

COMUNE DI NOVAFELTRIA

Provincia di Rimini

RIPRISTINO DELLA SEDE STRADALE DI VIA OLINDO TOMASETTI IN NOVAFELTRIA, CONSOLIDAMENTO E REGIMAZIONE ACQUE VERSANTE SOVRASTANTE

COMMITTENTE

COMUNE DI NOVAFELTRIA

PROGETTO

Studio Tecnico Associato ProGEMA
Ing. Emanuele Giacobbi

CONSULENZA GEOLOGICA

Dott. Geol. Fabio Fabbri

RELAZIONE GEOLOGICA

A	Dicembre 2020	PROGETTO ESECUTIVO



ProGEMA
Studio Tecnico Associato
Viale A. Gramsci, 41
47865 - San Leo (RN)

Note

Archivio:

...\2020\...

E' vietata la riproduzione anche parziale, la cessione a terzi, la diffusione del presente elaborato, se non dietro nostra espressa autorizzazione scritta. Ogni violazione sarà perseguita a norma di legge.

Sommario

SOMMARIO	
SOMMARIO.....	1
PREMESSA.....	2
I – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	3
II – INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
II.1 – NOTE INTRODUTTIVE.....	5
II.2 – STRATIGRAFIA.....	6
II.3 – GEOMORFOLOGIA.....	8
III – CARATTERIZZAZIONE DISSESTO.....	11
III.1 – NOTE INTRODUTTIVE.....	11
III.3 – INDAGINE GEOGNOSTICA.....	13
III.4 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI	27
III.5 – CONSIDERAZIONI SULLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	30
IV – SISMICITA'	46
IV.1 – CATEGORIA SOTTOSUOLO.....	46
IV.2 – CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	46
IV.3 – ZONIZZAZIONE SISMICA	46
IV.4 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	47
IV.5 – RISPOSTA SISMICA LOCALE	47
IV.6 – COEFFICIENTI SISMICI ORIZZONTALI E VERTICALI	47
IV.7 – PARAMETRI SISMICI	48
IV.8 – CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE	50
V – VERIFICHE STABILITA'	51
V.1 – CONSIDERAZIONI GENERALI	51
V.2 – PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI	51
V.3 – SEZIONI E CALCOLI	52
V.4 – ANALISI DEI RISULTATI	55
VI – TERRE E ROCCE DA SCAVO	56
VII – CONCLUSIONI.....	57

PREMESSA

L'innescò e rapida evoluzione del dissesto evoluto fino alla Via S. Ten. Olindo Tomasetti n. 38 nel Comune di Novafeltria, ha introdotto condizioni di rischio incombente per la pubblica e privata incolumità, coinvolgendo anche le reti di sottoservizi impostate nella strada. Tale situazione di precarietà statica del terreno e funzionale dei servizi di rete, hanno sollecitato l'Amministrazione Comunale di Novafeltria ad attivare provvedimenti per rimuovere lo scenario di rischio in atto e ripristinare soddisfacenti condizioni di stabilità.

L'indagine geologica, eseguita per identificare le cause e le dimensioni del dissesto e fornire gli elementi conoscitivi utili per la progettazione delle opere di consolidamento, si è articolata nelle seguenti fasi investigative:

- Rilevamento geologico – geomorfologico di dettaglio dell'area in frana e di quelle circostanti direttamente raccordate.
- Investigazione geognostica risolta con la realizzazione di prove penetrometriche statiche meccaniche approfondite adeguatamente nel substrato formazionale di elevata consistenza.
- Prelevamento campione indisturbato di terreno nell'ambito dell'orizzonte in frana, sottoposto ad analisi e prove di laboratorio per la determinazione dei parametri fisico – meccanici.
- Indagine geofisica sismica a stazione singola HVSR.

L'identificazione del modello geometrico del dissesto, si è integrata con verifiche analitiche di stabilità dello stato attuale con lo scopo di valutare il grado di attività e di pericolosità della frana.

I – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L'area coinvolta nel dissesto è compresa nell'estrema porzione centro – meridionale della Sezione N. 266080 *Talamello* della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000, col centroide identificato dalle coordinate *UTM*:

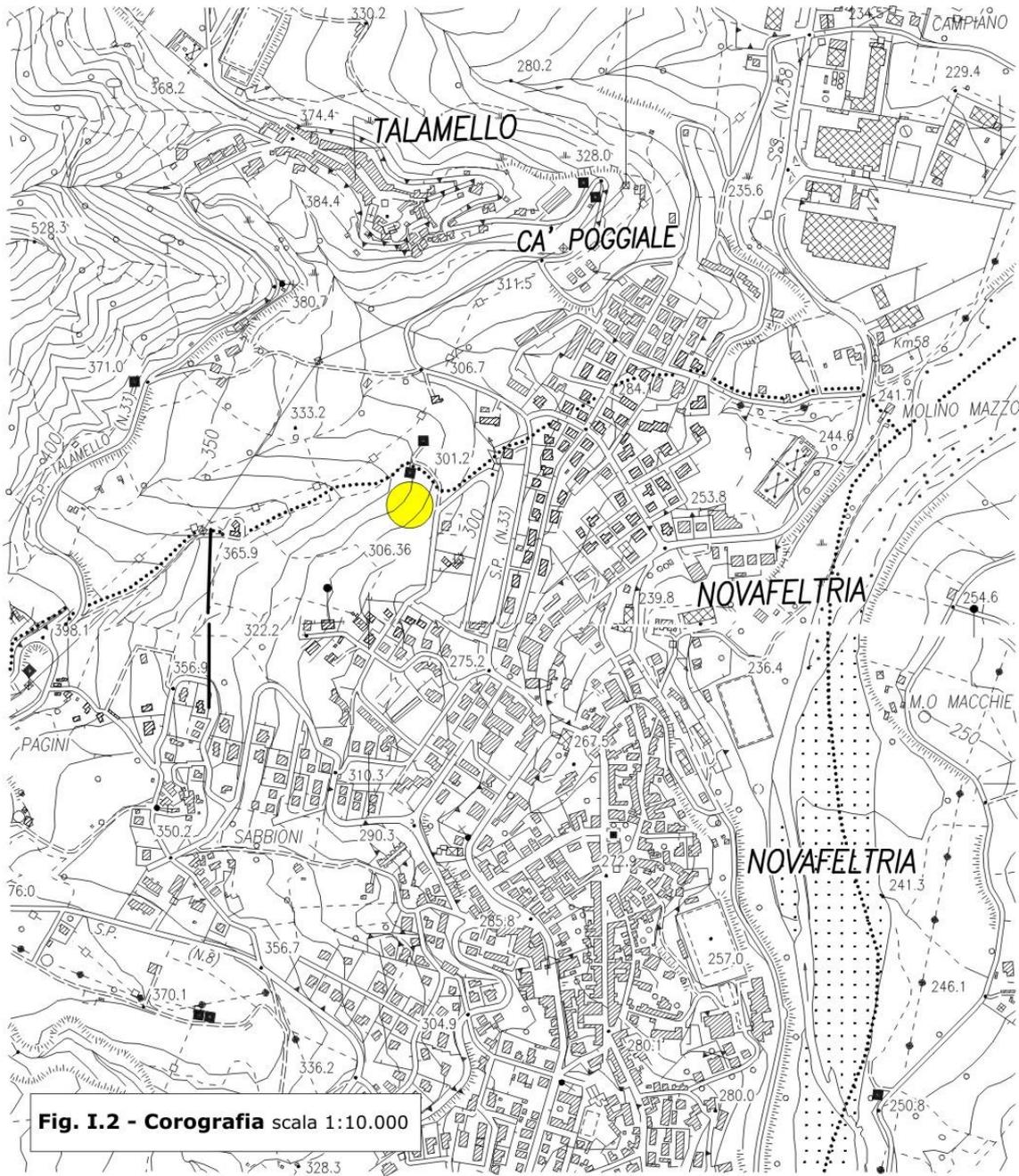
Latitudine: 4861364.51 m N

Longitudine: 284010.76 m E



Fig. I.1 - Foto aerea area di intervento

Il versante che comprende la superficie coinvolta nel dissesto, posta alla quota media di m 320, si sottende verso SE raccordandosi a valle con l'abitato di Novafeltria.



II – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

II.1 – NOTE INTRODUTTIVE

Il territorio che include l'area interessata dagli interventi in progetto, è costituito principalmente da formazioni geologiche comprese in due serie stratigrafiche:

1. Successione Neogenico Quaternaria margine appenninico padano.
2. Unità Liguri.

I substrati formazionali, sono frequentemente coperti da depositi quaternari continentali prodotti dai processi di evoluzione geomorfologica. La Successione Neogenico Quaternaria, nel territorio in esame è rappresentata da depositi alluvionali debolmente terrazzati sull'alveo del Fiume Marecchia e da depositi compresi nella Serie Pliocenica Intrappenninica della Valmarecchia; le Unità Liguri, costituite da depositi di bacini profondi con elementi di rocce derivate da crosta e mantello oceanici, comprendono formazioni di età compresa fra il Cretaceo (Aptiano 125 m.a.) e l'Eocene (37,8 m.a.). Le Unità Liguri, sottoposte dall'evoluzione dell'Appennino settentrionale a prolungato trasporto, hanno subito gli effetti delle tensioni orogenetiche assumendo posizione alloctona. Le formazioni liguridi, su vaste aree si presentano intensamente deformate e rimaneggiate conservando, tuttavia, non raramente, gli elementi distintivi degli originari assetti stratigrafici. Nel corso del processo traslativo in senso adriatico, le liguridi hanno predisposto bacini di sedimentazione entro i quali si sono depositate formazioni della Successione Epiligure e successivamente le unità della Serie Pliocenica Intrappenninica. La sedimentazione dei depositi pliocenici intrappenninici, è iniziata in continuità stratigrafica con le formazioni della Successione Neogenico Quaternaria, interrotta dal ricoprimento delle liguridi sulle quali si è successivamente riattivata e completata la sedimentazione pliocenica, tanto da essere distinta fra ante e post sovrascorrimento (posto a ovest di Perticara). L'evoluzione geologica territoriale, ha riflesso notevoli influenze sull'integrità e sugli assetti sia delle formazioni epiliguri trasportate sul dorso delle unità liguri, sia della serie pliocenica intrappenninica, soggetta ad adattamento passivo sul substrato plastico delle Argille varicolori. L'area oggetto di studio è occupata dalle Argille varicolori che saranno descritte nel successivo paragrafo le quali sovrascorrono i depositi pliocenici a sud di Talamello realizzando un fronte di accavallamento arcuato con polarità appenninica sepolto da depositi quaternari.

II.2 – STRATIGRAFIA

I depositi quaternari e le formazioni geologiche compresi nella porzione di territorio comprese in Fig. II.1 - Carta Geologica, sono di seguito descritte nei caratteri salienti.

Depositi quaternari continentali

Deposito di frana attiva

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto. L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato). Sono incluse anche frane con velocità recepibile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.

Deposito di frana quiescente

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.

Deposito di frana stabilizzata o relitta

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti le cui cause originali non possono ulteriormente agire (frana naturalmente stabilizzata) o per la quale sono state adottate misure di stabilizzazione (frana artificialmente stabilizzata) o originato in contesto morfologico diverso da quello attuale e pertanto considerato non più riattivabile (relitte).

Detrito di falda

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso - pelitica alterata e pedogenizzata, di origine

gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali.

SUCCESSIONE NEOGENICA QUATERNARIA DEL MARGINE PADANO

Unità di Modena (Olocene)

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. I depositi alluvionali prima descritti, si insediano nella fascia del fondovalle compresa tra l'alveo fluviale e la base dei versanti.

Pliocene intrappenninico della Valmarecchia

Formazione delle Argille azzurre (*Pliocene inferiore*)

Litofacies pelitica

Argille, argille marnose, localmente siltose, marne argillose e siltose, grigie e grigio azzurre, talora grigio plumbeo, a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi. Nella parte inferiore della formazione localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti gialle o ocre se alterate, sottilmente laminate. L'ambiente di sedimentazione varia da piattaforma, localmente litorale, a scarpata. Stratigraficamente poste alla base della Successione pliocenica, si insediano con discontinuità al piede di Monte Pincio sovrascorse dalle Argille varicolori.

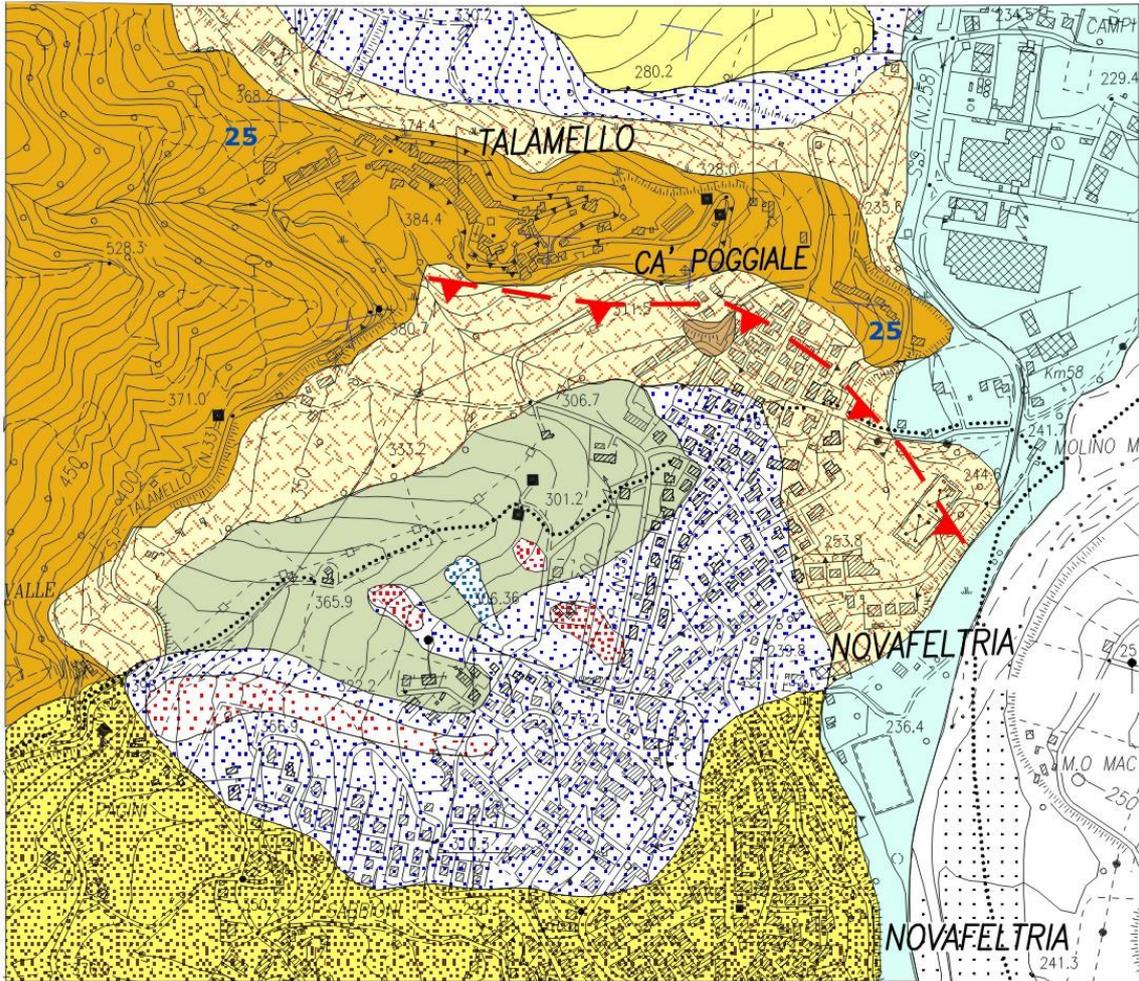
Litofacies arenaceo conglomeratica

Arenarie grigie e giallastre se alterate, in strati da decimetrici a metrici con livelli di tritume conchigliare, nuclei a maggiore cementazione (cogoli) e livelli decimetrici pelitici. Si intercalano conglomerati poligenici lenticolari e/o tabulari da spessi a molto spessi. La litofacies arenaceo - conglomeratica si afferma in affioramento nel potente rilievo di Monte Pincio.

