all'interno dei fori di prova e di eventuali captazioni idriche esistenti per la verifica dell'eventuale presenza di una falda superficiale.
5. Indagine sismica passiva a stazione singola (tromografo digitale) mediante metodo H/V;

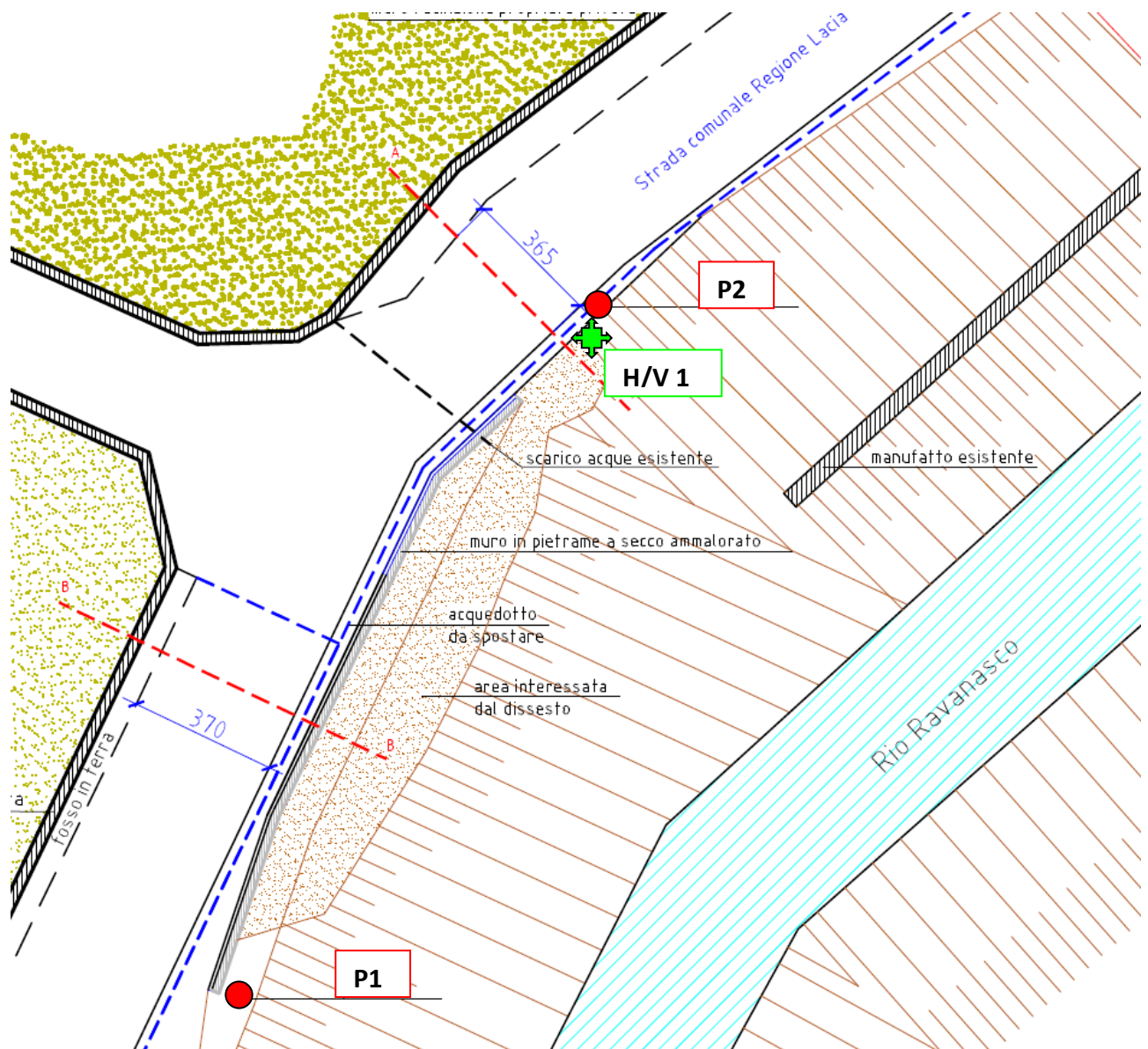


Fig.7 Estratto planimetria intervento ed ubicazione indagini

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Penetrometro: DPM (DL030 10) (Medium)

Riferimento Norme DIN. 4094			
Peso Massa battente	30 Kg	Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Altezza di caduta libera	0,20 m	Avanzamento punta	0,10 m
Peso sistema di battuta	21 kg	Numero colpi per punta	N(10)
Diametro punta conica	35,68 mm	Coeff. Correlazione	0,761
Area di base punta	10 cm ²	Rivestimento/fanghi	No
Lunghezza delle aste	1,00 m	Angolo di apertura punta	60°
Peso aste a metro	2,9 kg/m		

Rilievo piezometrico dei luoghi

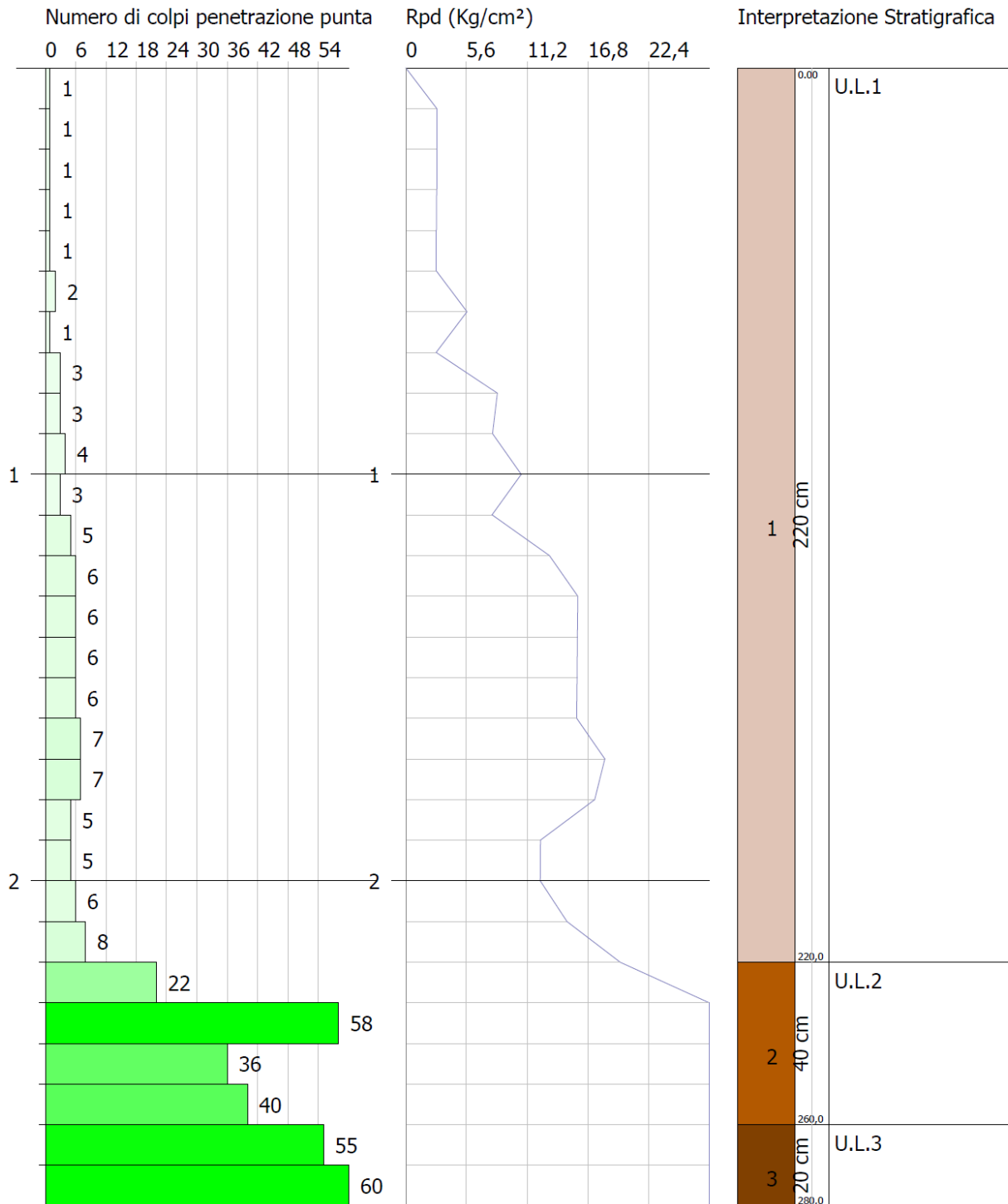
Al momento delle esecuzioni delle indagini non è stata riscontrata la presenza di una falda superficiale all'interno dei fori di prova.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Comune Acqui Terme
 Descrizione: consolidamento strada in dissesto
 Località: Strada Lacia

Data: 12/05/2021

Scala 1:14

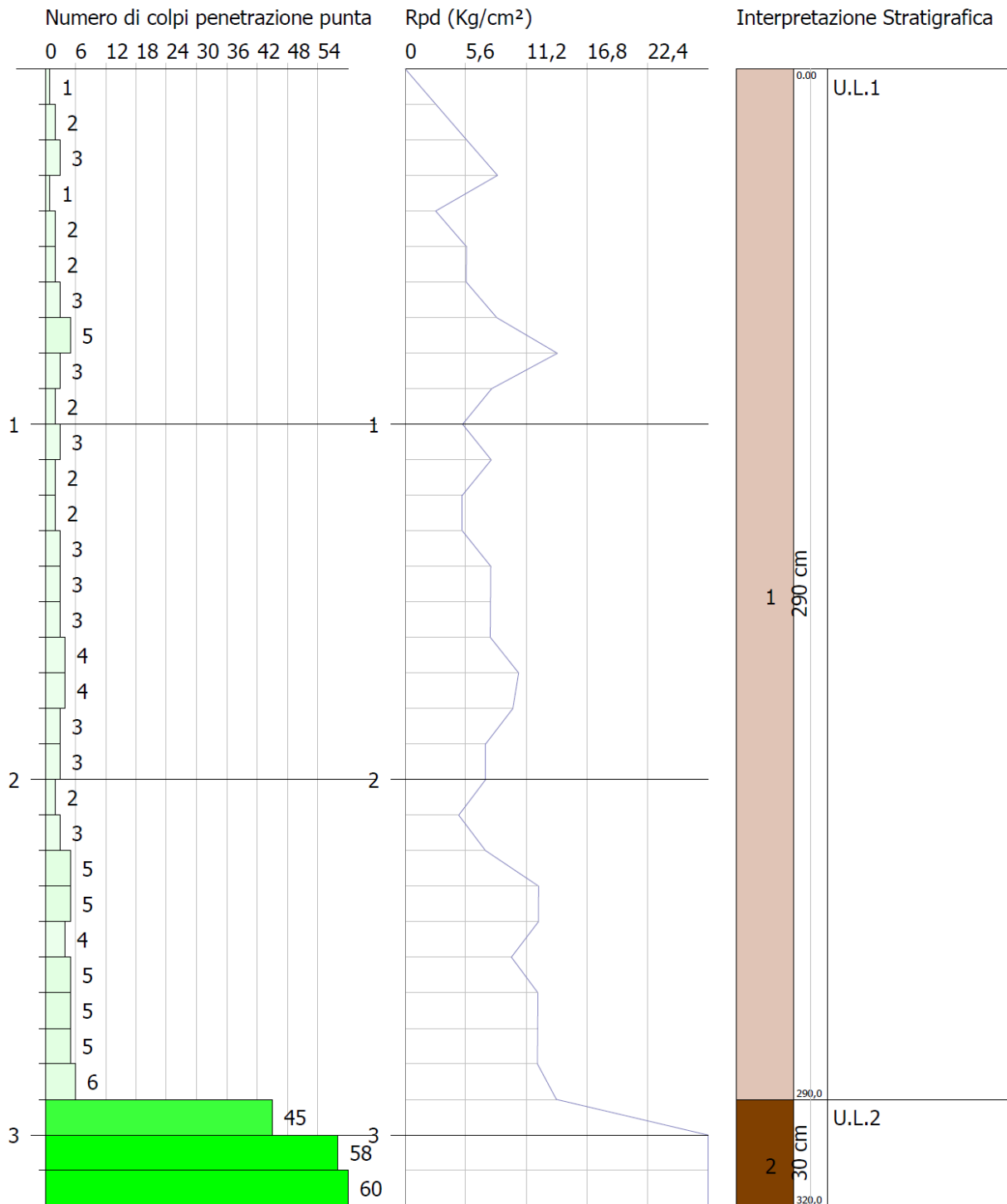


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Comune Acqui Terme
 Descrizione: consolidamento strada in dissesto
 Località: Strada Lacia

Data: 12/05/2021

Scala 1:16

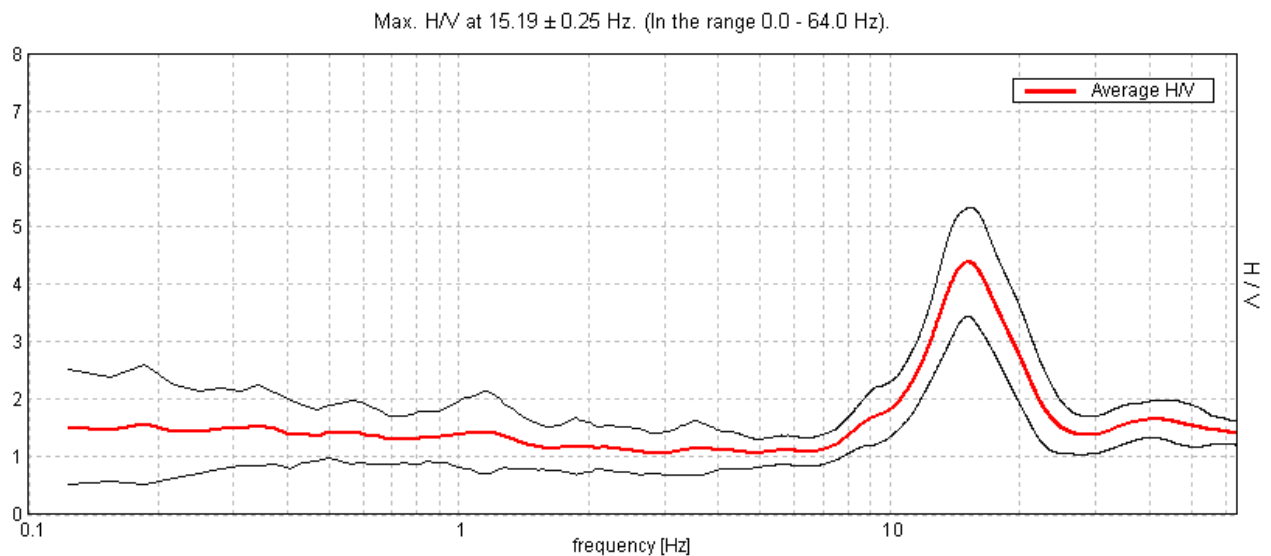


INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

H/V n.1

La misura H/V 1, in prossimità dell'area di intervento mostra rilevanti strutture di risonanza, indice di una principale discontinuità litologica a circa 3,0 m di profondità indicato dal picco H/V in corrispondenza di 15,19 Hz, identificabile con il passaggio dalle coltri superficiali al BTP marnoso siltoso integro. La linearità del rapporto H/V di poco superiore all'unità è indice di assenza di rilevanti discontinuità strutturali e/o litologiche.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

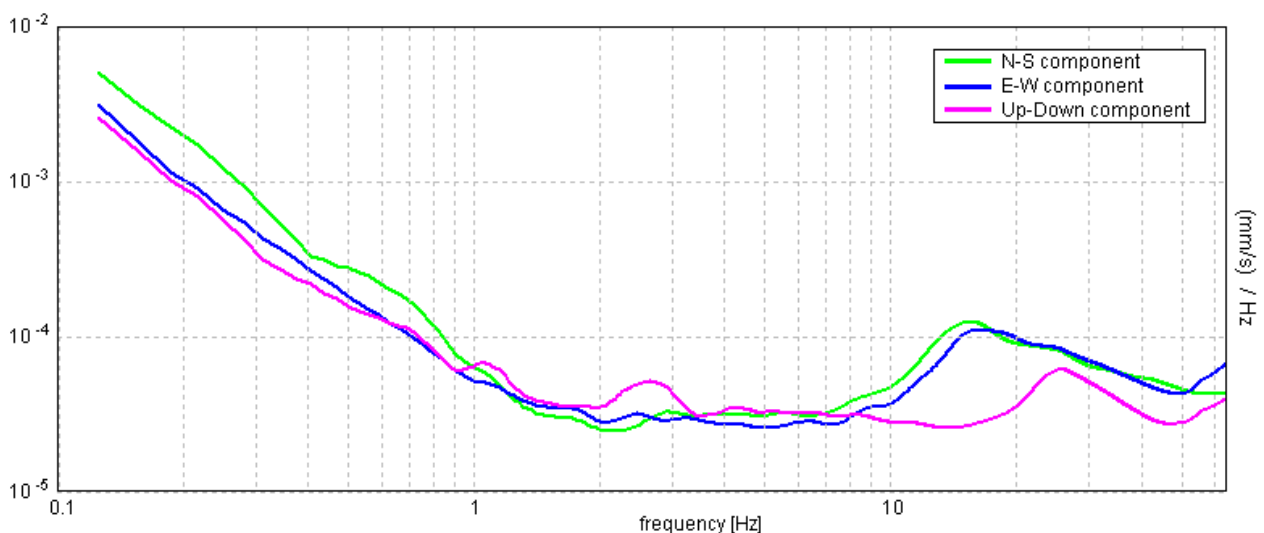


Fig.8 H/V1 - Grafico delle 3 componenti dei moti misurati e rapporto H/V alle frequenze di interesse.

MODELLAZIONE GEOLOGICA

P1	P2
0.00 m	0.00 m
Unità Litotecnica 1 coltri limose frammiste a riporti a bassa consistenza	
- 2.20 m	- 2.90 m
Unità Litotecnica 2 Marne siltose alterate	
-2.60 m	
Unità Litotecnica 3 serie litoidi marnoso-siltose integre	
-2.80 m Fine Prova	- 3.20 m Fine Prova

Situazione piezometrica dei luoghi

Al momento dell'esecuzione delle indagini, all'interno dei fori di prova, non è stata riscontrata la presenza di un livello piezometrico.

Tuttavia considerata la morfologia dei luoghi e le caratteristiche idrogeologiche dei terreni si rende necessaria la realizzazione di un drenaggio a tergo muro mediante posa di tubo in PVC microfessurato e vespaio con ghiaia di idonea granulometria.

MODELLAZIONE GEOTECNICA

Unità Litotecnica 1 - coltri limose frammisti a riporti a bassa consistenza

Nspt =	5	Rpd =	22,75
--------	---	-------	-------

Peso specifico	$\gamma =$	18,0	kN/m ³	Peso specifico saturo	$\gamma_{sat} =$		kN/m ³
----------------	------------	------	-------------------	-----------------------	------------------	--	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito	$\phi =$	24,0	°	Angolo d'attrito	$\phi =$	0	°
Coesione	$c' =$	0	kPa	Coesione non Drenata	$C_u =$	0,30	kPa

Unità Litotecnica 2 - marne siltose alterate

Nspt =	20	Rpd =	90
--------	----	-------	----

Peso specifico	$\gamma =$	20,0	kN/m ³	Peso specifico saturo	$\gamma_{sat} =$	21,5	kN/m ³
----------------	------------	------	-------------------	-----------------------	------------------	------	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito	$\phi =$	30,0	°	Angolo d'attrito	$\phi =$	0	°
Coesione	$c' =$	150	kPa	Coesione non Drenata	$C_u =$	80	kPa

Unità Litotecnica 3 - marne siltose integre

Nspt =	40	Rpd =	186,06
--------	----	-------	--------

Peso specifico	$\gamma =$	20,0	kN/m ³	Peso specifico saturo	$\gamma_{sat} =$	21,50	kN/m ³
----------------	------------	------	-------------------	-----------------------	------------------	-------	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito	$\phi =$	34,0	°	Angolo d'attrito	$\phi =$	0	°
Coesione	$c' =$	250,0	kPa	Coesione non Drenata	$C_u =$	90	kPa

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag 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 PVR 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 PVR nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 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.

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Descrizione: Intervento di consolidamento tratti di Strada Comunale Lacia

Committente: Comune Acqui Terme

Cantiere: Strada Lacia

Data: 22/06/2021

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,6563072 [°]

Longitudine (WGS84): 8,4705000 [°]

Latitudine (ED50): 44,6572685 [°]

Longitudine (ED50): 8,4715605 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	15579	44,677480	8,428554	4076,59
2	15580	44,680440	8,498673	3352,12
3	15802	44,630530	8,502717	3861,94
4	15801	44,627580	8,432583	4517,30

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,587	0,160
SLD	50	0,023	2,552	0,188
	72	0,027	2,582	0,203
	101	0,031	2,578	0,218
	140	0,035	2,591	0,232
	201	0,039	2,603	0,257
SLV	475	0,054	2,580	0,290
SLC	975	0,068	2,584	0,307
	2475	0,092	2,596	0,316

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,570	0,160
SLD	50	0,024	2,538	0,200
	72	0,029	2,546	0,207
	101	0,033	2,554	0,223
	140	0,037	2,569	0,247
	201	0,042	2,543	0,265
SLV	475	0,059	2,555	0,284
SLC	975	0,077	2,537	0,290
	2475	0,110	2,493	0,297

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,575	0,160
SLD	50	0,024	2,543	0,200
	72	0,029	2,547	0,207
	101	0,033	2,555	0,223
	140	0,037	2,570	0,247
	201	0,042	2,549	0,266
SLV	475	0,058	2,557	0,288
SLC	975	0,075	2,544	0,296
	2475	0,104	2,530	0,311

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,590	0,159
SLD	50	0,023	2,556	0,187
	72	0,028	2,579	0,203
	101	0,031	2,576	0,219
	140	0,035	2,590	0,232
	201	0,039	2,601	0,258
SLV	475	0,053	2,582	0,292
SLC	975	0,067	2,608	0,311
	2475	0,089	2,654	0,321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,580	0,160
SLD	50	0,024	2,547	0,194
SLV	475	0,056	2,567	0,288
SLC	975	0,072	2,565	0,300

Classificazione sismica di sito ai sensi NTC18

Stima Vs30

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta stimare una

$$V_{s30} \approx 450 \pm 10 \text{ m/s}$$

Stima Vs media delle coltri presenti

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta calcolare una Vs media riferita all'orizzonte sovrastante il substrato sismico

$$\langle V_s \rangle = 150 \pm 20 \text{ m/s}$$

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (cfr. *Tabella 3.2.II e V*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Stratigrafica Ss
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>	1.20

CATEGORIA TOPOGRAFICA (cfr. *Tabella 3.2.IV e VI*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Topografica St
T2	Pendii con inclinazione media $>15^\circ$	1.20

Liquefazione dei terreni

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nelle NTC 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$; 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,015	0,019
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	0,180	0,180	0,180	0,180

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,026	0,034	0,081	0,104
kv	0,013	0,017	0,040	0,052
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

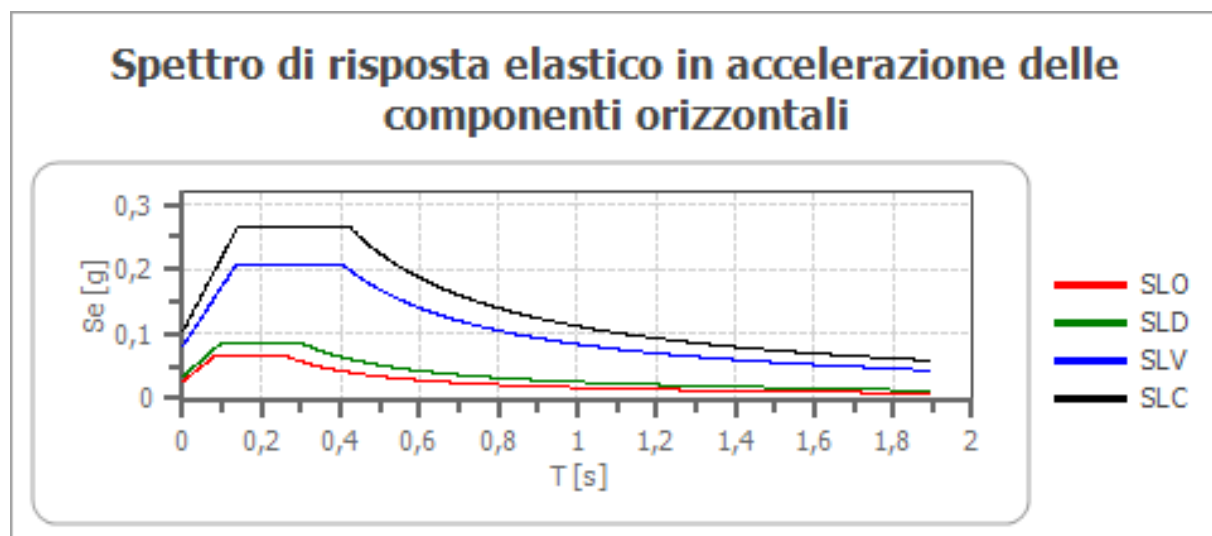
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,007	0,016	0,021
kv	0,003	0,003	0,008	0,010
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,016	0,031	--
kv	--	0,008	0,015	--
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,016	0,031	--
kv	--	0,008	0,015	--
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	--	0,470	0,380	--

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,018	2,580	0,160	1,20	1,59	1,20	1,44	1,00	0,085	0,254	1,673	0,026	0,068
SLD	1,0	0,024	2,547	0,194	1,20	1,53	1,20	1,44	1,00	0,099	0,297	1,695	0,034	0,087
SLV	1,0	0,056	2,567	0,288	1,20	1,41	1,20	1,44	1,00	0,135	0,406	1,824	0,081	0,207
SLC	1,0	0,072	2,565	0,300	1,20	1,40	1,20	1,44	1,00	0,140	0,420	1,889	0,104	0,267

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

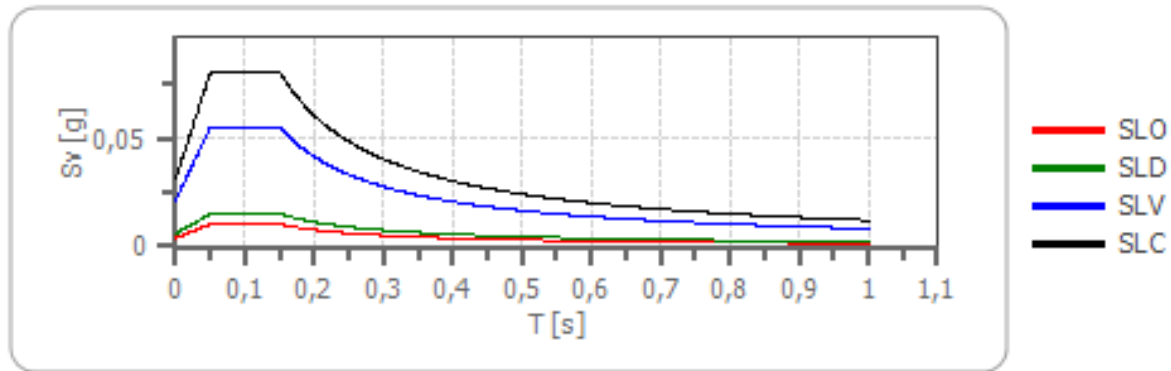
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,018	2,580	0,160	1	1,590	1,20	1,20	1,00	0,05	0,15	1,0	0,004	0,010
SLD	1,0	0,024	2,547	0,194	1	1,530	1,20	1,20	1,00	0,05	0,15	1,0	0,006	0,015
SLV	1,0	0,056	2,567	0,288	1	1,410	1,20	1,20	1,00	0,05	0,15	1,0	0,022	0,055
SLC	1,0	0,072	2,565	0,30	1	1,400	1,20	1,20	1,00	0,05	0,15	1,0	0,031	0,081

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:

1,50

Fattore di struttura spettro verticale q:

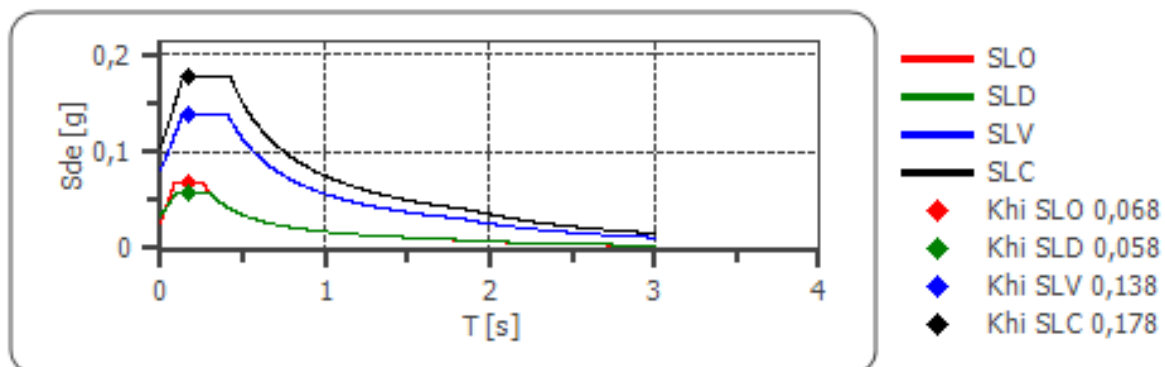
1,50

Periodo fondamentale T:

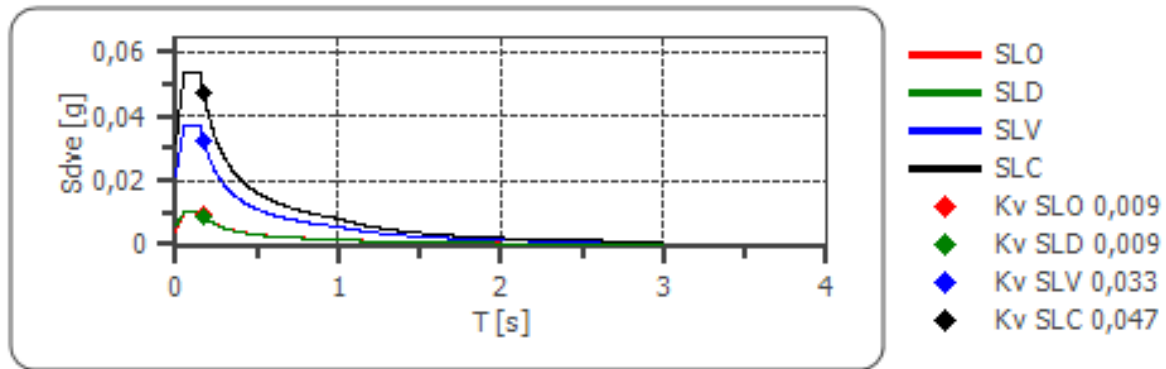
0,17 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,068	0,058	0,138	0,178
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,009	0,009	0,033	0,047

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz	1,0	0,018	2,580	0,160	1,20	1,59	1,20	1,44	1,0	0,085	0,254	1,673	0,026	0,068
SLO vert	1,0	0,018	2,580	0,160	1,20	1,59	1,20	1,20	1,0	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLD orizz	1,0	0,024	2,547	0,194	1,20	1,53	1,20	1,44	1,5	0,099	0,297	1,695	0,034	0,058
SLD vert	1,0	0,024	2,547	0,194	1,20	1,53	1,20	1,20	1,5	0,050	0,150	1,000	0,006	0,010
SLV orizz	1,0	0,056	2,567	0,288	1,20	1,41	1,20	1,44	1,5	0,135	0,406	1,824	0,081	0,138
SLV vert	1,0	0,056	2,567	0,288	1,20	1,41	1,20	1,20	1,5	0,050	0,150	1,000	0,022	0,037
SLC orizz	1,0	0,072	2,565	0,300	1,20	1,40	1,20	1,44	1,5	0,140	0,420	1,889	0,104	0,178
SLC vert	1,0	0,072	2,565	0,300	1,20	1,40	1,20	1,20	1,5	0,050	0,150	1,000	0,031	0,054

PREVISIONI DI PROGETTO E INDICAZIONI GEOLOGICHE INTERVENTO

Dallo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico si arriva ad indicare la seguente tipologia di intervento:

Le previsioni di progetto considerate per l'Intervento 1 andranno ad interessare settori della sede viabile della S.C. Lacia adiacenti alle aree descritte in cartografia catastale al foglio n° 41, alle particelle n°397 e n°9, e comporterà la realizzazione di un'opera principale di contenimento, ubicata lungo il limite di valle della sede viabile, oltre che di interventi accessori funzionali al ripristino dell'originario tracciato stradale.

Preliminarmente all'attuazione delle previsioni di progetto, l'Amministrazione del Comune di Acqui Terme dovrà provvedere ad assicurare la ricerca, l'eventuale materializzazione in sito e/o la messa in sicurezza di eventuali reti aeree e interrate presenti in corrispondenza delle aree interessate dalle previsioni di progetto.

Considerando le tipologie e le modalità di attivazione ed evoluzione dei dissesti che hanno recentemente coinvolto le sezioni di interesse della S.C. Lacia, al fine del ripristino di adeguate condizioni locali di stabilità di sede viabile e banchine stradali, sono state considerate previsioni di intervento consistenti nella realizzazione di un'opera di contenimento di "sottoscarpa", che andrà a delimitare verso valle la sezione di interesse della sede viabile. Il manufatto in previsione, caratterizzato da sviluppo lineare pari a 28,00 m, con fondazione avente larghezza pari a 1,60 m ed altezza pari a 0,50 m, ed altezza dell'elevazione, rispetto all'estradosso di fondazione, pari a 2,00 m, sarà dotato di micropali in fondazione e di tiranti in elevazione.

Al fine della definizione di tipologia e caratteristiche del manufatto di “sottoscarpa” in previsione (manufatto di valle), è stato necessario considerare soluzioni di progetto che possano permetterne una adeguata adattabilità alle, potenzialmente anche rilevanti, variazioni locali di assetto stratigrafico e proprietà geotecniche di terreni e litotipi, riscontrate per le aree ospitanti le sezioni stradali di interesse. Tipologia, ubicazione e sviluppo dei manufatti in previsione, permetteranno sia il ripristino dell’originario tracciato della sede viabile, sia l’esecuzione di lavori di movimento terra di relativamente modesta entità e di ridotti o assenti espropri ed occupazioni temporanee di suolo privato, in quanto detti manufatti andranno ad interessare quasi esclusivamente aree in proprietà pubblica.

Il manufatto di contenimento di “sottoscarpa” in previsione sarà realizzato, lungo ed in prossimità del limite di valle dell’esistente tracciato stradale, per uno sviluppo lineare complessivo pari a circa 28,0 m ed avrà le caratteristiche nel seguito descritte:

- | | | | | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|---|-----------|
| - Tipologia | : | opera di contenimento in c.a. | | |
| - Sviluppo lineare | : | 28,00 m | | |
| - Geometria fondazione | : | larghezza fondazione | : | 1,60 m |
| | : | altezza fondazione | : | 0,50 m |
| - Geometria elevazione | : | larghezza elevazione | : | 0,40 m |
| | : | altezza su estradosso fondazione | : | 2,00 m |
| - Caratteristiche micropali | : | tipologia getto/iniezione | : | a gravità |

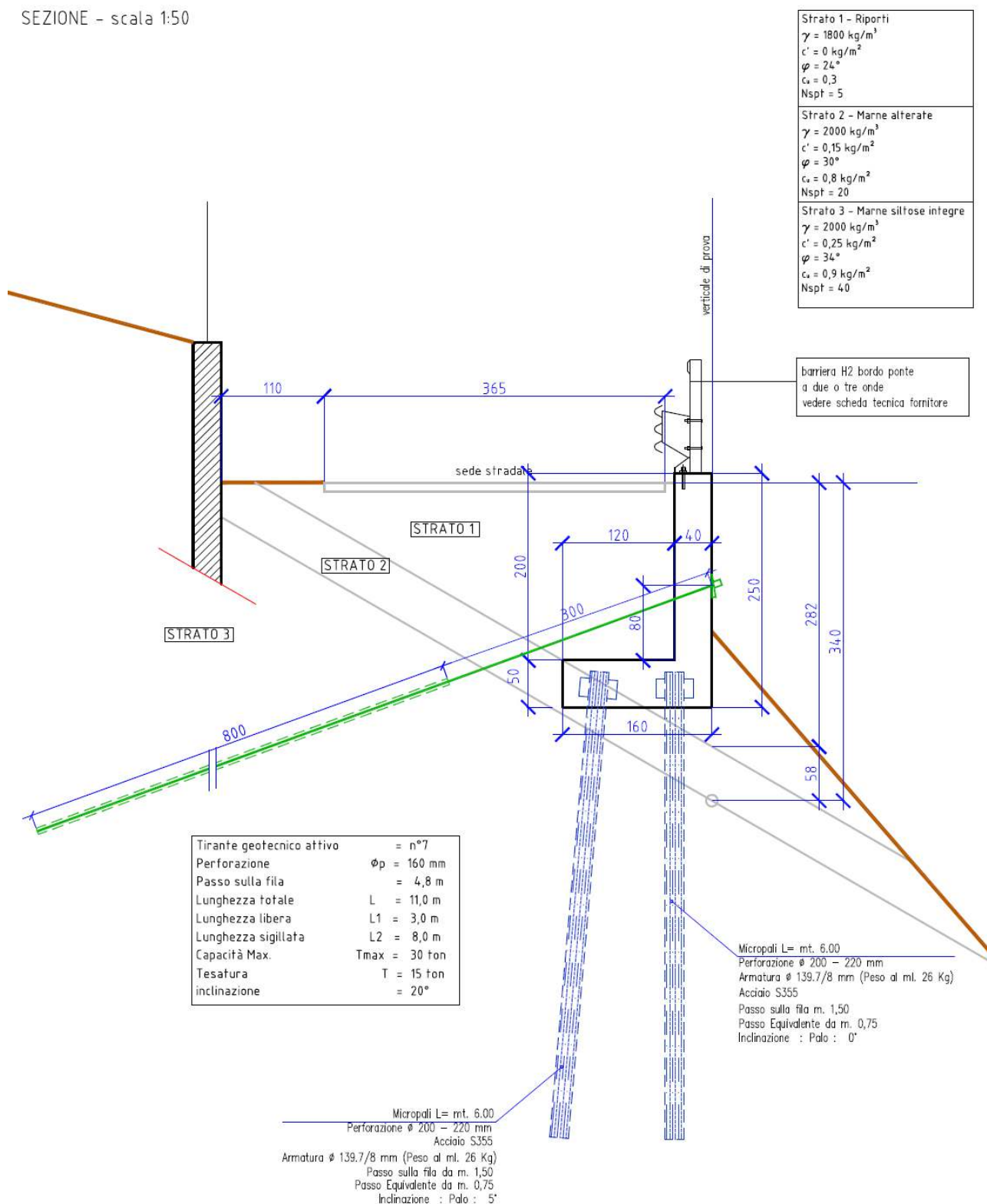
	:	<i>tipo di allineamento micropali</i>	:	<i>n°2 file parallele</i>
	:	<i>distanza file parallele</i>	:	<i>0,80 m</i>
	:	<i>interasse micropali sulla fila singola</i>	:	<i>1,50 m</i>
	:	<i>interasse equivalente sulle file</i>	:	<i>0,75 m</i>
	:	<i>diametro perforazione</i>	:	<i>200 mm</i>
	:	<i>lunghezza micropali</i>	:	<i>6,00 m</i>
	:	<i>diametro armatura tubolare</i>	:	<i>139,7 mm</i>
	:	<i>spessore armatura tubolare</i>	:	<i>8,00 mm</i>
- Caratteristiche tiranti	:	<i>tipo di allineamento tiranti</i>	:	<i>fila singola</i>
	:	<i>interasse tiranti</i>	:	<i>4,00 m</i>
	:	<i>inclinazione tiranti</i>	:	<i>20 °</i>
	:	<i>diametro perforazione</i>	:	<i>160 mm</i>
	:	<i>lunghezza totale tiranti</i>	:	<i>11,00 m</i>
	:	<i>lunghezza libera</i>	:	<i>3,00 m</i>
	:	<i>lunghezza sigillata</i>	:	<i>8,00 m</i>
	:	<i>capacità massima</i>	:	<i>30,0 ton</i>
	:	<i>tesatura</i>	:	<i>15,0 ton</i>

Il manufatto in previsione sarà quindi caratterizzato da una fondazione, avente larghezza pari a 1,60 m, collegata a n°2 file parallele di micropali disposti “a quinconce” caratterizzati da passo sulla fila singola pari a circa 1,50 m, verticali o disposti “a cavalletto” con inclinazione della fila di monte pari a circa 85° rispetto alla orizzontale. I micropali saranno realizzati a seguito di una perforazione avente diametro pari a 200,0 mm e messa in opera di una armatura tubolare $\phi = 139,7$ mm, spessore 8,0 mm, sporgente di almeno 0,30 m dal piano del magrone, a cui saranno raccordati ancoraggi in tondino di acciaio, atti a permettere il collegamento con l’armatura della fondazione. Considerando l’assetto stratigrafico locale, le caratteristiche del substrato geologico e le profondità di immersione dei micropali, sono state previste modalità di getto a gravità o a bassa pressione.

In corrispondenza dell’elevazione saranno realizzati tiranti geotecnici caratterizzati da lunghezza pari a 11,0 m, di cui almeno 8,0 m di bulbo, con inclinazione pari a 20° rispetto all’orizzontale, dotati di capacità massima pari a 300 kN, con pretensionamento pari a 150 kN, distribuiti lungo n°1 fila singola con interasse pari a 4,0 m ed allineamento a quota pari a + 0,8 m rispetto all’estradosso della fondazione. La struttura sarà caratterizzata da quote di fondazione variabili in funzione della pendenza della sede stradale. A completamento del manufatto in previsione, al fine di permettere il drenaggio delle acque di infiltrazione a tergo del medesimo, sarà predisposto un sistema di drenaggio costituito da misto granulare di fiume e tubazioni in PVC microfessurate e/o “barbacani”.

Tipologie, ubicazioni e sviluppi degli interventi, ad oggi, risulti necessari per la messa in sicurezza di luoghi, banchine stradali e sedi viabili esistenti, risultano vincolati dalla recente evoluzione delle criticità presenti oltre che dai ristretti spazi di intervento e dalle ridotte possibilità di accesso a mezzi d’opera.

SEZIONE - scala 1:50



A completamento degli interventi di messa in sicurezza del limite di valle della sede stradale della S.C. Lacia, in corrispondenza delle porzioni sommitali dei manufatti di contenimento, si renderà necessaria, per uno sviluppo lineare pari a 28 m, l'installazione di barriere stradali di sicurezza H2 bordo ponte, in legno e acciaio, a protezione del nuovo limite di valle della carreggiata.

Le barriere stradali di sicurezza, a profilo metallico a lame, per bordo ponte, dovranno avere caratteristiche prestazionali minime corrispondenti a quelle della classe H2, conformi al D.M.

18.02.92 n°223 e successive modifiche (D.M. 03.06.98 e D. M. 11.06.99), e saranno complete di idonei distanziatori i sistemi a dissipazione controllata di energia.

Le ulteriori previsioni di progetto, riferite a ripristini e completamenti, comporteranno la realizzazione di interventi di movimento terra funzionali al parziale rinterro dei manufatti di nuova realizzazione, alla regolarizzazione morfologica delle aree a questi adiacenti, ed al ripristino, per uno sviluppo lineare pari a 30,0 m e per una larghezza media pari a 4,00 m della sede viabile in conglomerato bituminoso.

Sono inoltre previsti interventi di ripristino ed adeguamento funzionale della rete di distribuzione idrica e dei sistemi di regimazione delle acque meteoriche.

- è di rilevante importanza convogliare le acque derivanti dalle opere di regimazione e dal deflusso dei versanti a monte, mediante realizzazione di fossi di raccolta, nella rete di deflusso naturale evitando incrementi di apporti idrici all'interno del corpo di frana;
- messa a dimora provvisoria dei terreni di risulta degli scavi in zone a limitata acclività e con scarpate aventi angolo non superiore a 45° e protette da teli impermeabili, evitando di costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi ed in aree acclivi;
- risagomatura finale del versante a valle del muro in progetto con angolo di scarpata non superiore a 45° (angolo di progetto < angolo stato attuale)
- dell'esecuzione dei lavori in stagione meteorologicamente favorevole. In caso di precipitazioni particolarmente abbondanti e/o persistenti in fase esecutiva, si consiglia la posa di teli impermeabili a protezione dei fronti di scavo.

SINTESI

L'intervento ha come oggetto la realizzazione di interventi di consolidamento e sistemazione del tratto di strada dissestato in seguito ad eventi meteorici eccezionali del novembre 2019; il lotto di terreno su cui si svilupperà nel Comune di Acqui Terme (AL), lungo la strada comunale Lacia e censito catastalmente al foglio n° 41, alle particelle n°397 e n°9.

Ai sensi del vigente disposto normativo, è stato quindi effettuato uno studio sui luoghi teso alla valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto, nel comparto geostatico in questione ai sensi del disposto della normativa di utilizzo del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. ed una modellazione geologico geotecnica del sottosuolo dell'intervento ai sensi della vigente normativa (D.M. 17/01/2018 e del D.M. 11/03/1988).

- il sito su cui insisteranno gli interventi in progetto è assimilabile ad una **Classe IIIa2**; comunque la realizzazione in progetto appare idonea all'utilizzazione urbanistica secondo il vigente piano regolatore seguendo le prescrizioni geologiche sopra indicate;
- la situazione stratigrafica del sito è schematizzabile come la presenza di un orizzonte di coltri limo sabbiose sciolte frammiste a riporti di spessore variabile giacente sulle serie sedimentarie marine marnose del BTP;
- all'interno dei fori di prova, al momento dell'esecuzione delle indagini, non è stata riscontrata la presenza di alcun livello piezometrico;
- le modellazioni geologica e geotecnica sono state derivate dalle indagini dirette eseguite all'interno dell'area di intervento;
- la pericolosità sismica di sito secondo le NTC18 è stato derivato dalle banche dati disponibili e nello specifico ha individuato una CATEGORIA DI SOTTOSUOLO assimilabile alla **B** e CATEGORIA TOPOGRAFICA **T2**;
- da una prima valutazione del sistema geotecnico delle fondazioni si rende necessario il trasferimento dei carichi del muro in CA (elevazione 2,00 m) in profondità mediante a fondazioni profonde costituite da una batteria di micropali con diametro armatura tubolare Φ 139,7 mm e spessore 8,00 m (diametro perforazione Φ 200 mm), della lunghezza non inferiore a 6,00 m;
- In corrispondenza dell'elevazione saranno realizzati tiranti geotecnici caratterizzati da lunghezza pari a 11,0 m, di cui almeno 8,0 m di bulbo, con inclinazione pari a 20° rispetto

all'orizzontale, dotati di capacità massima pari a 300 kN, con pretensionamento pari a 150 kN, distribuiti lungo n°1 fila singola con interasse pari a 4,0 m ed allineamento a quota pari a + 0,8 m rispetto all'estradosso della fondazione;

- a completamento del manufatto in previsione, al fine di permettere il drenaggio delle acque di infiltrazione a tergo del medesimo, sarà predisposto un sistema di drenaggio costituito da misto granulare di fiume e tubazioni in PVC microfessurate e/o "barbacani" con funzione di raccolta di acque superficiali e di infiltrazione e convogliamento delle stesse nella rete di deflusso naturale (Rio Ravanasco);
- la verifica esecutiva del rispetto della condizione $E_d < R_d$ sarà compito del Progettista Strutturale dell'opera in esame sulla base dei parametri geotecnici indicati nella presente relazione e dei carichi di esercizio effettivamente calcolati;
- per quanto riguarda gli scavi in progetto, considerate le opere di contenimento, seguendo le prescrizioni sopra indicate, non apportano ulteriori criticità alla situazione geologico-geomorfologica dei luoghi e risultano conformi alle vigenti disposizioni normative;
- il materiale di scavo prodotto sarà riutilizzato in parte all'interno del sito di produzione, per ritombamento e riempimento a tergo muro ed in parte conferito a discarica autorizzata insieme al materiale derivante dalla scarifica asfalto.

CONCLUSIONI

Il sito risulta idoneo per la realizzazione dell'intervento in progetto; si ritiene quindi, a patto del rispetto delle prescrizioni sopra elencate, l'esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione emersa dalle indagini e razionalmente inserita nel contesto geologico ed idrogeologico locale.

Si consiglia comunque una continua assistenza geologica alla D.L. durante l'esecuzione degli scavi e delle opere di sistemazione previste, onde valutare momento per momento, le condizioni di esecuzione a regola d'arte e le eventuali problematiche sorte nel frattempo.

Il presente lavoro si compone di 33 pagine compresa la presente

E dei seguenti allegati:

Allegato 1 - Prove Penetrometriche Dinamiche continue

Allegato 2 – Indagine sismica passiva a stazione singola

Allegato 3 – Documentazione Fotografica

Acqui Terme, giugno 2021

Dott. Geol. Enrico RAPETTI



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Enrico Rapetti'. To the right of the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE' around the top inner edge, 'ENRICO MARIA RAPETTI' in the center, 'GEOLOGO' below the name, 'A.P. SEZ. A' below 'GEOLOGO', and 'N. 821' at the bottom. The words 'ALBO PROFESSIONALE' are written along the bottom inner edge of the circle, separated by two small stars.

ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

PROVA ... Nr.1

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	1	0,855	2,85	3,34	0,14	0,17
0,30	1	0,853	2,85	3,34	0,14	0,17
0,40	1	0,851	2,84	3,34	0,14	0,17
0,50	1	0,849	2,83	3,34	0,14	0,17
0,60	2	0,847	5,66	6,68	0,28	0,33
0,70	1	0,845	2,82	3,34	0,14	0,17
0,80	3	0,843	8,45	10,02	0,42	0,50
0,90	3	0,842	8,00	9,51	0,40	0,48
1,00	4	0,840	10,64	12,68	0,53	0,63
1,10	3	0,838	7,97	9,51	0,40	0,48
1,20	5	0,836	13,25	15,85	0,66	0,79
1,30	6	0,835	15,87	19,01	0,79	0,95
1,40	6	0,833	15,84	19,01	0,79	0,95
1,50	6	0,831	15,80	19,01	0,79	0,95
1,60	6	0,830	15,77	19,01	0,79	0,95
1,70	7	0,828	18,37	22,18	0,92	1,11
1,80	7	0,826	18,33	22,18	0,92	1,11
1,90	5	0,825	12,43	15,08	0,62	0,75
2,00	5	0,823	12,41	15,08	0,62	0,75
2,10	6	0,822	14,86	18,09	0,74	0,90
2,20	8	0,820	19,78	24,12	0,99	1,21
2,30	22	0,719	47,67	66,33	2,38	3,32
2,40	58	0,617	107,92	174,87	5,40	8,74
2,50	36	0,666	72,26	108,54	3,61	5,43
2,60	40	0,614	74,08	120,60	3,70	6,03
2,70	55	0,613	101,62	165,83	5,08	8,29
2,80	60	0,611	110,61	180,90	5,53	9,05

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,2	4	12,59	Incoerente - coesivo	1,64	1,86	0,18	0,76	3,04	U.L.1
2,6	39	117,59	Incoerente - coesivo	2,16	2,36	0,4	0,76	29,68	U.L.2
2,8	57,5	173,37	Incoerente - coesivo	2,5	2,5	0,47	0,76	43,76	U.L.3

PROVA ... Nr.2

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	2,86	3,34	0,14	0,17
0,20	2	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	3	0,853	8,54	10,02	0,43	0,50
0,40	1	0,851	2,84	3,34	0,14	0,17
0,50	2	0,849	5,67	6,68	0,28	0,33
0,60	2	0,847	5,66	6,68	0,28	0,33
0,70	3	0,845	8,47	10,02	0,42	0,50
0,80	5	0,843	14,08	16,70	0,70	0,83
0,90	3	0,842	8,00	9,51	0,40	0,48
1,00	2	0,840	5,32	6,34	0,27	0,32
1,10	3	0,838	7,97	9,51	0,40	0,48
1,20	2	0,836	5,30	6,34	0,27	0,32
1,30	2	0,835	5,29	6,34	0,26	0,32
1,40	3	0,833	7,92	9,51	0,40	0,48
1,50	3	0,831	7,90	9,51	0,40	0,48
1,60	3	0,830	7,89	9,51	0,39	0,48
1,70	4	0,828	10,49	12,68	0,52	0,63
1,80	4	0,826	10,47	12,68	0,52	0,63
1,90	3	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	3	0,823	7,45	9,05	0,37	0,45
2,10	2	0,822	4,95	6,03	0,25	0,30
2,20	3	0,820	7,42	9,05	0,37	0,45
2,30	5	0,819	12,34	15,08	0,62	0,75
2,40	5	0,817	12,32	15,08	0,62	0,75
2,50	4	0,816	9,84	12,06	0,49	0,60
2,60	5	0,814	12,28	15,08	0,61	0,75
2,70	5	0,813	12,25	15,08	0,61	0,75
2,80	5	0,811	12,23	15,08	0,61	0,75
2,90	6	0,810	13,98	17,25	0,70	0,86
3,00	45	0,609	78,76	129,39	3,94	6,47
3,10	58	0,607	101,29	166,77	5,06	8,34
3,20	60	0,606	104,55	172,52	5,23	8,63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,9	3,24	10,11	Incoerente - coesivo	1,6	1,86	0,23	0,76	2,47	U.L.1
3,2	54,33	156,23	Incoerente - coesivo	2,5	2,5	0,5	0,76	41,35	U.L.2

ALL.2 – INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

ACQUI STRADA LACIA

Strumento: TRZ-0130/01-10

Inizio registrazione: 12/05/21 15:56:33 Fine registrazione: 12/05/21 16:12:34

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

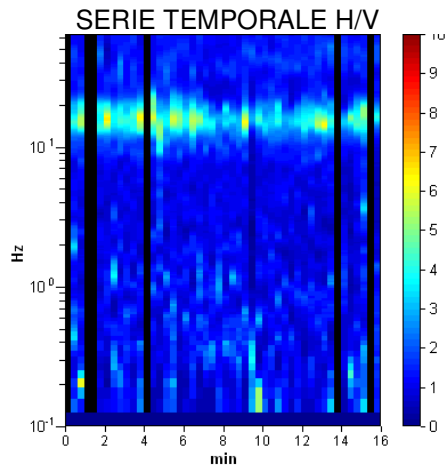
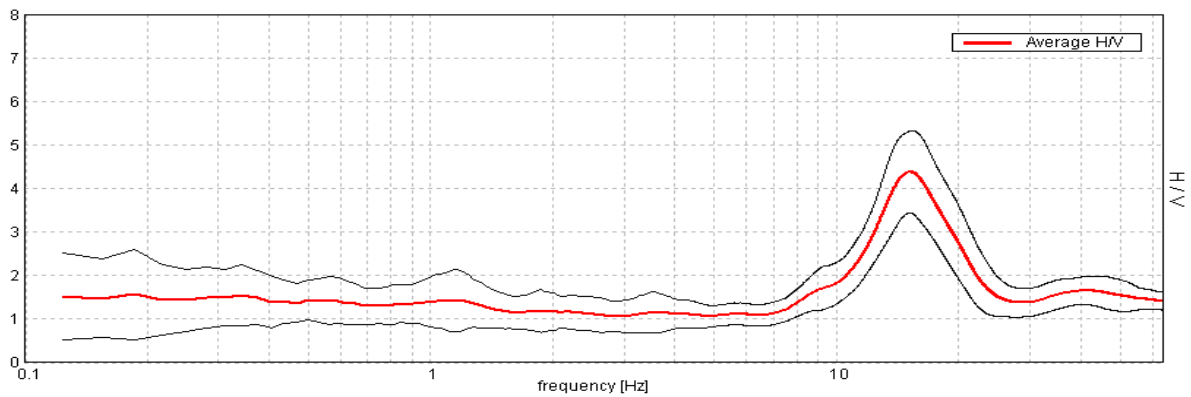
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

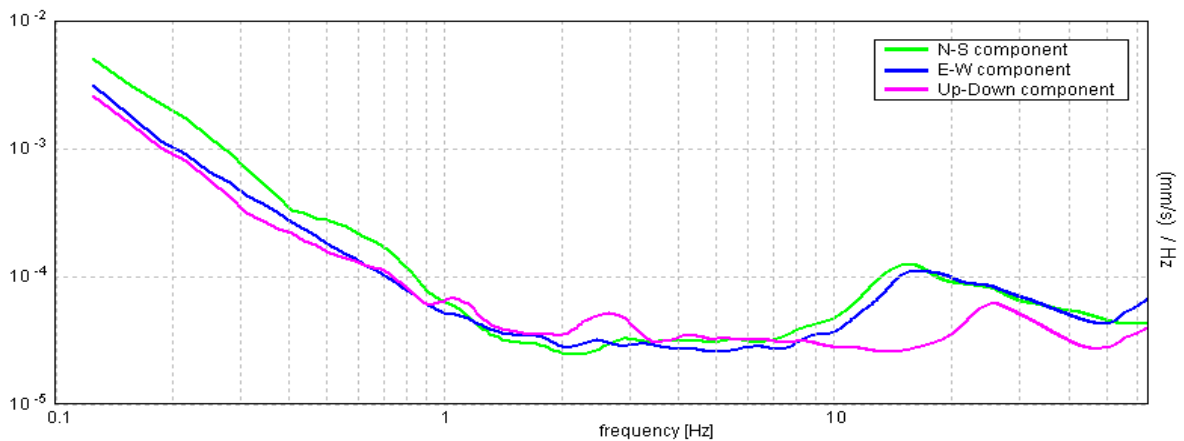
Lisciamento: 15%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 15.19 ± 0.25 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 15.19 ± 0.25 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$12757.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 730	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	11.0 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.38 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01649 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.25046 < 0.75938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9367 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALL.3 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 – esecuzione prova P1



Foto 2 – esecuzione prova P2

Regione **PIEMONTE**
Provincia di **ALESSANDRIA**
Comune di **ACQUI TERME**

**INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO SETTORI
DELLA STRADA COMUNALE LACIA
INTERVENTO 2-3**

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: **COMUNE DI ACQUI TERME**

PROGETTISTA GENERALE: **Ing CIARDIELLO Francesco**

TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. ENRICO RAPETTI

Via Don Gnocchi 92, 15011 – Acqui Terme (AL)

C.F.: RPTNCM82E22A052L

P.IVA: 02301960064

cel: 333 6927290

enricorapetti@alice.it

enrico.rapetti@pec.geologipiemonte.it



Acqui Terme, giugno 2021

INDICE GENERALE

◆ PREMESSA.....	pag.41
◆ RIFERIMENTI NORMATIVI.....	pag.41
◆ SINTESI STUDIO GEOLOGICO E CAMPAGNA DI INDAGINE.....	pag.41
◆ INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO.....	pag.42
◆ DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA.....	pag.44
◆ INQUADRAMENTO NORMATIVO	pag.50
◆ INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA.....	pag.53
◆ VALUTAZIONE PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DESCRIZIONE INTERVENTI PROVVISONALI.....	pag.54
◆ MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	pag.58
◆ MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	pag.58
◆ PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	pag.60
◆ PREVISIONI DI PROGETTO ED INICAZIONI GEOLOGICHE.....	pag.63
◆ SINTESI.....	pag.65
◆ CONCLUSIONI.....	pag.67
◆ ALLEGATO 1 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

PREMESSA

L'intervento in progetto consiste nella sistemazione e consolidamento di tratti di strada comunale Lacia soggetta a dissesti in seguito ad evento alluvionale del novembre 2019. Il sito è situato all'interno del territorio comunale di Acqui Terme (AL).

L'Ing. Francesco Ciardiello con studio sito in Via Crispi n.10, 15011 - Acqui Terme (AL), è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio geologico e geotecnico, a supporto della Progettazione Generale, contempla gli aspetti previsti dalle normative di riferimento, quali:

- D.M. LLPP 11/03/1988 n.47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";*
- Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. del Comune di Acqui Terme;*
- L.R.45/89 "Interventi in zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico"*
- Disposizioni per l'attuazione degli adempimenti in merito all'accertamento ed espressione delle violazioni delle prescrizioni per le costruzioni in zone sismiche approvate con Deliberazione della Giunta Regionale n. 65-7656 del 21.05.2014 (Suppl. ord. N. 1 del BUR n. 25 del 19/06/2014)*
- D.P.R. n.120 del 13/06/2017 "Terre e Rocce da Scavo"*

SINTESI STUDIO GEOLOGICO e CAMPAGNA di INDAGINE

E' stata previsto uno studio geologico come segue:

- sopralluogo per analisi preliminare sito di intervento;*
- analisi di tutta la documentazione progettuale;*
- valutazione sulla fattibilità normativa;*
- consultazione cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica esistente e presenza di eventuali vincoli;*
- elaborazione e pianificazione della campagna di indagine opportuna all'espletamento del mandato ricevuto.*

Nel caso specifico la campagna di indagine preliminare prevede:

- rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio;*

Elaborazione dei dati e delle risultanze delle indagini per fornire un quadro geologico geomorfologico idrogeologico, proporre un'ipotesi di intervento e le eventuali prescrizioni per il corretto inserimento delle opere in progetto nella situazione geologica locale ai sensi delle normative vigenti.

INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune in esame si estende per ca. 15.3 km² nel settore collinare compreso tra la pianura alessandrina e la catena delle Alpi Liguri a cavallo della valle del Fiume Bormida e poco prima che la stessa sfoci nella succitata pianura alessandrina.

Si tratta di un ampio territorio, in prima approssimazione inscrivibile in un rettangolo, disposto con la dimensione maggiore N-S, avente larghezza massima di ca. 6.5 km ed altezza N S di ca. 8.5 km. (cfr allegati cartografici in scala 1:10.000).

Il sito in esame si colloca all'interno del territorio comunale di Acqui Terme, a S del concentrico, precisamente lungo la strada comunale Lacia, che dalla zona Bagni porta alla Fraz. di Ovrano.

COORDINATE Zona 32T:

Distanza verso est: 458094.32 m E

Distanza Verso nord: 4944632.66 m N

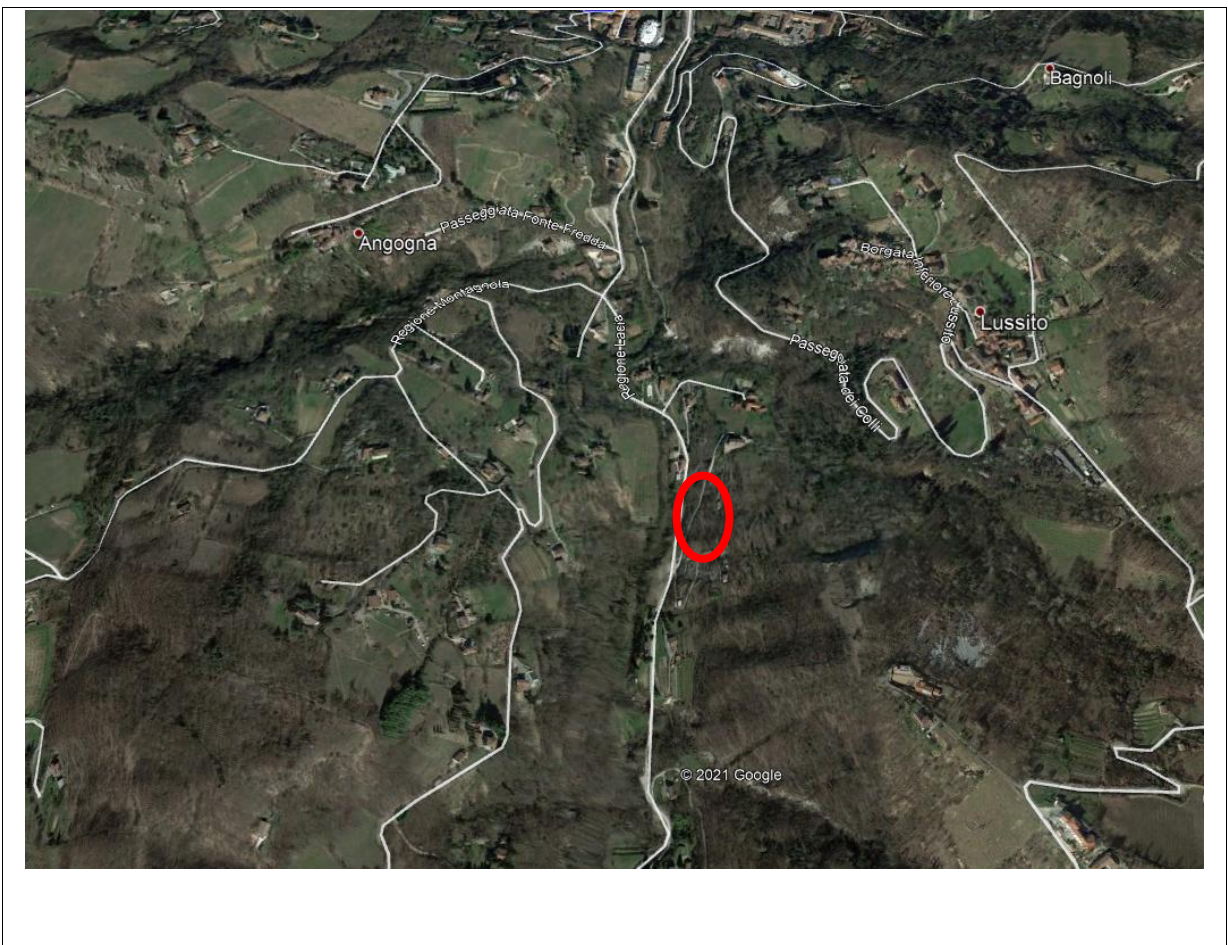


Fig.1 – Estratto Foto Aerea – Google Earth

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel complesso l'area si inserisce nel settore collinare Sud del territorio comunale, compreso tra il confine con i comuni di Visone, Cavatore, Grogna e Melazzo e la sottostante piana di fondo valle del Bormida caratterizzato da uno sviluppo abbastanza complesso con quote elevate e acclività anche ragguardevoli ed innumerevoli problematiche geomorfologiche anche in ragione della sua storia geologica e tettonica assai complessa ed articolata; è questo anche il settore ove avviene una delle principali risalite idrotermali del comune di Acqui, risalita che è controllata da un articolato sistema di faglie sub verticali tra loro ortogonali e disposte principalmente E-W e subordinatamente S-N.