Unità liguri

Argille Varicolori (Cretacico inf. - Paleocene?)

Argilliti e siltiti marnose tettonizzate grigio - verdi, nerastre e rosso scure, con subordinate arenarie e siltiti, calcilutiti e calcari marnosi e con blocchi budinati di calcilutiti bianche e verdini spesso brecciati, siltiti mangesifere, areniti grigie. Frattura scheggiosa con numerosi piani di taglio pervasivi e superficie lucida. Si insediano in affioramento nell'ambito della dorsale posta alle quote superiori dei versanti che si raccordano nel fondovalle fino all'area di progetto.



DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI
 Frana attiva Frana quiescente Frana relitta arenaceo - sabbiosa
 Detrito di falda sabbioso arenaceo

SUCCESSIONE NEOGENICO - QUATERNARIA MARGINE APPENNINICO PADANO
 Unità di Modena F. Argille azzurre litofacies arenaceo-conglomeratica
 F. Argille azzurre litofacies pelitica

SUCCESSIONE EPILOGURE
 Formazione di San Marino (olistolito)

UNITA' LIGURI
 Argille varicolori

SEGNI CONVENZIONALI | Stratificazione | Contatto tettonico per sovrascorrimento sepolto o incerto

Fig. II.1 - Carta Geologica scala 1:10.000

II.3 – GEOMORFOLOGIA

Le caratteristiche morfologiche del territorio, si sostanziano in una notevole variabilità di lineamenti, connessi all'assortimento degli assetti strutturali della roccia in posto e alle composizioni dei depositi formazionali e quaternari, dotati di distinte resistenze all'erosione.

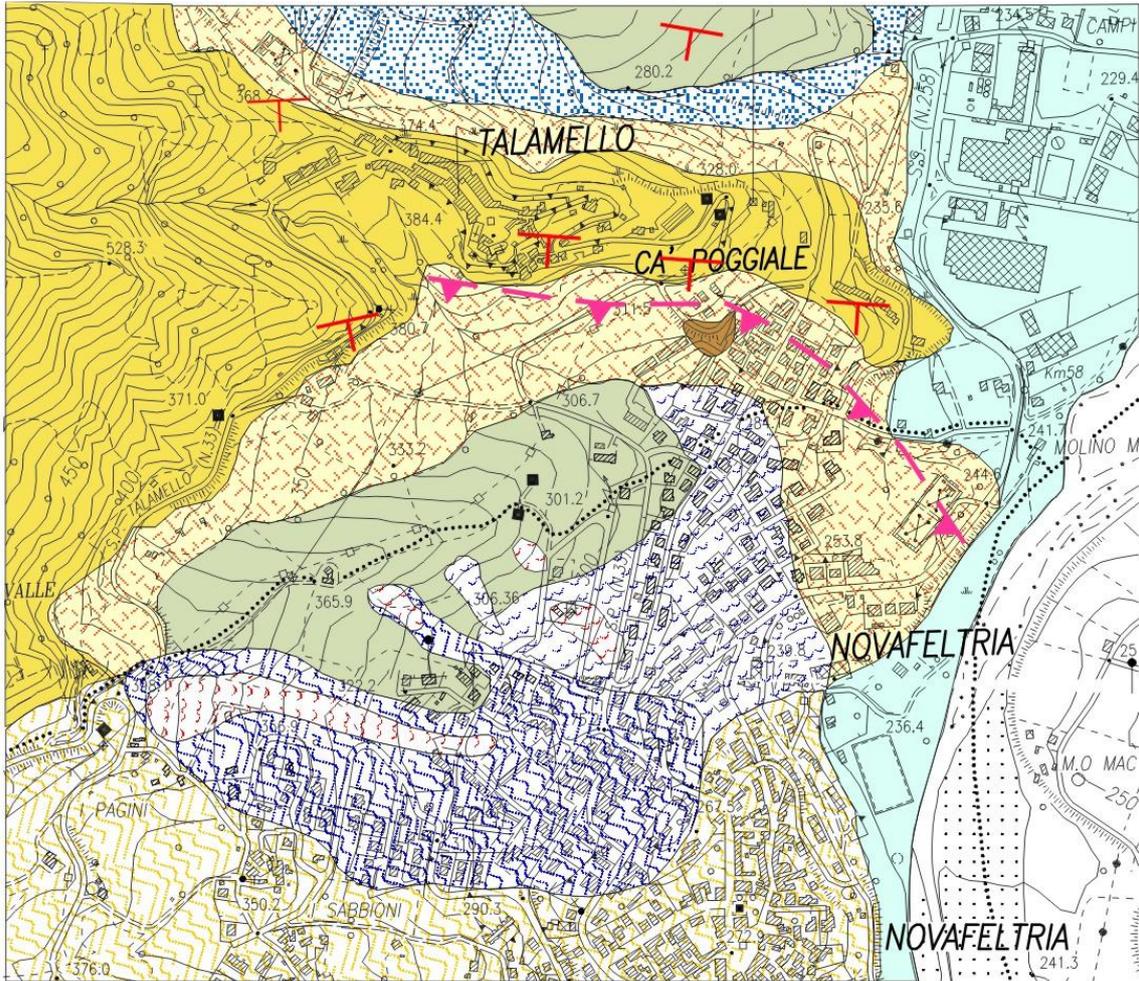
Negli aspetti sostanziali, la zona è caratterizzata localmente da due principali configurazioni:

1. Forme dirupate in corrispondenza dell'affioramento roccioso arenaceo - conglomeratico di Monte Pincio.
2. Versanti occupati da depositi argillosi dove la morfologia acquista profili molto assortiti, espressi da sequenze di ondulazioni conseguite a deformazione e/o mobilitazione del primo sottosuolo e incisioni prodotte dalle acque correnti.

I processi geomorfologici soggetti a rapida evoluzione per mobilitazione gravitativa ed erosione accelerata, si concentrano alla base dei rilievi rocciosi occupati da depositi formazionali argillosi.

Le destabilizzazioni per crollo e scivolamento di massi e lembi rocciosi dalle pareti, sono genericamente diffusi con preferenziali localizzazioni dove, la polarità e addensamento delle fratture propongono condizioni di maggiore fragilità statica.

L'area di intervento, si imposta lungo il fianco meridionale di una dorsale allineata in senso antiappenninico (NE-SO), dove si registra una sequenza di dissesti attivi nell'ambito di un'area densamente urbanizzata, alcuni dei quali posti alle quote superiori della lottizzazione residenziale, mentre quello in esame posto immediatamente a valle di un fabbricato ha raggiunto e parzialmente coinvolto la sottostante via pubblica.



LITOLOGIA DEL SUBSTRATO

Rocce argillose, marnose
 Rocce arenitiche e ruditiche
 Rocce calcaree

DEPOSITI QUATERNARI

Deposito di frana attiva per colamento
 Deposito di frana complessa relitta

Deposito di frana quiescente per colamento
 Detrito di falda

Alluvioni terrazzate
 Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

FORME STRUTTURALI

Contatto tettonico per sovrascorrimento sepolto o incerto

GIACITURE

5 - 26 gradi

Fig. II.2 - Carta Geomorfologica scala 1:10.000

III – CARATTERIZZAZIONE DISSESTO

III.1 – NOTE INTRODUTTIVE

A seguito dell'avverso regime meteo climatico dell'autunno 2018, caratterizzato da intense e prolungate precipitazioni, si è attivato un movimento del terreno immediatamente a valle di un edificio residenziale, confinato al piede da un muro di sostegno posto in fregio a Via S. Ten. Olindo Tomasetti.

La frana, manifestava nelle fasi iniziali un coronamento arcuato tipico dei materiali argillosi a comportamento coesivo, ampio circa m 20, attestato nella prossimità del portico posto sul fronte del fabbricato residenziale (Figg. III.1 – III.2).

Lungo il vettore di massima pendenza, fra il portico e il muro di sostegno, il dissesto si sottende per una lunghezza di circa m 13.





Fig. III.2 - Particolare coronamento dissesto nella
prossimità del portico

L'evoluzione del movimento di terreno ha prodotto, con veloce progressione, il dissesto del muro (Figg. III.3 - III.4) e la prospettiva di una sua completa destabilizzazione con imminente rischio per la pubblica e privata incolumità e il coinvolgimento delle reti di sottoservizi presenti nella prossimità della base del muro.

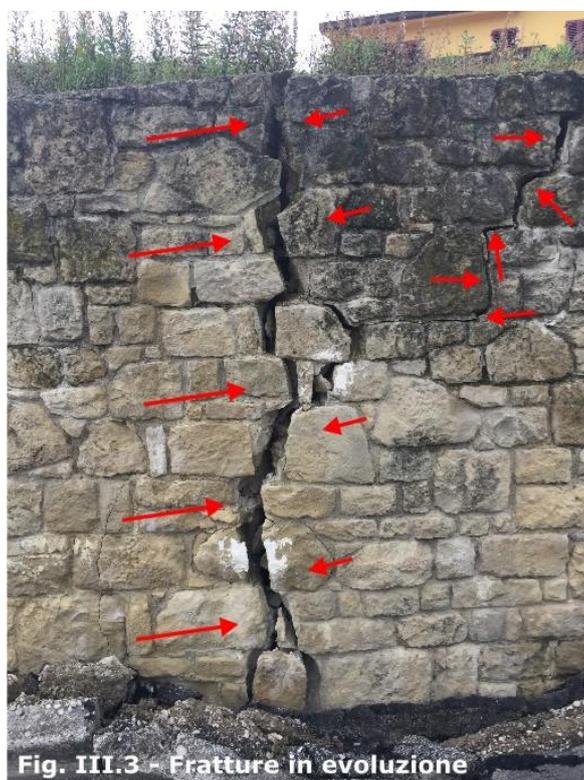


Fig. III.3 - Fratture in evoluzione



III.3 – INDAGINE GEOGNOSTICA

Allo scopo di assumere riferimenti sulla dimensione del dissesto in atto e più in generale sulle condizioni litostratigrafiche anche dei terreni insediati nella pendice sottesa a monte del coronamento di frana, si sono realizzate due campagne geognostiche: una alle quote superiori del versante, l'altra nell'ambito del corpo di frana.

Le indagini geognostiche si sono risolte tramite l'esecuzione di prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT) ubicate in posizioni significative anche in rapporto all'accessibilità dell'attrezzatura di prospezione, condizionata a monte dall'acclività del profilo topografico e nell'ambito del corpo di frana dall'accidentata morfologia della pendice, ampiamente scompaginata dal movimento del terreno in atto.

In Fig. III.5 è indicata l'ubicazione delle prove eseguite alle quote superiori e in Fig. III.6 i relativi riscontri stratigrafici.

In Fig. III.9 è riportata l'ubicazione delle prove nella zona interessata dal dissesto e in quelle contermini, unitamente alla traccia di sezione corrispondente alle condizioni di instabilità ritenute più sfavorevoli.



Fig. III.5 - Ubicazione prove CPT quote superiori versante

Le prospezioni geognostiche, esprimono. Alle quote superiori del versante, le condizioni litostratigrafiche schematicamente riportate in Fig. III.6.

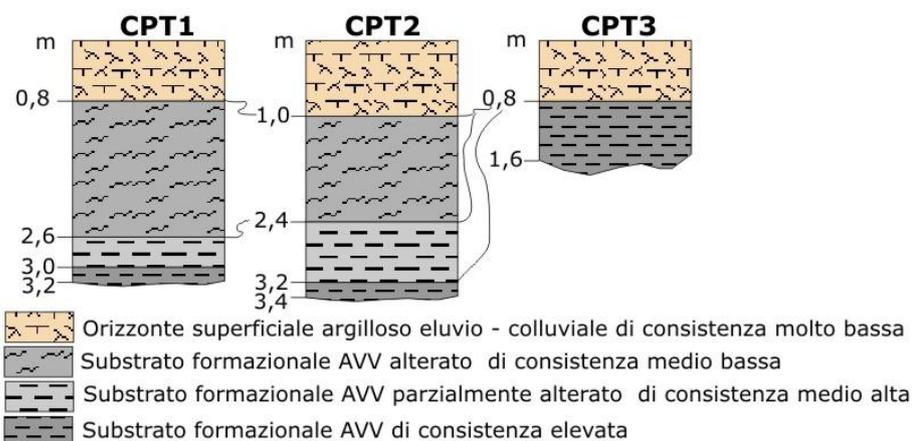


Fig. III.6 - Caratteri litostratigrafici terreni da CPT/2019

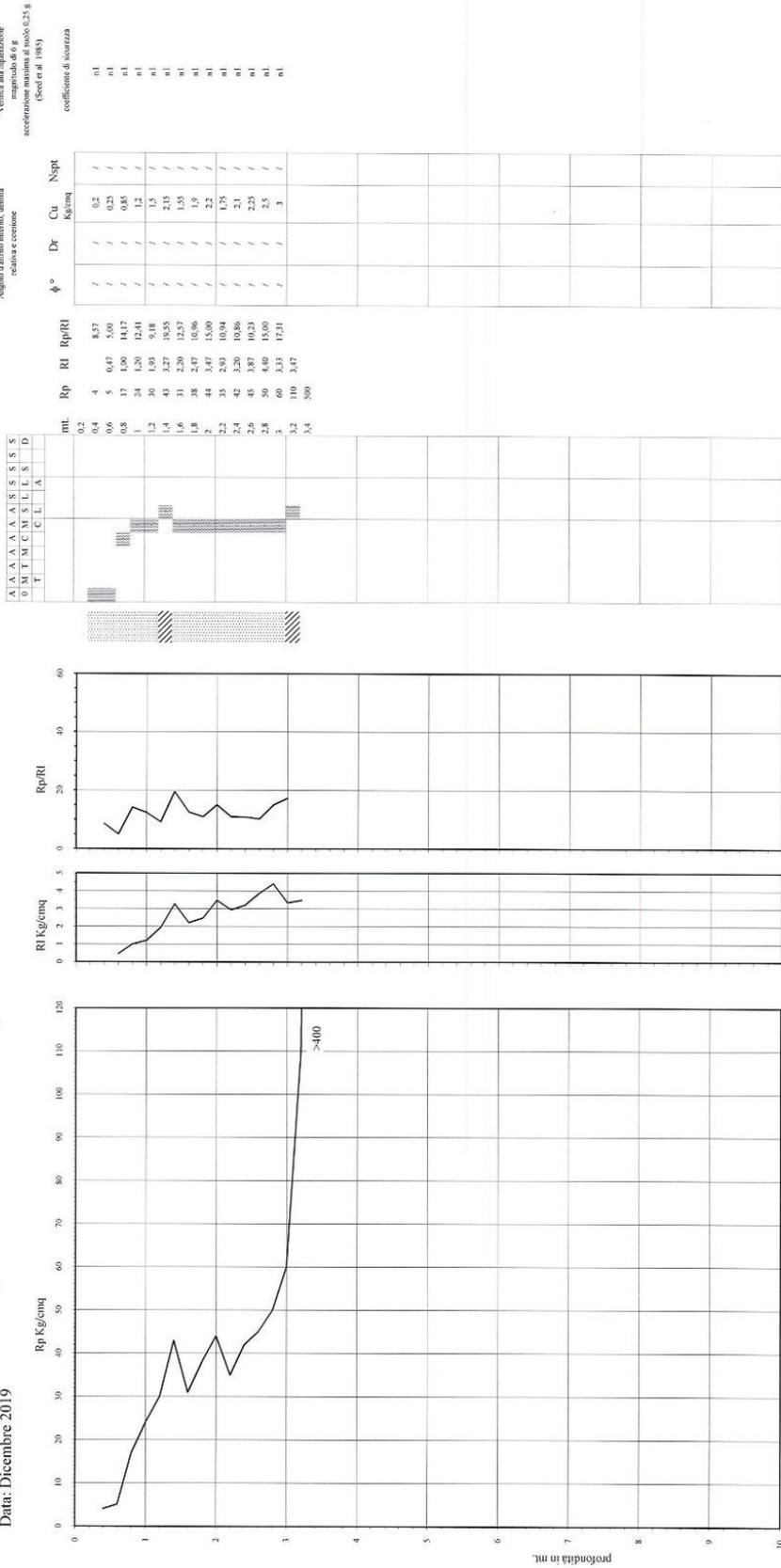
Si uniscono di seguito i diagrammi delle prove penetrometriche.