Il corso d'acqua principale di questo settore è il Rio Ravanasco che lo percorre tutto da S a N in posizione mediana individuando il tracciato della principale delle discontinuità tettoniche S-N e che riceve il suo affluente principale, il Rio Ravastrone da sinistra immediatamente prima del suo ingresso entro la zona Bagni della città.

Alla microscala, il sito si presenta inserita lungo il fianco di sponda destra della piccola valle formata dal Rio Ravanasco, il cui culmine si pone ad una quota di ca 400 m s.l.m., in una porzione di territorio con esposizione W a media acclività posta ad una quota compresa tra i 185 m s.l.m. (quota strada) ed i 225 m (quota fabbricato) (cfr. corografica dei luoghi di Fig.1-2).

L'area risulta complessivamente a carattere agricolo e caratterizzata sia dalla presenza di isolate abitazioni a carattere unifamiliare all'interno di zone boscate in stretta dipendenza all'acclività dei luoghi alternate a piccoli coltivi e campi incolti.

Nel caso in esame il dissesto principale è di tipo lineare interessato da processi legati alla dinamica del reticolo idrografico principale e secondario (erosioni di fondo e di sponda, trasporto solido, deposito, ecc.).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di coltri limo sabbiose sciolte in stretta derivazione dal substrato sottostante frammisti a riporti antropici legati alla realizzazione della strada (cfr. Tav.1 "Carta Geologica" del PRG riportato in Fig.2); la potenza di queste coltri così come i loro parametri geomeccanici non sono stimabili da un esame di superficie, ma occorre procedere all'esecuzione di prospezioni dirette come quelle più avanti descritte.

Il substrato litoide risulta essere la base della Formazione delle Arenarie di Cremolino di età miocenica (cfr. Carta Geologica Fig.3) in facies di Arenaria grigia in strati da 10 a 40 cm con strutture da corrente interne e basali, ritmicamente alternata a marne e marne argillose grigio azzurra caratterizzate dalla frequente presenza di frustuli vegetali; verso l'alto della serie frequenti intercalazioni di sabbie e/o arenarie debolmente cementate di colore grigio giallastro.

In relazione all'assetto geologico-strutturale, il substrato geologico, ove affiorante o subaffiorante in prossimità delle aree di interesse, è caratterizzato dalla presenza di superfici di strato con giaciture mediamente dotate di immersioni comprese tra N e NE ed inclinazioni

mediamente variabili tra 15° e 20°; pur essendo possibili locali variazioni giaciturali, l'orientazione delle superfici di strato è da considerarsi compresa tra "traverpoggio" e "franapoggio" rispetto all'esposizione media dei settori di versante ospitanti le aree di interesse.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le aree di interesse ricadono in corrispondenza dei settori mediani ed inferiori di una dorsale morfologica minore, delimitata da scarpate caratterizzate da elevata acclività ed inserita in corrispondenza delle porzioni vallive del versante destro della valle del Rio Ravanasco.

L'assetto stratigrafico locale è schematizzabile con la presenza di una coltre detritica, costituita da terreni a rilevante frazione limoso-sabbiosa, in generale, dotati di mediocri permeabilità, a cui seguono, a partire da profondità in generale comprese tra 0,5 m e 3,5 m rispetto alla quota del locale piano di campagna, arenarie e sabbie debolmente cementate, intercalate a marne e marne argillose, in generale, caratterizzate da permeabilità variabile tra ridotta ed estremamente ridotta.

Dalle risultanze delle indagini eseguite, è possibile pervenire ad una locale e schematica ricostruzione delle modalità di circolazione per le acque sotterranee potenzialmente presenti a ridotta profondità:

le caratteristiche geomorfologiche e stratigrafiche delle aree di interesse e dei settori di versante che le ospitano non sono favorevoli alla presenza di una importante falda acquifera superficiale, arealmente continua o stagionalmente persistente;

- la presenza idrica entro i terreni costituenti la coltre detritica e nelle porzioni più superficiali del substrato geologico è comunque da considerarsi localmente e stagionalmente non trascurabile ed è da mettersi anche in relazione diretta con fenomeni di infiltrazione delle acque meteoriche e di quelle ruscellanti;

- il substrato geologico è caratterizzato da permeabilità variabile tra ridotta o estremamente ridotta; la circolazione idrica è ivi da considerarsi localizzata in particolare in corrispondenza di discontinuità e di livelli sabbiosi.

Per le aree di interesse, la presenza di non trascurabili quantità idriche, a ridotta profondità, entro le coltri detritiche o nei litotipi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico è quindi da considerarsi direttamente correlabile agli apporti meteorici ed conseguenti fenomeni di infiltrazione delle acque di origine meteorica e di quelle ruscellanti, oltre che alla non rilevante capacità drenante dei litotipi costituenti detto substrato, che non permette il rapido smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione verso gli strati più profondi.

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA

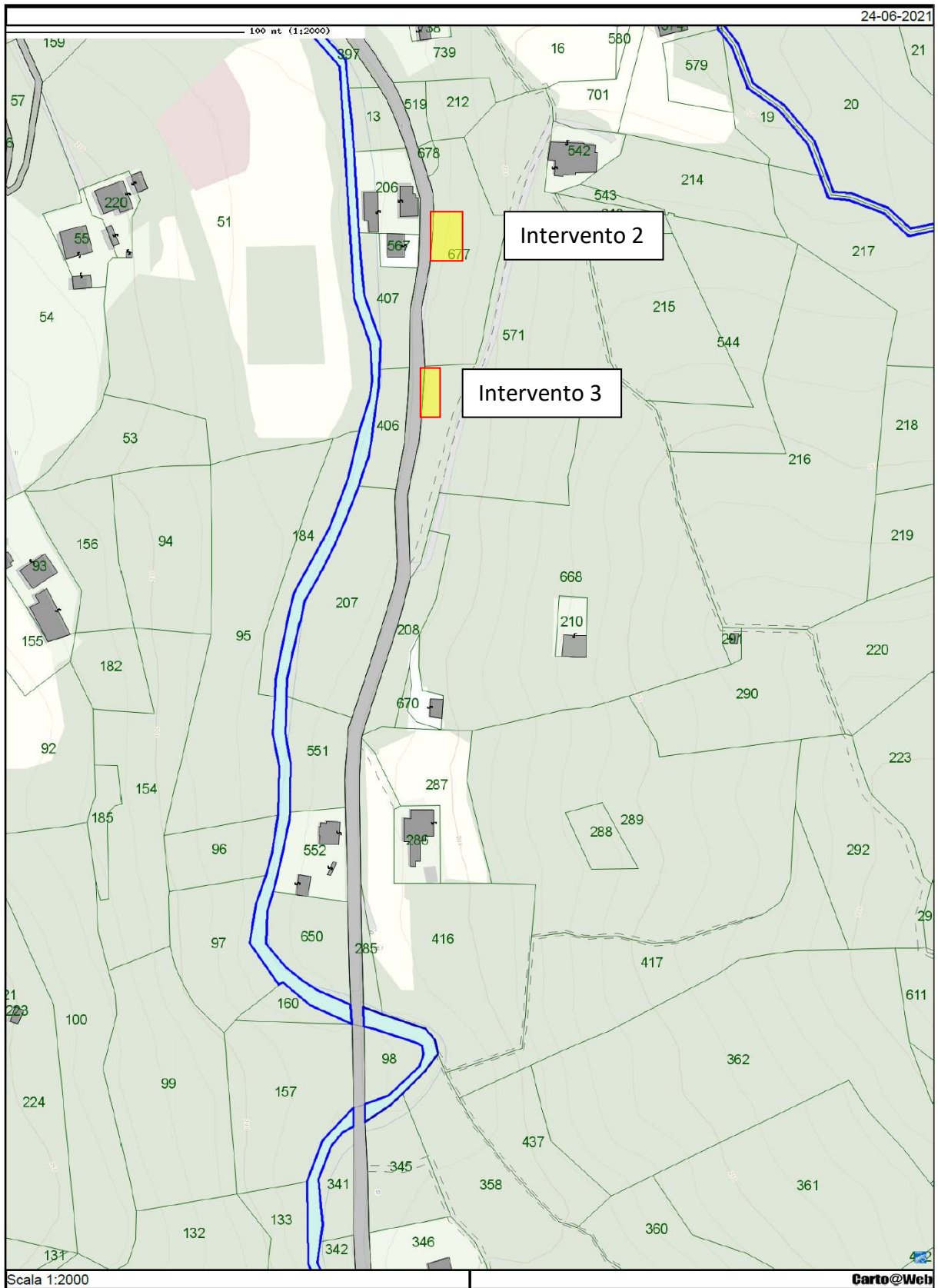


Fig.2 Estratto della BDTRE colori sovrapposta alla planimetria catastale

S.I.T. Comune di Acqui Terme - In scala 1:2.000

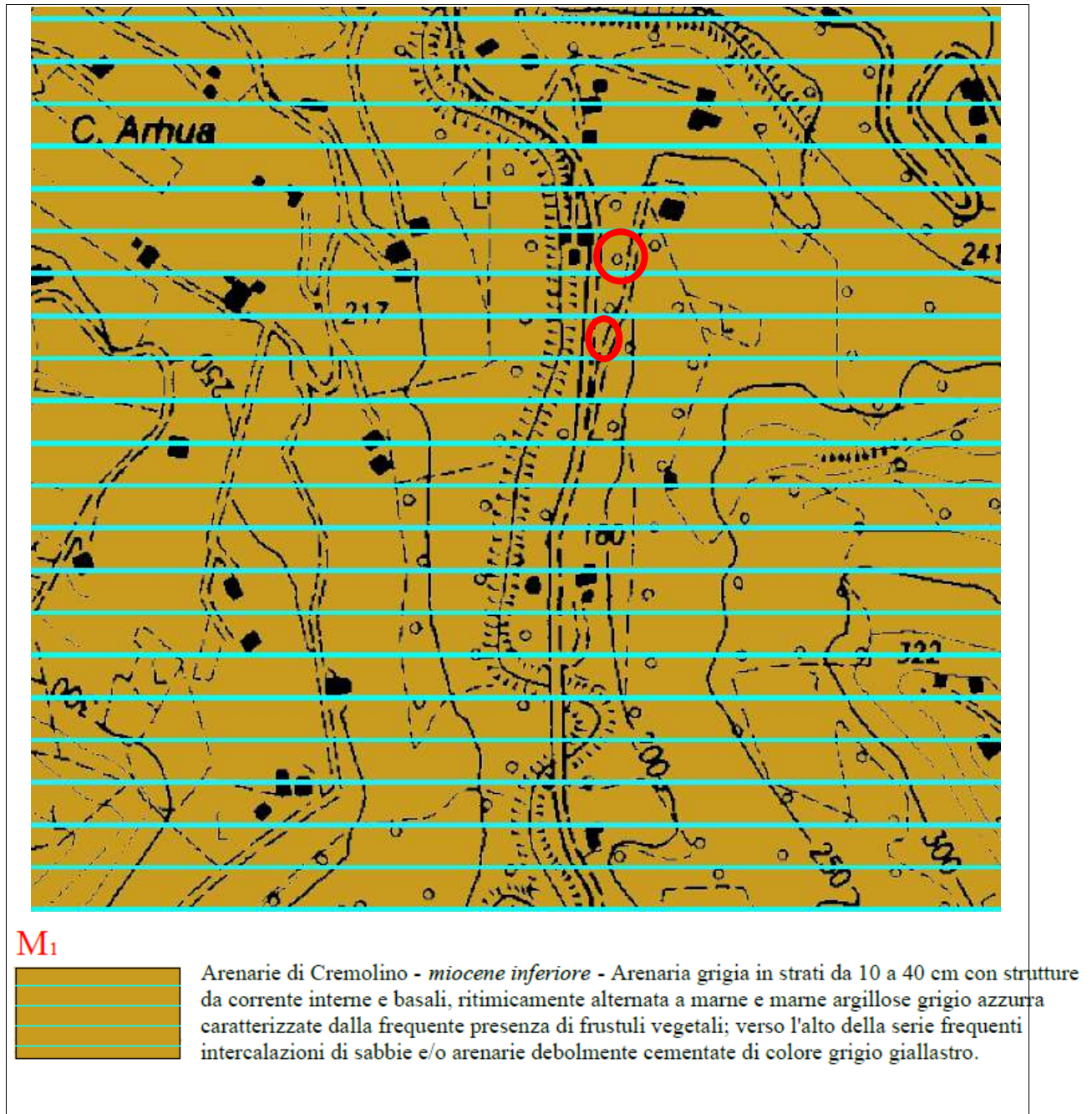
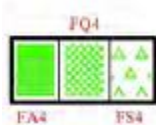
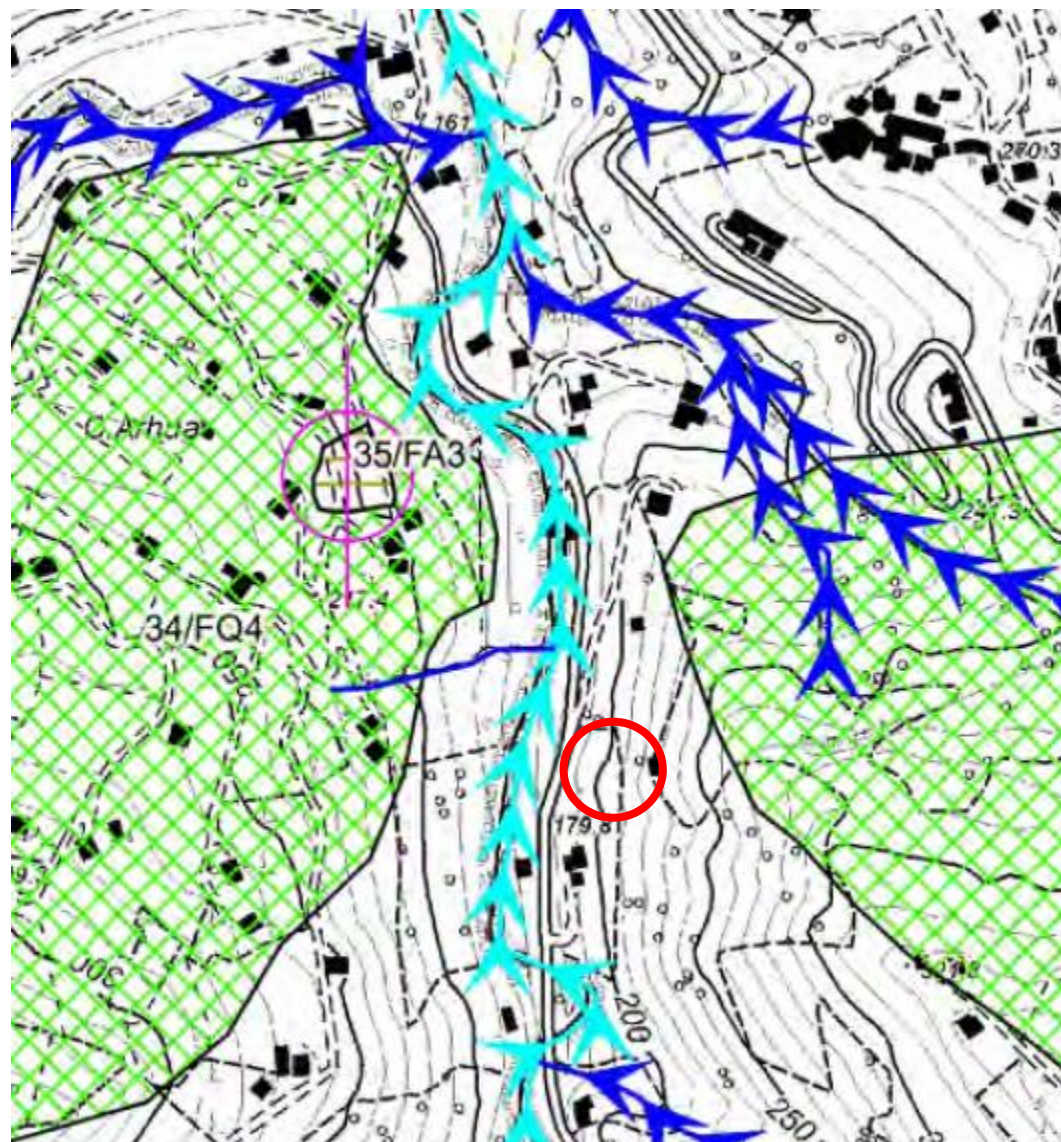


Fig.3 Estratto della Tav.1 "Carta Geologica" del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme
In scala 1:10,000



Scivolamento traslativo.

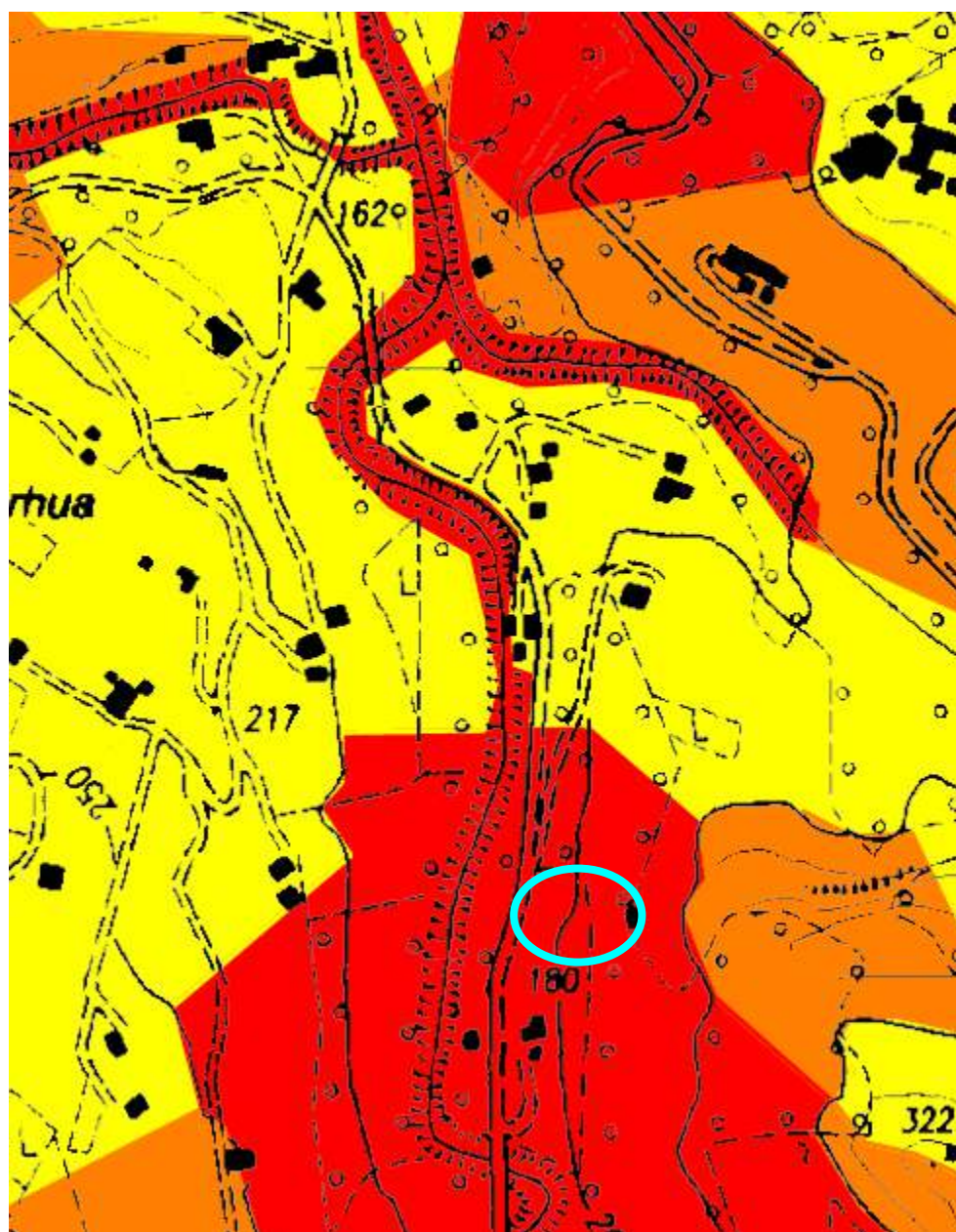
Il movimento si verifica in prevalenza lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata, corrispondente spesso a discontinuità strutturali, quali faglie, giunti di fessurazione o di stratificazione, o passaggi fra strati di diversa composizione litologica, o contatto tra roccia in posto e detrito soprastante.

FA4 : fenomeno attivo

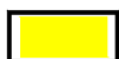
FQ4 : fenomeno quiescente

FS4 : fenomeno stabilizzato

Fig.4 Estratto Tav.2 “Carta Geomorfologica” del vigente PRG del Comune di Acqui Terme in scala 1:10.000

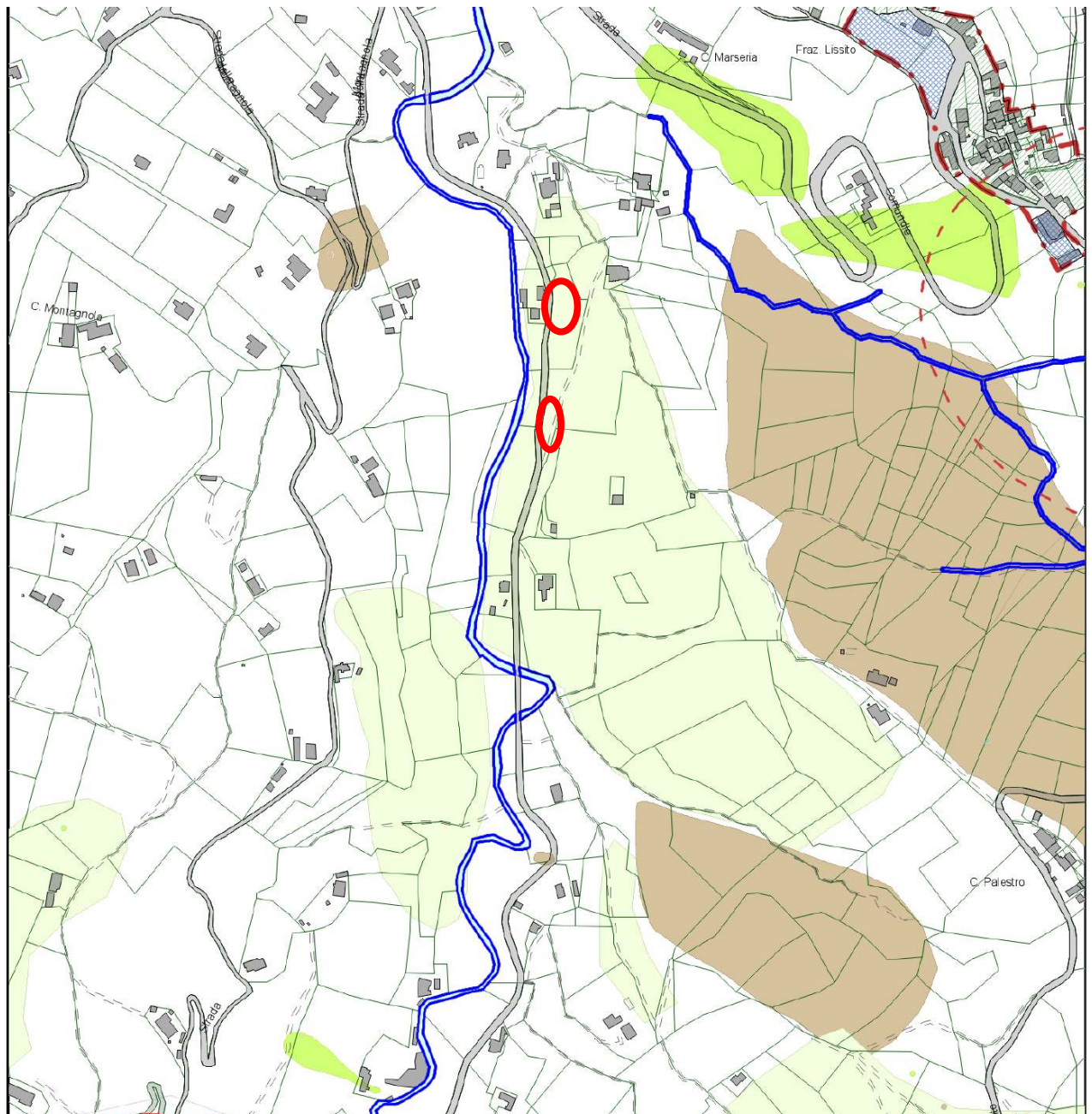


Acclività maggiori di 25° (45%)



Acclività comprese tra 5° e 15° (10% - 30%)

Fig. 5 Estratto Tav.4 “Carta dell’Acclività” del vigente PRG del Comune di Acqui Terme
in scala 1:10.000



Frane areali	Crollo/Ribaltamento
Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi	DGPV
Aree soggette a frane superficiali diffuse	Espansione
Aree soggette a sprofondamenti diffusi	Scivolamento rotazionale/traslattivo
Colamento lento	Settore CARG
Colamento rapido	Sprofondamento
Complesso	n.d.

Fig.6 Estratto cartografia SiFraP - Sistema Frane Piemonte sovrapposta alla planimetria catastale S.I.T. Comune di Acqui Terme - In scala 1:5.000

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Normativa geologica degli strumenti urbanistici vigenti.:

Gli interventi in previsione sono riferibili ad interventi di consolidamento, adeguamento funzionale e messa in sicurezza di settori della viabilità comunale; la realizzazione di tali tipologie di intervento, nelle Norme di Attuazione del P.R.G.C. del Comune di Acqui Terme, è sempre considerata ammissibile.

In merito alla fruibilità urbanistica, correlata alle condizioni di dissesto pregresso o potenziale, il territorio del Comune di Acqui Terme, appartenente al bacino idrografico del Fiume Po, è soggetto alle norme d'uso del territorio indicate nel *"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"* (nel seguito indicato anche come P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, che ha valenza di *"Piano di Settore"*, sovraordinato rispetto agli altri strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale, regionali, provinciali e comunali. Per i Comuni con territorio appartenente al bacino di riferimento, è stato disposto che:

- vengano eseguite verifiche di compatibilità, con le condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico e di rischio indicate nel P.A.I., per le previsioni degli strumenti urbanistici già vigenti;
- gli studi eseguiti, a scala locale, a supporto di dette verifiche di compatibilità, a seguito della conclusione di procedure di validazione, da parte dei Servizi Tecnici e delle Direzioni regionali e provinciali competenti, vengano trasposti nei contenuti del P.A.I..

Per quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I. (nel seguito indicate come N.d.A.), i Comuni della Regione Piemonte con territorio appartenente al bacino del Fiume Po che non abbiano già adeguato le previsioni del proprio strumento urbanistico comunale con il P.A.I., nel caso di aree dissestate o soggette a rischio idraulico o idrogeologico, perimetrare nella cartografia di detto piano, devono fare riferimento alle norme d'uso indicate all'Art. 9 delle citate N.d.A.; tali norme d'uso possono essere modificate, entro ristretti limiti, dagli strumenti urbanistici comunali soltanto nel caso in cui i Comuni abbiano adeguato gli stessi, a seguito della conclusione delle procedure di verifica di compatibilità con le previsioni del P.A.I.

In merito all'analisi della documentazione di carattere geologico-tecnico e della relativa cartografia tematica, aggiornata al mese di Febbraio 2014, prodotta a supporto degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica del Comune di Acqui Terme, ad oggi, già adeguati con le previsioni del P.A.I., è possibile evidenziare come le aree di interesse ricadano entro settori di versante, in generale, caratterizzati da rilevante pericolosità geomorfologica, correlata essenzialmente alla potenziale attivazione di fenomeni franosi, in generale attivabili a piccola e media scala, coinvolgenti le porzioni più superficiali delle coperture detritiche

La “**Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell’Idoneità all’Utilizzazione Urbanistica**” del vigente P.R.G. del territorio comunale di Acqui Terme inserisce la zona in cui si svilupperanno gli interventi in **Classe IIIa2** “*Aree non edificate o con presenza di isolati edifici nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono attribuibili essenzialmente alla presenza di movimenti franosi ed alle modalità evolutive del reticolo idrografico minore*”

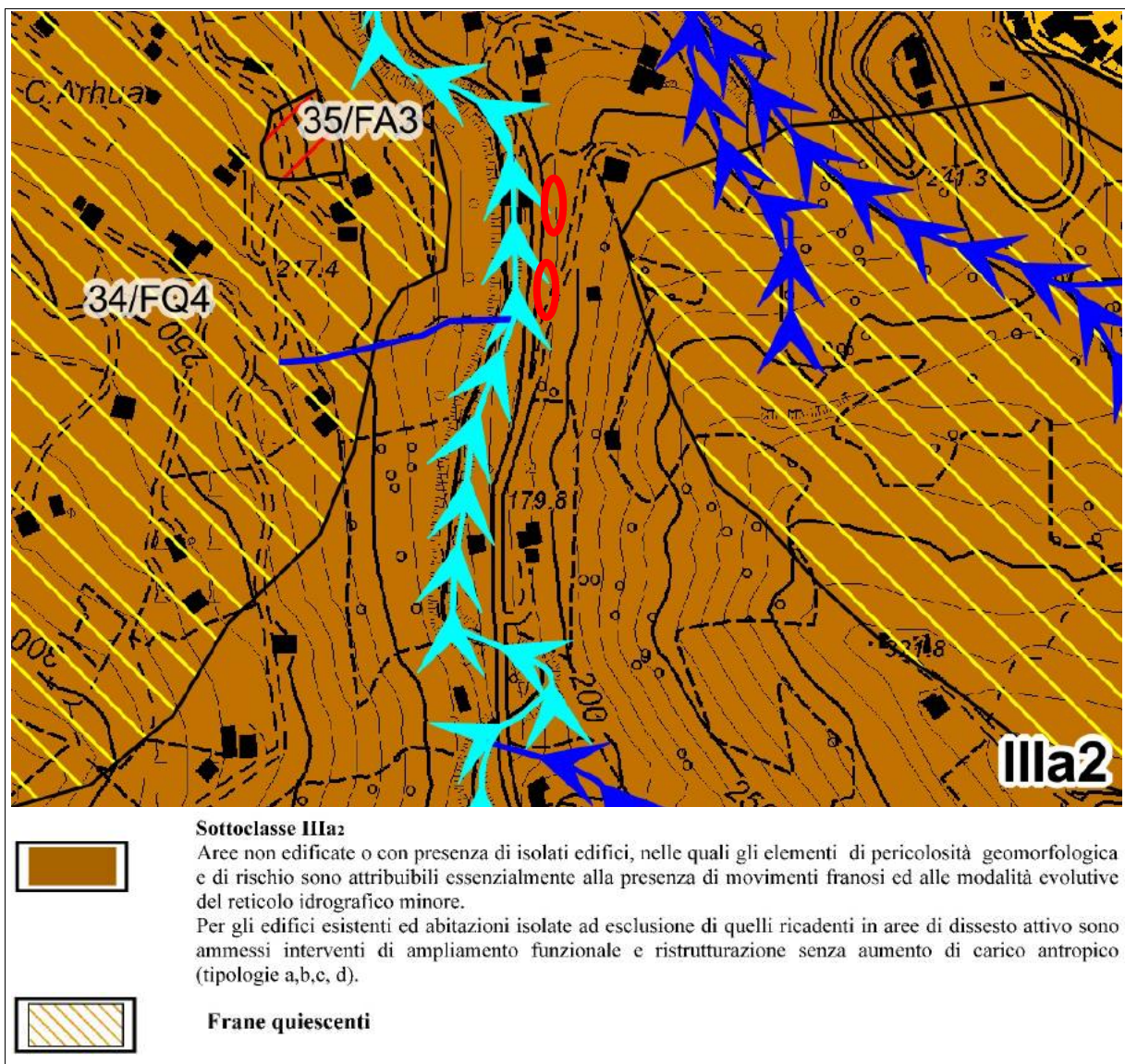


Fig.7 Estratto della Tav.9 “Carta di Sintesi” del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme

In scala 1:10.000

Vincolo idrogeologico

Le aree sono sottoposte a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923 e L.R. 45/89.

Movimentazione Terra

Intervento 2: considerato la movimentazione terra ed il rilevante disgaggio eseguito in regime di somma urgenza non sono previsti opere di scavo (minimi volumi derivanti da decespugliamento della vegetazione esistente (rovi e arbusti).

Intervento 3: minimi volumi di risulta da opere di decespugliamento vegetazione esistente ed eventuale asportazione di ceppaie (l'eventuale materiale derivante da tali operazioni saranno sistemati in aree adiacenti di proprietà privata).

Gestione Terre e Rocce da scavo

L'eventuale materiale di scavo prodotto dagli interventi 2-3, sarà totalmente sistemato in aree adiacenti al sito di produzione (aree private) come in fase di somma urgenza.

Classificazione Sismica ai sensi della DGR n. 6 – 887 del 30.12.2019

La classificazione sismica del territorio è stata per lungo tempo competenza dello Stato che ha provveduto negli anni '80 alla classificazione per Decreto dell'intero territorio nazionale, e per il Piemonte con DM 4 febbraio 1982.

Secondo l'attuale legislazione, la classificazione sismica del territorio spetta alle regioni, sulla base dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche stabiliti dallo Stato, attualmente rappresentati dall'Opdm 3519/06.

Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 11-13058 del 19/01/2010 e successivamente precisato dalla DGR n. 65-7656 del 21/05/2014, attualmente vigente, con cui sono state aggiornate anche le procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico.

Sul B.U. n. 4 del 23 gennaio 2020 è stata pubblicata la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto ed approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte" di aggiornamento della classificazione regionale.

Si evidenzia, tuttavia, che fino all'aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, per la cui predisposizione la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 ha fissato un periodo di 6 mesi, continueranno a valere le disposizioni vigenti, stabilite dalla D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656

*Il territorio comunale in questione è inserito in **ZONA SISMICA 3**.*

INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Lo studio ed analisi della documentazione progettuale e dell'inserimento delle opere in ottemperanza ai vincoli normativi, si è prevista una campagna di indagini come segue:

6. rilievo geologico geomorfologico area di intervento;
7. valutazione geologica e geomorfologica sulle eventuali criticità insistenti sull'area;
8. analisi e raccolta dei dati geologico-stratigrafici, geotecnici ed idrogeologici pregressi, eventualmente disponibili;

RILIEVO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche geologico-strutturali dei litotipi terziari costituenti il substrato geologico, estesamente affioranti e subaffioranti in corrispondenza delle scarpate coinvolte dai dissesti di interesse, sono riconducibili:

- a) alla presenza, oltre alla stratificazione, di almeno due famiglie di discontinuità (giunti di fratturazione);
- b) ad una non trascurabile dispersione giaciturale delle superfici di strato aventi immersione N-NE ed inclinazioni variabili tra 15° e 20°;
- c) ad una importante dispersione giaciturale dei giunti di fratturazione, in generale subverticali;
- d) a valori della spaziatura dei giunti delle varie famiglie di discontinuità in generale superiori a 200 mm;
- e) a valori della persistenza pari al 100% per i giunti di stratificazione ed in generale inferiori al 50% per i giunti di fratturazione.

I litotipi costituenti il substrato geologico sono quindi definibili come una struttura costituita da una matrice litoide o pseudolitoide separata da zone di discontinuità, e quindi da zone di minore resistenza, aventi due dimensioni nettamente prevalenti sulla terza.

A scala locale, dal punto di vista geologico-stratigrafico, per i settori di versante ospitanti le aree di

interesse, in generale, è osservabile la presenza di coperture detritiche, costituite da terreni di natura eluvio-colluviale, a frazione limoso-sabbiosa dominante, comprendenti elementi lapidei decimetrici, caratterizzate da potenze (spessori) localmente anche molto variabili; seguono litotipi sedimentari, essenzialmente marnoso-arenacei, anche molto alterati negli strati più superficiali, ivi costituenti il substrato geologico.

L'analisi dei dati stratigrafici, disponibili e rilevati, permette infatti di osservare una modesta variabilità locale nella profondità di reperimento dei litotipi arenaceo-marnosi ivi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico, in generale stimata sui 0,5 m rispetto alla quota del locale piano di campagna.

**VALUTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA SULLE CRITICITA' INSISTENTI SUL SITO
INTERVENTO 2**

La parete oggetto di intervento è caratterizzata da fenomeni gravitativi nella porzione inferiore e di crollo in quella superiore che riguardano gran parte del versante a monte della strada comunale, ma anche al di sopra della strada privata di accesso all'abitazione civ.11.

Dai sopralluoghi preliminari effettuati è emerso chiaramente che la zona oggetto di intervento è caratterizzata da parti di scarpata già franata e da ampie zone ad incipiente instabilità.

Tale problematica attualmente in essere può essere ricondotta prevalentemente alle caratteristiche geolitologiche della parete rocciosa, costituita da un corpo litoide stratificato con presenza di discontinuità tettoniche rilevanti e dalle forti precipitazioni che hanno sicuramente aumentato la pressione all'interno delle serie litoidi ad elevato grado di fratturazione.

-

Infatti sono evidenti tracce di instabilità con episodi di distacchi lapidei di dimensione fortemente variabili ed un potenziale crollo di porzioni di roccia apprezzabili che hanno coinvolto un importante volume di materiale sciolto instabile, alimentando un flusso detritico che ha invaso completamente la carreggiata, danneggiando alcune strutture pertinenziali dell'abitazione sottostante.

-

Tale ampio dissesto, ha messo a nudo una parete rocciosa ad elevata acclività, evidenziando l'elevata pericolosità di riattivazione della stessa porzione di versante ed il rischio di ulteriori crolli in corrispondenza del tratto di monte dell'abitazione ubicata al civ.6.

Le operazioni sono procedute in senso discendente (dalla sommità verso il piede del versante) attraverso la realizzazione di rampe mediante mezzo meccanico cingolato; in seguito a tali operazioni è stata prevista la posa di biostuoie in cocco preaccoppiata a rete metallica a doppia torsione opportunamente ancora tramite chiodature (capitolo specifico).

A scavo terminato, le "rampe" ricavate in modo continuo e lineare, sono state utilizzate per la posa di stuoie geocomposite impermeabili drenanti per la raccolta ed il deflusso delle acque meteoriche superficiali.

DESCRIZIONE DELLE OPERE PROVVISORIE

- I lavori di abbattimento e di estirpamento di alberi e arbusti sono stati condotti in modo da evitare danni a vegetazione da conservare; procedendo con i lavori di sistemazione e operazioni di messa a dimora, si è reso necessario effettuare una pulizia del terreno da tutti i materiali derivanti dal corpo di frana e materiali di risulta dagli scavi e presenti nell'area, e sistemati in via temporanea in prossimità dell'area di cantiere, messa a disposizione dai rispettivi proprietari in regime di somma urgenza.

Per quanto riguarda la rimozione del corpo di frana, le operazioni sono risultate particolarmente rischiose, considerata l'instabilità sia delle parti litoidi sia di rilevanti volumi di terra movimentata.

Gli interventi di scavo sono risultati fondamentali per la diminuzione del rischio di attivazione di ulteriori dissesti, per la scelta di idonei interventi di somma urgenza, utili e prepedeuti a futuri interventi definitivi di messa in sicurezza delle aree dissestate.

Questi interventi sono schematizzati con la riprofilatura e rimodellamento dei versanti e nel consolidamento preliminare delle porzioni di roccia o terreno instabile che non possono essere ulteriormente asportate da disaggi manuali o mediante mezzi meccanici.

Le operazioni sono procedute in senso discendente (dalla sommità verso il piede del versante) attraverso la realizzazione di rampe mediante mezzo meccanico cingolato; in seguito a tali operazioni è stata prevista la posa di biostuoie in cocco preaccoppiata a rete metallica a doppia torsione opportunamente ancora tramite chiodature (capitolo specifico).

A scavo terminato, le "rampe" ricavate in modo continuo e lineare, sono state utilizzate per la posa di stuoie geocomposite impermeabili drenanti per la raccolta ed il deflusso delle acque meteoriche superficiali.

POSA RETE METALLICA PREACCOPIATA CON GEOSTUOIA IN COCCO

La soluzione progettuale è consistita in una riprofilatura del versante e successivo impiego di un geocomposito costituito dall'accoppiamento di una rete metallica a doppia torsione e di una biorete naturale in fibre di cocco (1650 mq).

Per una rapida sistemazione versante e futuro inerbimento della scarpata stradale si è scelto di impiegare una biorete naturale biodegradabile in cocco ad alta grammatura (900gr/mq) in grado di trattenere efficacemente il terreno vegetale riportato ed alimentare la crescita vegetativa, attraverso la lenta biodegradazione.

- diametro pari a 2,70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco conforme alla UNI-EN 10244 - Classe A con un quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 255 g/m² (UNI-EN 10245-2 in accordo con "Linee Guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP)

Al geocomposito è stato abbinato un sistema di contenimento perimetrale costituito da:

- barre di acciaio Feb44k, diametro 24 mm (comprensive di golfaro in testa) di lunghezza pari ad 2,00 metri inserite perimetralmente (in sommità e alla base) e lungo la parte mediana della scarpata, con passo di 2 m o in alternativa barra autoperforante diametro 32
- funi di legatura in acciaio AMZ, diametro 16mm in sommità' e 12 mm per la struttura di rinforzo, a seguire l'andamento delle chiodature e passanti attraverso i golfari presenti in testa ai chiodi stessi, al fine di migliorare l'aderenza e la rigidità del sistema.

A tale proposito l'impiego del geocomposito preaccoppiato, ha permesso sia di ridurre i tempi di posa in opera (creando meno disagi alla circolazione stradale) che di sviluppare un'adeguata protezione della scarpata, grazie alla presenza della biorete in fibre di cocco. La biorete naturale intrecciata, a maglia aperta, faciliterà lo sviluppo vegetativo garantendo la rinaturalizzazione della scarpata.

La presenza della rete metallica inoltre consente di rinforzare ed aumentare la rigidità del sistema, sviluppando un'importante controllo nei confronti di piccoli scivolamenti superficiali che la sola biorete - in queste condizioni di scarpata oltre i 60° - non sarebbe in grado di contenere.

La scelta di chiodature di lunghezza 2,00 metri è stata dettata dalla tipologia di potenziale dissesto e dalle caratteristiche geotecniche del substrato di immorsamento; tuttavia considerando l'elevato grado di fratturazione e di potenza degli strati litoidi si rende necessario un potenziamento della chiodatura (infillimento ed approfondimento all'interno dell'ammasso roccioso) per la definitiva messa in sicurezza del versante.

- *Operazioni preliminari:*

Le superfici da trattare, nonché la sommità e il piede per l'ancoraggio, sono state liberate da radici, pietre ed eventuali masse pericolanti al fine di regolarizzare la zona di intervento e mettere in sicurezza le maestranze che operano in parete. Particolare attenzione è stata rivolta alle ceppaie di maggiori dimensioni, la cui asportazione sarebbe potuta rivelarsi controproducente, destabilizzando masse altrimenti stabili.

Stesa in parete:

Il geocomposito è stato steso srotolandolo dall'alto verso il basso, lungo le linee di massima pendenza, oppure in senso longitudinale lungo le curve di livello, in conformità con le geometrie prevalenti e le specifiche progettuali e operative.

Dopo la stesa i teli sono stati collegati tra loro con idonee cuciture. La giunzione tra i teli andrà realizzata formando una "falsa maglia", accoppiando cioè tra loro due mezze maglie adiacenti ed utilizzando la doppia torsione avvolta al filo di bordatura come punto preferenziale di legatura. Le legature con tali punti andranno realizzate in ragione di 1 ogni

30/40 cm. ed eseguite con filo raddoppiato con diametro 1,60 mm avente le stesse caratteristiche produttive di quello della rete.

Si è avuta inoltre cura di utilizzare la cimosa in cocco per una perfetta copertura delle zone di giunzione ai margini dei teli. Il fissaggio alla superficie della scarpata avverrà mediante ancoraggi costituiti da spezzoni di acciaio, $\varnothing=8\text{mm}$ piegati a cambretta o “manico di ombrello”, di lunghezza 50-70 cm in relazione alla consistenza e profondità del substrato, impiegati con densità massima di 0,5 picchetti al metro quadrato o comunque in base alla morfologia del terreno in modo da ottenere una buona aderenza al terreno

Il geocomposito è stato bloccato su tutto il perimetro mediante ancoraggi in barra d'acciaio tipo B450C (ex FeB44k) ad aderenza migliorata con testa filettata, completa di golfaro passacavo, con diametro $\varnothing=24\text{ mm}$ con lunghezza minima di 2,0 metri, in ragione di 1 ogni 2 metri lineari; in alternativa ove non si riesca a perforare con i fioretti si farà uso di barre autoperforanti diametro $\varnothing=32\text{ mm}$.

Le barre sono state collocate all'interno di fori realizzati in parete mediante martelli pneumatici manuali con fioretti di diametro $\varnothing = 41\text{ mm}$.

Le barre sono state cementate mediante iniezione con boiaccia antiritiro dosata a 600kg di cemento 425 ($\text{RCK} \geq 25\text{ MPa}$) per metro cubo di impasto, avendo cura di realizzare successive iniezioni ripetute fino a perfetta saturazione del foro.

All'interno dell'occhiello passacavo del golfaro in testa alle barre d'acciaio, è stata fatta passare la fune d'acciaio perimetrale in trefolo di acciaio zincato con anima metallica con diametro $\varnothing=16\text{mm}$ in testa di cui si allega scheda $\varnothing=12\text{mm}$ per le altre chiodature di cui si allega scheda

Intorno alle funi perimetrali così realizzate, è stato ripiegato un lembo di rete, in sommità ed al piede, per una lunghezza minima di 40-50 cm. Il risvolto della rete su se stessa, verrà fissato mediante cuciture eseguite con filo raddoppiato, utilizzando preferenzialmente le doppie torsioni della rete



MODELLAZIONE GEOLOGICA

da affioramento
0.00 m
Unità Litotecnica 1 <i>coltri eluvio colluviali limoso-sabbiosi a bassa consistenza</i>
-0.50/1.00 m
Unità Litotecnica 2 <i>marne siltose alterate</i>
-0.50/1.00 m
Unità Litotecnica 3 <i>Marne siltose integre</i>
>30.00 m

MODELLAZIONE GEOTECNICA**Unità Litotecnica 1 - coltri eluvio colluviali limoso-sabbiosi a bassa consistenza**

<i>Peso specifico</i>	$\gamma =$	17,0	kN/m³	<i>Peso specifico saturo</i>	$\gamma_{sat} =$	18,5	kN/m³
-----------------------	------------	-------------	-------------------------	------------------------------	------------------	-------------	-------------------------

CONDIZIONI DRENATECONDIZIONI NON DRENATE

<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	22,0	°	<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	0	°
<i>Coesione</i>	$c' =$	0	kPa	<i>Coesione non Drenata</i>	$C_u =$	15,0	kPa

Unità Litotecnica 2 - marne siltose alterate

<i>Peso specifico</i>	$\gamma =$	19,0	kN/m³	<i>Peso specifico saturo</i>	$\gamma_{sat} =$	20,5	kN/m³
-----------------------	------------	-------------	-------------------------	------------------------------	------------------	-------------	-------------------------

CONDIZIONI DRENATECONDIZIONI NON DRENATE

<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	28,0	°	<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	0	°
<i>Coesione</i>	$c' =$	5,0	kPa	<i>Coesione non Drenata</i>	$C_u =$	80,0	kPa

Unità Litotecnica 3 - marne siltose integre

<i>Peso specifico</i>	$\gamma =$	20,0	kN/m³	<i>Peso specifico saturo</i>	$\gamma_{sat} =$	21,50	kN/m³
-----------------------	------------	-------------	-------------------------	------------------------------	------------------	--------------	-------------------------

CONDIZIONI DRENATECONDIZIONI NON DRENATE

<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	34,0	°	<i>Angolo d'attrito</i>	$\phi =$	0	°
<i>Coesione</i>	$c' =$	5,0	kPa	<i>Coesione non Drenata</i>	$C_u =$	100,0	kPa

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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 PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, 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 PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 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.

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Descrizione: Intervento di consolidamento tratti di Strada Comunale Lacia

Committente: Comune Acqui Terme

Cantiere: Strada Lacia

Data: 22/06/2021

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,6563072 [°]

Longitudine (WGS84): 8,4705000 [°]

Latitudine (ED50): 44,6572685 [°]

Longitudine (ED50): 8,4715605 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	15579	44,677480	8,428554	4076,59
2	15580	44,680440	8,498673	3352,12
3	15802	44,630530	8,502717	3861,94
4	15801	44,627580	8,432583	4517,30

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,587	0,160
SLD	50	0,023	2,552	0,188
	72	0,027	2,582	0,203
	101	0,031	2,578	0,218
	140	0,035	2,591	0,232
	201	0,039	2,603	0,257
SLV	475	0,054	2,580	0,290
SLC	975	0,068	2,584	0,307

	2475	0,092	2,596	0,316
--	------	-------	-------	-------

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,570	0,160
SLD	50	0,024	2,538	0,200
	72	0,029	2,546	0,207
	101	0,033	2,554	0,223
	140	0,037	2,569	0,247
	201	0,042	2,543	0,265
SLV	475	0,059	2,555	0,284
SLC	975	0,077	2,537	0,290
	2475	0,110	2,493	0,297

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,575	0,160
SLD	50	0,024	2,543	0,200
	72	0,029	2,547	0,207
	101	0,033	2,555	0,223
	140	0,037	2,570	0,247
	201	0,042	2,549	0,266
SLV	475	0,058	2,557	0,288
SLC	975	0,075	2,544	0,296
	2475	0,104	2,530	0,311

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,590	0,159
SLD	50	0,023	2,556	0,187
	72	0,028	2,579	0,203
	101	0,031	2,576	0,219
	140	0,035	2,590	0,232
	201	0,039	2,601	0,258
SLV	475	0,053	2,582	0,292
SLC	975	0,067	2,608	0,311
	2475	0,089	2,654	0,321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,580	0,160
SLD	50	0,024	2,547	0,194
SLV	475	0,056	2,567	0,288
SLC	975	0,072	2,565	0,300

Classificazione sismica di sito ai sensi NTC18

Stima Vs30

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta stimare una
 $V_{s30} \approx 450 \pm 10$ m/s

Stima Vs media delle coltri presenti

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta calcolare una Vs media riferita all'orizzonte sovrastante il substrato sismico
 $\langle V_s \rangle = 150 \pm 20$ m/s

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (cfr. *Tabella 3.2.II e V*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Stratigrafica Ss
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s	1.20

CATEGORIA TOPOGRAFICA (cfr. *Tabella 3.2.IV e VI*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Topografica St
T2	Pendii con inclinazione media $>15^\circ$	1.20

Liquefazione dei terreni

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nelle NTC 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$; 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,007	0,016	0,021
kv	0,003	0,003	0,008	0,010
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

PREVISIONI DI PROGETTO E INDICAZIONI GEOLOGICHE INTERVENTO
--

Intervento 2 - Previsioni di Progetto.

Le previsioni di progetto considerate per l'Intervento 2 (cfr. All.1.1 e Tav.2) andranno ad interessare porzioni delle scarpate stradali che delimitano verso monte la sede viabile della S.C. Lacia, nelle sue sezioni immediatamente adiacenti alle aree descritte in cartografia catastale al foglio n° 41, alla particella n°677, e comporteranno, per uno sviluppo lineare pari a circa 22,0 m e per una ampiezza media pari a circa 16,0 m, al fine del completamento di interventi pregressi, la messa in opera di sistemi compositi di protezione sia della sede viabile da fenomeni di crollo di detrito, sia delle scarpate da fenomeni erosivi. Detti sistemi compositi di protezione saranno costituiti da reti a maglia esagonale, dotate di ancoraggi metallici, accoppiate a geostuoie e geocompositi antierosione.

Previa rimozione della vegetazione infestante e decespugliamento dei settori di scarpata di interesse, si provvederà alla posa di un rivestimento in geocomposito tridimensionale rinforzato da biotessile (rete) in fibra naturale di cocco, dotato di punti metallici zincati per le legature, fili in acciaio di cucitura e collegamento, picchetti di fissaggio alle superfici di scarpata, in acciaio di diametro 10 mm e lunghezza 50 cm con densità di n°2 al m², Successivamente si provvederà alla stesa di una copertura in teli di rete metallica a doppia torsione e maglia esagonale; i teli di rete saranno posati lungo le linee di massima pendenza e collegati utilizzando per le cuciture un filo di caratteristiche pari a quelle della rete medesima.

Lo schema applicativo per la copertura in teli di rete metallica prevede il posizionamento di una fune in trefoli d'acciaio, alla sommità e al piede della scarpata, avente diametro di mm 12 fissata al pendio tramite ancoraggi di lunghezza pari ad almeno 1,5 m, costituiti da barre in acciaio del diametro minimo di 24 mm, comprensive di golfaro passacavo zincato o dadi di serraggio e piastra di ripartizione, poste in opera ad interasse di 3,00 m.

Le barre di ancoraggio saranno solidarizzate in foro tramite iniezioni di boiaccia di cemento additivato con prodotti antiritiro. La perforazione eseguita con perforatrice a rotopercolazione di profondità pari a quella degli ancoraggi e diametro non inferiore a 36 mm; la rete sarà collegata lungo tutto il perimetro a funi ed ancoraggi.

Si evidenzia che le aree interessate dagli interventi di messa in sicurezza in previsione ricadono prevalentemente in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative o di asservimento.

Intervento 3 - Previsioni di Progetto.

Le previsioni di progetto considerate per l'Intervento 3 (cfr. All.1.1 e Tav.3) andranno ad interessare porzioni delle scarpate stradali che delimitano verso monte la sede viabile della S.C. Lacia, nelle sue sezioni immediatamente adiacenti alle aree descritte in cartografia catastale al foglio n° 41, alla particella n°571, e comporteranno, per uno sviluppo lineare pari a circa 40,0 m, e per una ampiezza media pari a circa 12,0 m, il disaggancio di detriti e pozioni

di substrato geologico, ad oggi, presenti in scarpata in configurazione instabile. Considerando acclività ed altezza delle scarpate è stato previsto l'utilizzo di autocarro dotato di cestello porta operatore.

Si evidenzia che le aree interessate dagli interventi di disgaggio in previsione ricadono prevalentemente in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative o di asservimento.

Si evidenzia che sia le aree interessate dagli interventi di messa in sicurezza provvisoria già eseguiti e di quelli in previsione, sia le aree che saranno utilizzate per il deposito temporaneo di forniture e per la messa a dimora finale dei terreni derivanti da disgaggio, ricadono in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative, di asservimento o di occupazione temporanea di suolo privato.

Sono inoltre previsti interventi di ripristino ed adeguamento funzionale della rete di distribuzione idrica e dei sistemi di regimazione delle acque meteoriche.

- è di rilevante importanza mantenere gli interventi realizzati di regimazione e deflusso delle acque superficiali dei versanti a monte, costituiti da fossi di raccolta e posa geocompositi drenanti, nella rete di deflusso naturale evitando incrementi di apporti idrici all'interno delle aree di intervento;
- messa a dimora provvisoria degli eventuali terreni di risulta degli scavi in zone a limitata acclività e con scarpate aventi angolo non superiore a 45° e protette da teli impermeabili, evitando di costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi ed in aree acclivi;
- dell'esecuzione dei lavori in stagione meteorologicamente favorevole. In caso di precipitazioni particolarmente abbondanti e/o persistenti in fase esecutiva, si consiglia la posa di teli impermeabili a protezione dei fronti di scavo.

▪ SINTESI

L'intervento ha come oggetto la realizzazione di interventi di consolidamento e sistemazione del tratto di strada dissestato in seguito ad eventi meteorici eccezionali del novembre 2019; il lotto di terreno su cui si svilupperà nel Comune di Acqui Terme (AL), a monte della strada comunale Lacia e censito catastalmente al foglio n° 41, alle particelle n°571-677.

Ai sensi del vigente disposto normativo, è stato quindi effettuato uno studio sui luoghi teso alla valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto, nel comparto geostatico in questione ai sensi del disposto della normativa di utilizzo del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. ed una modellazione geologico geotecnica del sottosuolo dell'intervento ai sensi dalla vigente normativa (D.M. 17/01/2018 e del D.M. 11/03/1988).

- il sito su cui insisteranno gli interventi in progetto è assimilabile ad una **Classe IIIa2**; comunque la realizzazione in progetto appare idonea all'utilizzazione urbanistica secondo il vigente piano regolatore seguendo le prescrizioni geologiche sopra indicate;
- la situazione stratigrafica del sito è schematizzabile come la presenza di un orizzonte di coltri limo sabbiose sciolte frammiste a riporti di spessore variabile giacente sulle serie sedimentarie marine marnose del BTP;
- le modellazioni geologica e geotecnica sono state derivate dal rilievo geologico eseguito;
- la pericolosità sismica di sito secondo le NTC18 è stato derivato dalle banche dati disponibili e nello specifico ha individuato una CATEGORIA DI SOTTOSUOLO assimilabile alla **B** e CATEGORIA TOPOGRAFICA **T2**;
- l'intervento 2 in progetto schematicamente è costituito, dalla posa di un rivestimento in geocomposito tridimensionale rinforzato da biotessile (rete) in fibra naturale di cocco, dotato di punti metallici zincati per le legature, fili in acciaio di cucitura e collegamento, picchetti di fissaggio alle superfici di scarpata, in acciaio di diametro 10 mm e lunghezza 50 cm con densità di n°2 al m², Successivamente si provvederà alla stesa di una copertura in teli di rete metallica a doppia torsione e maglia esagonale; i

teli di rete saranno posati lungo le linee di massima pendenza e collegati utilizzando per le cuciture un filo di caratteristiche pari a quelle della rete medesima;

- l'intervento 3 in progetto schematicamente è costituito dal disgaggio di detriti e pozioni di substrato geologico, ad oggi, presenti in scarpata in configurazione instabile. mediante l'utilizzo di autocarro dotato di cestello porta operatore per uno sviluppo lineare pari a circa 40,0 m, e per una ampiezza media pari a circa 12,0 m;
- per quanto riguarda le operazioni di disgaggio in progetto, seguendo le prescrizioni sopra indicate, non apportano ulteriori criticità alla situazione geologico-geomorfologica dei luoghi e risultano conformi alle vigenti disposizioni normative;
- la messa a dimora finale dei terreni derivanti da disgaggio, ricadono in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative, di asservimento o di occupazione temporanea di suolo privato.

CONCLUSIONI

Il sito risulta idoneo per la realizzazione dell'intervento in progetto; si ritiene quindi, a patto del rispetto delle prescrizioni sopra elencate, l'esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione emersa dalle indagini e razionalmente inserita nel contesto geologico ed idrogeologico locale.

Si consiglia comunque una continua assistenza geologica alla D.L. durante l'esecuzione degli scavi e delle opere di sistemazione previste, onde valutare momento per momento, le condizioni di esecuzione a regola d'arte e le eventuali problematiche sorte nel frattempo.

Il presente lavoro si compone di 29 pagine compresa la presente

E dei seguenti allegati:

Allegato 1 – Documentazione Fotografica

Acqui Terme, giugno 2021

Dott. Geol. Enrico RAPETTI



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to be 'Enrico Rapetti', written over a circular professional stamp. The stamp is from the 'ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE' and contains the following text: 'ENRICO MARIA RAPETTI', 'GEOLOGO', 'A.P. SEZ. A', and 'N. 821'. The words 'ALBO PROFESSIONALE' are written along the bottom inner edge of the circle.

ALL.1 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

FOTO 1-2 DISSESTO RELATIVO AD INTERVENTO 2 E OPERE PROVVISORIE REALIZZATE



FOTO 3-4 TRATTO SCARPATA RELATIVO INTERVENTO 3

Regione **PIEMONTE**
Provincia di **ALESSANDRIA**
Comune di **ACQUI TERME**

**INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO SETTORI
DELLA STRADA COMUNALE LACIA
INTERVENTO 4**

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: **COMUNE DI ACQUI TERME**

PROGETTISTA GENERALE: **Ing CIARDIELLO Francesco**

TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. ENRICO RAPETTI

Via Don Gnocchi 92, 15011 – Acqui Terme (AL)

C.F.: RPTNCM82E22A052L

P.IVA: 02301960064

cel: 333 6927290

enricorapetti@alice.it

enrico.rapetti@pec.geologipiemonte.it



Acqui Terme, giugno 2021

INDICE GENERALE

◆ PREMESSA.....	pag.72
◆ RIFERIMENTI NORMATIVI.....	pag.72
◆ SINTESI STUDIO GEOLOGICO E CAMPAGNA DI INDAGINE.....	pag.72
◆ INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO.....	pag.73
◆ DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA.....	pag.76
◆ INQUADRAMENTO NORMATIVO	pag.81
◆ INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA.....	pag.84
◆ VALUTAZIONE GEOMORFOLOGICA CRITICITA' INSISTENTI SUL SITO.....	pag.87
◆ MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	pag.94
◆ MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	pag.95
◆ PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	pag.96
◆ DESCRIZIONE INTERVENTI PROVVISORIALI.....	pag.100
◆ PREVISIONI DI PROGETTO ED INDICAZIONI GEOLOGICHE INTERVENTO.....	pag.103
◆ SINTESI.....	pag.107
◆ CONCLUSIONI.....	pag.110
◆ ALLEGATO 1 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	
◆ ALLEGATO 2 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

PREMESSA

L'intervento in progetto consiste nella sistemazione e consolidamento di tratti di strada comunale Lacia soggetta a dissesti in seguito ad evento alluvionale del novembre 2019. Il sito è situato all'interno del territorio comunale di Acqui Terme (AL).

L'Ing. Francesco Ciardiello con studio sito in Via Crispi n.10, 15011 - Acqui Terme (AL), è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio geologico e geotecnico, a supporto della Progettazione Generale, contempla gli aspetti previsti dalle normative di riferimento, quali:

- D.M. LLPP 11/03/1988 n.47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";*
- Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. del Comune di Acqui Terme;*
- L.R.45/89 "Interventi in zone sottoposte a Vincolo Idrogeologico"*
- Disposizioni per l'attuazione degli adempimenti in merito all'accertamento ed espressione delle violazioni delle prescrizioni per le costruzioni in zone sismiche approvate con Deliberazione della Giunta Regionale n. 65-7656 del 21.05.2014 (Suppl. ord. N. 1 del BUR n. 25 del 19/06/2014)*
- D.P.R. n.120 del 13/06/2017 "Terre e Rocce da Scavo"*

SINTESI STUDIO GEOLOGICO e CAMPAGNA di INDAGINE

E' stata previsto uno studio geologico come segue:

- sopralluogo per analisi preliminare sito di intervento;*
- analisi di tutta la documentazione progettuale e rilievi planoaltimetrici ed accertamenti geognostici, riportati nel "Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica" per "Interventi di Messa in Sicurezza di un Fabbricato Residenziale e di Settori di Scarpata Ubicati a Monte della Strada Comunale di Regione Lacia", resi disponibili da soggetti privati, proprietari delle aree interessate dall'attuazione delle previsioni di progetto, e forniti dalla Amministrazione del Comune di Acqui Terme;*
- valutazione sulla fattibilità normativa;*
- consultazione cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica esistente e presenza di eventuali vincoli;*
- elaborazione e pianificazione della campagna di indagine opportuna all'espletamento del mandato ricevuto.*

Nel caso specifico la campagna di indagine preliminare prevede:

- rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio;*
- analisi delle risultanze di n.6 prove penetrometriche dinamiche continue DL-30 resi disponibili da soggetti privati, proprietari delle aree interessate dall'attuazione delle previsioni di progetto, e forniti dalla Amministrazione del Comune di Acqui Terme; Elaborazione dei dati e delle risultanze delle indagini per fornire un quadro geologico geomorfologico idrogeologico, proporre un'ipotesi di intervento e le eventuali prescrizioni per il corretto inserimento delle opere in progetto nella situazione geologica locale ai sensi delle normative vigenti.*

INQUADRAMENTO SITO DI INTERVENTO

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune in esame si estende per ca. 15.3 km² nel settore collinare compreso tra la pianura alessandrina e la catena delle Alpi Liguri a cavallo della valle del Fiume Bormida e poco prima che la stessa sfoci nella succitata pianura alessandrina.