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 1
 Cantiere: Novateletria (RN) - Via Raggiolo
 Data: Dicembre 2019

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Quota inizio: piano campagna
 Note: dissesto
 Note: piezometro



Cu media Kg/cmq 1,67143 Nsp/RI media n. colpi

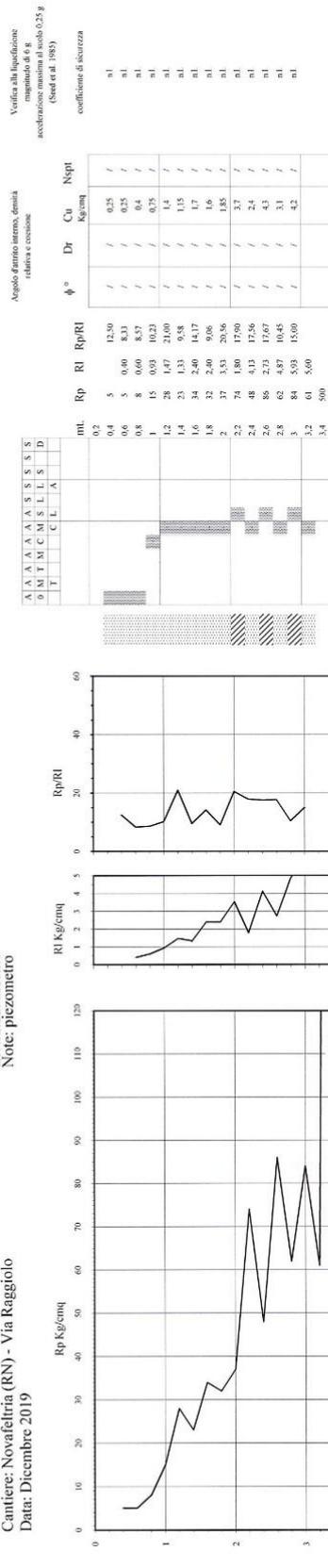
- Legenda:
- argilla
 - sabbia limosa argillosa
 - sabbia
 - AO argilla coesiva e terreni misti; AM argilla molto tenera; AI argilla tenera; AS argilla media; AC argilla compatta; AMC argilla molto compatta; ASI argilla sabbiosa limosa; SI sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa; SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

Caratteristiche strumento penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manico laterale superficie 150 cmq

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2
 Cantiere: Novatefritra (RN) - Via Raggiolo
 Data: Dicembre 2019

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Cu media Kg/cmq | 1,9214 | Nspq media n. colpi

Legend:

- argilla limosa argillosa
- argilla limosa argillosa
- sabbia

Caratteristiche strumento penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begmann - innescito laterale superficie 150 cmq

n.l. non liquefificabile

Nel corso dell'investigazione geognostica, completata con l'introduzione di piezometri nei fori di sondaggio, non si è registrata (tramite controllo con freatimetro) la presenza di acqua sotterranea.

Il tratto di versante indagato tramite le CPT 1-2-3 del 2019, non appare interessato da apprezzabile attività idrogeologica, tuttavia, l'orizzonte superficiale decompresso, di spessore compreso fra m $0,8 \div 1,0$, può essere interessato da circolazione idrica durante eventi di precipitazioni prolungate e tale ipotesi trova conferme da una emergenza idrica attestata alla base della copertura quaternaria eluvio - colluviale, tamponata dal substrato più compatto e caratterizzato da conducibilità idraulica decisamente inferiore (Figg. III.7 - III.8).





Fig. III.8- Particolare emergenza d'acqua di Fig. III.7

L'attività di approfondimento investigativo, finalizzata a fornire un quadro conoscitivo di supporto alla progettazione esecutiva degli interventi di consolidamento, si è incentrata nell'ambito del corpo di frana e nelle aree contermini, sia per verificare lo spessore del terreno in frana e sia per delimitarne l'estensione a monte dei coronamenti principali.

In Fig. III.9 è riportata l'ubicazione delle prove e le tracce di sezione ritenute più significative per la valutazione del grado di attività del dissesto e delle tensioni destabilizzanti agenti sul muro.

In corrispondenza di CPT1/2020, si è inoltre realizzata una prova geofisica a stazione singola HVSR per identificare la categoria sismica del suolo.

Allo scopo di ricavare i parametri fisico - meccanici dei terreni coinvolti nel dissesto, in corrispondenza di CPT1/2020 si è provveduto a prelevare un campione indisturbato sottoposto ad analisi e prove di laboratorio.

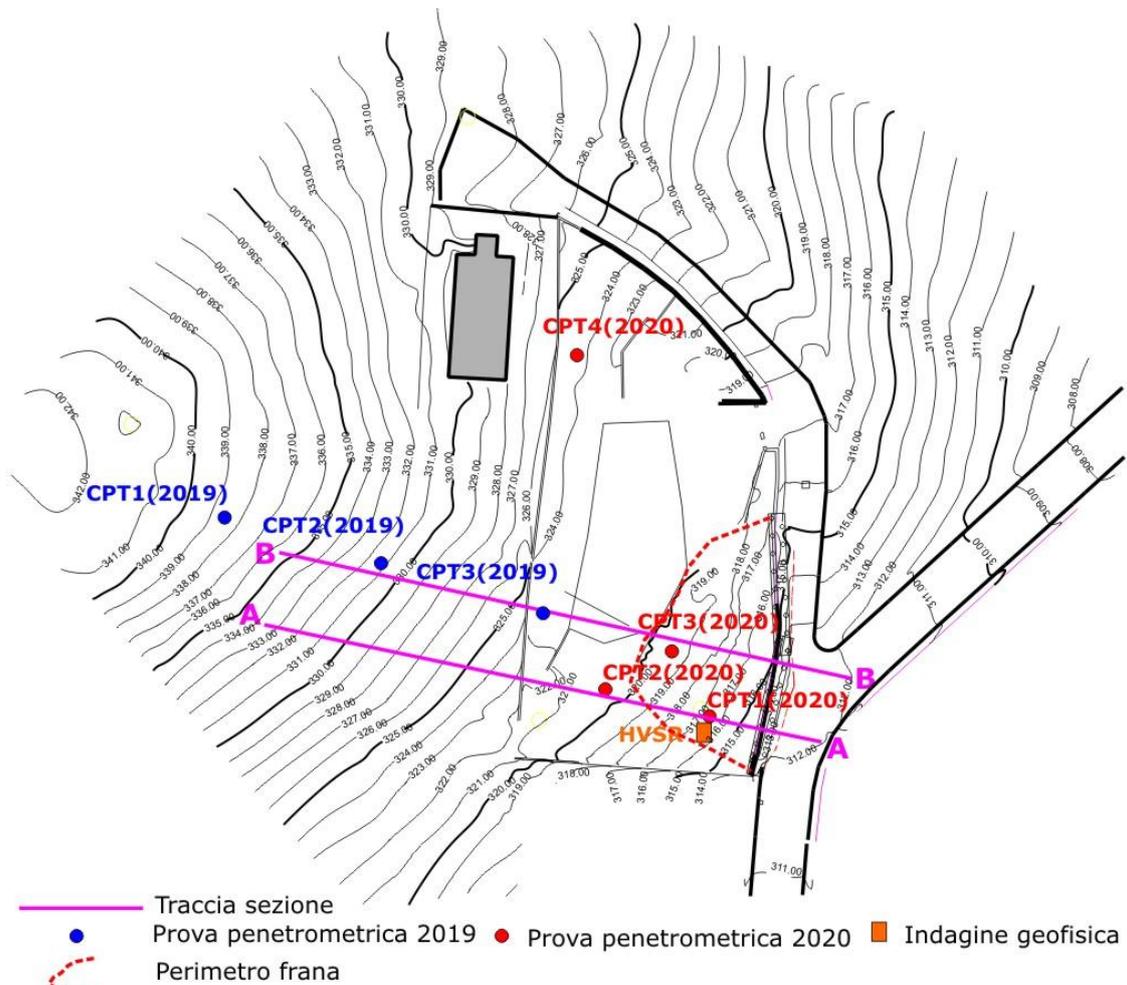


Fig. III.9 - Planimetria ubicazione indagini e traccia sezioni scala 1:1.000

Le prove penetrometriche eseguite nell'ambito del corpo di frana ed aree adiacenti (CPT2020), hanno permesso di identificare lo spessore dei terreni oggetto di mobilitazione che gravano sul muro di sostegno e di confinarne il coronamento verso monte a conferma di quanto registrato nell'attività di rilevamento geomorfologico.

In Fig. III.10 sono riportate le sezioni stratigrafiche.

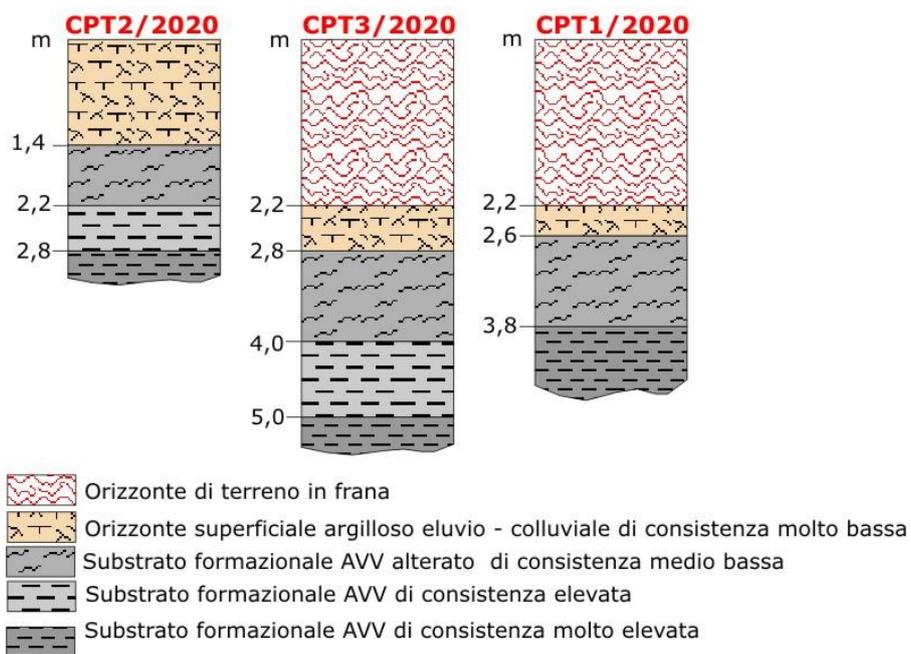


Fig. III.10 - Caratteri litostratigrafici terreni da CPT/2019

A monte del fabbricato residenziale, lungo la pista interclusa fra l'edificio, il serbatoio dell'acquedotto e muri di contenimento, si sono registrate le condizioni litostratigrafiche rappresentate in Fig. III.11.

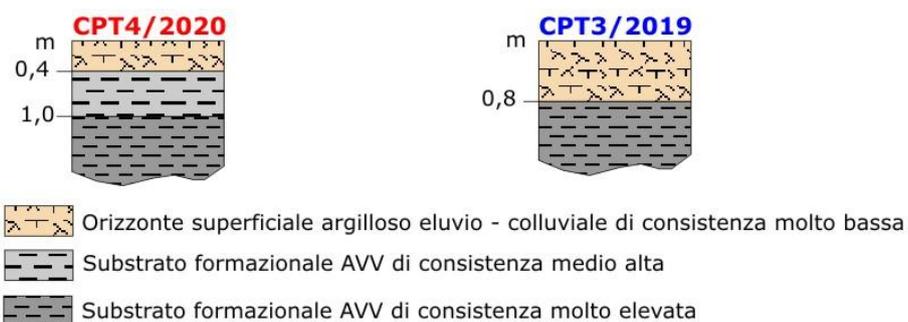


Fig. III.11 - Caratteri litostratigrafici terreni a monte del dissesto

Si uniscono di seguito i diagrammi penetrometrici delle CPT(2020).