Si tratta di un ampio territorio, in prima approssimazione inscrivibile in un rettangolo, disposto con la dimensione maggiore N-S, avente larghezza massima di ca. 6.5 km ed altezza N S di ca. 8.5 km. (cfr allegati cartografici in scala 1:10.000).

Il sito in esame si colloca all'interno del territorio comunale di Acqui Terme, a S del concentrico, precisamente lungo la strada comunale Lacia, che dalla zona Bagni porta alla Fraz. di Ovrano.

COORDINATE Zona 32T:

Distanza verso est: 458094.32 m E

Distanza Verso nord: 4944632.66 m N

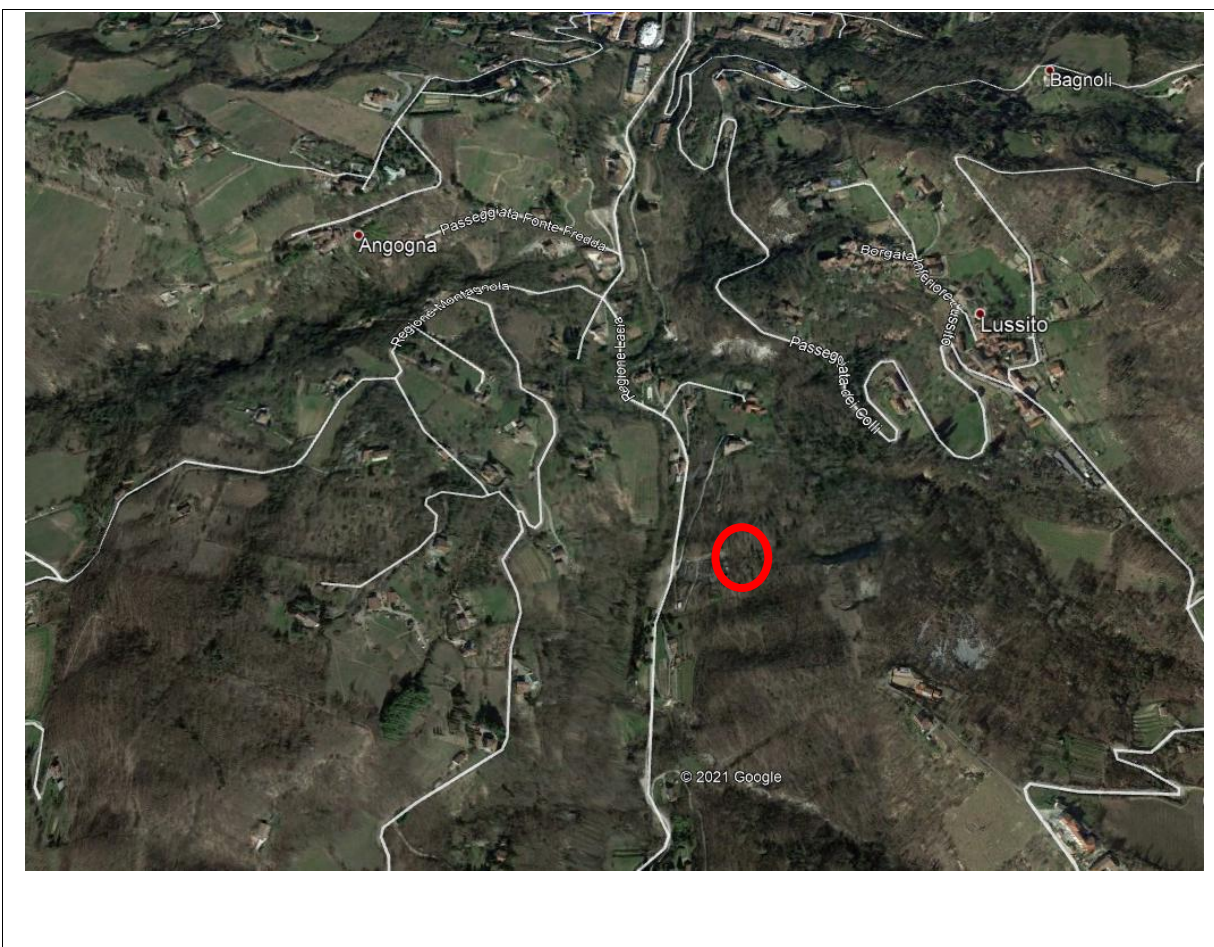


Fig.1 – Estratto Foto Aerea – Google Earth

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel complesso l'area si inserisce nel settore collinare Sud del territorio comunale, compreso tra il confine con i comuni di Visone, Cavatore, Grogna e Melazzo e la sottostante piana di fondo valle del Bormida caratterizzato da uno sviluppo abbastanza complesso con quote elevate e acclività anche ragguardevoli ed innumerevoli problematiche geomorfologiche anche in ragione della sua storia geologica e tettonica assai complessa ed articolata; è questo anche il settore ove avviene una delle principali risalite idrotermali del comune di Acqui, risalita che è controllata da un articolato sistema di faglie sub verticali tra loro ortogonali e disposte principalmente E-W e subordinatamente S-N.

Il corso d'acqua principale di questo settore è il Rio Ravanasco che lo percorre tutto da S a N in posizione mediana individuando il tracciato della principale delle discontinuità tettoniche S-N e che riceve il suo affluente principale, il Rio Ravastrone da sinistra immediatamente prima del suo ingresso entro la zona Bagni della città.

Alla microscala, il sito si presenta inserita lungo il fianco di sponda destra della piccola valle formata dal Rio Ravanasco, il cui culmine si pone ad una quota di ca 400 m s.l.m., in una porzione di territorio con esposizione W a media acclività posta ad una quota compresa tra i 185 m s.l.m. (quota strada) ed i 225 m (quota fabbricato) (cfr. corografica dei luoghi di Fig.1-2).

L'area risulta complessivamente a carattere agricolo e caratterizzata sia dalla presenza di isolate abitazioni a carattere unifamiliare all'interno di zone boscate in stretta dipendenza all'acclività dei luoghi alternate a piccoli coltivi e campi incolti.

Nel caso in esame il dissesto principale è di tipo lineare interessato da processi legati alla dinamica del reticolo idrografico principale e secondario (erosioni di fondo e di sponda, trasporto solido, deposito, ecc.).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di coltri limo sabbiose sciolte in stretta derivazione dal substrato sottostante frammisti a riporti antropici legati alla realizzazione della strada (cfr. Tav.1 "Carta Geologica" del PRG riportato in Fig.2); la potenza di queste coltri così come i loro parametri geomeccanici non sono stimabili da un esame di superficie, ma occorre procedere all'esecuzione di prospezioni dirette come quelle più avanti descritte.

Il substrato litoide risulta essere la base della Formazione delle Arenarie di Cremolino di età miocenica (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.2) in facies di Arenaria grigia in strati da 10 a 40 cm con strutture da corrente interne e basali, ritmicamente alternata a marne e marne argillose grigio azzurra caratterizzate dalla frequente presenza di frustuli vegetali; verso l'alto della serie frequenti intercalazioni di sabbie e/o arenarie debolmente cementate di colore grigio giallastro.

In relazione all'assetto geologico-strutturale, il substrato geologico, ove affiorante o subaffiorante in prossimità delle aree di interesse, è caratterizzato dalla presenza di superfici di strato con giaciture mediamente dotate di immersioni comprese tra N e NE ed inclinazioni

mediamente variabili tra 15° e 20°; pur essendo possibili locali variazioni giaciturali, l'orientazione delle superfici di strato è da considerarsi compresa tra "traverpoggio" e "franapoggio" rispetto all'esposizione media dei settori di versante ospitanti le aree di interesse.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le aree di interesse ricadono in corrispondenza dei settori mediani ed inferiori di una dorsale morfologica minore, delimitata da scarpate caratterizzate da elevata acclività ed inserita in corrispondenza delle porzioni vallive del versante destro della valle del Rio Ravanasco.

L'assetto stratigrafico locale è schematizzabile con la presenza di una coltre detritica, costituita da terreni a rilevante frazione limoso-sabbiosa, in generale, dotati di mediocri permeabilità, a cui seguono, a partire da profondità in generale comprese tra 0,5 m e 3,5 m rispetto alla quota del locale piano di campagna, arenarie e sabbie debolmente cementate, intercalate a marne e marne argillose, in generale, caratterizzate da permeabilità variabile tra ridotta ed estremamente ridotta.

Dalle risultanze delle indagini eseguite, è possibile pervenire ad una locale e schematica ricostruzione delle modalità di circolazione per le acque sotterranee potenzialmente presenti a ridotta profondità:

le caratteristiche geomorfologiche e stratigrafiche delle aree di interesse e dei settori di versante che le ospitano non sono favorevoli alla presenza di una importante falda acquifera superficiale, arealmente continua o stagionalmente persistente;

- la presenza idrica entro i terreni costituenti la coltre detritica e nelle porzioni più superficiali del substrato geologico è comunque da considerarsi localmente e stagionalmente non trascurabile ed è da mettersi anche in relazione diretta con fenomeni di infiltrazione delle acque meteoriche e di quelle ruscellanti;

- il substrato geologico è caratterizzato da permeabilità variabile tra ridotta o estremamente ridotta; la circolazione idrica è ivi da considerarsi localizzata in particolare in corrispondenza di discontinuità e di livelli sabbiosi.

Per le aree di interesse, la presenza di non trascurabili quantità idriche, a ridotta profondità, entro le coltri detritiche o nei litotipi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico è quindi da considerarsi direttamente correlabile agli apporti meteorici ed conseguenti fenomeni di infiltrazione delle acque di origine meteorica e di quelle ruscellanti, oltre che alla non rilevante capacità drenante dei litotipi costituenti detto substrato, che non permette il rapido smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di infiltrazione verso gli strati più profondi.

DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA

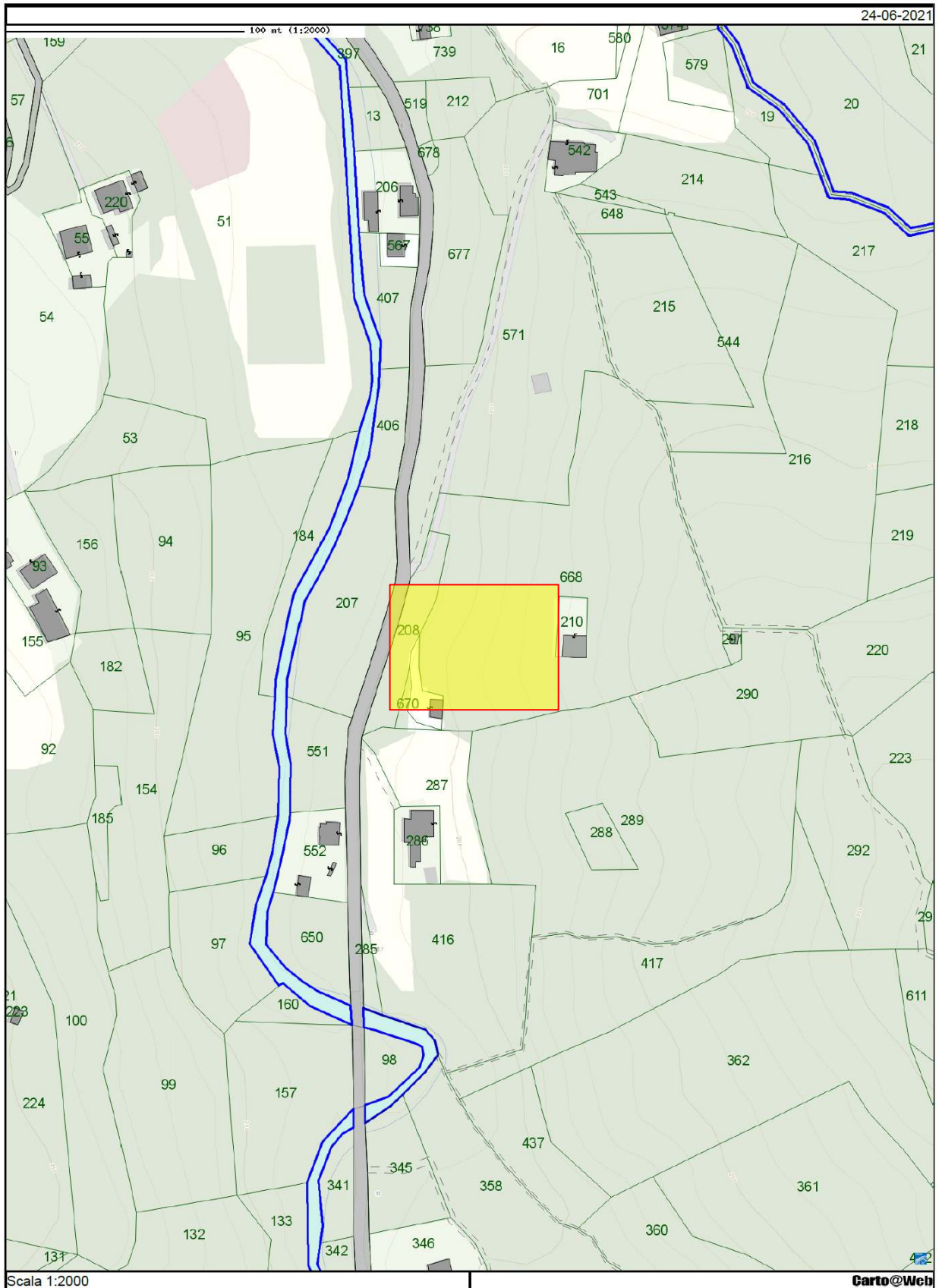


Fig.2 Estratto della BDTRE colori sovrapposta alla planimetria catastale

S.I.T. Comune di Acqui Terme - In scala 1:2.000

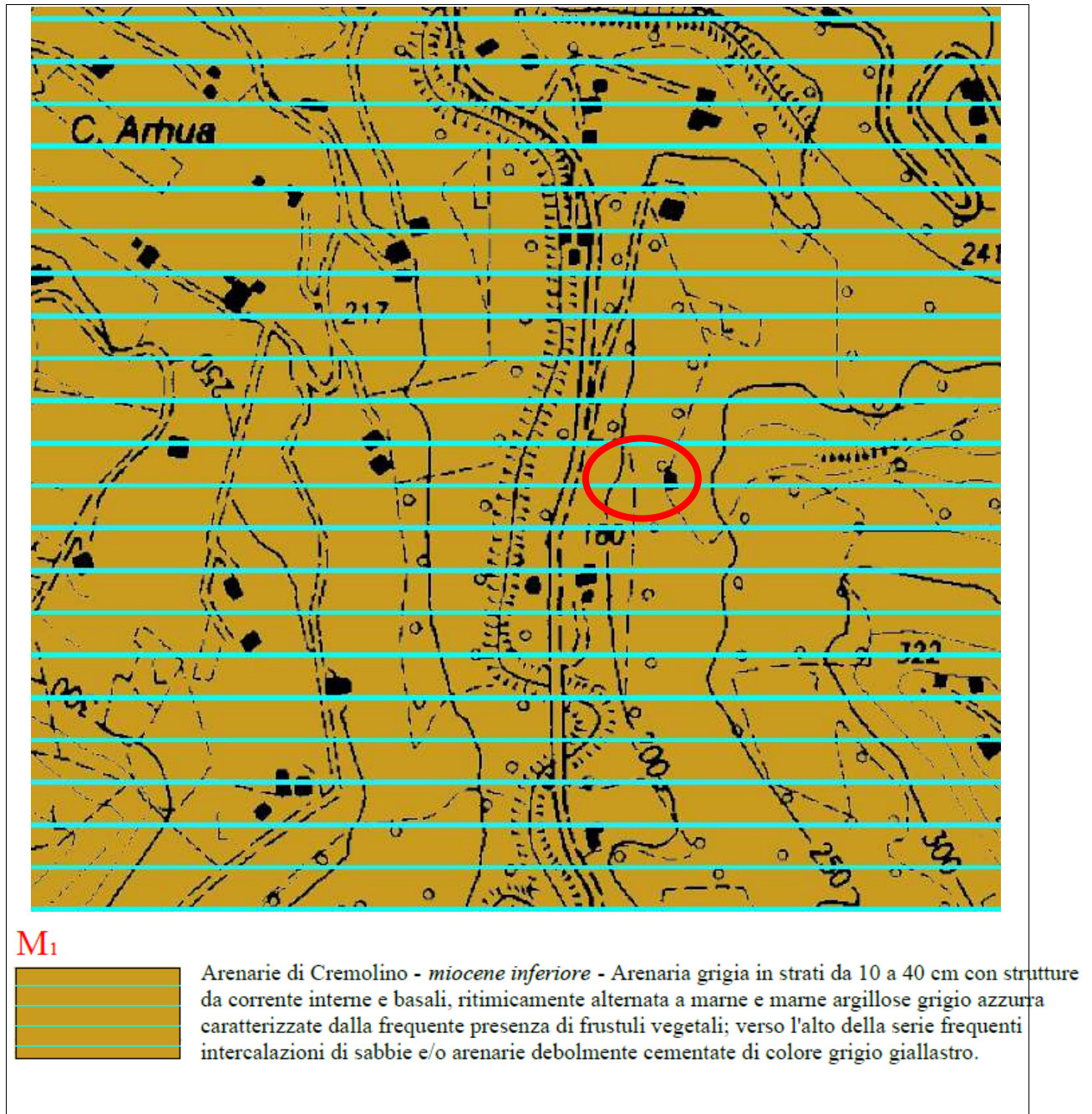
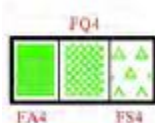
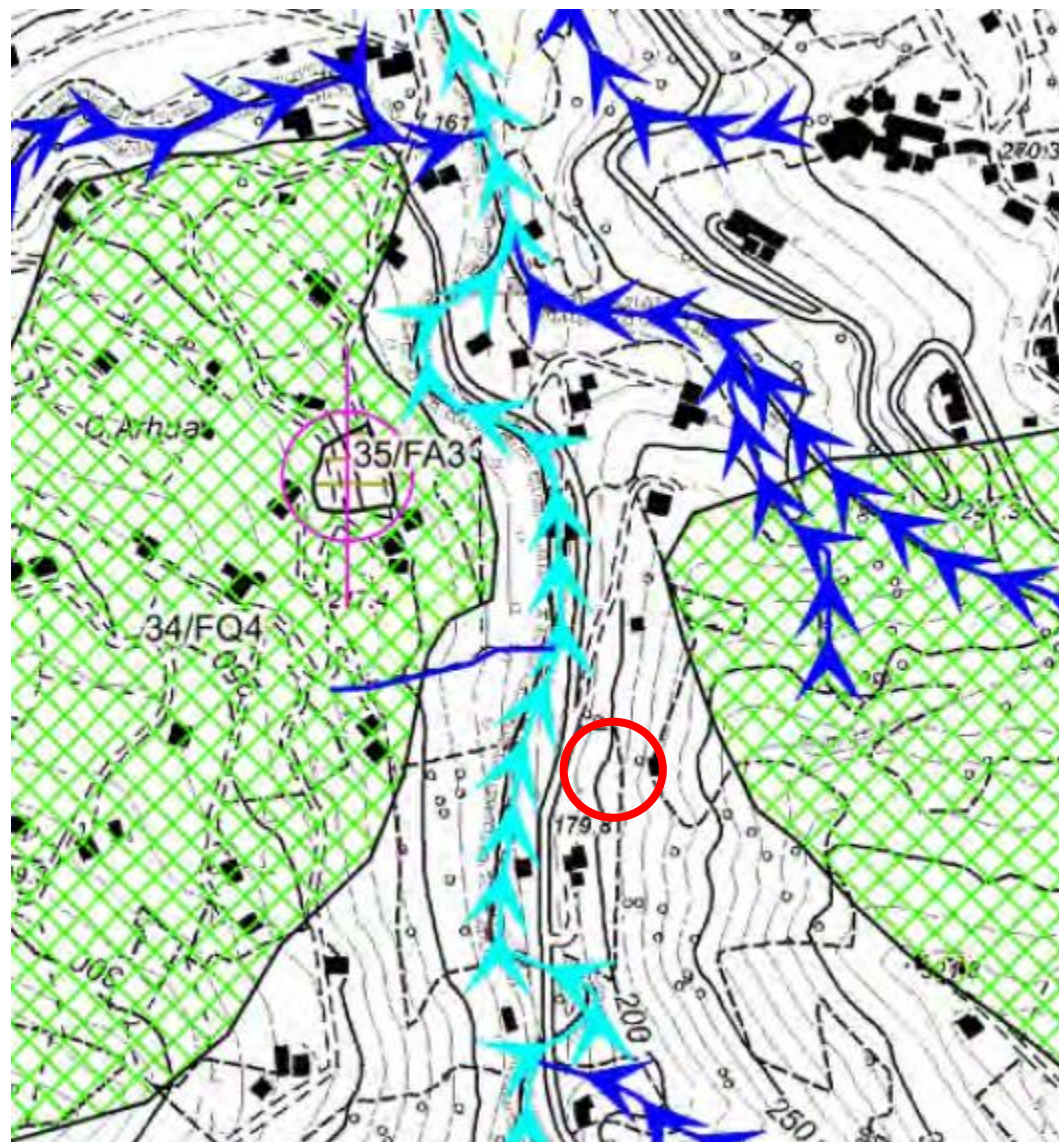


Fig.3 Estratto della Tav.1 "Carta Geologica" del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme
In scala 1:10,000



Scivolamento traslativo.

Il movimento si verifica in prevalenza lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata, corrispondente spesso a discontinuità strutturali, quali faglie, giunti di fessurazione o di stratificazione, o passaggi fra strati di diversa composizione litologica, o contatto tra roccia in posto e detrito soprastante.

FA4 : fenomeno attivo

FQ4 : fenomeno quiescente

FS4 : fenomeno stabilizzato

Fig.4 Estratto Tav.2 "Carta Geomorfologica" del vigente PRG del Comune di Acqui Terme in scala 1:10.000

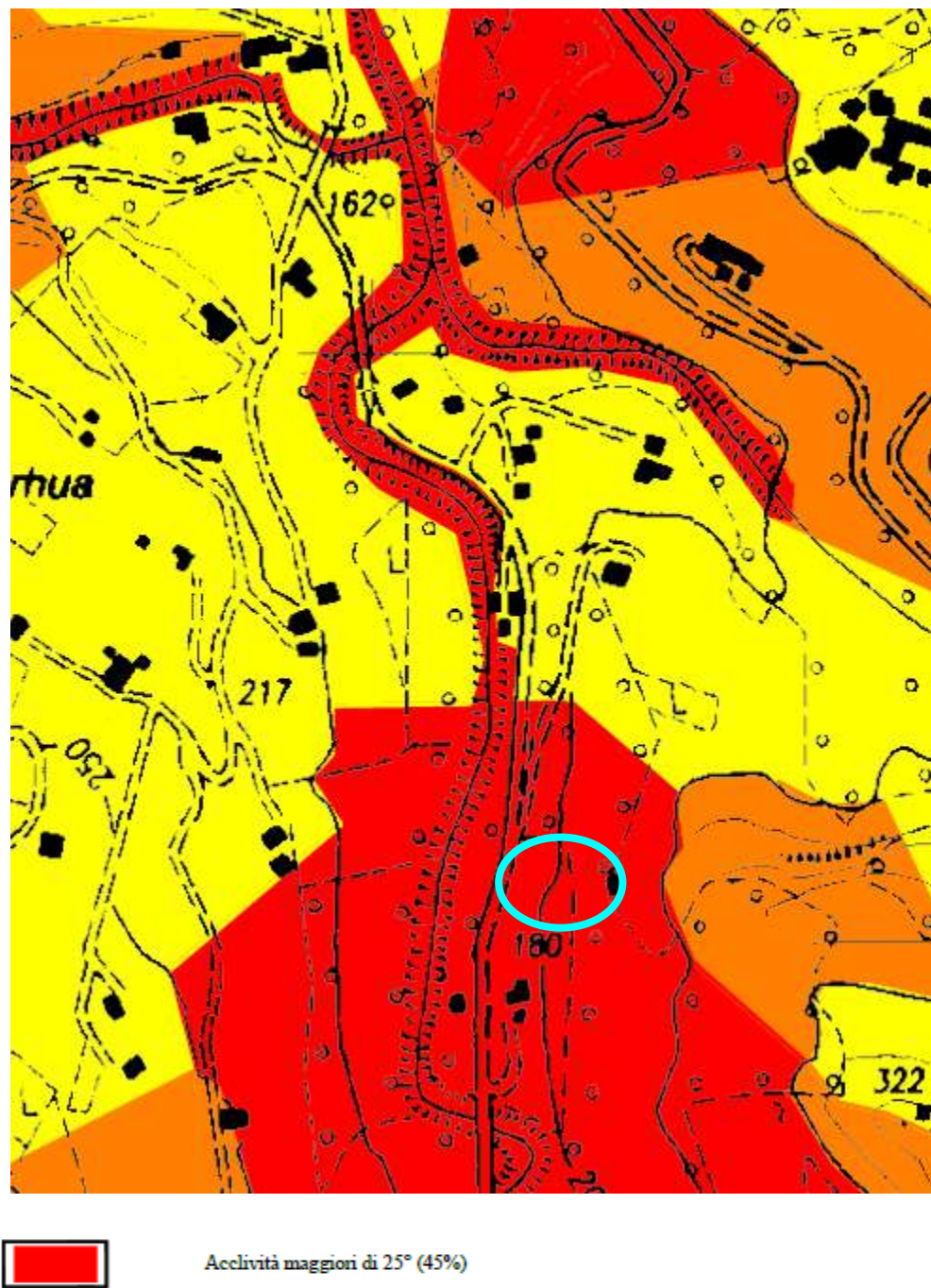


Fig. 5 Estratto Tav.4 "Carta dell'Acclività" del vigente PRG del Comune di Acqui Terme
in scala 1:10.000

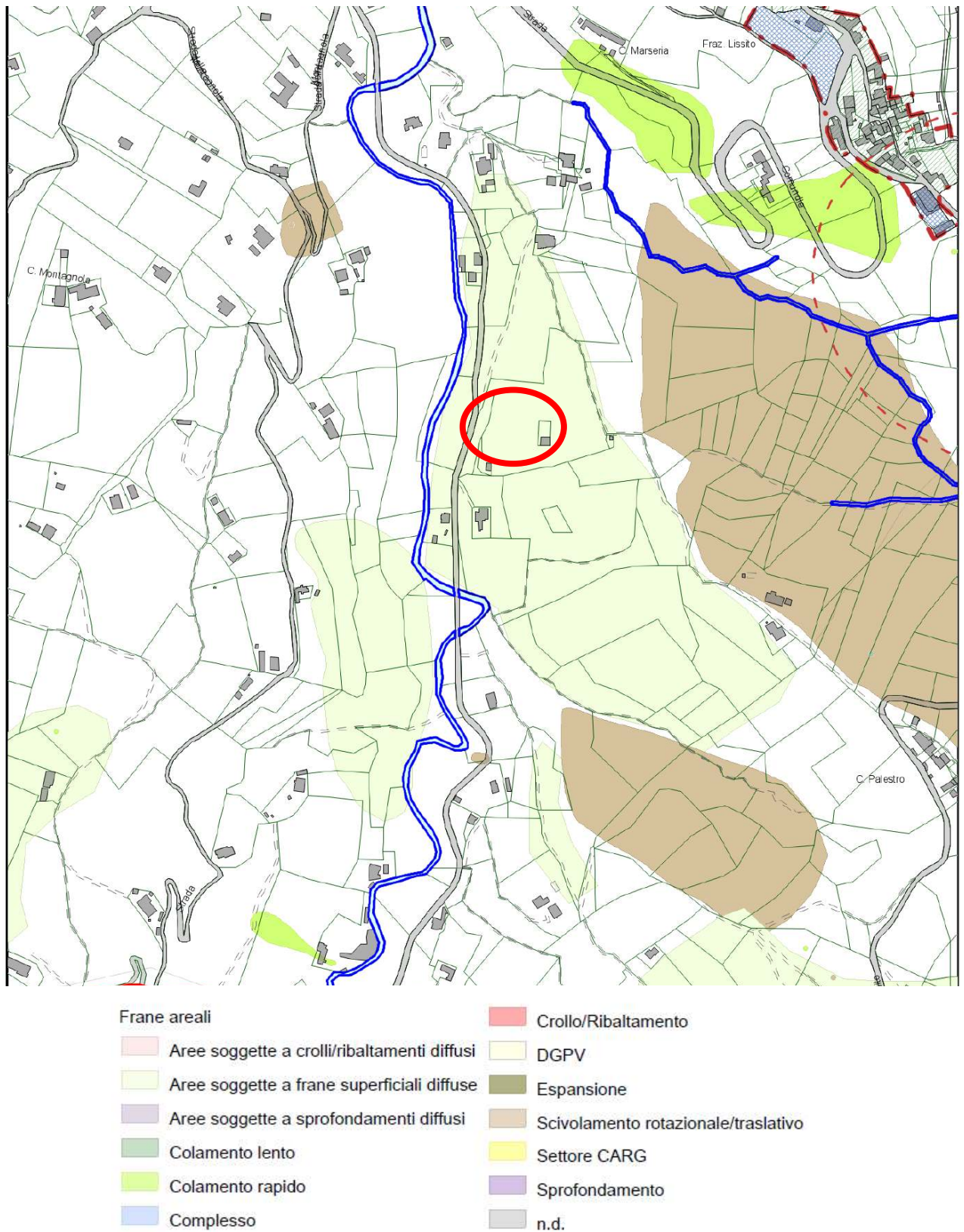


Fig.6 Estratto cartografia SiFraP - Sistema Frane Piemonte sovrapposta alla planimetria catastale S.I.T. Comune di Acqui Terme - In scala 1:5.000

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Normativa geologica degli strumenti urbanistici vigenti.:

Gli interventi in previsione sono riferibili ad interventi di consolidamento, adeguamento funzionale e messa in sicurezza di settori della viabilità comunale; la realizzazione di tali tipologie di intervento, nelle Norme di Attuazione del P.R.G.C. del Comune di Acqui Terme, è sempre considerata ammissibile.

In merito alla fruibilità urbanistica, correlata alle condizioni di dissesto pregresso o potenziale, il territorio del Comune di Acqui Terme, appartenente al bacino idrografico del Fiume Po, è soggetto alle norme d'uso del territorio indicate nel *"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"* (nel seguito indicato anche come P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, che ha valenza di *"Piano di Settore"*, sovraordinato rispetto agli altri strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale, regionali, provinciali e comunali. Per i Comuni con territorio appartenente al bacino di riferimento, è stato disposto che:

- vengano eseguite verifiche di compatibilità, con le condizioni di dissesto idraulico ed idrogeologico e di rischio indicate nel P.A.I., per le previsioni degli strumenti urbanistici già vigenti;
- gli studi eseguiti, a scala locale, a supporto di dette verifiche di compatibilità, a seguito della conclusione di procedure di validazione, da parte dei Servizi Tecnici e delle Direzioni regionali e provinciali competenti, vengano trasposti nei contenuti del P.A.I..

Per quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I. (nel seguito indicate come N.d.A.), i Comuni della Regione Piemonte con territorio appartenente al bacino del Fiume Po che non abbiano già adeguato le previsioni del proprio strumento urbanistico comunale con il P.A.I., nel caso di aree dissestate o soggette a rischio idraulico o idrogeologico, perimetrare nella cartografia di detto piano, devono fare riferimento alle norme d'uso indicate all'Art. 9 delle citate N.d.A.; tali norme d'uso possono essere modificate, entro ristretti limiti, dagli strumenti urbanistici comunali soltanto nel caso in cui i Comuni abbiano adeguato gli stessi, a seguito della conclusione delle procedure di verifica di compatibilità con le previsioni del P.A.I.

In merito all'analisi della documentazione di carattere geologico-tecnico e della relativa cartografia tematica, aggiornata al mese di Febbraio 2014, prodotta a supporto degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica del Comune di Acqui Terme, ad oggi, già adeguati con le previsioni del P.A.I., è possibile evidenziare come le aree di interesse ricadano entro settori di versante, in generale, caratterizzati da rilevante pericolosità geomorfologica, correlata essenzialmente alla potenziale attivazione di fenomeni franosi, in generale attivabili a piccola e media scala, coinvolgenti le porzioni più superficiali delle coperture detritiche

La “**Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell’Idoneità all’Utilizzazione Urbanistica**” del vigente P.R.G. del territorio comunale di Acqui Terme inserisce la zona in cui si svilupperà l’intervento in **Classe IIIa2** “*Aree non edificate o con presenza di isolati edifici nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono attribuibili essenzialmente alla presenza di movimenti franosi ed alle modalità evolutive del reticolo idrografico minore*”

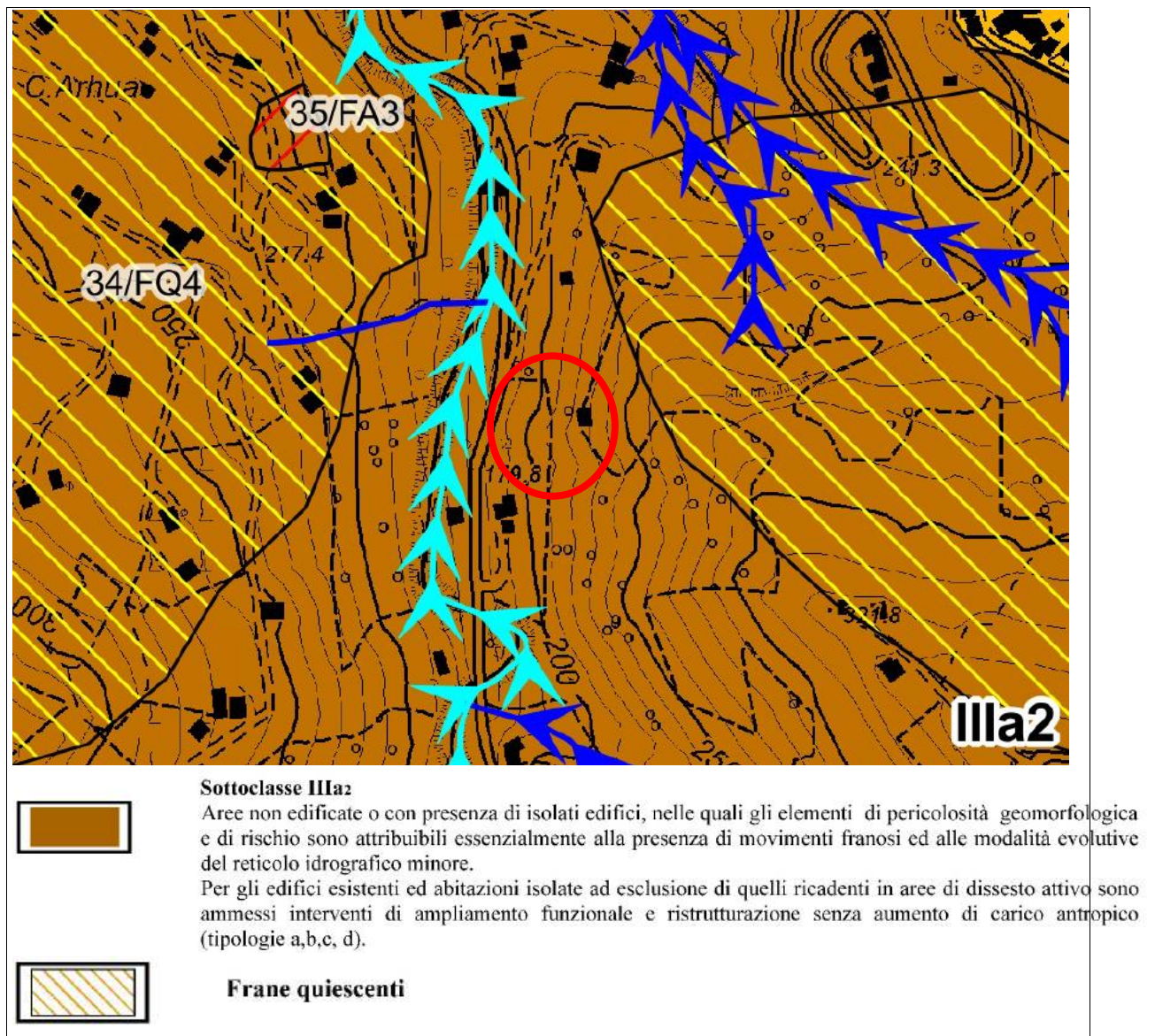


Fig.7 Estratto della Tav.9 “Carta di Sintesi” del vigente P.R.G. del Comune di Acqui terme

In scala 1:10.000

Vincolo idrogeologico

L'area è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923 e L.R. 45/89.

Movimentazione Terra

L'intervento di movimentazione terra consiste nelle operazioni di disaggio del materiale litoidi più instabile lungo la parte media sommitale del versante mediante rocciatori e prolungamento della pista realizzata (ora sede di opera di regimazione delle acque) volta alla preparazione per l'installazione della barriera paramassi in progetto.

Dalla documentazione progettuale (computo metrico) si sono stimati circa 300 mc di volume di scavi per una superficie stimata di 750 mq.

Gestione Terre e Rocce da scavo

Il materiale di scavo prodotto dalle operazioni di disaggio, sarà totalmente sistemato in aree adiacenti al sito di produzione (aree private) come in fase di somma urgenza.

Classificazione Sismica ai sensi della DGR n. 6 – 887 del 30.12.2019

La classificazione sismica del territorio è stata per lungo tempo competenza dello Stato che ha provveduto negli anni '80 alla classificazione per Decreto dell'intero territorio nazionale, e per il Piemonte con DM 4 febbraio 1982.

Secondo l'attuale legislazione, la classificazione sismica del territorio spetta alle regioni, sulla base dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche stabiliti dallo Stato, attualmente rappresentati dall'Opdm 3519/06.

Per il Piemonte, l'elenco delle zone sismiche è stato in un primo momento aggiornato con la DGR n. 11-13058 del 19/01/2010 e successivamente precisato dalla DGR n. 65-7656 del 21/05/2014, attualmente vigente, con cui sono state aggiornate anche le procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico.

Sul B.U. n. 4 del 23 gennaio 2020 è stata pubblicata la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 "OPCM 3519/2006. Presa d'atto ed approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte" di aggiornamento della classificazione regionale.

Si evidenzia, tuttavia, che fino all'aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, per la cui predisposizione la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 ha fissato un periodo di 6 mesi, continueranno a valere le disposizioni vigenti, stabilite dalla D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656

*Il territorio comunale in questione è inserito in **ZONA SISMICA 3**.*

INDAGINE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Lo studio ed analisi della documentazione progettuale e dell'inserimento delle opere in ottemperanza ai vincoli normativi, si è prevista una campagna di indagini come segue:

9. rilievo geologico geomorfologico area di intervento;
10. valutazione geologica e geomorfologica sulle eventuali criticità insistenti sull'area;
11. analisi e raccolta dei dati geologico-stratigrafici, geotecnici ed idrogeologici pregressi, eventualmente disponibili;
12. esecuzione di n.6 prove penetrometriche dinamiche continue con DPL-30 eseguite in prossimità del fabbricato e all'interno dell'area di intervento, per determinare la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche del volume significativo dei terreni interessati dalle opere in progetto;
13. esecuzione di misure freatiche speditive all'interno dei fori di prova e di eventuali captazioni idriche esistenti per la verifica dell'eventuale presenza di una falda superficiale.

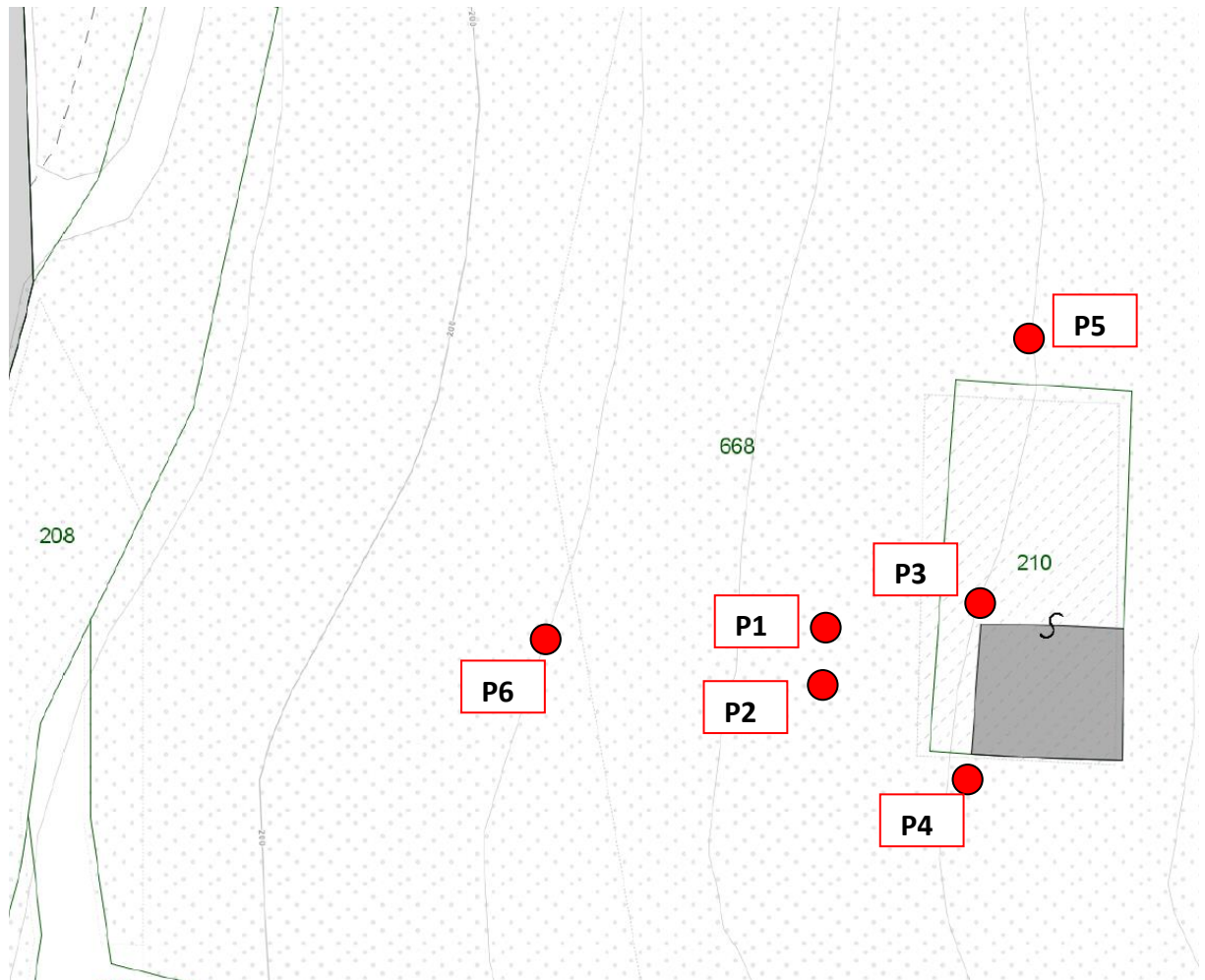


Fig.8 Estratto planimetria intervento ed ubicazione indagini

RILIEVO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

Le ulteriori caratteristiche geologico-strutturali dei litotipi terziari costituenti il substrato geologico, estesamente affioranti e subaffioranti in corrispondenza delle scarpate coinvolte dai dissesti di interesse, sono riconducibili:

- a) alla presenza, oltre alla stratificazione, di almeno due famiglie di discontinuità (giunti di fratturazione);
- b) ad una non trascurabile dispersione giaciturale delle superfici di strato aventi immersione N-NE ed inclinazioni variabili tra 15° e 20°;
- c) ad una importante dispersione giaciturale dei giunti di fratturazione, in generale subverticali;
- d) a valori della spaziatura dei giunti delle varie famiglie di discontinuità in generale superiori a 200 mm;
- e) a valori della persistenza pari al 100% per i giunti di stratificazione ed in generale inferiori al 50% per i giunti di fratturazione.

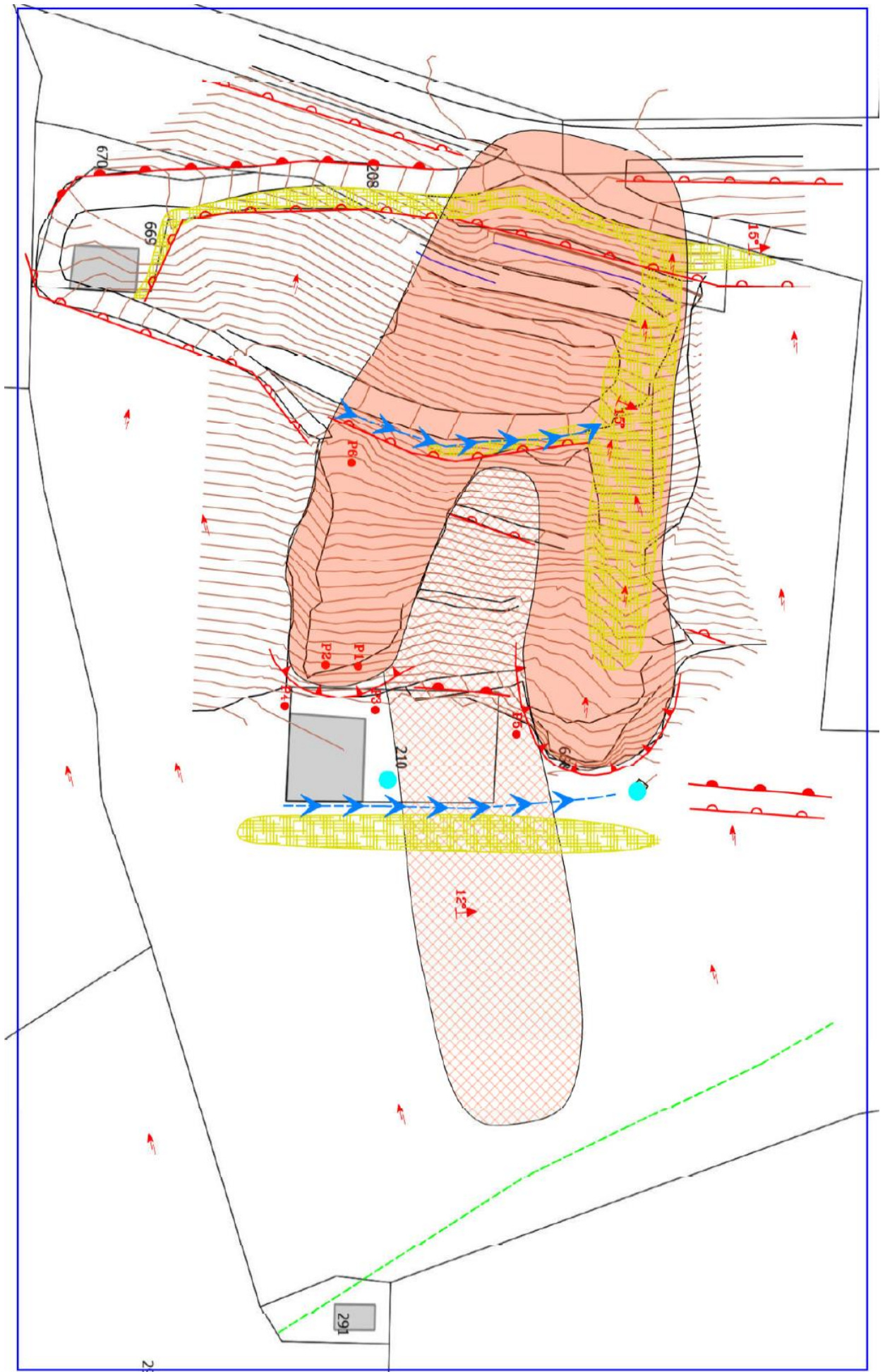
I litotipi costituenti il substrato geologico sono quindi definibili come una struttura costituita da una matrice litoide o pseudolitoide separata da zone di discontinuità, e quindi da zone di minore resistenza, aventi due dimensioni nettamente prevalenti sulla terza.

A scala locale, dal punto di vista geologico-stratigrafico, per i settori di versante ospitanti le aree di

interesse, in generale, è osservabile la presenza di coperture detritiche, costituite da terreni di natura eluvio-colluviale, a frazione limoso-sabbiosa dominante, comprendenti elementi lapidei decimetrici, caratterizzate da potenze (spessori) localmente anche molto variabili; seguono litotipi sedimentari, essenzialmente marnoso-arenacei, anche molto alterati negli strati più superficiali, ivi costituenti il substrato geologico.

Per le aree direttamente coinvolte dai dissesti di interesse (in tempi antecedenti l'attivazione dei medesimi) e per i settori di versante che le ospitano, le potenze (spessori) delle coperture detritiche e le profondità di reperimento dei litotipi costituenti il substrato geologico, che risultavano e risultano caratterizzate da un generale incremento verso il limite di valle dei terrazzamenti (anche ospitanti fabbricati e piste di accesso ai medesimi), erano e sono da considerarsi localmente molto variabili, in quanto anche condizionate dalla presenza di incisioni compluviali correlabili all'evoluzione del reticolo idrografico minuto.

L'analisi dei dati stratigrafici, disponibili e rilevati, permette infatti di osservare una non modesta variabilità locale nella profondità di reperimento dei litotipi arenaceo-marnosi ivi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico, in generale variabile tra 0,5 m e 3,5 m rispetto alla quota del locale piano di campagna.



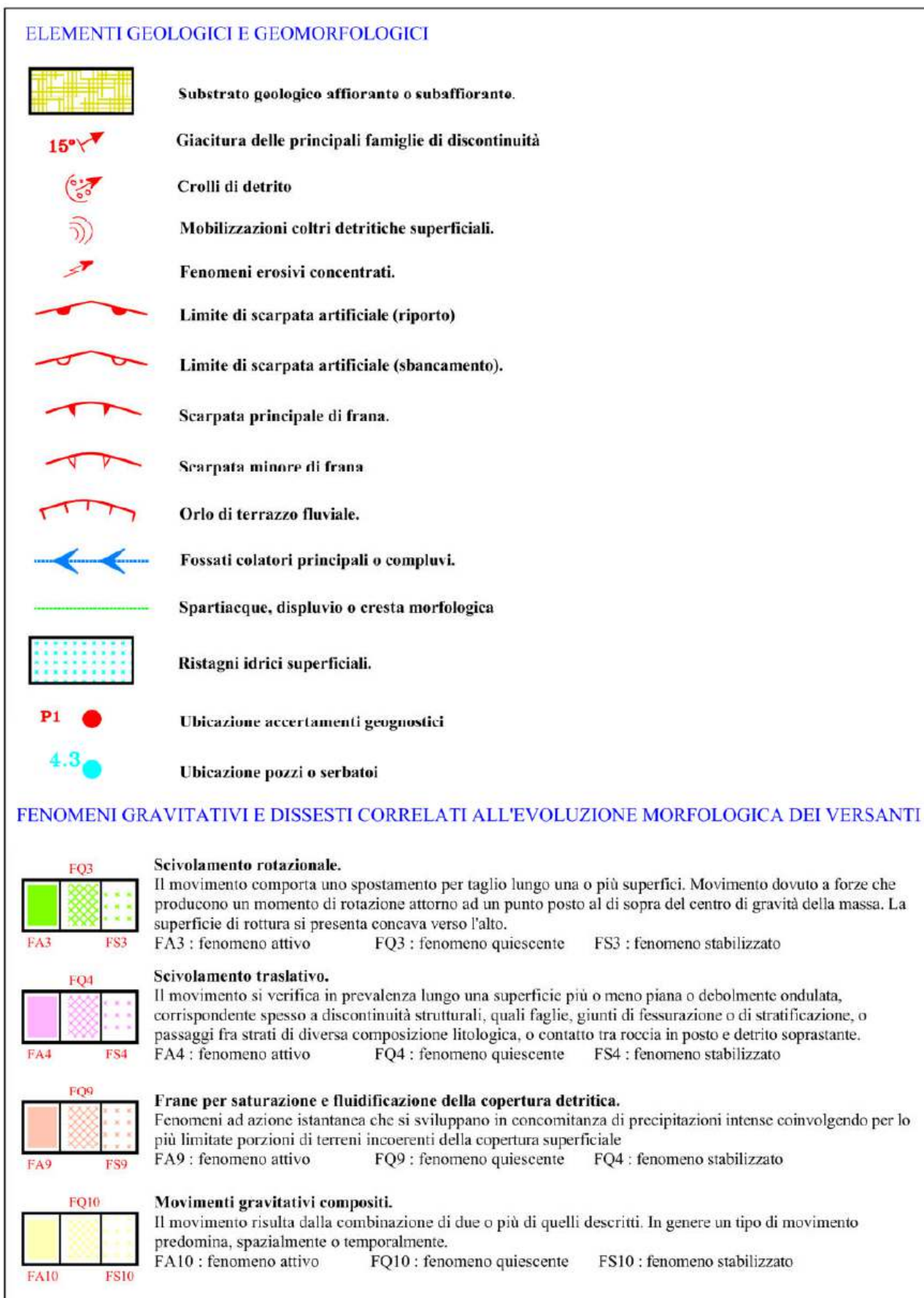


Fig.9 Schema Geologico geomorfologico area di intervento e legenda relativa

VALUTAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA SULLE CRITICITA' INSISTENTI SUL SITO


L'area 2 è stata coinvolta principalmente da due colate detritiche distinte dovute dalle intense e prolungate precipitazioni, che hanno favorito la concentrazione e la penetrazione nel terreno di elevate quantità d'acqua causando la saturazione e successiva fluidificazione dei terreni incoerenti di superficie.

Si sono verificati estesi dissesti che hanno determinato, per più fronti, aventi sviluppo lineare complessivo pari a circa 45 m, la mobilitazione delle coltri detritiche ivi sovrapposte al substrato geologico e la rovina di scarpate e di esistenti opere di contenimento in pietrame, delimitanti sia verso valle il terrazzamento che ospita l'esistente fabbricato ad uso abitativo, descritto al mappale n°210, sia verso monte il collegamento pedonale di accesso al medesimo.

La mobilitazione è avvenuta con velocità elevata, coinvolgendo verso valle una ampia massa detritica composta da terreno sciolto e porzioni litoidi instabili di variabile dimensione, che hanno invaso completamente la sede stradale e gli ingressi alle abitazioni di civ.11 e civ.13.

Quest'ultima è stata particolarmente coinvolta da tale dissesto, scalzando gran parte del cortile, proprio in corrispondenza della nicchia di distacco dell'ampio scivolamento evoluto rapidamente in colata.



In riferimento alle condizioni di stabilità, a media e grande scala, delle porzioni di territorio ospitanti le aree coinvolte dai fenomeni franosi di interesse, l'analisi della cartografia tematica, reperibile nelle principali banche dati di riferimento per il territorio della Regione Piemonte ha permesso di evidenziare come dette aree, in tempi antecedenti il verificarsi dell'evento alluvionale del 24 e 25 Novembre 2019, risultassero ubicate in corrispondenza di settori di versante già caratterizzati da lineamenti morfologici correlabili all'evoluzione, sia pregressa che potenziale, di dissesti e criticità di carattere geomorfologico, coinvolgenti in profondità sia i terreni che costituiscono le coperture eluvio-colluviali, sia le porzioni più superficiali ed alterate dei litotipi che costituiscono il substrato geologico.

Le aree di interesse, nella cartografia di carattere geologico-tecnico prodotta a supporto delle banche dati tematiche di riferimento per il territorio della Regione Piemonte, risultano infatti:

- _ al 11.02.2001, perimetrare in corrispondenza di settori di versante considerati come *"Aree Soggette a Frane Superficiali Diffuse"* in allora considerate quiescenti;

- _ al 08.10.1977, interessate da dissesti classificati come *"Colate di Fango per Totale Perdita di Coesione e Successiva Fluidificazione dei Terreni Costituenti la Copertura"* con fenomeni che hanno determinato, a partire da quote prossime a quelle del locale spartiacque morfologico, *"accentuati fenomeni erosivi lungo la direttiva di deflusso, determinando solchi lungo il versante aventi profondità superiore al metro"*.

Dal confronto tra le cartografie tematiche e le risultanze delle attività di accertamento e di rilevamento eseguite risulterebbe quindi che, contestualmente all'evento alluvionale del 24

e 25 Novembre 2019, in corrispondenza delle porzioni mediane e di valle dei settori di versante che ospitano le aree di interesse, si siano riattivati, con modalità evolutive del tutto assimilabili, essenzialmente fenomeni franosi pregressi.

In riferimento ai dissesti verificatisi contestualmente all'evento alluvionale del 24 e 25 Novembre 2019, si rileva che le aree dai medesimi direttamente coinvolte, comprensive delle zone di accumulo al piede del versante, risultano caratterizzate da superficie planimetrica pari, complessivamente, a circa 2.500 mq.

La non modesta estensione di dette aree è riconducibile all'evoluzione di n°2 fenomeni franosi principali, in origine indipendenti, che si sono sviluppati tra il limite di valle del terrazzamento ospitante sia l'esistente fabbricato residenziale (fenomeno franoso lungo il settore Sud delle aree dissestate), sia le porzioni Nord delle sue aree pertinenziali (fenomeno franoso lungo il settore Nord delle aree dissestate) ed il locale fondovalle.

Detti fenomeni, che hanno determinato la quasi completa mobilitazione delle coperture eluviocolluviali sovrapposte ai litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri ivi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico, risultano coalescenti nei settori inferiori delle aree di interesse e della originaria zona di accumulo, in corrispondenza ed in adiacenza della sede viabile della Strada Comunale di Valle Lacia.

Per quanto desumibile dagli accertamenti ad oggi eseguiti, adottando la classificazione dei fenomeni franosi utilizzata negli studi di carattere geologico-tecnico prodotti a supporto degli strumenti urbanistici comunali nel territorio della Regione Piemonte, le modalità evolutive dei fenomeni franosi di interesse sono quindi da ritenersi riconducibili essenzialmente ad iniziali *"Frane per Saturazione e Fluidificazione della Copertura Detritica"* (e quindi a fenomeni ad azione istantanea che si sviluppano in concomitanza di precipitazioni intense, coinvolgendo prevalentemente le coperture di terreni incoerenti presenti in corrispondenza di settori di versante ad elevata acclività), in fasi successive, sia evolute a *"Movimenti Gravitativi Compositi"*, sia interessate da fenomeni di corrivazione ed erosione lungo le superfici di frana.

Per quanto desumibile dagli accertamenti ad oggi eseguiti, inoltre, in corrispondenza ed in immediata adiacenza delle aree coinvolte dai fenomeni franosi di interesse, permangono condizioni favorevoli:

- _ alla mobilitazione in massa dei materiali, ad oggi non ancora significativamente coinvolti dai recenti dissesti, presenti in corrispondenza ed in prossimità delle scarpate costituenti i coronamenti di frana;
- _ alla ulteriore mobilitazione locale dei materiali residui (già mobilizzati) presenti in corrispondenza delle testate e dei settori mediani ed inferiori delle superfici di frana;
- _ all'evoluzione di fenomeni ruscellamento concentrato e di conseguenti fenomeni erosivi in corrispondenza dei settori Nord delle aree dissestate.

Si evidenzia inoltre che, per le porzioni di monte dei settori Sud delle aree ad oggi coinvolte dai dissesti di interesse, un eventuale arretramento della scarpata costituente l'attuale coronamento di frana andrebbe a determinare l'interessamento dei sistemi di fondazione

dell'adiacente fabbricato residenziale, comportando l'ulteriore compromissione delle sue già precarie condizioni di stabilità.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Considerata l'attuale inaccessibilità delle aree di interesse ai mezzi d'opera usualmente utilizzati per l'esecuzione di sondaggi geognostici e prove geotecniche in sito, al fine della definizione dell'assetto stratigrafico dei luoghi e delle caratteristiche geotecniche dei terreni e dei litotipi presenti, ad oggi, si è fatto riferimento ai parametri rilevati durante l'esecuzione di n°6 prove penetrometriche dinamiche continue, realizzate con dispositivo Pagani DL 030, in corrispondenza dei settori sommitali e mediani della aree coinvolte dall'evoluzione dei dissesti di interesse; dette prove sono state spinte fino al "rifiuto" all'avanzamento del dispositivo di infissione.

Riferimento Norme DIN. 4094			
Peso Massa battente	30 Kg	Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Altezza di caduta libera	0,20 m	Avanzamento punta	0,10 m
Peso sistema di battuta	21 kg	Numero colpi per punta	N(10)
Diametro punta conica	35,68 mm	Coeff. Correlazione	0,761
Area di base punta	10 cm ²	Rivestimento/fanghi	No
Lunghezza delle aste	1,00 m	Angolo di apertura punta	60°
Peso aste a metro	2,9 kg/m		

La resistenza media del terreno all'avanzamento della punta penetrometrica (Rpd), in assenza di ostacoli ed impedimenti locali, è direttamente proporzionale al numero di colpi di maglio (N10) necessari per una infissione di 10 cm della medesima; al raggiungimento di elementi lapidei pluridecimetrici o di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri, il dispositivo di infissione, normalmente, perviene al "rifiuto" all'avanzamento. Per le verticali indagate con sonda penetrometrica dinamica, in funzione dei valori di resistenza all'avanzamento del dispositivo di infissione, è stato possibile definire il seguente assetto stratigrafico:

_ **Prova P1** : è stata eseguita in corrispondenza della testata di frana, nei settori Nord del piede della scarpata minore ad oggi delimitante verso Ovest il terrazzamento che ospita l'esistente fabbricato; fino a profondità pari a circa 1,2 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, comprendenti detriti ed elementi lapidei decimetrici, dotati di resistenze all'avanzamento del dispositivo di infissione variabili tra ridotte e mediocri (in generale $7 < N10 < 15$); segue un

brusco ma irregolare incremento di dette resistenze (in generale $25 < N_{10} < 50$), ivi attribuibili al reperimento di sabbie

relativamente addensate e/o debolmente cementate e di litotipi arenaceo-marnosi anche molto alterati; a profondità pari a circa 1,6 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stato osservato il “rifiuto” all’avanzamento del dispositivo di infissione ivi correlabile al reperimento di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri;

_ Prova P2: è stata eseguita in corrispondenza della testata di frana, nei settori Sud del piede della scarpata minore ad oggi delimitante verso Ovest il terrazzamento che ospita l’esistente fabbricato; fino a profondità pari a circa 1,3 m rispetto alla quota del locale piano è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, dotati di resistenze all’avanzamento del dispositivo di infissione variabili tra ridotte e mediocri (in generale $7 < N_{10} < 15$); segue un brusco ma irregolare incremento di dette resistenze (in generale $25 < N_{10} < 50$), ivi attribuibili al reperimento di sabbie relativamente addensate e/o debolmente cementate e di litotipi arenaceo-marnosi anche molto alterati; a profondità pari a circa 2,0 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stato osservato il “rifiuto” all’avanzamento del dispositivo di infissione ivi correlabile al reperimento di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri;

Prova P3 : è stata eseguita in prossimità del limite di valle del terrazzamento che ospita l’esistente fabbricato, in prossimità dei settori Nord del lato di valle del medesimo; fino a profondità pari a circa 2,2 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, comprendenti detriti ed elementi lapidei decimetrici, dotati di resistenze all’avanzamento del dispositivo di infissione variabili tra molto ridotte e mediocri (in generale $3 < N_{10} < 10$); segue un brusco ma irregolare incremento di dette resistenze (in generale $14 < N_{10} < 50$), ivi attribuibili al reperimento di sabbie relativamente addensate e/o debolmente cementate e di litotipi arenaceo-marnosi anche molto alterati; a profondità pari a circa 2,6 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stato osservato il “rifiuto” all’avanzamento del dispositivo di infissione ivi correlabile al reperimento di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri;

Prova P4 : è stata eseguita in prossimità del limite di valle del terrazzamento che ospita l’esistente fabbricato, in prossimità dei settori Sud del lato di valle del medesimo; fino a profondità pari a circa 2,0 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, comprendenti detriti ed elementi lapidei decimetrici, dotati di resistenze all’avanzamento del dispositivo di infissione variabili tra molto ridotte e mediocri (in generale $3 < N_{10} < 10$); segue un brusco ma irregolare incremento di dette resistenze (in generale $18 < N_{10} < 50$), ivi attribuibili al reperimento di sabbie relativamente addensate e/o debolmente cementate e di litotipi arenaceo-marnosi anche molto alterati; a profondità pari a circa 2,8 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stato osservato il “rifiuto” all’avanzamento del dispositivo di infissione ivi correlabile al reperimento di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri;

Prova P5 : è stata eseguita in prossimità del limite di valle dei settori Nord del terrazzamento che ospita l’esistente fabbricato; fino a profondità pari a circa 2,0 m rispetto alla quota del

locale piano di campagna è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, comprendenti elementi lapidei pluridecimetrici, dotati di resistenze all'avanzamento del dispositivo di infissione ridotte o mediocri (in generale $7 < N_{10} < 15$); segue un brusco decremento di dette resistenze (in generale $2 < N_{10} < 5$), ivi attribuibili al reperimento di una potenziale superficie di scorrimento e di terreni in incipiente fase di instabilizzazione, immediatamente sovrapposti a litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri reperibili a profondità pari a circa 3,0 m rispetto alla quota del locale piano di campagna ove è stato osservato il "rifiuto" all'avanzamento del dispositivo di infissione;

Prova P6 : è stata eseguita in corrispondenza dei settori mediani del limite Sud del corpo di frana; fino a profondità pari a circa 1,3 m rispetto alla quota del locale piano è stata osservata la presenza di terreni a dominante frazione limoso-sabbiosa, dotati di resistenze all'avanzamento del dispositivo di infissione variabili tra ridotte e mediocri (in generale $7 < N_{10} < 15$); segue un brusco ma irregolare incremento di dette resistenze (in generale $25 < N_{10} < 50$), ivi attribuibili al reperimento di sabbie relativamente addensate e/o debolmente cementate e di litotipi arenaceo-marnosi anche molto alterati; a profondità pari a circa 1,9 m rispetto alla quota del locale piano di campagna è stato osservato il "rifiuto" all'avanzamento del dispositivo di infissione ivi correlabile al reperimento di litotipi arenaceo-marnosi relativamente integri.