Prova Penetrometrica Statica

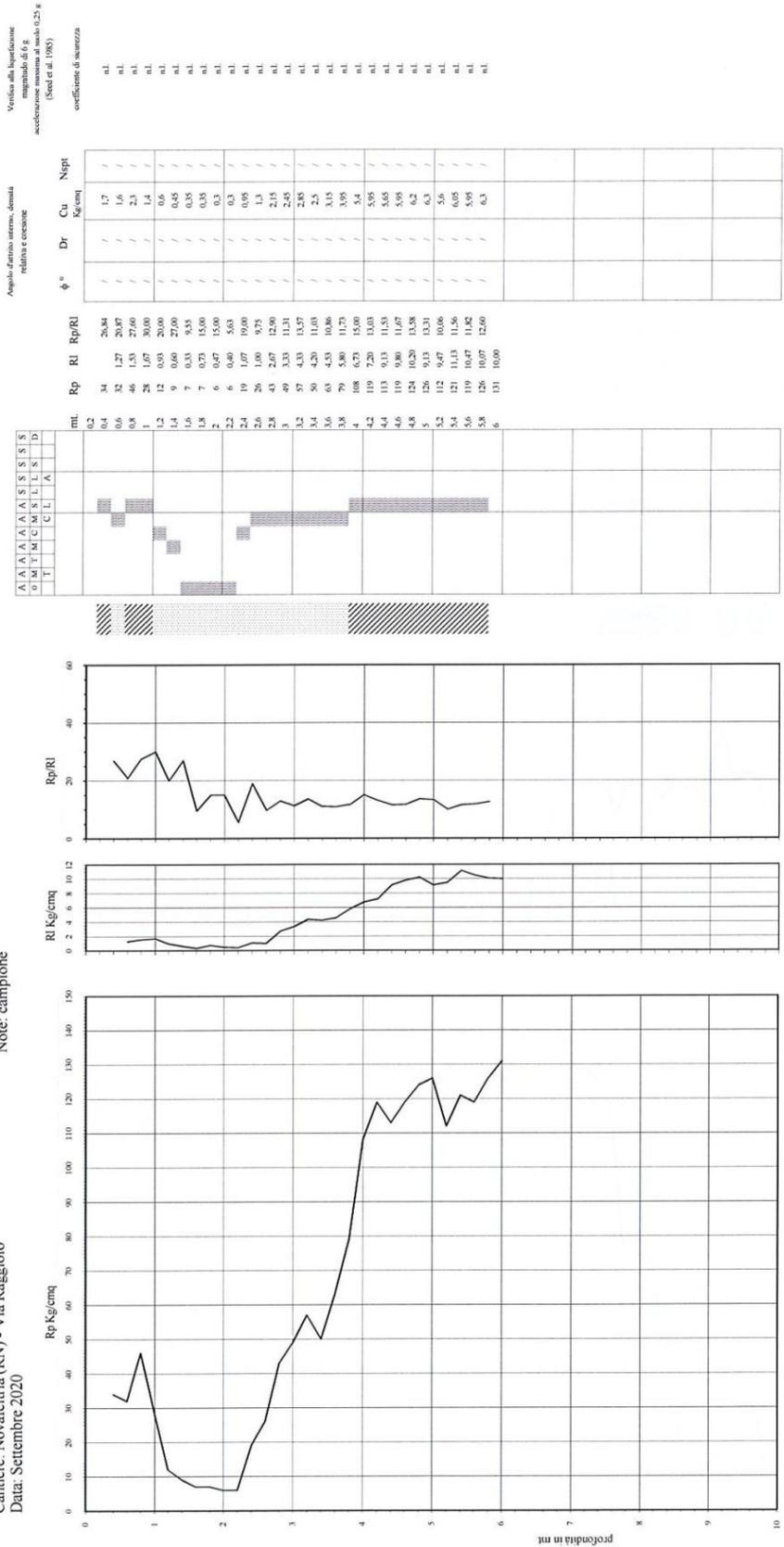
Prova n.: CPT 1
 Cantiere: Novafeltria (RN) - Via Raggiolo
 Data: Settembre 2020

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Angolo d'attrito interno, densità
 relativa e coesione

Verifica alla liquefazione
 impedita di 6 g
 accelerazione
 (Seed et al. 1983)

coefficiente di sicurezza



Cu media Kg/cm² | 3.14286 | ##### | Nsp media n. colpi

Legenda:

- argilla
- sabbia limosa argillosa
- sabbia

Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manico laterale superficie 150 cm²

AO argilla organica e terreni molli, AMT argilla molto tenera,
 AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
 S sabbia e limo, SL sabbia limosa argillosa
 SS sabbia sabbia, S sabbia, SD sabbia drena

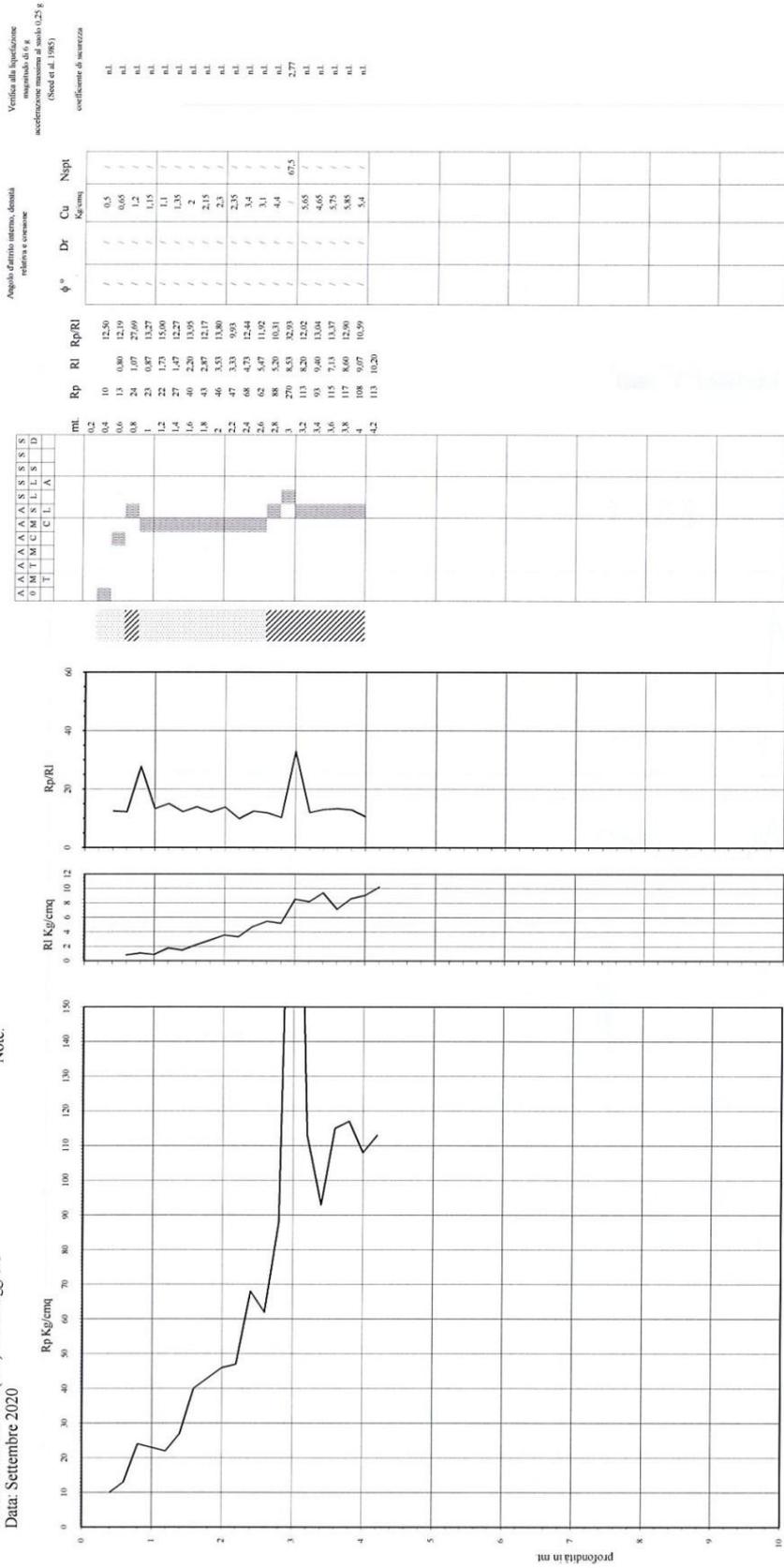
n.l. non liquefacibile

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2
 Cantiere: Novateletria (RN) - Via Raggiolo
 Data: Settembre 2020

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Quota inizio: piano campagna
 Liv. falda: assente
 Note:



Verifica alla liquefazione magistrali di 0,5 g accelerazione massima al suolo 0,27 g (vedi art. 198)	Angolo d'attrito interno, densità relativa e coesione	φ °	Dr	Cu Kg/cmq	Np/RI	Coefficiente di sovraccarico
n.l.	/	/	/	0,5	/	n.l.
n.l.	/	/	/	0,05	/	n.l.
n.l.	/	/	/	1,2	/	n.l.
n.l.	/	/	/	1,15	/	n.l.
n.l.	/	/	/	1,1	/	n.l.
n.l.	/	/	/	1,38	/	n.l.
n.l.	/	/	/	2	/	n.l.
n.l.	/	/	/	2,15	/	n.l.
n.l.	/	/	/	2,3	/	n.l.
n.l.	/	/	/	2,35	/	n.l.
n.l.	/	/	/	3,4	/	n.l.
n.l.	/	/	/	3,1	/	n.l.
n.l.	/	/	/	4,4	/	n.l.
n.l.	/	/	/	4,4	/	2,77
n.l.	/	/	/	5,65	/	n.l.
n.l.	/	/	/	6,05	/	n.l.
n.l.	/	/	/	5,75	/	n.l.
n.l.	/	/	/	5,85	/	n.l.
n.l.	/	/	/	5,4	/	n.l.

Cu media Kg/cmq: 2,94107 | Np/RI media n. colpi: 67,5

Legenda:
 argilla
 sabbia limosa argillosa
 sabbia
 AO argilla organica e terreni masti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta;
 AMC argilla molto compatta; ASI argilla sabbiosa limosa;
 S sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa;
 SS sabbia sciolta; S carbonio; SD sabbia dritta

Caratteristiche di progetto: pendimetro statico, servovenite, 200kN, sprita
 Punta meccanica tipo "baguettes" - manicotto laterale superiore 150 cmq

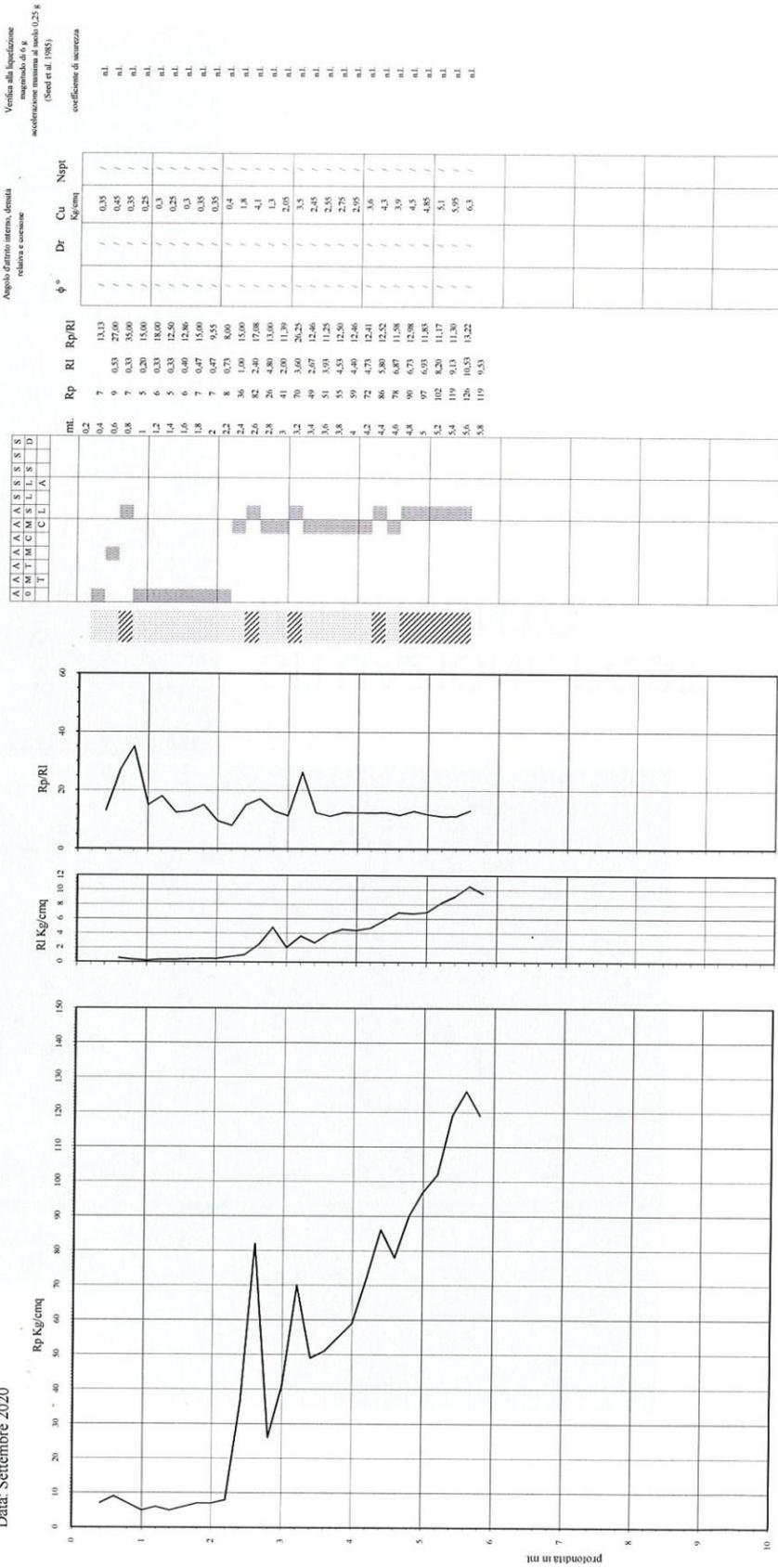
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 3
 Cantiere: Novafeltria (RN) - Via Raggiolo
 Data: Settembre 2020

Intergeo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeosm.com

Quota inizio: piano campagna
 Livello: affidabile, assente

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Cu media [kg/cmq] 2,4182 Nspit media n. colpi

Legenda:

- argilla limosa argillosa
- argilla limosa argillosa
- sabbia

Caratteristiche strumento penetrometro statico semovente, 200kN spinta
 Punta meccanica tipo Begemann - manometro laterale superficie 150 cmq

AO argilla organica e terreni molli, AMT argilla molto tenera,
 AV argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta,
 AS argilla sabbiosa, SCL argilla sabbiosa limosa,
 SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa,
 SS sabbia sabbia, SSB sabbia, SD sabbia densa

SEZIONE A - A
CPT2 (2019)

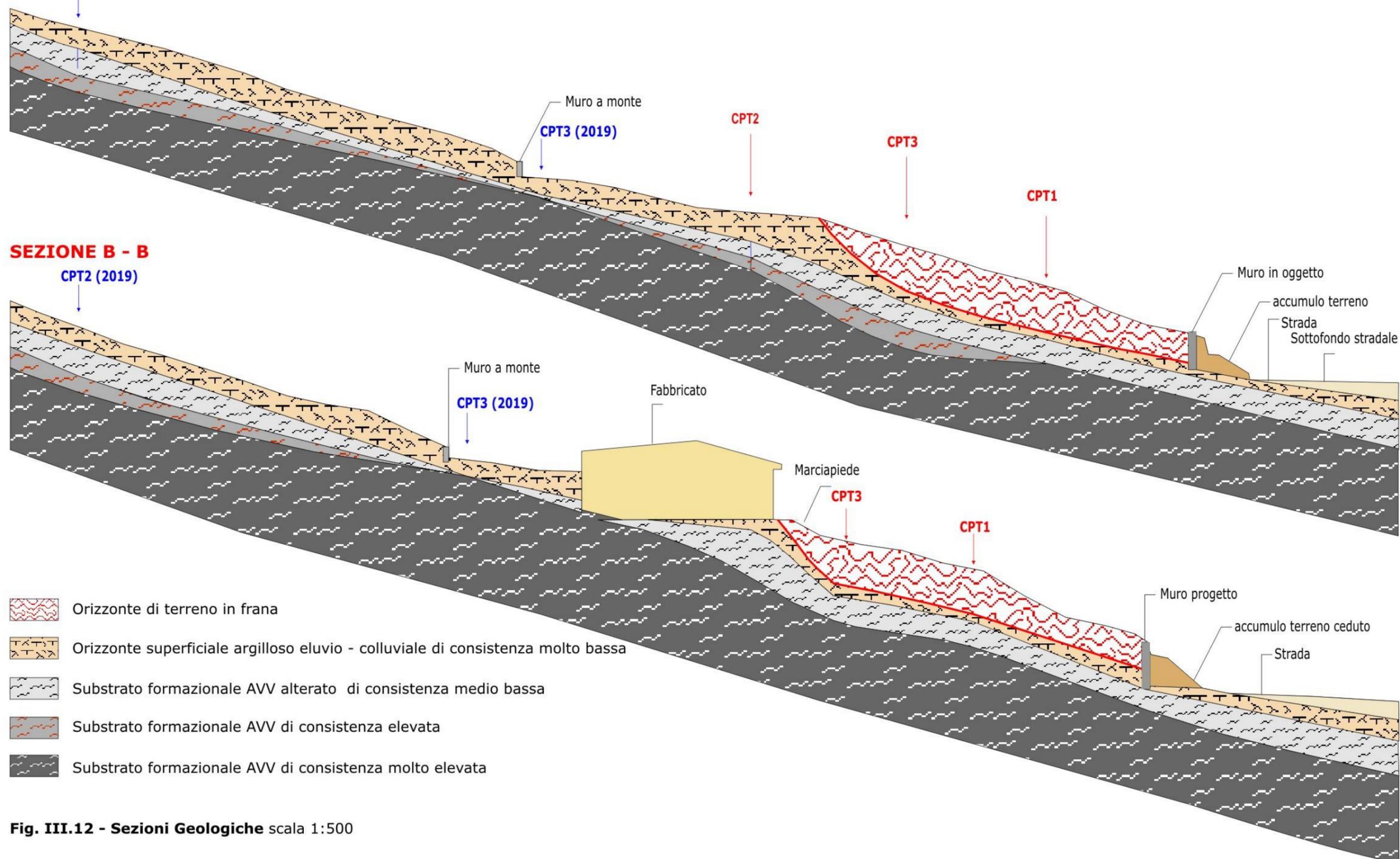


Fig. III.12 - Sezioni Geologiche scala 1:500

III.4 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI

La determinazione dei caratteri geotecnici dei terreni interessati dal dissesto, si è conseguita sottoponendo ad analisi e prove di laboratorio un campione indisturbato di terreno prelevato alla profondità di m 1,80÷2,30 nell'ambito dell'orizzonte in frana. Le resistenze in termini di sforzi totali, si sono ricavate dalle prove penetrometriche. In Fig. III.13 sono graficamente riprodotte le condizioni litotecniche dei principali orizzonti discriminati dagli intervalli di resistenza alla penetrazione statica.

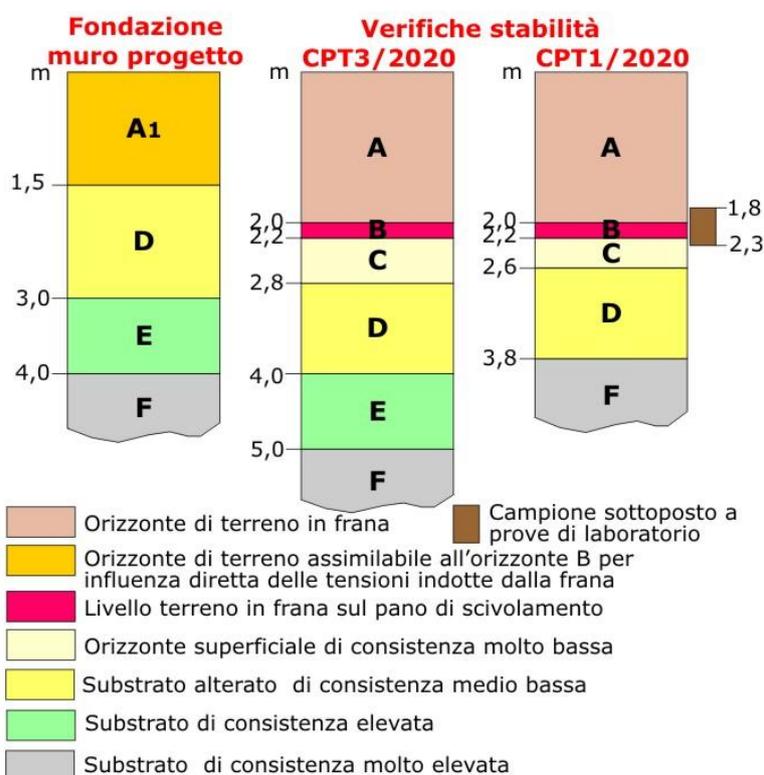


Fig. III.13 - Stratigrafie litotecniche

Sondaggio CPT1 – Campione 1 – Profondità 1,80÷2,30 metri

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

Wn **22,63%** (contenuto in acqua)

γ **20,2 kN/m³** [2,02 g/cm³] (peso di volume umido)

γ_d **16,5 kN/m³** [1,65 g/cm³] (peso di volume secco)

GRANULOMETRIA

Ghiaia **3,3%**

Sabbia **17,6%**

Limo **68,3%**

Argilla **10,9%**

LIMITI DI ATTEMBERG

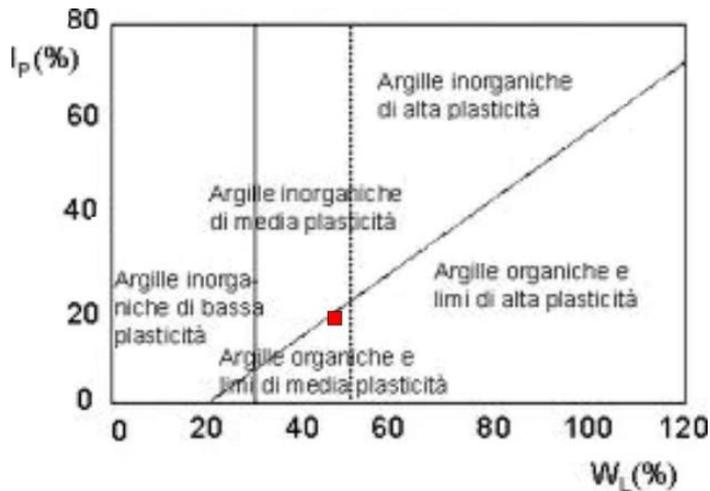
LL **46,9%** (limite di liquidità)

LP **27,7%** (limite di plasticità)

IP **19,2** (indice di plasticità)

IC **1,26** (indice di consistenza)

Secondo l'abaco di Casagrande, il terreno è classificato come: *argille organiche e limi a media plasticità*.



PROVA TAGLIO DIRETTO

ϕ' **22,4 gradi** (angolo di attrito test CD)

c' **24,4 kPa** [0,24 Kg/cm²] (coesione efficace)

RESISTENZA A COMPRESSIONE

Pocket Penetrometer da 150 a 200 kPa [da 1,5 a 2,0 Kg/cm²)

Vane Test da 60 a 80 kPa' [da 0,6 a 0,8 Kg/cm²)

ORIZZONTE A e A₁

γ 20,2 kN/m³ [2,02 g/cm³] (peso di volume umido)

ϕ' 22,4 gradi (angolo di attrito test CD)

c' 24,4 kPa [0,24 Kg/cm²] (coesione efficace)

c_u 32,8 kPa [0,33 Kg/cm²] (coesione non drenata da *Lunne e Eide*)

E_d 14 dePa [14 Kg/cm²] (modulo edometrico da *Mitchell e Gardner*)

G_o 91,9 dePa [91,9 Kg/cm²] (modulo dinamico di taglio da *Imai e Tomauchi*)

ORIZZONTE B

γ 20,0 kN/m³ [2,00 g/cm³]

ϕ_r 13,5 gradi (angolo di attrito residuo)

c' 0

c_u 22,0 kPa [0,22 Kg/cm²]

E_d 10 dePa [10 Kg/cm²]

G_o 74,9 dePa [74,9 Kg/cm²]

ORIZZONTE C

γ 20,0 kN/m³ [2,00 g/cm³]

ϕ' 23,0 gradi

c' 10,0 kPa [0,10 Kg/cm²]

c_u 56,0 kPa [0,56 Kg/cm²]

E_d 24,0 dePa [24,0 Kg/cm²]

G_o 127,8 dePa [127,8 Kg/cm²]

ORIZZONTE D

γ 20,5 kN/m³ [2,05 g/cm³]

ϕ' 22,0 gradi

c' 20,0 kPa [0,20 Kg/cm²]

c_u 93,0 kPa [0,93 Kg/cm²]

E_d 40,0 dePa [40,0 Kg/cm²]

G_o 174,6 dePa [174,6 Kg/cm²]

ORIZZONTE E

γ 21,0 kN/m³ [2,10 g/cm³]

ϕ' 20,0 gradi

c' 25,0 kPa [0,25 Kg/cm²]

c_u 280,0 kPa [2,8 Kg/cm²]

E_d 120,0 dePa [120,0 Kg/cm²]

G_o 341,7 dePa [341,7 Kg/cm²]

ORIZZONTE F

γ 21,5 kN/m³ [2,15 g/cm³]

ϕ' 20,0 gradi

c' 35,0 kPa [0,35 Kg/cm²]

c_u 470,0 kPa [4,7 Kg/cm²]

E_d 200,0 dePa [200,0 Kg/cm²]

G_o 466,8 dePa [466,8 Kg/cm²]

I valori di resistenza caratteristici dei terreni, in rapporto al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 vanno regolarizzati secondo gli approcci di verifica adottati:

Approccio 1 Combinazione 1 e Approccio 2:

$$\phi'_d = \text{tg } \phi'_k / 1$$

$$c'_d = c'_k / 1$$

$$c_{u_d} = c_{u_k} / 1$$

Approccio 1 Combinazione 2:

$$\phi'_d = \text{tg } \phi'_k / 1,25$$

$$c'_d = c'_k / 1,25$$

$$cu_d = cu_k / 1,40$$

III.5 – CONSIDERAZIONI SULLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le analisi e prove di laboratorio eseguite su un campione prelevato nell'ambito dell'orizzonte coinvolto nel dissesto, hanno espresso valori di resistenza più che apprezzabilmente elevati, soprattutto in merito alla coesione efficace ($c' 24,4$ kPa). Tale riscontro, induce a identificare la frana come uno scivolamento lungo la superficie interposta fra il substrato ed i terreni superiori di riporto, all'interno dei quali si conservano resistenze considerevolmente elevate ma decadono drasticamente, in termini di valori residui, lungo la superficie di scivolamento. Pertanto, ogni approccio di verifica sul grado di attività della frana, deve essere condotto considerando i valori di resistenza residui pari a $c' = 0$ e $\phi' = 13,5$ gradi, corrispondenti all'orizzonte B di Fig. III.13 (stratigrafie litotecniche).

Nelle condizioni di progetto, invece, intervengono come ulteriori elementi di valutazione il profilo del versante conseguito alle operazioni di modellazione, gli effetti stabilizzanti del drenaggio a tergo del muro e la compattazione del terreno nelle fasi di modellazione morfologica della pendice che, permettono, di eliminare l'orizzonte B e conferire al terreno drenato e compattato dagli interventi di consolidamento, parametri di resistenza superiori a quelli attualmente attribuibili all'orizzonte coincidente col piano di scivolamento.

Nelle verifiche relative alle condizioni di progetto, pur mantenendo un approccio opportunamente cautelativo è sostenibile, in ragione degli interventi di consolidamento del terreno previsti, incrementare il valore dell'angolo di attrito attribuito all'orizzonte B nelle condizioni attuali, da $13,5$ gradi a $15 \div 16$ gradi. Valori questi ultimi, prudenziali e ancora molto inferiori a quelli caratteristici dei terreni coinvolti dal dissesto emersi dalle prove di laboratorio.



LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROFONDITA' da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30
Data ricevimento campione	25.09.2020	Verbale accettazione	333/20
Data certificati	12.10.2020	Certificati	

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	22,63	%	Limite di liquidità	LL	46,9	%
Peso di volume umido	γ	2,02	g/cmc	Limite di plasticità	LP	27,7	%
Peso di volume secco	γ_d	1,65	g/cmc	Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G		g/cmc	Indice liquido	IL		
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	19,2	
Porosità	n		%	Indice di consistenza	IC	1,26	
Umidità di saturazione	Wsat		%	Indice di ritiro	IS		
Grado di saturazione	Sr		%	Grado di attività	A		
Blu di metilene	VB			Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESIONE			
Ciottoli	C		%	Compressione semplice (ELL)	σ_c		KPa
Ghiaia	G	3,3	%	Deformazione a rottura	ev		%
Sabbia	S	17,6	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%		da	a	
Limo	L	68,3	%	Pocket penetrometer	PP	150	200 KPa
Argilla	A	10,9	%	Vane Test	VT	60	80 KPa
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
Indice di gruppo	IG						
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'	22,4	°	Coesione efficace	C'	24,4 KPa
Test CDcv	Angolo di attrito	ϕ'_{cv}		°	Coesione a vol. costante	Ccv	KPa
Test CR	Angolo di attrito	ϕ_r		°	Coesione residua	cr	KPa
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	ϕ'		°	Coesione efficace	c'	KPa
Test CU	Angolo di attrito	ϕ_{cu}		°	Coesione non drenata	ccu	KPa
Test CR	Angolo di attrito	ϕ_{ru}		°	Coesione non drenata	cuu	KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed		Mpa		Gradino di carico	σ	KPa
Coeff. di consolidazione	Cv		cmq/sec		Indice di rigonfiamento	Cs	
Coeff. di compress. edom.	Mv		mq/KN				
Coeff. di permeabilità	K		m/sec		Coeff. di cons. second.	Ca	%

Note:

Lo Sperimentatore
Dr. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni





LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROFONDITA' da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06/01

APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)

Contenitore:	fustella metallica	Diametro campione	84 mm
Classe di qualità (AGI 1977)	Q5	Lunghezza campione	31 cm

PP		VT		PROGRAMMA		DESCRIZIONE LITOLOGICA
da	a	da	a	PROVE DI LABORATORIO		
	1,5		0,6	Volumetria	10 cm	Limo argilloso grigio-verde con variegazioni varicolori.
	1,7		0,8	Limiti di Atterberg	20 cm	
1,9	2,0	0,7	0,8	Aerometria	30 cm	
				Taglio Casagrande CD	40 cm	
					50 cm	
					60 cm	
					70 cm	
					80 cm	
					90 cm	
					100 cm	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Certificato n. **333/20.1**
Data certificato **12.10.2020**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**
Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30
Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	

PARAMETRI CALCOLATI

sulla base dei risultati di prova

DATI MISURATI

<i>Peso di volume naturale</i>	γ	2,02	Mg/m ³
<i>Umidità allo stato naturale</i>	W	22,63	%
<i>Temperatura media delle prove</i>	T	19	°C
<i>Peso specifico dei granuli</i>	γ_r		Mg/m ³

ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

<i>Peso specifico dell'acqua</i>	δ_w	1,00	Mg/m ³
----------------------------------	------------	------	-------------------