Rilievo piezometrico dei luoghi

In data 01.09.2020, per le profondità raggiunte in corrispondenza delle verticali indagate con sonda penetrometrica dinamica, non è stata osservata significativa presenza di acque libere o di infiltrazione. In corrispondenza ed in prossimità delle aree pertinentziali del fabbricato ubicato in corrispondenza dei settori sommitali delle aree di interesse, è rilevabile la presenza di pozzi-serbatoio, in passato verosimilmente utilizzati per la captazione di emergenze sorgive e/o per l'accumulo di acque meteoriche.

MODELLAZIONE GEOLOGICA

P1	P2	P3	P4	P5	P6
0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m
Unità Litotecnica 1 <i>coltri limoso-sabbiose frammiste a riporti a bassa consistenza</i>					
-0.50 m	-1.30 m	-2.30 m	-1.10 m	-2.80 m	-1.00 m
Unità Litotecnica 2 <i>Marne siltose alterate (cappellaccio d'alterazione)</i>					
-1.40 m	-1.80 m	-2.50 m	-2.60 m		-1.70 m
Unità Litotecnica 3 <i>serie litoidi marnoso-siltose integre</i>					
-1.60 m <i>Fine Prova</i>	-2.00 m <i>Fine Prova</i>	-2.60 m <i>Fine Prova</i>	-2.70 m <i>Fine prova</i>	-3.10 m <i>Fine Prova</i>	-1.90 m <i>Fine Prova</i>

MODELLAZIONE GEOTECNICA

Unità Litotecnica 1 - coltri eluvio colluviali limoso-sabbiosi a bassa consistenza

Nspt =	5	Rpd =	22,75
--------	---	-------	-------

Peso specifico $\gamma =$	17,0	kN/m ³	Peso specifico saturo $\gamma_{sat} =$	18,5	kN/m ³
---------------------------	------	-------------------	--	------	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito $\phi =$	22,0	°		Angolo d'attrito $\phi =$	0	°	
Coesione $c' =$	0	kPa		Coesione non Drenata $C_u =$	15,0	kPa	

Unità Litotecnica 2 - marne siltose alterate

Nspt =	20	Rpd =	90
--------	----	-------	----

Peso specifico $\gamma =$	19,0	kN/m ³	Peso specifico saturo $\gamma_{sat} =$	20,5	kN/m ³
---------------------------	------	-------------------	--	------	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito $\phi =$	28,0	°		Angolo d'attrito $\phi =$	0	°	
Coesione $c' =$	5,0	kPa		Coesione non Drenata $C_u =$	80,0	kPa	

Unità Litotecnica 3 - marne siltose integre

Nspt =	50	Rpd =	186,06
--------	----	-------	--------

Peso specifico $\gamma =$	20,0	kN/m ³	Peso specifico saturo $\gamma_{sat} =$	21,50	kN/m ³
---------------------------	------	-------------------	--	-------	-------------------

CONDIZIONI DRENATE				CONDIZIONI NON DRENATE			
Angolo d'attrito $\phi =$	34,0	°		Angolo d'attrito $\phi =$	0	°	
Coesione $c' =$	5,0	kPa		Coesione non Drenata $C_u =$	100,0	kPa	

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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 PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, 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 PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 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.

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Descrizione: Intervento di consolidamento tratti di Strada Comunale Lacia

Committente: Comune Acqui Terme

Cantiere: Strada Lacia

Data: 22/06/2021

Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,6563072 [°]

Longitudine (WGS84): 8,4705000 [°]

Latitudine (ED50): 44,6572685 [°]

Longitudine (ED50): 8,4715605 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	15579	44,677480	8,428554	4076,59
2	15580	44,680440	8,498673	3352,12
3	15802	44,630530	8,502717	3861,94
4	15801	44,627580	8,432583	4517,30

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,587	0,160
SLD	50	0,023	2,552	0,188
	72	0,027	2,582	0,203
	101	0,031	2,578	0,218
	140	0,035	2,591	0,232
	201	0,039	2,603	0,257
SLV	475	0,054	2,580	0,290
SLC	975	0,068	2,584	0,307
	2475	0,092	2,596	0,316

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,570	0,160
SLD	50	0,024	2,538	0,200
	72	0,029	2,546	0,207
	101	0,033	2,554	0,223
	140	0,037	2,569	0,247
	201	0,042	2,543	0,265
SLV	475	0,059	2,555	0,284
SLC	975	0,077	2,537	0,290
	2475	0,110	2,493	0,297

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,019	2,575	0,160
SLD	50	0,024	2,543	0,200
	72	0,029	2,547	0,207
	101	0,033	2,555	0,223
	140	0,037	2,570	0,247
	201	0,042	2,549	0,266
SLV	475	0,058	2,557	0,288
SLC	975	0,075	2,544	0,296
	2475	0,104	2,530	0,311

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,590	0,159
SLD	50	0,023	2,556	0,187
	72	0,028	2,579	0,203
	101	0,031	2,576	0,219
	140	0,035	2,590	0,232
	201	0,039	2,601	0,258
SLV	475	0,053	2,582	0,292
SLC	975	0,067	2,608	0,311
	2475	0,089	2,654	0,321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,018	2,580	0,160
SLD	50	0,024	2,547	0,194
SLV	475	0,056	2,567	0,288
SLC	975	0,072	2,565	0,300

Classificazione sismica di sito ai sensi NTC18

Stima Vs30

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta stimare una
 $V_{s30} \approx 450 \pm 10$ m/s

Stima Vs media delle coltri presenti

Dalle indagini eseguite su terreni assimilabili si è potuta calcolare una Vs media riferita all'orizzonte sovrastante il substrato sismico
 $\langle V_s \rangle = 150 \pm 20$ m/s

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (cfr. *Tabella 3.2.II e V*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Stratigrafica Ss
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s	1.20

CATEGORIA TOPOGRAFICA (cfr. *Tabella 3.2.IV e VI*)

Categoria	Descrizione	Amplificazione Topografica St
T2	Pendii con inclinazione media $>15^\circ$	1.20

Liquefazione dei terreni

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nelle NTC 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$; 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,007	0,016	0,021
kv	0,003	0,003	0,008	0,010
amax [m/s ²]	0,258	0,336	0,793	1,020
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PROVVISORIALI

In corrispondenza dei settori inferiori delle aree dissestate, in regime di Somma Urgenza, sono stati attuati dall'Amministrazione del Comune di Acqui Terme interventi di sgombero dei materiali franati e di ripristino della sede viabile; sono stati inoltre predisposti interventi provvisori di protezione della medesima oltre che sistemi locali di regimazione delle acque ruscellanti e protezione da fenomeni erosivi. I settori mediani e sommitali delle aree di interesse, a seguito dell'evoluzione dei citati dissesti (e ad oggi), risultavano (e risultano) inaccessibili ad ordinari mezzi d'opera.



Foto 1-2 interventi provvisori eseguiti in regime di somma urgenza

I lavori di abbattimento e di estirpamento di alberi e arbusti sono stati condotti in modo da evitare danni a vegetazione da conservare; procedendo con i lavori di sistemazione e operazioni di messa a dimora, si è reso necessario effettuare una pulizia del terreno da tutti i materiali derivanti dal corpo di frana e materiali di risulta dagli scavi e presenti nell'area, e sistemati in via temporanea in prossimità dell'area di cantiere, messa a disposizione dai rispettivi proprietari in regime di somma urgenza.

Per quanto riguarda la rimozione del corpo di frana, le operazioni sono risultate particolarmente rischiose, considerata l'instabilità sia delle parti litoidi sia di rilevanti volumi di terra movimentata.

Gli interventi di scavo sono risultati fondamentali per la diminuzione del rischio di attivazione di ulteriori dissesti, per la scelta di idonei interventi di somma urgenza, utili e propedeutici a futuri interventi definitivi di messa in sicurezza delle aree dissestate.

Questi interventi sono schematizzati con la riprofilatura e rimodellamento dei versanti e nel consolidamento preliminare delle porzioni di roccia o terreno instabile che non possono essere ulteriormente asportate da disaggi manuali o mediante mezzi meccanici.

Nella parte sommitale del versante, in corrispondenza dell'abitazione esistente, sono stati posati teli impermeabili a protezione della nicchia di distacco del dissesto in atto, volti a diminuire infiltrazione delle acque meteoriche.

A partire dalla parte mediana del versante sono state realizzate mediante mezzo meccanico cingolato una serie di gradonature di circa 2,0 m di larghezza con lieve pendenza verso monte sulle quali sono state posate stuoie geocomposite drenanti impermeabili (opportunamente picchettate) volte a favorire il deflusso delle acque superficiali verso valle diminuendo l'infiltrazione delle stesse nei terreni superficiali con possibile riattivazione di dissesti per saturazione e successiva fluidificazione.

Al piede del versante sono state realizzate due palificate distinte in legname con le seguenti caratteristiche:

1 – palificata a doppia parete della lunghezza di 24,0 e altezza 2,0 m debolmente inclinata e poggiata direttamente sul top delle serie litoidi, realizzata con pali di legno di castagno scortecciato (diametro 20-25 cm) con adeguato ancoraggio mediante piloti in legno e tondini in acciaio posti anteriormente alla parte di valle ed a quella di monte.

La palificata è stata riempita per circa 1,0 m di altezza con materiale derivante dalle operazioni di scavo e la parete di valle è stata riempita con rete metallica per evitare la problematica di svuotamento

La scelta di non riempire completamente la palificata è stata effettuata per incrementare la possibilità di trattenere eventuale materiale sciolto che potrebbe gravitare verso valle da ulteriori colate detritiche.

Inoltre sono stati infissi, a monte della palificata, pali verticali in castagno di altezza 4,00 m opportunamente ancorati al suolo tramite cavi metallici e posa di rete metallica per intercettare eventuali porzioni litoidi che potrebbero cadere a valle.

Si evidenzia come tale palificata, di per sé, non è stata realizzata per il consolidamento e sostegno dell'intera area in frana ma a protezione della sede stradale e degli ingressi carrabili delle strade private (civ.11 e civ.13).

2- palificata semplice di lunghezza circa 10,0 m, realizzata con i medesimi materiali sopra descritti e infissione di pali in castagno verticali di altezza 4,0 m volti ad intercettare eventuali porzioni litoidi che potrebbero gravitare a valle.

Tale scelta è stata effettuata per ampliare l'area di protezione della sede stradale essendo impossibilitati nella realizzazione di una struttura analoga alla precedente, considerando la morfologia dei luoghi e le caratteristiche geotecniche dei terreni.

PREVISIONI DI PROGETTO E INDICAZIONI GEOLOGICHE INTERVENTO

Gli interventi in previsione permetteranno l'integrazione degli interventi provvisori di messa in sicurezza e di regimazione delle acque meteoriche e ruscellanti che, in regime di Somma Urgenza, sono stati attuati direttamente dall'Amministrazione del Comune di Acqui Terme, immediatamente a seguito dell'evento alluvionale del mese di Novembre 2019; detti interventi hanno essenzialmente comportato:

- la rimozione dei materiali franati lungo la sede viabile della S.C. Lacia e di parte di quelli presenti in configurazione instabile lungo le scarpate che sovrastano detta sede viabile;
- la gradonatura del pendio lungo le scarpate che sovrastano detta sede viabile e la messa in opera di sistemi provvisori di protezione da fenomeni minori di crollo di massi e detrito, costituiti da palificate in legname dotate di sistemi di ritenzione in rete metallica;
- la messa in opera di sistemi di protezione delle scarpate da fenomeni di erosione e mobilitazione superficiale di detrito, a seguito del posizionamento di teli in materiali geosintetici.

Anche in ragione dei condizionamenti derivanti dalla presenza di aree e fabbricati in proprietà privata, caratterizzati da precarie condizioni di stabilità, le previsioni di progetto sono state definite;

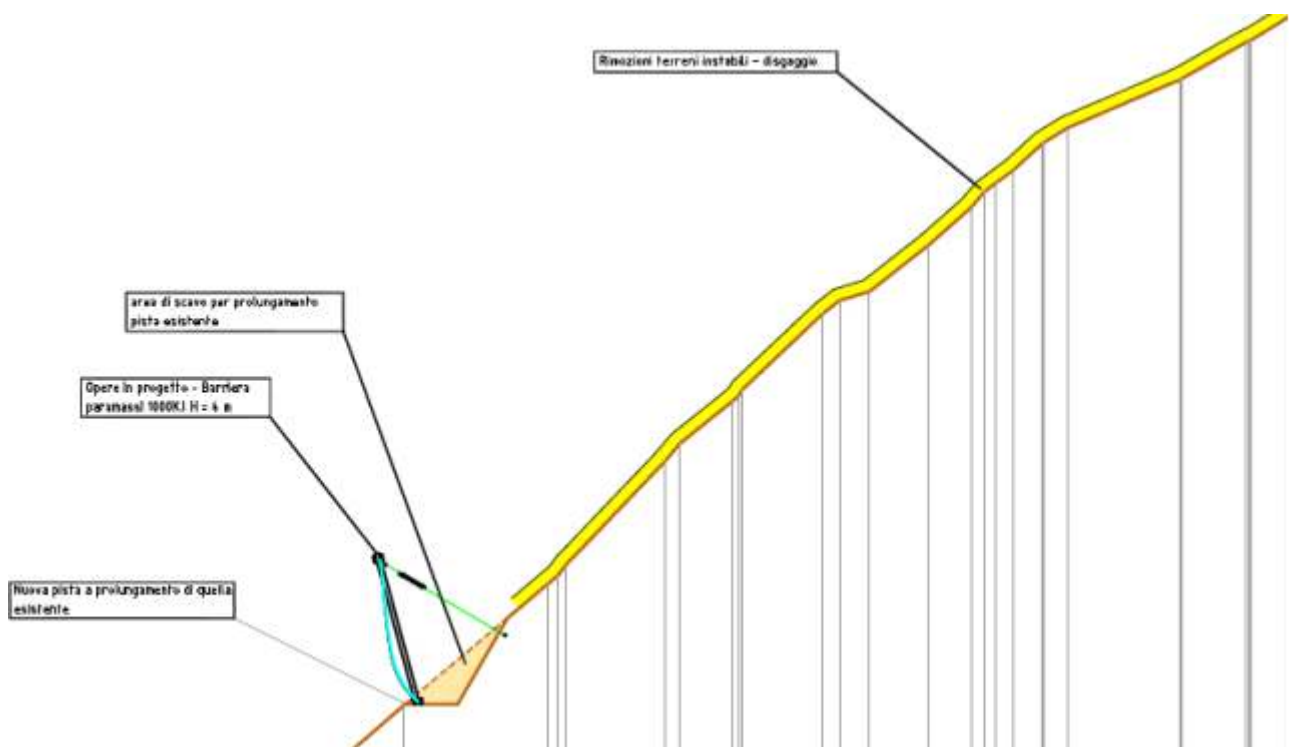
- al fine di limitare l'entità di interventi di scavo e delle movimentazioni di materiali in proprietà privata, in funzione di ubicazione e sviluppo di gradonature del pendio ed interventi di messa in sicurezza provvisoria già realizzati in regime di Somma Urgenza;
- delle risultanze degli accertamenti di carattere geognostico e geotecnico eseguiti, riportati nella presente *Relazione Geologica*, prodotta dallo Scrivente;
- dei dati riferiti a rilievi planoaltimetrici ed accertamenti geognostici, riportati nel *"Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica"* per *"Interventi di Messa in Sicurezza di un Fabbricato Residenziale e di Settori di Scarpata Ubicati a Monte della Strada Comunale di Regione Lacia"*, resi disponibili da soggetti privati, proprietari delle aree interessate dall'attuazione delle previsioni di progetto, e forniti dalla Amministrazione del Comune di Acqui Terme;
- delle previsioni di progetto riportate nel *"Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica"* per *"Interventi di Messa in Sicurezza di un Fabbricato Residenziale e di Settori di Scarpata Ubicati a Monte della Strada Comunale di Regione Lacia"*, reso disponibile da soggetti privati, proprietari delle aree interessate dall'attuazione delle previsioni di progetto, e fornito dall'Amministrazione del Comune di Acqui Terme.

Per quanto desumibile dalle risultanze delle ricognizioni eseguite e dall'esame della documentazione tecnica in precedenza indicata, al fine dell'integrazione degli interventi di messa in sicurezza provvisoria già attuati e di quelli, ad oggi, ritenuti economicamente attuabili dai soggetti privati proprietari delle aree di interesse, considerati nel citato

“Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica”, ad integrazione dei sistemi provvisori di protezione da fenomeni minori di crollo di massi e detrito, costituiti da palificate in legname dotate di sistemi di ritenzione in rete metallica, già realizzati in regime di Somma Urgenza, risulta necessaria la messa in opera di un sistema integrativo di protezione da fenomeni principali di crollo di massi e di mobilitazione in massa delle coperture detritiche residue.

Al fine di limitare l'entità di interventi di scavo e delle movimentazioni di materiali in proprietà privata ed in adiacenza di aree caratterizzate da precarie condizioni di stabilità, detto sistema integrativo di protezione dovrà necessariamente essere ospitato in corrispondenza di un esistente terrazzamento, modellato in litotipi prevalentemente marnoso siltosi, ivi costituenti le porzioni più superficiali del substrato geologico, predisposto al fine della gradonatura di sicurezza del pendio nel corso dei citati interventi provvisori di Somma Urgenza.

Previo disaggio dei settori di scarpata adiacenti, detto sistema di protezione sarà costituito da una barriera paramassi a rete, dotata di montanti di assistenza caratterizzati da interessi compresi 8,0 m e 10,0 m, tra i quali verrà posizionata una rete principale a maglia in funi di acciaio, caratterizzata da una altezza pari a 4,0 m; il sistema in previsione andrà ad interessare, per uno sviluppo lineare pari a circa 50,0 m il citato terrazzamento esistente (cfr. Tav. 4).



Tale previsione progettuale è stata concordata con il progettista generale delle opere considerando la tipologia degli eventi franosi già avvenuti (colate detritiche) e l'eventuale modalità evolutiva del dissesto.

Infatti considerando gli interventi di regimazione delle acque a monte delle aree dissestate (interventi a carico dei proprietari dei terreni Tav.4) e del loro corretto deflusso a valle mediante idonee opere integrate alle previsioni di progetto, la saturazione delle coltri

superficiali dovrebbe avvenire con modalità più moderate, minimizzando il rischio di fluidificazione verso valle:

Pertanto, cautelativamente è stato preso in considerazione un possibile distacco di porzioni litoidi dal versante con rotolamento verso valle unitamente a materiale sciolto; da questa valutazione il Progettista Generale ha eseguito una simulazione traiettografica sulla base dei seguenti parametri:

- volume max di progetto: 1,0 mc
- peso specifico: 2.200 kg/mc
- acclività versante: 45°
- distanza tra distacco e impatto: 50 m

Considerando la morfologia dei luoghi, l'altezza e le inclinazioni delle scarpate principali e le modalità evolutive pregresse ed attese dei fenomeni di crollo e mobilitazione, oltre che di massi e porzioni di strutture, anche di coltri detritiche, per i montanti della barriera paramassi, si è resa necessaria la previsione di ancoraggi sia per i sistemi di fondazione (lunghezza ancoraggi pari a 6 m) sia per i controventi in elevazione (lunghezza ancoraggi pari a 5,0 m per ancoraggi di monte e 7 m per ancoraggi laterali); il sistema sarà caratterizzato da una capacità di ritenzione pari a 1.000 kJ.

Sebbene ad oggi non siano rilevabili evidenze di attivazione di nuovo fenomeni di colata detritica, considerando la possibilità che detti fenomeni possano comunque innescarsi in conseguenza di sopraggiunte criticità a carico dei sistemi di regimazione delle acque, esistenti ed in previsione, comportanti rotolamento da rilevante altezza di elementi lapidei, è stato comunque previsto il posizionamento di una rete complementare a maglia esagonale di ridotta ampiezza, funzionale ad intercettare la frazione detritica meno grossolana dei fenomeni di colata; detta rete risulta inoltre funzionale ad intercettare elementi lapidei di ridotte dimensioni in rotolamento da rilevante altezza.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come i fenomeni di caduta di massi, gli scoscendimenti, le colate di fango o di detrito sono eventi naturali la cui entità ed i cui tempi di accadimento, in linea di principio, non sono prevedibili in maniera analiticamente rigorosa. La causa scatenante può essere di origine umana (edificazioni,...) o naturale (clima, terremoti,...). L'incolumità delle persone e delle cose, essendo molteplici ed imprevedibili le cause scatenanti, non può essere garantita solo facendo affidamento alle conoscenze scientifiche.

Procedimenti di calcolo ingegneristici che fanno riferimento a parametri noti e la messa in sicurezza di zone a rischio, riducono considerevolmente il pericolo. Regolari interventi di controllo e manutenzione delle opere di protezione sono però indispensabili per garantire lo standard di protezione il cui degrado può essere causato da impatti di massi o piante, dalla corrosione degli agenti atmosferici aggressivi o da manomissioni.

Considerando la ridotta accessibilità delle aree interessate dal posizionamento della barriera paramassi in progetto, al fine di approvvigionamenti principali e movimentazioni materiali, si

è reso necessario prevedere l'utilizzo di elicottero leggero, con zona di stazionamento mezzi e forniture ubicata immediatamente a valle della S.C. Lacia, in corrispondenza di aree già interessate da sistemazione di terreni franati durante l'evento alluvionale del mese di Novembre 2019.

Si evidenzia che sia le aree interessate dagli interventi di messa in sicurezza provvisori già eseguiti e di quelli in previsione, sia le aree che saranno utilizzate per il deposito temporaneo di forniture e per la messa a dimora finale dei terreni derivanti da disgaggio, ricadono in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative, di asservimento o di occupazione temporanea di suolo privato.

Sono inoltre previsti interventi di ripristino ed adeguamento funzionale della rete di distribuzione idrica e dei sistemi di regimazione delle acque meteoriche.

- è di rilevante importanza convogliare le acque derivanti dalle opere di regimazione e dal deflusso dei versanti a monte, mediante realizzazione di fossi di raccolta, nella rete di deflusso naturale evitando incrementi di apporti idrici all'interno delle porzioni meno stabili;
- messa a dimora provvisoria dei terreni di risulta degli scavi in zone a limitata acclività e con scarpate aventi angolo non superiore a 45° e protette da teli impermeabili, evitando di costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi ed in aree acclivi;
- messa dimora definitiva dei terreni con spessori non superiori a 0,50 m e angoli di scarpata non superiori a 30°, evitando di costituire depositi di materiali presso il ciglio di scarpata di valle;
-
- dell'esecuzione dei lavori in stagione meteorologicamente favorevole. In caso di precipitazioni particolarmente abbondanti e/o persistenti in fase esecutiva, si consiglia la posa di teli impermeabili a protezione delle aree di intervento.

▪ SINTESI

L'intervento ha come oggetto la realizzazione di interventi di consolidamento e sistemazione del tratto di strada dissestato in seguito ad eventi meteorici eccezionali del novembre 2019; il lotto di terreno su cui si svilupperà nel Comune di Acqui Terme (AL), a monte della strada comunale Lacia e censito catastalmente al foglio n° 41, alle particelle n°208.668-669-670.

Ai sensi del vigente disposto normativo, è stato quindi effettuato uno studio sui luoghi teso alla valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto, nel comparto geostatico in questione ai sensi del disposto della normativa di utilizzo del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. ed una modellazione geologico geotecnica del sottosuolo dell'intervento ai sensi dalla vigente normativa (D.M. 17/01/2018 e del D.M. 11/03/1988).

- il sito su cui insisteranno gli interventi in progetto è assimilabile ad una **Classe IIIa2**; comunque la realizzazione in progetto appare idonea all'utilizzazione urbanistica secondo il vigente piano regolatore seguendo le prescrizioni geologiche sopra indicate;
- la situazione stratigrafica del sito è schematizzabile come la presenza di un orizzonte di coltri limo sabbiose sciolte frammiste a riporti di spessore variabile giacente sulle serie sedimentarie marine marnose del BTP;
- all'interno dei fori di prova, al momento dell'esecuzione delle indagini, non è stata riscontrata la presenza di alcun livello piezometrico;
- le modellazioni geologica e geotecnica sono state derivate dalle indagini dirette eseguite all'interno dell'area di intervento;
- la pericolosità sismica di sito secondo le NTC18 è stato derivato dalle banche dati disponibili e nello specifico ha individuato una CATEGORIA DI SOTTOSUOLO assimilabile alla **B** e CATEGORIA TOPOGRAFICA **T2**;
- la previsione progettuale è stata concordata con il progettista generale delle opere considerando la tipologia degli eventi franosi già avvenuti (colate detriche) e l'eventuale modalità evolutiva del dissesto (frane gravitative di tipo composito). Infatti prendendo atto degli interventi di regimazione delle acque a monte delle aree dissestate (interventi a carico dei proprietari dei terreni Tav.4) e del loro corretto

deflusso a valle mediante idonee opere integrate alle previsioni di progetto, la saturazione delle coltri superficiali dovrebbe avvenire con modalità più moderate, minimizzando il rischio di fluidificazione verso valle: Pertanto, cautelativamente è stato preso in considerazione un possibile distacco di porzioni litoidi dal versante con rotolamento verso valle unitamente a materiale sciolto; da questa valutazione il Progettista Generale ha eseguito una simulazione traiettografica sulla base dei seguenti parametri:

- volume max di progetto: 1,0 mc
- peso specifico: 2.200 kg/mc
- acclività versante: 45°
- distanza tra distacco e impatto: 50 m
- l'intervento in progetto, dunque, schematicamente è costituito, previo disgaggio dei settori di scarpata adiacenti, da una barriera paramassi a rete, dotata di montanti di assistenza caratterizzati da interessi compresi 8,0 m e 10,0 m, tra i quali verrà posizionata una rete principale a maglia in funi di acciaio, caratterizzata da una altezza pari a 4,0 m; il sistema in previsione andrà ad interessare, per uno sviluppo lineare pari a circa 50,0 m il citato terrazzamento esistente (cfr. Tav. 4 Elaborati Progettuali).
- Considerando la morfologia dei luoghi, l'altezza e le inclinazioni delle scarpate principali e le modalità evolutive pregresse ed attese dei fenomeni di crollo e mobilitazione, oltre che di massi e porzioni di strutture e coltri detritiche, per i montanti della barriera paramassi, si è resa necessaria la previsione di ancoraggi sia per i sistemi di fondazione (lunghezza ancoraggi pari a 6 m) sia per i controventi in elevazione (lunghezza ancoraggi pari a 5,0 m per ancoraggi di monte e 7 m per ancoraggi laterali); il sistema sarà caratterizzato da una capacità di ritenzione pari a 1.000 kJ.;
- Sebbene ad oggi non siano rilevabili evidenze di attivazione di nuovo fenomeni di colata detritica, considerando la possibilità che detti fenomeni possano comunque innescarsi in conseguenza di sopraggiunte criticità a carico dei sistemi di regimazione delle acque, esistenti ed in previsione, comportanti rotolamento da rilevante altezza

di elementi lapidei, è stato comunque previsto il posizionamento di una rete complementare a maglia esagonale di ridotta ampiezza, funzionale ad intercettare la frazione detritica meno grossolana dei fenomeni di colata; detta rete risulta inoltre funzionale ad intercettare elementi lapidei di ridotte dimensioni in rotolamento da rilevante altezza.

- Il dimensionamento e la verifica esecutiva degli ancoraggi e delle fondazioni sarà compito del Progettista Strutturale dell'opera in esame sulla base dei parametri geotecnici indicati nella presente relazione e dei carichi di esercizio effettivamente calcolati;
- per quanto riguarda gli scavi in progetto, seguendo le prescrizioni sopra indicate, non apportano ulteriori criticità alla situazione geologico-geomorfologica dei luoghi e risultano conformi alle vigenti disposizioni normative;
- la messa a dimora finale dei terreni derivanti da disaggio, ricadono in proprietà di soggetti privati, per cui, in assenza di accordi alternativi, dovranno essere attivate procedure espropriative, di asservimento o di occupazione temporanea di suolo privato.

CONCLUSIONI

Il sito risulta idoneo per la realizzazione dell'intervento in progetto; si ritiene quindi, a patto del rispetto delle prescrizioni sopra elencate, l'esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione emersa dalle indagini e razionalmente inserita nel contesto geologico ed idrogeologico locale.

Si consiglia comunque una continua assistenza geologica alla D.L. durante l'esecuzione degli scavi e delle opere di sistemazione previste, onde valutare momento per momento, le condizioni di esecuzione a regola d'arte e le eventuali problematiche sorte nel frattempo.