PARAMETRI CALCOLATI

<i>peso di volume saturo</i>	γ_w		Mg/m ³
<i>peso di volume secco</i>	γ_d	1,65	Mg/m ³
<i>indice dei vuoti</i>	e		
<i>porosità</i>	n		%
<i>grado di saturazione</i>	S_r		%

Certificato n. **333/20.2**

Data certificato **12.10.2020**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.02

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>
125,67	102,28
124,40	99,86
126,73	105,22

Umidità allo stato naturale **W 22,63 %**

Certificato n. **333/20.2**

Data certificato **12.10.2020**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.03

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2)

<i>volume (cm³)</i>	<i>peso umido (g)</i>
62,19	125,67
62,19	124,40
62,19	126,73

Peso di volume ρ **2,02** Mg/m³

Certificato n. **333/20.2**
Data certificato 12.10.2020

Lo Sperimentatore *[Signature]* Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni Dr. Geol. Marino Mularoni





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

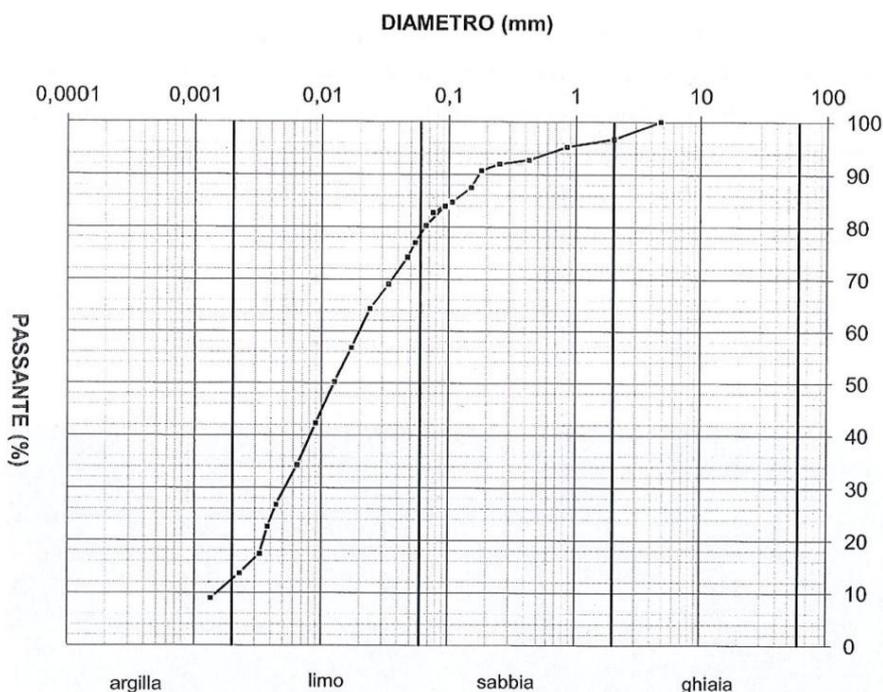
Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROFONDITA' da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)



Descrizione AGI	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	d10 (mm)	0,0014	d15 (mm)	0,0026
		d60 (mm)	0,0200	d85 (mm)	0,1100

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità
(d60/d10) **U = 14,30**

Certificato n. **333/20.3**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**
Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**

Data certificato **12.10.2020**



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROFONDITA' da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	22,0	peso specifico:	2,71

tempo (s)	Ø equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,093	21,20	84,00
0,5	0,066	20,40	80,25
0,75	0,054	19,70	76,97
1	0,047	19,10	74,16
2	0,034	18,00	69,00
4	0,024	17,00	64,31
8	0,017	15,40	56,81
15	0,013	14,00	50,24
30	0,009	12,30	42,27
60	0,006	10,60	34,30
130	0,004	9,00	26,80
180	0,004	8,10	22,58
240	0,003	7,00	17,42
500	0,002	6,20	13,67
1440	0,001	5,20	8,98
1440	0,001	5,20	8,98

*correzioni applicate:

$C_m = 0,5$
 $C_d = 5$
 $C_t = 1,2$

composizione granulometrica	
% ghiaia	3,3
% sabbia	17,6
% limo	68,3
% argilla	10,9

Certificato n. **333/20.3**
 Data certificato **12.10.2020**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**
 Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROFONDITA' da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30
Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.06

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)

SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): 40

ϕ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
4,75	0,00	40,00	100,00
2	1,30	38,70	96,75
0,85	1,90	38,10	95,25
0,425	2,90	37,10	92,75
0,25	3,20	36,80	92,00
0,18	3,70	36,30	90,75
0,15	5,00	35,00	87,50
0,106	6,10	33,90	84,75
0,075	6,90	33,10	82,75

Certificato n. 333/20.3

Data certificato 12.10.2020

Lo Sperimentatore Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROF. da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.07

LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
30	46,15	31,73	45,45	11,73	9,10	
14	67,12	44,90	49,49	10,00	7,92	
19	68,23	45,98	48,39	10,61	8,30	
23	69,05	44,22	47,60			

limite di ritiro			
volume umido (cm ³)	peso umido (g)	volume secco (cm ³)	peso secco (g)

(Umidità naturale	W	22,63	%)
-------------------	---	-------	----

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	46,90	%
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	27,70	%
LIMITE DI RITIRO	Wr		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	19,20	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	-0,26	
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	1,26	
INDICE DI RITIRO	Ir		
GRADO DI ATTIVITA'	A		

Certificato n. **333/20.4**Data certificato **12.10.2020**Lo Sperimentatore
Dr. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO

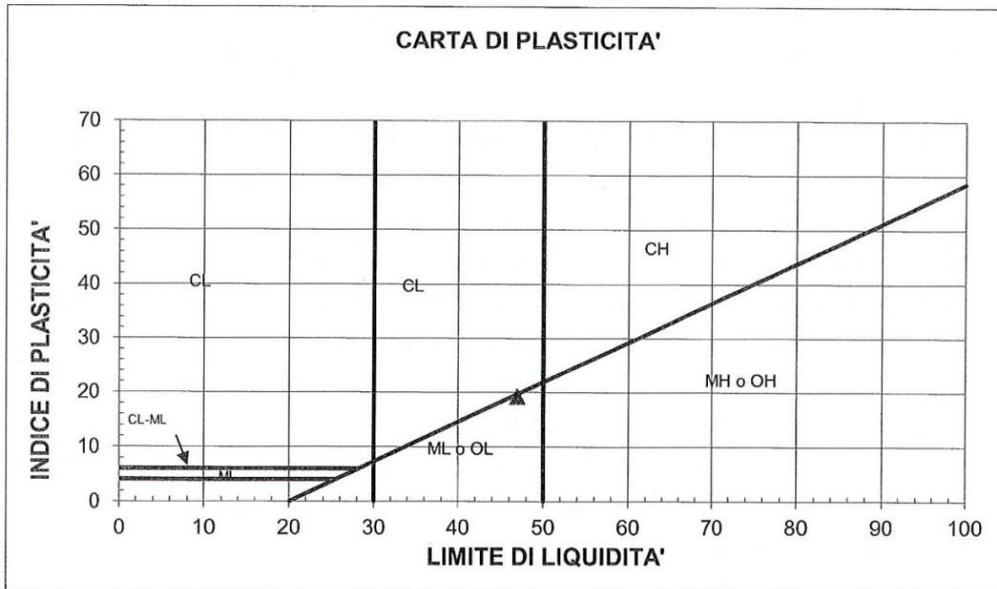
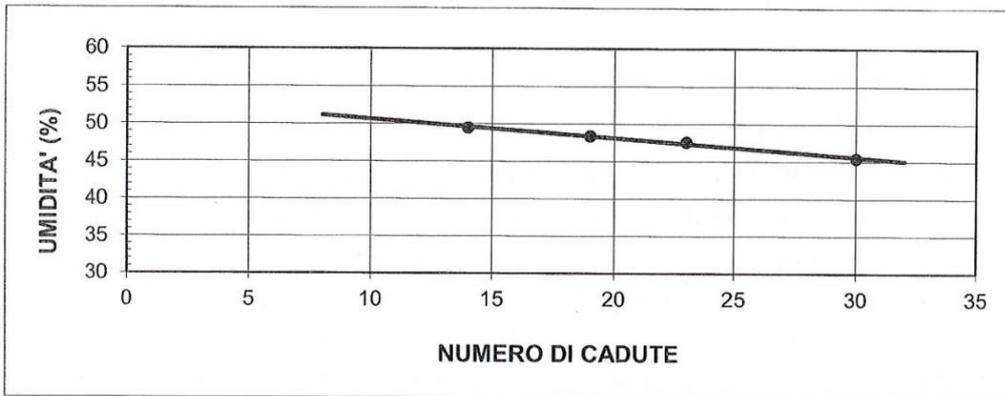
del Dr. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROF. da m	1,80
RIF.	G20-117	a m	2,30

Data ricevimento campione	25.09.2020	Numero accettazione	333/20
Data esecuzione prova	02.10.2020	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici
 C = argille inorganiche
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità
 H = alto limite di liquidità

Certificato n. **333/20.4**
 Data certificato **12.10.2020**

Lo Sperimentatore
 Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio
 Dr. Geol. Marino Mularoni



LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538
A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

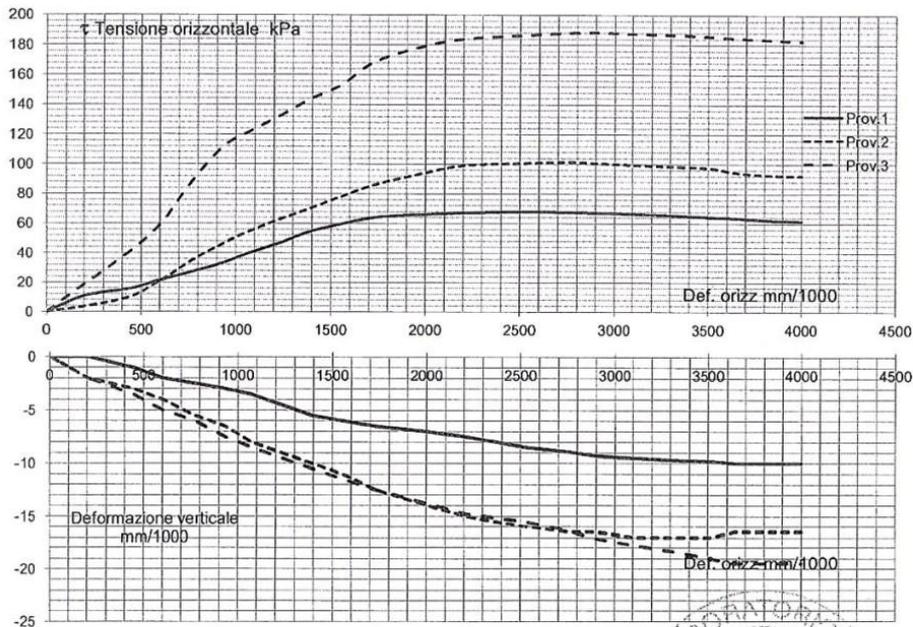
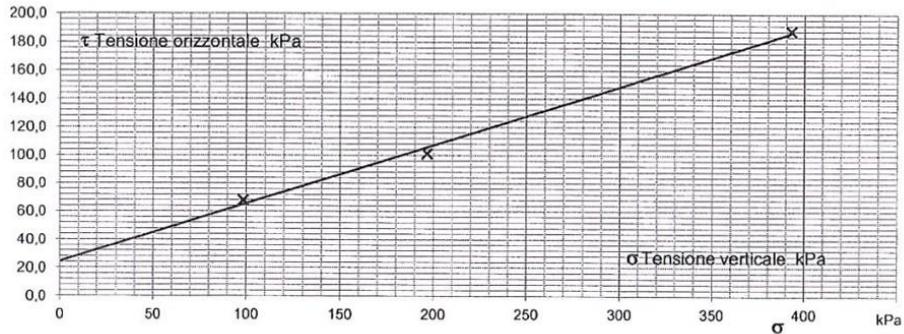
COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROF. Da m	1,80
RIF.	G20-117	a m.	2,30
Data ricevimento Campione	25.08.2020	Numero di accettazione	333/20
Data esecuzione Prova	07.10.2020	Procedura operativa	IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

I valori riportati sono quelli relativi alla regressione lineare dei valori massimi della tensione orizzontale (o di quelli al raggiungimento del 15 % di deformazione) La valutazione dei parametri di resistenza al taglio spetta comunque al Professionista.

PIANO $\tau-\sigma$ $C' = (\text{kPa})$ **24,4**
Regressione Lineare $\phi' = (^{\circ})$ **22,4**

Scelta valori manuale SI/NO:	NO	Sforzo a rottura	68	101	188
		Deformazione a rottura	4,217	4,583	4,8



Certificato n. 333/20.5

Data certif. 12.10.2020

Lo Sperimentatore **Dott. Stefano Ronchi** IL Direttore **Dott. Marino Mularoni**

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538
A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	Dr. FABIO FABBRI	SONDAGGIO	CPT 1
CANTIERE	VIA RAGGIOLO	CAMPIONE	1
LOCALITA'	NOVAFELTRIA	PROF. Da m	1,80
RIF.	G20-117	a m.	2,30
Data ricevimento Campione	25.08.2020	Numero di accettazione	333/20
Data esecuzione Prova	07.10.2020	Procedura operativa	IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINI (Inizio Prova)	UM	Simbolo	Provino 1	Provino 2	Provino 3	Medie
Condizione provino	/		indisturbato	indisturbato	ricostituito	
Diámetro iniziale	mm	ϕ_0	60	60	60	
Altezza iniziale	mm	h_0	22	22	22	
Sezione iniziale	mm ²	A_0	2827	2827	2827	
Volume iniziale	mm ³	V_0	62203	62203	62203	
Peso di volume iniziale	gr/cm ³	γ_0	1,94	2,04	2,06	
Contenuto d'acqua iniziale	%	Wi	31,4	24,1	20,8	
Peso di volume secco	gr/cm ³	γ_d	1,477	1,64	1,70	1,61
Peso specifico dei grani	gr/cm ³	G	2,710	2,710	2,710	2,71
Determinato / assunto						
Indice dei Vuoti	/	e	0,84	0,65	0,59	0,69
Porosità	%	n	45,51	39,49	37,09	40,7
Umidità di saturazione	%	Wsat	30,82	24,08	21,76	25,6
Grado saturazione	%	Sr	101,94	100,12	95,69	99,2
CONSOLOLIDAZIONE - PROVA						
Pressione di cella	KPa	cv	98	196	393	
Velocità pressa	mm/min	vel	0,006	0,006	0,006	

FASE DI ROTTURA

criterio di rottura (1 =Raggiungimento del picco; 2 = Deform. magg. 15 %)						1
Deformazione a rottura	mm		2,75	2,75	2,90	
Deformazione a rottura	%		4,6	4,6	4,8	
Tempo rottura effettivo	min		490	490	520	
Velocità media a rottura	mm/min		0,0056	0,0056	0,0056	
Tensione di rottura	KPa	τ	82	101	188	

Note: Macchine Utilizzate:
Taglio Casagrande Tecnocest: Prov.1 TG04; Provino 2 TG05; Provino 3 TG06

Certificato n. 333/20.5

Data certif. 12.10.2020

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio

Lo Sperimentatore **JL Direttore**
Dott. Stefano Ronchi Dott. Marino Mularoni





LABORATORIO GEOTECNICO
del Dott. Geol. M. Mularoni
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2015
Cert. SGS n. IT12/0538
A.L.G.I. n° 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE **Dr. FABIO FABBRI** SONDAGGIO **CPT 1**
CANTIERE **VIA RAGGIOLO** CAMPIONE **1**
LOCALITA' **NOVAFELTRIA** PROF. Da m **1,80**
RIF. **G20-117** a m. **2,30**
Data ricevimento Campione 25.08.2020 Numero di accettazione 333/20
Data esecuzione Prova 07.10.2020 Procedura operativa IST 06.11

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CASAGRANDE C. D. (ASTM 3080-04)

PROVINO 2

tempo min	Def. orizz. mm	e %	Def. Vert. mm	Sforzo N	Tensione Orizz kPa
0,0	0	0	0	0	0,00
30,0	0,2	0	-0,002	10	3,54
65,0	0,44	0,73	-0,003	28	9,9
90,0	0,6	1,00	-0,004	59	20,9
120	0,77	1,28	-0,0055	99	35,0
150	0,93	1,55	-0,0065	130	46,0
180	1,07	1,78	-0,008	154	54,5
210	1,23	2,05	-0,009	177	62,6
240	1,39	2,32	-0,01	198	70,0
270	1,55	2,58	-0,011	220	77,8
305	1,73	2,88	-0,0125	243	85,9
345	2	3,33	-0,014	266	94,1
390	2,21	3,68	-0,015	280	99,0
450	2,53	4,22	-0,016	284	100,4
490	2,75	4,58	-0,0165	286	101,2
520	2,9	4,83	-0,0165	284	100,4
550	3,1	5,17	-0,017	281	99,4
580	3,32	5,53	-0,017	278	98,3
610	3,51	5,85	-0,017	275	97,3
645	3,64	6,07	-0,0165	267	94,4
680	3,82	6,37	-0,0165	262	92,7
715	4	6,67	-0,0165	260	92,0

Certificato n. 333/20.5

Data certif. 12.10.2020

Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio

Lo Sperimentatore Dott. Stefano Rondelli Il Direttore Dott. Marino Mularoni



IV – SISMICITA'

IV.1 – CATEGORIA SOTTOSUOLO

La determinazione delle proprietà dinamiche dei terreni e nello specifico la valutazione della risposta sismica del sottosuolo necessaria a determinare la categoria di suolo, si è ricavata tramite indagine geofisica sismica a stazione singola HVSR, posta nell'ambito dell'area di progetto. La prova geofisica con la quale si è potuto ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s da cui ricavare il parametro V_{S30} ha misurato velocità delle onde di taglio fra 0 e 30 metri pari a 399 m/sec cui corrisponde una categoria di suolo B (Cfr. stralcio rapporto prova HVSR). La prova HVSR ha permesso di identificare la frequenza tipica del sito pari a: $7,5 \pm 0,89$ Hz (range $1,0 \div 20,0$ Hz).

IV.2 – CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le condizioni topografiche locali, sono configurate da un assetto morfologico dotato di inclinazione media superiore a 15 gradi che, accredita, l'assimilazione alla categoria T2 (Tab. 3.2IV delle NTC).

IV.3 – ZONIZZAZIONE SISMICA

Il territorio nazionale è classificato sismicamente in quattro zone, definito da un reticolo sismico mediante coordinate geografiche di latitudine e longitudine (λ e ϕ), per periodi discreti di ritorno (Tr) di 35, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni. In tali nodi della maglia viene definito il valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) riferita ad un suolo rigido di categoria A, il fattore di accelerazione massima del suolo (Fo) ed il periodo caratteristico (Tc^*) dello spettro (zona a velocità di risposta lineare). I parametri sismici del reticolo, sono forniti dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed allegati alle NTC del DM 14 gennaio 2008. Per poter definire il periodo di ritorno sismico con il quale entrare nel reticolo sismico è necessario conoscere i dati dell'opera che riguardano:

- Vita nominale (V_n) in base alla Tab. 2.4.I delle NTC
- Classe d'uso e coefficiente d'uso (C_u) in base alla Tab. 2.4.II delle NTC

- Periodo di riferimento sismico (V_r)
dato dalla relazione $V_r = V_n \times C_u$
- Probabilità di superamento (P_{vr}) dello stato limite di progetto nel periodo di riferimento V_r in base alla Tab. 3.2.I
- Periodo di ritorno sismico (T_r)
dato dalla relazione $T_r = -V_n / \ln(1 - P_{vr})$

IV.4 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è necessario conoscere la pericolosità sismica di base definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (a_g) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate di spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento. I parametri di sito sono definiti in base alle coordinate geografiche e alle caratteristiche dell'opera.

IV.5 – RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di suolo è definito mediante a_{max} attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

$$a_{max} = S \cdot a_g$$

$$S = S_s + S_t$$

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafico dipendente dalla categoria di sottosuolo (tab. 3.2.V- NTC)

S_t = coefficiente di amplificazione topografico (tab. 3.2.VI- NTC)

IV.6 – COEFFICIENTI SISMICI ORIZZONTALI E VERTICALI

$K_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$ (Coefficiente orizzontale)

$K_v = \pm 0,5 K_h$ (Coefficiente verticale)

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab.7.11.I- NTC)

g = accelerazione di gravità

I valori specifici della zona in progetto vengono riportati nel seguente rapporto sviluppato mediante elaborazione da software Geostru.

IV.7 – PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: **OPERE DI SOSTEGNO NTC 2018**

Sito in esame.

Latitudine: 43,901709 Longitudine: 12,287634
 Classe:2 Vita nominale:50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19629 Lat: 43,8783 Lon: 12,2418 Distanza: 4506,921
 Sito 2 ID: 19630 Lat: 43,8790 Lon: 12,3111 Distanza: 3150,102
 Sito 3 ID: 19408 Lat: 43,9290 Lon: 12,3101 Distanza: 3525,476
 Sito 4 ID: 19407 Lat: 43,9282 Lon: 12,2407 Distanza: 4776,904

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50 anni Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr	ag	Fo	Tc*
30 [anni]	0,060 g	2,460	0,268 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr	ag	Fo	Tc*
50[anni]	0,076 g	2,439	0,279 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr	ag	Fo	Tc*
475[anni]	0,183 g	2,424	0,321 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr	ag	Fo	Tc*
975[anni]	0,234 g	2,468	0,328 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,200	1,430	1,200	0,000	0,000	0,844	0,000

SLD:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,200	1,420	1,200	0,051	0,026	1,067	0,470

SLV:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,200	1,380	1,200	0,100	0,050	2,586	0,380

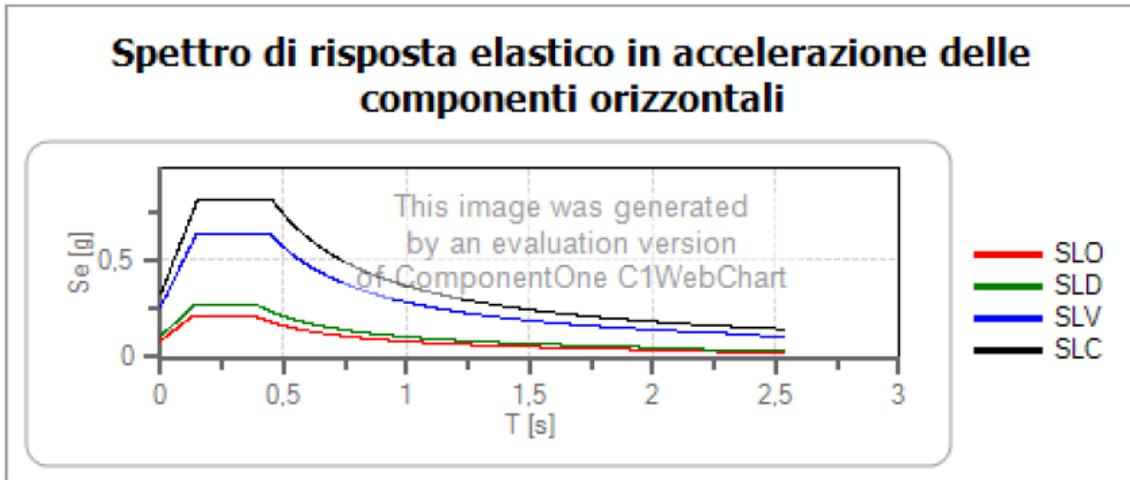
SLC:

Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
1,170	1,380	1,200	0,000	0,000	3,266	0,000

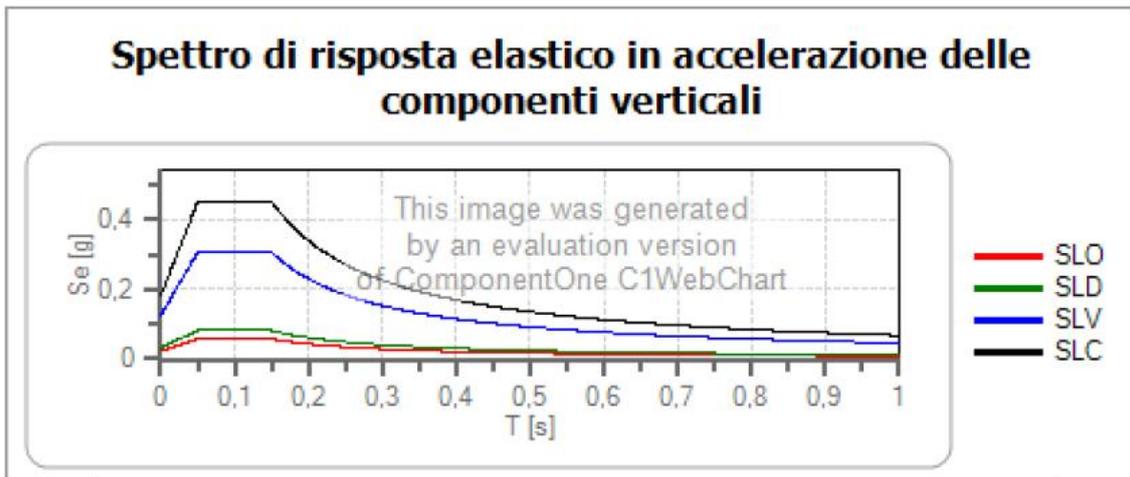
SPETTRI di RISPOSTA

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

- Coefficiente di smorzamento viscoso = 5%
- Coefficiente che altera lo spettro elastico = 1,000



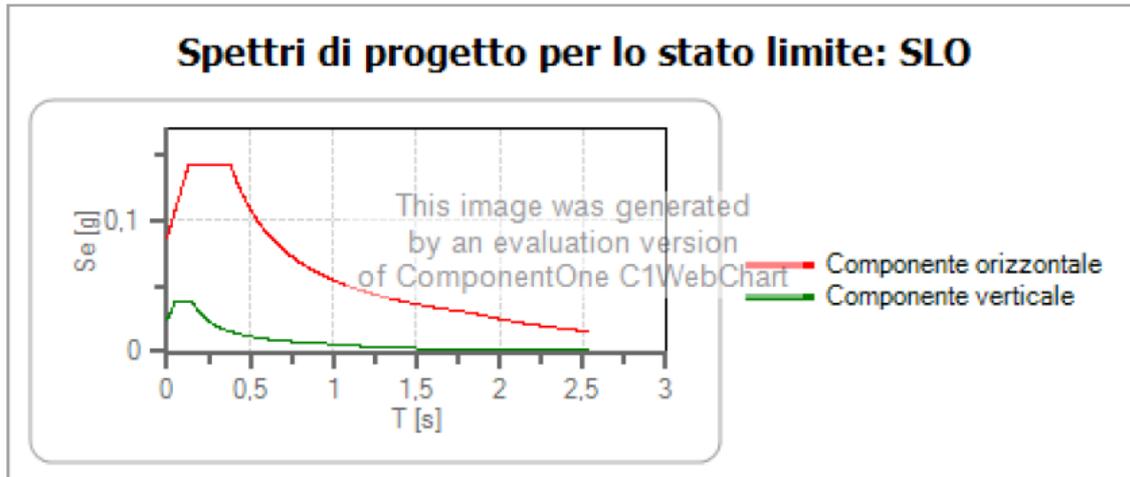
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,060	2,460	0,268	1,200	1,430	1,200	1,440	1,000	0,128	0,384	1,839
SLD	1	0,076	2,439	0,279	1,200	1,420	1,200	1,440	1,000	0,132	0,396	1,902
SLV	1	0,183	2,424	0,321	1,200	1,380	1,200	1,440	1,000	0,148	0,443	2,333
SLC	1	0,234	2,468	0,328	1,170	1,380	1,200	1,404	1,000	0,151	0,452	2,537



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,060	2,460	0,268	1,000	1,430	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,076	2,439	0,279	1,000	1,420	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,183	2,424	0,321	1,000	1,380	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,234	2,468	0,328	1,000	1,380	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

- Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1,5
per lo spettro orizzontale = 0,667
 - Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1,5
per lo spettro verticale = 0,667
- Stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,060	2,460	0,268	1,200	1,430	1,200	1,440	1,500	0,128	0,384	1,839
SLO verticale	1	0,060	2,460	0,268	1,200	1,430	1,200	1,200	1,500	0,050	0,150	1,000

IV.8 – CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE

Le NTC del DM 17 gennaio 2018 al capitolo §7.11.3.4 affrontano il tema della liquefazione. In terreni predisposti alla liquefazione, gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, rendendo necessario in caso di accertata suscettibilità a questo fenomeno, introdurre provvedimenti di consolidamento e misure in grado di trasferire le azioni delle strutture in strati di terreno non liquefacibile. Nell'ambito dell'area di progetto, non sussistono presupposti e condizioni di vulnerabilità dei terreni nei confronti della liquefazione per la prevalente composizione limoso – argillosa dei terreni; in ragione di queste condizioni locali e quanto indicato al capitolo §7.11.3.4.2 delle NTC, è esentata la verifica.

V – VERIFICHE STABILITA'

V.1 – CONSIDERAZIONI GENERALI

L'analisi è stata eseguita per valutare il grado di attività del dissesto e quindi la corrispettiva urgenza di provvedere al ripristino di affidabili condizioni di stabilità a difesa della via pubblica e delle reti di sottoservizi in essa alloggiate. Le verifiche si sono eseguite considerando le condizioni pseudostatiche comprensive della tensione destabilizzante indotta dall'azione sismica e le condizioni statiche assumendo come parametro di resistenza il solo angolo di attrito in termini di valori residui.

Il calcolo del coefficiente di sicurezza, eseguito con il metodo di Fellenius noto anche come il metodo delle strisce o degli svedesi, si è risolto considerando la massa potenzialmente mobilitabile e suddividendo in conci l'intervallo stratigrafico delimitato dal piano campagna e dalla superficie di slittamento (cfr sezioni di verifica). Le verifiche di stabilità, sono incentrate su sezioni che, propongono, le situazioni più gravose ai fini dell'equilibrio statico.