Il presente lavoro si compone di 40 pagine compresa la presente

E dei seguenti allegati:

Allegato 1 - Prove Penetrometriche Dinamiche continue

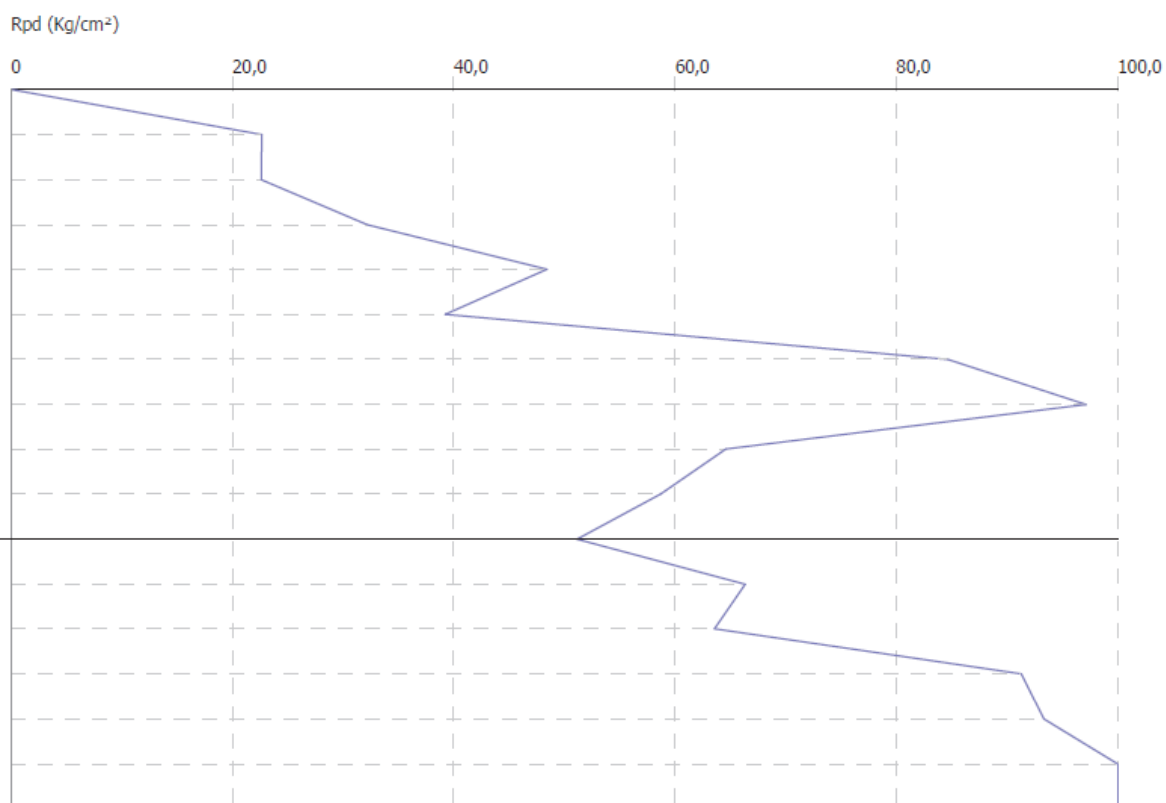
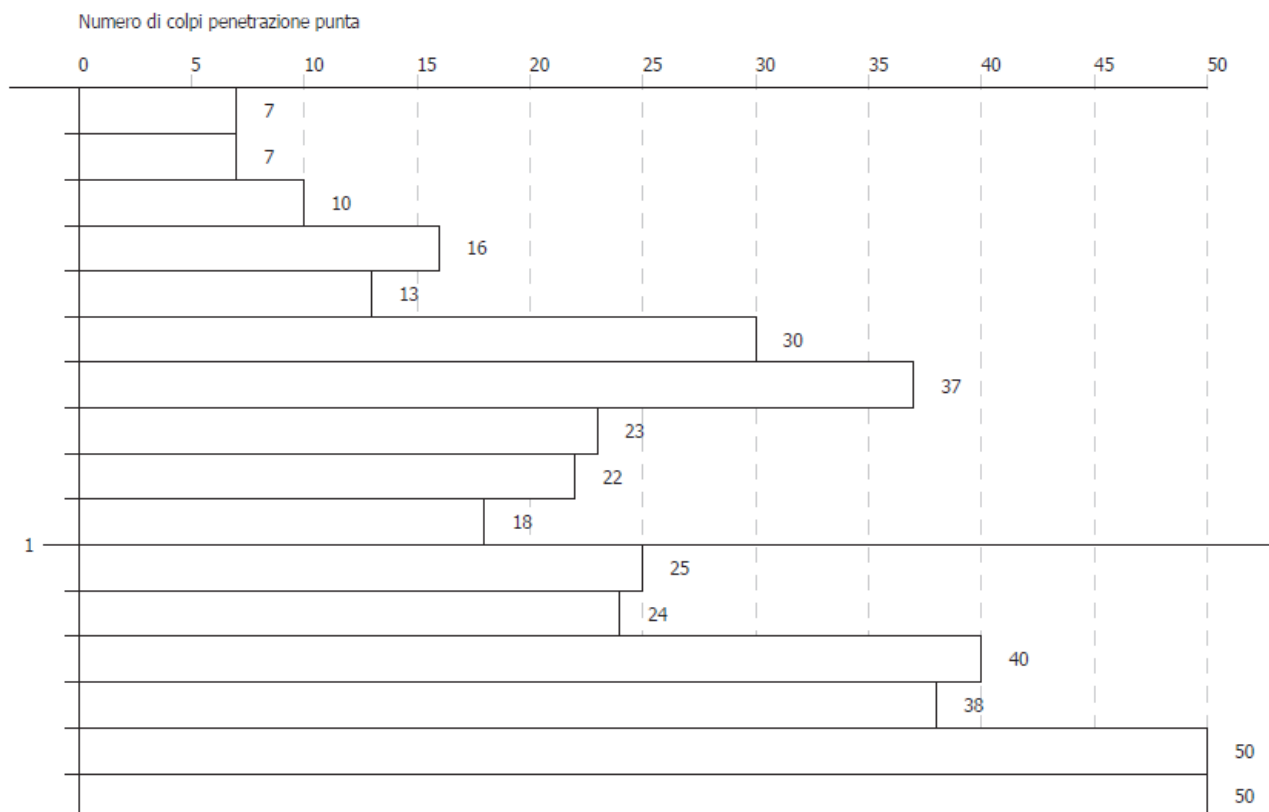
Allegato 2 – Documentazione Fotografica

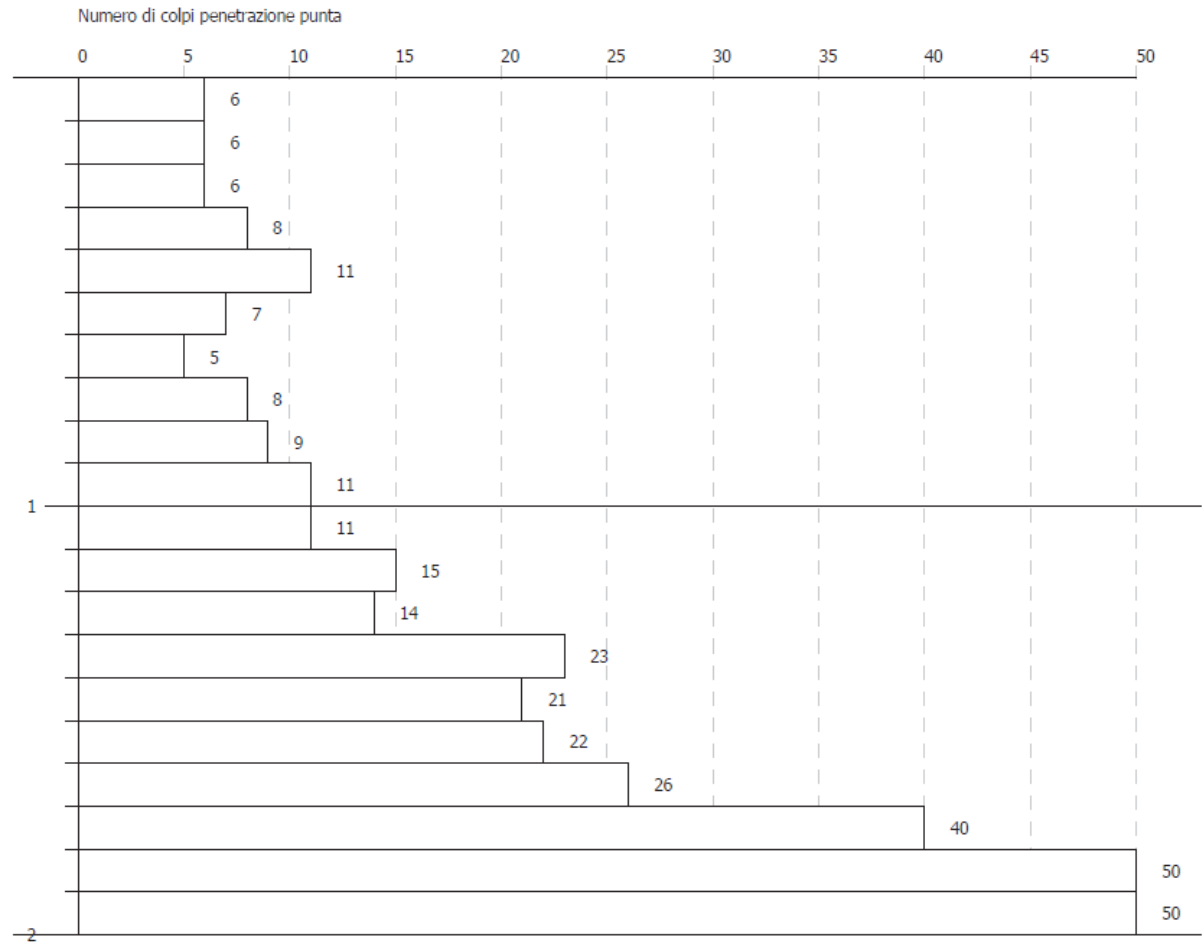
Acqui Terme, giugno 2021

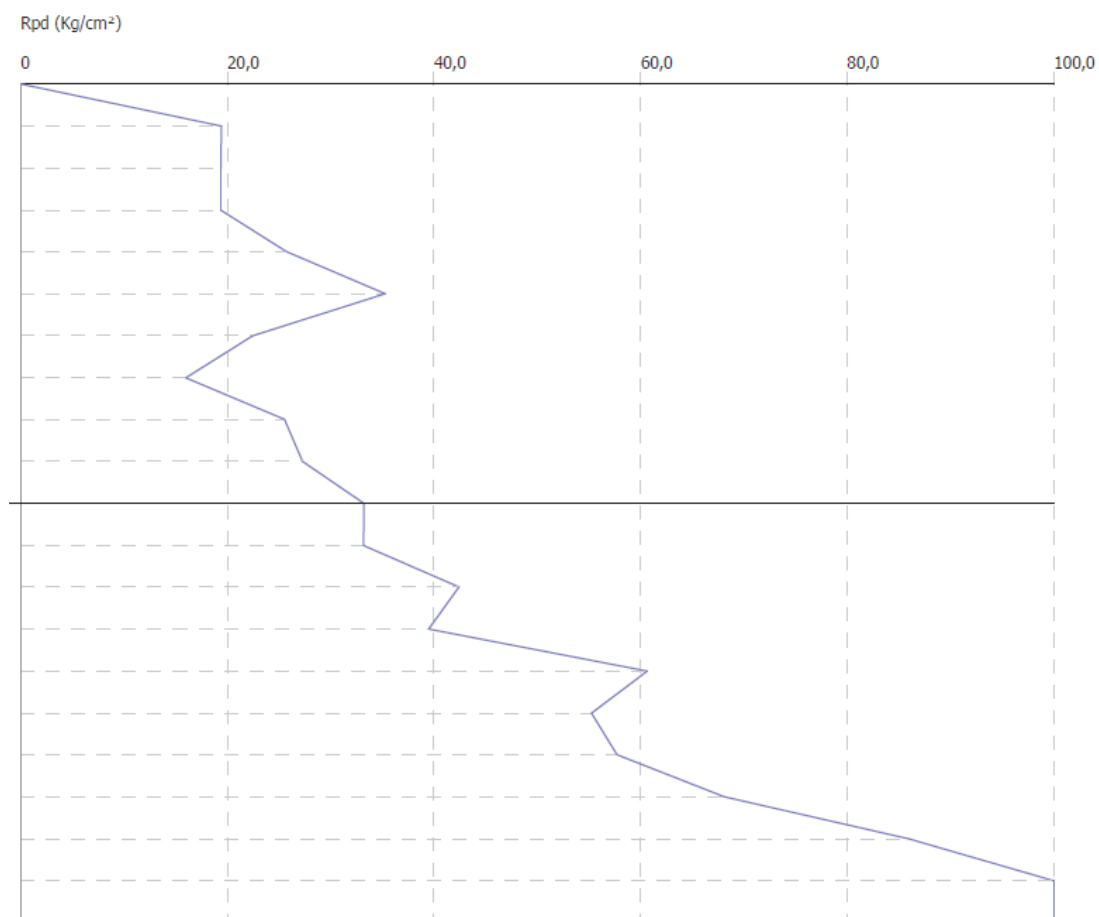
Dott. Geol. Enrico RAPETTI



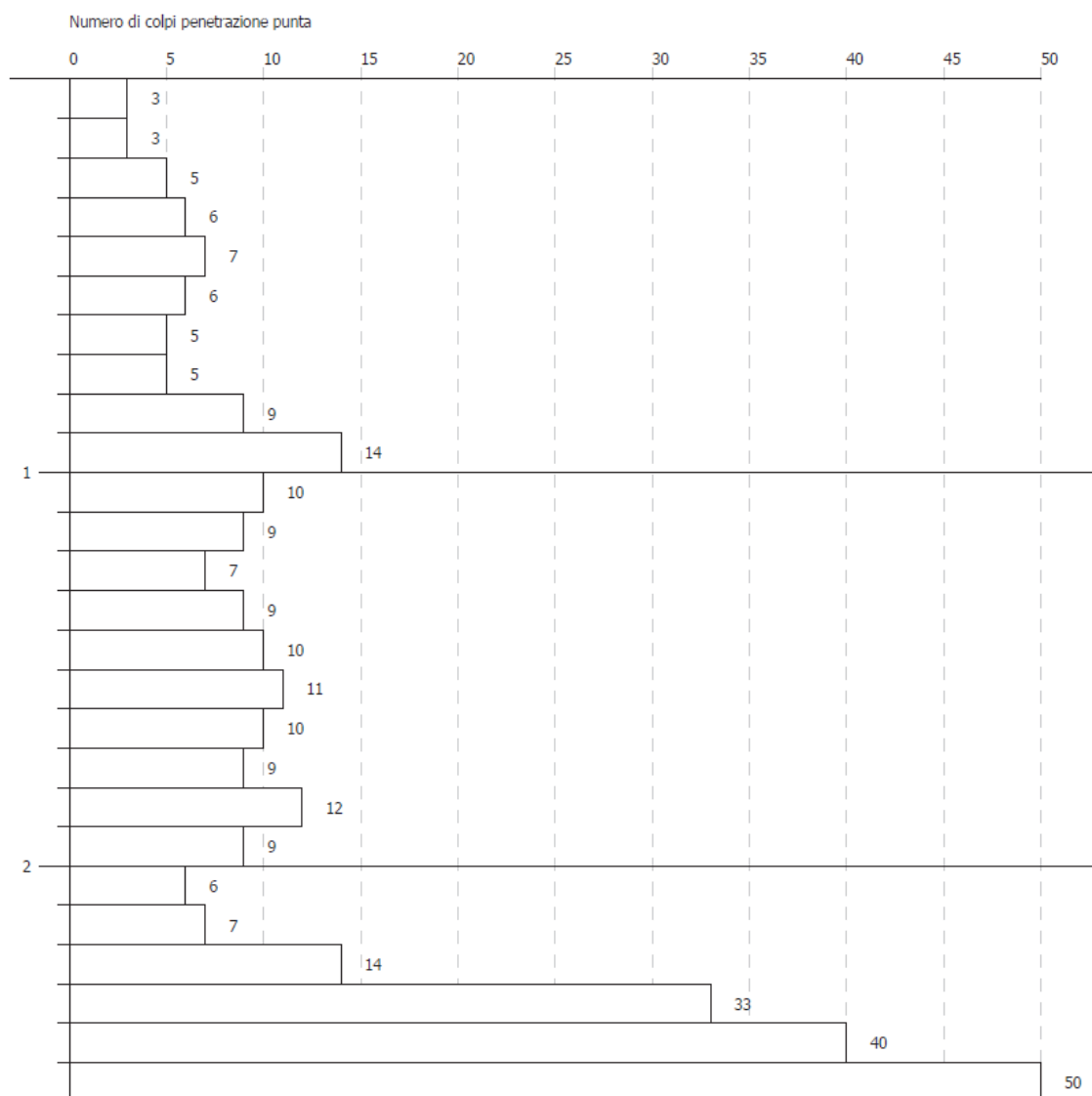
The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Enrico Maria Rapetti'. To the right of the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE' around the top inner edge, 'ENRICO MARIA RAPETTI' in the center, 'GEOLOGO' below the name, 'A.P. SEZ. A' below 'GEOLOGO', and 'N. 821' at the bottom. The words 'ALBO PROFESSIONALE' are written along the bottom inner edge of the circle.

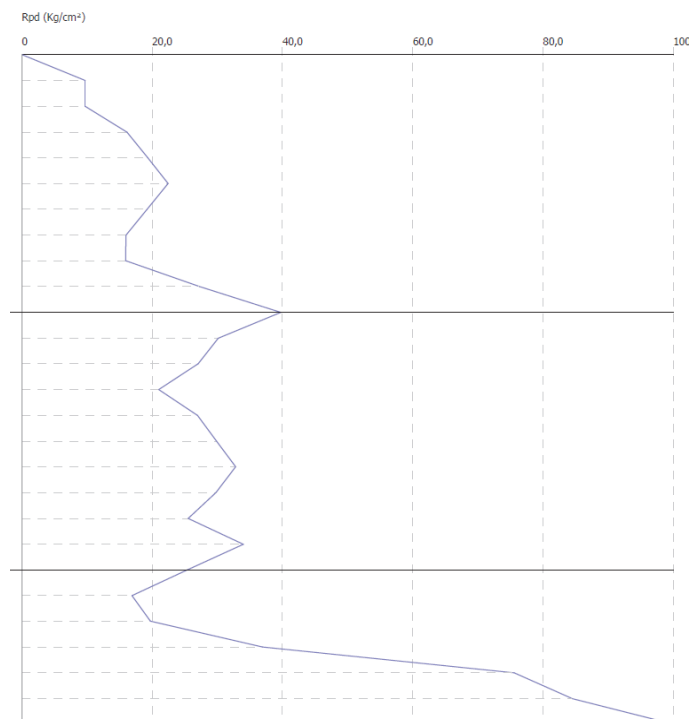
ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
PROVA ... Nr.1


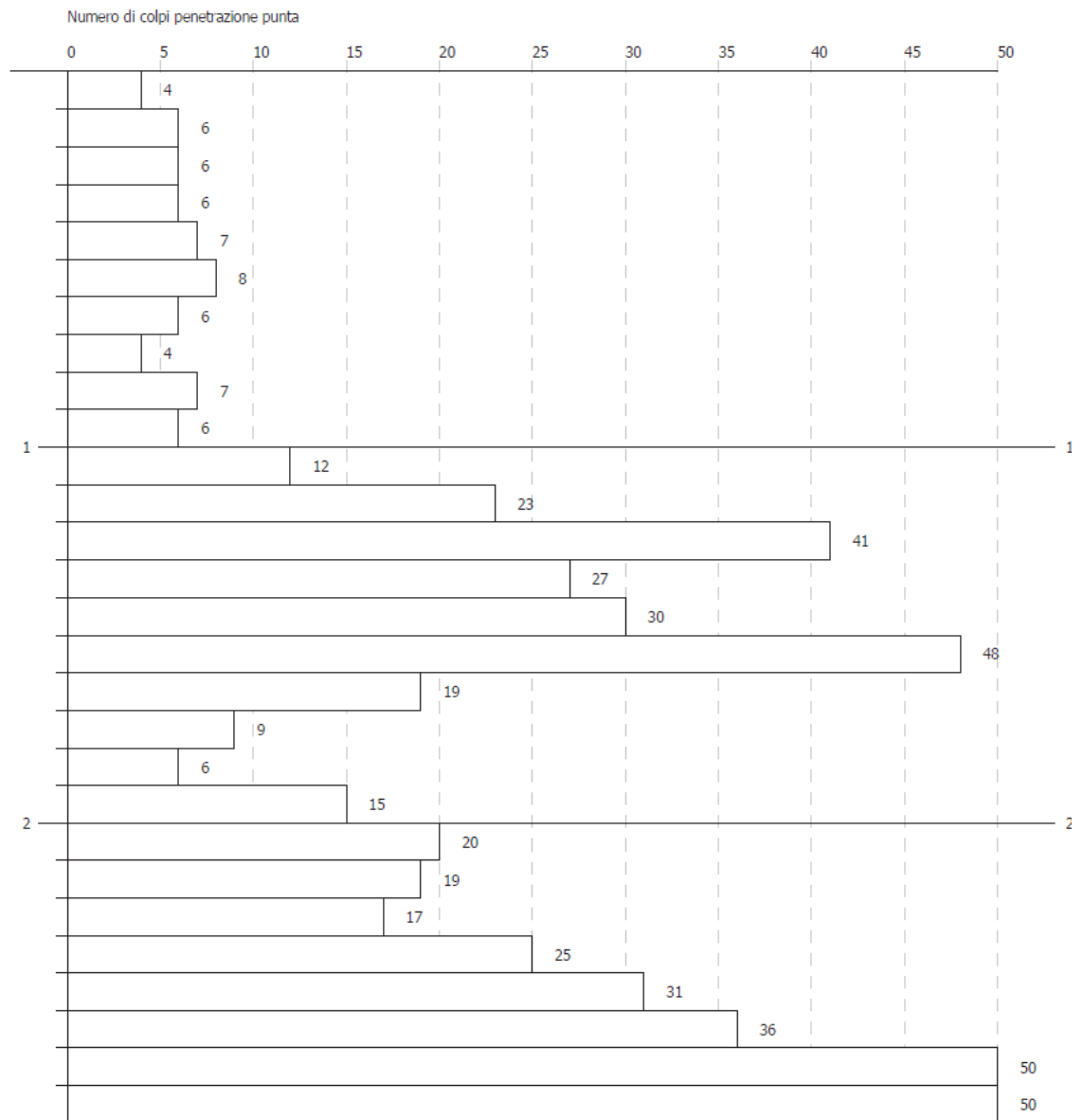
PROVA ... Nr.2

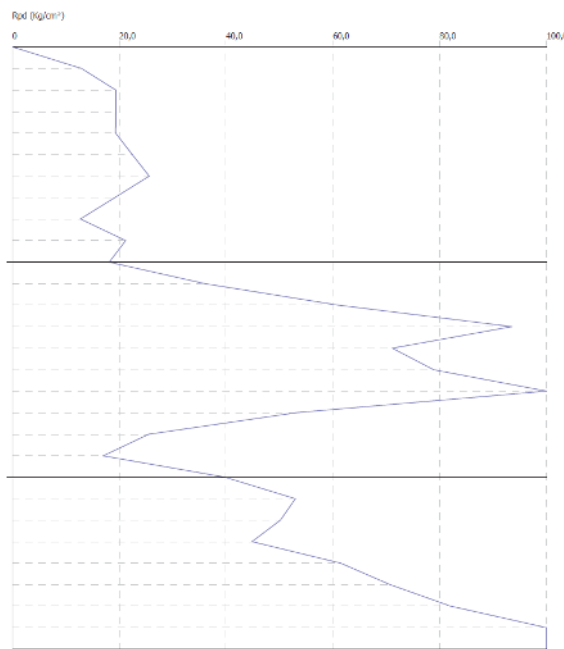


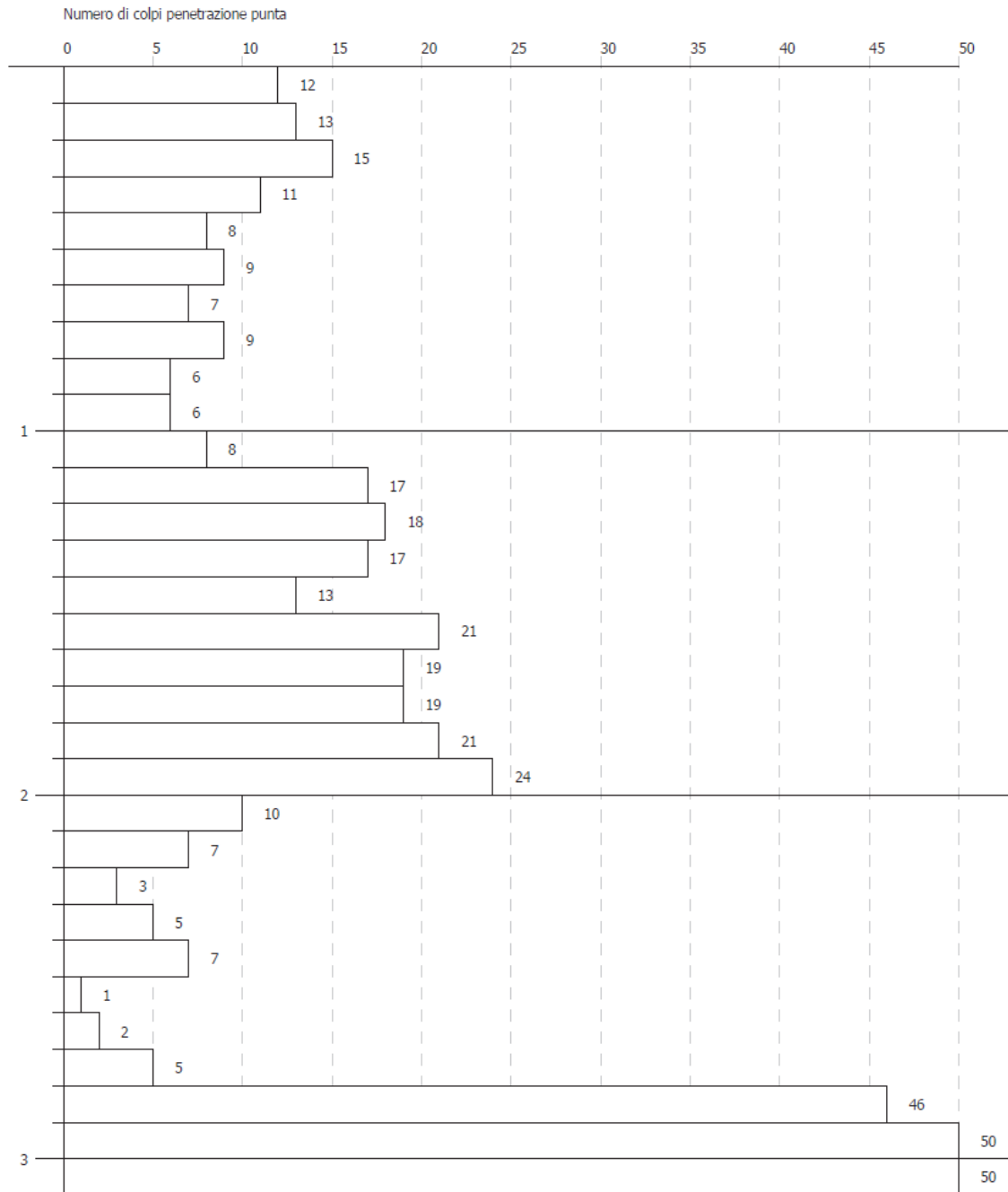
PROVA ... Nr.3

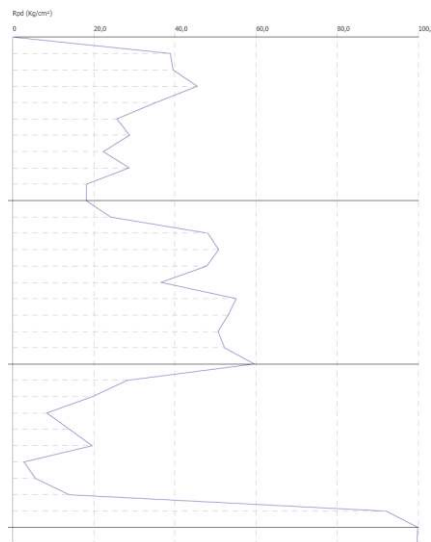


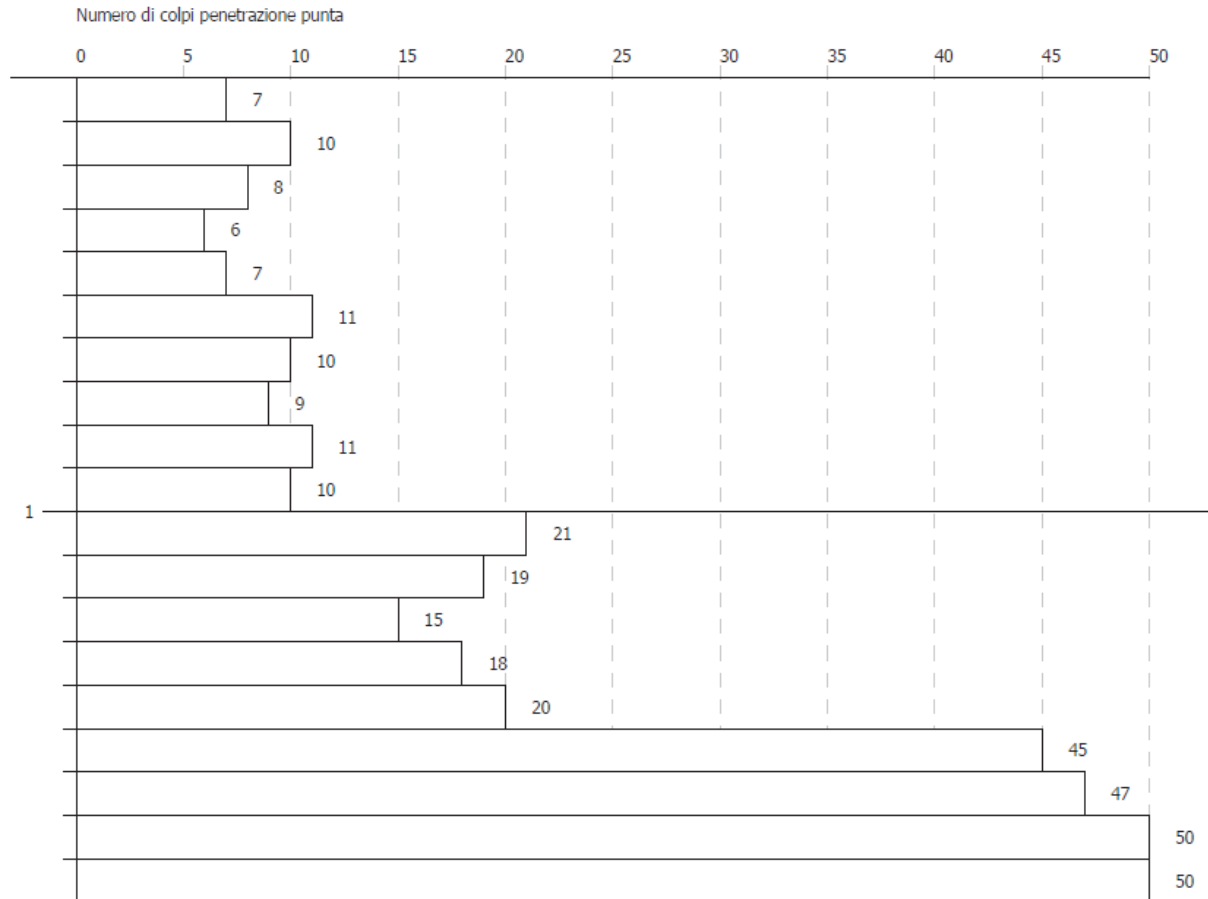


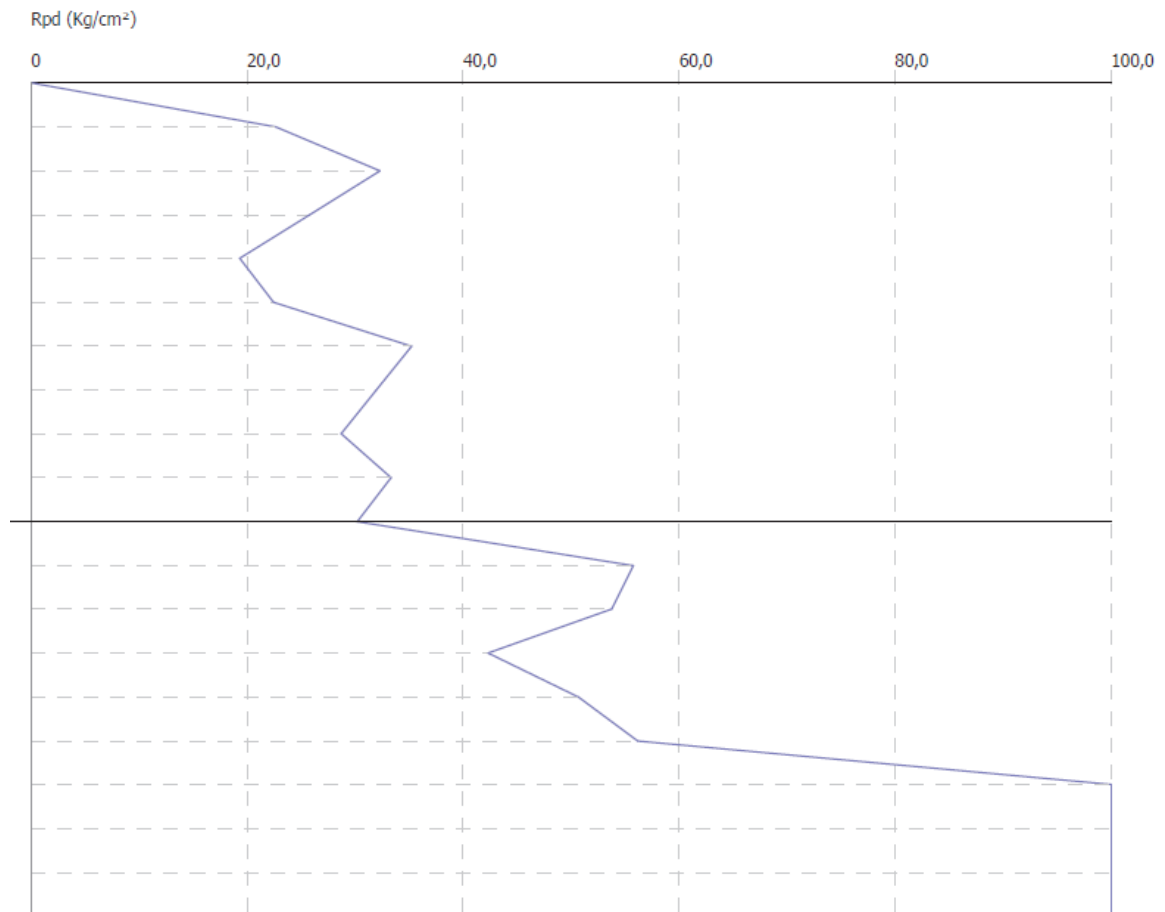
PROVA ... Nr.4



PROVA ... Nr. 5



PROVA ... Nr.6



ALL.2 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Ubicazione Prova P2



Ubicazione Prova P3



Ubicazione Prova P4



Ubicazione Prova P6
Relazione Geologica