Relazione applicata per ogni singolo concio.

$$F = \frac{\sum c \cdot L + \sum (W \cos \alpha - Kh W \sin \alpha) \operatorname{tg} \phi}{\sum (W \sin \alpha) + (Kh W \cos \alpha)}$$

c = coesione (t/mq)

L = arco su cui si esplica la coesione ($L = b / \cos \alpha$);

b = larghezza concio (m);

W = peso di un concio applicato al proprio baricentro (t/m)

α = angolo formato dalla verticale con la tangente alla linea di slittamento

ϕ = angolo di attrito

V.2 – PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI

I valori di resistenza caratteristici dei terreni sottoposti a verifica di stabilità, sono quelli attribuiti all'orizzonte litotecnico B (Fig. III.13), regolarizzati per quanto attiene la coesione non drenata secondo Approccio 1 Combinazione 2:

$$c_{ud} = c_{uk} / 1,40 = 22,0 \text{ kPa } [0,22 \text{ Kg/cm}^2] / 1,4 = 15,7 \text{ kPa}$$

PARAMETRI GEOTECNICI

$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3 [2,00 \text{ g/cm}^3]$ (peso di volume terreno)

Condizioni pseudostatiche

$c_{ud} = 15,7 \text{ kPa [1,57 ton/m}^2\text{]}$

$K_h = 0,100$ (coefficiente sismico orizzontale)

Condizioni statiche

$\phi = 13,5$ gradi (angolo di attrito residuo)

PARAMETRI GEOTECNICI

Salvaguardia della vita (SLV):

ag: 0,183 g

Ss: 1,200

St: 1,200

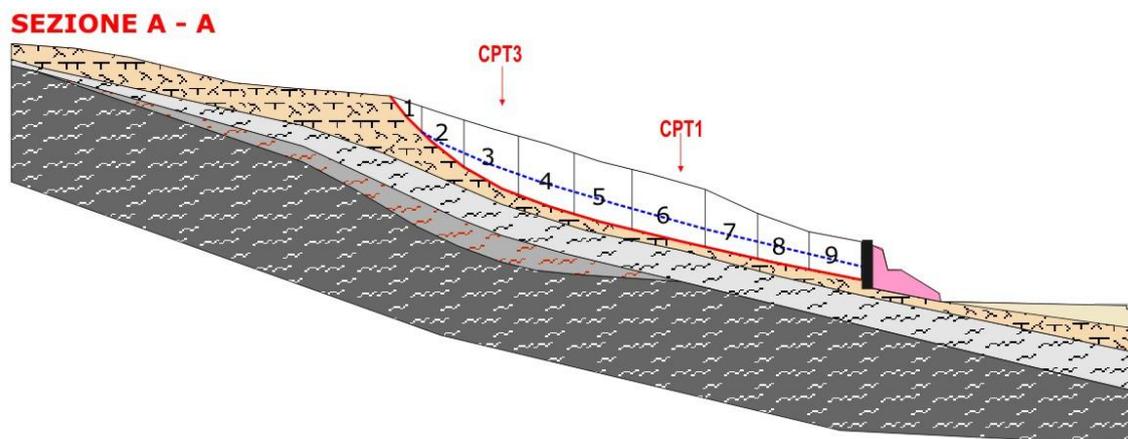
Beta: 0,380

L'analisi pseudostatica considera le forze sismiche orizzontali F_h ($F_h = K_h * W$) poiché la forza sismica verticale F_v ($F_v = \pm 0,5 F_h$) è in genere ininfluenza sull'equilibrio globale delle masse.

La forza sismica orizzontale, in particolare, è data dal rapporto tra coefficiente sismico orizzontale e il peso dalla formula:

$$K_h = a/g * St * Ss * \beta_s = 0,183 \times 1,200 \times 1,200 \times 0,380 = \mathbf{0,100}$$

V.3 – SEZIONI E CALCOLI



SEZIONE IN ESAME: A - A condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE : $K_h = 0,10$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => $\gamma_i = 2,00$ peso di volume
 $c_1 = 1,57$ coesione [tonn/m²]
 $\phi_1 = 0,00$ angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	1,19	49,00	0,00	2,90	0,97	2,98	1,92
2	4,48	40,00	0,27	6,20	4,19	1,48	2,00
3	8,49	27,00	0,62	9,86	8,80	1,12	1,06
4	9,80	19,00	0,84	13,40	12,92	1,04	0,48
5	10,25	15,00	0,77	16,99	16,56	1,03	0,43
6	12,66	13,00	0,74	21,50	20,64	1,04	0,86
7	7,92	13,00	0,67	24,72	23,20	1,07	1,53
8	6,26	11,00	0,64	27,87	25,01	1,11	2,87
9	5,84	11,00	0,57	31,07	26,69	1,16	4,38

Fs = 1,16

SEZIONE IN ESAME: A - A condizioni statiche

SISMICITA' : $0,00$

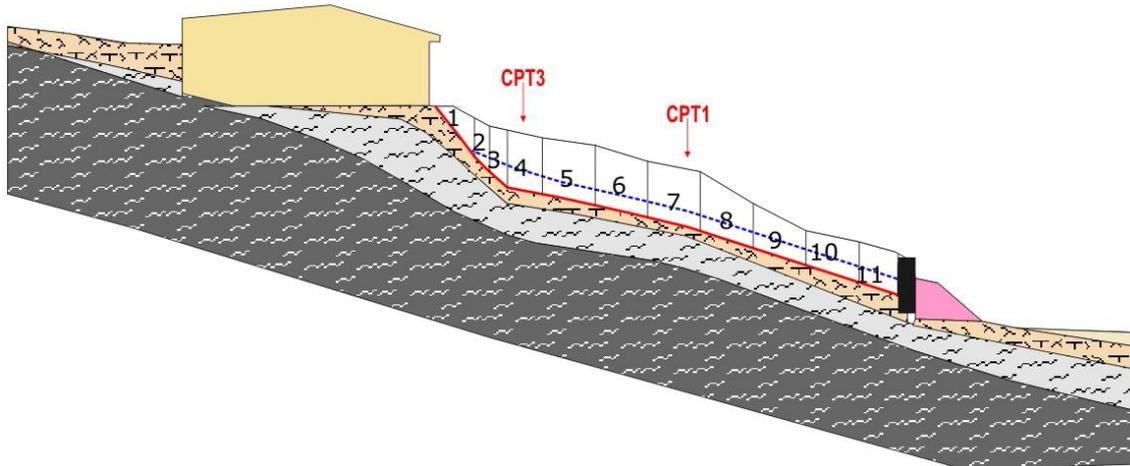
CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => $\gamma_i = 2,00$ peso di volume
 $c_1 = 0,00$ coesione [tonn/m²]
 $\phi_1 = 13,50$ angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resistente [tonn/ml]	Massa destab. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	1,19	49,00	0,00	0,19	0,89	0,21	-0,71
2	4,48	40,00	0,27	0,87	3,77	0,23	-2,90
3	8,49	27,00	0,62	2,34	7,62	0,31	-5,28
4	9,80	19,00	0,84	4,11	10,81	0,38	-6,70
5	10,25	15,00	0,77	6,07	13,47	0,45	-7,40
6	12,66	13,00	0,74	8,52	16,32	0,52	-7,80
7	7,92	13,00	0,67	10,04	18,10	0,55	-8,06
8	6,26	11,00	0,64	11,21	19,29	0,58	-8,09
9	5,84	11,00	0,57	12,30	20,41	0,60	-8,10

Fs = 0,60

SEZIONE B - B



SEZIONE IN ESAME: B - B condizioni pseudostatiche

COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE: $K_h = 0,10$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => $\gamma_1 = 2,00$ peso di volume
 $c_1 = 1,57$ coesione [tonn/m²]
 $\phi_1 = 0,00$ angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resist. [tonn/ml]	Massa dest. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
1	1,76	52,00	0,00	3,03	1,50	2,03	1,54
2	1,84	45,00	0,23	4,30	2,92	1,47	1,38
3	2,55	42,00	0,66	5,72	4,82	1,19	0,90
4	5,77	12,00	0,76	7,85	6,58	1,19	1,27
5	8,88	12,00	0,61	11,06	9,30	1,19	1,76
6	8,75	13,00	0,60	14,25	12,12	1,18	2,13
7	8,80	15,00	0,61	17,50	15,25	1,15	2,26
8	7,92	18,00	0,59	20,80	18,45	1,13	2,36
9	6,04	18,00	0,59	24,10	20,89	1,15	3,22
10	5,78	18,00	0,59	27,44	23,22	1,18	4,22
11	4,50	18,00	0,62	29,87	25,04	1,19	4,83

Fs = 1,19

SEZIONE IN ESAME: B - B condizioni statiche

SISMICITA' $0,00$

CARATTERISTICHE DEI TERRENI:

STRATO 1 => $\gamma_1 = 2,00$ peso di volume
 $c_1 = 0,00$ coesione [tonn/m²]
 $\phi_1 = 13,50$ angolo di attrito

Numero concio	Peso concio W [tonn/ml]	Pendenza concio α [°]	Altezza falda h_w [ml]	Massa resist. [tonn/ml]	Massa dest. [tonn/ml]	Coeff. di sicurezza	Deficit di spinta
---------------	-------------------------	------------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------

1	1,76	52,00	0,00	0,26	1,39	0,19	-1,13
2	1,84	45,00	0,23	0,53	2,69	0,20	-2,16
3	2,55	42,00	0,66	0,84	4,39	0,19	-3,55
4	5,77	12,00	0,76	1,95	5,59	0,35	-3,64
5	8,88	12,00	0,61	3,73	7,44	0,50	-3,70
6	8,75	13,00	0,60	5,49	9,40	0,58	-3,92
7	8,80	15,00	0,61	7,22	11,68	0,62	-4,46
8	7,92	18,00	0,59	8,73	14,13	0,62	-5,39
9	6,04	18,00	0,59	9,82	16,00	0,61	-6,18
10	5,78	18,00	0,59	10,83	17,78	0,61	-6,95
11	4,50	18,00	0,62	11,63	19,17	0,61	-7,54

Fs = 0,61

V.4 – ANALISI DEI RISULTATI

Le verifiche di stabilità, hanno confermato l'elevato grado di attività del dissesto, con fattori di sicurezza nelle condizioni statiche pressoché identici lungo le due sezioni considerate (Fs Sezione A-A = 0,60, Fs Sezione B-B = 0,61).

Nelle condizioni pseudostatiche, nonostante la tensione destabilizzante aggiuntiva sismica, i fattori di sicurezza appaiono addirittura superiori quello minimo di 1,1 imposto dalla normativa vigente. Tale esito si spiega con l'influenza resistente della coesione non drenata cui che, seppure di modesto valore, è in grado di fornire contributi sufficienti a garantire apprezzabile affidabilità statica.

Il dato significativo, rimane comunque quello relativo ai fattori di sicurezza in condizioni statiche supportate solo dal contributo resistente dell'attrito residuo, in ragione del quale gli interventi di messa in sicurezza appaiono indispensabili e indifferibili.

Si sottolinea, infine, l'introduzione nei calcoli di verifica, dell'effetto destabilizzante indotto dall'accumulo di acque di infiltrazione che, verosimilmente, si concentrano nei periodi piovosi, durante i quali, infatti, si è innescato il movimento del terreno. Tale riscontro, impone di prevedere quantomeno a tergo del muro in progetto, un efficiente drenaggio per l'evacuazione delle acque sotterranee.

VI – TERRE E ROCCE DA SCAVO

La disciplina normativa e tecnica delle terre e rocce da scavo, è sancita dal D.Lgs. 152/2006, Codice dell’Ambiente, e dalle successive modifiche ed integrazioni al medesimo decreto. Nella predisposizione dei progetti esecutivi di opere ed interventi che riguardino lo scavo e la movimentazione terra in generale, è quindi fondamentale organizzare le fasi di lavoro e verificare preventivamente i rapporti fra sterri e riporti, allo scopo di pianificare, per quanto espresso nel rigore normativo citato, le modalità di scavo, di caratterizzazione delle terre e rocce di risulta, di accantonamento delle stesse, della sistemazione e del riutilizzo.

Nel caso in esame, le terre di scavo sono prodotte dalle eccedenze di volumetrie connesse alla ricomposizione morfologica della pendice e quelle degli scavi di fondazione.

Si rimanda la gestione delle terre e rocce da scavo a specifico piano di utilizzo da redigere a cura della ditta aggiudicataria dei lavori.

VII – CONCLUSIONI

L'innesco e rapida evoluzione dei processi di instabilità che hanno interessato il terreno lungo una pendice confinata al piede di un muro di sostegno posto in fregio a Via S. Ten. Olindo Tomasetti, hanno prodotto un progressivo dissesto alla struttura di contenimento e alla rete di sottoservizi alloggiati sotto la carreggiata stradale.

Il versante che comprende la superficie coinvolta nel dissesto, attestata alla quota media di m 320, si sottende verso SE raccordandosi a valle con l'abitato di Novafeltria. La zona è occupata dalle Argille varicolori e localmente da depositi quaternari di frana e antropici interclusi nelle aree urbanizzate residenziali.

Il dissesto, si è innescato a seguito delle intense precipitazioni meteoriche dell'autunno 2018 e si è predisposto a una rapida evoluzione, tanto da rendere necessari interventi provvisori di contrasto all'attività della frana. Le fasi attuative di pronto intervento, svolte nel settembre del 2019, sono consistite nella parziale asportazione di terreno spingente e di massi rocciosi intercalati linearmente lungo la pendice al fine di diminuire le tensioni destabilizzanti, provvedendo a posizionare i materiali asportati a monte davanti al muro di sostegno, già in avanzato grado di ammaloramento. Si è infine provveduto a impermeabilizzare la superficie della porzione di versante in dissesto con teli di plastica per evitare l'infiltrazione di acque meteoriche.

Allo scopo di assumere riferimenti sulla dimensione del dissesto in atto e più in generale sulle condizioni litostratigrafiche anche dei terreni insediati nella pendice sottesa a monte del coronamento di frana, si sono realizzate due campagne geognostiche: una alle quote superiori del versante, l'altra nell'ambito del corpo di frana.

Le indagini geognostiche si sono risolte tramite l'esecuzione di prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT) ubicate in posizioni significative anche in rapporto all'accessibilità della strumentazione geognostica, condizionata a monte dall'acclività del profilo topografico e nell'ambito del corpo di frana dall'accidentata morfologia della pendice, ampiamente scompagnata dal movimento del terreno in atto. L'attività di approfondimento investigativo, finalizzata a fornire un quadro conoscitivo di supporto alla progettazione esecutiva degli interventi di consolidamento, si è completata sottoponendo a prove di laboratorio un campione di terreno prelevato nel corpo di frana e realizzando un'indagine sismica a stazione singola HVSR.

Analizzando le resistenze opposte dal terreno all'avanzamento penetrometrico, si è verificato uno spessore del terreni in frana di m 2,2.

Le verifiche eseguite per valutare il grado di attività del dissesto hanno prodotto, in condizioni statiche supportate solo dalla resistenza per attrito (residuo), fattori di sicurezza molto bassi per i quali appaiono necessari e urgenti interventi di consolidamento e di ripristino della stabilità.

Nonostante nelle fasi di investigazione geognostica non sia emersa apprezzabile contingentamento di acque sotterranee anche per i periodi siccitosi coincidenti con la realizzazione delle indagini in sito, l'acqua di infiltrazione sotterranea costituisce sostanziale fattore di destabilizzazione del terreno quindi, quantomeno a tergo, il muro in progetto dovrà essere corredato da drenaggio.

La gestione delle terre e rocce da scavo è differita a specifico piano di utilizzo da redigere a cura della ditta aggiudicataria dei lavori.